

T0023243

R&D/04핵심기술B01-07

반도체방식 침하계를 이용한 연약지반 침하계측 실용화 연구보고서

2007. 8. 19

주관연구기관 / (주)동성엔지니어링

건설교통부

한국건설교통기술평가원

제 출 문

건설교통부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 “반도체방식 침하계를 이용한 연약지반 침하계측 실용화 연구”의 최종보고서로 제출합니다.

2007. 8.19

주관연구기관 : (주)동성엔지니어링

대표이사 박 석 주

■ 총괄연구책임자 / 수석연구원 이강운 연구총괄

■ 동성엔지니어링 참여연구원 / 선임연구원 서지원

/ 연구원 김영종

/ 연구원 유일형

/ 연구원 권성호

요 약 문

I. 제 목

반도체 방식 침하계를 이용한 연약지반 침하계측 실용화 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

우리나라는 국토의 삼면이 바다로 둘러 쌓여 있는 지형적인 특성으로 개발대상 지역이 주로 해안 연안지역에 집중되고 있어 연약지반 처리 문제가 중요한 사안이다.

특히, 연약지반상의 개발사업 중 필연적으로 발생하는 지반침하의 상부 구조물의 안정과 공용 구조물의 사용성에 직결 되는 매우 중요한 문제이나, 현재까지는 실제 시공 시에 나타나는 침하거동을 설계단계에서 정확히 예측하는 것은 불가능한 실정이다.

그러므로 연약지반상의 시공은 대형사고의 위험을 방지하고 현장에서의 침하거동을 다음 단계의 시공에 즉각적으로 적용할 수 있도록 계측관리(정보화시공)가 시행되고 있으며 최근에는 이러한 계측분야에서도 자동화 계측시스템의 도입 등이 시도되고 있다.

이에, 본 연구는 기존의 철제 침하판을 이용한 침하계측 방법을 개선하고 침하계측 관리의 자동화를 꾀할 목적으로 개발된 반도체 방식 침하계의 실용화를 위하여 실제 현장에 널리 적용될 수 있는 새로운 방안을 제시하고자 한다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 실제 계측을 통한 반도체방식 침하계와 기존 침하계와의 비교분석
 - 대상연구지역 선정
 - 철제침하판과 동일 지점에 반도체방식 침하계 설치
 - 연구지역의 계측자료 측정 및 취합
 - 각 침하계 계측 자료를 비교, 분석하여 각 침하계의 문제점 및 현장 문제점 개선·보완
- 반도체방식 침하계의 문제점을 파악하고 검토보완

- 침하계 자재의 내구성 검증 및 케이블 절단시 이음에 대한 검토
- 케이블 길이에 따른 침하량 비교·검토
- 침하영향 범위를 다르게 하여 기준 Point의 침하량 비교·검토
- 각 문제점에 대한 개선사항 분석 및 관리 매뉴얼 작성
- 반도체방식 침하계의 실용성 및 경제성 여부 검토
 - 반도체 침하계의 문제점을 개선하고 보완
 - 기존 침하계와 비교·분석을 실시하여 반도체방식 침하계의 실용성 및 경제성 여부 검토

IV. 연구개발결과

기존 철제 침하판과 반도체방식 침하계와의 비교·분석을 위하여 3개 현장을 선정, 총 30개소에 계측기를 매설하여 계측을 실시하였다. 계측 결과 반도체방식 침하계와 철제침하판 계측 데이터의 편차는 전체침하량 대비 약 2.2~2.9%로 나타났다으며, 정규분포분석 결과 오차($\pm 5\%$)범위 밖의 데이터 편차는 5개소로 나타났다.

계측 수행에 있어서 본 반도체방식 침하계는 기존 침하기기에 비하여 침하봉 미노출에 따른 다짐도 확보가 유리 하였으며, 성토체 측면에 시공되어 시공장비 주행성 확보 및 안전사고 방지에 유리 하였다. 또한 기존 2인 1조 방식 관리에서 디지털방식 1인 관리가 가능함에 따라 인건비가 절감되는 것으로 나타났다.

본 침하계 자재의 내구성 검증을 위해 본체 센서의 최대압축강도 시험, 기준수조 튜브 내한, 내열성 시험, 일체형 튜브 인장 및 내한, 내열성 시험 등을 실시하여 자재의 압축강도 및 인장강도를 측정하였으며, 내한, 내열성 시험 결과 변형이 발생되지 않는 것으로 나타났다. 또한 방수 및 수밀 시험을 실시하여 반도체방식 침하계의 안정성을 검증하였다.

케이블 절단 시 이음 후의 침하량 데이터의 신뢰성을 검증하기 위하여 동일지점에 두개의 침하계를 설치하고 한개의 케이블을 절단 후 커넥터로 연결, 미절단 침하계와의 침하량을 비교한 결과 데이터 편차가 12mm로 거의 차이가 없는 것으로 나타났으며, 동일 지점에 케이블 길이를 다르게 하거나 영향범위를 다르게 하여 각각의 침하량을 측정한 결과 침하량의 편차는 작은 것으로 나타났다.

V. 연구개발결과의 활용계획

반도체방식 침하계는 연약지반침하량을 효율적으로 측정하기 위해 만들어졌다. 기존에 있는 철제침하판의 시공시, 계측시 문제점과 액상화침하계의 장·단점을 보완하여 획기적인 측정기법을 개발하였다. 기존 침하계측 방법보다 비용이 적게 들므로 경제성면에서 유리하며, 영구계측을 실시할 수 있어 중요한 구조물의 시공후의 관리를 효과적으로 할 수 있다. 또한 국내뿐만 아니라 국외에서도 아직 반도체방식 침하계와 같이 자동화가 가능한 침하계가 개발되지 못하고 있으므로 차후의 기술개발 및 현장적용 검증을 실시하여 국외에도 수출이 가능할 것으로 예상된다

SUMMARY

I. Title

Research on the practical utilization of the softground settlement measuring using semiconductor settlement transmitter

II. Objective and necessity of this research and development

A softground improvement has been risen to important matter because development object areas have been concentrated chiefly on a shore softground according to the topographical characteristic which the three sides of the country of Korea are surrounded by the sea.

Especially, an inevitable ground settlement appearing during softground improvement processing is very important directive problem for stability and serviceability of structure. However, up to now the settlement appearing during actual construction is impossible to predict in the design stage.

Therefore, measuring management (information-oriented construction) on the softground has been carried out in order to prevent the large scale accident and in order to apply the present settlement behavior at once to next step (construction). Recently an automation measuring system has been tried in such a measuring field.

In this research, we try to find a practical utilization method of the softground settlement measuring using semiconductor settlement transmitter developed to improve the traditional measurement using steel settlement unit and actualize the automation of the measuring management. Therefore, we try to present the new method that can be applied widely to the field.

III. Content and scope of the research and development

- Comparison and analysis of a semiconductor settlement transmitter and steel settlement unit by actual measuring
 - Selection of the research area

- Installation of steel settlement unit and semiconductor settlement transmitter at the same point
 - Measurement and collection of measuring data in the research area
 - Improvement and supplementation of each settlement unit's problems and problem in the field by comparison and analysis of measuring data of each settlement unit
- Grasping the problem of the semiconductor settlement transmitter and review as well as supplementation
 - Verification of settlement unit material durability and check for the linking of disconnected cable
 - Comparison and analysis settlements by cable length.
 - Comparison and analysis settlements at a standard point by different settlement influence range
 - Analysis of the improvement against problems and preparation of control manual
- Practicality and economical efficiency of the semiconductor settlement transmitter
 - Supplementation and improvement of semiconductor settlement transmitter's problems
 - Reviewing of the practicality and economical efficiency of the semiconductor settlement transmitter by comparison and analysis with steel settlement unit

IV. Result of research and development

Measurements were carried out at total 30 settlement measuring points in 3 fields for comparison and analysis between the semiconductor settlement transmitter and the traditional steel settlement unit. As the measuring results, the ratio of steel settlement unit to semiconductor settlement

transmitter were 2.2 ~ 2.9%, and as the normalized distribution results, the values out of the deviation error range ($\pm 5\%$) appeared at 5 points.

In the measuring processing, the semiconductor settlement transmitter compared with the steel settlement unit was advantageous ensurance of compaction since no settlement bar was exposed, the protection safety, and the ensurance of construction equipments drivability since all instruments were installed in embankment sides. All it made the reduction of maintenance-management cost it could be managed digitally by one people instead of the traditional pair-management team.

The maximum compressive strength test of a body sensor, the cold resistance test and the heat resistance test of the tube in a water tank and single-typed tube, the tension test of the single-typed tube were executed to verify the durability of the semiconductor settlement materials. Compressive strengths and tension strengths were measured, and the deformation was not detected.

In order to verify the reliability of settlement data after linking the disconnected cable, two settlement gages in the same point were installed and one of which was linked with a connector after cutting the cable. As the result, the difference was 12mm that is negligible. As the measuring results of a different cable length and a difference influenced range in a same point, the differences of settlements were appeared to be small.

V. Practical utilization plan of the research development result

This semiconductor settlement transmitter was made to measure the settlement of a softground efficiently.

It was developed the epoch making measurement technique to supplement the problems of the traditional steel settlement unit during installation and measurement, and the demerits of vibrating wire settlement cell.

It is economic than different settlement cell. It can make to do the

management of the important structures efficiently after construction completion by the permanent measuring. Since the settlement automatic system such as a semiconductor settlement transmitter has not been developed yet in other countries as well as in our country, the export to foreign countries can be expected if after the application and the verification in the fields and technical developments is established.

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구 배경	1
제 2 절 연구목적 및 목표	2
제 3 절 연구기대 효과	4
 제 2 장 국내·외 기술개발 현황	5
제 1 절 국내·외 기술 동향	5
1. 국내 연약지반 침하측정 기술 동향	5
2. 철제침하판을 이용한 연약지반 침하 측정	6
3. 액상화침하계를 이용한 연약지반 침하 측정	11
제 2 절 기술 개발에 따른 향후 전망	13
 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	15
제 1 절 연구개발 주요 내용	15
제 2 절 반도체방식 침하계의 구성 및 측정원리	16
1. 반도체방식 침하계의 구성	16
2. 측정원리	20
3. 반도체방식 자동화 침하계의 설치순서	21
제 3 절 실내시험 및 작동시험	25
1. 실내작동 시험 내용	25
2. 실내작동 시험 결과	26
제 4 절 시험시공을 위한 연구지역 선정	29
1. 연구지역 현황 파악 및 선정	29
2. 연구 대상지역 현황	30

제 5 절 계측기 설치 현황	38
1. 부산 ○○도로 건설 현장	38
2. 광양 ○○공유수면 매립현장	41
3. 동해고속도로(주문진 ~ 속초)건설공사 ○공구(RAMP-I)	43
4. 동해고속도로(주문진 ~ 속초)건설공사 ○공구(RAMP-G)	45
제 6 절 시험시공 계측결과 분석	49
1. 측정 계측데이터의 정규분포	49
2. 연구지역별 계측결과 분석	50
3. 시험시공 결과 분석	71
제 7 절 반도체방식 침하계 자재의 내구성 검증	75
1. 내구성 시험	75
2. 방수·수밀 시험	78
제 8 절 반도체방식 침하계의 경제성 및 실용화 분석	83
1. 반도체방식 침하계 원가 조사	83
2. 철제침하판과의 공사비 비교	83
3. 반도체방식 침하계의 경제성 분석 결과	87
4. 실용성 분석	88
제 9 절 실용화 연구를 통한 개선사항	89
1. 반도체 침하 센서 저판크기 조정 및 보호캡 설치	89
2. 계측기 매설 케이블 보호관 설치	90
3. 센서하우징의 일체형 가공	90
4. 일체형 케이블의 원형 가공	91
5. 관리 매뉴얼 작성	92
 제 4장 연구개발목표 달성도 및 관련분야에의 기여도	 93
제 1 절 연구목표의 달성도	93
제 2 절 관련분야 기여도	95

제 5장 연구개발결과의 활용계획	96
제 1 절 기술적 측면	96
제 2 절 경제·산업적 측면	97
제 3 절 타산업에 미치는 효과	98
 제 6장 참고문헌	 99

부 록

표 목 차

<표 1. 1> 년차별 연구 목표 및 주요 내용	3
<표 2. 1> 다목적댐의 매설 계측기 작동 현황	6
<표 2. 2> 철제 침하판과 반도체방식 침하계의 장·단점 비교	10
<표 3. 1> 실내 작동시험 비교표	25
<표 3. 2> 연약지반 설계현황	31
<표 3. 3> 물리적 특성	31
<표 3. 4> 강도 특성	32
<표 3. 5> 압밀 특성	32
<표 3. 6> 물리적 특성	34
<표 3. 7> 역학적 특성	34
<표 3. 8> 연약지반 설계 현황	36
<표 3. 9> 물리적 특성	37
<표 3.10> 역학적 특성	37
<표 3.11> 부산 ○○도로건설 현장 반도체 침하계 설치 현황	39
<표 3.12> 부산 ○○도로건설 현장 공사 현황	40
<표 3.13> 광양 ○○공유수면 매립 현장 반도체 침하계 설치 현황	42
<표 3.14> 광양 ○○공유수면 매립 현장 공사 현황	42
<표 3.15> 동해고속도로 ○공구(RAMP-I) 반도체 침하계 설치 현황	44
<표 3.16> 동해고속도로 ○공구(RAMP-I) 공사 현황	44
<표 3.17> 동해고속도로 ○공구(RAMP-G) 반도체 침하계 설치 현황	45
<표 3.18> 부산 ○○도로건설 현장 침하량 편차	53
<표 3.19> 광양 ○○공유수면 매립 현장 침하량 편차	60
<표 3.20> 동해고속도로 ○공구(RAMP-I) 침하량 편차	66
<표 3.21> 케이블 이음에 대한 계측결과	68

<표 3.22> 케이블 길이별 계측결과	69
<표 3.23> 기준수조 영향권변화에 따른 계측결과	70
<표 3.24> 최대 압축시험 결과	75
<표 3.25> 기준수조 튜브 내열성, 내한성 시험결과	76
<표 3.26> 일체형 튜브 인장 시험 및 내열성, 내한성 시험결과	77
<표 3.27> 액체 튜브 인장, 신장율 시험 및 내열성, 내한성 시험결과	77
<표 3.28> 방수·수밀시험 결과	82
<표 3.29> 원가조사 결과	83
<표 3.30> 철제침하판과 반도체방식 침하계 공사비 비교	84
<표 3.31> 철제침하판 설치품	86
<표 3.32> 수동계측 급별 빈도별 품(회당)	87
<표 4. 1> 연구내용별 계획대비 달성도	94

그림 목 차

<그림 2. 1> 댐 매설계측기 실태	5
<그림 2. 2> 철제 지표침하판 사양 예	7
<그림 2. 3> 철제 지표침하판 제품과 설치단면도	7
<그림 2. 4> 액상침하계의 센서부 모습과 계측단면도	11
<그림 3. 1> 반도체방식 침하계의 구성도	16
<그림 3. 2> 반도체방식 침하계의 설치단면도	17
<그림 3. 3> 반도체방식 침하계 센서부	18
<그림 3. 4> 압력 센서부 상세도	18
<그림 3. 5> 반도체방식 침하계의 출력장치	19
<그림 3. 6> 측정원리	20
<그림 3. 7> 센서 설치 지점 선정 및 지시부와의 거리 실측	21
<그림 3. 8> 튜브 및 케이블 포설을 위한 관로 확보	21
<그림 3. 9> 센서 설치 및 튜브 포설	22
<그림 3.10> 배수로 통과부분에 대한 보호관 작업	22
<그림 3.11> 튜브 및 케이블 연결 작업	23
<그림 3.12> 계측기 설치 완료 후 전경	24
<그림 3.13> 자동화 계측 시스템	24
<그림 3.14> 실내 작동시험 초기단계	26
<그림 3.15> 실내 작동시험 1단계	27
<그림 3.16> 실내 작동시험 2단계	28
<그림 3.17> 연구지역 현황	29
<그림 3.18> 부산 ○○도로건설 현장 위치 및 현장 전경	30
<그림 3.19> 부산 ○○도로건설 현장 지층분포 단면도	31
<그림 3.20> 부산 ○○도로건설 현장 연약지반 공학적 특성	32

<그림 3.21> 광양 ○○공유수면 매립 현장 위치 및 현장 전경	33
<그림 3.22> 광양 ○○공유수면 매립 현장 지층분포 단면도	34
<그림 3.23> 광양 ○○공유수면 매립 현장 연약지반 공학적 특성	34
<그림 3.24> 동해고속도로 ○공구 현장 위치 및 현장 전경	35
<그림 3.25> 동해고속도로 ○공구 현장 지층분포 단면도	36
<그림 3.26> 동해고속도로 현장 연약지반 공학적 특성	37
<그림 3.27> 부산 ○○도로건설 현장 계측기 설치 현황	38
<그림 3.28> 광양 ○○공유수면 매립 현장 계측기 설치 현황	41
<그림 3.29> 동해고속도로 ○공구(RAMP-I) 계측기 설치 현황	43
<그림 3.30> 동해고속도로 ○공구(RAMP-G) 계측기 설치 현황	45
<그림 3.31> 케이블 절단 시험	46
<그림 3.32> 케이블 길이별 시험	47
<그림 3.33> 기준점 영향권 시험	48
<그림 3.34> 부산 ○○도로 건설현장 침하량 GRAPH	50
<그림 3.35> 부산 ○○도로 건설현장 침하량 및 편차 분석	54
<그림 3.36> 부산 ○○도로 건설현장 침하량 편차의 정규분포	54
<그림 3.37> 광양 ○○공유수면 매립 현장 침하량 GRAPH	55
<그림 3.38> 광양 ○○공유수면 매립 현장 침하량 및 편차 분석	60
<그림 3.39> 광양 ○○공유수면 매립 현장 침하량 편차의 정규분포	61
<그림 3.40> 동해고속도로 ○공구(RAMP-I) 침하량 GRAPH	62
<그림 3.41> 동해고속도로 ○공구(RAMP-I) 침하량 및 편차 분석	66
<그림 3.42> 동해고속도로 ○공구(RAMP-I) 침하량 편차의 정규분포	67
<그림 3.43> 케이블 이음에 대한 침하량	68
<그림 3.44> 케이블 길이별 침하량	69
<그림 3.45> 기준수조 영향권 변화에 따른 침하량	70
<그림 3.46> 현장별 성토고 및 침하량 편차	72
<그림 3.47> 기준수조 설치 위치	73

<그림 3.48> 첼제침하판과 반도체방식 침하계 설치위치	74
<그림 3.49> 반도체방식 침하계 센서본체 최대압축시험	75
<그림 3.50> 기준수조 튜브 내열성, 내한성 시험	76
<그림 3.51> 일체형 튜브 인장시험	77
<그림 3.52> 액체 튜브 인장시험	77
<그림 3.53> 수밀·방수시험 준비단계	79
<그림 3.54> 수밀·방수시험 측정단계	81
<그림 3.55> 반도체방식 침하계 지시계 측정결과	82
<그림 3.56> 월 생산량 대비 시장가격 변화도	87
<그림 3.57> 저판크기 조정 및 보호캡 설치	89
<그림 3.58> 케이블 보호관 설치	90
<그림 3.59> 센서하우징 일체형 가공	91
<그림 3.60> 일체형 케이블 원형 가공	91
<그림 3.61> 반도체방식 침하계 관리 매뉴얼	92
<그림 5. 1> 반도체방식 침하계 활용도	96
<그림 5. 2> 반도체방식 침하계와 첼제침하판의 측정방법	97
<그림 5. 3> 매설방법 비교	97

제 1 장 서 론

제 1절 연구배경

최근 국내 사회간접시설을 개발할 목적으로 대규모 택지개발이나 항만 등 부지 조성사업이 활발히 진행되고 있을 뿐만 아니라 지속적으로 토목사업(도로, 철도, 수자원 등)이 추진되고 있으나, 제한된 국토 내에서 부득이 연약지반이 출현하는 퇴적지역이나 해안 등을 매립하여 사용할 수밖에 없으며, 이러한 연약지반 개량 공사에 있어서 가장 중요한 시공요소 중 하나가 지반침하측정을 포함한 계측관리이다.

계측관리 업무 중 지표침하량 측정은 연약지반 계측내용 중에서 계측결과를 대변하고 있으므로 중요하다. 침하량 측정결과에 따라 공사비(토공량 산정)와 공사기간(압밀도 산정 등)이 달라지며, 측정결과의 활용 정도에 따라 지반의 특성과 거동을 밝히는 중요한 자료가 된다. 그럼에도 불구하고 현재 국내에서 수행되고 있는 대부분의 침하량 측정방법은 재래식 계측방법으로써 지중에 수직철탄 침하판을 설치하여 측량용 Level을 이용하여 상대적 변위를 측정하여 관리하고 있는 상황이다. 이것은 단지 시공 중 침하관리 밖에 할 수 없으며, 시공 중 계측기 설치장소 부근은 토공용 다짐장비의 접근이 곤란하여 다짐시공이 원활하게 이루어지지 못할 뿐만 아니라 단계별 시공 시 철탄침하판의 수직도를 원활히 유지하기 곤란한 점 등 몇 가지 개선해야 할 점을 내포하고 있다. 그러나 뚜렷한 대체 방법을 찾지 못하던 중 최근에 외국에서 수입된 액상화 침하계를 개발하여 국내에서 적용하였으나 경제성과 신뢰성면에서 문제점이 발견되고 있는 실정이다.

또한 최근 건설현장에서는 정보화시공을 통한 품질관리의 기류에 힘입어 점차 모든 시공관리 및 성과물의 유지관리부문에서 자동화도입이 활발해지고 있는 상황이다. 특히 토목계측분야에 있어서 이러한 분위기는 더욱 두드러진 양상을 보이고 있으며, 이는 일련의 건설현장 대형 사고를 통해 얻은 교훈의 산물로써 보다 정확하고 체계적인 시공관리가 요구되어지고 있으며, 더 나아가서 시공단계뿐만 아니라 공용화된 사회간접자본 시설에 대한 유지관리 차원의 토목계측이 활성화되고 있는 추세이다.

이에, 본 연구는 기존의 철탄 침하판을 이용한 침하계측 방법을 개선하고 침하

계측 관리의 자동화를 꾀할 목적으로 개발된 반도체 방식 침하계의 실용화를 모색하여 실제 현장에 널리 적용될 수 있는 새로운 방안을 제시하고자 한다.

제 2절 연구목적 및 목표

반도체방식 침하계는 현재 대부분의 연약지반에서 침하관리 목적으로 많이 사용되고 있는 철제 지표 침하판 및 액상화 침하계를 대체할 수 있는 침하계로서, 총 3개년에 걸쳐 수행된 본 연구의 목적은 이러한 반도체방식 침하계의 실용화에 있으며, 연구목표는 다음과 같다.

- ① 기존침하계의 문제점 분석 및 시공 및 유지관리 기능개선
- ② 정밀도와 신뢰성 높은 계측 데이터의 확보방안 수립
- ③ 경제적인 침하관리 방안마련
- ④ 반도체방식 침하계의 기능보완 및 개선사항 모색

상기의 연구목적과 목표에 근거한 각 년차별 세부 수행내용은 다음 표와 같다.

<표 1.1> 년차별 연구 목표 및 주요 내용

연차	연구목표	주요내용 및 범위
1 차 년 도	•연구지역 분포파악 및 선정 •설계도서 분석 •연약지반에 침하계 설치 •계측결과 측정	•대상 연구지역 연약지반 현장 파악 •각 현장의 연약지반 설계서 분석 •연구 지역 선정 •철제 침하판(또는 액상화침하계) 설치 위치와 같은 지점에 반도체방식 침하계 설치 •설치시 문제점 및 개선사항 취합 •매 계측마다 침하계의 계측데이터를 측정함
2 차 년 도	•연구지역의 계측자료 측정 •연구지역의 계측자료 취합 •반도체방식 침하계의 문제점을 파악하고 검토 보완 •연구수행을 통한 관리매뉴얼작성	•침하계 설치 현장의 계측자료 측정 및 취합함 •침하계 자재의 내구성 검증 및 케이블 절단시 이음에 대한 검토 •침하량 3m이상인 곳에 케이블 손상에 따른 중점 검토 •케이블길이(100,200,300,400, 500M)에 따른 설치 및 침하량 비교, 검토 기준 •침하영향 범위를 다르게 하여 기준 POINT의 침하량 비교, 검토 •계측자료 수집과 정보를 통계처리 •각 문제점에 대하여 비교하여 개선사항을 분석 및 관리매뉴얼 작성
3 차 년 도	•연구지역의 계측자료 측정 •계측자료 취합 •계측자료 비교·분석 •실용성 및 경제성 검토	•침하계 설치 현장의 계측자료 측정 및 취합 •계측자료 수집과 정보 통계처리 •계측자료 분석 후 현장에 맞는 설계안 분석 •침하계 계측 자료를 비교분석하여 각 침하계의 문제점 및 현장의 문제점 개선, 보완 •침하계의 실용성 및 경제성의 여부를 검토

제 3절 연구기대 효과

반도체방식 침하계를 이용한 연약지반 침하계측 실용화 연구를 통하여 기대되는 효과는 다음과 같다.

- 시공성

- 계측기 설치 공정이 원 지반에서의 1회 시공으로 종료되어 단계별 성토에 따른 후속 공정이 필요 없음
- 성토체 측면에서 계측측정이 수행되며, 성토체 상부에 센서가 노출되지 않아 시공 시 작업차량 및 장비에 의한 손괴 여지가 없음
- 계측기기 설치위치에 구애받지 않고 다짐 시공 가능

- Data의 신뢰성 및 수집능력

- 측점에 대한 외부 손괴 요인이 없어 용이하게 Data수집 가능
- Digital 방식으로 측정이 이루어져 측정자 및 기기 오차 최소화 가능
- 케이블 길이에 따른 Noise의 보상이 필요 없어 정밀도 및 신뢰성 유지
- 성토 시공 영향범위 외측에서 계측 측정이 수행되므로 오차 발생 최소화
- 자동화 계측시스템과 연계하여 정보화 시공 가능
- 1인 휴대용 측정기로 측정이 가능하므로 인건비가 절감됨.

- 응용 기대 효과

본 침하 관리 기술은 활용 여부에 따라 지중 침하측정 및 구조물의 미세한 균등 침하 관리까지도 적용이 가능하며, 향후 건설현장에서 대두되는 침하관련 문제점을 해결하는데 커다란 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1절 국내외 기술동향

1. 국내 연약지반 침하측정 기술 동향

국내 대부분의 연약지반 현장에서 연약지반 침하측정 방법으로 주로 철헌 침하판을 이용한 측정기술이 주로 사용되고 있으며, 도로 현장의 경우 약 100~200m 간격으로 한 횡단면에 3개소씩 설치되어 시공 계측관리가 이루어지고 있다. 그러나 철헌 설치, 측정 및 유지관리 부분에서 불리한 점을 내포하고 있으며, 여러가지 오차 요인으로 인하여 정확한 침하량을 측정하기에는 많은 어려움이 있다.

또한 연약지반 현장이 대형화되는 추세에 따라 기존의 철헌침하판으로 관리가 불가능한 현장의 경우 부득이 외산 침하계를 시공한 사례가 있으나, 실용성에서 극히 제한되어 있으며, 기 적용한 사례에서도 측정자료의 신뢰성 문제가 제기될 뿐만 아니라 가격에서도 기존방식과 비교하여 큰 차이가 있는 것으로 나타났다.

국내에서 현재까지 건설현장에 대한 외산 계측기기의 보급 및 설치에 관련된 자료를 수집하기 어려우나 외산 계측기기의 품질과 현행 국내계측관리 여건을 반증하는 사례로 “2006. 5. 4일자 동아일보” 보도에 따르면 2006년 초 전국 댐에 매설 관리되는 계측기기의 평균 31%가 고장으로 조사되었으며, 설치 연한이 짧은 밀양댐의 고장률 21%, 횡성댐의 경우 무려 47%의 매설계측기기의 고장으로 제 기능을 수행하지 못하는 것으로 조사되었다. 건설현장 중 매설되는 계측기기의 여건상 매우 신중한 설계와 설치가 이루어지는 댐의 여건을 감안한다면 타 현장의 계측기기 설치현황은 어떠한지 가늠할 수 있다.



<그림 2.1> 댐 매설계측기 실태(2006.5.4 동아일보 기사 발췌)

<표 2.1> 다목적댐의 매설 계측기 작동 현황

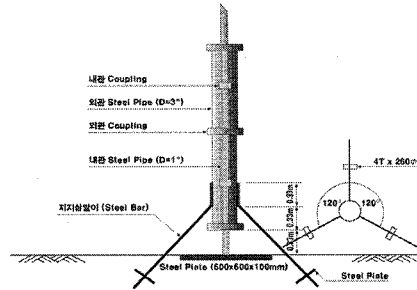
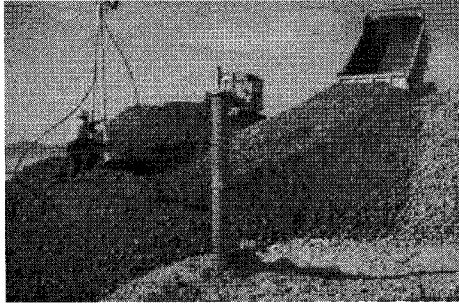
댐(공사기간)	총대수	정상작동	고장 및 비정상 작동(비율)
섬진강댐(1961~65년)	62	4	58(94%)
소양강댐(1967~73년)	233	33	200(86%)
안동댐(1971~77년)	69	64	5(7%)
대청댐(1975~81년)	190	122	68(36%)
충주댐(1978~86년)	144	123	21(15%)
합천댐(1982~89년)	120	99	21(18%)
주암 본댐(1984~92년)	89	54	35(39%)
주암 조댐(1984~92년)	95	52	43(45%)
임하댐(1984~93년)	144	142	2(1%)
남강댐(1989~2001년)	179	154	25(14%)
밀양댐(1991~2001년)	406	322	84(21%)
부안댐(1991~96년)	147	110	37(25%)
보령댐(1992~98년)	111	95	16(14%)
용담댐(1992~2001년)	242	214	28(12%)
횡성댐(1993~2000년)	110	58	52(47%)
소계	2341	1646	695(30%)

※ 자료: 감사원, 국회 건설교통위원회

2. 철제 침하판을 이용한 연약지반 침하 측정

가. 설치 및 관리상의 문제점

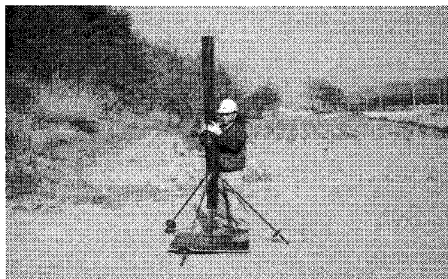
<그림 2.2>은 일반적으로 토목현장에서 사용되고 있는 철제 지표침하판의 제품 사양을 나타낸 것이다. 철제 지표침하판의 통상적인 규격(연약지반에서 사용되는 일반사양)을 보면 하부 지지판의 규격이 900mm×900mm×9t로 무게만 약 57.3kg이며, 이와는 별도로 성토가 이루어질 때마다 길이 1m 단위의 보호관 및 측정봉이 최종성토고 높이만큼 단계별로 조립 시공된다. 만약 10m의 성토가 이루어진다면 최소 10회 이상의 연결 작업이 수반되어야 하며, 전체 성토고를 감안한 만큼의 많은 양의 철제판이 지중에 매설되게 된다.



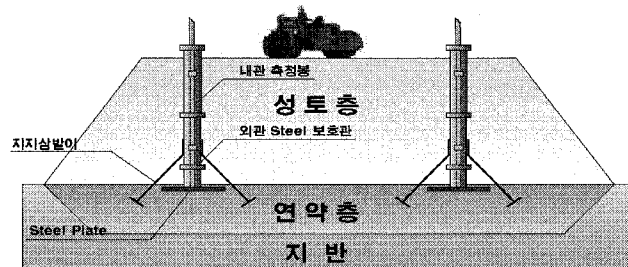
<그림 2.2> 철제 지표침하판 사양 예

이러한 철제침하판의 연결작업 시에는 철제침하판의 측점보호를 위해 별도의 작업(측점훼손방지를 위한 계측기 주변 선행 성토작업)이 선행되어야 하는데 계측기가 매설되어 있는 지점마다 별도의 장비관리는 공정상 많은 어려움을 초래할 수 있다. 다시 말하면 철제 지표침하판의 사용에 따른 문제점은 우선 성토작업 때마다 측정봉의 연결작업이 병행되어야 하는 번거로움이 있으며, 상부 연결점은 항상 노체에 노출되어 성토작업에 지장을 줄뿐만 아니라 측점 주위로의 장비의 접근이 어려워 인력 다짐으로 인한 성토체의 다짐도 불량을 유발시킬 수 있다.

실제 성토작업이 덤프와 도우저에 의해 많은 양의 토사적재가 이루어지는 작업 여건임을 감안한다면 계측기가 매설되어 있는 측점을 훼손되지 않도록 하는 것은 어려운 일이며, 단계별 성토작업이 계속 될수록 측점의 훼손상태는 심해질 수밖에 없고 측정된 Data의 신뢰도 또한 확보할 수 없다. 또한, 최종성토가 완료된 현장에서 성토체 상부로 노출된 철제침하판의 수직도는 대부분 낮은 상태이며, 이러한 침하판을 이용하여 취득한 Data의 오차범위는 클 수밖에 없으며, Level 측정기 자체의 오차, 측정자의 관측오차 등을 감안하면 현재 현장에서 이루어지는 침하관리 Data의 신뢰성에 의문이 제기 될 수밖에 없다.



(a) 철제 지표침하판 조립도



(b) 철제침하판 설치단면도

<그림 2.3> 철제 지표침하판 제품과 설치단면도

나. 측정 및 유지관리상 문제점

(1) Data 신뢰도의 문제점

철제 지표침하판을 이용한 침하계측의 Data의 신뢰도를 저하시키는 요인으로서는 다음과 같다.

첫째, 철제 지표침하판의 수직도 신뢰성

철제 지표침하판이 설치되는 지반은 soft한 연약지반이므로 스폰지 현상에서 오는 기울어짐이나 단계별 성토시 토사에 의한 측정간섭 등을 측정자가 번번이 보정을 해야 하는 번거로움이 있다. 이처럼 측점이 초기 설치된 이후 지속적으로 외부 요인에 의해 간섭을 받음으로써 Data의 신뢰도는 저하될 수밖에 없다.

둘째, 측정기기 및 측정자의 관측오차

기존 철제 침하판은 Level 측정기에 의해 관측이 이루어지므로 기기오차뿐만 아니라 측정자의 숙련도에 따라 많은 오차 값이 발생할 수 있다. 일반적인 Level 측정기기의 오차범위가 $\pm 2\text{mm}$ 이며, 여기에 측정자 2인의 숙련도에 따른 오차범위가 항상 상존하므로 Data의 정확도에 있어서 취약점을 내포하고 있다.

셋째, 계측기기의 측정시간 과다에 따른 신뢰도 결여

항시 2인 1개조의 측정자가 한 개의 측점을 측정하는데 필요한 시간이 과다하게 소요됨에 따라 Data의 신뢰도는 전적으로 측정자의 성실도에 따라 좌우되는 경향이 있다. 현실적으로 계측인원 투입 대비 계측기기 설치 및 유지관리, 측정 및 분석 보고에 따른 업무부담은 불성실한 측정으로 이어질 가능성이 존재하며, 특히 성토 작업 중과 같이 현장의 안전관리가 병행되어야 하는 시기에는 측정 빈도 및 횟수가 증가되어야 하나 측정 시간이 과다하게 소요됨으로써 측정자의 일정에 따라 측정이 이루어지는 경우가 종종 발생할 수 있다.

(2) Data 수집능력의 제한

단계별 성토중에는 상시로 장비 및 작업차량이 성토체 상부에서 계속적으로 작업을 진행하게 되며, 이 시기는 침하관리와 안정관리가 병행되는 시점으로 계측의

중요도 또한 높은 시기로써 측정빈도 및 횟수가 가장 많은 시기이다. 그러나 철제 지표침하판의 경우 측정에 소요되는 시간이 많을 뿐만 아니라 작업차량의 운행 및 공정여건에 따라 측정이 불가능한 경우가 많으며, 우기나 바람 등 일기에 따른 측정 장애 요인 등이 많으므로 실질적으로 Data 측정에 있어서 한계가 있다.

이러한 Data 수집능력에 대한 한계는 Data 신뢰도상의 문제점을 제외하더라도 활용도를 더욱 위축시키는 요인으로 작용하고 있다.

(3) 과중한 인건비 부담

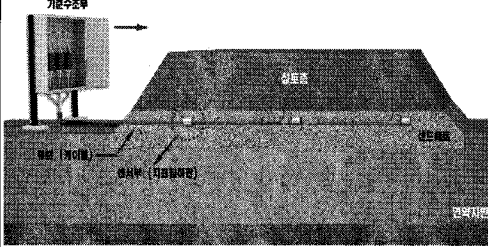
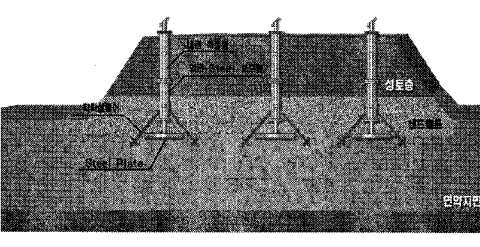
기존 철제침하판의 경우 성토가 종료된 시점 이후에도 항상 2인 1개조의 측정인원이 필요하다. 연약지반처리는 장기간의 기간이 소요되며, 이 기간 동안 측정자가 현장에 상주하여야 하며, 이는 연약지반 계측업무에 있어서 커다란 경비 부담요인으로 작용하게 된다.

(4) 유지관리 계측 불가

성토작업 중에는 성토체 상부에서 측정이 이루어지지만 공사완료 후에는 성토체의 제거로 인해 측점이 없어지므로 더 이상의 측정은 불가능하게 된다. 따라서 주요 계측구간에 대해서는 필요시 별도의 영구 계측기기를 설치하는 것이 통상적이다. 따라서 침하량 측정이 공사 중과 공사완료 후로 이원화되어 일관성이 있는 침하관리가 이루어지지 않으며, 별도의 영구 계측기기에 소요되는 비용 또한 불필요한 이중투자로 공사비 증가에 영향을 주는 요인으로 작용할 수 있다.

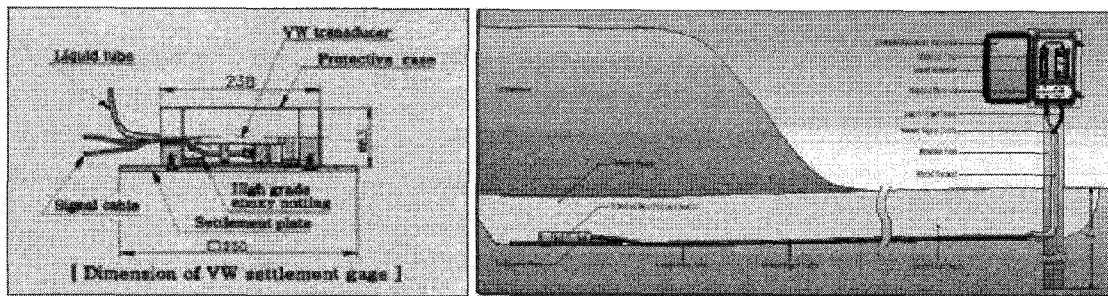
대표적인 철제 침하판과 반도체방식 침하계의 장·단점을 비교하면 다음 표와 같다.

<표 2.2> 철제 침하판과 반도체방식 침하계의 장·단점 비교

종류 항목	반도체방식 침하계	지표 침하판
모식도		
시공성	•성토체 측면으로 케이블 처리로 성토체 상부에 센서가 노출되지 않아 작업차량 및 장비에 의한 손괴 여지가 없음. •계측기기 설치위치에 구애받지 않고 고른 다짐 시공 가능.	•성토시마다 측정봉의 연결작업이 요구됨. •상부 연결점은 항상 노체에 노출되는 바 시공장비 및 작업차량에 의해 손괴될 가능성이 있음. •측정봉 주변 다짐 불량.
Data의 신뢰성	•측점에 대한 외부 손괴요인이 없어 임의로 Data를 얻을 수 있음. •Digital 전자 지시계로 읽음으로써 관측자 및 기기 오차 최소화.	•측점에 대한 외부 손괴요인이 있어 정확한 침하량을 측정하기에는 많은 어려움이 있음. •Level 측정시 측정하는 기술자마다 관측 오차 발생.
Data 수집능력	•1인이 디지털 지시계로 간단히 data측정. •시공 영향권 밖에서 측정이 이루어져 시공요건에 영향이 없음. •자동화 통제시스템과 연계시 프로그램에 의해 많은 데이터 수집 가능.	•2인 1조의 Level 측정기에 의한 측정이므로 많은 데이터를 취득하는데 한계가 있음. •우기 및 바람, 장비 및 작업차량의 운행시 측정이 불가능한 등 많은 제한요소가 있음.
인력동원	•1인이 휴대용 측정기로 상시 측정이 가능하여 인건비가 절감됨.	•Level 측정기에 의한 측정시 항상 2인 1조의 인원이 소요됨.
자원낭비 해소	•자동화 침하판 대체시 불필요한 철광자원낭비가 절감됨.	•많은 수량의 철광자원이 지반에 매립됨.

3. 액상화침하계를 이용한 연약지반 침하 측정

현재까지 국내의 일부 현장에 적용된 바가 있는 액상침하계의 기본 측정원리는 반도체 침하계와 동일하나 수두압을 측정하는 소자센서를 진동현센서(Vibrating Wire Sensor)방식을 채택하고 있다는 점에서 반도체방식 침하계와 대비 된다. <그림 2.3>는 외산 액상침하계의 일반적인 센서부 모습과 설치단면



<그림 2.4> 액상침하계의 센서부 모습과 계측단면도

액상침하계의 경우 다음과 같은 단점 때문에 일반화 되지 못하고 있다.

- ① 압력센서로 진동현센서(Vibrating Wire Sensor)를 채택함으로써 출력값이 Hz단위로 측정되며, 입력과 출력에 대한 시차적 간격 특성이 존재하여 응답 속도가 늦어 출력 값이 안정화되는데 많은 시간이 소요된다.
- ② 진동현방식 센서의 정밀도 및 내구성이 취약하다.
진동현식 센서 내부에 내장되어 있는 진동현은 직경 약 0.1mm의 철선으로 온도와 습기, 진동 등의 외부요인에 많은 영향을 받으며, 사용시간이 경과함에 따라 자화곡선(Hysteresys Curve)의 영향이 커질 수밖에 없어 Data의 정밀도 및 내구성에서 취약한 단점을 가지고 있다.
- ③ 센서부와 지시부의 거리에 대한 제약이 많다
진동현 센서를 사용하는 외산 액상침하계의 경우 센서부와 지시부사이의 거리에 대한 도선저항의 영향이 많기 때문에, 광범위한 토목현장에서 사용 시 거리에 대한 제약이 따른다.
- ④ 별도의 대기압 보정작업이 필요하다.
대기압 보정에 대한 장치가 없어 측정할 때마다 각 Data에 대한 별도의 대기압 보정작업이 필수적으로 이루어져야 한다.
- ⑤ 초기설치 이후 센서 및 액체 Tube내 기포제거가 어렵다.
일체형인 기준수조는 2개의 Tube가 연결되어 있는데 압력이 동일하게 작용

- 하여 센서 및 Tube 내부에 기포가 발생할 경우 그의 제거가 용이하지 못하다.
- ⑥ 출력 값에 대한 별도의 복잡한 계산식이 필요하며, 전용 측정기기가 필요하다.
 - ⑦ 자동화 System과 연계 시 별도의 변환모듈이 필요하다.

주파수방식은 통신을 위한 변조/복조장치가 부가되어야 하며, 자동화시스템과 연계 시 별도의 F/V, F/I 변환장치가 필요 하는 등 시스템 구성이 번거롭다.

이러한 액상침하계는 일부 수입되어 시험 시공한 사례가 있으나, 측정 자료의 신뢰성이 낮을 뿐만 아니라 경제성 면에서도 불리하여 적용성이 적은 상황이다.

따라서 반도체방식 침하계를 개발함으로써 외국에 지출되는 막대한 경비를 막을 수 있을 뿐만 아니라, 시공 시 현장에 부합되는 신뢰성 있는 계측 데이터와 시공 후에도 얻어지는 계측 데이터를 활용함으로써 기존에 있는 학문적인 이론이나 경험을 보다 발전시켜 나아갈 수 있을 것이다.

제 2절 기술 개발에 따른 향후 전망

최근 국토의 유용한 활용을 위하여 공학적으로 불량한 연약지반을 개량 사용하거나 준설 매립에 의해 부지를 확장·조성하여 이용하려는 사업들이 활발히 추진되고 있는 실정이다. 그러나 현실적으로 이들 사업은 기간 및 경제성에 너무 비중을 두기 때문에 다양한 공법에 의하여 개량 및 조성된 후에도 여러 복합적인 요인에 의하여 지반문제가 지속적으로 야기되는 사례가 많이 있다. 따라서 이러한 문제점을 최소화하기 위해 유지관리 차원에서 설계단계에서부터 입안하여야 할 필요성이 있다.

현재 국내 대부분의 연약지반 침하 측정방법은 철제 지표 침하판이 침하 관측용으로 사용되고 있으며, 영구계측이나 유지 관리 계측 또는 주요 구조물이 시공되는 지점 등 특수한 상황의 경우에만 외산 자동화 침하계가 설계 변경을 통하여 설치되고 있는 실정이다.

따라서 본 반도체방식 침하계를 이용한 침하측정 기술은 현재 모든 연약 지반에서 사용하고 있는 철제 지표 침하판의 대체가 가능하도록 신뢰성, 시공의 편리성, 내구성, 관리상의 인건비절감 등에 주안점을 두고 개발한 것이다. 더욱이 연약지반 성토체 상부에서 이루어지는 토목계측 항목 중 침하측정기술이 On-Line 측정이 가능해짐으로써 지표면침하측정, 지중침하측정, 간극수압측정, 지하수위측정 등이 성토체 측면, 시공 간섭 요인이 없는 지점에서 유도측정이 가능해졌다.

이는 현장시공성과 계측기기의 시공효율성을 동시에 충족시킬 수 있는 사안으로 항상 현장에서 대두되는 두 공정의 간섭성을 사전 차단함으로써 각개 공정의 작업효과도 높일 수 있을 것이다. 또한 현행 Level측정의 아날로그 방식을 탈피하여 휴대용 지시계를 통한 디지털측정이 가능하므로 항상 2인 측정이 불가피하였던 항목을 1인에 의한 측정이 가능함은 물론 측정에 소요되는 시간을 혁신적으로 절감할 수 있게 되었다. 특히 연약지반 현장의 경우 장기간의 방치기간이 필요하고 이 기간 중에 투입되는 인원비율을 1/2로 줄일 수 있는바 인건비 절감차원에서도 많은 공사비절감 효과를 기대할 수 있게 되었다. 게다가 현행 철제 수동 침하판 사용 시 현장의 지중에 폐기되는 막대한 양의 철광자원을 고려한다면 자원낭비 방지차원에서도 부가적인 활용 효용을 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 또한 대부분의 연약 지반 현장에서 사용하고 있는 철제 수동 침하판의 활용기간

은 시공 중, 즉 Pre-loading 제거 전까지로 제한되어 있으며, 잔류침하가 계속되고 준공 후에도 노반 침하로 인한 보수 및 보강이 수시로 이루어지고 있는 상황이다.

본 침하 측정 기술은 시공 중 계측과 유지관리 계측을 동일지점 및 시점에서부터 통합관리가 가능한바 시공정보의 정확성 및 활용도 제고는 물론 실질적인 경비 절감 효과를 기대할 수 있을 것이다. 더욱이 활용여부에 따라 지중침하 및 균등침하관리 까지도 적용이 가능한바 향후 건설현장에서 대두되는 중요구조물 침하량, 사면의 거동, 터널의 변위량 등의 문제점을 해결하는데 커다란 역할을 할 수 있을 것으로 예측된다. 또한 검증되지 않았음에도 불구하고 무분별하게 수입되어 시공되고 있는 외산 계측기기에 대한 국내 방어 역할도 할 수 있을 것으로 기대한다.

제 3장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1절 연구개발 주요 내용

본 침하량 측정기술을 연약지반처리현장에 적용함으로써 현재 대부분의 연약지반 개량현장에서 지반 침하관리 목적으로 사용되고 있는 철제 지표침하판 및 액상화 침하계를 대체할 수 있는 방안으로 개발된 기술이다. 따라서 본 측정 기술을 실제 현장에 적용함에 있어서 기존 침하계의 문제점인 시공 및 유지관리의 단점 등을 비교·분석하고 데이터의 정밀도를 대폭 개선하여 토목현장에서 시공에 전혀 간섭받지 않고 정밀한 데이터를 취득할 수 있는지를 검증하고, 침하계 설치비용 및 측정비용을 비교하여 본 기술의 경제적인 효과와 반도체 방식 침하계의 개선사항 등을 찾아 이를 검증하고 보완할 필요성이 대두 되었다.

이를 위하여 본 연구에서는 반도체방식 침하계를 이용한 실용화 연구를 수행하기 위하여 3년간에 걸쳐 3개 site의 연약지반처리현장을 대상으로 철제침하판과 동일한 위치에 반도체 방식 침하계를 설치하여 각각의 침하량을 측정·비교함으로써 설치 시 문제점과 각 계측자료들을 비교 분석하여 반도체방식 침하계의 문제점을 검토하였다.

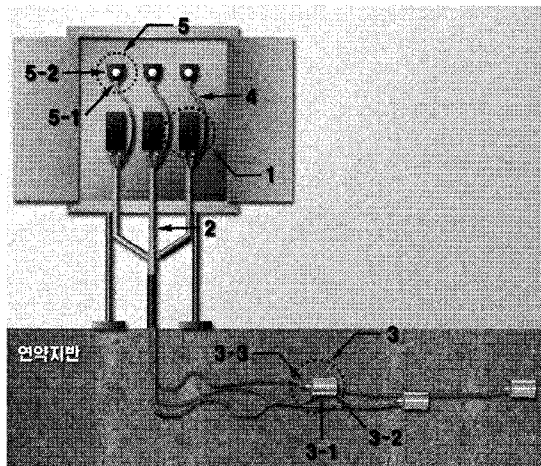
또한 반도체방식 침하계의 내구성을 검증하기 위하여 센서 본체 압축시험, 튜브의 내열, 내한성 시험, 인장시험 등을 실시하였고 현장 설치시 발생할 수 있는 문제점을 분석하기 위하여 케이블 절단시험, 케이블 길이별 시험, 기준점 영향권 시험 등을 실시하였으며, 각 문제점에 대한 개선사항을 분석하고 관리 매뉴얼을 작성하였다.

반도체방식 침하계의 경제성을 분석하기 위하여 전문기관에 의뢰하여 반도체방식 침하계의 제작 및 설치에 대한 원가조사를 실시하였으며, 이를 바탕으로 철제 침하판 대비 실질 공사비를 비교함으로써 반도체방식 침하계의 실용성 및 경제성 여부를 검토하였다.

제 2절 반도체방식 침하계의 구성 및 측정원리

1. 반도체방식 침하계의 구성

반도체방식 자동화침하계의 구성은 <그림 3.1>와 같이 크게 기준수조와 센서부, 지시부로 나누어지며, 이중 기준수조와 센서부 사이에는 에틸렌글리콜(Ethylene glycol)과 물이 50 : 50으로 채워진 2개의 Tube로 연결되며, 센서부와 지시부는 대기압 보정을 위한 벤드 튜브(Vent Tube)가 포함된 Read Cable로 연결되어 있다.



- 1 수조
- 2 튜브
- 3 침하측정 센서
- 3-1 케이스
- 3-2 유체 저장조
- 3-3 반도체 압력센서
- 4 신호선
- 5 출력장치
- 5-1 프로그래머블 회로장치
- 5-2 LED(발광소자)

<그림 3.1> 반도체방식 침하계의 구성도

반도체방식 자동화 침하계는 2개의 수조(기준수조와 센서부)사이의 위치변화에서 발생하는 자연물리적인 수두압과 대기압을 반도체방식의 압력센서를 이용하여 측정하는 방법으로 반도체방식의 압력센서는 센서부에 위치하며 온도보상회로 및 대기압 보정을 위한 대기압 보정홀이 삽입되어 별도의 Data 보정요소와 번거로운 계산식 없이 필요한 값을 얻을 수 있다. 또한 일반적인 전압측정용 지시계(Indicator)로도 측정이 가능하며 현장여건에 따라 LED 표시계를 기준수조 옆에 설치하여 실시간으로 mm 단위의 침하량을 측정자가 바로 읽을 수 있다.

본 반도체 침하계에 반도체소자를 이용한 가장 큰 이유는 센서에 가해지는 압력편차에 대한 복원성이 뛰어나며 직진성(Linearity)이 우수하여 자화곡선(Hysteresis Curve) 현상이 없으며, 소형 및 경량으로 진동에도 강한 내구성을 가지고 있기 때문이다.

본 침하계의 설치단면도는 <그림 3.2>과 같으며, 기준수조는 보통 지반으로부터

터 일정 높이에 세워진 케이스 내부에 내장되고 침하측정센서는 충분한 길이를 가지는 튜브로 연결하여 목표지점에 위치시킨다. 그 다음에 액체튜브 및 케이블이 들어있는 일체형 튜브를 샌드매트(Sand Mat)층에 사선모양으로 포설하며, 이때 기준수조의 위치는 침하영향권 밖에 위치하는 것이 원칙이다.



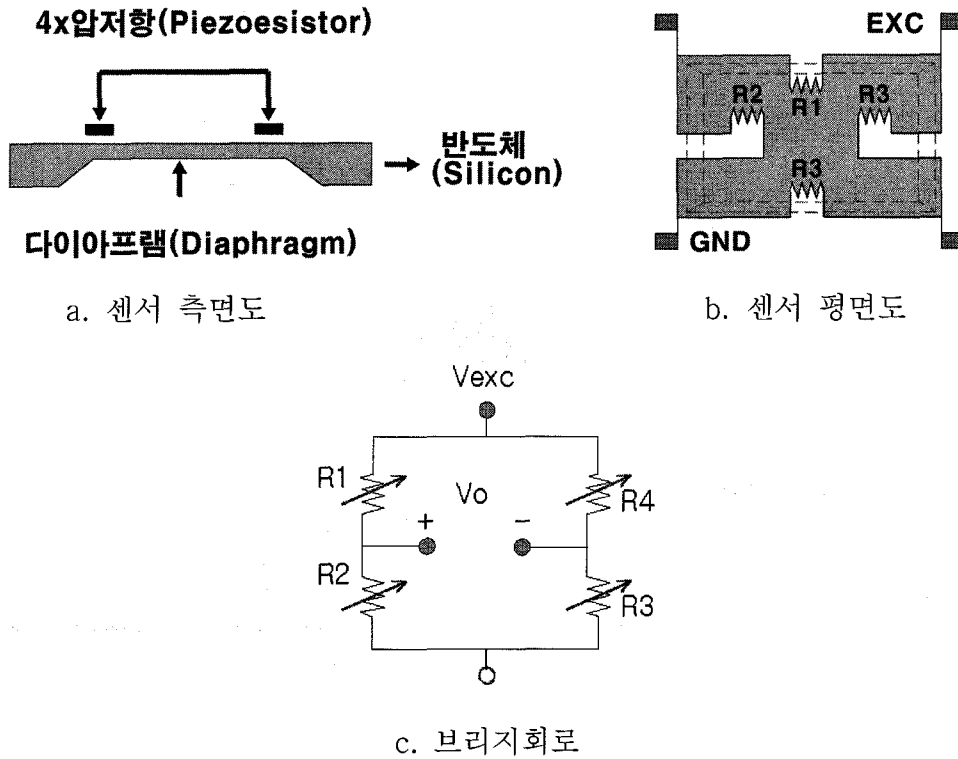
<그림 3.2> 반도체방식 침하계의 설치단면도

가. 수조부

이중 기준수조와 센서부 사이에는 에틸렌 글리콜(Ethyleneglycol)과 물(중류수)이 50:50으로 채워진 2개의 튜브로 연결되며 센서부와 지시부는 대기압 보정을 위한 벤드 튜브(Vent Tube)가 포함된 Read Cable로 연결되어 있다. 반도체방식 침하계의 원리는 2개의 수조(기준수조와 센서부)사이의 위치변화에서 발생하는 자연물리적인 수두압과 대기압을 반도체방식의 압력센서를 이용하여 측정하는 방법이다.

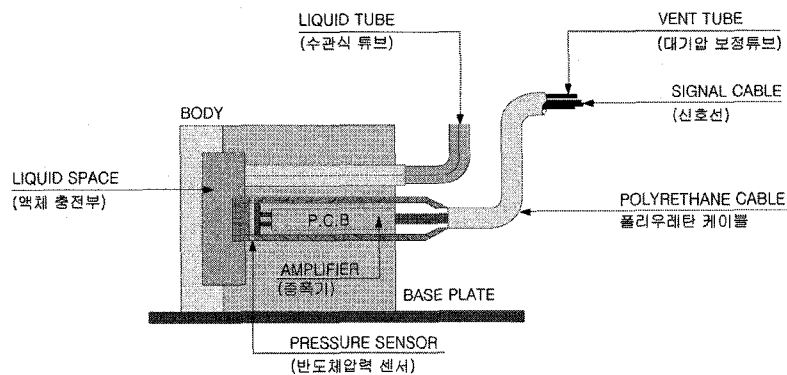
나. 반도체 센서부

반도체방식 침하계는 반도체소자를 이용한 압력센서로서 반도체의 소자 위에 저항체를 삽입하여(<그림 3.3> a 참조) 인가된 압력에 따라 저항변화를 전압출력의 압저항(Piezoresistor)으로 구성된 휘스톤 브리지(Whistone Bridge)를 이용한 것이다. 정전압이나 정전류로 센서를 동작시키면 <그림 3.3> b와 같이 4개의 저항으로 접합된 압저항의 브리지회로(<그림 3.3> c참조)에서 다이아프램에 가해진 압력 때문에 그 저항값이 변하며 이에 비례한 출력전압을 얻을 수 있다.



<그림 3.3> 반도체방식 침하계 센서부

압력센서는 실리콘 미세가공을 통해 출력특성을 철저히 대응하였음에도 불구하고 온도변화에 따른 영향을 받게 된다. 하지만 본 센서는 레이저 트리밍된 후막 저항을 이용하여 온도보상을 함으로써 영점 오프셋과 최대 출력 값의 온도에 의한 오차를 최소화하였다. 특히 반도체식 압력센서는 압력범위를 세분화하여, 압력센서의 선택 시 적절한 압력범위의 센서를 선택하도록 하여 출력전압의 분해능 즉 압력증가에 따른 출력의 측정능력을 향상시켰다. <그림 3.4>는 침하계의 압력 센서부를 나타낸 것이다.

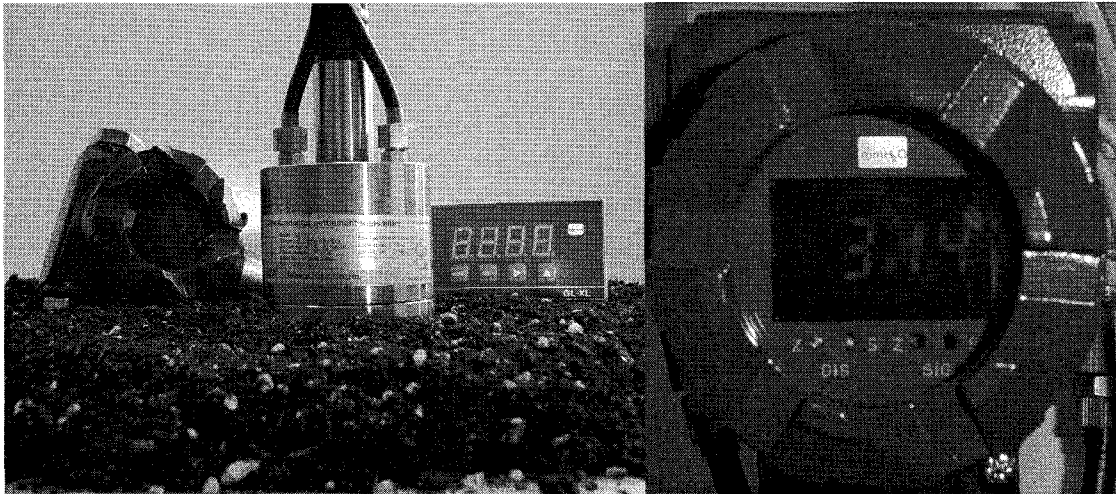


<그림 3.4> 압력 센서부 상세도

다. 지시부

본 계측기는 압력변화에 따른 저항변화를 전압출력으로 증폭기에 보내 국제공통 전기적 신호(4~20mA, DC)로 변환하여 출력함으로써 어떠한 수신기에 접속하여도 사용할 수 있는 장점이 있다.

외산 액상 침하계는 주파수방식으로 별도의 Read-out 기기를 사용하여 값(Hz 단위)을 읽은 다음, 그 값을 다시 변환식을 사용하여 길이단위 변화량으로 계산되는데 비해 본 출력장치는 실시간 데이터 디스플레이장치로서 내부에 프로그램어블 회로장치를 통하여 침하량을 실시간으로 표기한다. <그림 3.5>에서는 반도체방식 침하계의 출력장치의 모습을 보여준다.



<그림 3.5> 반도체방식 침하계의 출력장치

2. 측정원리

반도체방식 침하계는 센서가 내장된 압력센서부에 수관식 튜브를 연결하여 지반침하 또는 용기가 예상되는 위치에 매설하고 튜브의 한쪽 끝은 액체 저수조에 연결하여 항상 고정된 위치를 확보할 수 있는 지표면 위에 설치된다. 이때 압력센서부와 액체 저수조간의 수직거리에 비례한 수두압이 센서에 작용하여 이에 상응하는 전류 출력이 발생된다. 이와 같이 지반침하 또는 용기로 인하여 압력센서부가 최초 설치 위치에서 변경되면 이에 따른 수두압의 변화량이 출력되어 침하량을 측정하게 된다.

<그림 3.6>은 본 침하계의 측정원리를 보여주며 그 원리는 다음과 같다.

센서 양측에 가해지는 압력을 P_1 , P_2 로 할 경우

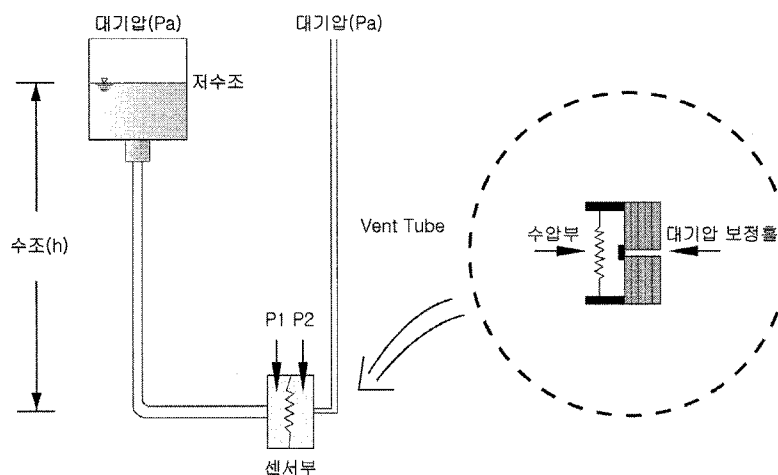
$$P_1 = P_a + gH \quad (g = \text{액체의 비중}, H = \text{수두})$$

$$P_2 = P_a$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 = P_a + gH - P_a = gH = H \quad (g = 1, \text{물의 경우})$$

한편, 기존의 액상침하계로 침하량을 측정할 때 반드시 대기압에 대한 보정이 이루어져야 하는데, 반도체식 침하계의 경우 센서 후면부위에 대기압 보정홀<그림 3.6>이 장착되어 있어 저수조에 가해지는 대기압과 상쇄되어 정확한 수두의 측정이 가능하다.

따라서 압력센서가 ΔP 에 의한 출력만을 발생시키므로 본 침하계는 정확하게 수위에 비례한 값을 얻을 수 있다.

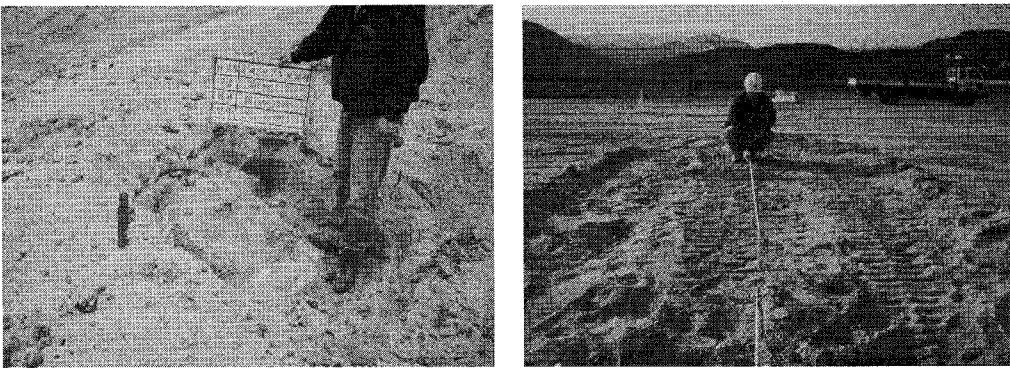


<그림 3.6> 측정원리

3. 반도체방식 자동화 침하계의 설치순서

- ① 설치위치를 선정하고 그 위치에 신호봉이나 락카 등으로 표시 후 기준수조와 센서부 사이의 거리를 실측한다.

이때 실측거리는 침하 영향권 밖의 임의의 지점으로 선정하되 추후 측정이 용이하도록 인접구간의 계측기군을 한쪽 지점으로 모으도록 한다. 센서부와 지시부 사이의 거리는 실측거리보다 좀 더 여유길이를 갖도록 측정하여 제조 과정 이후 튜브의 연결작업이 필요 없도록 하며, 센서내부에 공기가 유입되지 않도록 한다.



<그림 3.7> 센서 설치 지점 선정 및 지시부와의 거리 실측

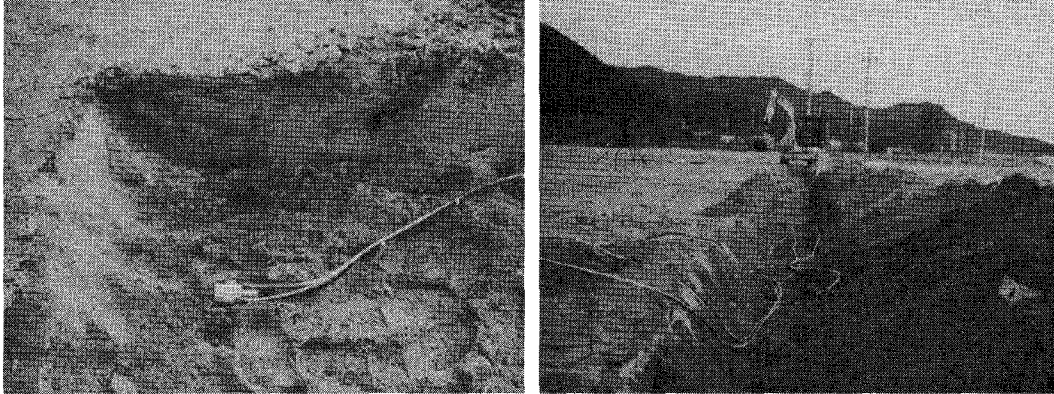
- ② 센서 설치부로부터 튜브 및 케이블이 놓일 지점을 장비를 이용하여 확보한다.
자동화 침하계가 설치되는 지점은 샌드 매트층으로 대략 샌드 매트의 중심부 이하 심도로 튜브 및 케이블이 설치될 관로를 형성한다. 원지반설치가 가능하나 시공여건을 고려 샌드 매트 포설이후에 통상작업이 이루어지며, 센서보호를 위한 자연 보호층 형성 등의 효과도 있다.



<그림 3.8> 튜브 및 케이블 포설을 위한 관로 확보

③ 설치 지점에 자동화 침하관의 위치를 고정시킨 후 확보된 관로를 따라 튜브 및 케이블을 사선모양으로 충분한 여유길이를 주며 포설한다.

이때 예상침하량이 작은 경우는 사선모양의 포설만으로 충분하나 예상침하량이 많은 경우는 튜브 및 케이블 보호 및 침하발생시 지반과 함께 센서의 이동이 원활하도록 충분한 강성을 지닌 보호튜브로 보강 후 포설한다.



<그림 3.9> 센서 설치 및 튜브 포설

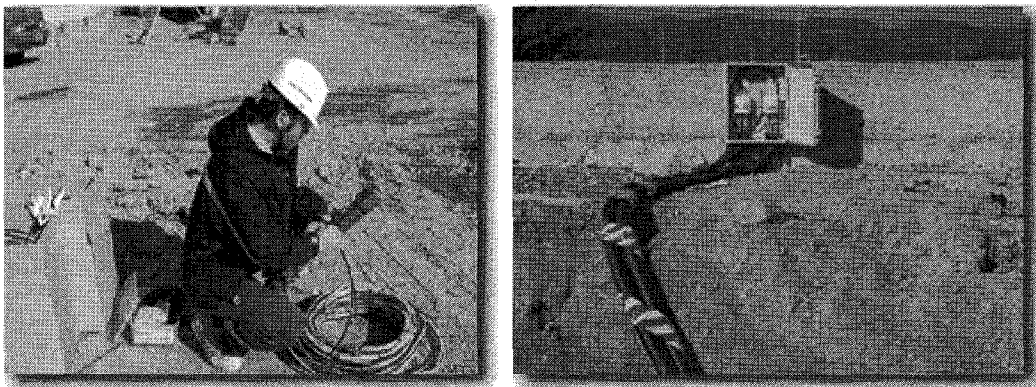
④ 자동화 침하계의 센서부로부터 기준수조로 연결되는 튜브 및 케이블 포설은 최초 기준수조 계획지점까지 사선모양으로 포설하면 되지만 배수로지점을 통과할 때는 세심한 주의가 필요하다.

통상적으로 연약지반 개량작업시 배수로는 굴삭기에 의한 수시 반복작업이 이루어지므로 이로 인한 튜브 및 케이블의 절단이 발생되지 않도록 배수로 부근을 통과할 때는 충분한 심도를 확보해야 한다. 이에 대한 추가보강으로 배수로 통과부분에 별도의 보호관을 설치, 튜브 및 케이블이 이를 통과하도록 포설하면 장비에 의한 손괴를 사전에 차단할 수 있다.



<그림 3.10> 배수로 통과부분에 대한 보호관 작업

- ⑤ 배수로 부분을 통과한 튜브 및 케이블은 침하 영향권 밖의 계획된 기준수조까지 연결된다. 이 시점에서 장기계측을 감안, 예상 가능한 손괴요인에 적절히 대응할 수 있도록 보호관 및 지중 매설방법을 사용하는 것이 효과적이다. 자동화 침하계의 경우 기준수조의 위치까지는 Reading선이 같이 움직이는 것이 좋으나 가능한 한 인접단면의 Read선을 모아 계측기별, 센서별 번호를 부여한 후 한쪽 지점에서 관리하면 수동측정이나 자동화 시스템 연결시 측정 및 관리가 용이하다. 따라서 최초 설치계획단계에서 이 같은 위치선정과 추후 연계작업에 대한 검토가 선행된다면 보다 효율적인 설치 및 측정 작업이 가능하다.



<그림 3.11> 튜브 및 케이블 연결 작업

- ⑥ 기준수조에 대한 튜브연결 및 케이블링 작업 완료 후 관로를 따라 사선으로 설치된 튜브 및 케이블 위에 모래를 포설한다.

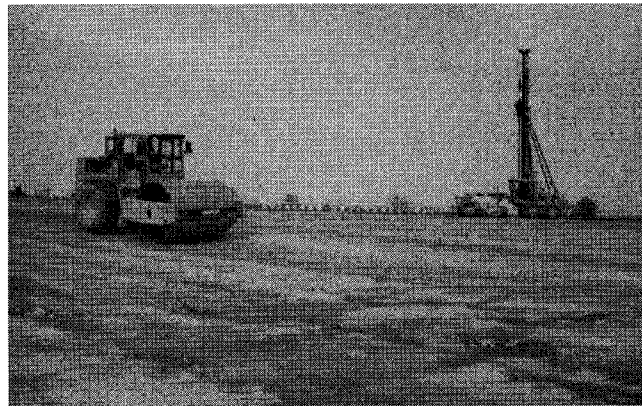
이 작업 전에 필수적으로 기준수조의 수두를 확인하고 센서의 정상적인 작동유무를 확인하는 것이 선행되어야 한다. 특히 기준수조에 튜브연결 시 커넥터의 체결시점에서 공기가 유입되어 기준수조와 튜브 끝단에 기포가 발생될 소지가 있으므로 기준수조에 용액을 보충하면서 기포를 제거한다.

자동화 침하계의 경우 초기설치로 모든 설치가 종료되며 성토가 진행되면 보수작업이 불가하므로 보수작업이 가능한 이 시기에 세심한 주의를 기울여 설치를 완료한다. 설치가 완료된 이후에는 휴대용 지시계(Readout Unit)로 초기치를 측정, 관리하면 되지만 최초 설치후 하루정도를 초기치 설정기간으로 간주하여 반복측정을 통해 초기 기준치 값을 설정한다.

튜브 내부에 채워지는 용액은 에틸렌글리콜(Etyleneglycol)과 물의 50 : 50 비

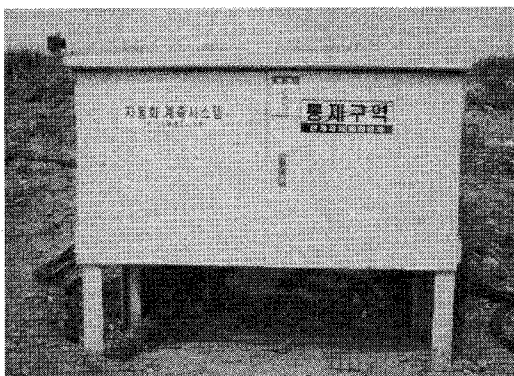
을로 부동액과 같이 빙점이 낮고 증발량이 적으므로 자주 보충할 필요는 없으나 약 1개월에 한 번씩 기준수조를 점검, 보충하면 Data의 정밀도를 보장받을 수 있다.

- ⑦ 설치가 종료되고 단계별 성토가 진행되면 자동화 침하판은 성토체 하부에 위치하게 되어 장비 및 작업차량에 대한 간섭 및 손괴요인이 전혀 없는 가운데 측정이 가능하다.

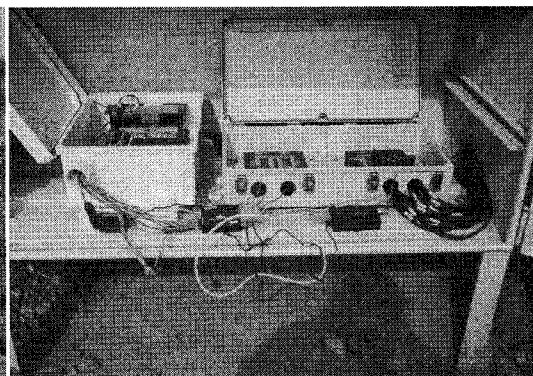


<그림 3.12> 계측기 설치 완료후 전경

- ⑧ 일반적인 현장에서는 휴대용 지시계를 이용하여 측정빈도에 따라 측정을 수행하면 된다. 취약지역이나 장기계측(영구계측)을 위해 자동화 시스템을 연계할 필요가 있을 때는 기준수조들의 위치를 고려하여 가능한 한 많은 단면을 계측할 수 있는 지점에 자동화 시스템을 설치하여 현장사무실에서 실시간 무인자동측정이 가능하도록 구성할 수 있다.



(a) 자동화시스템 외경



(b) 자동화시스템 내부구성 사례

<그림 3.13> 자동화 계측 시스템

제 3절 실내시험 및 작동시험

1. 실내작동 시험 내용

반도체방식 침하계의 작동 및 출력을 시각적으로 보이고 정밀도를 검증하기 위하여 실내에서 반도체 침하계를 설치하여 높이 변화에 따른 측정값 변화를 측정하였다. 초기 설정 값 175mm 높이에서 두 단계에 걸쳐서 각각 70mm씩 아래쪽으로 침하계를 이동시켜 이때 측정되는 실제측정값(스케일에 의한 측정값)과 반도체침하계 지시계에 나타나는 측정값을 비교하여 반도체 침하계의 정밀도를 검증하였다. 실내작동 시험 결과는 다음 표와 같다.

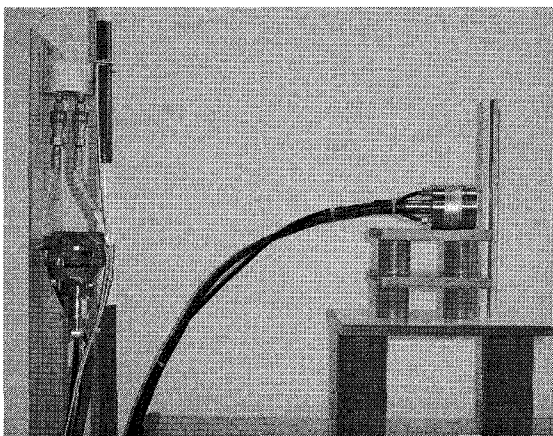
<표 3.1> 실내 작동시험 비교표

구 분	스케일에 의한 측정값	자동화침하계에 의한 측정값	초기값에 의한 정확도	절대값에 의한 오차도	비 고
초기단계	175mm	174mm	—	0.5%	
1 단계	245mm	244mm	100%	0.4%	하부70mm 이동
2 단계	315mm	314mm	100%	0.31%	하부140mm 이동

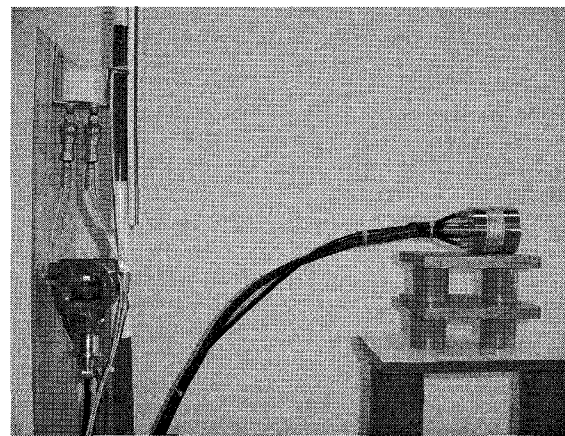
2. 실내작동 시험 결과

가. 실내 작동시험 초기단계

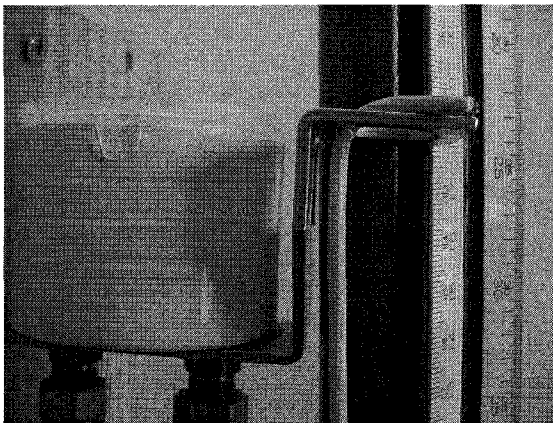
- ① 좌측 : 기준점
- ② 우측 : 측점(센서감지부 : 측정되는 기준 위치는 센서부 바닥면으로부터 약 20mm지점)
- ③ 기준점(좌측)과 측점(우측) 사이의 높이를 스케일에 의해 측정한 값 : 175mm
- ④ 자동화 침하계의 지시부 표시값(mm단위, 오차도 약 0.5%) : 174mm



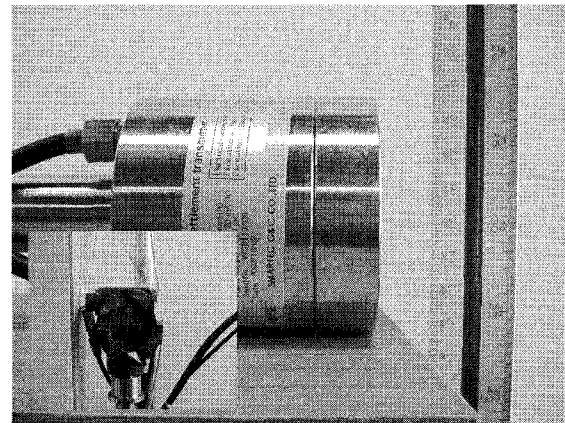
a. 시험 초기값 설정을 위한 Setting



b. Scale을 이용해 기준점을 측정



c. Scale을 이용해 측정하는 모습 확대

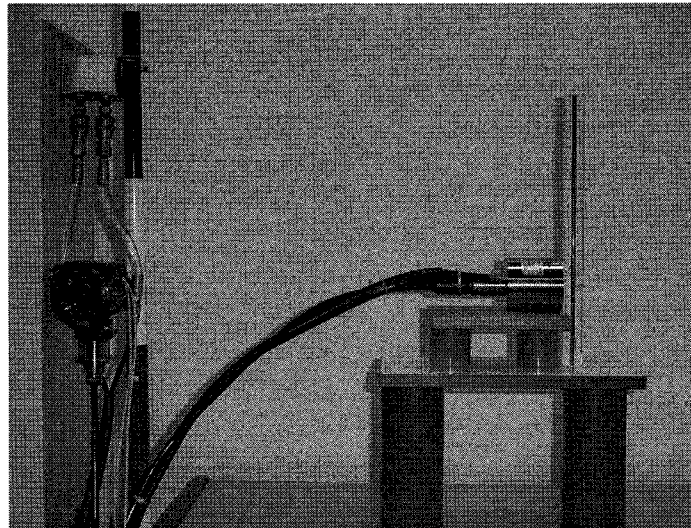


d. 침하계의 지시부 표시값(174mm)

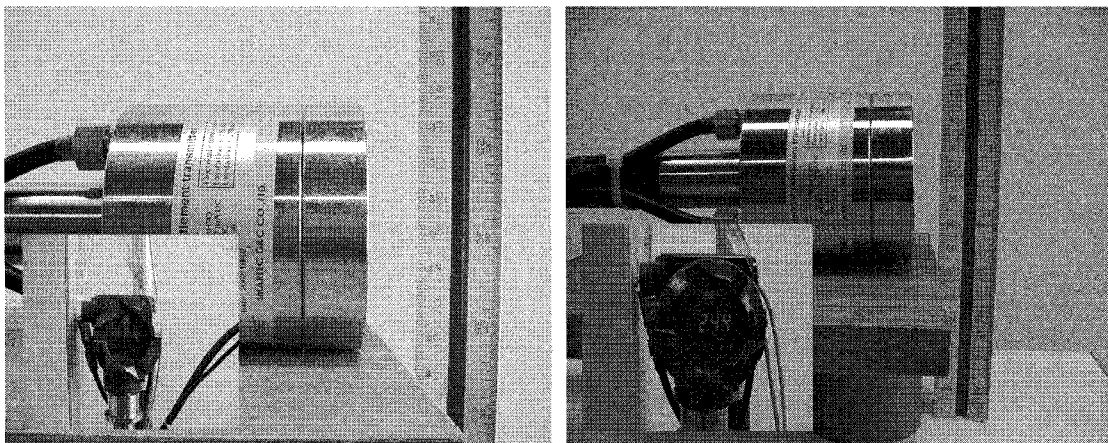
<그림 3.14> 실내 작동시험 초기단계

나. 실내 작동시험 1단계

- ① 좌측 : 기준점
- ② 우측 : 측정점(초기 셋팅값 174mm로부터 하부로 70mm 이동한 위치)
- ③ 기준점(좌측)과 측정대상(우측)사이의 높이를 스케일에 의해 측정한 값 : 245mm
- ④ 자동화 지시부에 의한 표시값(mm단위, 오차도 0.4%, 정밀도 100%) : 244mm



a. 초기위치에서 하부로 70mm 이동 후 측정장면)

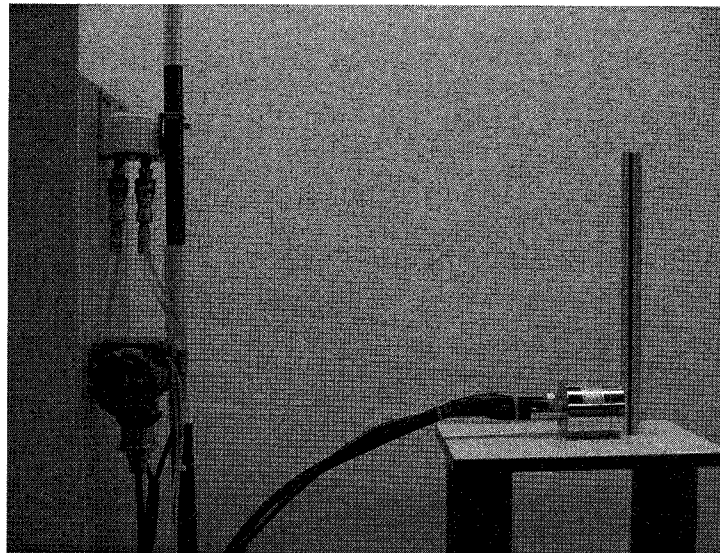


b. 초기측정치 대비 70mm 하부이동 측정장면 비교)

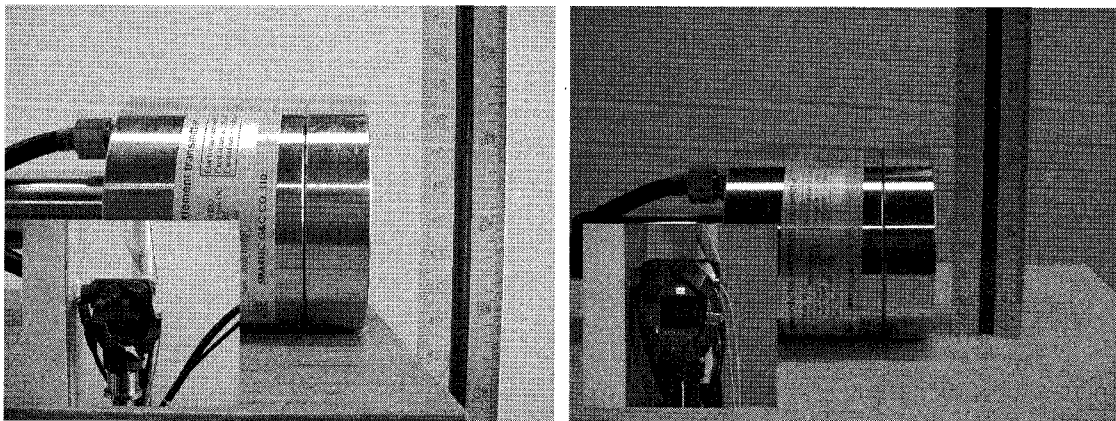
<그림 3.15> 실내 작동시험 1단계

다. 실내 작동시험 2단계

- ① 좌측 : 기준점
- ② 우측 : 측정대상(초기셋팅값으로부터 하부로 140mm 이동한 위치)
- ③ 기준점(좌측)과 측정대상(우측)과의 높이를 스케일에 의해 측정한 값
315mm
- ④ 자동화 침하계의 지시부 표시값(mm단위, 오차도 0.31%, 정밀도 100%)
314mm



a. 초기값으로부터 하부로 140mm 이동 후 측정장면



b. 초기측정치 대비 140mm 하부이동 측정장면 비교

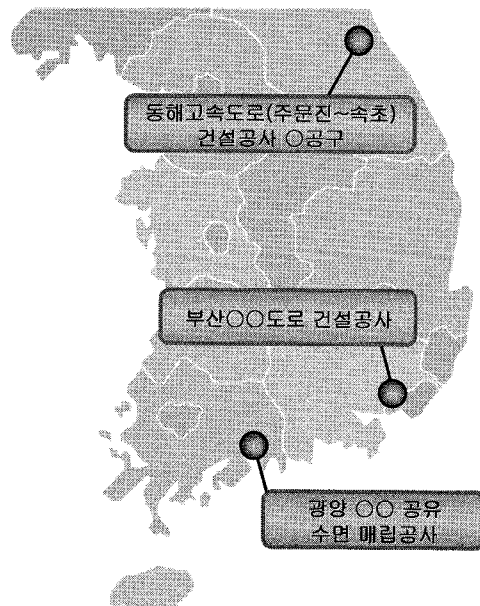
<그림 3.16> 실내 작동시험 2단계

제 4절 시험시공을 위한 연구지역 선정

1. 연구지역 현황 파악 및 선정

실용화의 목적에 맞는 연구대상 지역을 선정하기 위하여 되도록 다양한 현장을 선택하는 것이 중요하다고 판단되어, 1차적으로는 한 지역에 설치하는 것보다 여러 연구대상 지역으로 나누어 선정 연구 시점과 시기적으로 부합된 현장을 우선하였으며, 2차적으로는 연약지반의 공학적 특성상 퇴적층 심도가 깊고 물리적, 역학적 특성이 기존 침하판과 반도체식 방식의 침하계를 설치하였을 때 비교, 검토가 잘 될 수 있는, 즉 실용화 목적에 잘 부합되는 하안 및 해안가에 형성된 시공 현장을 우선으로 하였다.

위와 같은 연구대상 지역선정의 목적을 근거로 연구 시점과 일치하는 2개소 【부산 ○○도로 건설공사 및 광양 ○○ 공유수면 매립현장】을 1차로 선정하여 설계도서 검토 후 연약지반 특성 및 기존 설치된 철제침하판과의 거동, 시공성, 계측관리가 유리한 위치를 선정 각각 8개소 및 12개소 총 20개소에 설치하였으며, 2단계로는 【동해고속도로(주문진~속초) 건설공사 ○공구】 현장에 철제 침하판과의 침하량 비교검토(10개소), 케이블 절단시 이음에 따른 검토(2개소), 케이블 길이에 따른 침하량 검토(5개소), 침하영향 범위에 따른 침하량 비교(3개소)를 위하여 총 20개소를 설치하였다.



<그림 3.17> 연구지역 현황

2. 연구 대상지역 현황

가. 부산 ○○도로 건설공사 현장

(1) 현장 개요

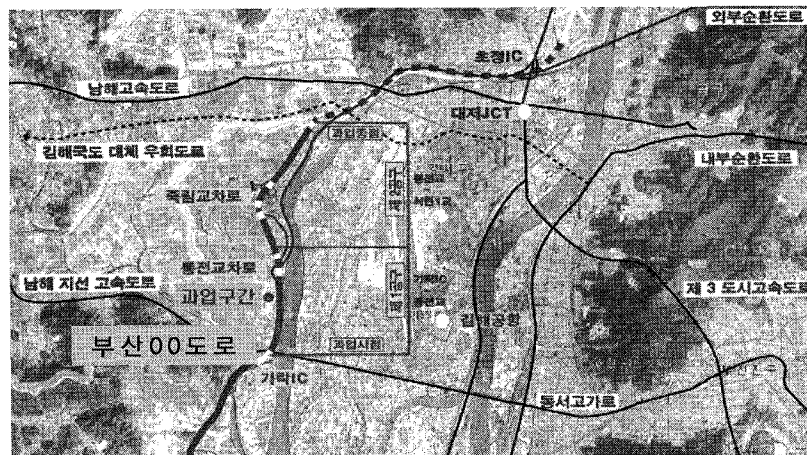
① 현장위치

- 시점 : 부산광역시 강서구 가락I.C,
- 종점 : 부산광역시 강서구 통전교

② 공사기간 : 2002. 12. 31 ~ 2007. 12. 30 (60개월)

③ 시공 현황

- 개량 방법 : P.B.D + S.C.P
- 성토고 : 7.3 ~ 10.7m
- 연약지반 침도 : 25.3 ~ 34.5m
- 총 예상 침하량 : 192.7cm



<그림 3.18> 부산○○도로 건설 현장 위치 및 현장 전경

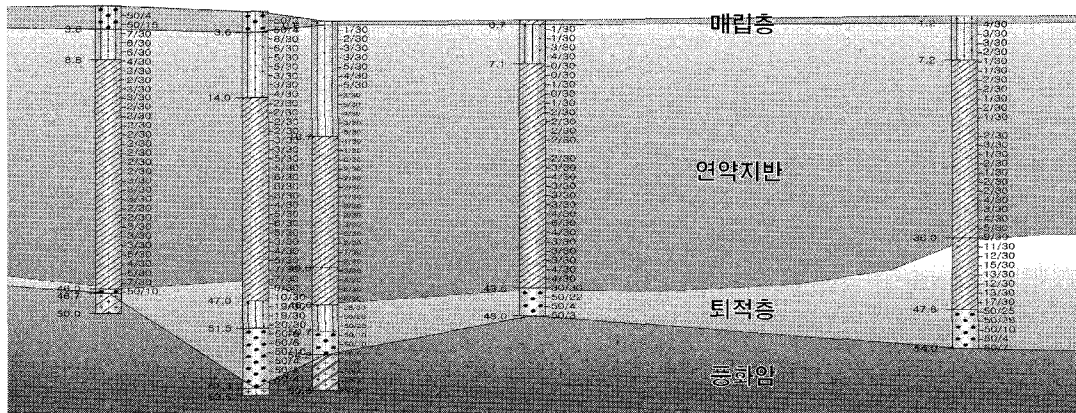
(2) 설계도서 분석을 통한 연약지반 설계현황 분석

(가) 연약지반 설계 현황

<표 3.2> 연약지반 설계현황

구 분	성토고(m)	연약층 심도(m)	압밀침하량(cm)	비 고
1 구간	2.7 ~ 10.7	25.3 ~ 37.3	348.6	연구대상구간
2 구간	0.3 ~ 2.9	27.1 ~ 33.4	136.2	
3 구간	3.7 ~ 9.3	16.5 ~ 29.0	307.6	
4 구간	6.0 ~ 8.9	0.2 ~ 22.4	262.3	
5 구간	5.8 ~ 9.5	0.2 ~ 26.7	306.9	
6 구간	6.5 ~ 8.6	23.8 ~ 37.4	312.7	

(나) 지층분포 특성



<그림 3.19> 부산○○도로 건설 현장 지층분포 단면도

(다) 연약지반의 공학적 특성

① 물리적 특성

<표 3.3> 물리적 특성

구 분	함수비(%)	액성한계(%)	소성한계(%)	액성지수	비 고
최 대	82.8	81.5	29.4	1.1	
최 소	36.4	41.3	19.6	0.6	
평 균	47.5	64.8	27.1	0.9	

② 전단강도 특성

<표 3.4> 강도특성

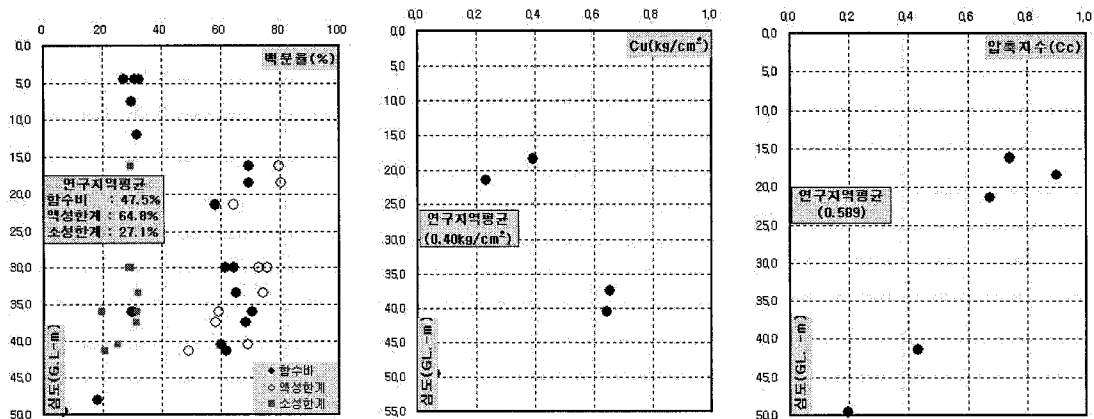
단위: (kgf/cm²)

구 분	일축압축강도 (qu/2)	삼축압축강도 (UU)	삼축압축강도(CU)		비 고
			C	Ø	
최 대	0.764	0.891	0.360	23.2	
최 소	0.084	0.142	0.140	18.4	
평 균	0.400	0.351	0.262	20.2	

③ 압밀특성

<표 3.5> 압밀특성

구 분	초기간극비 (e ₀)	압축지수 (C _c)	선행압밀하중 (kgf/cm ²)	비 고
최 대	2.055	0.902	1.980	
최 소	1.297	0.334	0.470	
평 균	1.741	0.589	0.907	



<그림 3.20> 부산○○도로 건설 현장연약지반 공학적 특성

(1) 현장 개요

- #### ④ 시공 현황

-

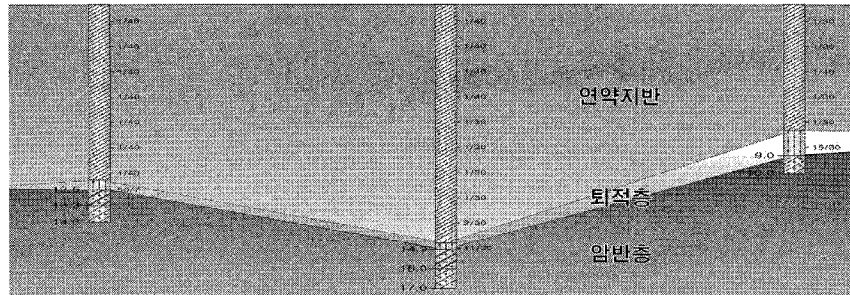


- 33 -

(2) 설계도서 분석을 통한 연약지반 설계현황 분석

(가) 지층 구성

본 층은 해수 유입 범위에 광범위하게 분포되어 있는 암회색의 갯벌로 조사 부지 최상부에 위치하는 토층으로서 연약지반 심도는 1.5 ~ 14.9m의 층후로 분포하며, 표준관입시험 결과 N치는 대부분 2/30cm 이내로 매우 연약한 상태로 나타났다.



<그림 3.22> 광양 ○○공유수면 매립 현장 지층분포 단면도

(나) 연약지반의 공학적 특성

① 물리적 특성

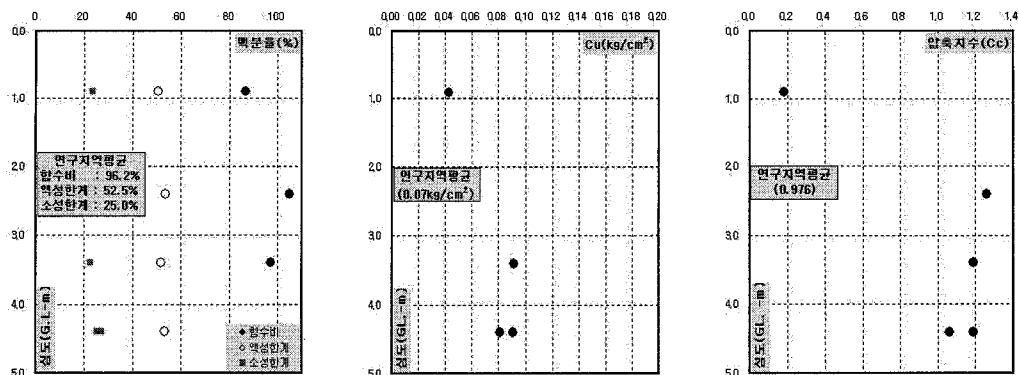
<표 3.6> 물리적 특성

구 분	함수비(%)	액성한계(%)	소성한계(%)	단위중량(tf/m ³)	비 고
B1 ~ B5	86.8 ~ 105.1	50.7 ~ 53.8	26.1 ~ 28.9	1.64 ~ 1.87	CH

② 역학적 특성

<표 3.7> 역학적 특성

구 분	삼축 압축 시험(UU)		P _c (kgf/cm ²)	C _c	비 고
	(C _u , kgf/m ²)	Ø			
B1 ~ B5	0.05 ~ 0.10	—	0.23 ~ 0.29	0.18 ~ 1.26	



a. 물리적특성

b. 강도특성

c. 압밀특성

<그림 3.23> 광양 ○○공유수면 매립 현장 연약지반 공학적 특성

다. 동해고속도로(주문진~속초) 건설공사 ○공구

(1) 현장 개요

① 현장위치 : 시점 - 강원도 양양군 현북면 상광정

종점 - 강원도 양양군 양양읍 월리

② 공사기간 : 2004. 12. ~ 2009. 12. (60개월)

③ 공사현황 : 22.92km

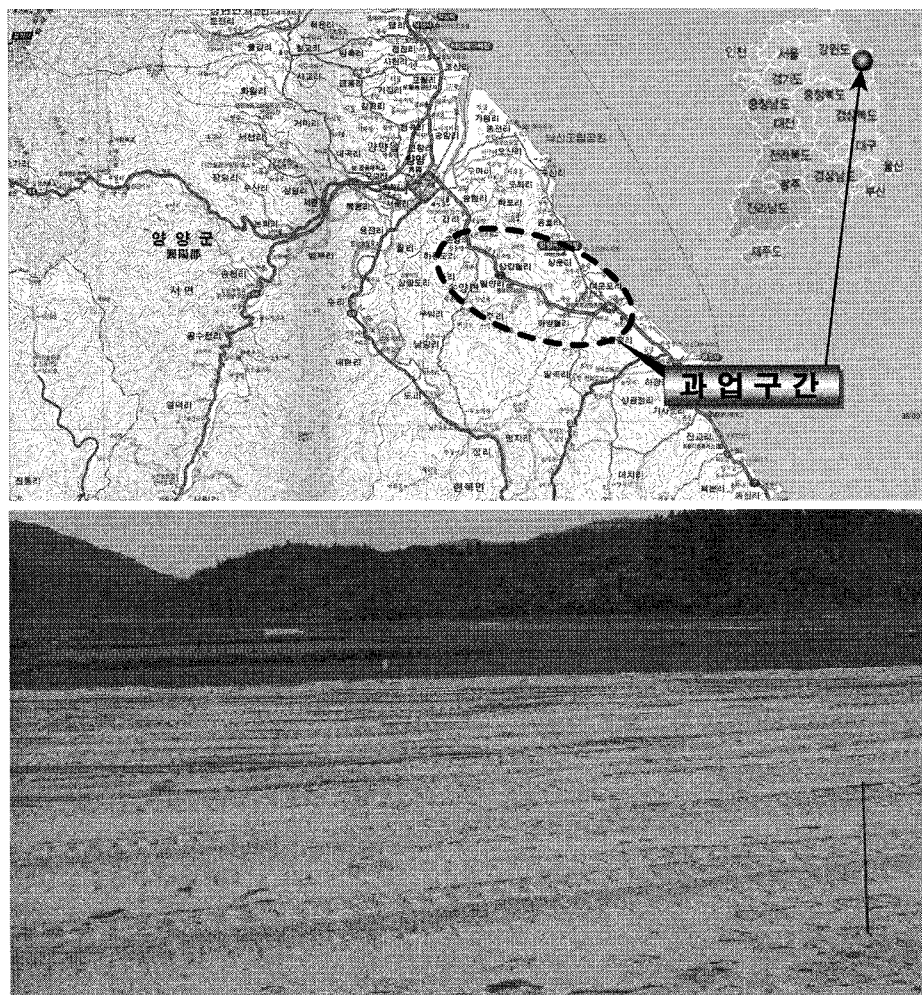
④ 시공 현황

•개량방법 : P.B.D + S.C.P

•성토고 : 8.4m ~ 13.7m

•연약지반 심도 : 5.0m ~ 13.0m

•총 예상 침하량 : 314.9cm ~ 390.9cm



<그림 3.24> 동해고속도로 ○공구 현장 위치 및 현장 전경

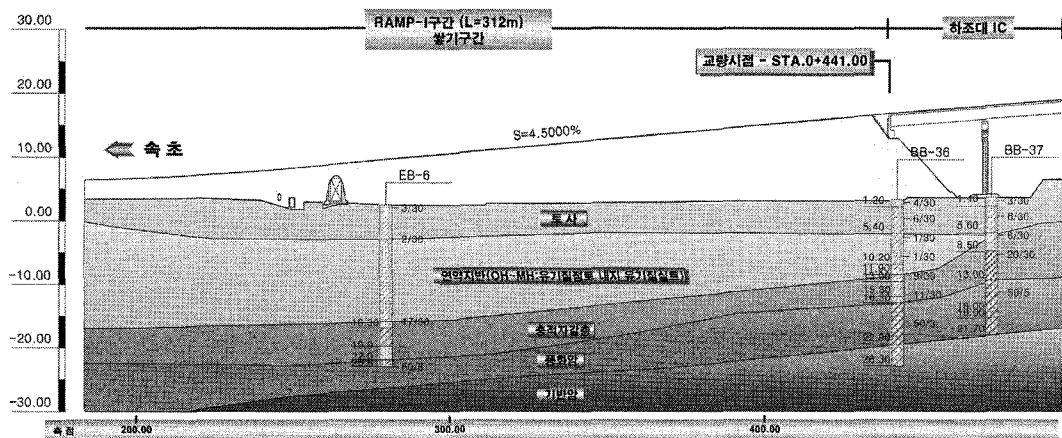
(2) 설계도서 분석을 통한 연약지반 설계현황 분석

(가) 연약지반 설계 현황

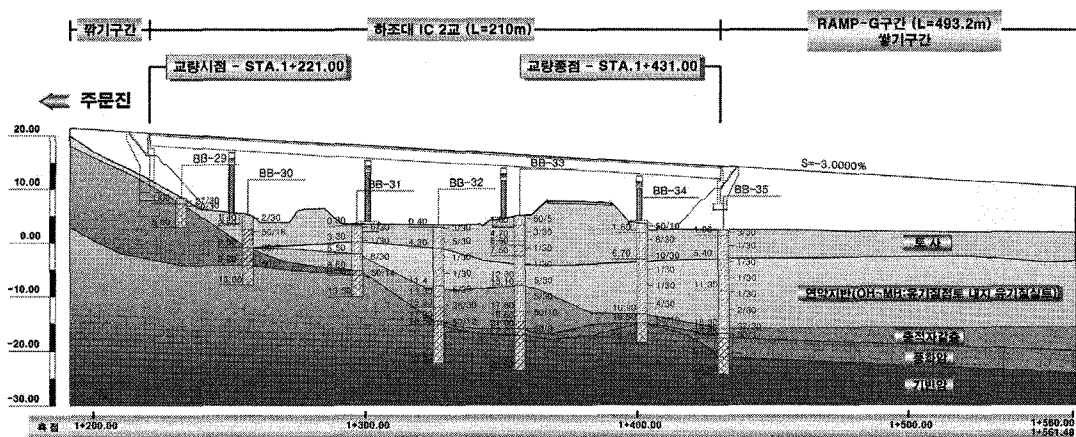
<표 3.8> 연약지반 설계 현황

구 분	최대성토고(m)	연약층 심도(m)	압밀침하량(cm)	비 고
RAMP-G	8.5	5.0 ~ 13.0m	314.90	2차년도연구대상구간
RAMP-I	13.7	5.0 ~ 13.0m	390.90	1차년도연구대상구간

(나) 지층분포 특성



a. 1차년도 연구대상구간(RAMP-I) 지층분포 단면도



b. 2차년도 연구대상구간(RAMP-G) 지층분포 단면도

<그림 3.25> 동해고속도로 ○공구 현장 지층분포 단면도

(다) 연약지반의 공학적 특성

① 물리적 특성

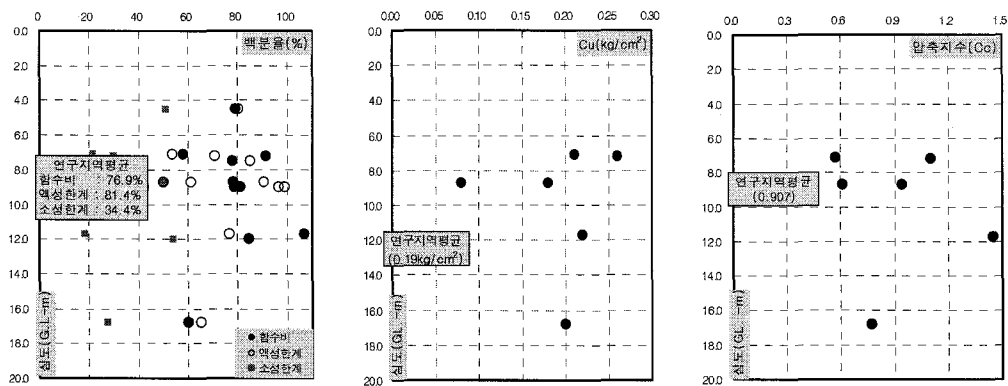
<표 3.9> 물리적 특성

구 분	함수비(%)	액성한계(%)	소성한계(%)	단위중량 (tf/m ³)	비 고
IC 구간	50.0~106.8	52.2~117.3	18.2~54.1	1.5~1.8	MH, CH, OH

② 역학적 특성

<표 3.10> 역학적 특성

구 분	삼축 압축 시험(UU)		Pc (kgf/cm ²)	Cc	비 고
	(Cu, kgf/m ²)	Ø			
IC 구간	0.08~0.26	—	0.6 ~ 1.3	0.57~1.45	



a. 물리적특성

b. 강도특성

c. 압밀특성

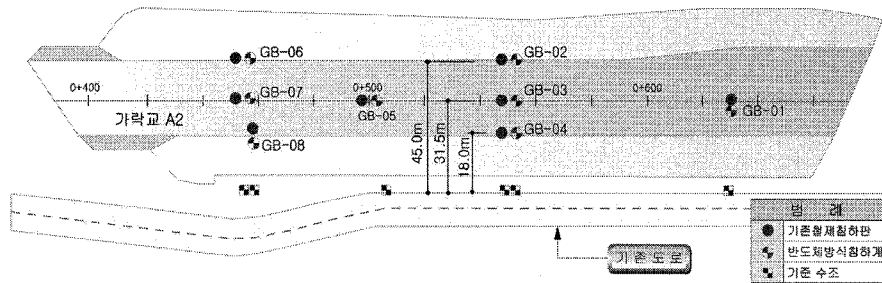
<그림 3.26> 동해고속도로 ○공구 현장 연약지반 공학적 특성

제 5절 계측기 설치 현황

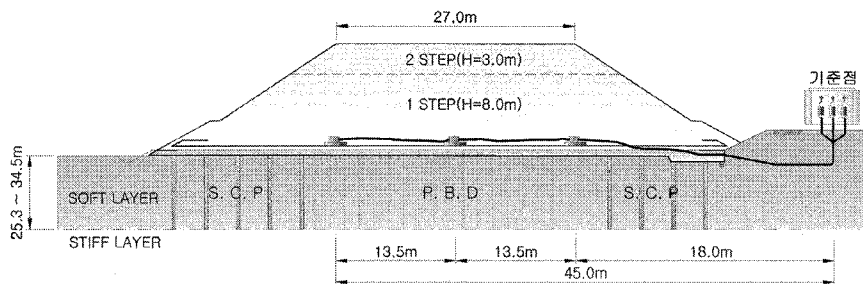
1. 부산 ○○도로 건설 현장

가. 설치현황

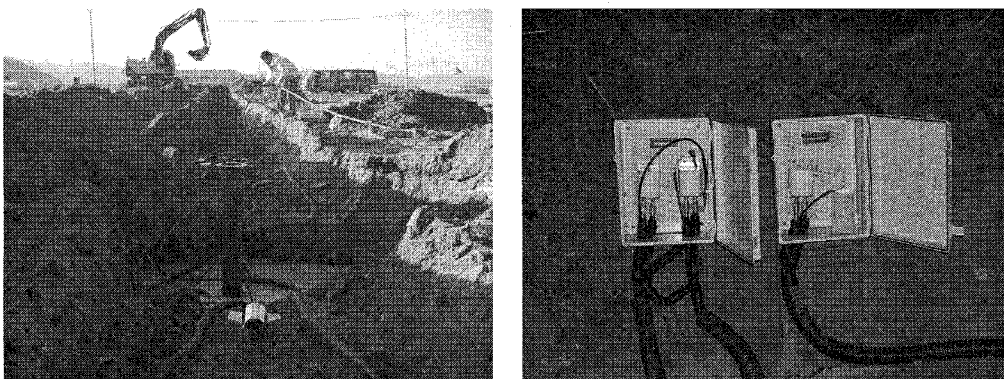
부산 ○○도로현장은 철제침하판과의 침하량을 비교할 목적으로 2004년 12월과 2005년 1월에 1, 2차로 나누어 총 8개소의 반도체방식 침하계를 설치하였다. 기준 수조는 현장 여건상 인접한 기존 도로변에 설치하였고 기존 지표 침하판과의 침하량 비교를 감안하여 지표 침하판에 근접 설치하여 상대적인 비교 분석이 가능하도록 하였으며, 지표침하판과 반도체방식 침하계가 설치된 지점의 계측 자료를 동시에 측정하여 정확도를 기하였다.



a. 계측기 설치 평면도



b. 계측기 설치 단면도



c. 설치전경 및 기준수조

<그림 3.27> 부산○○도로건설 현장 계측기 설치 현황

<표 3.11> 부산○○도로건설 현장 반도체 침하계 설치 현황

구분		항 목	비 고
수량		총 8개소	
일정	1차	2004. 12. 21 ~ 12. 22 : 설치 및 초기치 측정	GB-1 ~ 4(4개소)
	2차	2005. 01. 10 : 설치 및 초기치 측정	GB-5 ~ 8(4개소)

관리번호	설치 위치(STA.)	비 고
GB-01	0+600(Center)	•계측기 설치 현황도 참조 •철제침하판에 근접설치
GB-02	0+550(Left)	
GB-03	0+550(Center)	
GB-04	0+550(Right)	
GB-05	0+500(Center)	
GB-06	0+450(Left)	
GB-07	0+450(Center)	
GB-08	0+450(Right)	

그러나 철제침하판과 반도체방식 침하계를 동시 설치하여 침하량 데이터를 측정하는 중에 2005년4월18일 현장 방문 시 침하계 3개소(GB-6, 7, 8)가 망실된 것을 확인되었다. 이는 부산광역시 건설본부에서 부산신항 개장(2006년 1월)에 대비하여 조기 임시 개통하라는 공문이 전달되어 부득이 연약지반을 조속히 처리할 목적으로 감리단과 설계사의 협의 하에 설계 성토고에 추가 여성토를 실시하였으며, 그 과정에서 성토비탈면이 GB-6, 7, 8의 기준점 수조부를 침범하여 망실하게 되었다. 나머지 수조부는 기존도로 변에 설치된 곳이므로 기존도로를 침범할 수 없어 마대 쌓기로 올려서 성토하기 때문에 망실되지 않았다.

또한 2006년 9월 18일 태풍 ‘산산’의 영향으로 성토비탈면이 유실되면서 기존 도로변에 설치된 기준 수조가 매몰되었으며, 이로 인하여 GB-1, 3, 4 계측기가

망실되었으나, 2005년 12월에 성토가 완료되어 방치 상태로써 침하량의 변동이 거의 없으며, 충분한 계측데이터를 확보한 것으로 판단된다.

나. 공사현황

본 현장의 경우 2004년 12월부터 단계성토를 실시하여 2005년 12월 최종성토고 까지 성토를 완료하였고 현재 임시 개통하여 차량이 통행 하고 있으며, 침하량은 점차 수렴되는 경향을 나타내고 있다.

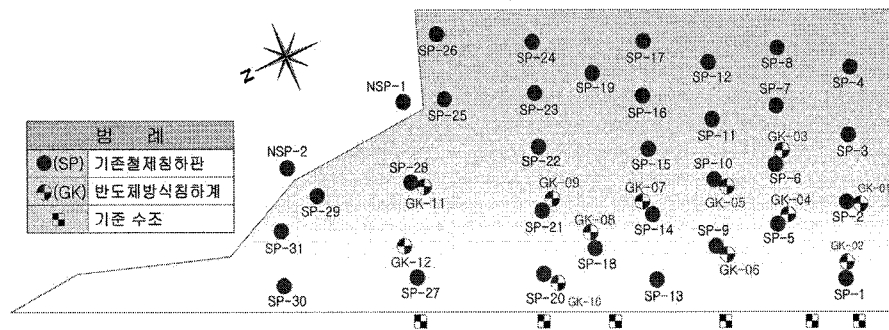
<표 3.12> 부산○○도로건설 현장 공사현황

구 간(STA.)	계측기 No.	성토고 누계 (m)	성토일자
0+540 ~ 0+640	GB - 01	11.981	2005. 12. 29
	GB - 02	12.144	2005. 12. 22
	GB - 03	13.581	2005. 12. 29
	GB - 04	12.099	2005. 12. 22
0+430 ~ 0+530	GB - 05	13.881	2005. 12. 22
	GB - 06	7.564	2005. 05. 30
	GB - 07	8.267	2005. 05. 30
	GB - 08	5.686	2005. 05. 30

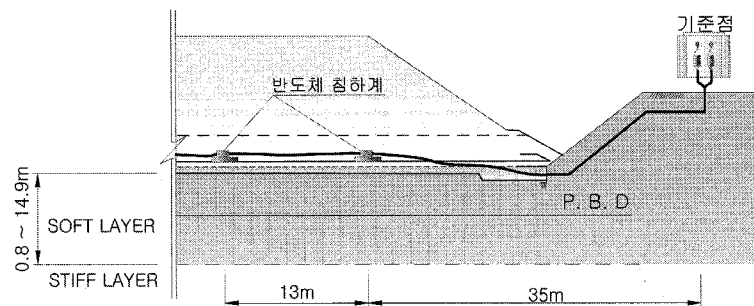
2. 광양 ○○공유수면 매립현장

가. 설치현황

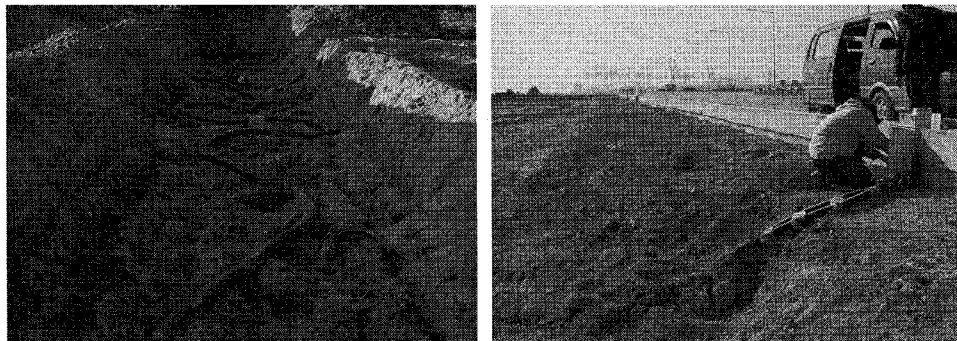
본 매립현장은 암밀침하량이 236.0 ~ 293.0cm로 반도체방식 침하계와 철제 침하판의 침하량을 비교하는데 매우 적당한 곳으로 선정되었다. 철제침하판과 침하량 비교를 위하여 2005년1월17일 총 12개소를 선정하여 철제침하판과 근접하여 반도체방식 침하계를 설치하였다. 본 현장은 매립현장으로 단순히 성토만 되어 있으므로 다른 현장과 달리 건설장비의 이동으로 인한 침하판의 파손과 간섭이 없어 철제침하판과 반도체방식 침하판의 비교가 정확히 측정될 수 있는 곳이라고 판단된다.



a. 계측기 설치 평면도



b. 계측기 설치 단면도



c. 설치전경 및 기준수조설치

<그림 3.28> 광양○○ 공유수면 매립현장 계측기 설치 현황

<표 3.13> 광양○○ 공유수면 매립현장 반도체 침하계 설치 현황

구분	항 목	비 고
수량	총 12개소	
일정	2005. 01. 17 ~ 01. 18 : 설치 및 초기치 측정	GK-1 ~ 12(12개소)

관리번호	설치 위치	비 고
GK-01	SP- 2에 근접설치	•계측기 설치 현황도 참조 •철제침하판에 근접 설치
GK-02	SP- 1에 근접설치	
GK-03	SP- 6에 근접설치	
GK-04	SP- 5에 근접설치	
GK-05	SP-10에 근접설치	
GK-06	SP- 9에 근접설치	
GK-07	SP-14에 근접설치	
GK-08	SP-18에 근접설치	
GK-09	SP-21에 근접설치	
GK-10	SP-20에 근접설치	
GK-11	SP-28에 근접설치	
GK-12	SP-27에 근접설치	

(라) 공사현황

본 현장의 경우 2005년 1월부터 성토를 실시하여 2005년 5월경 최종성토고까지 성토를 완료하였고 2006년 5월까지 압밀 방치를 완료시켜 목표 압밀도를 확보하여 침하량 측정을 중단하고 철제 침하판 및 반도체방식 침하계를 철거하였다.

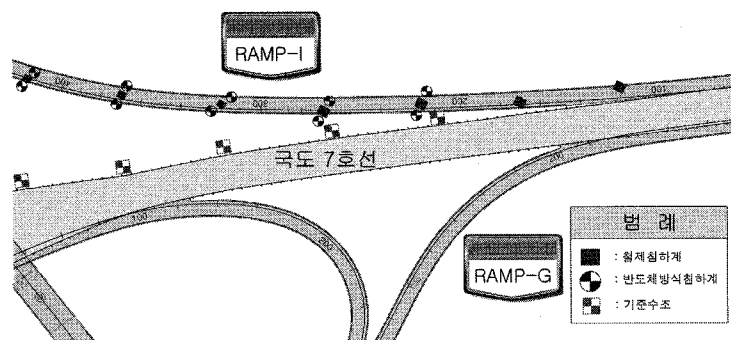
<표 3.14> 광양○○ 공유수면 매립현장 공사현황

계측기 No.	성토고 누계 (m)	최종성토 일자	계측기 No.	성토고 누계 (m)	최종성토 일자
GK - 01	5.500	2005. 04. 08	GK - 07	7.200	2005. 04. 18
GK - 02	5.600	2005. 04. 15	GK - 08	7.000	2005. 04. 15
GK - 03	6.200	2005. 04. 15	GK - 09	8.100	2005. 04. 15
GK - 04	6.600	2005. 04. 15	GK - 10	7.200	2005. 05. 04
GK - 05	7.300	2005. 04. 15	GK - 11	7.000	2005. 04. 15
GK - 06	6.000	2005. 05. 04	GK - 12	7.000	2005. 05. 04

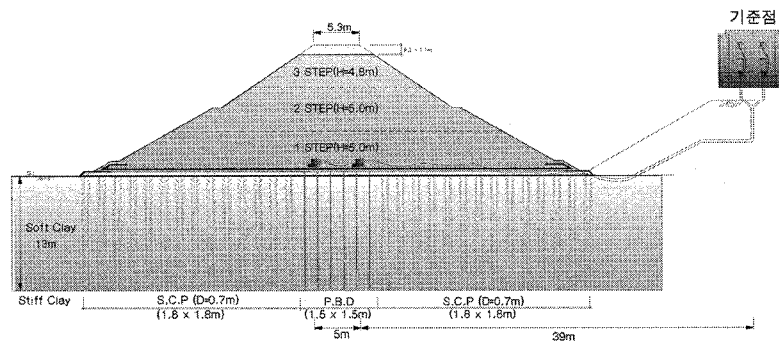
3. 동해고속도로(주문진 ~ 속초) 건설공사 ○공구(RAMP-I)

가. 설치현황

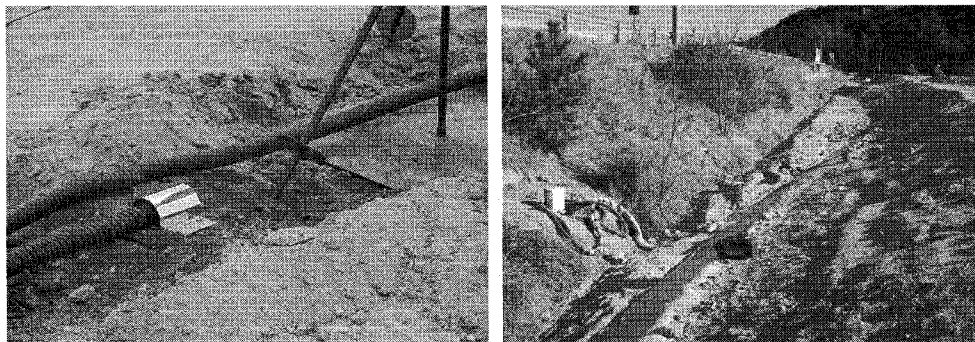
동해고속도로(주문진 ~ 속초) 건설공사 ○공구현장의 경우 RAMP-I구간과 RAMP-G구간으로 나누어 반도체방식 침하계를 설치하였으며, RAMP-I구간은 1차년도 연구지역으로 철제침하판과의 직접적인 침하량을 비교하기 위하여 2005년 6월 15일 철제침하판과 동일한 위치에 반도체 침하계 10개소를 설치하였다. 그러나 공사현장 사정상 성토가 2005년 10월 25일 진행되어 침하량 데이터는 2005년 10월 28일부터 측정하였다.



a. 계측기 설치 평면도



b. 계측기 설치 단면도



c. 설치전경 및 기준수조설치

<그림 3.29> 동해고속도로 ○공구(RAMP-I) 계측기 설치 현황

<표 3.15> 동해고속도로○공구(RAMP-I) 반도체 침하계 설치 현황

구분	항 목	비 고
수량	총 10개소	
일정	2005. 06. 15 : 설치 및 초기치 측정	JS-1 ~ 10(10개소)

관리번호	설치 위치(STA.)	비 고
JS-01	0+220(Left)	•계측기 설치 현황 도 참조 •철제침하판에 근 접설치
JS-02	0+220(Right)	
JS-03	0+270(Left)	
JS-04	0+270(Right)	
JS-05	0+320(Left)	
JS-06	0+320(Right)	
JS-07	0+370(Left)	
JS-08	0+370(Right)	
JS-09	0+420(Left)	
JS-10	0+420(Right)	

나. 공사현황

본 현장의 경우 계측기는 2005년 6월에 매설되었으나 2005년 10월부터 성토가 시작되어 2005년 10월 28일부터 침하량을 측정하던 중 2006년 5월 현장 사정으로 인하여 반도체방식 침하계에 의한 침하량 측정을 더 이상 진행할 수 없어 2006년 5월 26일부로 계측을 종료하였다.

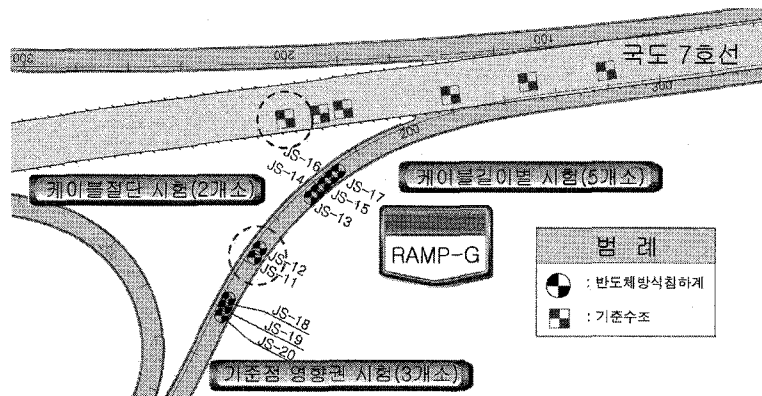
<표 3.16> 동해고속도로○공구(RAMP-I) 공사현황

계측기 No.	성토고 누계 (m)	성토일자	계측기 No.	성토고 누계 (m)	성토일자
JS - 01	3.5	06.03.31	JS - 06	4.5	06.04.07
JS - 02	3.5	06.03.31	JS - 07	4.8	06.04.07
JS - 03	3.8	06.04.07	JS - 08	4.8	06.04.07
JS - 04	3.8	06.04.07	JS - 09	4.8	06.04.07
JS - 05	4.5	06.04.07	JS - 10	4.8	06.04.07

4. 동해고속도로(주문진 ~ 속초) 건설공사 ○공구(RAMP-G)

가. 설치현황

동해고속도로(주문진 ~ 속초) RAMP-G구간은 2차년도 연구과제인 케이블 절단 시 이음에 따른 침하량 비교(2개소), 케이블 길이에 따른 침하량 비교(5개소), 침하영향 범위에 따른 침하량 비교(3개소)를 위하여 2005년 12월 8일 ~ 9일에 걸쳐 총 10개소를 설치하였다.



<그림 3.30> 동해고속도로 ○공구(RAMP-G) 계측기 설치 현황

<표 3.17> 동해고속도로○공구(RAMP-G) 반도체 침하계 설치 현황

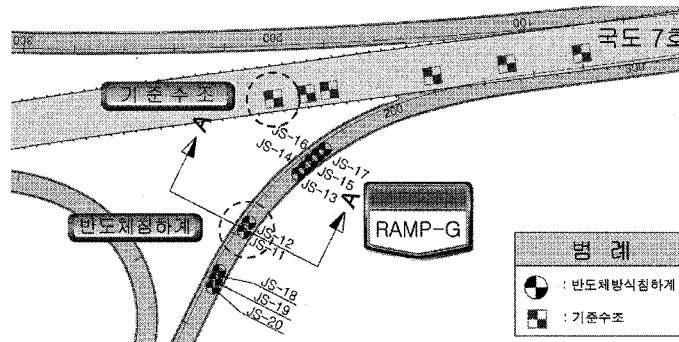
구분	항 목	비 고
수량	총 10개소	
일정	2005. 12. 08 ~ 12. 09 : 설치 및 초기치 측정	JS-11 ~ 20(10개소)

관리번호	설치 위치(STA.)		비 고
JS-11	0+138	케이블 절단시험	계측기 설치 현황도 참조
JS-12	0+138		
JS-13	0+142	케이블 길이별시험	
JS-14	0+142		
JS-15	0+142		
JS-16	0+142		
JS-17	0+142		
JS-18	0+120	기준점 영향권시험	
JS-19	0+120		
JS-20	0+120		

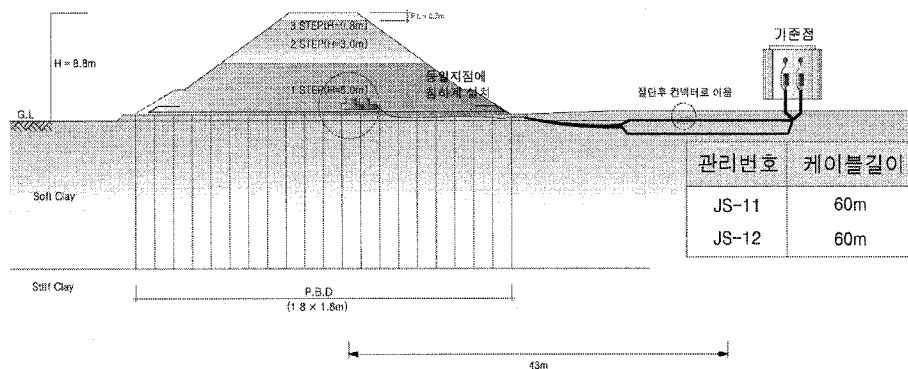
나. 시험 개요

(1) 케이블 절단시험

케이블 절단시험은 동일지점(SAT. 0+138)에 두개의 반도체 침하계를 설치하고 두 개중 한 개의 케이블을 절단후 Twin Tube 컨넥터로 이어 나머지 미절단 침하계와 침하량을 비교하는 시험으로써 현장 시공 중 케이블 절단 시 이를 재연결할 경우 침하량 측정에 미치는 영향을 파악하기 위한 시험이다.



a. 계측기 설치 평면도



b. 계측기 설치 단면도



c. Twin Tube 절단

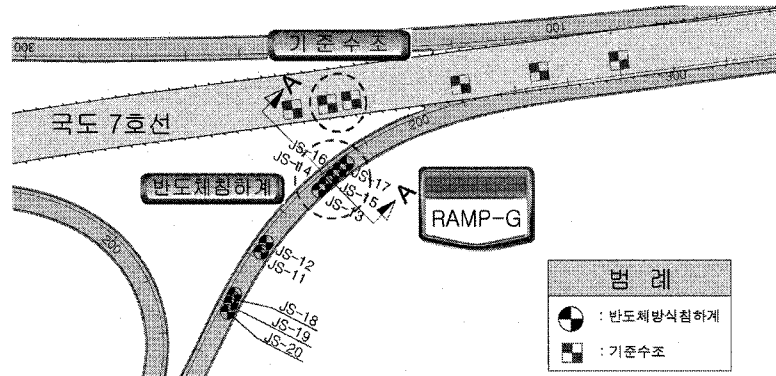


d. Twin Tube 컨넥터로 절단부위 연결

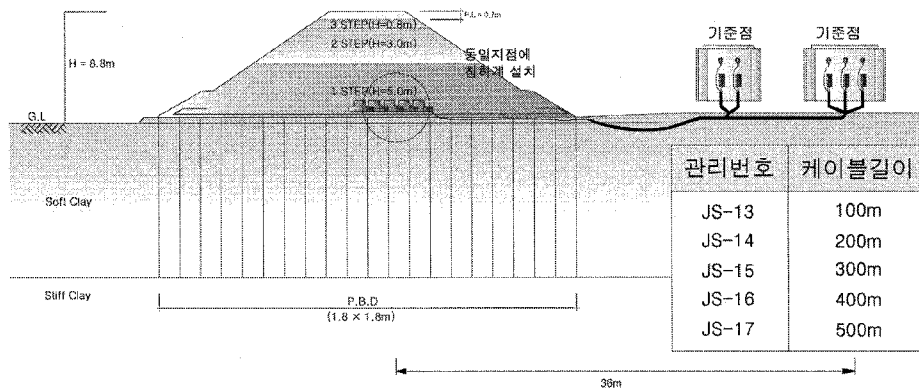
<그림 3.31> 케이블 절단 시험

(2) 케이블 길이별 시험 설치

케이블 길이별 시험은 동일지점(SAT. 0+142)에 케이블 길이별(100m, 200m, 300m, 400m, 500m)로 반도체 침하계를 5개소를 설치하여 각각의 침하량을 비교함으로써 케이블 길이에 따른 데이터 손실을 파악하고 침하량에 미치는 영향을 파악하기 위한 시험이다.



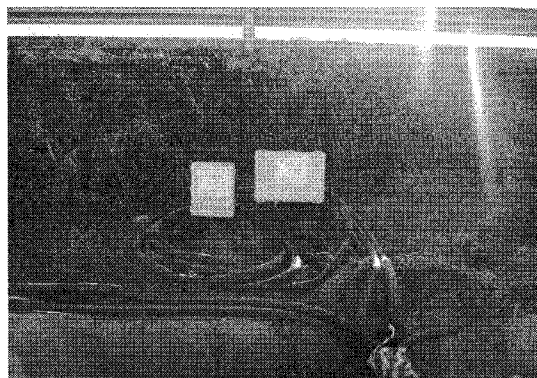
a. 계측기 설치 평면도



b. 계측기 설치 단면도



c. 동일지점 침하계 설치

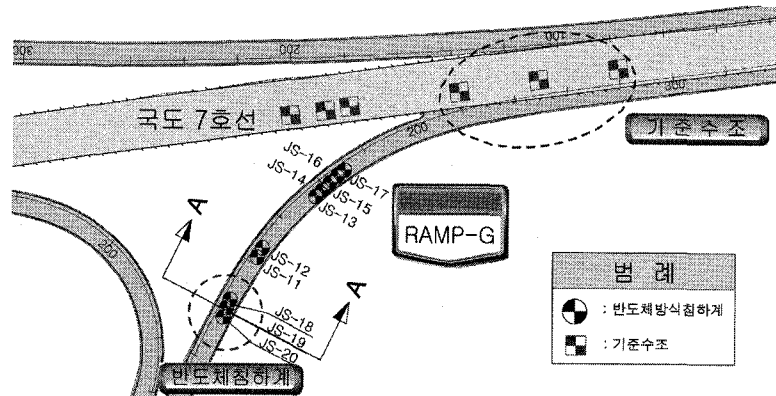


d. 케이블 길이별 기준수조 설치

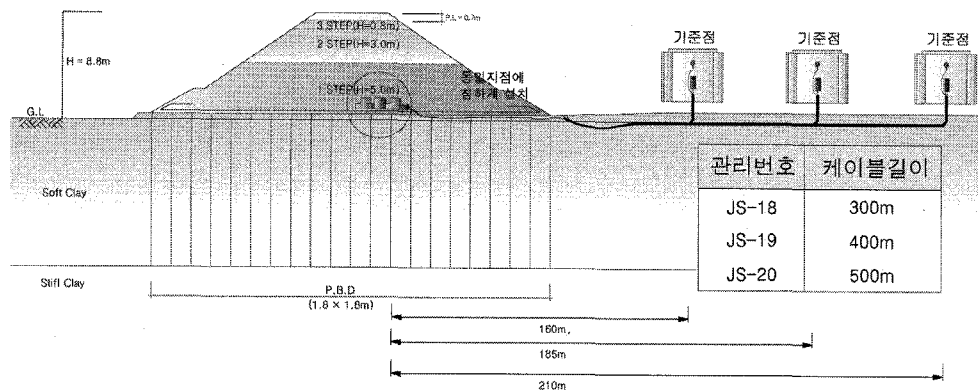
<그림 3.32> 케이블 길이별 시험

(3) 기준점 영향권 시험

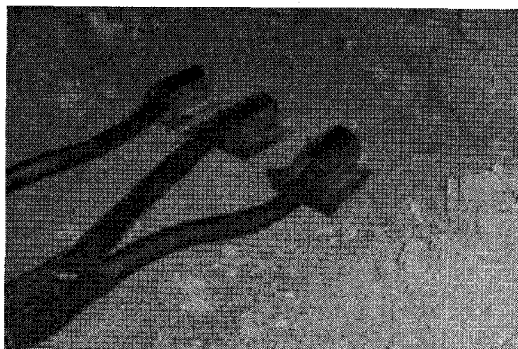
기준점 영향권 시험은 동일지점(SAT. 0+120)에 세 개의 반도체 침하계를 설치하고 기준 수조를 160m, 185m, 210m로 설치하여 각각의 침하계의 침하량을 비교함으로써 성토하중에 따른 기준수조의 영향을 파악하고 이 때 발생하는 침하영향을 파악하기 위한 시험이다.



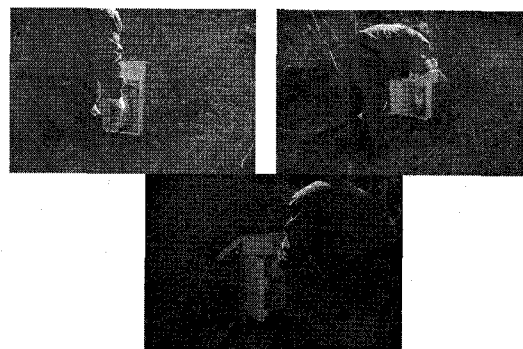
a. 계측기 설치 평면도



b. 계측기 설치 단면도



c. 동일지점 침하계 설치



d. 160m, 185m, 210m 거리 기준수조 설치

<그림 3.33> 기준점 영향권 시험

제 6절 시험시공 계측결과 분석

1. 측정 계측데이터의 정규분포

본 연구지역 (3개 지역)에서 측정 된 계측결과를 아래와 같은 통계 분석을 통하여 철제침하판과 반도체방식 침하계의 편차를 분석하였다.

(가) 평균

$x_1, x_2, \dots, x_n$: 관측값 (관찰값 , observations, sample)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \mu \equiv \text{모평균} \quad \bar{x} \equiv \text{표본평균}$$

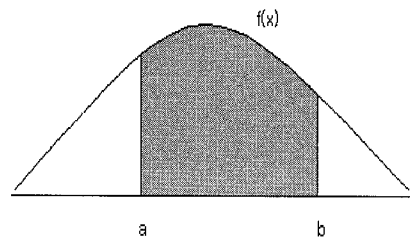
(나) 분산과 표준편차

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \quad : \text{모분산} \\ s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad : \text{표본분산} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \sqrt{\sigma^2} = \sigma \quad : \text{모표준편차} \\ \sqrt{s^2} = s \quad : \text{표본표준편차} \end{array} \right.$$

(다) 정규분포(확률밀도함수 : Probability Density Function)

확률변수가 연속일 때, 즉 연속확률변수에 대한 확률모형을 확률밀도함수라 한다.

$$P[a \leq X \leq b] = \int_a^b f(x) dx$$



※ 정규분포 (Normal distribution, Gaussian distribution)

① 종모양(bell-shaped)의 확률밀도함수

② meam = mode = median

③ 확률밀도함수 $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$

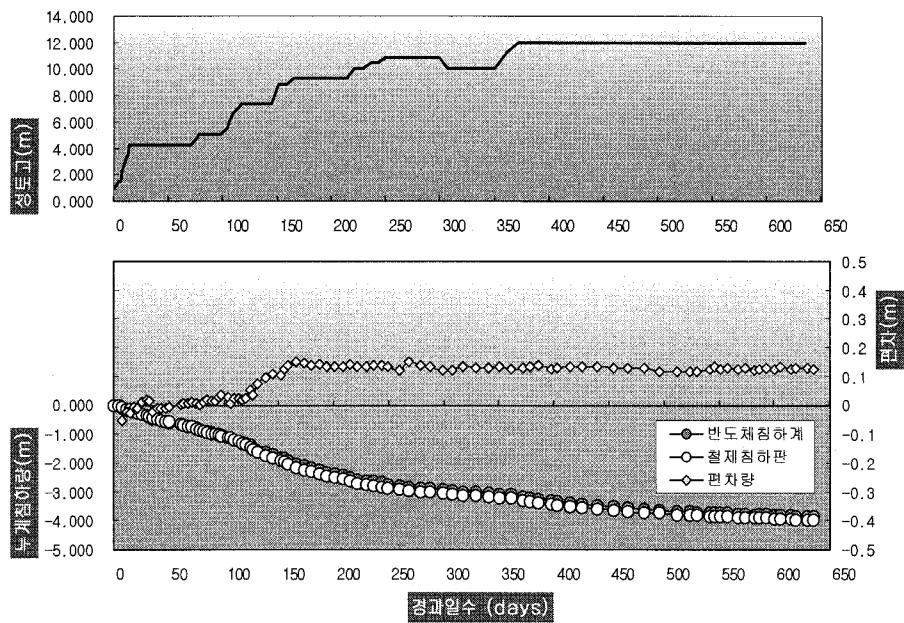
④ 확률변수 X가 평균 μ , 분산 σ^2 인 정규분포를 따를 때 $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ 으로 표시

2. 연구지역별 계측결과 분석

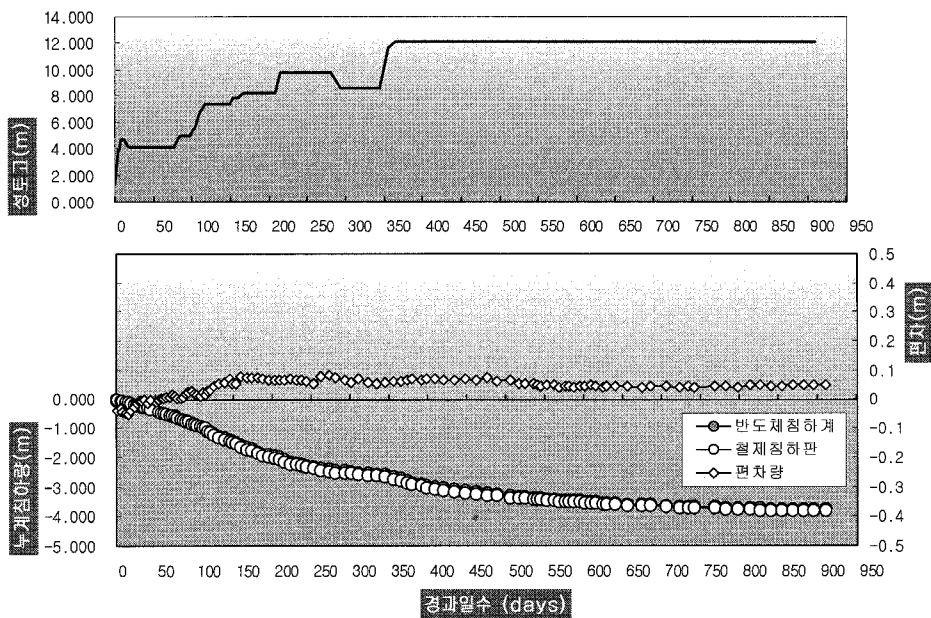
가. 부산 ○○도로 건설 현장

(1) 반도체방식 침하계와 철제침하판 계측결과

부산 ○○도로현장은 철제침하판과의 침하량을 비교할 목적으로 철제침하판과 동일한 위치에 총 8개소의 반도체방식 침하계를 설치하여 침하량을 측정하였다.

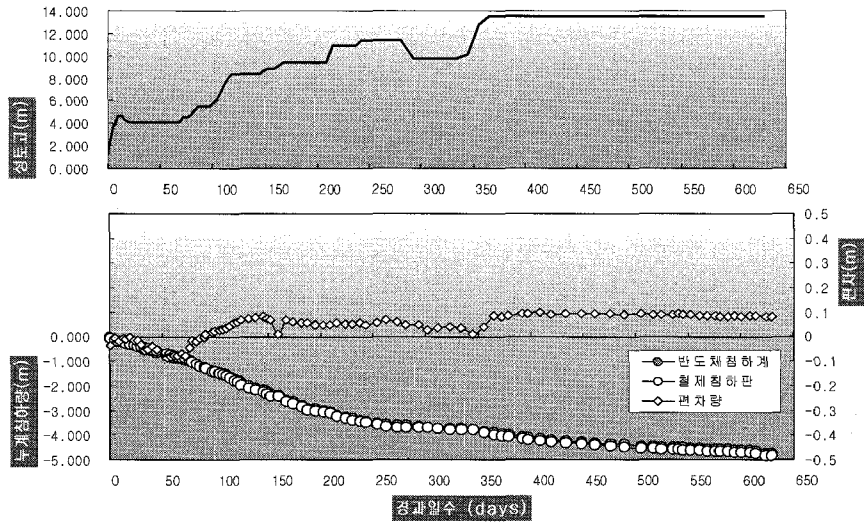


a. GB-1침하량 측정 GRAPH

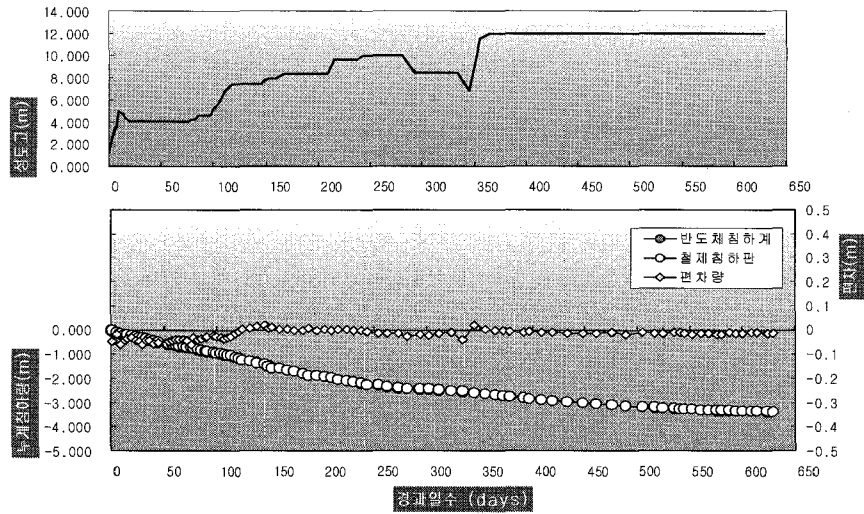


b. GB-2침하량 측정 GRAPH

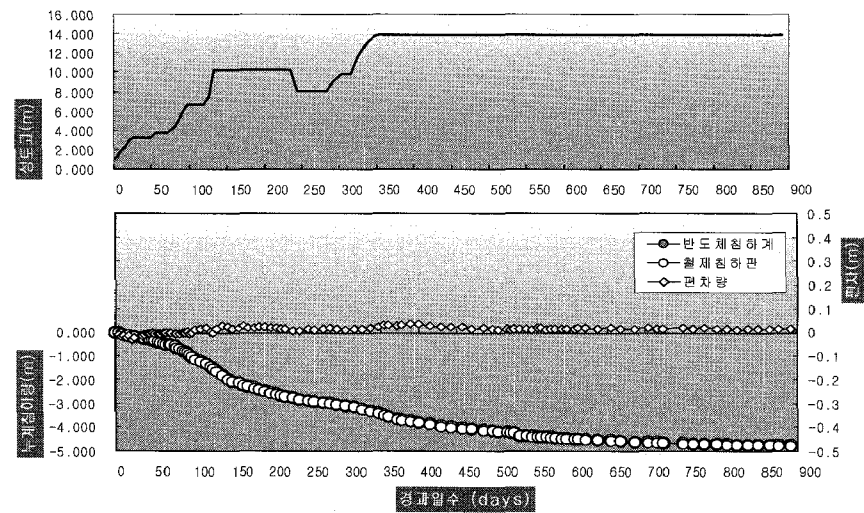
<그림 3.34> 부산○○도로 건설현장 침하량 GRAPH



c. GB-3침하량 측정 GRAPH

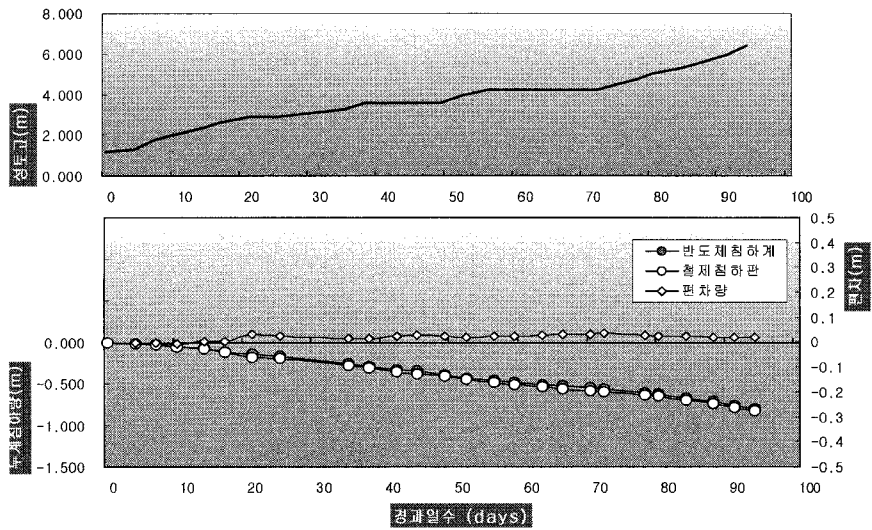


d. GB-4침하량 측정 GRAPH

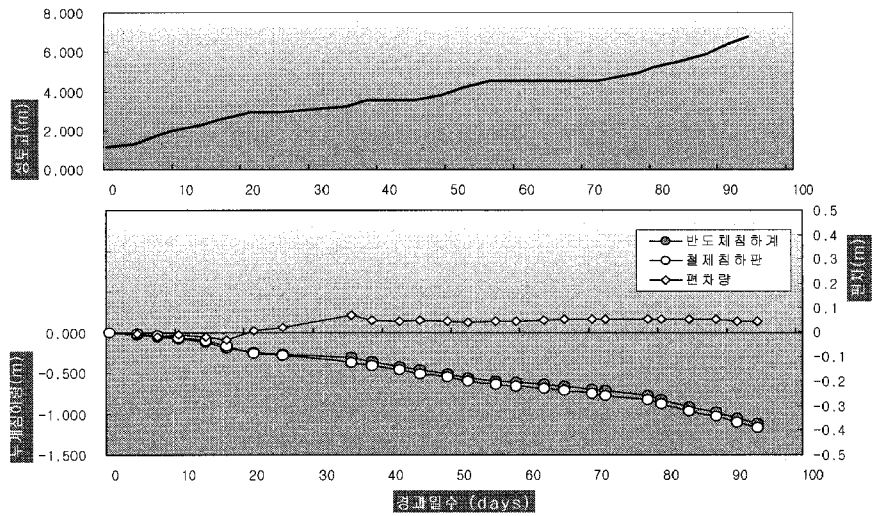


e. GB-5침하량 측정 GRAPH

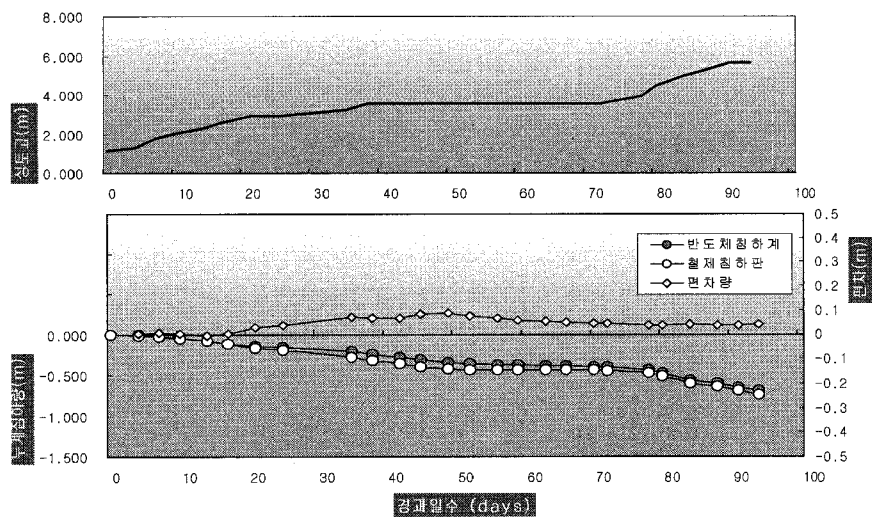
<그림 3.34> 부산○○도로 건설현장 침하량 GRAPH(계속)



f. GB-6침하량 측정 GRAPH



g. GB-7침하량 측정 GRAPH



h. GB-8침하량 측정 GRAPH

<그림 3.34> 부산○○도로 건설현장 침하량 GRAPH(계속)

본 구간은 추가성토로 인해 망실된 GB-6~8은 90일 이상 측정을 실시하였으며, 침하량은 692~1,124mm로 측정되었다. 또한 GB-1~5은 600일 이상 측정을 실시하였고 측정 침하량은 3,394~4,762mm로 나타났다.

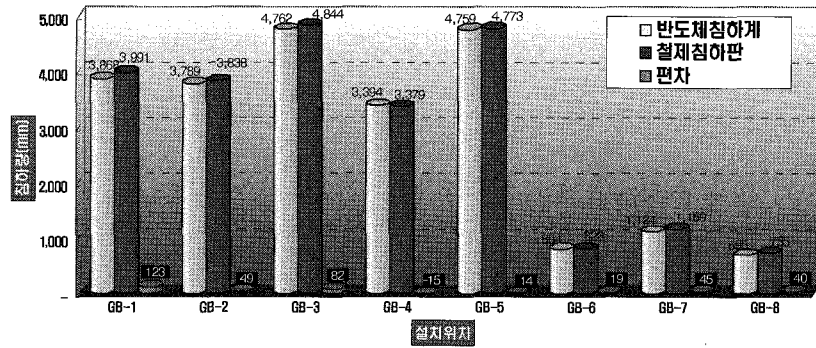
(2) 편차량 분석

반도체방식 침하계와 철제침하판에서 측정된 각각의 침하량에 대하여 측정 기간 중 발생하는 최대 편차와 최종 침하량에 대한 최종 편차 및 평균 편차를 각각 산정하였으며, 그 결과는 다음 표와 같다.

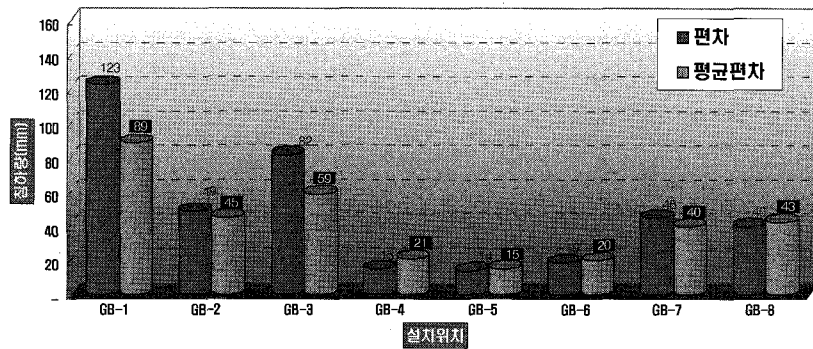
<표 3.18> 부산○○도로 건설현장 침하량 편차

위치	경과일수 (day)	총성토고 (m)	발생침하량(mm)		편차(mm)		비고
			반도체 침하계	철제 침하판	편차	평균편차 (절대값)	
GB-1	635	11.989	3,868	3,991	123	89	
GB-2	910	12.144	3,789	3,838	49	45	
GB-3	629	13.581	4,762	4,844	82	59	
GB-4	629	12.099	3,394	3,379	-15	21	
GB-5	891	13.881	4,759	4,773	14	15	
GB-6	94	7.564	804	823	19	20	
GB-7	94	8.267	1,124	1,169	45	40	
GB-8	94	5.686	695	735	40	43	

침하량 편차 분석 결과 GB-4를 제외한 대부분의 철제침하판의 침하량이 반도체 침하계의 침하량보다 큰 것으로 나타났으며, 평균 편차는 대부분 60mm 이내로 발생하였으나 이는 전체 침하량의 2.2% 내외로 전체 침하량에 비하여 그 값이 작은 것으로 나타났다.



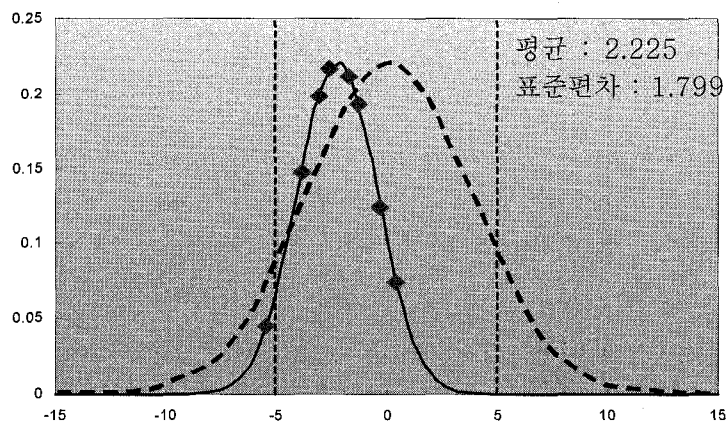
a. 최종침하량 및 최종 편차량



b. 침하 편차량

<그림 3.35> 부산○○도로 건설현장 침하량 및 편차 분석

또한 침하량편차의 정규분포를 분석한 결과 표준분포도의 왼쪽편에 위치하고 있어 철제침하판의 침하량이 반도체침하계의 침하량보다 큰 경향이 나타났으며, 오차($\pm 5\%$)범위 밖의 데이터편차가 1개소로 나타나 대부분의 침하계에서 허용오차 이내의 편차가 발생하는 것으로 나타났다.

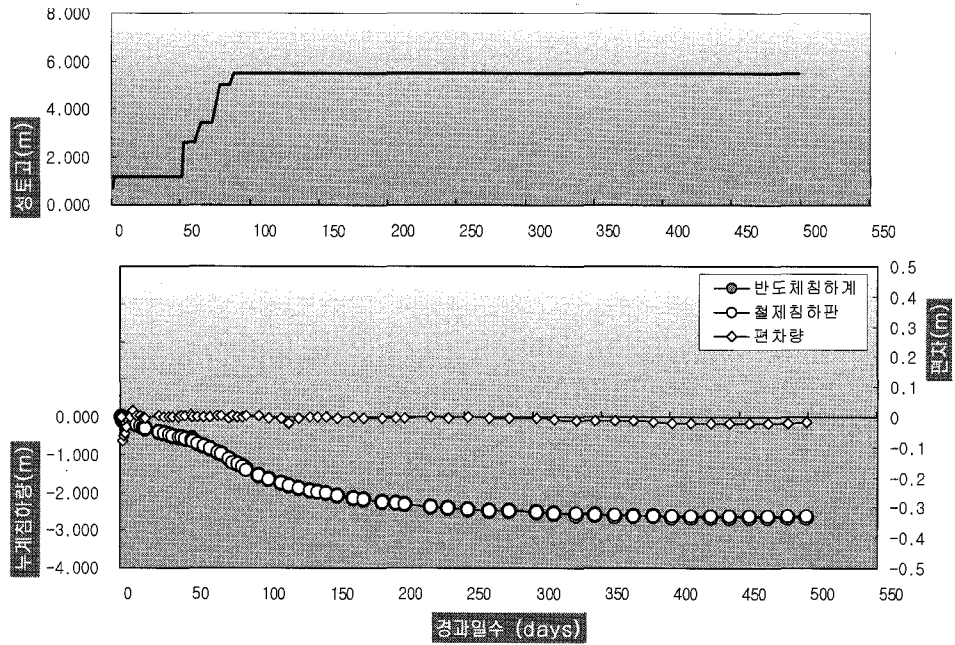


<그림 3.36> 부산○○도로 건설현장 침하량 편차의 정규분포

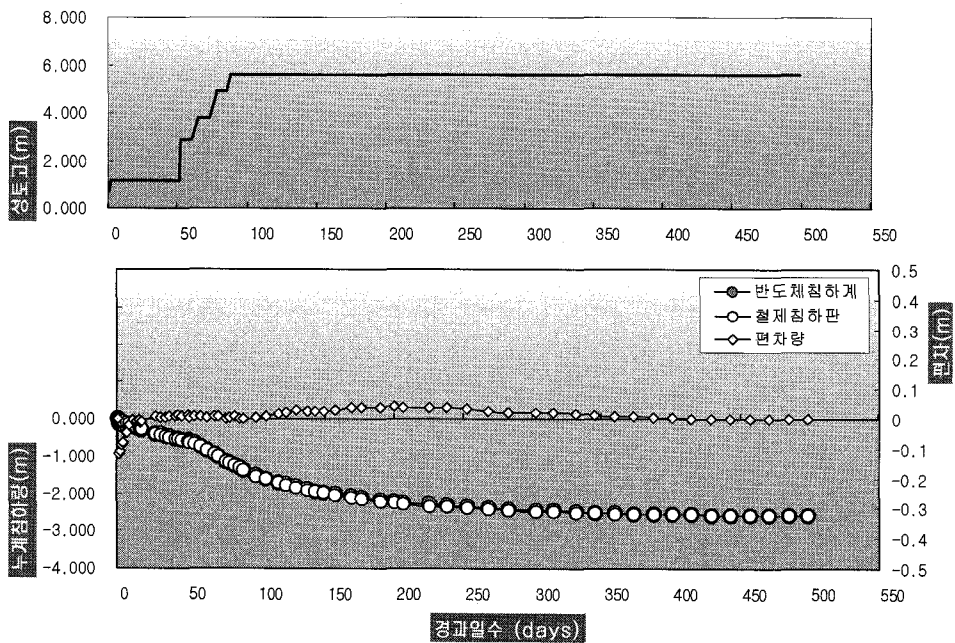
나. 광양 ○○ 공유수면 매립현장

(1) 반도체방식 침하계와 지표 침하판 계측결과

본 현장은 철제침하판과 동일한 지점에 총 12개소의 반도체방식 침하계를 설치하여 철제침하판과 병행하여 침하량을 측정 하였다. 반도체방식 침하계와 철제침하판의 침하량 Graph는 다음과 같다.

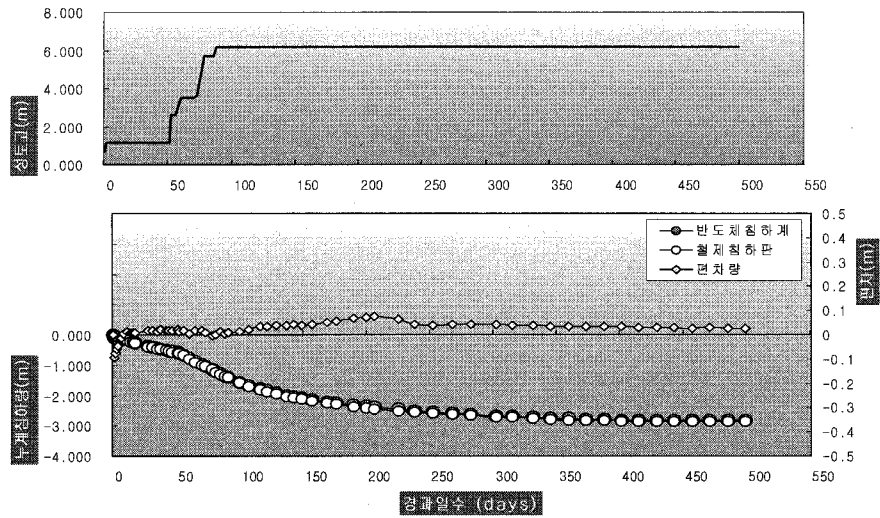


a. GK-01침하량 측정 GRAPH

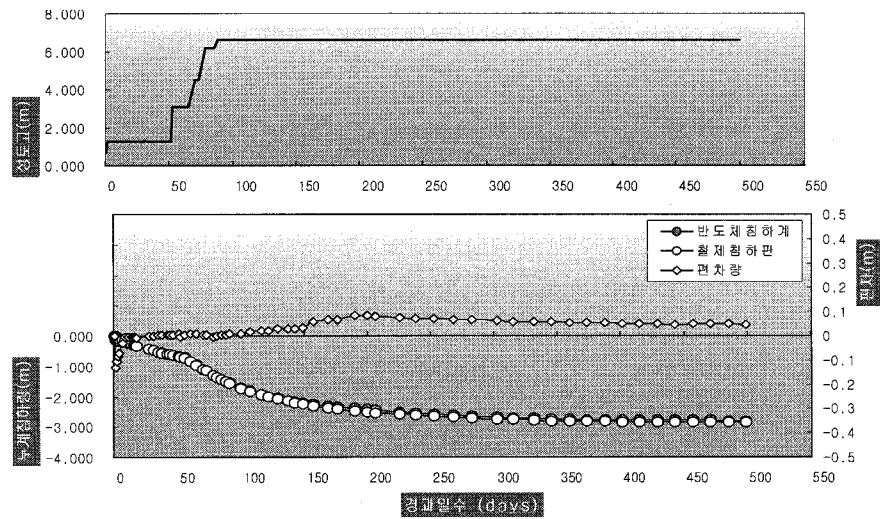


b. GK-02침하량 측정 GRAPH

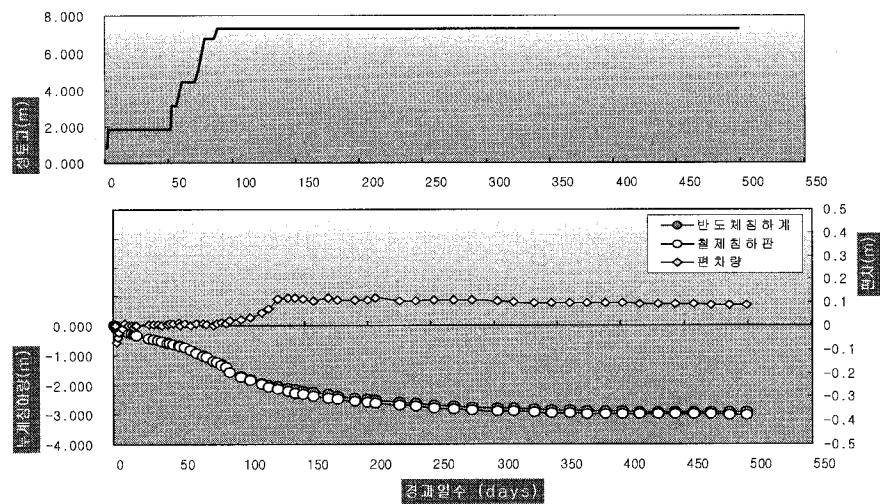
<그림 3.37> 광양 ○○공유수면 매립현장 침하량 GRAPH



c. GK-03침하량 측정 GRAPH

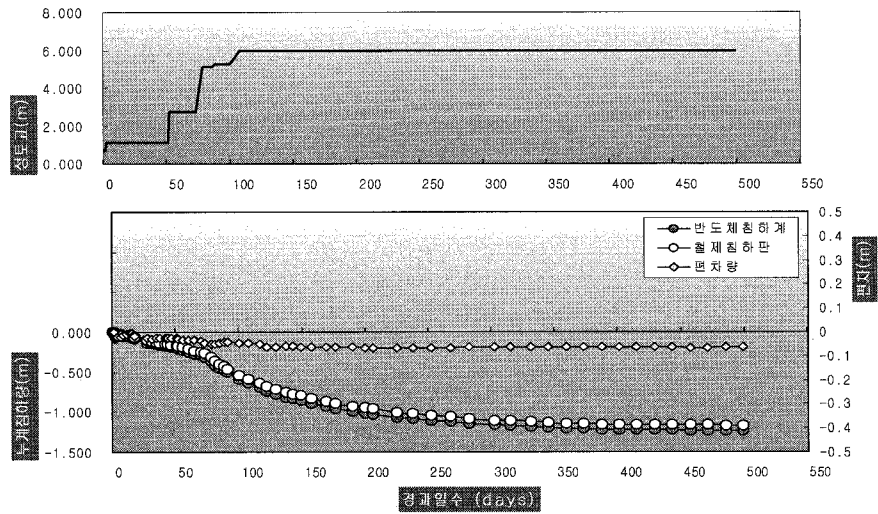


d. GK-04침하량 측정 GRAPH

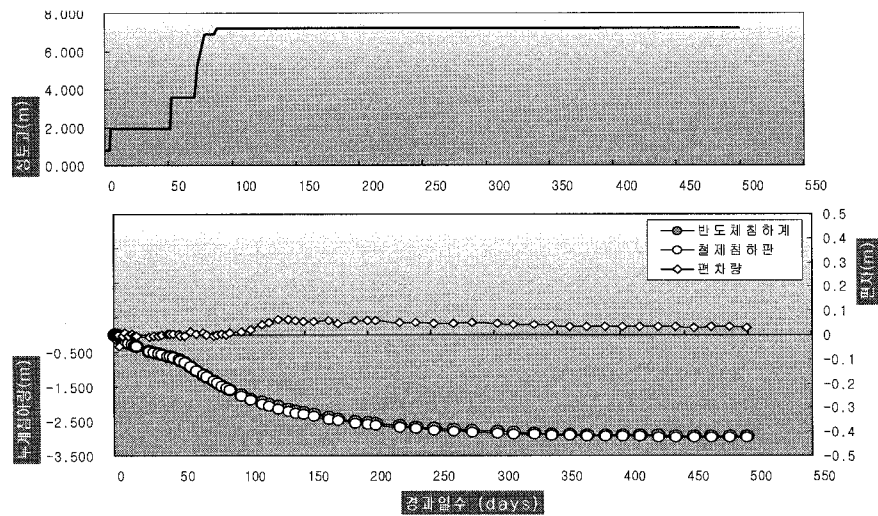


e. GK-05침하량 측정 GRAPH

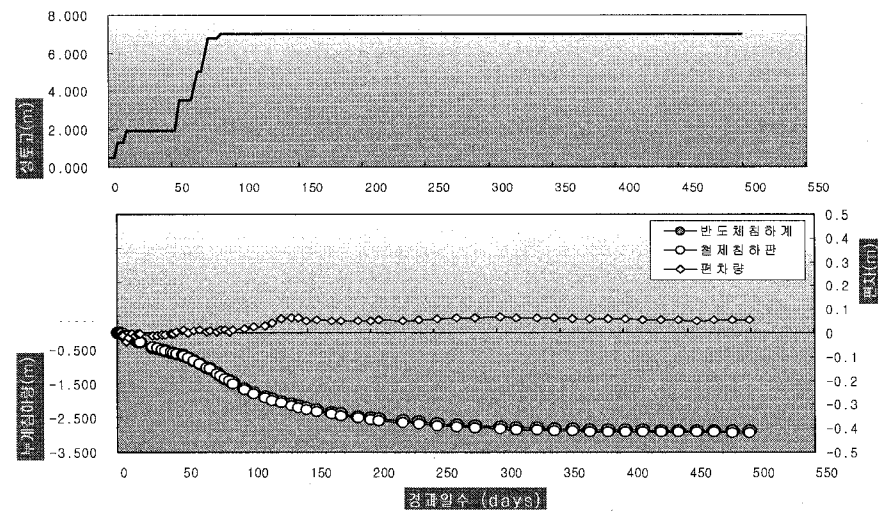
<그림 3.37> 광양 ○○공유수면 매립현장 침하량 GRAPH(계속)



f. GK-06침하량 측정 GRAPH

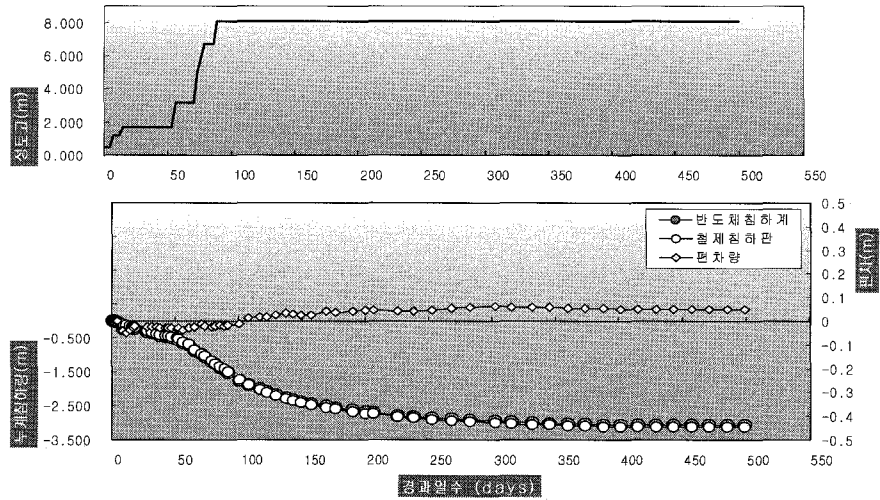


g. GK-07침하량 측정 GRAPH

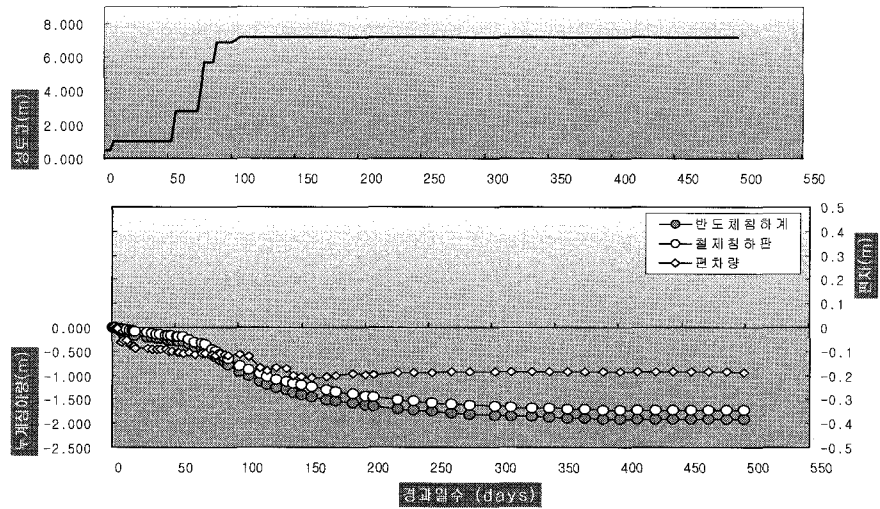


h. GK-08침하량 측정 GRAPH

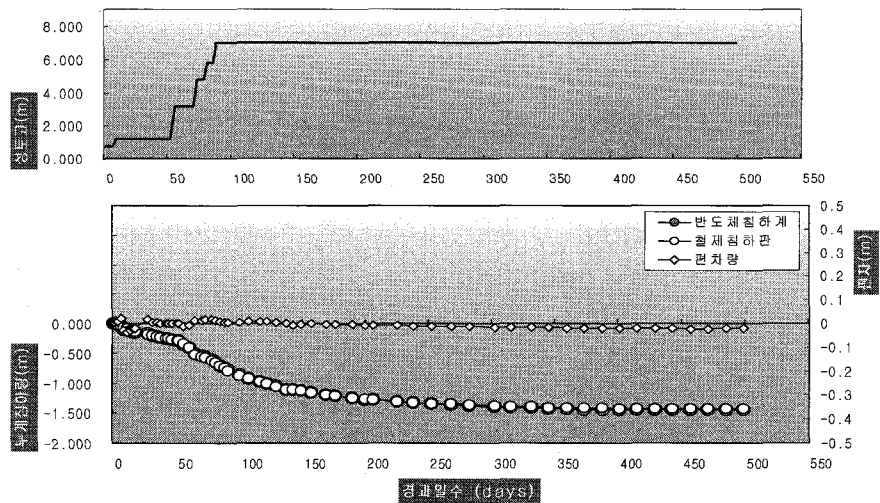
<그림 3.37> 광양 ○○공유수면 매립현장 침하량 GRAPH(계속)



i. GK-09침하량 측정 GRAPH

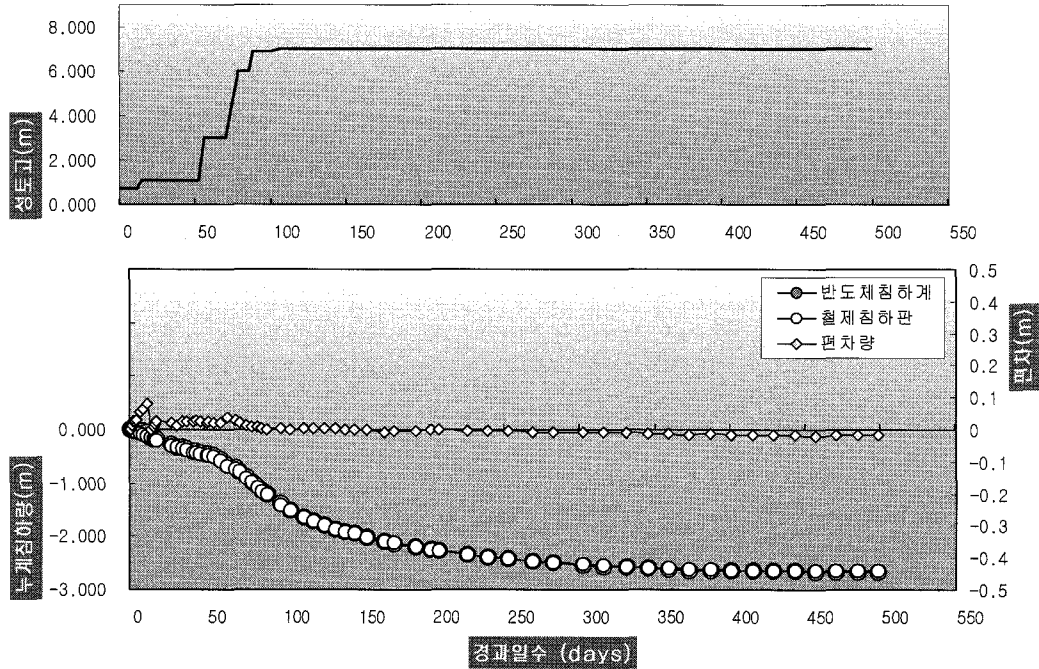


j. GK-10침하량 측정 GRAPH



k. GK-11침하량 측정 GRAPH

<그림 3.37> 광양 ○○공유수면 매립현장 침하량 GRAPH(계속)



1. GK-12침하량 측정 GRAPH

<그림 3.37> 광양 ○○공유수면 매립현장 침하량 GRAPH(계속)

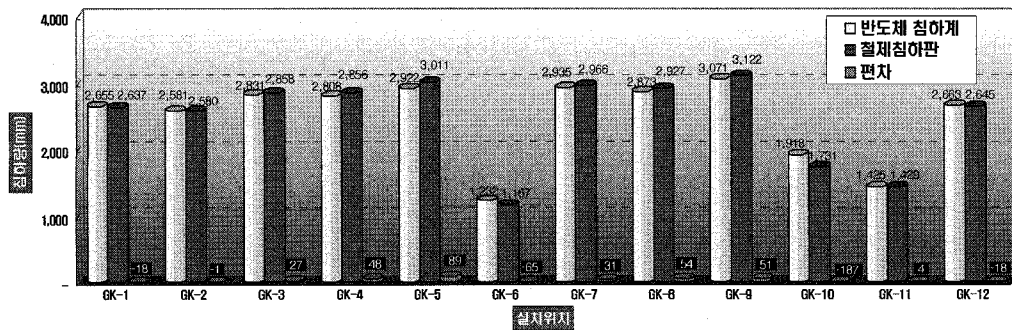
본 구간은 2005년 1월 17일부터 2006년 5월 31일까지 총 500여일에 걸쳐 철제침하판과 동시에 침하량을 측정하였으며, 총 12개소에 설치된 반도체방식 침하계와 철제침하판의 침하량 측정 결과 반도체방식 침하계의 침하량은 1,232~3,071mm로 측정되었으며, 철제 침하판의 경우 1,167~3,122mm로 측정되었다.

(2) 편차량 분석

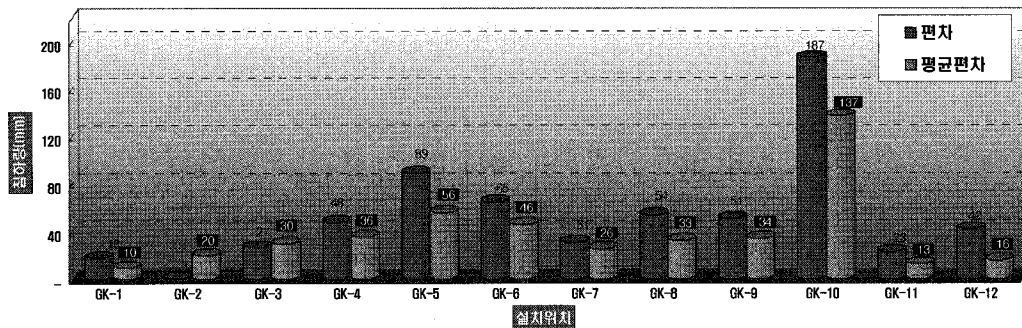
반도체방식 침하계와 철제침하판에서 측정된 각각의 침하량에 대하여 측정 기간 중 발생하는 최대 편차와 최종 침하량에 대한 최종 편차 및 평균 편차를 각각 산정하였다. 침하량 편차 분석 결과 최대편차는 측정초기에 주로 발생하는 것으로 나타났으며, GK-10을 제외한 대부분 계측기에서 60mm내외의 평균 침하량 편차가 발생하였고 전체침하량의 2.3%내외로 전체침하량에 비하여 발생 편차량은 작은 것으로 나타났다. 또한 일정한 편차발생 경향을 띄지 않으며 5개소에서 철제침하판의 침하량이 크게 측정되었으며, 7개소에서 반도체방식 침하계의 침하량이 크게 측정되는 것으로 나타났다.

<표 3.19> 광양 ○○공유수면 매립현장 침하량 편차

위치	경과일수 (day)	충성토고 (m)	발생침하량(mm)		편차(mm)		비고
			반도체 침하계	철제 침하판	편차	평균편차 (절대값)	
GK-01	499	5.500	2,655	2,637	-18	10	
GK-02	"	5.600	2,581	2,580	-1	20	
GK-03	"	6.200	2,831	2,858	27	30	
GK-04	"	6.600	2,808	2,856	48	36	
GK-05	"	7.300	2,922	3,011	89	56	
GK-06	"	6.000	1,232	1,167	-65	46	
GK-07	"	7.200	2,935	2,966	31	26	
GK-08	"	7.000	2,873	2,927	54	33	
GK-09	"	8.100	3,071	3,122	51	34	
GK-10	"	7.200	1,918	1,731	-187	137	
GK-11	"	7.000	1,452	1,429	-23	13	
GK-12	"	7.000	2,603	2,645	42	16	



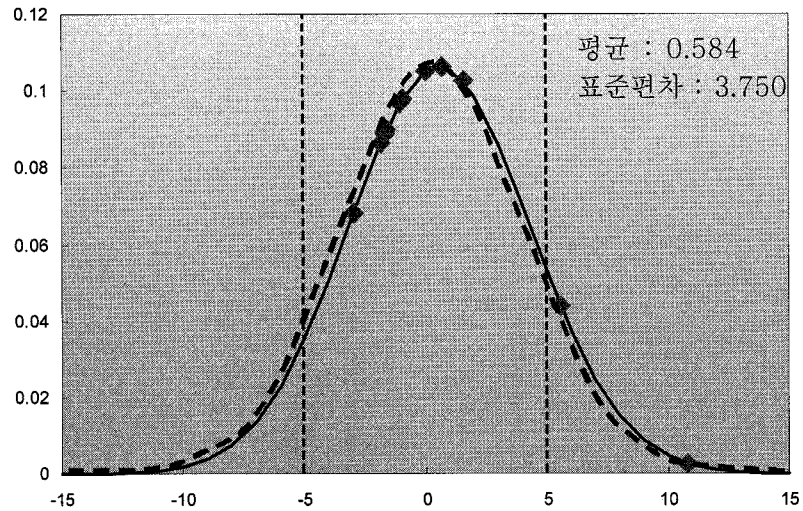
a. 최종침하량 및 최종 편차량



b. 침하량 편차량

<그림 3.38> 광양 ○○공유수면 매립현장 침하량 및 편차 분석

침하량편차에 대한 정규분포 분석 결과 표준분포도와 비슷한 경향으로 분포하는 것으로 나타났으며, 오차($\pm 5\%$)범위 밖의 데이터편차는 2개소로 반도체방식 침하계와 철제침하판의 침하량 편차는 대부분 허용오차 이내로 발생하는 것으로 나타났다.

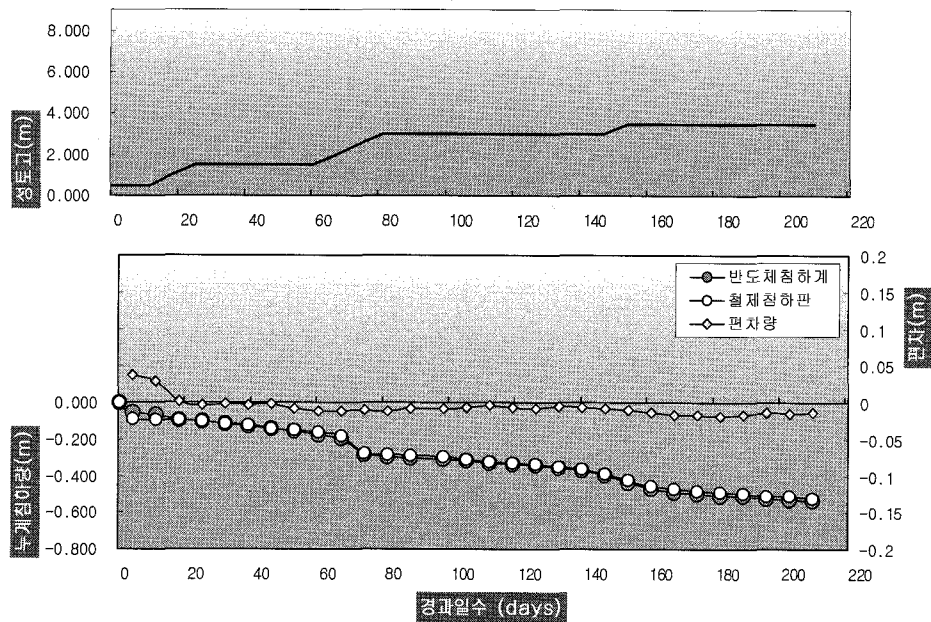


<그림 3.39> 광양 ○○공유수면 매립현장 침하량 편차의 정규분포

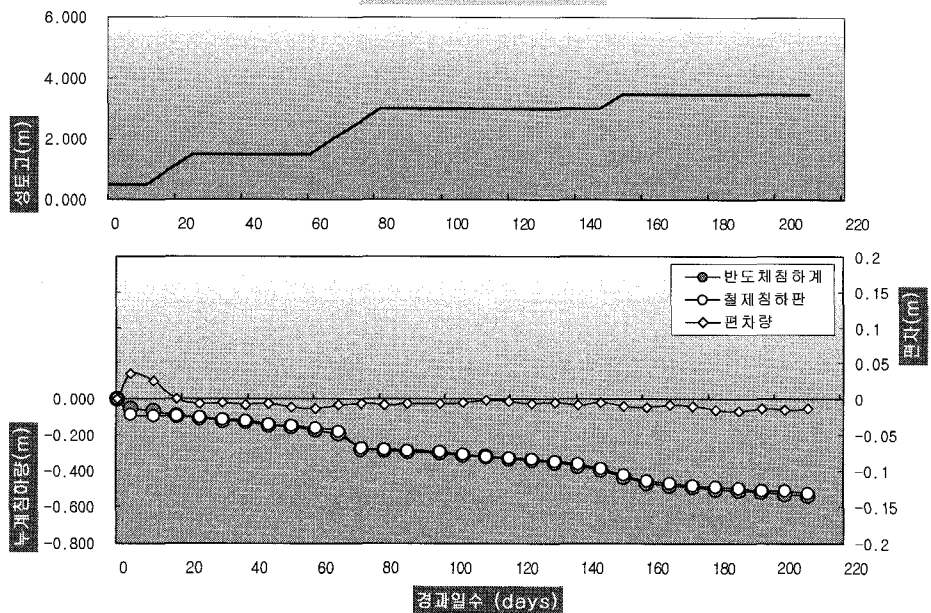
다. 동해고속도로(주문진 ~ 속초) 건설공사 ○공구(RAMP-I)

(1) 반도체방식 침하계와 지표 침하판 계측결과

본 현장은 철제침하판과 동일한 지점에 총 10개소의 반도체방식 침하계를 설치하여 철제침하판과 병행하여 침하량을 측정 하였다. 반도체방식 침하계와 철제침하판의 침하량 Graph는 다음과 같다.

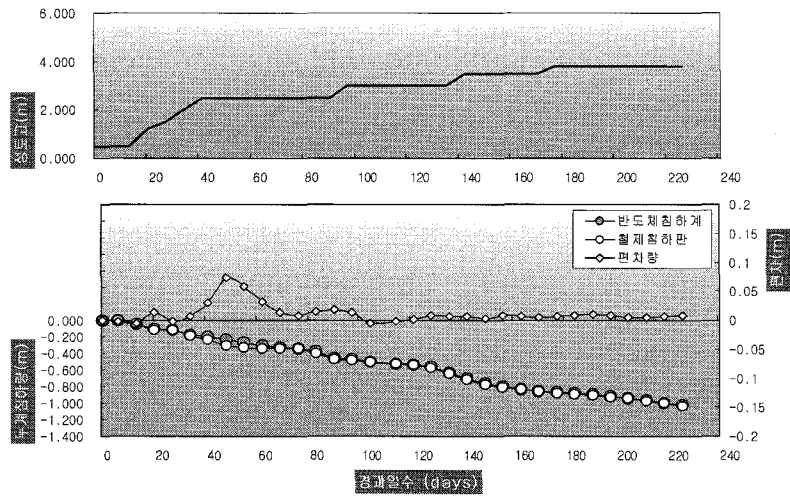


a. JS-1침하량 측정 GRAPH

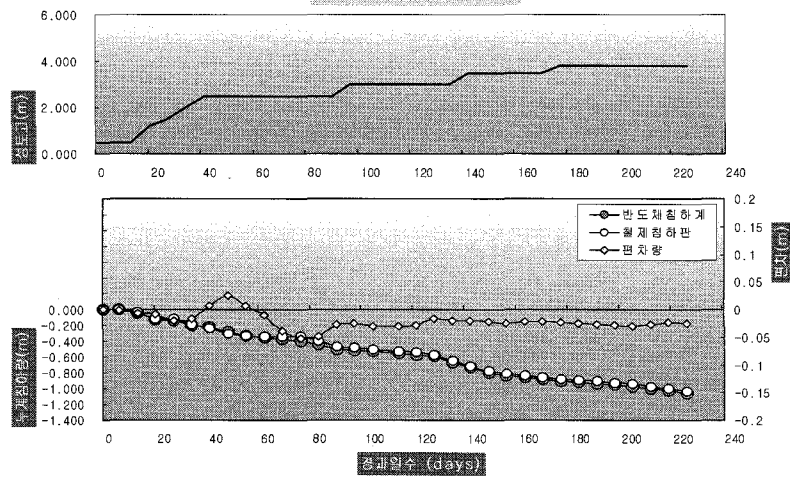


b. JS-2침하량 측정 GRAPH

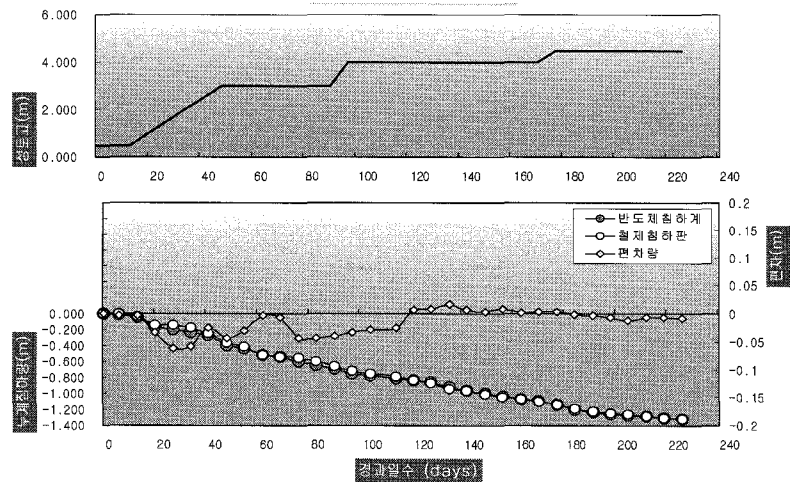
<그림 3.40> 동해고속도로 ○공구(RAMP-I) 침하량 GRAPH



c. JS-3침하량 측정 GRAPH

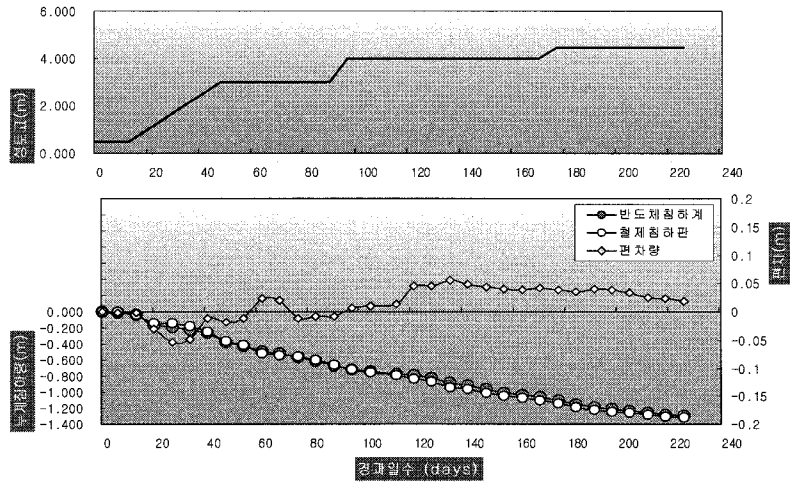


d. JS-4침하량 측정 GRAPH

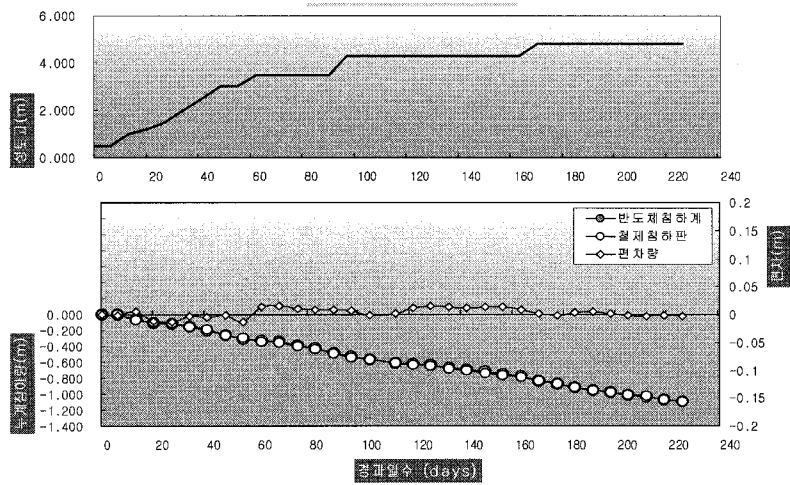


e. JS-5침하량 측정 GRAPH

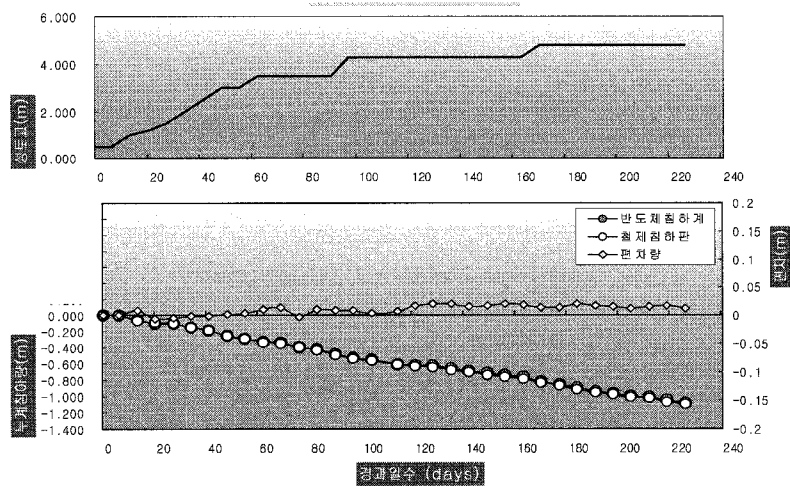
<그림 3.40> 동해고속도로 ○공구(RAMP-I) 침하량 GRAPH(계속)



f. JS-6침하량 측정 GRAPH

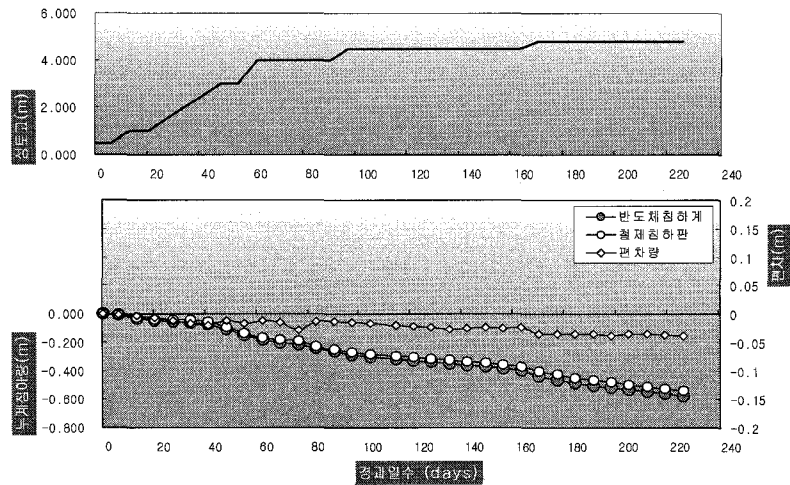


g. JS-7침하량 측정 GRAPH

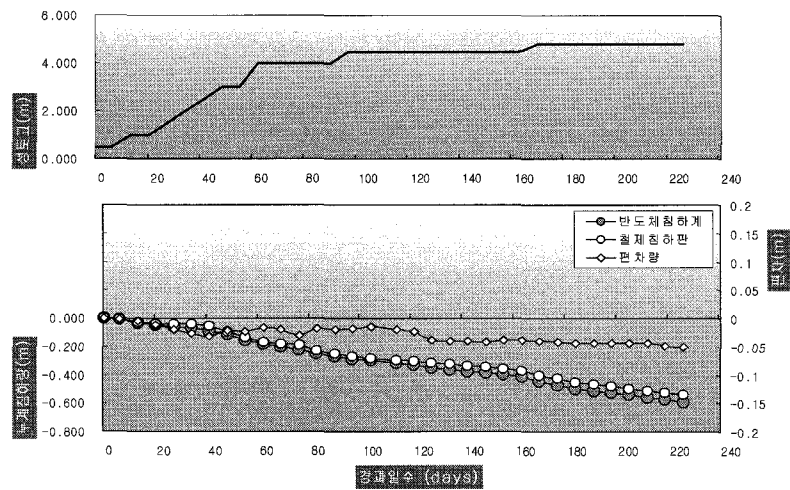


h. JS-8침하량 측정 GRAPH

<그림 3.40> 동해고속도로 ○공구(RAMP-I) 침하량 GRAPH(계속)



i. JS-9침하량 측정 GRAPH



j. JS-10침하량 측정 GRAPH

<그림 3.40> 동해고속도로 ○공구(RAMP-I) 침하량 GRAPH(계속)

본 구간은 2005년 10월부터 2006년 5월 26일에 걸쳐 철제침하판과 동시에 침하량을 측정하였으며, 총 10개소에 설치된 반도체방식 침하계와 철제침하판의 침하량 측정 결과 반도체방식 침하계의 침하량은 537~1,322mm로 측정되었으며, 철제 침하판의 경우 523~1,313mm로 측정되었다.

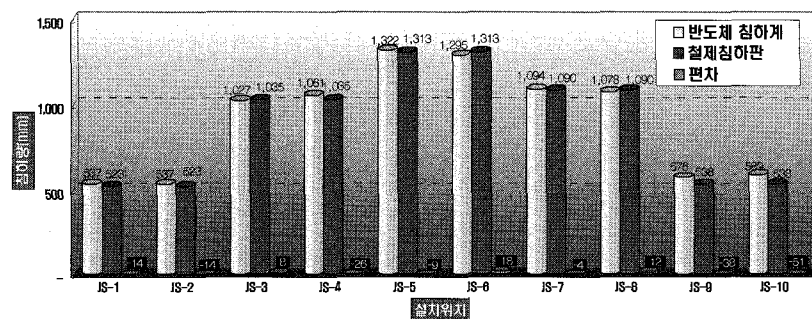
(2) 편차량 분석

반도체방식 침하계와 철제침하판에서 측정된 각각의 침하량에 대하여 측정 기간 중 발생하는 최대 편차와 최종 침하량에 대한 최종 편차 및 평균 편차를 각각 산정하였다.

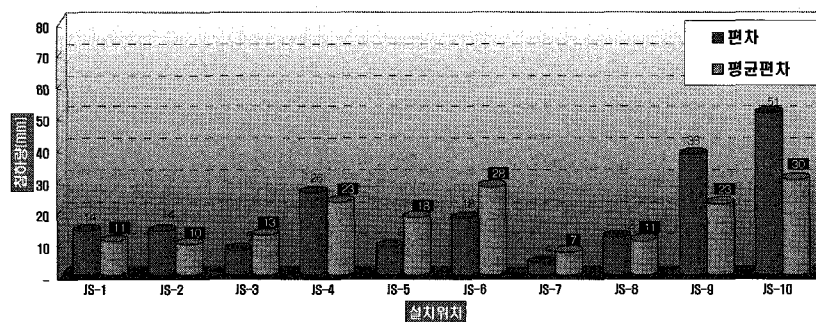
침하량 편차 분석 결과 JS-03, 06, 08의 경우를 철제침하판의 침하량이 크게 측정되었으며, 나머지 측정에서는 반도체 침하계의 침하량이 크게 측정되었다. 평균 편차는 최소 7mm에서 최대 30mm로 발생했으나 이는 전체 침하량의 2.9% 내외로 전체 침하량에 비하여 그 값이 작은 것으로 나타났다.

<표 3.20> 동해고속도로 ○공구(RAMP-I) 침하량 편차

위치	경과일수 (day)	총성토고 (m)	발생침하량(mm)		편차(mm)		비고
			반도체 침하계	철제 침하판	최종편차	평균편차 (절대값)	
JS-01	210	3.500	537	523	-14	11	
JS-02	210	3.500	537	523	-14	10	
JS-03	226	3.800	1,027	1035	8	13	
JS-04	"	3.800	1,061	1035	-26	23	
JS-05	"	4.500	1,322	1313	-9	18	
JS-06	"	4.500	1,295	1313	18	28	
JS-07	"	4.800	1,094	1090	-4	7	
JS-08	"	4.800	1,078	1090	12	11	
JS-09	"	4.800	576	538	-38	23	
JS-10	"	4.800	589	538	-51	30	



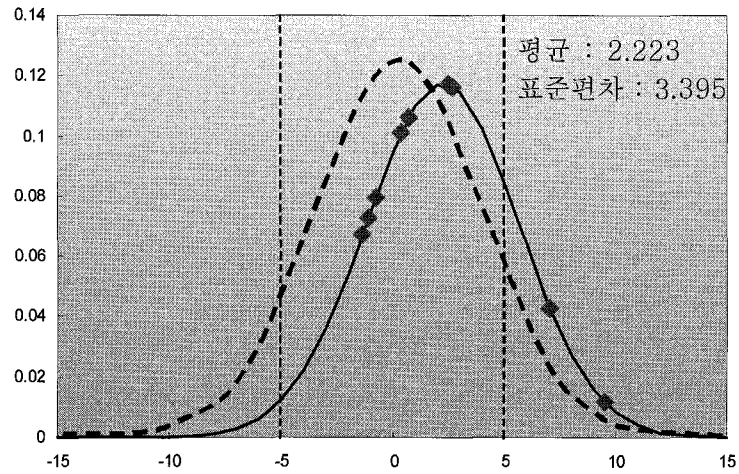
a. 최종침하량 및 최종 편차량



b. 침하량 편차량

<그림 3.41> 동해고속도로 ○공구(RAMP-I) 침하량 및 편차 분석

또한 침하량편차의 정규분포를 분석한 결과 표준분포도의 오른쪽에 위치하고 있어 철제침하판의 침하량이 반도체침하계의 침하량보다 작은 경향이 나타났으며, 오차($\pm 5\%$)범위 밖의 데이터편차가 2개소로 나타나 대부분의 침하계에서 허용오차 이내의 편차가 발생하는 것으로 나타났다.



<그림 3.42> 동해고속도로 ○공구(RAMP-I) 침하량 편차의 정규분포

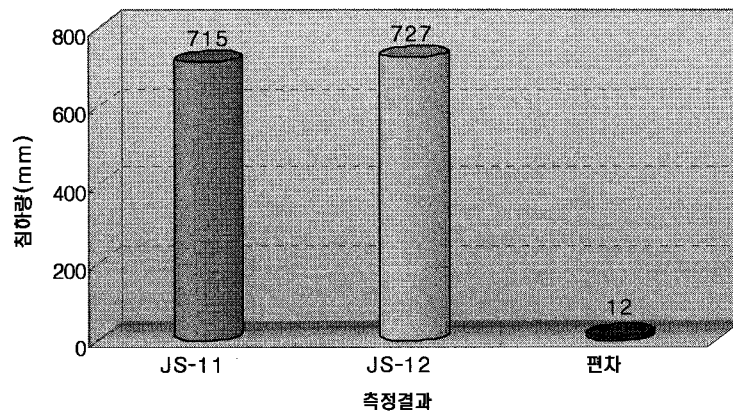
라. 동해고속도로(주문진~속초) 건설공사 3공구(RAMP-G)

(1) 케이블 이음에 대한 계측결과

케이블을 절단 후 Twin Tube 커넥터로 연결한 침하계(JS-12)과 미절단 침하계(JS-11)의 침하량을 비교하기 위하여 각각의 침하계의 침하량을 측정한 결과 JS-11은 715mm, JS-12은 727mm로 측정되었으며, 두 침하계의 편차는 12mm가 발생하였다. 이는 전체 침하량 대비 약 1.6%로써 편차량은 미소한 것으로 나타났다. 이는 공사 중 현장 여건상 케이블이 절단될 경우라도 커넥터로 연결할 경우 측정 침하량에 발생하는 오차는 미소하며, 연결 후에도 지속적인 측정을 통하여 신뢰도 있는 계측 데이터를 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

<표 3.21> 케이블 이음에 대한 계측결과

구 분	총 성토고 (m)	경과일수 (day)	최종 침하량(mm)		비 고
			반도체 침하계	편차	
JS-11	5.8	563	715	12	
JS-12	5.8	563	727		절단후이음



<그림 3.43> 케이블 이음에 대한 침하량

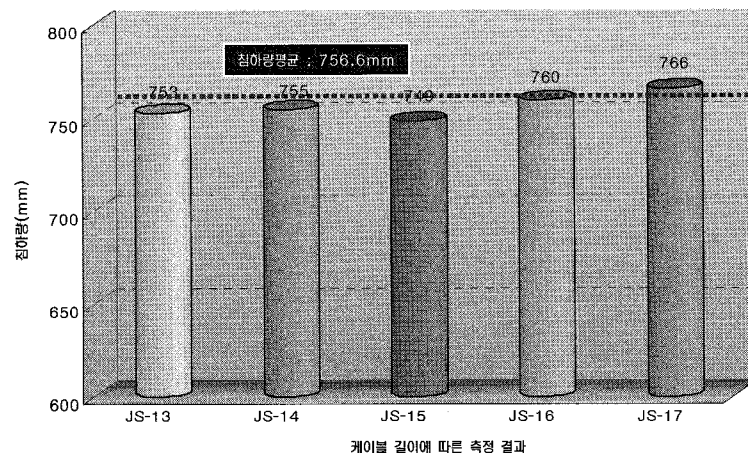
(2) 케이블 길이별 계측결과

동일지점에 반도체방식 침하계(5개소)를 설치하고 기준수조에 연결되는 케이블 길이를 100m(JS-13), 200m(JS-14), 300m(JS-15), 400m(JS-16), 500m(JS-17)로 다르게 하여 각각의 침하량을 측정한 결과 침하량은 749~766mm의 범위에서 측정되어 최대 편차는 17mm발생하는 것으로 나타났으며, 평균 발생 침하량(756.6mm)에

대하여 -1.6~9.4mm의 편차가 발생하는 것으로 나타났다. 이는 평균 침하량 대비 0.21~1.24%의 편차로써 케이블 길이에 따른 침하량 편차는 미소하며, 케이블 길이가 길이에 따른 전기적 데이터 손실은 미소하여 침하량에 미치는 영향은 거의 없음을 알 수 있었다.

<표 3.22> 케이블 길이별 계측결과

구 분	총성토고 (m)	경과일수 (day)	최종 침하량(mm)			비 고
			반도체 침하계	평균	편차	
JS-13	5.8	563	753	756.6	-3.6	케이블길이100m
JS-14	5.8	563	755		-1.6	케이블길이200m
JS-15	5.8	563	749		-7.6	케이블길이300m
JS-16	5.8	563	760		3.4	케이블길이400m
JS-17	5.8	563	766		9.4	케이블길이500m



<그림 3.44> 케이블 길이별 침하량

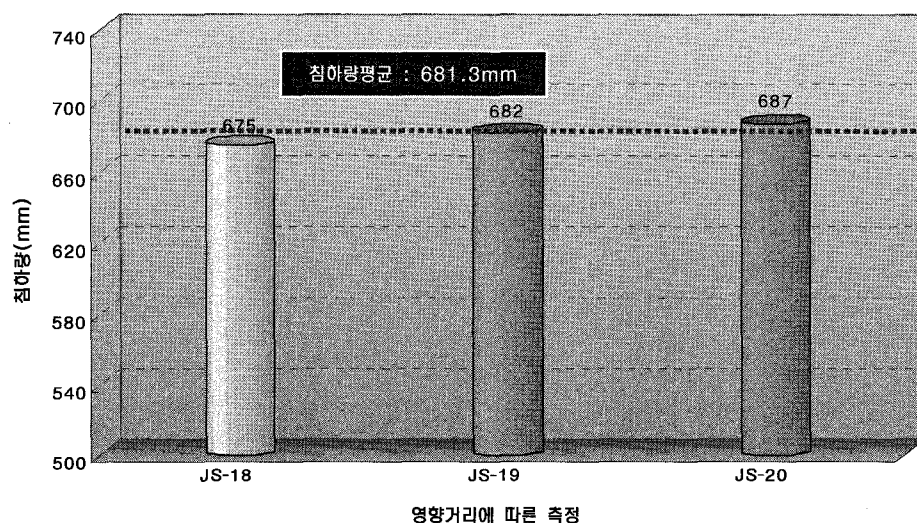
(3) 기준수조 영향권 변화에 대한 계측결과

동일한 지점에 반도체 방식 침하계(3개소)를 설치하고 기준수조를 각각 160m(JS-18), 185m(JS-19), 210m(JS-20)의 거리에 설치하여 침하량을 산정한 결과 침하량은 675~687mm로 측정되어 최대 발생 편차는 12mm가 발생하였다. 평균

발생 침하량(681.3mm)에 대하여 -6.3~5.7mm의 편차가 발생하였으며, 이는 평균 침하량 대비 0.1~0.93%로 각 침하계별 편차는 미소하게 발생하는 것으로 나타났다.

<표 3.23> 기준수조 영향권변화에 따른 계측결과

구 분	총 성토고 (m)	경과 일수 (day)	최종 침하량(mm)						비 고
			반도체 침하계	평균	편차	기준수조 Level 변위			
						초기	현재	변위량	
JS-18	5.8	563	675	681.3	-6.3	6,555	6,548	-7	160m
JS-19	5.8	563	682		0.7	6,412	6,408	-4	185m
JS-20	5.8	563	687		5.7	6,356	6,355	-1	210m



<그림 3.45> 기준수조 영향권 변화에 따른 침하량

3. 시험시공 결과 분석

본 연구과제에 있어서 철제침하판과 반도체방식 침하계의 침하량 비교에 대한 시험시공은 현재 대부분의 연약지반에서 침하관리 목적으로 사용되고 있는 철제침하판과의 반도체방식 침하계의 침하량을 비교하여 반도체방식 침하계의 현장 적용성을 판단하기 위하여 실시하였다.

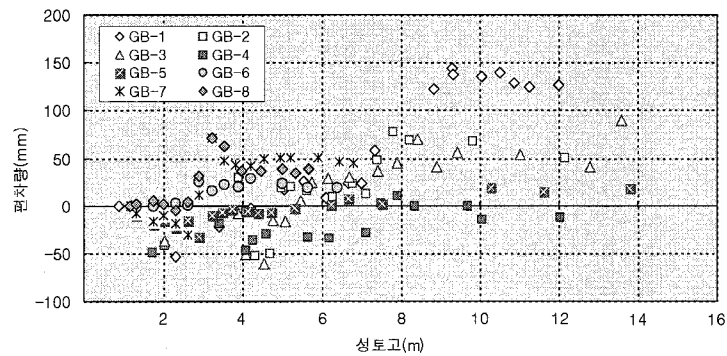
연약지반 계측 적용 현장 3개소에 총 30개의 반도체방식 침하계와 철제침하판을 동시에 매설하여 측정한 결과 계측데이터 편차율(편차량/침하량)은 현장별로 다소 차이는 있으나 약 2.2~2.9%의 비율로 나타나 전반적으로 침하량은 유사한 것으로 나타났다.

실제 연약지반 계측현장에서 침하의 기준이 되는 절대침하량의 측정은 현행 측정기술로는 다소 무리가 따른다. 본 시험시공에서도 시공현장에서 기존에 주로 사용되는 철제침하판의 측정값을 비교 기준으로 하였으나 이 값을 지반의 절대침하량으로 단정 짓기는 어렵다. 이러한 절대값의 기준이 확보되지 못하는 상황에서 반도체방식 침하계의 절대치 대비 오차범위를 한정 짓기에는 다소 어려운 부분이 있다. 그러나 반도체방식 침하계의 문제점을 확인하고 실용화를 위해서는 편차발생의 원인에 대한 분석이 필요하였으며, 계측결과의 분석결과 다음과 같은 이유로 인해 편차가 발생된 것으로 판단되었다.

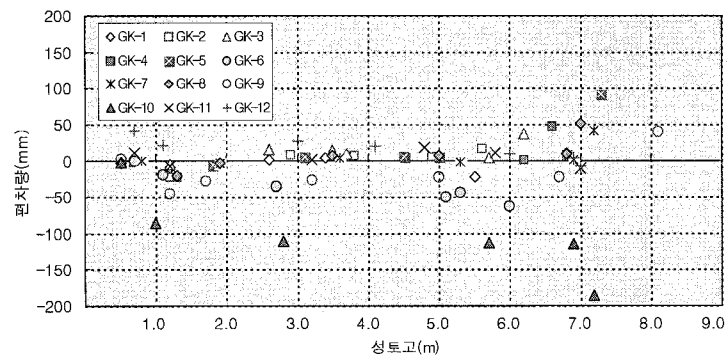
- ① 두 침하계의 편차발생 원인으로 먼저 철제침하판이 가지고 있는 구조적 문제점을 들 수 있다. 즉, Level 측정 시 측정기기의 오차와 측정인원의 관측오차가 발생할 수 있으며, 단계성토 시 침하봉과 보호관 연결 작업은 현실적으로 수직도를 유지하기 어려우며, 이러한 철제침하판의 측정오차로 인해 반도체방식 침하계와의 편차가 발생할 가능성이 있을 것으로 판단된다.

이러한 현상은 시험시공 계측결과 성토고가 높은 현장일수록 철제침하판의 침하량이 반도체방식 침하계의 침하량에 비해 더 크게 측정된다는 데서 찾아볼 수 있다. 예로써 동해고속도로(주문진~속초) ○공구현장의 경우 평균성토고가 4m 내외로 낮으며, 총 10개소의 측정점 중 철제침하판의 침하량이 크게 측정된 측정점은 3개소에 불과하고 그 편차 또한 미소하게 나타났다. 그러나 성토고가 높아지고 방치기간이 길어지는 부산 ○○도로 건설현장과 광양 ○○공유수면 매립현장의 경우 점진적으로 반도체방식 침하계에 비해 침하량이

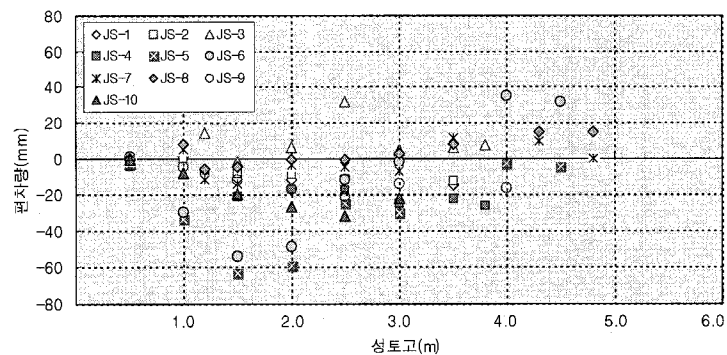
크게 측정되는 철제침하판의 개수가 증가하는 것으로 나타났다. 즉, 부산 ○○도로 건설현장의 경우 성토고가 6m내외일 때 반도채방식 침하계와 철제침하판의 침하량 편차는 -50~50mm로 일정한 경향을 나타내지 않고 있으나 단계성토에 의해 성토고가 증가할수록 8개의 측정점 중 7개소에서 철제침하판의 침하량이 크게 측정되었으며, 그 편차량도 커지는 것을 알 수 있다. 또한 광양 ○○매립현장의 경우에도 성토 초기에는 비슷한 침하양상을 나타내다가 최종성토고 7m내외에서는 총 12개의 측정점 중 7개소에서 철제침하판의 침하량이 더 크게 측정되는 것으로 나타났다.



a. 부산 ○○도로 건설현장



b. 광양 ○○공유수면 매립현장

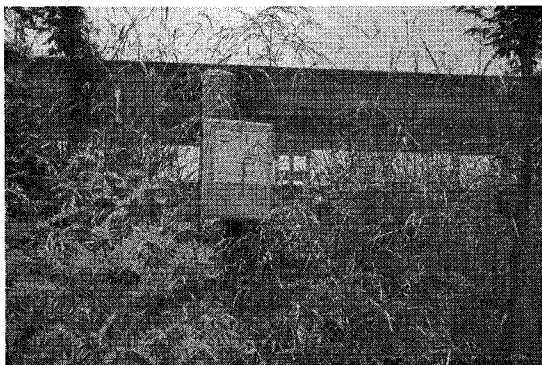


c. 동해고속도로(주문진~속초) ○공구

<그림 3.46> 현장별 성토고 및 침하량 편차량

② 기존 철제침하판의 측정오차에 의한 편차도 존재하지만 반도체방식 침하계의 기준수조의 침하에 의한 측정오차 또한 그 원인이라고 할 수 있겠다. 기준수조는 기본적으로 공사 및 인접하중(교통하중)에 의한 침하의 영향을 받지 않는 안정적인 위치에 설치되어야 하나 일부 계측기의 경우 시험시공현장 사정상 충분한 이격거리를 확보하지 못한 위치에 기준수조를 설치한 경우도 있다. 기준수조에 침하가 발생할 경우 기준수조 수위의 저하로 인하여 당초 침하량보다 적게 측정되며, 이러한 현상은 전반적으로 반도체방식 침하계의 침하량이 철제침하판에 비해 작게 측정되는데서 찾아볼 수 있다.

부산 ○○도로 건설현장의 경우 그림과 같이 시험시공현장과 인접하여 기존 IC진입도로가 위치하고 있어 부득이 성토체와 인접한 기존도로상에 기준수조를 설치하였으며, 성토하중과 교통하중에 의한 기존도로의 잔류침하 영향으로 기준수조의 침하가 발생하였고 이로 인하여 전체적으로 반도체방식 침하계의 침하량이 작게 측정된 것으로 추측된다. 또한 광양 ○○공유수면 매립현장의 경우도 기준수조를 연약지반을 개량하여 준공된 기존도로상에 설치하였으며, 기존도로의 부분적인 잔류침하로 인하여 철제침하판 측정값에 비하여 반도체방식 침하계의 측정값이 작게 측정된 것으로 나타났다.



a. 부산 ○○도로 건설현장



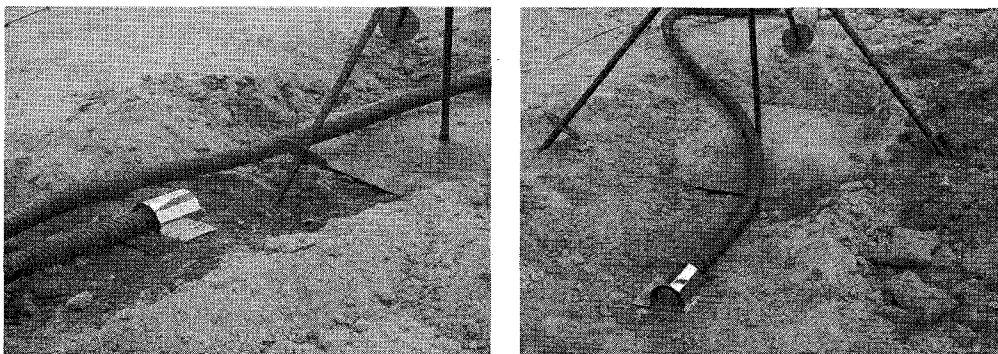
b. 광양 ○○공유수면 매립현장

<그림 3.47> 기준수조 설치 위치

③ 반도체방식 침하계와 철제침하판의 침하량 편차의 또 다른 원인으로 설치위치에 따른 편차발생을 예상할 수 있다. 연약지반 현장에서 침하량은 연약지반 침도, 성토하중을 포함한 과재하중의 변화에 의하여 동일한 구간에서도 발생 침하량의 편차는 발생할 수 있다. 또한 철제침하판의 경우 성토체 상부로 침하측정봉이 노출되어 단계성토시 침하판 주변으로 장비의 접근이 어려

우며, 이로 인하여 충분한 다짐작업이 이루어 질수 없어 주변보다 침하가 다소 작게 발생하는 경우가 종종 있다.

기준점의 위치가 비교적 안정적인 동해고속도로(주문진~속초) ○공구의 경우 전반적으로 철제침하판의 침하량이 반도체방식 침하계에 비하여 작게 측정되는 경향이 나타났다. 이러한 경향은 <그림 3.48>과 같이 철제침하판과 반도체방식 침하계 위치가 0.5~1m정도 이격되어 설치됨으로써 이격에 따른 편차발생과 철제침하판 주변의 다짐도 불량에 의한 영향으로 추측된다.



a. JS-02 설치현황

b. JS-05 설치현황

<그림 3.48> 철제침하판과 반도체방식 침하계 설치 위치

반도체방식 침하계의 현장 적용성 및 신뢰성제고를 위하여 시험시공 현장 3개소에 설치된 총 30여개의 철제침하판과 반도체방식 침하계의 침하량을 비교 분석한 결과 전반적으로 유사한 침하경향을 나타내고 있으나 철제침하판의 구조적 문제와 반도체방식 침하계의 기준점 문제 등 복합적인 원인에 의하여 편차가 발생하며, 그 중 반도체방식 침하계의 편차요인을 제거시키기 위해서는 안정적인 기준점 확보가 중요한 것으로 나타났다.

따라서 현장 시공 시 기준점 설치 위치는 후속공정을 감안하여 측정 시 장비 및 작업차량에 의한 영향 및 외부간섭요인이 없는 지점을 선정하여야하며, 현장 여건상 작업 반경 이내 설치가 부득이한 경우 최대한 공정의 빈번한 동선을 피하고 침하를 허용하지 않는 시설물(Pile, 기존 구조물 등)을 활용하여 설치해야 할 것으로 판단된다. 또한 최초 설치 후 공정에 따른 실제 영향 여부를 확인하기 위하여 일정기간(2~3개월) 간격으로 정밀도가 높은 수평측량기를 이용하여 확인 측량하여 측정 데이터의 신뢰도를 향상시켜야 할 것으로 판단된다.

제 7절 반도체방식 침하계 자재의 내구성 검증

1. 내구성 시험

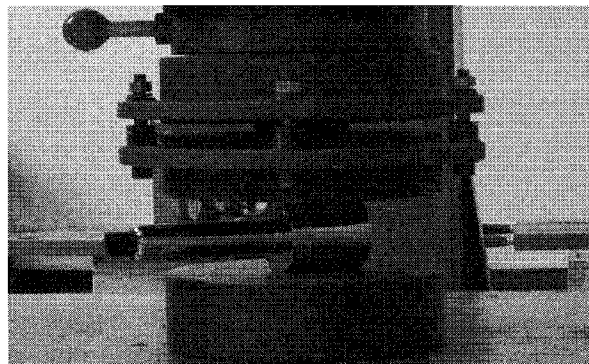
반도체방식 침하계는 장기간 성토체 하단에 매설되는 기기로서 상부 성토하중, 다짐장비 및 작업차량 하중에 대하여 안정성을 확보하여야 하며, 성토체내 매설되는 반도체 센서와 외부에 설치되는 기준수조를 연결하는 일체형 튜브(대기압보정튜브, 신호선) 및 액체튜브의 경우 지반 침하에 유동적이어야 하고 외부에 노출되어 온도에 영향을 받기 때문에 유지관리 시 이러한 영향에 의한 안정성 확보가 필요하다. 따라서 이러한 시공현장 여건 속에서 안정적인 침하측정 가능성을 확인하고 반도체방식 침하계 기기의 내구성을 검증하기 위하여 한국건설자재시험원에 의뢰하여 시험을 실시하였다.

가. 반도체 침하계 본체 센서 최대 압축시험

지중에 설치되는 침하계 센서 본체의 내구성을 검증하기 위하여 반도체 본체 센서의 최대압축시험을 실시하였으며, 시험 결과 최대 압축하중 58.6ton으로 측정되었으며, 이는 성토체로 환산 할 경우 약 1,400m의 높이로 일반적인 연약지반 시공현장의 최대 성토고(약 30m 이하)에 대하여 충분한 안정성을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

<표 3.22> 최대 압축시험 결과

시험항목	결과	시험방법
최대압축하중(ton)	58.6	일축압축



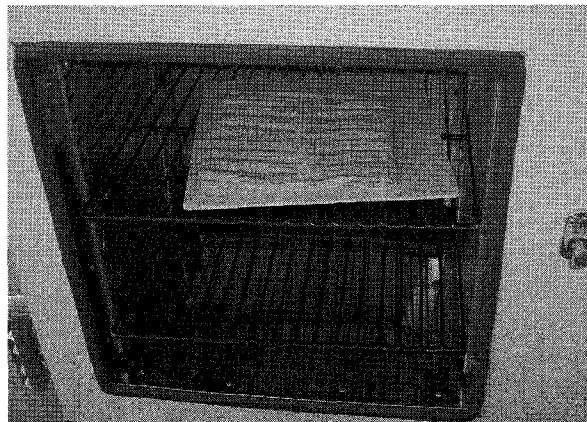
<그림 3.49> 반도체방식 침하계 센서본체 최대압축시험

나. 기준수조 튜브 내열성, 내한성 시험

반도체 침하계 기준 수조부 튜브는 지상에 설치되어 있어 기온의 영향에 따라 튜브의 변형이 발생할 가능성이 있다. 이러한 튜브의 변형을 측정하기 위하여 아래와 같이 내열성, 내한성시험을 실시하였으며, 시험결과 $50 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 2시간 가열 후 겉모양과 $-20 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 2시간 냉동 후 겉모양에는 이상이 없는 것으로 나타났다.

<표 3.25> 기준수조 튜브 내열성, 내한성 시험 결과

시험항목	결 과	시험방법
내열성 ($50 \pm 1^\circ\text{C}$, 2시간)후 겉모양	이상 없음	KS M 6522 : 2001
내한성 ($-20 \pm 1^\circ\text{C}$, 2시간)후 겉모양	이상 없음	



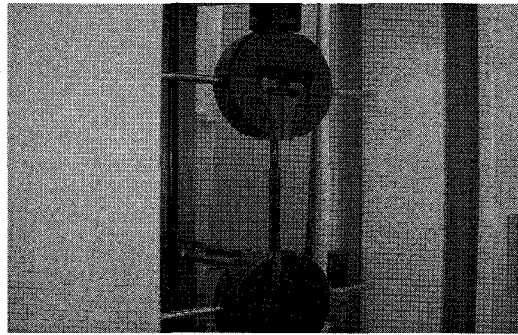
<그림 3.50> 기준수조 튜브 내열성, 내한성 시험

다. 일체형 튜브 인장시험 및 내열성, 내한성 시험

반도체 침하계 본체와 측정부인 기준수조를 연결하는 일체형 튜브(대기압보정 튜브, 신호선)는 성토체 하부에 매설되어 지반의 침하에 따른 인장력과 기온의 영향에 따른 변형 등의 검증이 필요하다. 따라서 반도체방식 침하계의 안정적인 시공과 측정을 위하여 아래와 같이 일체형 튜브의 인장시험 및 내열성, 내한성 시험을 실시하였다. 인장시험 결과 2,270N의 인장력이 측정되었고 $50 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 2시간 가열 후 겉모양을 관측한 내열성 시험과 $-20 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 2시간 냉동 후 겉모양을 관측한 내한성 시험 결과 각각 이상이 없는 것으로 나타났다.

<표 3.26> 일체형 튜브 인장 시험 및 내열성, 내한성 시험 결과

시험항목	결 과	시험방법
인장하중(N)	2,270	KS M 6518 : 2001
내열성($50 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 2시간)후 겉모양	이상 없음	KS M 6522 : 2001
내한성($-20 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 2시간)후 겉모양	이상 없음	



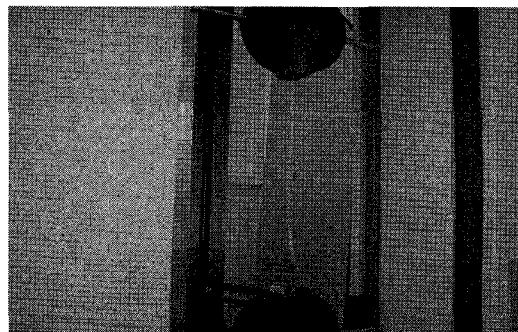
<그림 3.51> 일체형 튜브 인장시험

라. 액체 튜브 인장, 신장율 시험 및 내열성, 내한성 시험

반도체 침하계본체와 기준수조와 연결되는 액체 튜브는 지반침하에 대한 인장 및 기온에 영향을 받으므로 이를 검증하기 위하여 인장, 신장율 및 내열성 내한성 시험을 실시하였다. 아래 사진과 같이 인장, 신장율시험, 내열성($50 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 2시간), 내한성($-20 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 2시간)시험을 하여 튜브의 인장하중 및 변화량을 측정하였다.

<표 3.27> 액체 튜브 인장, 신장율 시험 및 내열성, 내한성 시험 결과

시험항목	결 과	시험방법
인장하중(MPa)	10	KS M 6518 : 2001
신장율(%)	651	
내열성($50 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 2시간)후 겉모양	이상 없음	KS M 6522 : 2001
내한성($-20 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 2시간)후 겉모양	이상 없음	



<그림 3.52> 액체 튜브 인장시험

2. 방수·수밀 시험

성토체하부에 설치되는 반도체방식 침하계는 연약층 침하로 인해 발생하는 압밀배출수 및 지하수와 항상 접하고 있다. 따라서 센서의 안정적인 작동을 위해서는 방수 및 수밀에 대한 안정성이 검증되어야 할 것이다.

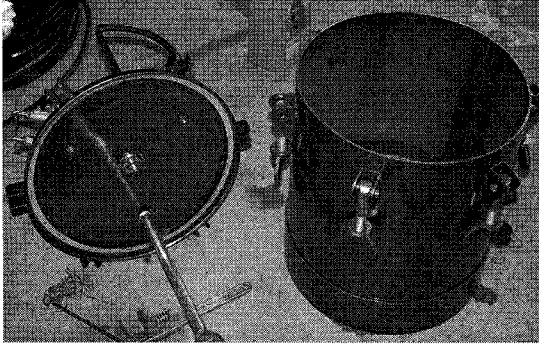
수밀·방수시험의 실험방법 및 기준에 대하여 국내 약 10여개의 국내 시험기관에 의뢰하였으나 본 신청기술과 같이 케이블이 부속된 대형센서에 대한 시험은 불가하다는 회신을 받았으며, 일반적인 수밀방수시험에 대한 국제공인 최고등급이 $2\text{kg}/\text{cm}^2$ 라는 정보를 취득하였다. 따라서 우선 자체시험용 기구를 제작, 그 시험의 가능성과 객관성용인 여부를 판단하고 외부의뢰기관에 수탁인증을 받을 수 있도록 계획을 수립 진행하였으며, 최근 한국산업기술시험원에 시험용 Chamber의 타당성, 안전성, 규격 및 반도체방식 침하계의 방수·수밀성에 대한 안정성을 인증 받았다. 반도체방식 침하계에 대한 방수·수밀시험의 시험 방법 및 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 수밀 · 방수시험 진행과정

(1) 준비단계

반도체방식 침하계의 수밀·방수 시험에 앞서 먼저 가압식 Chamber를 제작하였다. Chamber는 $3\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 수압을 견딜 수 있도록 steel재료의 원형구조로 제작하였으며, 상부로 홀을 만들어 케이블이 통과할 수 있도록 하였다. 또한 완벽한 밀폐구조로 만들기 위하여 Chamber 덮개 케이블 통과부를 실링하고 덮개상부를 고무패킹으로 체결하였다.

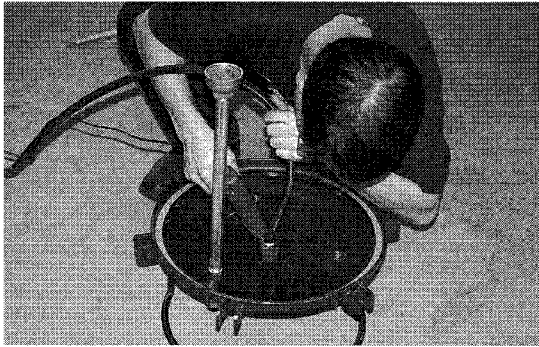
다음으로 Chamber내로 반도체센서 본체 및 30m의 케이블을 투입한 후 센서 본체와 케이블이 충분히 잠길 수 있도록 일정수량의 물을 투입하고 Chamber 덮개를 체결하여 수밀·방수시험 준비를 완료하였다.



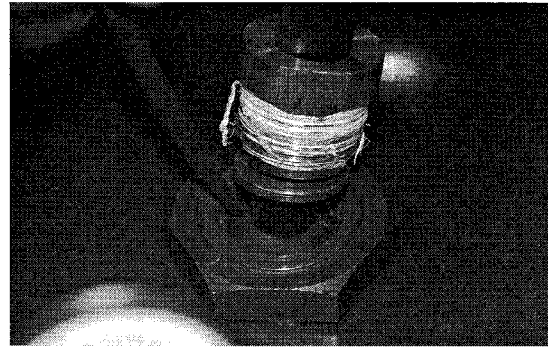
a. 체결 가압식 Chamber 제작



b. chamber상부 케이블 통과



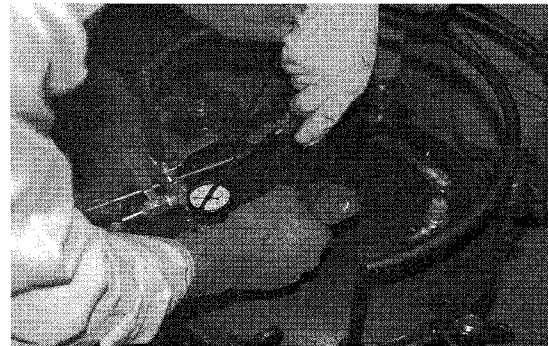
c. chamber덮개 통과부 실링



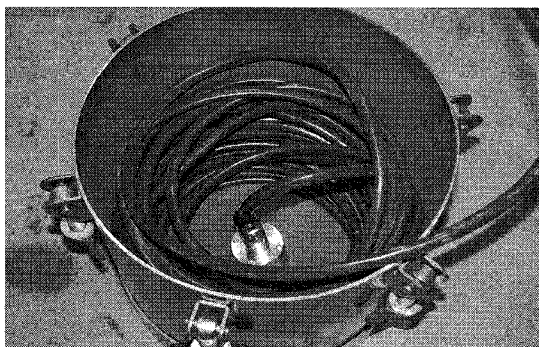
d. 덮개상부 고무패킹



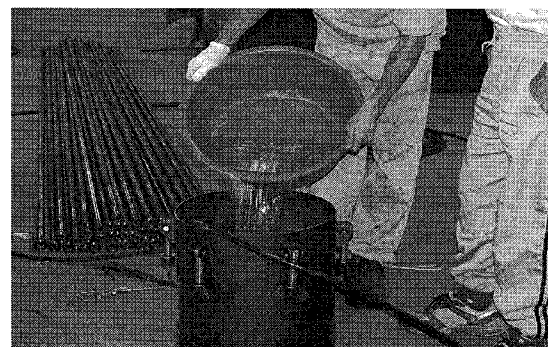
e. 패킹부 체결조임



f. 통과부 2차실링

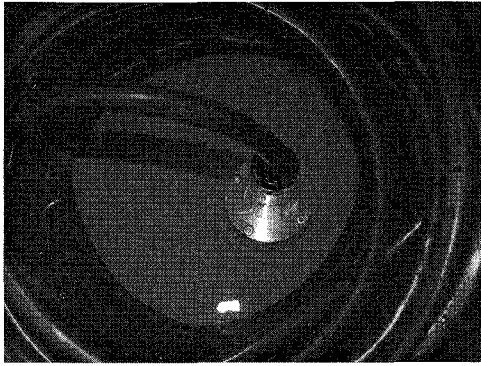


g. chamber내 센서, 케이블 투입

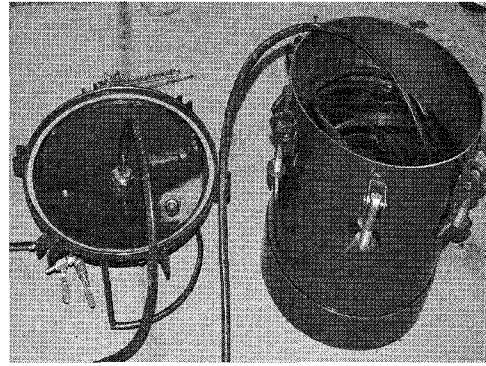


h. chamber내 물투입

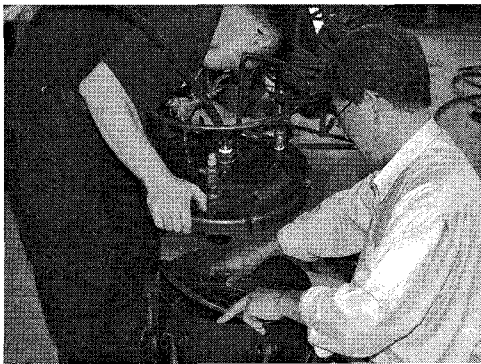
<그림 3.53> 수밀·방수시험 준비단계



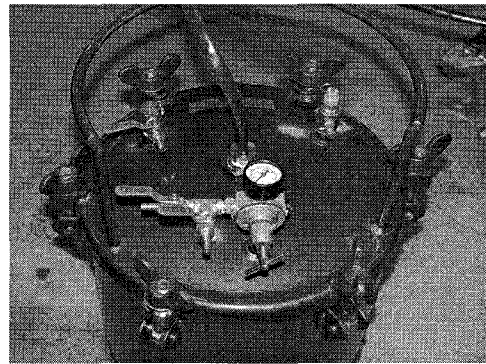
i. 상단부 수위확인



j. chamber 체결전



k. chamber덮개 체결



l. 체결종료

<그림 3.53> 수밀·방수시험 준비단계(계속)

(2) 측정단계

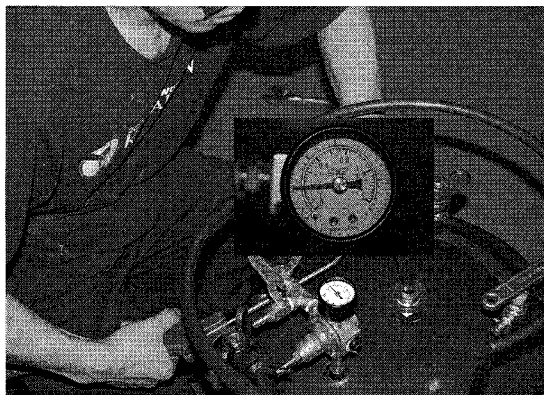
반도체센서의 하우징 및 케이블 체결부의 방수 및 수밀시험과정으로 시험과정은 다음과 같은 순서로 시행하였다.

- 밀폐형 금속 chamber내 반도체침하계(케이블 30m)투입
- chamber내 상부까지 물 채움 후 약 30초간에 걸쳐 $0 \sim 3\text{kg/cm}^2$ 급속압력 가압
- 약 30분간 유지 후 가압해제
- 지시계의 확인 및 반복시험을 위해 지시계 대체 후 동일시험 반복

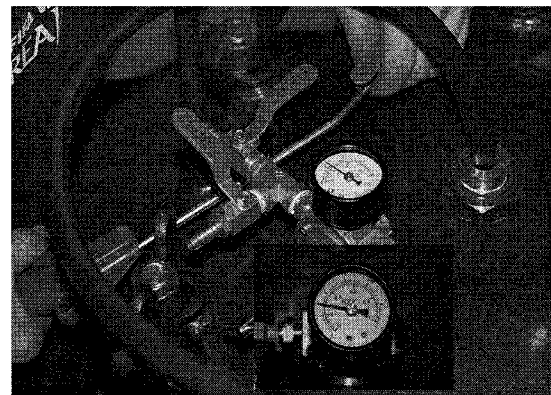
반도체방식 침하계의 수밀 및 방수에 대한 안정성은 초기단계(가압 Chamber 지시계 0kg/cm^2)에서 반도체방식 침하계의 지시계의 측정값을 기준으로 가압 후 (3kg/cm^2) 반도체방식 침하계의 작동 상태 및 측정값의 변화를 측정함으로써 확인하였다.



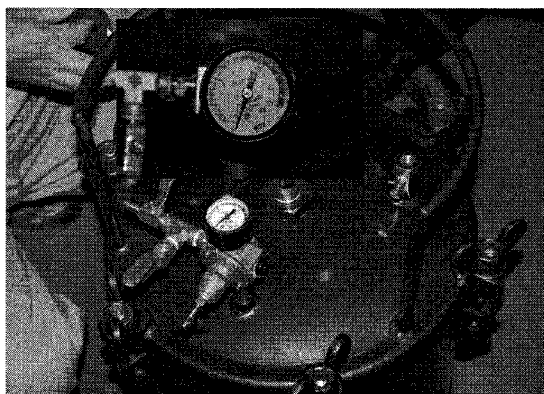
a. 초기설치 단계[지시계 0.1 (1m 지시), 가압chamber계 0kg/cm²]



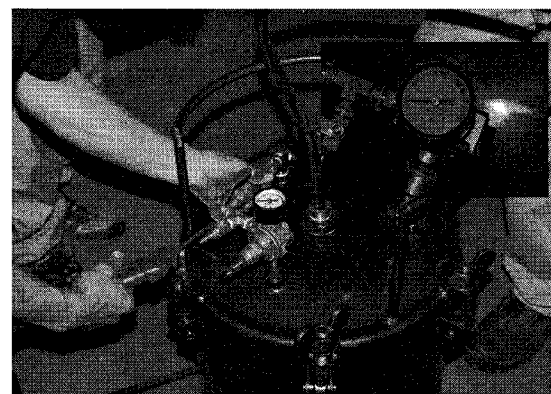
b. 에어건을 통한 가압(2kg/cm²)



c. 3kg/cm²가압후(정수압 30m) 30분유지



d. 반복시험을 위한 kg단위 지시계 대체



e. 가압 3kg/cm² 후 정지(약 30분 유지)

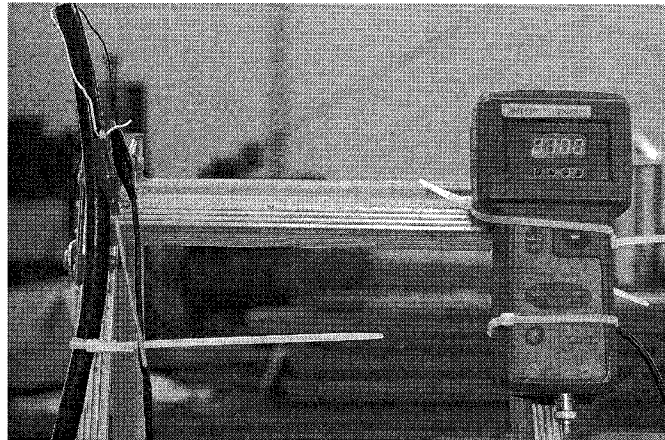
<그림 3.54> 수밀·방수시험 측정단계

나. 시험결과 요약

시험결과 방수 및 수밀테스트 경우에 있어서는 2차에 걸친 $3\text{kg}/\text{cm}^2$ 가압(최종 1시간, 약 30m 수압조건)에도 정상적인 작동을 보이며, 외함의 밀폐 보호 등급(IP Code)에서 최상위 등급인 IPX8을 부여받아 방수 및 수밀에 대한 현장조건도 만족 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

<표 3.28> 방수·수밀시험 결과

시험항목	시험결과	시험방법
외함의 밀폐 보호등급 구분	IPX8	IEC 60529:2001, KS C ICE:2002



a. 시험전 지시계 작동사항



b. 시험 후 지시계 작동사항

<그림 3.55> 반도체방식 침하계 지시계 측정결과

제 8절 반도체방식 침하계의 경제성 및 실용화 분석

반도체방식 침하계의 경제성을 분석하기 위하여 전문기관에 의뢰하여 반도체방식 침하계의 제작 및 설치에 대한 원가조사를 실시하였으며, 이를 바탕으로 철제 침하판과 설치비용 및 측정비용 등 실질 공사비를 비교하였다.

1. 반도체방식 침하계 원가 조사

원가조사는 반도체방식 침하계 제작설치에 관한 예정원가산정을 위한 원가계산으로써 제작시방서 및 관련 자료를 근거로 하여 재정부 회계예규에 의한 일반적 원가계산방식과 절차를 적용하여 산출하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

<표 3.29> 원가조사 결과

단위 : 원

구분	규격	단위	수량	산출원가	합 계 (부가가치세포함)
반도체방식 침하계 제작	50m	개소	1	1,213,736	1,335,109
반도체방식 침하계 설치	50m	개소	1	779,469	857,416
합계				1,993,205	2,192,525

2. 철제침하판과의 공사비 비교

현재 연약지반 현장에서 지반침하계측으로 주로 사용되고 있는 철제침하판 대비 반도체방식 침하계의 경제성을 비교하기 위하여 다음과 같이 임의조건에서의 공사비를 산출하였다.

가. 비교조건

연약지반 도로현장의 경우 설계 시 1단면당 지표면침하판 3Set가 1조이며, 실질비교를 위해 10단면을 가정하였다.

- 공사조건 : 양방향 4차로 도로
- 평균성토고 : 5, 10, 15m
- 단계별 성토 : 3개월
- 방치기간 : 6개월
- 측점수 : 10개 단면, 총 30개 측점
- 측정횟수 : 총 1,500회
- 지표침하판 사양 : 900×900×9t
- 반도체침하계 사양 : Cable길이 - 50m

나. 설치시점 자재단가 및 측정인건비 비교(실질경비 비교)

<표 3.30> 철재침하판과 반도체방식 침하계 공사비 비교

(부가세 별도)

구분		철재침하판				반도체방식 침하계			
5m 성 토 시	자재비	구분	수량	단가	금액	구분	수량	단가	금액
		침하판	30	180,000	5,400,000	반도체침하계	30	1,213,736	36,412,080
		지지대	30	90,000	2,700,000				
		보호판	120	70,000	8,400,000				
		측정봉	120	20,000	2,400,000				
		소계			18,900,000	소계			36,412,080
	설치비	구분	수량	단가	금액	구분	수량	단가	금액
		초기설치	30	122,078	3,662,340	초기설치	30	779,469	23,384,070
		추가설치	120	117,513	14,101,560				
		소계			17,763,900	소계			23,384,070
	측정비	구분	측정횟수	단가	금액	구분	측정횟수	단가	금액
		초급기술자	1,500	4,942	7,413,000	초급기술자	1,500	4,873	7,309,500
		중급기능사	1,500	4,873	7,309,500				
		소계			14,722,500				7,309,500
	총계				51,386,400				67,105,650
10m 성 토 시	자재비	구분	수량	단가	금액	구분	수량	단가	금액
		침하판	30	180,000	5,400,000	반도체침하계	30	1,213,736	36,412,080
		지지대	30	90,000	2,700,000				
		보호판	270	70,000	18,900,000				
		측정봉	270	20,000	5,400,000				
		소계			32,400,000	소계			36,412,080
	설치비	구분	수량	단가	금액	구분	수량	단가	금액
		초기설치	30	122,078	3,662,340	초기설치	30	779,469	23,384,070
		추가설치	270	117,513	31,728,510				
		소계			35,390,850	소계			23,384,070
	측정비	구분	측정횟수	단가	금액	구분	측정횟수	단가	금액
		초급기술자	1,500	4,942	7,413,000	초급기술자	1,500	4,873	7,309,500
		중급기능사	1,500	4,873	7,309,500				
		소계			14,722,500				7,309,500
	총계				82,513,350				67,105,650

<표 3.30> 철제침하판과 반도체방식 침하계 공사비 비교(계속)

구분		철제침하판				반도체방식 침하계			
15m 성 토 시	자재비	구분	수량	단가	금액	구분	수량	단가	금액
		침하판	30	180,000	5,400,000	반도체침하계	30	1,213,736	36,412,080
		지지대	30	90,000	2,700,000				
		보호판	420	70,000	29,400,000				
		측정봉	420	20,000	8,400,000				
		소계			45,900,000	소계			36,412,080
	설치비	구분	수량	단가	금액	구분	수량	단가	금액
		초기설치	30	122,078	3,662,340	초기설치	30	779,469	23,384,070
		추가설치	420	117,513	49,355,460				
		소계			53,017,800	소계			23,384,070
	측정비	구분	측정횟수	단가	금액	구분	측정횟수	단가	금액
		초급기술자	1,500	4,942	7,413,000	초급기술자	1,500	4,873	7,309,500
		중급기능사	1,500	4,873	7,309,500				
		소계			14,722,500				7,309,500
	총계				113,640,300				67,105,650
검토결과		•5m성토시 - 철제침하판 소요공사비 : ₩51,386,400 / 반도체방식 침하계 소요경비 : ₩67,105,650 (약 30%경비 증가)							
		•10m성토시 - 철제침하판 소요공사비 : ₩82,513,350 / 반도체방식 침하계 소요경비 : ₩67,105,650 (약 23%경비 절감)							
		•15m성토시 - 철제침하판 소요공사비 : ₩113,640,300 / 반도체방식 침하계 소요경비 : ₩67,105,650 (약 69%경비 절감)							

- 단가산출근거

2006년 엔지니어링기술자 노임단가표 기준(공표 및 적용기준일자 2006.1.1일 분) 및 한국엔지니어링진흥협회 “지반조사 標準품셈” 참조

① 철제침하판 초기 설치비

㉠ 중급기술자 (1日 賃金) $139,232 \times \text{설치비요율 } 0.1 = 13,923$ (원단위이하 절삭)

㉡ 초급기술자 (1日 賃金) $98,848 \times \text{설치비요율 } 0.4 = 39,539$ (원단위이하 절삭)

㉢ 특수인부 (1日 賃金) $70,264 \times \text{설치비요율 } 0.4 = 28,106$ (원단위이하 절삭)

㉣ 조력공 (1日 賃金) $50,638 \times \text{설치비요율 } 0.8 = 40,510$ (원단위이하 절삭)

㉠ + ㉡ + ㉢ + ㉣ = ₩122,078

② 철제침하판 추가 설치비

• 단계별 성토시 보호관 및 측정봉 1m단위 연결 작업 필요 (개소당 5m성토 시 4회, 10m성토 시 9회, 15m성토 시 14회)

• 1회연결 작업시간 약 1hr소요

㉠ 초급기술자 (1日 賃金) $98,848 \times \text{설치비율} 0.4 = 39,539$ (원단위이하 절삭)

㉡ 중급기능사 (1日 賃金) $97,468 \times \text{설치비율} 0.8 = 77,974$ (원단위이하 절삭)

㉠ + ㉡ = ₩117,513

<표 3.31> 철제침하판 설치품

[5기당 설치품 (기당 : 1/5 환산적용)]

적용 조건	인력운반 모래포설설치 단계별성토시의 추가연결 별도		적용 규격	60cm×60cm ×6mm	90cm×90cm ×6mm	120cm×120cm ×6mm	con'c,초대형 별도
			운반 중량 (kg)	2000	3000	5000	모래
				(20+0)×5	(45+35)×5	(75+40)×5	(판+지지대)×개 소
종별	세 목	규 격	구분 단위	60×60	90×90	120×120	비 고
인 건 비	중급기술자		인	0.313	0.5	0.625	기술지도
	초급기술자		인	1.25	2.0	2.5	설치,점검
	특수인부	일용 노무자	인	1.25	2.0	2.5	운반터파기
	조 력 공	일용 노무자	인	2.5	4.0	5.0	포설, 설치
재 료 비	침 하 판	▼ 60×60	기	5.0			적 용 규격별
		90×90	기		5.0		
		▲ 120×120	기			5.0	
	지 지 대 (지지발이)	▼ 2m×4발	기		5.0		포설용
		▲ 2.5m×4발	기			5.0	
	모 래		m'	0.2×5	0.3×5	0.5×5	지치용
	모래주머니	10kg입	대	4×5	8×5	12×5	
잡 재 료	재료비의	%	3.0	3.0	5.0		
기구 손료	포설용구	인건비의	%	1.0	1.0	1.0	삽 등 기구
경비	운반차량렌트	2.5t 트럭	일	0.5	0.8	1.0	인력포함
	작업선렌트	5톤 20HP	일			2.5	
비고	설치 지역별 5개소 이상에 적용	φ ¾" 백관 침하봉 φ3" HI-3P수도용 보호관	간 이 받 침 대 지지대 별도	육상화 된 개 량 대 상 지반	간조 시 육 상화 되는 천해저	con'c block· 해저특수용별도	
	적용지반별 규격선택의 호환성 별도·작업수행 조건별 보정 적용						

③ 철제침하판 측정비

㉠ 초급기술자 (1日 賃金) $98,848 \times \text{측정요율 } 0.05 = \text{₩}4,942$ (원단위이하 절삭)

㉡ 중급기능사 (1日 賃金) $97,468 \times \text{측정요율 } 0.05 = \text{₩}4,873$ (원단위 절삭)

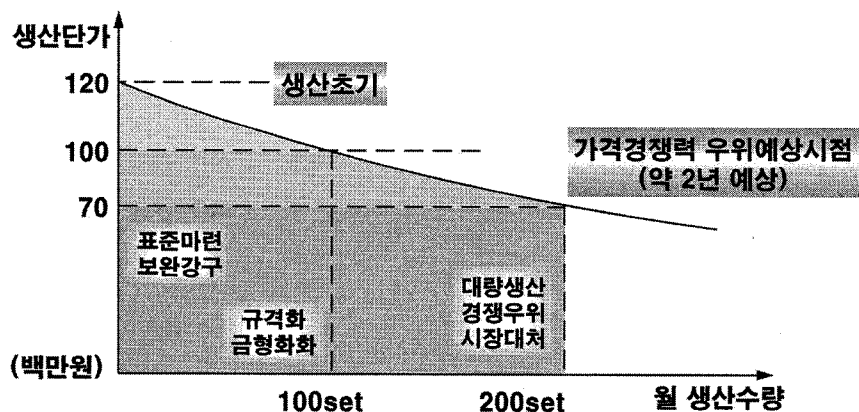
<표 3.32> 수동계측 급별 빈도별 품(회당)

종별	세 목	구분 단위	수동계측(관측·측정)							비고 급별 빈도(회/일)
			1	2	3	4	5	6	7	
			20	16	14	12	10	5	2	
인 건 비	중급기술자	인	0.025	0.031	0.036	0.042	0.05	0.1	0.25	계측·지도
	초급기술자	인	0.05	0.063	0.071	0.083	0.1	0.2	0.5	측정·관측
	중급기능사	인	0.05	0.063	0.071	0.083	0.1	0.2	0.5	측정·관측
손료	계측기기	일	0.05	0.063	0.071	0.083	0.1	0.2	0.5	readout unit
비고	상주계측비산출	team 인건비 $\times$ 측정기간 $\times$ 1.7 (상여금+퇴직충당금+휴지계수)								

④ 반도체침하계 자재비 및 설치비 : 부록 ‘원가조사서’ 참조

3. 반도체방식 침하계의 경제성 분석 결과

현재 대부분의 연약지반 현장에서 사용되고 있는 철제 침하판과의 공사비 단순 비교는 어려우나 성토고의 높이에 따라 소요되는 공사비를 비교, 분석한 결과 성토가 낮은 경우(5m) 자재비의 영향으로 철제침하판이 더 경제적인 것으로 나타났으나, 성토고가 높아질수록 연결 작업에 소요되는 자재비 및 설치 인건비 측면에서 반도체방식 침하계가 더 경제적인 것으로 나타났다.



<그림 3.56> 월 생산량대비 시장가격 변화도

그러나 근래 대심도연약지반 현장 및 유지관리계측현장이 증가에 따른 반도체 방식 침하계의 수요 증가로 생산의 표준화 및 대량 생산체제를 구축할 경우 현재 수가공에 의존하여 투입되는 약 35%의 직접 노무비 및 기타부분의 대폭적인 경비 절감효과를 기대할 수 있어 자재의 생산단가의 하향을 도모할 수 있을 것으로 예상된다. 다시 말해서 월 200여set 생산시점부터는 이미 우위에 있는 시공성 및 신뢰성, 정밀도 등의 우수성 이외에 철제침하판과의 경제성 부분에서도 충분한 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 예상된다.

반도체방식 침하계는 기존 계측방식인 철제침하판의 2인 Level측정에 비하여 1인 Digital측정으로 측정인건비를 1/2로 절감시킬 수 있으며, 또한 시공 중 설치된 반도체방식 침하계를 공용중 유지관리 계측으로 전환할 수 있어 최근 중요성이 대두되고 있는 유지관리 계측에 있어서도 중복적인 경비지출을 사전에 방지할 수 있다.

4. 실용성 분석

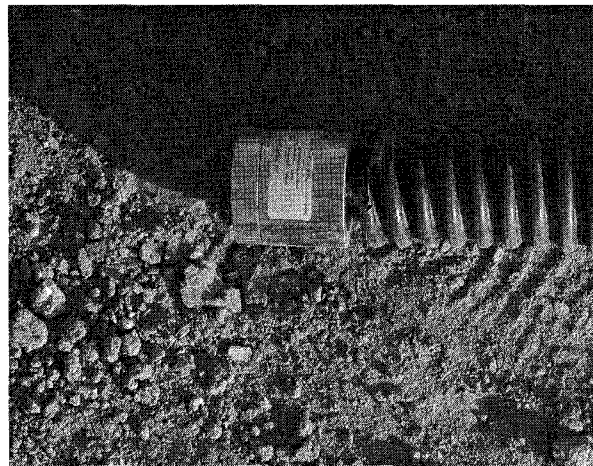
3차년에 결친 철제침하판과 반도체방식 침하계의 침하량비교 결과 침하량의 편차는 전체침하량 대비 약 2.5%발생되었으며, 전체 침하량에 비하여 편차의 크기가 작고 전반적으로 침하 경향이 유사하게 나타났다. 따라서 계측 데이터의 획득에 있어서 현재 연약지반계측현장에서 범용으로 사용되고 있는 철제침하판을 대체할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 철제침하판에 비해 다음과 같은 장점을 가지고 있어 철제침하판의 대체효과 또한 클 것으로 기대된다.

- ① 원지반 대상지점에 한번 설치 후 단계별 성토에 따른 연결부속공정을 제거함으로 연약지반 계측관리부문에서 시공의 간편성 및 효율성 극대화
- ② 반도체응용기술의 적용으로 mm단위의 신뢰성 및 정밀도가 높은 Data의 취득이 가능해짐으로써 시공의 활용성 제고
- ③ 상시 2인의 Level측량이 필요하던 철제침하판의 측정방식을 1인의 Readout 측정이 가능해짐으로써 혁신적인 인건비와 측정소요시간을 단축
- ④ 성토체상부로 노출되는 계측기기가 없어 측정파손 방지
- ⑤ 기존 철제 침하판이 최종 성토 후 측정이 가능하여 성토중의 침하량을 측정하지 못하는데 반하여 단계별 성토중에도 지속적인 측정이 가능하여 정확한 원지반침하측정이 가능

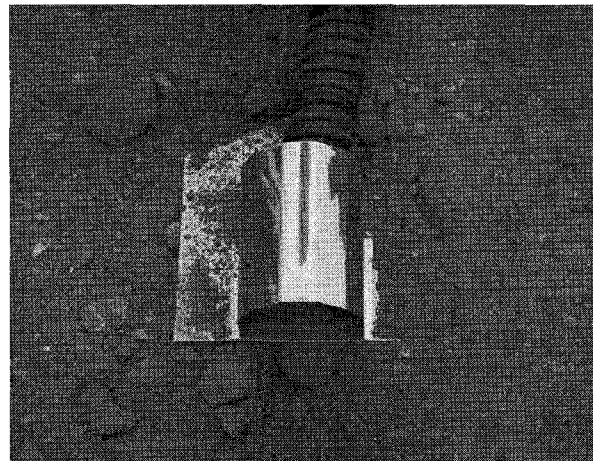
제 9절 실용화 연구를 통한 개선사항

1. 반도체 침하 센서 저판크기 조정 및 보호캡 설치

기존의 경우 <그림 3.54, a>와 같이 센서본체를 원지반에 직접 설치하였으나 반도체 침하계 센서가 원통임을 감안하여 성토 시 원지반 및 성토체의 침하거동을 잘 나타낼 수 있도록 <그림 3.54, b>와 같이 침하계 센서 거치 시 하부에 Plate(23cm × 23cm)를 연결하였다. 또한 성토작업 시 성토하중과 작업 장비에 의한 센서의 직접적인 손상을 방지하기 위해 보호 캡을 설치하여 센서의 안정성을 향상시켰다.



a. 개선 전

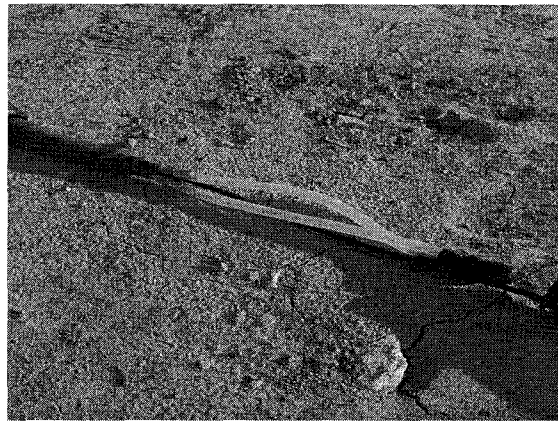


b. 개선 후 보호캡 설치

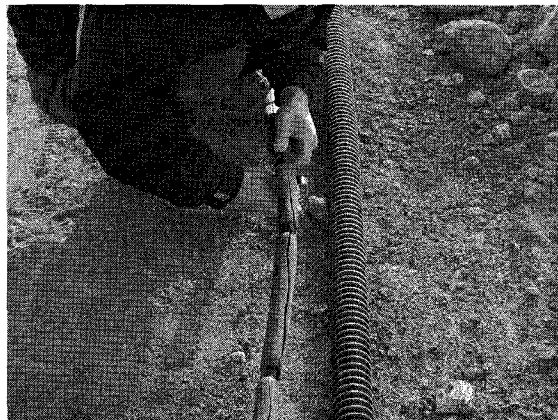
<그림 3.57> 저판크기 조정 및 보호캡 설치

2. 계측기 매설 케이블 보호관 설치

성토체내에 매설되는 반도체 센서와 외부에 설치되는 기준 수조부를 연결하는 케이블선은 외부로 노출되어 이동차량과 골재, 암버럭 등에 의해 시공 시 손상을 받을 수 있으므로 Signal Cable 및 Tube를 쿠션단열재 및 주름관을 외부 마감재로 사용하여 손상을 방지하였다.



a. 개선 전

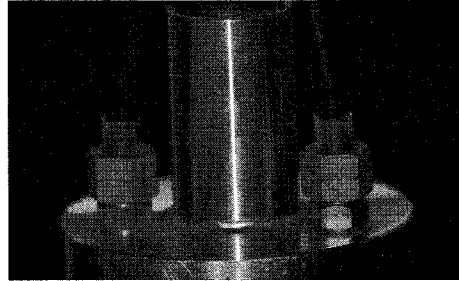


b. 개선 후 케이블 보호관 설치

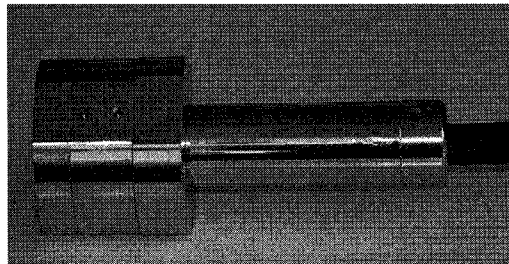
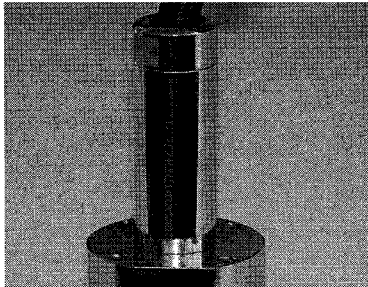
<그림 3.58> 케이블 보호관 설치

3. 센서하우징의 일체형 가공

기존의 센서하우징은 이중수관 튜브와 센서 케이블이 하우징상부에 노출되어 볼트로 연결되어 있어 설치 시 케이블 및 튜브의 이음부가 성토압력에 취약할 수 있으므로 모든 연결부가 하우징 안쪽에서 체결되도록 센서하우징 부분(하우징과 케이블 체결부)을 일체형으로 가공하여 내구성을 증대시켰으며, 단순형태로 가공되어 품질개선을 개선하였다.



a. 개선 전

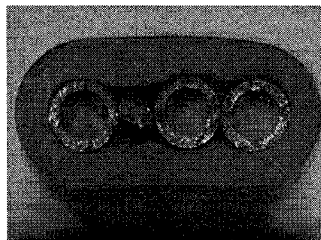
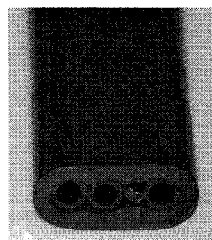


b. 개선 후 센서하우징 일체형 가공

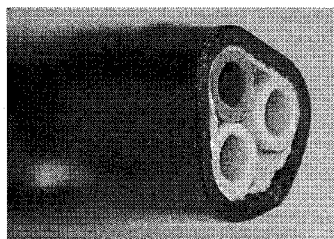
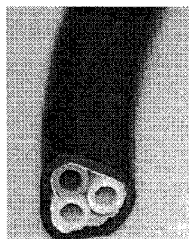
<그림 3.59> 센서하우징 일체형 가공

4. 일체형 케이블의 원형가공

기존 2중 수관튜브와 대기압조정튜브, 센서케이블을 가공의 편리성과 제작의 기술적 난이도를 고려 불가피하게 타원형 일자형으로 생산 체결하였으나 설치 시 꼬임과 내구성문제가 예상되어 원형의 일체형으로 개선하였으며, 그 결과 케이블의 꼬임방지 및 케이블의 내구성을 증대시키는 효과를 얻었다.



a. 개선 전



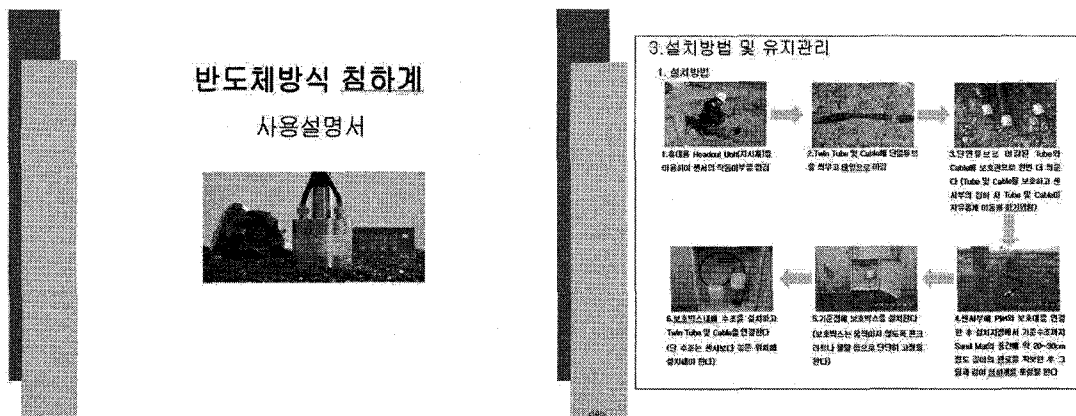
b. 개선 후 원형 가공

<그림 3.60> 일체형케이블 원형 가공

5. 관리 매뉴얼 작성

연구수행 중 발생한 문제점 및 착안사항을 바탕으로 반도체방식 침하게 관리 매뉴얼을 작성하여 현장에서 쉽게 설치할 수 있도록 하였으며, 효율적인 유지관리를 가능하게 하였고 점검사항 Check List를 작성하여 계측관리 도중 문제가 발생할 경우 효율적으로 대처할 수 있도록 하였다. 반도체방식 침하게 관리 매뉴얼은 다음과 같은 내용을 포함하여 작성하였다.

- ① 취급 시 주의사항
- ② 구성 및 각부 명칭
- ③ 설치방법 및 유지관리
- ④ 점검사항 및 문제해결 방법
- ⑤ 제품사양



<그림 3.61> 반도체방식 침하게 관리 매뉴얼

제 4장 연구개발목표 달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연구목표의 달성도

반도체방식 침하계는 현재 대부분의 연약지반에서 침하관리 목적으로 많이 사용되고 있는 철제 지표 침하판 및 액상화 침하계를 대체할 수 있는 침하계로서, 총 3차년에 걸쳐 수행된 본 연구의 최종 목표는 이러한 반도체방식 침하계의 실용화에 있다. 이를 위하여 기존 침하계의 문제점인 시공 및 유지관리의 단점 등을 비교, 분석하고 데이터의 정밀도를 대폭 개선하여 토목현장에서 시공에 전혀 간섭 받지 않고 정밀한 데이터를 취득할 수 있는지를 검증하고 본 침하계와 다른 침하계를 설치비용 및 각 측정비용을 비교하여 본 기술의 경제적인 효과와 반도체방식 침하계의 개선사항 등을 찾아내어 검증, 보완하였다.

주요 연구 내용으로는 1) 철제침하판과 동일한 위치에 반도체방식 침하계를 매설하여 각각의 침하량을 측정, 분석, 2) 반도체방식 침하계의 시공 중 문제점을 파악하고 이를 검토 보완, 3) 침하계 자체의 내구성 검증, 4) 반도체방식 침하계의 경제성, 실용성 분석, 5) 실용화 연구를 통한 개선사항 연구 등이다.

이번 연구의 세부 과제별 달성도는 대부분 계획대비 100%를 달성하였지만 철제침하판과의 침하량 비교에 있어서 시험시공 현장여건상 많은 제약이 따라 기대하는 연구 성과를 충분히 만족하지 못하였다. 즉, 시험시공 현장이 현재 시공이 진행되고 있는 현장으로 반도체방식 침하계의 센서 설치위치와 기준수조의 설치위치 선정에 있어서 많은 제약이 따랐으며, 이로 인하여 철제침하판과의 편차 발생원인 분석에 많은 어려움이 있었다. 따라서 향후 이러한 점을 보완하기 위하여 반도체방식 침하계의 기준점에 대한 연구가 보완되어야 하며, 그 방안으로는 반도체방식 침하계의 기준수조를 말뚝 등 지지점에 설치하여 변위를 최소화하고 반도체 센서와 철제침하판의 이격거리를 변화시켜 침하량을 측정함으로써 반도체방식 침하계의 편차발생 요인을 제거하여 철제침하판과의 침하량을 비교 검토하여야 할 것으로 판단된다. 또한 향후 다양한 지반조건에서 실제 반도체방식 침하계 적용현장을 대상으로 침하량 계측데이터를 분석하여 성토고 및 연약지반 심도에 따른 철제침하판과의 편차원인을 분석하고 이에 따른 검증을 실시하여 반도체방식 침하계의 보완이 필요할 것으로 판단된다.

<표 4.1> 연구내용별 계획대비 달성도

연구목표	연구수행내용	계획대비 달성도(%)
•철제침하판과 반도체방식 침하계의 침하량 비교	•국내 연약지반현장 중 연구대상지역으로 적합한 3개소를 선정 •철제침하판과 동일한 위치에 30여개의 반도체방식 침하계 설치 및 계측자료 측정, 취합 •계측자료에 대한 통계처리 및 분석	95%
•반도체방식 침하계의 문제 점을 파악하고 이를 검토, 보완	•케이블 절단시 이음에 대한 검토 •케이블 길이(100, 200, 300, 400, 500m)를 다르게 하여 침하량 측정 •영향범위를 다르게 하여 기준 Point 침하량 비교 분석	95%
•침하계 자재 내구성 검증	•반도체방식 침하계 센서본체 최대 압축시험 •기준수조 튜브 내열성, 내한성 시험 •일체형 튜브 인장시험 및 내열성, 내한성 시험 •액체 튜브 인장, 신장률 시험 및 내열성, 내한성 시험 •반도체 침하계 방수·수밀 시험	100%
•반도체방식 침하계 경제성, 실용성 분석	•반도체방식 침하계 원가조사 실시 •철제침하판과의 공사비 비교를 통한 경제성 및 실용성 분석	100%
•실용화 연구를 통한 개선사 향 검토	•반도체 침하 센서 저판크기 조정 및 보호캡 설치 •계측기 매설 케이블 보호관 설치 •센서하우징의 일체형 가공으로 내구성 강화 •일체형 케이블의 원형가공으로 내구성 및 취급 편의성 증대	100%

그러나 전체적으로 철제침하판과의 침하량 비교에 있어서 그 편차가 크게 발생하지 않아 연약지반 침하측정 현장에서 철제침하판의 대체 기술로써 가능성을 확인하였으며, 케이블 길이별 침하영향 검토와 케이블 절단 후 이음에 대한 검토 결과 침하량 차이가 거의 없는 것으로 나타나 현장에서 발생할 수 있는 이러한 상황 속에서도 신뢰성 있는 계측 데이터를 획득할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 내구성 및 수밀, 방수시험을 실시하여 반도체방식 침하계의 안정성을 검증하였고 경제성 및 실용성 분석을 통하여 현장 상황에 따른 적용성을 분석하였으며, 연구과정에서 제기된 문제점 등을 개선하여 현장에서 보다 안정적인 시공 및 측정이 이루어질 수 있도록 하였다.

제 2 절 관련분야 기여도

현재 국내 연약지반 개량현장의 경우 지반침하측정의 수단으로 대부분 철제침하판을 적용하여 시공되어 지고 있다. 그러나 준설 매립 현장이나 항만, 부두공사와 같이 접근성이 낮고 공사 난이도가 높은 현장의 경우에는 기존 기술인 철제침하판의 적용이 어려워 일부 외산 침하계가 시공되는 사례가 있으나 이 또한 미비한 수량으로 특별한 사례나 적용실적이 소개된 바 없다. 따라서 본 연구를 통한 반도체방식 침하계의 실용화는 수십 년간 별다른 대안 없이 지속되어온 지반 침하 측정 및 감시분야의 기술적 전환과 변혁의 기회가 될 것으로 판단된다.

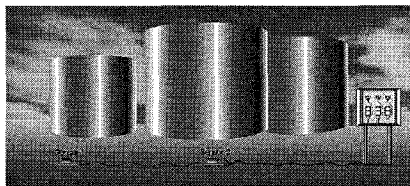
본 연구의 대상인 반도체방식 침하계의 현장 적용 시 현재 성토지반 상부에서 이루어지고 있는 모든 계측업무를 성토체 측면으로 유도함으로써 본 공정에 전혀 지장을 주지 않음은 물론 모든 계측기의 설치공정이 원지반에서 1회 시공으로 종료되어 단계별 성토에 따른 연속작업이 필요 없다. 또한 모든 측점이 주공정과 분리되어 계측기기의 망실 및 훼손을 방지함으로써 보다 안정적인 데이터를 취득할 수 있어 시공에 활용도가 높은 계측 업무를 수행할 수 있다. 또한 반도체방식 침하계의 경우 쉽게 자동화 시스템과 연계가 가능하여 다양한 자동화 시스템 적용으로 감시대상의 상시간 감시 체계 구축을 가능케 하며, 관리자 편의방식의 일괄 Data Process 진행이 용이하고 양질의 Data생산이 가능하여 추이분석을 통한 구간별, 지점별 Map Graphic구현 등의 관리효율성을 극대화 할 수 있어 실제 시공성 향상을 위한 다양한 정보를 제공할 수 있다.

제 5장 연구개발결과와 활용계획

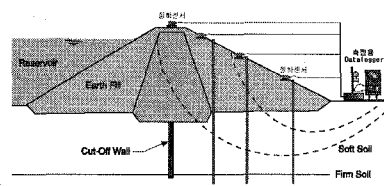
제 1절 기술적 측면

반도체방식 침하계는 현재 대부분의 연약지반 현장에서 통용되고 있는 철제침하판이나 액상화침하계를 대체하기 위하여 개발된 기술이다. 3년간의 연구 기간 중 3개의 시험시공현장을 선정하여 반도체방식 침하계의 정확성 및 현장 적용성을 검토하였으며, 그 결과 기존 철제침하판을 이용한 침하측정 방식을 대체하고 반도체방식 침하계의 실용화를 위한 기술적 데이터를 축적하였다. 이를 바탕으로 향후 보다 많은 계측현장에 반도체방식 침하계를 적용하여 발생하는 문제점을 보완하고 성능 및 정밀도의 지속적인 향상이 필요할 것으로 판단된다. 본 침하계는 2004년 특허를 출원하여 등록되었고 본 연구를 바탕으로 2007년 건설신기술로 지정되어 기술의 우수성을 인정받았으며, 2004년 6월 대한토목학회에 본 연구에 관한 논문 “반도체침하계를 이용한 연약지반 침하계측”을 발표하였으며, 추후 전문학회지 논문발표 등을 통하여 연구성과 및 기술의 우수성의 입증할 예정이다.

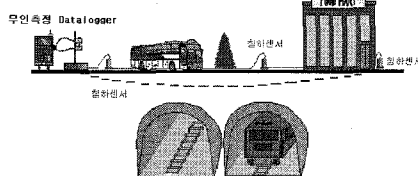
본 기술의 현장 적용 시 현재 성토지반 상부에서 이루어지고 있는 모든 계측업무를 성토체 측면으로 유도함으로써 본 공정에 전혀 지장을 주지 않음은 물론 모든 계측기의 설치공정이 원지반에서 1회 시공으로 종료되어 단계별 성토에 따른 연속작업이 필요 없으며, 모든 측점이 주공정과 분리되어 계측기기의 망실 및 훼손 방지함으로써 보다 안정된 데이터를 취득할 수 있다. 또한 본 반도체방식 침하계 기술개발은 향후 터너천단침하량, 구조물 침하량 및 기울기, 사면 변위량 등의 계측기기로 발전시킬 수 있을 것으로 전망된다.



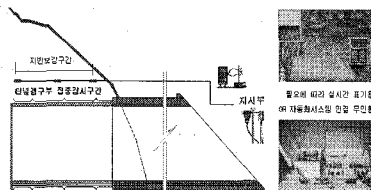
a. 구조물의 정밀 침하 측정



b. 댐 구조물의 침하 측정



c. 도심지 터널 침하 측정



d. 터널갱구사면 거동 측정

<그림 5.1> 반도체 방식 침하계 활용도

제 2 절 경제·산업적 측면

본 연구개발 결과를 바탕으로 실제 현장 적용을 통하여 반도체방식 침하계의 성능 및 정밀도를 지속적으로 향상시킬 경우 현장 적용성과 경제성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

본 침하 측정기술은 국내외에서 처음 시도되는 반도체 방식의 압력센서를 응용한 실용기술로 현재 국내에서 이루어지고 있는 연약지반 침하관리 기법에 대한 혁신적인 개선책이 될 것이며, 인건비 절감효과는 물론 유지관리 계측에 소요되는 중복적인 경비지출을 사전에 해소하는 경제적 효과를 기대할 수 있다.



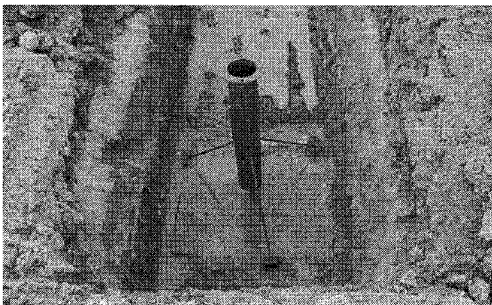
a. 반도체방식 침하계



b. 철제침하판

<그림 5.2> 반도체방식 침하계와 철제침하판의 측정방법

또한, 현재 국내에 수입 시공되고 있는 외산 전기식, 진동현방식의 자동화 침하계와는 차별화된 장점을 갖고 있으며, 가격적인 경쟁력에서도 우위를 지니고 있어 자연스런 국내 시장 방어는 물론 역수출의 계기를 만들 수 있음으로서 건설용역부문에 대한 국가경쟁력 제고에도 이바지할 수 있을 것으로 기대된다. 더불어 연약지반에서 보편적으로 적용되고 있는 철제 지표 침하판을 반도체방식의 침하계로 전환할 경우 지금까지 현장의 지중에 매설, 폐기되던 많은 양의 철광자원 낭비도 해소할 수 있음으로 부수적인 자원절감효과도 예상할 수 있다.



a. 철제침하판 매설방식



b. 철제침하판과 반도체방식 매설비교

<그림 5.3> 매설 방법 비교

근래 대심도 연약지반 현장 및 유지관리 계측현장의 증가에 따라 반도체방식 침하계의 수요가 증가할 것으로 예상되며, 건설현장에서 본 기술이 본격적으로 도입되어 생산의 표준화, 대량생산체제를 구축할 경우 현재 수가공에 의존한 생산단가에서 약 35%의 절감효과를 기대할 수 있어 보다 경제적이고 효율적인 연약지반 계측을 가능케 할 수 있을 것으로 예상된다. 이를 위하여 해안 매립공사 등 접근이 어렵고 난이도가 높은 현장과 유지관리계측현장 등 국내에서의 시장범위를 확대하고 이를 바탕으로 국내건설업체의 해외 Project수주에 참여하여 해외 시장 확보를 위한 교두보를 마련해야 할 것이다.

제 3절 타 산업에 미치는 효과

본 반도체방식 침하계의 센서는 반도체식 압력센서의 응용으로써 반도체 기술의 발전과 더불어 반도체의 보급과 사용이 많이 될 것이다. 이 반도체 센서를 계측기에 적용한다면 국내 계측기 제조분야에서도 기술개발에 대한 활발한 투자가 진행될 것이다. 또한 연약지반이 깊은 지역인 동남아시아 등에 시공성 간편 및 경제성측면이 유리하여 수출의 가능성이 많을 것으로 예상된다.

제 6장 참고문헌

1. 한국지반공학회(1997), “연약지반,” 지반공학 시리즈 6, 구미서관.
2. 한국지반공학회(2001), “연약지반 기술의 최근 연구동향,” 한국지반공학회지 Vol. 18, No. 2.
3. 한국지반공학회(2001), “연약지반을 지나는 고속도로의 건설과 유지관리,” 한국지반공학회지 Vol. 17, No. 2.
4. 한국지반공학회(2001), “정보화 시공,” 구미서관.
5. 稻田倍穂(1995), “軟弱地盤에서의 土質工學,” 새론.

부 록

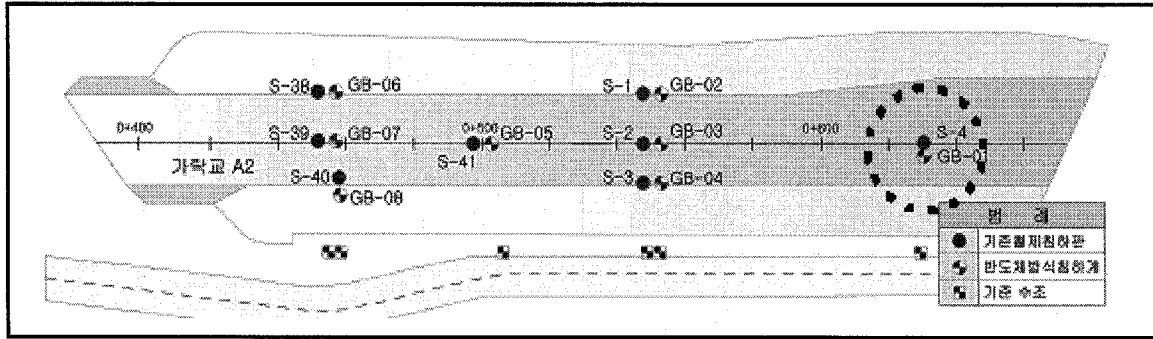
1. 부산 ○○도로 건설현장 침하측정 결과
2. 광양 ○○ 공유 수면 매립공사 현장 침하측정 결과
3. 동해고속도로(주문진~속초) 건설공사(○공구) 현장
RAMP-I 침하측정 결과
4. 동해고속도로(주문진~속초) 건설공사(○공구) 현장
RAMP-G 침하측정 결과
5. 반도체방식 침하계 내구성 시험성적서
6. 반도체방식 침하계 매뉴얼
7. 반도체방식 침하계 원가계산서

부록 1. 부산 ○○도로 건설현장 침하측정 결과

GB-01 침하량 측정

1. 설치개요

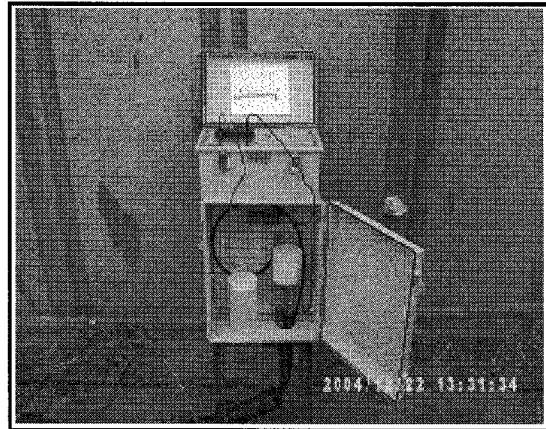
설치평면도



사진대지



< 반도체침하계 설치 >



< 기준수조 설치 >

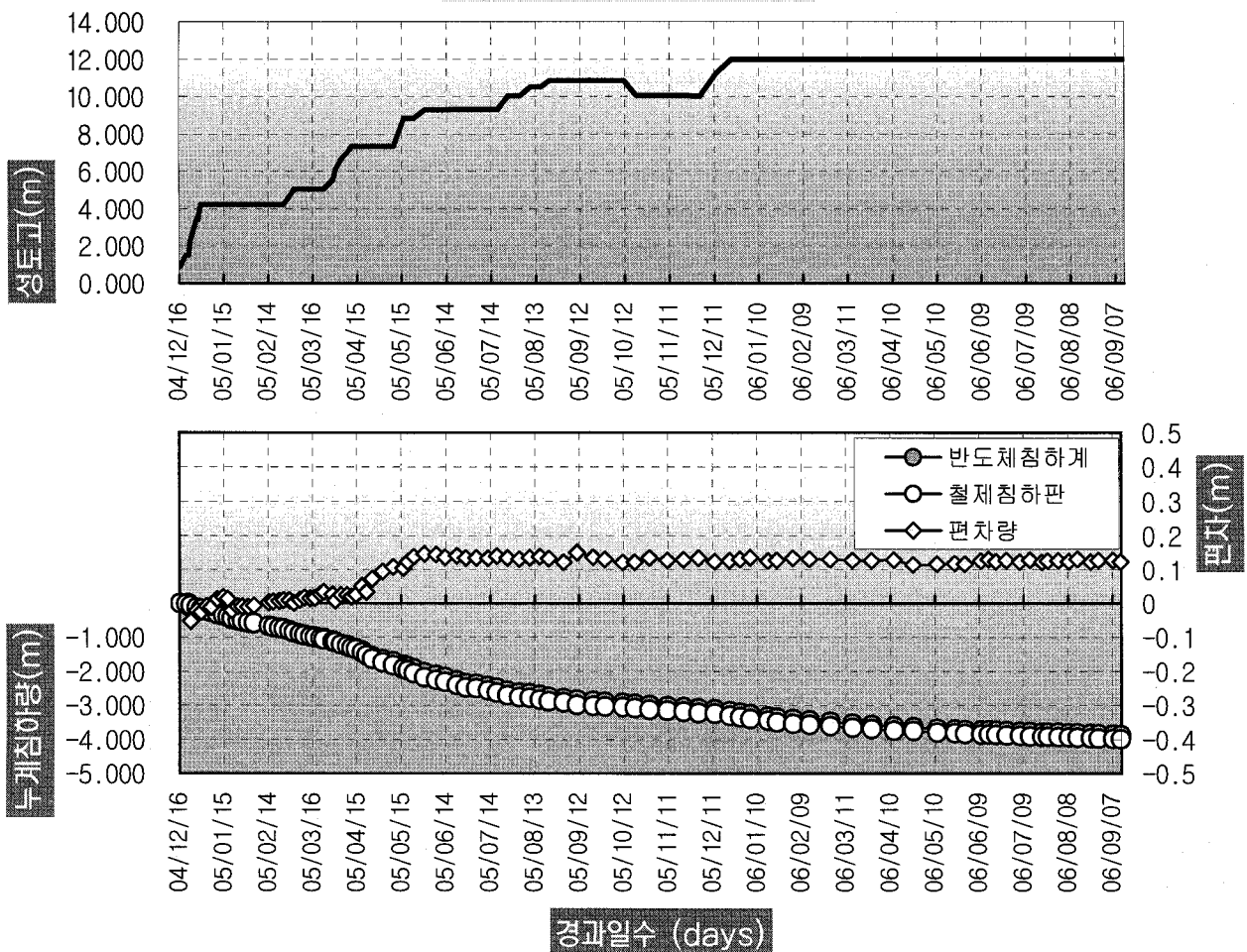
2. 침하량 측정

구분	침하계(GB-01)		침하판(S-4)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2004-12-16			1.771	0.000	2.069	0.878	초기치
2004-12-20			1.750	-0.021	2.069	1.512	
2004-12-21	0.011	0.000				1.512	5일후 설치
2004-12-22	0.091	-0.080				1.512	
2004-12-23	0.133	-0.122	2.703	-0.069	3.070	2.311	
2004-12-27	0.162	-0.151	4.643	-0.129	5.070	3.405	
2004-12-28	0.183	-0.172				3.405	
2004-12-30	0.205	-0.194	4.604	-0.168	5.070	4.216	
2005-01-03	0.241	-0.230	4.550	-0.222	5.070	4.216	
2005-01-06	0.276	-0.265	4.518	-0.254	5.070	4.216	
2005-01-10	0.314	-0.303	5.457	-0.315	6.070	4.216	
2005-01-14	0.359	-0.348	5.406	-0.366	6.070	4.216	
2005-01-17	0.402	-0.391	5.368	-0.404	6.070	4.216	
2005-01-20	0.478	-0.467	5.327	-0.445	6.070	4.216	
2005-01-24	0.514	-0.503	5.278	-0.494	6.070	4.216	
2005-01-27	0.546	-0.535	5.246	-0.526	6.070	4.216	
2005-01-31	0.581	-0.570	5.212	-0.560	6.070	4.216	
2005-02-04	0.605	-0.594	5.185	-0.587	6.070	4.216	
2005-02-14	0.676	-0.665	5.104	-0.668	6.070	4.216	
2005-02-17	0.702	-0.691	5.076	-0.696	6.070	4.216	
2005-02-21	0.733	-0.722	5.043	-0.729	6.070	4.216	
2005-02-24	0.757	-0.746	5.017	-0.755	6.070	4.216	
2005-02-28	0.811	-0.800	4.964	-0.808	6.070	4.675	

구 분	침하계(GB-01)		침하판(S-4)			성토고(m)	비 고
	Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)	
2005-03-03	0.864	-0.853	4.918	-0.854	6.070	5.051	
2005-03-07	0.906	-0.895	4.867	-0.905	6.070	5.051	
2005-03-10	0.932	-0.921	4.834	-0.938	6.070	5.051	
2005-03-14	0.971	-0.960	4.797	-0.975	6.070	5.051	
2005-03-17	0.998	-0.987	4.769	-1.003	6.070	5.051	
2005-03-21	1.022	-1.011	4.734	-1.038	6.070	5.051	
2005-03-23	1.036	-1.025	4.713	-1.059	6.070	5.051	
2005-03-29	1.109	-1.098	4.648	-1.124	6.070	5.546	
2005-03-31	1.140	-1.129	5.635	-1.137	7.070	6.104	
2005-04-04	1.201	-1.190	5.558	-1.214	7.070	6.673	
2005-04-08	1.246	-1.235	5.513	-1.259	7.070	7.002	
2005-04-11	1.309	-1.298	6.454	-1.318	8.070	7.345	
2005-04-14	1.338	-1.327	6.420	-1.352	8.070	7.345	
2005-04-18	1.403	-1.392	6.329	-1.443	8.070	7.345	
2005-04-21	1.507	-1.496	6.242	-1.530	8.070	7.345	
2005-04-25	1.573	-1.562	7.138	-1.634	9.070	7.345	
2005-05-02	1.654	-1.643	7.035	-1.737	9.070	7.345	
2005-05-09	1.724	-1.713	6.951	-1.821	9.070	7.345	
2005-05-16	1.829	-1.818	7.850	-1.922	10.070	8.838	
2005-05-19	1.866	-1.855	7.794	-1.978	10.070	8.838	
2005-05-23	1.929	-1.918	7.715	-2.057	10.070	8.838	
2005-05-30	2.041	-2.030	8.594	-2.178	11.070	9.299	
2005-06-07	2.120	-2.109	8.517	-2.255	11.070	9.299	
2005-06-13	2.184	-2.173	8.462	-2.310	11.070	9.299	
2005-06-21	2.272	-2.261	8.369	-2.403	11.070	9.311	
2005-06-27	2.357	-2.346	8.291	-2.481	11.070	9.311	
2005-07-04	2.378	-2.367	8.270	-2.502	11.070	9.311	
2005-07-12	2.445	-2.434	8.204	-2.568	11.070	9.311	
2005-07-18	2.503	-2.492	8.139	-2.633	11.070	9.311	
2005-07-25	2.586	-2.575	9.062	-2.710	12.070	10.033	
2005-08-02	2.639	-2.628	9.012	-2.760	12.070	10.033	
2005-08-09	2.661	-2.650	8.986	-2.786	12.070	10.512	
2005-08-16	2.708	-2.697	8.936	-2.836	12.070	10.512	
2005-08-22	2.762	-2.751	8.888	-2.884	12.070	10.852	
2005-09-01	2.803	-2.792	8.858	-2.914	12.070	10.852	
2005-09-10	2.852	-2.841	8.780	-2.992	12.070	10.852	
2005-09-21	2.890	-2.879	8.756	-3.016	12.070	10.852	
2005-09-29	2.913	-2.902	8.739	-3.033	12.070	10.852	
2005-10-11	2.946	-2.935	8.716	-3.056	12.070	10.852	
2005-10-19	2.974	-2.963	7.687	-3.085	11.070	10.049	
2005-10-29	3.008	-2.997	7.640	-3.132	11.070	10.049	
2005-11-10	3.042	-3.031	7.613	-3.159	11.070	10.049	
2005-11-21	3.063	-3.052	7.590	-3.182	11.070	10.049	
2005-12-01	3.099	-3.088	7.550	-3.222	11.070	10.010	
2005-12-12	3.127	-3.116	8.532	-3.240	12.070	11.256	
2005-12-22	3.191	-3.180	8.440	-3.307	12.045	11.981	
2005-12-29	3.230	-3.219	8.397	-3.350	12.045	11.981	
2006-01-05	3.273	-3.262	8.349	-3.398	12.045	11.981	
2006-01-17	3.337	-3.326	8.295	-3.452	12.045	11.981	
2006-01-23	3.379	-3.368	8.251	-3.496	12.045	11.981	
2006-02-03	3.416	-3.405	8.208	-3.539	12.045	11.981	
2006-02-14	3.451	-3.440	8.175	-3.572	12.045	11.981	
2006-02-28	3.490	-3.479	8.137	-3.610	12.045	11.981	
2006-03-15	3.542	-3.531	8.088	-3.659	12.045	11.981	
2006-03-28	3.578	-3.567	8.053	-3.694	12.045	11.981	
2006-04-12	3.618	-3.607	8.011	-3.736	12.045	11.981	

구 분	침하계(GB-01)		침하판(S-4)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2006-04-25	3.647	-3.636	7.996	-3.751	12.045	11.981	
2006-05-11	3.693	-3.682	7.948	-3.799	12.045	11.981	
2006-05-23	3.713	-3.702	7.927	-3.820	12.045	11.981	
2006-05-30	3.730	-3.719	7.911	-3.836	12.045	11.981	
2006-06-10	3.739	-3.728	7.893	-3.854	12.045	11.981	
2006-06-15	3.734	-3.723	7.893	-3.854	12.045	11.981	
2006-06-20	3.751	-3.740	7.883	-3.864	12.045	11.981	
2006-06-27	3.761	-3.750	7.869	-3.878	12.045	11.981	
2006-07-06	3.782	-3.771	7.853	-3.894	12.045	11.981	
2006-07-13	3.788	-3.777	7.841	-3.906	12.045	11.981	
2006-07-21	3.809	-3.798	7.827	-3.920	12.045	11.981	
2006-07-25	3.805	-3.794	7.827	-3.920	12.045	11.981	
2006-08-01	3.808	-3.797	7.823	-3.924	12.045	11.981	
2006-08-08	3.823	-3.812	7.811	-3.936	12.045	11.981	
2006-08-14	3.824	-3.813	7.802	-3.945	12.045	11.981	
2006-08-23	3.850	-3.839	7.785	-3.962	12.045	11.981	
2006-08-28	3.855	-3.844	7.775	-3.972	12.045	11.981	
2006-09-07	3.865	-3.854	7.765	-3.982	12.045	11.981	
2006-09-12	3.879	-3.868	7.756	-3.991	12.045	11.981	
							파손

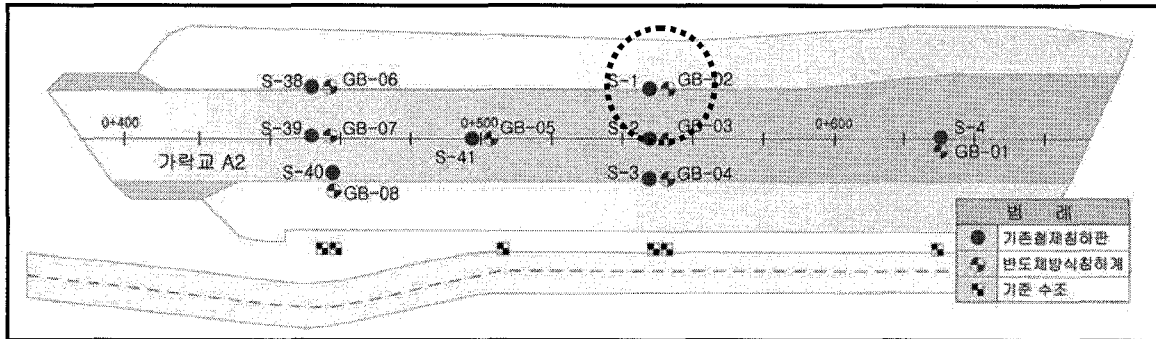
GB-1 침하량측정 GRAPH



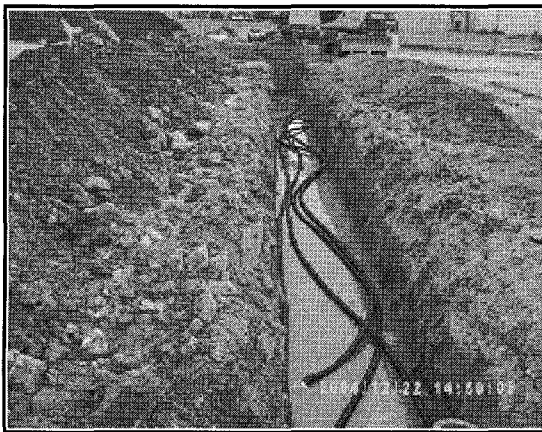
GB-02 침하량 측정

1. 설치개요

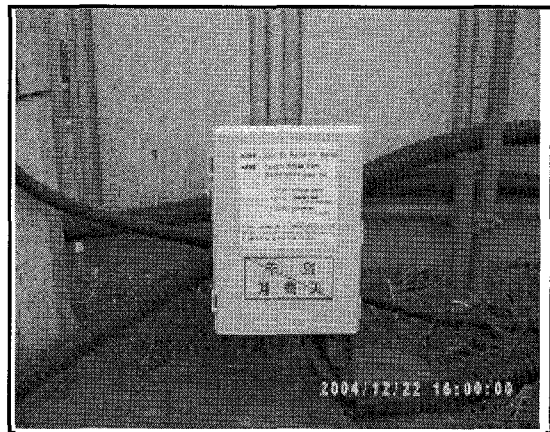
☐ 설치평면도



☐ 사진대지



< 반도체침하계 설치 >



< 기준수조 설치 >

2. 침하량 측정

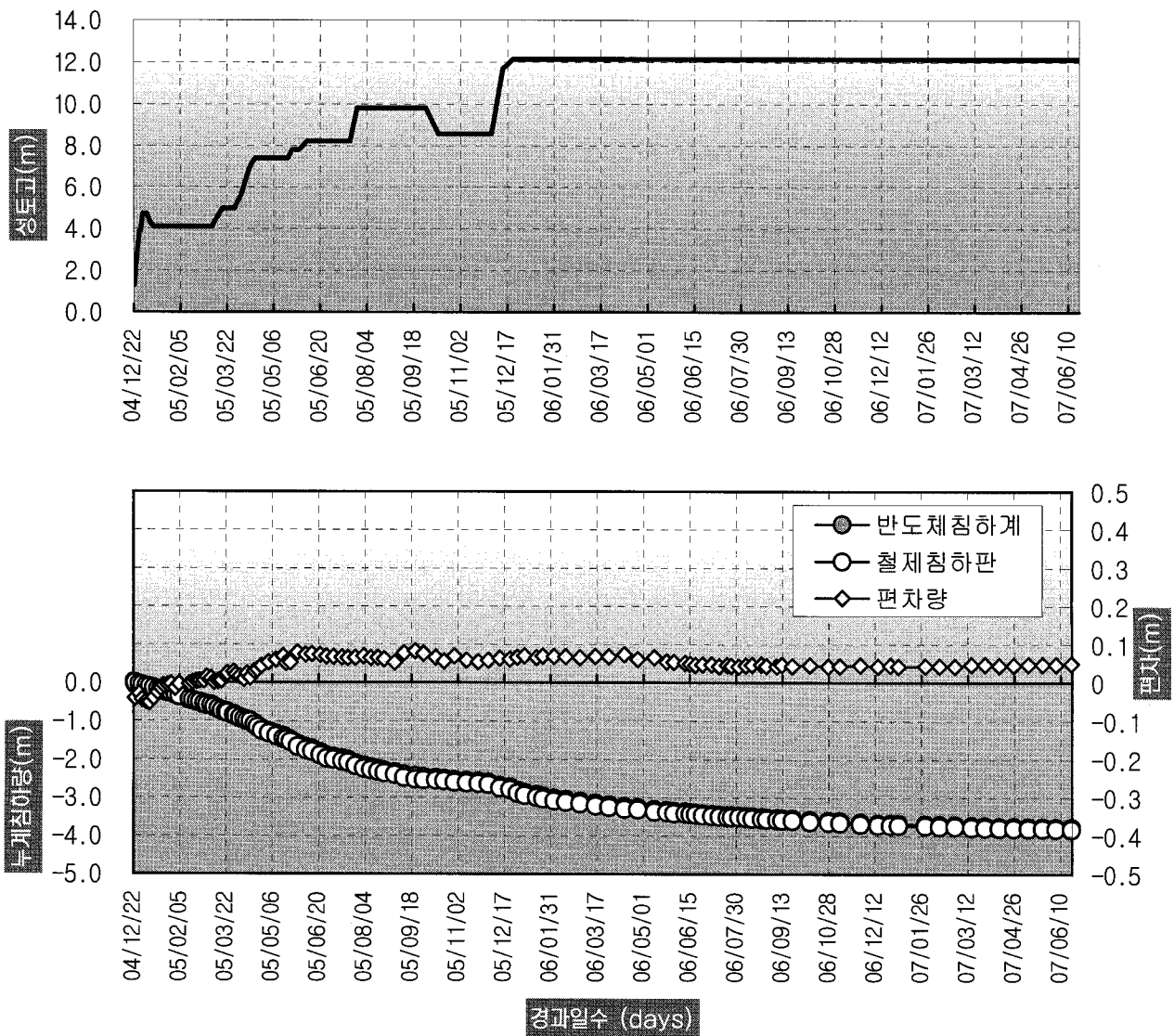
구 분	침하계(GB-02)		침하판(S-1)			성도고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2004-12-22	0.843	0.000	1.672	0.000	1.040	1.297	초기치
2004-12-23	0.899	-0.056	1.657	-0.015	1.040	2.036	
2004-12-27	0.918	-0.075	2.629	-0.045	2.042	3.895	
2004-12-28	0.922	-0.079				3.895	
2004-12-30	0.956	-0.113	2.605	-0.069	2.042	4.712	
2005-01-03	0.994	-0.151	3.573	-0.101	3.042	4.712	
2005-01-06	1.017	-0.174	3.552	-0.122	3.042	4.306	
2005-01-10	1.033	-0.190	4.524	-0.150	4.042	4.092	
2005-01-14	1.048	-0.205	4.495	-0.179	4.042	4.092	
2005-01-17	1.059	-0.216	4.473	-0.201	4.042	4.092	
2005-01-20	1.075	-0.232	4.450	-0.224	4.042	4.092	
2005-01-24	1.102	-0.259	4.421	-0.253	4.042	4.092	
2005-01-27	1.121	-0.278	4.400	-0.274	4.042	4.092	
2005-01-31	1.164	-0.321	4.368	-0.306	4.042	4.092	
2005-02-04	1.205	-0.362	4.316	-0.358	4.042	4.092	
2005-02-14	1.292	-0.449	4.229	-0.445	4.042	4.092	
2005-02-17	1.309	-0.466	4.207	-0.467	4.042	4.092	
2005-02-21	1.338	-0.495	4.176	-0.498	4.042	4.092	

구 분	침하계(GB-02)		침하판(S-1)			성토고(m)	비 고
	Date	측정치(m) 침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2005-02-24	1.356	-0.513	4.156	-0.518	4.042	4.092	
2005-02-28	1.399	-0.556	4.113	-0.561	4.042	4.092	
2005-03-03	1.413	-0.570	4.090	-0.584	4.042	4.092	
2005-03-07	1.431	-0.588	4.076	-0.598	4.042	4.092	
2005-03-10	1.486	-0.643	4.030	-0.644	4.042	4.406	
2005-03-14	1.528	-0.685	3.986	-0.688	4.042	4.717	
2005-03-17	1.571	-0.728	4.941	-0.733	5.042	4.981	
2005-03-21	1.592	-0.749	4.907	-0.767	5.042	4.981	
2005-03-23	1.608	-0.765	4.885	-0.789	5.042	4.981	
2005-03-29	1.672	-0.829	4.817	-0.857	5.042	4.981	
2005-03-31	1.704	-0.861	4.793	-0.881	5.042	5.216	
2005-04-04	1.749	-0.906	5.752	-0.922	6.042	5.617	
2005-04-08	1.789	-0.946	5.719	-0.955	6.042	6.254	
2005-04-11	1.817	-0.974	5.677	-0.997	6.042	6.784	
2005-04-14	1.841	-0.998	5.663	-1.011	6.042	7.124	
2005-04-18	1.912	-1.069	6.576	-1.098	7.042	7.400	
2005-04-21	1.974	-1.131	6.510	-1.164	7.042	7.400	
2005-04-25	2.047	-1.204	6.427	-1.247	7.042	7.400	
2005-05-02	2.113	-1.270	6.351	-1.323	7.042	7.400	
2005-05-09	2.178	-1.335	6.280	-1.394	7.042	7.400	
2005-05-16	2.239	-1.396	6.209	-1.465	7.042	7.400	
2005-05-19	2.283	-1.440	6.183	-1.491	7.042	7.400	
2005-05-23	2.332	-1.489	6.133	-1.541	7.042	7.812	
2005-05-30	2.438	-1.595	6.001	-1.673	7.042	7.812	
2005-06-07	2.530	-1.687	5.914	-1.760	7.042	8.219	
2005-06-13	2.565	-1.722	5.878	-1.796	7.042	8.219	
2005-06-21	2.661	-1.818	5.784	-1.890	7.042	8.219	
2005-06-27	2.752	-1.909	5.697	-1.977	7.042	8.219	
2005-07-04	2.780	-1.937	5.670	-2.004	7.042	8.219	
2005-07-12	2.824	-1.981	5.627	-2.047	7.042	8.219	
2005-07-18	2.863	-2.020	5.590	-2.084	7.042	8.219	
2005-07-25	2.947	-2.104	6.505	-2.169	8.042	9.801	
2005-08-02	3.012	-2.169	6.436	-2.238	8.042	9.801	
2005-08-09	3.055	-2.212	6.398	-2.276	8.042	9.801	
2005-08-16	3.096	-2.253	6.356	-2.318	8.042	9.801	
2005-08-22	3.137	-2.294	6.319	-2.355	8.042	9.801	
2005-09-01	3.186	-2.343	6.279	-2.395	8.042	9.801	
2005-09-10	3.243	-2.400	6.197	-2.477	8.042	9.801	
2005-09-21	3.281	-2.438	6.154	-2.520	8.042	9.801	
2005-09-29	3.304	-2.461	6.138	-2.536	8.042	9.801	
2005-10-11	3.325	-2.482	6.126	-2.548	8.042	8.572	
2005-10-19	3.348	-2.505	6.114	-2.560	8.042	8.572	
2005-10-29	3.379	-2.536	6.069	-2.605	8.042	8.572	
2005-11-10	3.402	-2.559	6.057	-2.617	8.042	8.572	
2005-11-21	3.420	-2.577	6.043	-2.631	8.042	8.572	
2005-12-01	3.447	-2.604	7.012	-2.662	9.042	8.572	

구 분	침하계(GB-02)		침하판(S-1)			성토고(m)	비 고
	Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)	
2005-12-12	3.536	-2.693	9.918	-2.756	12.042	11.684	
2005-12-22	3.572	-2.729	9.884	-2.790	12.042	12.144	
2005-12-29	3.663	-2.820	9.788	-2.886	12.042	12.144	
2006-01-05	3.714	-2.871	9.733	-2.941	12.042	12.144	
2006-01-17	3.773	-2.930	9.679	-2.995	12.042	12.144	
2006-01-23	3.815	-2.972	9.633	-3.041	12.042	12.144	
2006-02-03	3.867	-3.024	9.582	-3.092	12.042	12.144	
2006-02-14	3.899	-3.056	9.551	-3.123	12.042	12.144	
2006-02-28	3.946	-3.103	9.506	-3.168	12.042	12.144	
2006-03-15	3.995	-3.152	9.454	-3.220	12.042	12.144	
2006-03-28	4.036	-3.193	9.414	-3.260	12.042	12.144	
2006-04-12	4.075	-3.232	9.369	-3.305	12.042	12.144	
2006-04-25	4.109	-3.266	9.348	-3.326	12.042	12.144	
2006-05-11	4.154	-3.311	9.298	-3.376	12.042	12.144	
2006-05-23	4.185	-3.342	9.278	-3.396	12.042	12.144	
2006-05-30	4.204	-3.361	9.260	-3.414	12.042	12.144	
2006-06-10	4.220	-3.377	9.246	-3.428	12.042	12.144	
2006-06-15	4.240	-3.397	9.229	-3.445	12.042	12.144	
2006-06-20	4.251	-3.408	9.221	-3.453	12.042	12.144	
2006-06-27	4.266	-3.423	9.204	-3.470	12.042	12.144	
2006-07-06	4.285	-3.442	9.185	-3.489	12.042	12.144	
2006-07-13	4.304	-3.461	9.171	-3.503	12.042	12.144	
2006-07-21	4.315	-3.472	9.157	-3.517	12.042	12.144	
2006-07-25	4.317	-3.474	9.157	-3.517	12.042	12.144	
2006-08-01	4.323	-3.480	9.153	-3.521	12.042	12.144	
2006-08-08	4.337	-3.494	9.136	-3.538	12.042	12.144	
2006-08-14	4.349	-3.506	9.122	-3.552	12.042	12.144	
2006-08-23	4.364	-3.521	9.106	-3.568	12.042	12.144	
2006-08-28	4.377	-3.534	9.097	-3.577	12.042	12.144	
2006-09-07	4.390	-3.547	9.085	-3.589	12.042	12.144	
2006-09-12	4.397	-3.554	9.074	-3.600	12.042	12.144	
2006-09-22	4.406	-3.563	9.068	-3.606	12.042	12.144	
2006-10-09	4.435	-3.592	9.037	-3.637	12.042	12.144	
2006-10-27	4.459	-3.616	9.016	-3.658	12.042	12.144	
2006-11-07	4.467	-3.624	9.007	-3.667	12.042	12.144	
2006-11-27	4.501	-3.658	8.971	-3.703	12.042	12.144	
2006-12-14	4.527	-3.684	8.948	-3.726	12.042	12.144	
2006-12-26	4.533	-3.690	8.940	-3.734	12.042	12.144	
2007-01-03	4.539	-3.696	8.936	-3.738	12.042	12.144	
2007-01-29	4.552	-3.709	8.922	-3.752	12.042	12.144	
2007-02-12	4.563	-3.720	8.911	-3.763	12.042	12.144	
2007-02-27	4.570	-3.727	8.905	-3.769	12.042	12.144	
2007-03-15	4.583	-3.740	8.887	-3.787	12.042	12.144	
2007-03-28	4.596	-3.753	8.874	-3.800	12.042	12.144	
2007-04-11	4.605	-3.762	8.868	-3.806	12.042	12.144	
2007-04-25	4.611	-3.768	8.861	-3.813	12.042	12.144	

구 분	침하계(GB-02)		침하판(S-1)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2007-05-09	4.615	-3.772	8.855	-3.819	12.042	12.144	
2007-05-23	4.621	-3.778	8.849	-3.825	12.042	12.144	
2007-06-05	4.629	-3.786	8.841	-3.833	12.042	12.144	
2007-06-20	4.632	-3.789	8.836	-3.838	12.042	12.144	

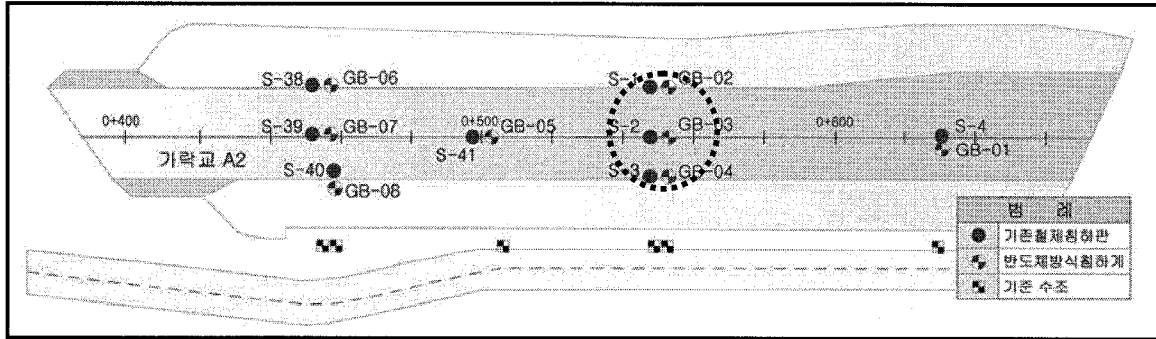
GB-2 침하량측정 GRAPH



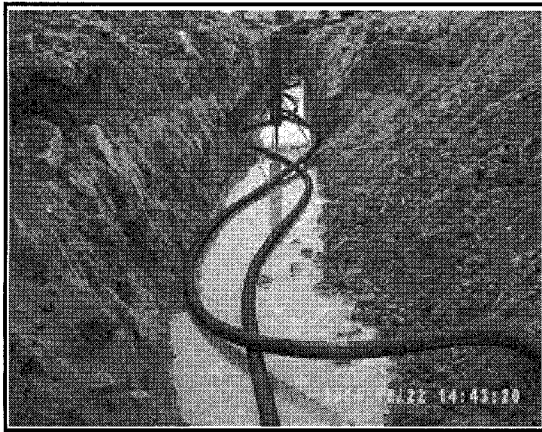
GB-03 침하량 측정

1. 설치개요

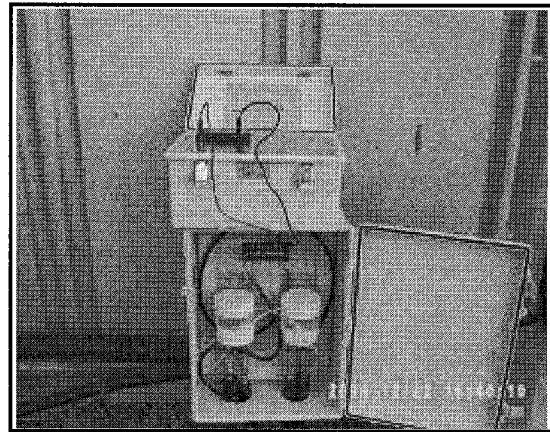
☑ 설치평면도



☑ 사진대지



< 반도체침하계 설치 >



< 기준수조 설치 >

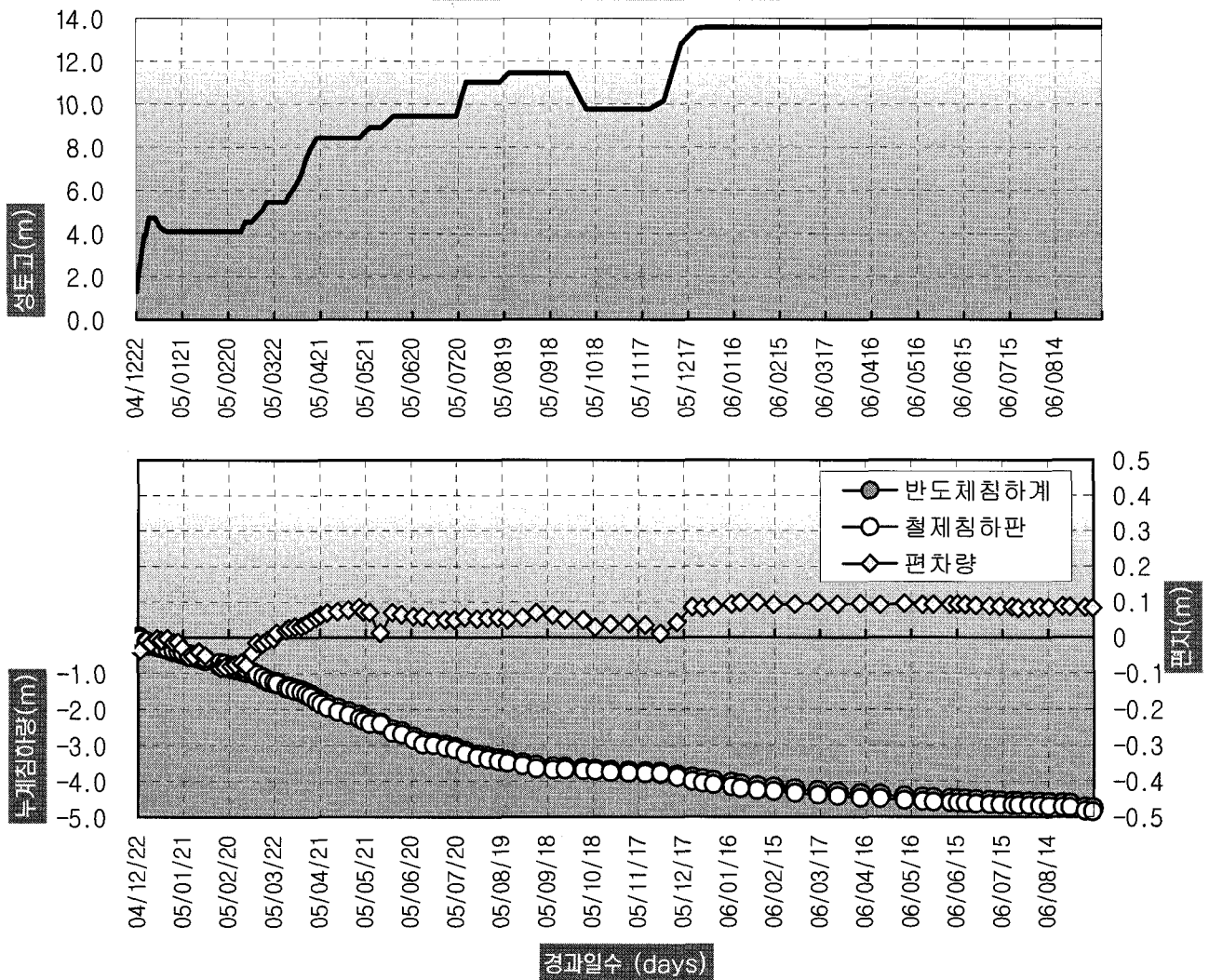
2. 침하량 측정

구분	침하계(GB-03)		침하판(S-2)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2004-12-22	0.988	0.000	1.815	0.000	1.039	1.283	초기치
2004-12-23	1.071	-0.083	2.769	-0.046	2.039	2.036	
2004-12-27	1.123	-0.135	4.689	-0.127	4.040	3.895	
2004-12-28	1.165	-0.177				3.895	
2004-12-30	1.194	-0.206	5.628	-0.189	5.041	4.712	
2005-01-03	1.231	-0.243	5.579	-0.238	5.041	4.712	
2005-01-06	1.268	-0.280	5.546	-0.271	5.041	4.306	
2005-01-10	1.309	-0.321	5.500	-0.317	5.041	4.092	
2005-01-14	1.364	-0.376	5.457	-0.360	5.041	4.092	
2005-01-17	1.390	-0.402	5.429	-0.388	5.041	4.092	
2005-01-20	1.432	-0.444	5.403	-0.414	5.041	4.092	
2005-01-24	1.495	-0.507	5.365	-0.452	5.041	4.092	
2005-01-27	1.522	-0.534	5.336	-0.481	5.041	4.092	
2005-01-31	1.558	-0.570	5.288	-0.529	5.041	4.092	
2005-02-04	1.622	-0.634	5.234	-0.583	5.041	4.092	
2005-02-14	1.777	-0.789	5.114	-0.703	5.041	4.092	
2005-02-17	1.803	-0.815	5.086	-0.731	5.041	4.092	
2005-02-21	1.844	-0.856	5.041	-0.776	5.041	4.092	
2005-02-24	1.871	-0.883	5.010	-0.807	5.041	4.092	
2005-02-28	1.913	-0.925	4.963	-0.854	5.041	4.092	
2005-03-03	1.948	-0.960	4.935	-0.882	5.041	4.544	
2005-03-07	1.982	-0.994	4.868	-0.949	5.041	4.544	

구 분	침하계(GB-03)		침하판(S-2)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2005-03-10	2.035	-1.047	4.785	-1.032	5.041	4.769	
2005-03-14	2.121	-1.133	4.701	-1.116	5.041	5.095	
2005-03-17	2.199	-1.211	6.614	-1.203	7.041	5.458	
2005-03-21	2.241	-1.253	6.567	-1.250	7.041	5.458	
2005-03-23	2.260	-1.272	6.533	-1.284	7.041	5.458	3/29이동
2005-03-29	2.371	-1.383	6.414	-1.403	7.041	5.458	0.392
2005-03-31	2.387	-1.399	6.393	-1.424	7.041	5.758	
2005-04-04	2.440	-1.452	6.336	-1.481	7.041	6.171	
2005-04-08	2.483	-1.495	6.292	-1.525	7.041	6.692	
2005-04-11	2.544	-1.556	7.225	-1.592	8.041	7.424	
2005-04-14	2.596	-1.608	7.164	-1.653	8.041	7.911	
2005-04-18	2.710	-1.722	8.040	-1.777	9.041	8.421	
2005-04-21	2.781	-1.793	7.962	-1.855	9.041	8.421	
2005-04-25	2.879	-1.891	7.858	-1.959	9.041	8.421	
2005-05-02	2.984	-1.996	7.749	-2.068	9.041	8.421	
2005-05-09	3.070	-2.082	7.658	-2.159	9.041	8.421	
2005-05-16	3.167	-2.179	7.554	-2.263	9.041	8.421	
2005-05-19	3.240	-2.252	7.493	-2.324	9.041	8.667	
2005-05-23	3.330	-2.342	7.406	-2.411	9.041	8.921	
2005-05-30	3.387	-2.399	7.406	-2.411	9.041	8.921	
2005-06-07	3.577	-2.589	8.159	-2.658	10.041	9.437	
2005-06-13	3.626	-2.638	8.116	-2.701	10.041	9.437	
2005-06-21	3.780	-2.792	9.967	-2.850	12.041	9.437	
2005-06-27	3.909	-2.921	9.839	-2.978	12.041	9.437	
2005-07-04	3.939	-2.951	9.818	-2.999	12.041	9.437	
2005-07-12	4.000	-3.012	8.756	-3.061	11.041	9.437	
2005-07-18	4.056	-3.068	8.701	-3.116	11.041	9.437	
2005-07-25	4.167	-3.179	9.582	-3.235	12.041	11.022	
2005-08-02	4.268	-3.280	9.486	-3.331	12.041	11.022	
2005-08-09	4.319	-3.331	9.432	-3.385	12.041	11.022	
2005-08-16	4.371	-3.383	9.379	-3.438	12.041	11.022	
2005-08-22	4.432	-3.444	9.324	-3.493	12.041	11.436	
2005-09-01	4.497	-3.509	9.252	-3.565	12.041	11.436	
2005-09-10	4.565	-3.577	9.171	-3.646	12.041	11.436	
2005-09-21	4.608	-3.620	9.135	-3.682	12.041	11.436	
2005-09-29	4.616	-3.628	7.140	-3.677	10.041	11.436	
2005-10-11	4.642	-3.654	7.115	-3.702	10.041	9.761	
2005-10-19	4.667	-3.679	7.110	-3.707	10.041	9.761	
2005-10-29	4.704	-3.716	7.064	-3.753	10.041	9.761	
2005-11-10	4.718	-3.730	7.049	-3.768	10.041	9.761	
2005-11-21	4.735	-3.747	8.036	-3.781	11.041	9.761	
2005-12-01	4.759	-3.771	8.035	-3.782	11.041	10.161	
2005-12-12	4.836	-3.848	8.928	-3.889	12.041	12.797	
2005-12-22	4.903	-3.915	9.817	-4.000	13.041	13.521	
2005-12-29	4.951	-3.963	9.772	-4.045	13.041	13.581	
2006-01-05	4.992	-4.004	9.725	-4.092	13.041	13.581	
2006-01-17	5.048	-4.060	9.664	-4.153	13.041	13.581	
2006-01-23	5.089	-4.101	9.619	-4.198	13.041	13.581	
2006-02-03	5.140	-4.152	9.567	-4.250	13.041	13.581	
2006-02-14	5.172	-4.184	9.541	-4.276	13.041	13.581	
2006-02-28	5.221	-4.233	9.491	-4.326	13.041	13.581	
2006-03-15	5.268	-4.280	9.440	-4.377	13.041	13.581	
2006-03-28	5.310	-4.322	9.402	-4.415	13.041	13.581	
2006-04-12	5.354	-4.366	9.356	-4.461	13.041	13.581	

구분	침하계(GB-03)		침하판(S-2)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2006-04-25	5.376	-4.388	9.338	-4.479	13.041	13.581	
2006-05-11	5.425	-4.437	9.285	-4.532	13.041	13.581	
2006-05-23	5.451	-4.463	9.263	-4.554	13.041	13.581	
2006-05-30	5.471	-4.483	9.242	-4.575	13.041	13.581	
2006-06-10	5.487	-4.499	9.226	-4.591	13.041	13.581	
2006-06-15	5.492	-4.504	9.220	-4.597	13.041	13.581	
2006-06-20	5.502	-4.514	9.212	-4.605	13.041	13.581	
2006-06-27	5.521	-4.533	9.195	-4.622	13.041	13.581	
2006-07-06	5.540	-4.552	9.177	-4.640	13.041	13.581	
2006-07-13	5.555	-4.567	9.164	-4.653	13.041	13.581	
2006-07-21	5.572	-4.584	9.148	-4.669	13.041	13.581	
2006-07-25	5.576	-4.588	9.148	-4.669	13.041	13.581	
2006-08-01	5.579	-4.591	9.144	-4.673	13.041	13.581	
2006-08-08	5.592	-4.604	9.128	-4.689	13.041	13.581	
2006-08-14	5.607	-4.619	9.115	-4.702	13.041	13.581	
2006-08-23	5.620	-4.632	9.098	-4.719	13.041	13.581	
2006-08-28	5.633	-4.645	9.087	-4.730	13.041	13.581	
2006-09-07	5.735	-4.747	8.986	-4.831	13.041	13.581	
2006-09-12	5.750	-4.762	8.973	-4.844	13.041	13.581	
							파손

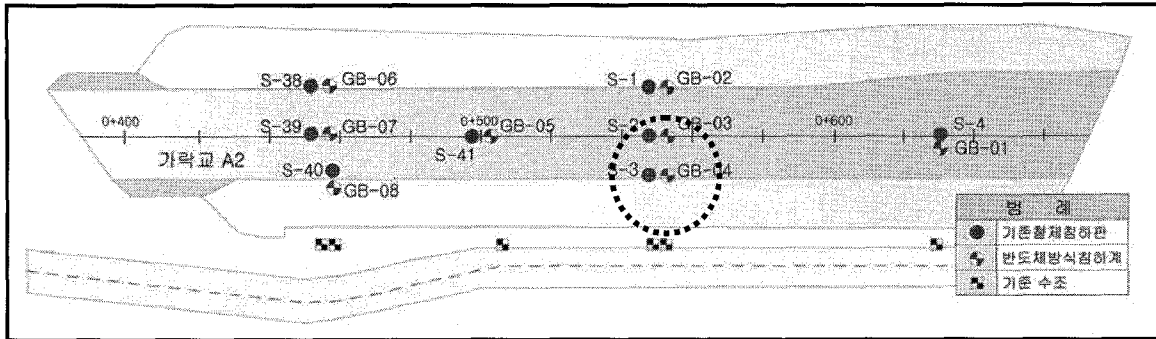
GB-3 침하량측정 GRAPH



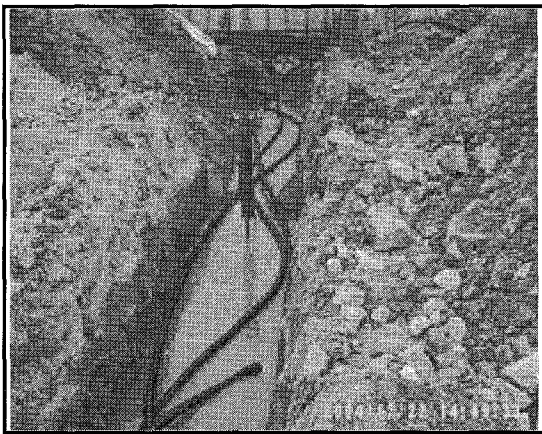
GB-04 침하량 측정

1. 설치개요

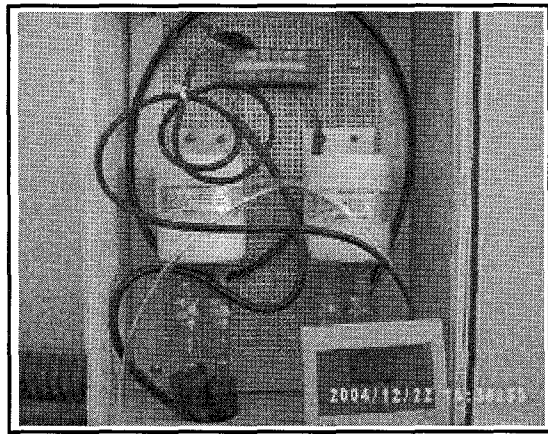
☑ 설치평면도



☑ 사진대지



< 반도체침하계 설치 >



< 기준수조 설치 >

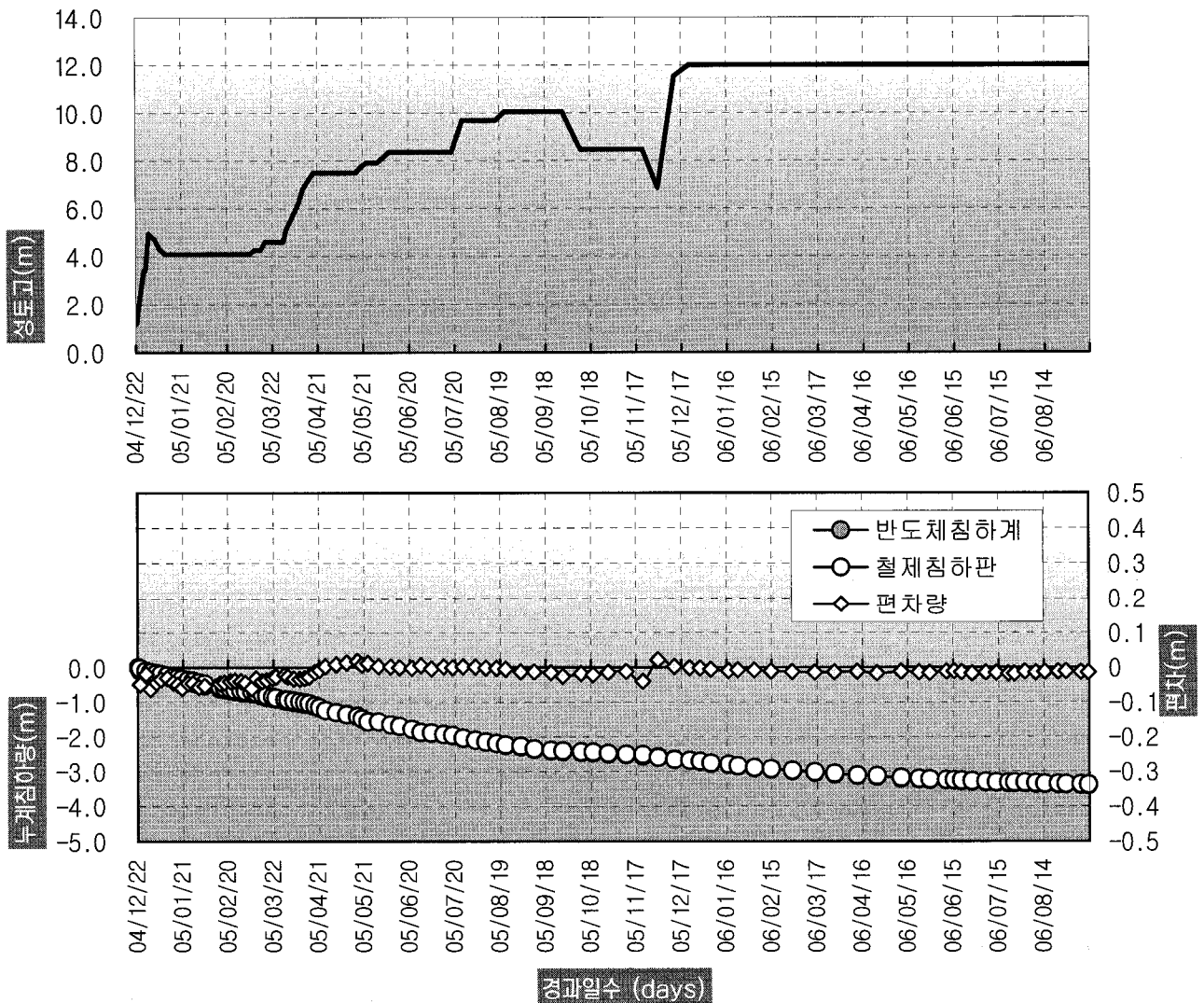
2. 침하량 측정

구분	침하계(GB-04)		침하판(S-3)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2004-12-22	1.075	0.000	1.685	0.000	1.093	1.210	초기치
2004-12-23	1.153	-0.078	2.657	-0.029	2.094	1.725	
2004-12-27	1.196	-0.121	4.584	-0.102	4.094	3.421	
2004-12-28	1.242	-0.167				3.421	
2004-12-30	1.277	-0.202	5.548	-0.139	5.095	4.951	
2005-01-03	1.293	-0.218	5.513	-0.174	5.095	4.712	
2005-01-06	1.310	-0.235	5.487	-0.200	5.095	4.306	
2005-01-10	1.339	-0.264	5.453	-0.234	5.095	4.092	
2005-01-14	1.393	-0.318	5.413	-0.274	5.095	4.092	
2005-01-17	1.426	-0.351	5.386	-0.301	5.095	4.092	
2005-01-20	1.462	-0.387	5.360	-0.327	5.095	4.092	
2005-01-24	1.486	-0.411	5.322	-0.365	5.095	4.092	
2005-01-27	1.513	-0.438	5.295	-0.392	5.095	4.092	
2005-01-31	1.561	-0.486	5.258	-0.429	5.095	4.092	
2005-02-04	1.597	-0.522	5.219	-0.468	5.095	4.092	
2005-02-14	1.682	-0.607	5.127	-0.560	5.095	4.092	
2005-02-17	1.705	-0.630	5.101	-0.586	5.095	4.092	
2005-02-21	1.736	-0.661	5.067	-0.620	5.095	4.092	
2005-02-24	1.761	-0.686	5.040	-0.647	5.095	4.092	
2005-02-28	1.783	-0.708	5.020	-0.667	5.095	4.092	
2005-03-03	1.802	-0.727	5.005	-0.682	5.095	4.092	
2005-03-07	1.820	-0.745	5.003	-0.684	5.095	4.092	
2005-03-10	1.833	-0.758	4.961	-0.726	5.095	4.262	

구 분	침하계(GB-04)		침하판(S-3)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2005-03-14	1.889	-0.814	4.914	-0.773	5.095	4.262	
2005-03-17	1.930	-0.855	5.869	-0.818	6.095	4.608	
2005-03-21	1.956	-0.881	5.837	-0.850	6.095	4.608	
2005-03-23	1.975	-0.900	5.815	-0.872	6.095	4.608	
2005-03-29	2.024	-0.949	5.760	-0.927	6.095	4.608	3/29이동
2005-03-31	2.042	-0.967	5.747	-0.940	6.095	5.126	0.392
2005-04-04	2.071	-0.996	5.724	-0.963	6.095	5.639	
2005-04-08	2.094	-1.019	5.702	-0.985	6.095	6.200	
2005-04-11	2.122	-1.047	5.671	-1.016	6.095	6.784	
2005-04-14	2.141	-1.066	6.649	-1.038	7.095	7.104	
2005-04-18	2.193	-1.118	6.584	-1.103	7.095	7.493	
2005-04-21	2.239	-1.164	6.531	-1.156	7.095	7.493	
2005-04-25	2.308	-1.233	6.451	-1.236	7.095	7.493	
2005-05-02	2.369	-1.294	6.385	-1.302	7.095	7.493	
2005-05-09	2.421	-1.346	6.328	-1.359	7.095	7.493	
2005-05-16	2.473	-1.398	6.272	-1.415	7.095	7.493	
2005-05-19	2.546	-1.471	6.209	-1.478	7.095	7.724	
2005-05-23	2.630	-1.555	6.121	-1.566	7.095	7.915	
2005-05-30	2.642	-1.567	6.117	-1.570	7.095	7.915	
2005-06-07	2.730	-1.655	6.030	-1.657	7.095	8.350	
2005-06-13	2.777	-1.702	5.986	-1.701	7.095	8.350	
2005-06-21	2.861	-1.786	5.904	-1.783	7.095	8.350	
2005-06-27	2.944	-1.869	5.813	-1.874	7.095	8.350	
2005-07-04	2.971	-1.896	5.795	-1.892	7.095	8.350	
2005-07-12	3.003	-1.928	5.757	-1.930	7.095	8.350	
2005-07-18	3.038	-1.963	5.725	-1.962	7.095	8.350	
2005-07-25	3.111	-2.036	5.649	-2.038	7.095	9.682	
2005-08-02	3.174	-2.099	5.587	-2.100	7.095	9.682	
2005-08-09	3.222	-2.147	5.542	-2.145	7.095	9.682	
2005-08-16	3.270	-2.195	5.495	-2.192	7.095	9.682	
2005-08-22	3.318	-2.243	5.449	-2.238	7.095	10.050	
2005-09-01	3.361	-2.286	5.414	-2.273	7.095	10.050	
2005-09-10	3.439	-2.364	5.336	-2.351	7.095	10.050	
2005-09-21	3.482	-2.407	5.296	-2.391	7.095	10.050	
2005-09-29	3.508	-2.433	5.280	-2.407	7.095	10.050	
2005-10-11	3.531	-2.456	5.249	-2.438	7.095	8.454	
2005-10-19	3.542	-2.467	5.242	-2.445	7.095	8.454	
2005-10-29	3.568	-2.493	5.209	-2.478	7.095	8.454	
2005-11-10	3.593	-2.518	5.181	-2.506	7.095	8.454	
2005-11-21	3.628	-2.553	5.175	-2.512	7.095	8.454	
2005-12-01	3.654	-2.579	6.087	-2.600	8.095	6.835	
2005-12-12	3.729	-2.654	8.031	-2.656	10.095	11.534	
2005-12-22	3.765	-2.690	7.999	-2.688	10.095	12.009	
2005-12-29	3.791	-2.716	7.974	-2.713	10.095	12.009	
2006-01-05	3.844	-2.769	7.924	-2.763	10.095	12.009	
2006-01-17	3.882	-2.807	7.890	-2.797	10.095	12.009	
2006-01-23	3.923	-2.848	7.847	-2.840	10.095	12.009	
2006-02-03	3.980	-2.905	7.791	-2.896	10.095	12.009	
2006-02-14	4.016	-2.941	7.757	-2.930	10.095	12.009	
2006-02-28	4.061	-2.986	7.714	-2.973	10.095	12.009	
2006-03-15	4.109	-3.034	7.668	-3.019	10.095	12.009	
2006-03-28	4.152	-3.077	7.624	-3.063	10.095	12.009	
2006-04-12	4.196	-3.121	7.578	-3.109	10.095	12.009	
2006-04-25	4.224	-3.149	7.555	-3.132	10.095	12.009	
2006-05-11	4.271	-3.196	7.503	-3.184	10.095	12.009	
2006-05-23	4.295	-3.220	7.481	-3.206	10.095	12.009	
2006-05-30	4.316	-3.241	7.462	-3.225	10.095	12.009	

구 분	침하계(GB-04)		침하판(S-3)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2006-06-10	4.327	-3.252	7.447	-3.240	10.095	12.009	
2006-06-15	4.335	-3.260	7.438	-3.249	10.095	12.009	
2006-06-20	4.349	-3.274	7.427	-3.260	10.095	12.009	
2006-06-27	4.366	-3.291	7.413	-3.274	10.095	12.009	
2006-07-06	4.383	-3.308	7.394	-3.293	10.095	12.009	
2006-07-13	4.397	-3.322	7.381	-3.306	10.095	12.009	
2006-07-21	4.413	-3.338	7.367	-3.320	10.095	12.009	
2006-07-25	4.413	-3.338	7.367	-3.320	10.095	12.009	
2006-08-01	4.410	-3.335	7.364	-3.323	10.095	12.009	
2006-08-08	4.430	-3.355	7.347	-3.340	10.095	12.009	
2006-08-14	4.440	-3.365	7.335	-3.352	10.095	12.009	
2006-08-23	4.442	-3.367	7.332	-3.355	10.095	12.009	
2006-08-28	4.449	-3.374	7.324	-3.363	10.095	12.009	
2006-09-07	4.459	-3.384	7.317	-3.370	10.095	12.009	
2006-09-12	4.469	-3.394	7.308	-3.379	10.095	12.009	
							파손

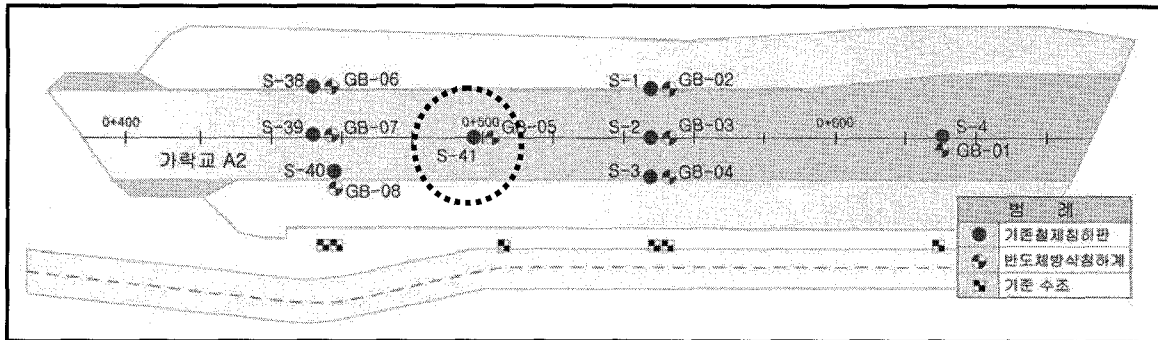
GB-4 침하량측정 GRAPH



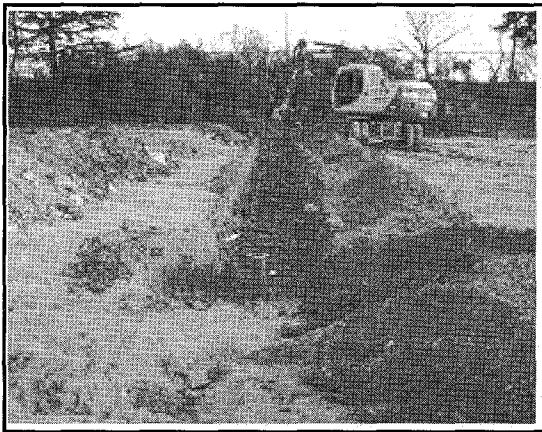
GB-05 침하량 측정

1. 설치개요

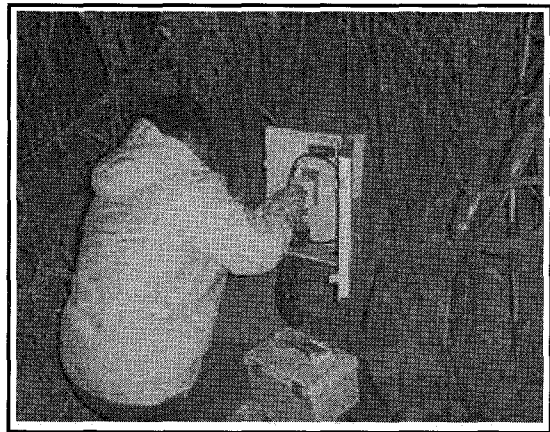
☑ 설치평면도



☑ 사진대지



< 반도체침하계 설치 >



< 기준수조 설치 >

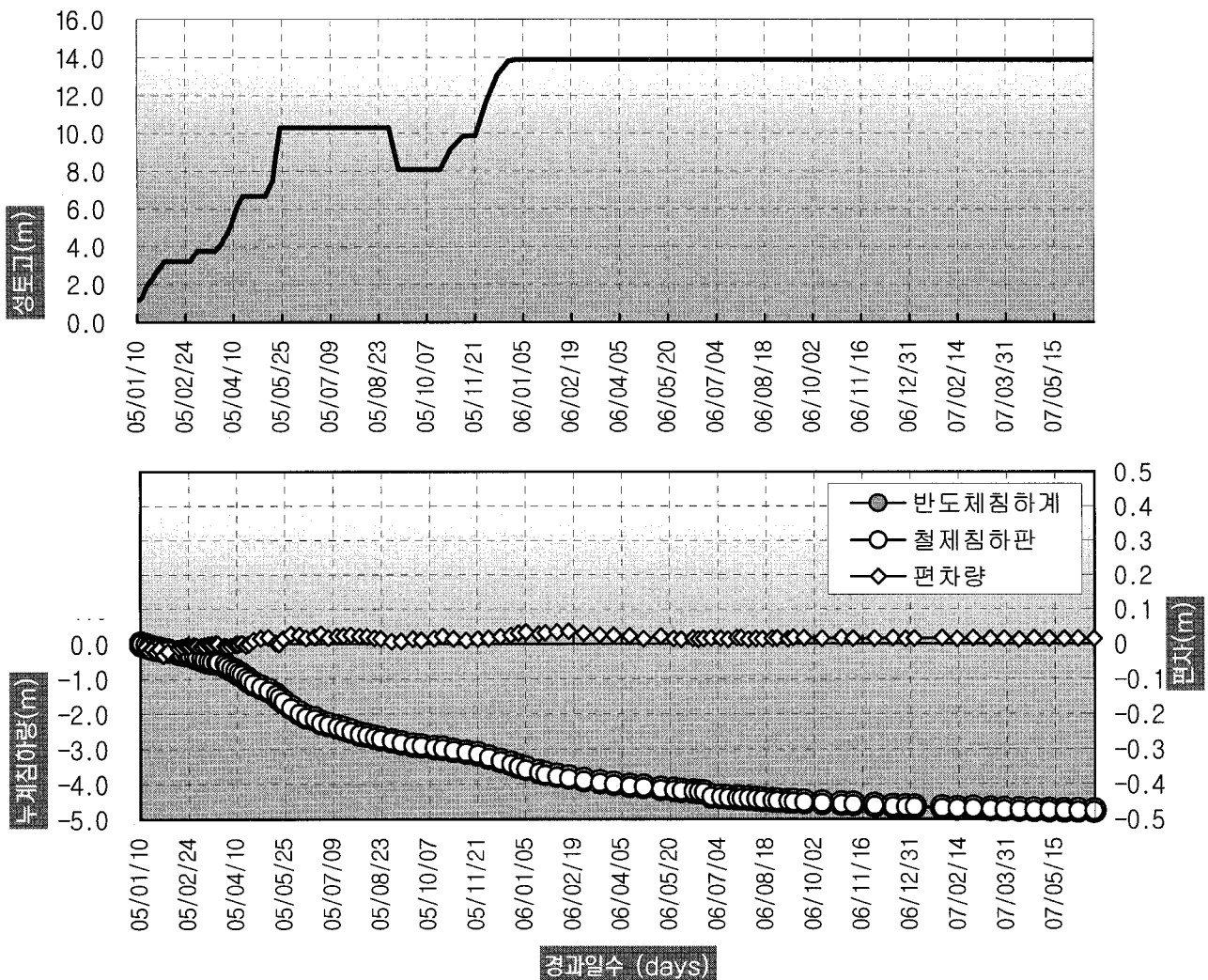
2. 침하량 측정

구 분	침하계(GB-05)		침하판(S-41)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2005-01-10	0.876	0.000	1.261	0.000	1.043	1.160	초기치
2005-01-14	0.913	-0.037	1.234	-0.027	1.043	1.297	
2005-01-17	0.952	-0.076	2.212	-0.056	2.050	1.745	
2005-01-20	0.970	-0.094	2.190	-0.078	2.050	2.016	
2005-01-24	1.005	-0.129	2.162	-0.106	2.050	2.305	
2005-01-27	1.015	-0.139	3.144	-0.124	3.050	2.613	
2005-01-31	1.056	-0.180	4.121	-0.147	4.050	2.903	
2005-02-04	1.071	-0.195	4.095	-0.173	4.050	3.230	
2005-02-14	1.124	-0.248	4.033	-0.235	4.050	3.230	
2005-02-17	1.139	-0.263	4.014	-0.254	4.050	3.230	
2005-02-21	1.161	-0.285	3.990	-0.278	4.050	3.230	
2005-02-24	1.179	-0.303	3.972	-0.296	4.050	3.230	
2005-02-28	1.212	-0.336	3.936	-0.332	4.050	3.230	
2005-03-03	1.255	-0.379	4.896	-0.372	5.050	3.501	
2005-03-07	1.304	-0.428	4.848	-0.420	5.050	3.761	3/100이동
2005-03-10	1.339	-0.463	4.810	-0.458	5.050	3.761	1.765
2005-03-14	1.376	-0.500	4.771	-0.497	5.050	3.761	
2005-03-17	1.386	-0.510	4.760	-0.508	5.050	3.761	
2005-03-21	1.402	-0.526	4.742	-0.526	5.050	3.761	
2005-03-23	1.411	-0.535	4.734	-0.534	5.050	3.761	
2005-03-29	1.449	-0.573	4.701	-0.567	5.050	4.138	
2005-03-31	1.523	-0.647	5.629	-0.639	6.050	4.402	
2005-04-04	1.586	-0.710	5.565	-0.703	6.050	4.735	

구 분	침하계(GB-05)		침하판(S-41)			성도고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2005-04-08	1.639	-0.763	5.508	-0.760	6.050	5.304	
2005-04-11	1.708	-0.832	5.438	-0.830	6.050	5.852	
2005-04-14	1.750	-0.874	6.393	-0.875	7.050	6.241	
2005-04-18	1.848	-0.972	6.301	-0.967	7.050	6.676	
2005-04-21	1.922	-1.046	6.223	-1.045	7.050	6.676	
2005-04-25	2.008	-1.132	6.126	-1.142	7.050	6.676	
2005-05-02	2.097	-1.221	6.032	-1.236	7.050	6.676	
2005-05-09	2.190	-1.314	5.936	-1.332	7.050	6.676	
2005-05-16	2.321	-1.445	6.821	-1.447	8.050	7.514	
2005-05-19	2.416	-1.540	6.729	-1.539	8.050	8.849	
2005-05-23	2.518	-1.642	6.612	-1.656	8.050	10.283	
2005-05-30	2.677	-1.801	6.440	-1.828	8.050	10.283	
2005-06-07	2.839	-1.963	6.281	-1.987	8.050	10.283	
2005-06-13	2.952	-2.076	6.176	-2.092	8.050	10.283	
2005-06-21	3.005	-2.129	6.120	-2.148	8.050	10.283	
2005-06-27	3.114	-2.238	6.002	-2.266	8.050	10.283	
2005-07-04	3.172	-2.296	5.955	-2.313	8.050	10.283	
2005-07-12	3.234	-2.358	5.889	-2.379	8.050	10.283	
2005-07-18	3.289	-2.413	5.833	-2.435	8.050	10.283	
2005-07-25	3.358	-2.482	5.761	-2.507	8.050	10.283	
2005-08-02	3.445	-2.569	5.678	-2.590	8.050	10.283	
2005-08-09	3.483	-2.607	5.641	-2.627	8.050	10.283	
2005-08-16	3.536	-2.660	5.592	-2.676	8.050	10.283	
2005-08-22	3.579	-2.703	5.551	-2.717	8.050	10.283	
2005-09-01	3.645	-2.769	5.493	-2.775	8.050	10.283	
2005-09-10	3.706	-2.830	5.431	-2.837	8.050	8.072	
2005-09-21	3.765	-2.889	5.366	-2.902	8.050	8.072	
2005-09-29	3.793	-2.917	5.341	-2.927	8.050	8.072	
2005-10-11	3.831	-2.955	5.298	-2.970	8.050	8.072	
2005-10-19	3.852	-2.976	5.271	-2.997	8.050	8.072	
2005-10-29	3.914	-3.038	6.216	-3.052	9.050	9.147	
2005-11-10	3.966	-3.090	7.168	-3.100	10.050	9.852	
2005-11-21	4.015	-3.139	8.116	-3.152	11.050	9.852	
2005-12-01	4.112	-3.236	10.017	-3.251	13.050	11.612	
2005-12-12	4.203	-3.327	10.921	-3.347	14.050	13.101	
2005-12-22	4.289	-3.413	10.761	-3.437	13.980	13.801	
2005-12-29	4.362	-3.486	9.682	-3.516	12.980	13.881	
2006-01-05	4.429	-3.553	9.612	-3.586	12.980	13.881	
2006-01-17	4.527	-3.651	9.520	-3.678	12.980	13.881	
2006-01-23	4.578	-3.702	9.465	-3.733	12.980	13.881	
2006-02-03	4.629	-3.753	9.411	-3.787	12.980	13.881	
2006-02-14	4.680	-3.804	9.359	-3.839	12.980	13.881	
2006-02-28	4.751	-3.875	9.294	-3.904	12.980	13.881	
2006-03-15	4.818	-3.942	9.231	-3.967	12.980	13.881	
2006-03-28	4.864	-3.988	9.186	-4.012	12.980	13.881	
2006-04-12	4.919	-4.043	9.133	-4.065	12.980	13.881	
2006-04-25	4.952	-4.076	9.108	-4.090	12.980	13.881	
2006-05-11	5.008	-4.132	9.045	-4.153	12.980	13.881	
2006-05-23	5.037	-4.161	9.023	-4.175	12.980	13.881	
2006-05-30	5.064	-4.188	8.998	-4.200	12.980	13.881	
2006-06-10	5.078	-4.202	8.981	-4.217	12.980	13.881	
2006-06-15	5.097	-4.221	8.965	-4.233	12.980	13.881	
2006-06-20	5.104	-4.228	8.956	-4.242	12.980	13.881	
2006-06-27	5.222	-4.346	8.836	-4.362	12.980	13.881	
2006-07-06	5.244	-4.368	8.815	-4.383	12.980	13.881	
2006-07-13	5.260	-4.384	8.802	-4.396	12.980	13.881	
2006-07-21	5.272	-4.396	8.785	-4.413	12.980	13.881	
2006-07-25	5.274	-4.398	8.783	-4.415	12.980	13.881	
2006-08-01	5.281	-4.405	8.781	-4.417	12.980	13.881	
2006-08-08	5.299	-4.423	8.761	-4.437	12.980	13.881	
2006-08-14	5.318	-4.442	8.743	-4.455	12.980	13.881	

구 분	침하계(GB-05)		침하판(S-41)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2006-08-23	5.336	-4.460	8.723	-4.475	12.980	13.881	
2006-08-28	5.344	-4.468	8.714	-4.484	12.980	13.881	
2006-09-07	5.361	-4.485	8.700	-4.498	12.980	13.881	
2006-09-12	5.368	-4.492	8.688	-4.510	12.980	13.881	
2006-09-22	5.380	-4.504	8.677	-4.521	12.980	13.881	
2006-10-09	5.408	-4.532	8.651	-4.547	12.980	13.881	
2006-10-27	5.431	-4.555	8.626	-4.572	12.980	13.881	
2006-11-07	5.445	-4.569	8.614	-4.584	12.980	13.881	
2006-11-27	5.481	-4.605	8.578	-4.620	12.980	13.881	
2006-12-14	5.506	-4.630	8.551	-4.647	12.980	13.881	
2006-12-26	5.516	-4.640	8.544	-4.654	12.980	13.881	
2007-01-03	5.519	-4.643	8.540	-4.658	12.980	13.881	
2007-01-29	5.546	-4.670	8.511	-4.687	12.980	13.881	
2007-02-12	5.564	-4.688	8.496	-4.702	12.980	13.881	
2007-02-27	5.562	-4.686	8.495	-4.703	12.980	13.881	
2007-03-15	5.582	-4.706	8.478	-4.720	12.980	13.881	
2007-03-28	5.593	-4.717	8.466	-4.732	12.980	13.881	
2007-04-11	5.604	-4.728	8.458	-4.740	12.980	13.881	
2007-04-25	5.609	-4.733	8.449	-4.749	12.980	13.881	
2007-05-09	5.617	-4.741	8.442	-4.756	12.980	13.881	
2007-05-23	5.625	-4.749	8.435	-4.763	12.980	13.881	
2007-06-05	5.630	-4.754	8.429	-4.769	12.980	13.881	
2007-06-20	5.635	-4.759	8.425	-4.773	12.980	13.881	

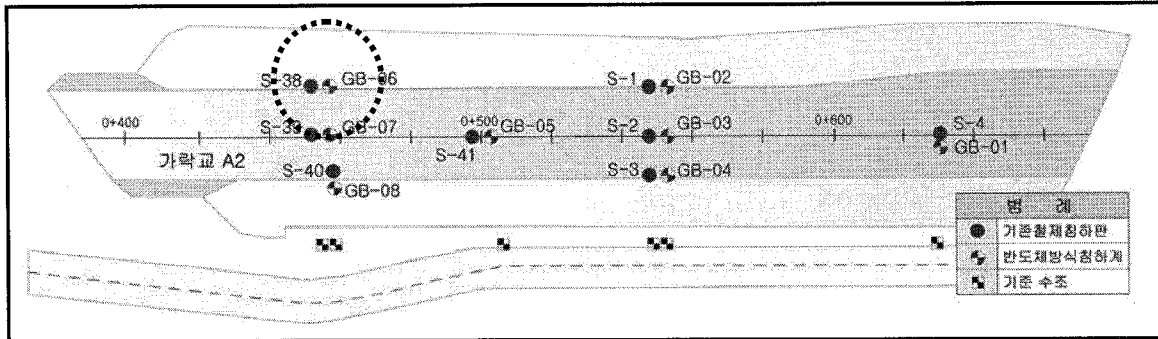
GB-5 침하량측정 GRAPH



GB-06 침하량 측정

1. 설치개요

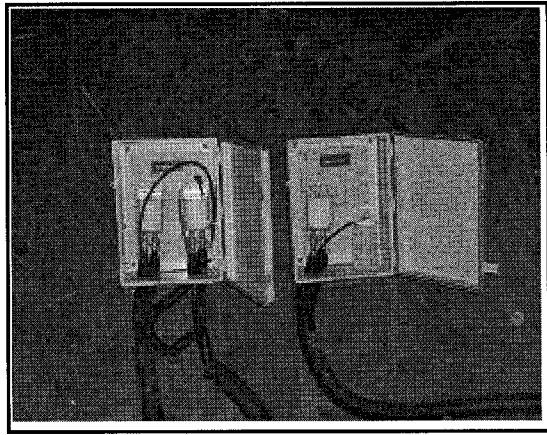
☑ 설치평면도



☑ 사진대지



< 반도체침하계 설치 >



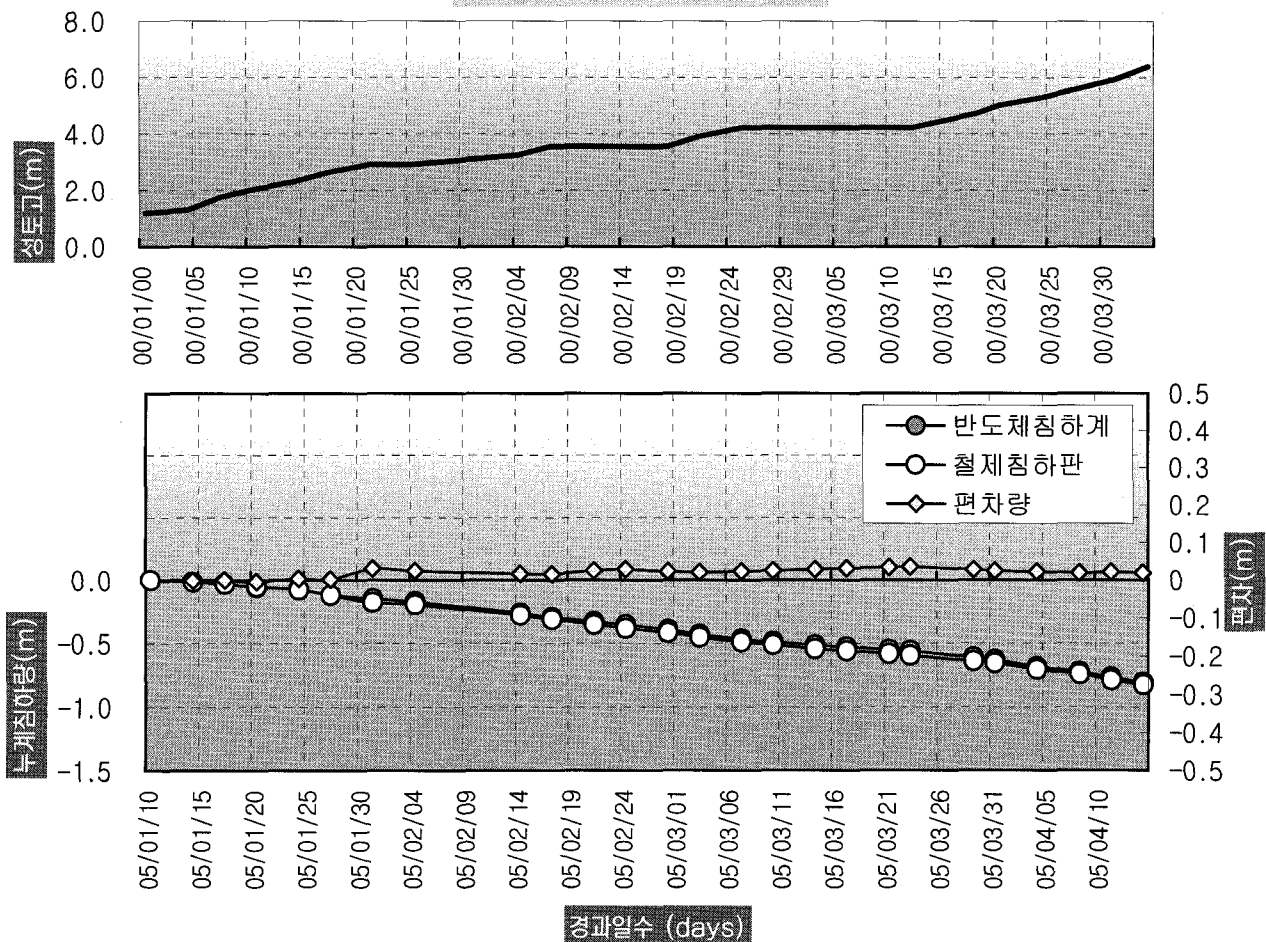
< 기준수조 설치 >

2. 침하량 측정

구 분	침하계(GB-06)		침하판(S-38)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2005-01-10	1.014	0.000	1.234	0.000	1.042	1.195	초기치
2005-01-14	1.032	-0.018	1.218	-0.016	1.042	1.297	
2005-01-17	1.046	-0.032	2.210	-0.032	2.050	1.745	
2005-01-20	1.072	-0.058	2.189	-0.053	2.050	2.016	
2005-01-24	1.089	-0.075	2.164	-0.078	2.050	2.305	
2005-01-27	1.134	-0.120	3.121	-0.121	3.050	2.613	
2005-01-31	1.162	-0.148	4.064	-0.178	4.050	2.903	
2005-02-04	1.187	-0.173	4.045	-0.197	4.050	2.903	
2005-02-14	1.278	-0.264	3.962	-0.280	4.050	3.246	
2005-02-17	1.311	-0.297	3.930	-0.312	4.050	3.542	
2005-02-21	1.344	-0.330	3.887	-0.355	4.050	3.542	
2005-02-24	1.368	-0.354	3.860	-0.382	4.050	3.542	
2005-02-28	1.407	-0.393	3.826	-0.416	4.050	3.542	
2005-03-03	1.446	-0.432	4.790	-0.452	5.050	3.901	
2005-03-07	1.481	-0.467	4.752	-0.490	5.050	4.215	
2005-03-10	1.502	-0.488	4.729	-0.513	5.050	4.215	매립
2005-03-14	1.529	-0.515	4.699	-0.543	5.050	4.215	

구 분	침하계(GB-06)		침하판(S-38)			성토고(m)	비 고
	Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)	
2005-03-17		1.543	-0.529	4.682	-0.560	5.050	4.215
2005-03-21		1.564	-0.550	4.659	-0.583	5.050	4.215
2005-03-23		1.574	-0.560	4.647	-0.595	5.050	4.215
2005-03-29		1.625	-0.611	4.604	-0.638	5.050	4.725
2005-03-31		1.644	-0.630	5.588	-0.654	6.050	5.004
2005-04-04		1.697	-0.683	5.537	-0.705	6.050	5.280
2005-04-08		1.735	-0.721	5.502	-0.740	6.050	5.651
2005-04-11		1.781	-0.767	5.454	-0.788	6.050	5.940
2005-04-14		1.818	-0.804	5.419	-0.823	6.050	6.389
2005-04-18				6.301	-0.941	7.050	6.756
2005-04-21				6.205	-1.037	7.050	6.756
2005-04-25				6.080	-1.162	7.050	6.756
2005-05-02				5.936	-1.306	7.050	6.756
2005-05-09				5.832	-1.410	7.050	6.756
2005-05-16				6.740	-1.502	8.050	7.564
2005-05-19				6.692	-1.550	8.050	7.564
2005-05-23				6.628	-1.614	8.050	7.564
2005-05-30				6.554	-1.688	8.050	7.564
							측정중단

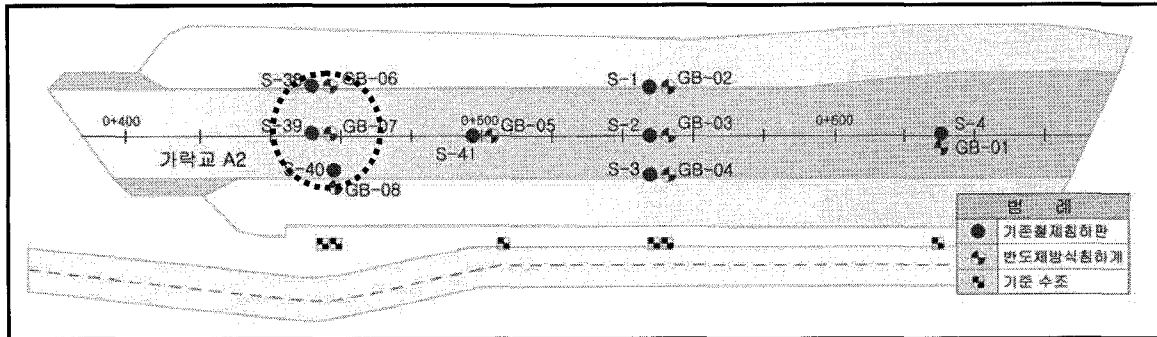
GB-6 침하량측정 GRAPH



GB-07 침하량 측정

1. 설치개요

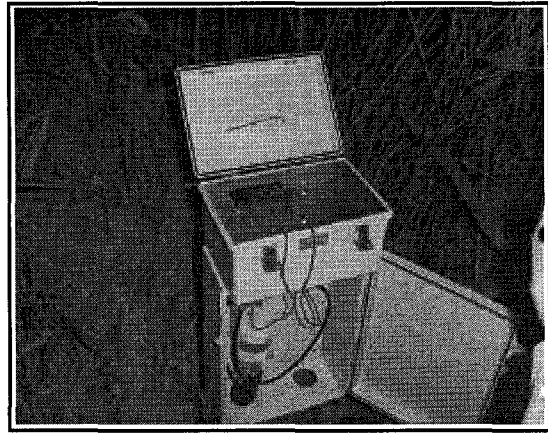
☑ 설치평면도



☑ 사진대지



< 반도체침하계 설치 >



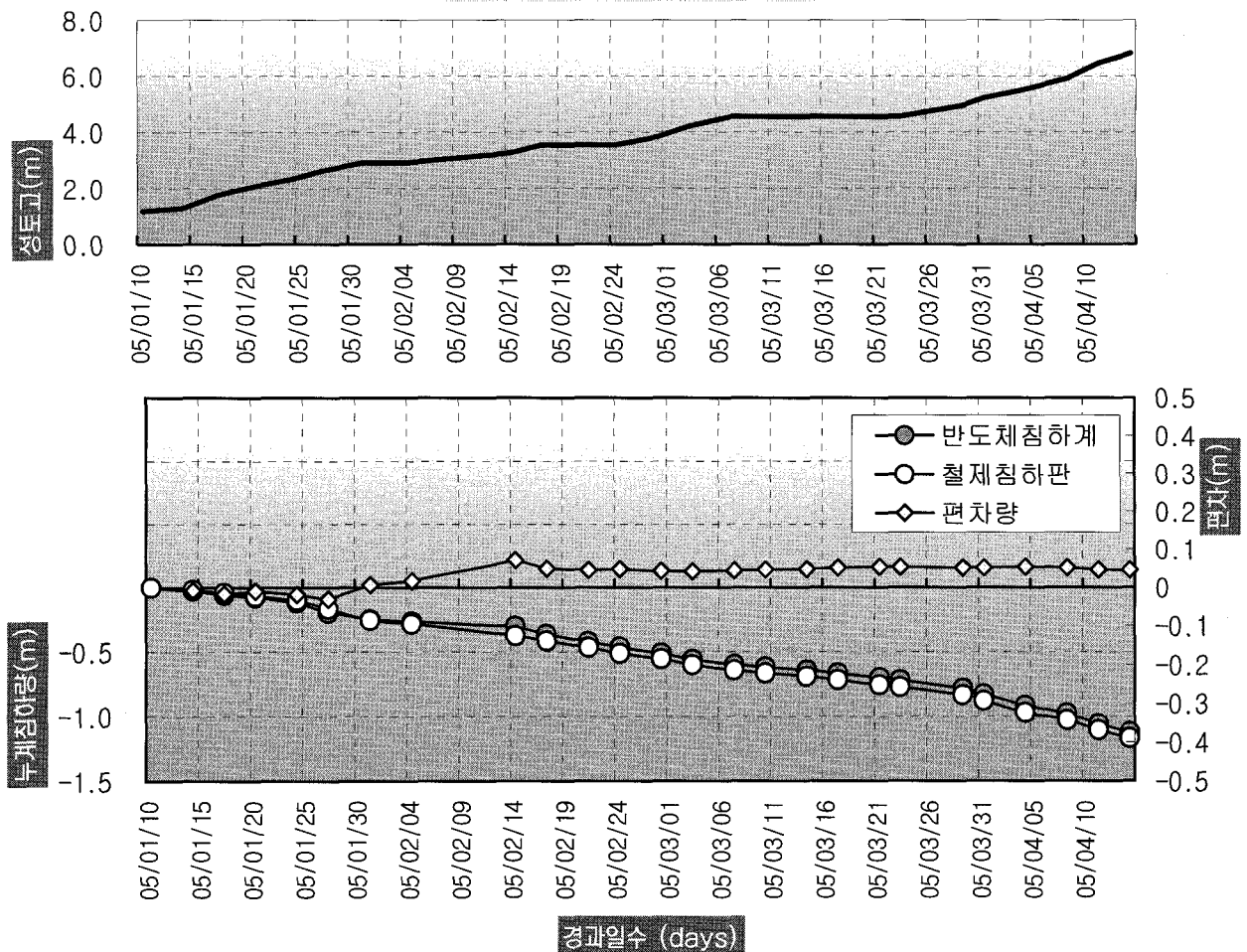
< 기준수조 설치 >

2. 침하량 측정

구분	침하계(GB-07)		침하판(S-39)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2005-01-10	1.155	0.000	1.226	0.000	1.039	1.172	초기치
2005-01-14	1.182	-0.027	1.207	-0.019	1.039	1.297	
2005-01-17	1.215	-0.060	2.189	-0.043	2.045	1.745	
2005-01-20	1.234	-0.079	2.163	-0.069	2.045	2.016	
2005-01-24	1.276	-0.121	2.130	-0.102	2.045	2.305	
2005-01-27	1.354	-0.199	3.064	-0.168	3.045	2.613	
2005-01-31	1.406	-0.251	3.975	-0.257	4.045	2.903	
2005-02-04	1.423	-0.268	3.947	-0.285	4.045	2.903	
2005-02-14	1.459	-0.304	3.857	-0.375	4.045	3.246	
2005-02-17	1.522	-0.367	3.816	-0.416	4.045	3.542	
2005-02-21	1.578	-0.423	3.764	-0.468	4.045	3.542	
2005-02-24	1.619	-0.464	3.720	-0.512	4.045	3.542	
2005-02-28	1.668	-0.513	3.676	-0.556	4.045	3.826	
2005-03-03	1.715	-0.560	4.630	-0.602	5.045	4.205	
2005-03-07	1.754	-0.599	4.589	-0.643	5.045	4.550	
2005-03-10	1.773	-0.618	4.568	-0.664	5.045	4.550	매립
2005-03-14	1.798	-0.643	4.541	-0.691	5.045	4.550	
2005-03-17	1.822	-0.667	4.514	-0.718	5.045	4.550	

구분	침하계(GB-07)		침하판(S-39)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2005-03-21	1.856	-0.701	4.477	-0.755	5.045	4.550	
2005-03-23	1.875	-0.720	4.459	-0.773	5.045	4.550	
2005-03-29	1.938	-0.783	4.398	-0.834	5.045	4.946	
2005-03-31	1.984	-0.829	5.352	-0.880	6.045	5.216	
2005-04-04	2.072	-0.917	5.261	-0.971	6.045	5.523	
2005-04-08	2.133	-0.978	5.203	-1.029	6.045	5.899	
2005-04-11	2.215	-1.060	6.126	-1.106	7.045	6.455	
2005-04-14	2.279	-1.124	6.063	-1.169	7.045	6.802	
2005-04-18			6.937	-1.295	8.045	7.161	측봉
2005-04-21			6.840	-1.392	8.045	7.161	
2005-04-25			6.710	-1.522	8.045	7.161	
2005-05-02			6.470	-1.762	8.045	7.161	
2005-05-09			6.337	-1.895	8.045	7.721	
2005-05-16			7.261	-1.971	9.045	8.267	
2005-05-19			7.211	-2.021	9.045	8.267	
2005-05-23			7.138	-2.094	9.045	8.267	
2005-05-30			7.055	-2.177	9.045	8.267	
							측정중단

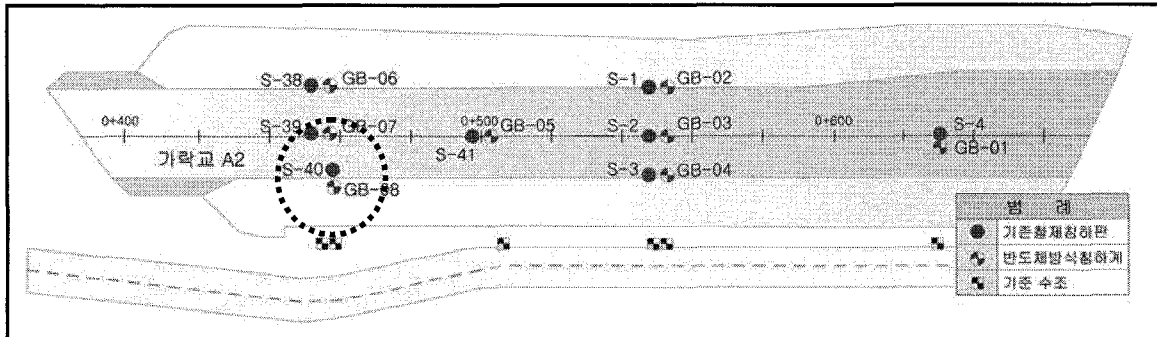
GB-7 침하량측정 GRAPH



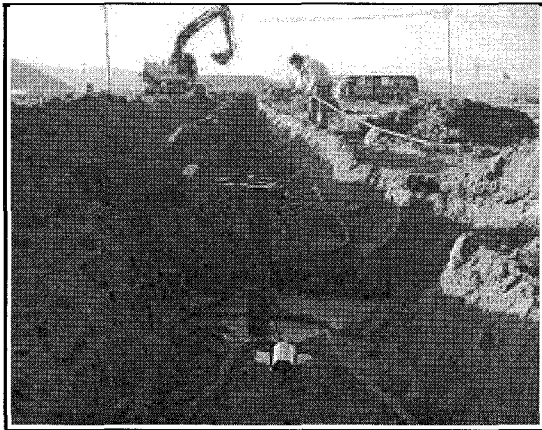
GB-08 침하량 측정

1. 설치개요

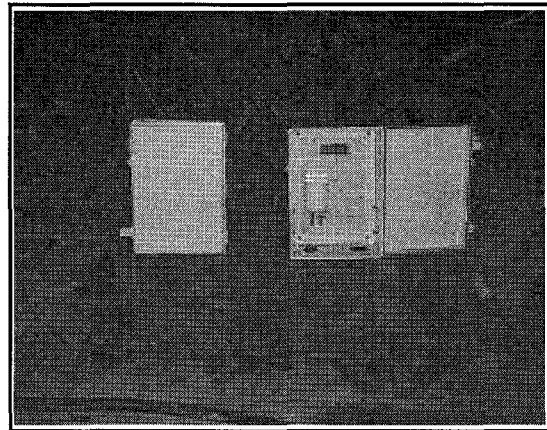
☑ 설치평면도



☑ 사진대지



< 반도체 침하계 설치 >



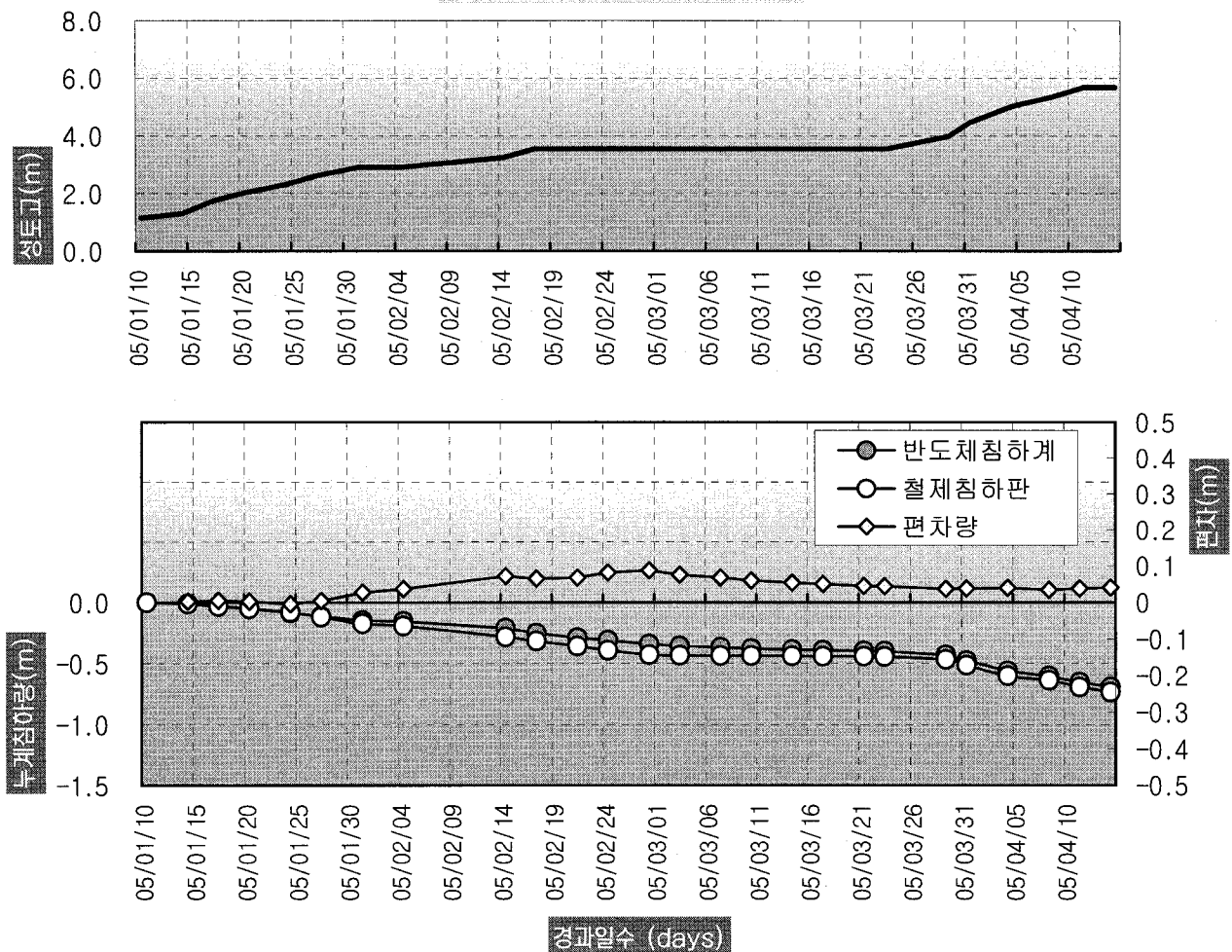
< 기준수조 설치 >

2. 침하량 측정

구분	침하계(GB-08)		침하판(S-40)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2005-01-10	1.074	0.000	1.243	0.000	1.062	1.150	초기치
2005-01-14	1.085	-0.011	1.230	-0.013	1.062	1.297	
2005-01-17	1.102	-0.028	2.216	-0.033	2.068	1.745	
2005-01-20	1.124	-0.050	2.197	-0.052	2.068	2.016	
2005-01-24	1.158	-0.084	2.170	-0.079	2.068	2.305	
2005-01-27	1.189	-0.115	3.130	-0.119	3.068	2.613	
2005-01-31	1.222	-0.148	4.074	-0.175	4.068	2.903	
2005-02-04	1.231	-0.157	4.056	-0.193	4.068	2.903	
2005-02-14	1.286	-0.212	3.966	-0.283	4.068	3.246	
2005-02-17	1.327	-0.253	3.932	-0.317	4.068	3.542	
2005-02-21	1.364	-0.290	3.892	-0.357	4.068	3.542	
2005-02-24	1.386	-0.312	3.856	-0.393	4.068	3.542	
2005-02-28	1.417	-0.343	3.819	-0.430	4.068	3.542	
2005-03-03	1.433	-0.359	4.815	-0.434	5.068	3.542	
2005-03-07	1.444	-0.370	4.812	-0.437	5.068	3.542	
2005-03-10	1.453	-0.379	4.811	-0.438	5.068	3.542	매립
2005-03-14	1.461	-0.387	4.809	-0.440	5.068	3.542	
2005-03-17	1.466	-0.392	4.808	-0.441	5.068	3.542	

구 분	침하계(GB-08)		침하판(S-40)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	침하봉(m)		
2005-03-21	1.472	-0.398	4.807	-0.442	5.068	3.542	
2005-03-23	1.475	-0.401	4.805	-0.444	5.068	3.542	
2005-03-29	1.507	-0.433	4.780	-0.469	5.068	3.969	
2005-03-31	1.553	-0.479	4.733	-0.516	5.068	4.456	
2005-04-04	1.638	-0.564	4.646	-0.603	5.068	5.009	
2005-04-08	1.679	-0.605	4.610	-0.639	5.068	5.354	
2005-04-11	1.730	-0.656	5.556	-0.693	6.068	5.686	
2005-04-14	1.769	-0.695	5.514	-0.735	6.068	5.686	
2005-04-18			6.415	-0.834	7.068	6.572	측불
2005-04-21			6.335	-0.914	7.068	6.572	
2005-04-25			6.233	-1.016	7.068	6.572	
2005-05-02			6.131	-1.118	7.068	6.572	
2005-05-09			6.045	-1.204	7.068	6.572	
2005-05-16			6.981	-1.268	8.068	7.056	
2005-05-19			6.946	-1.303	8.068	7.056	
2005-05-23			6.892	-1.357	8.068	7.056	
2005-05-30			6.824	-1.425	8.068	7.056	
							측정중단

GB-8 침하량측정 GRAPH

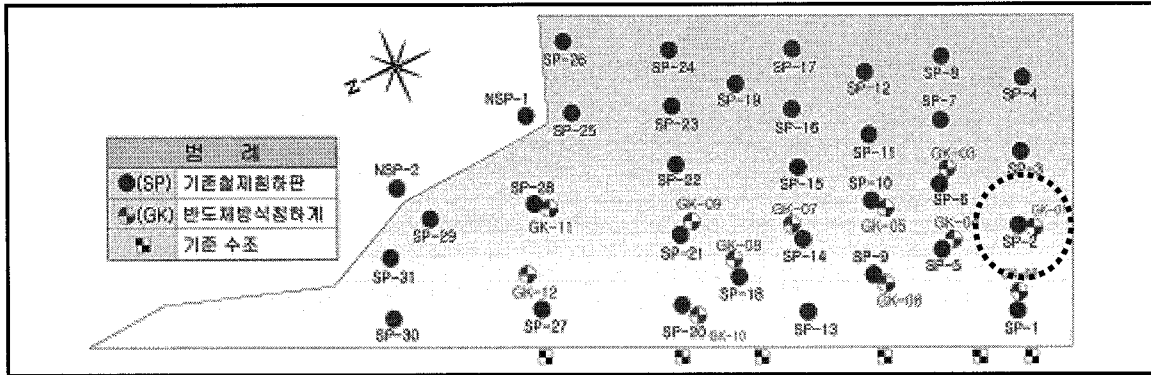


부록 2. 광양 ○○ 공유수면 매립공사 현장 침하
측정 결과

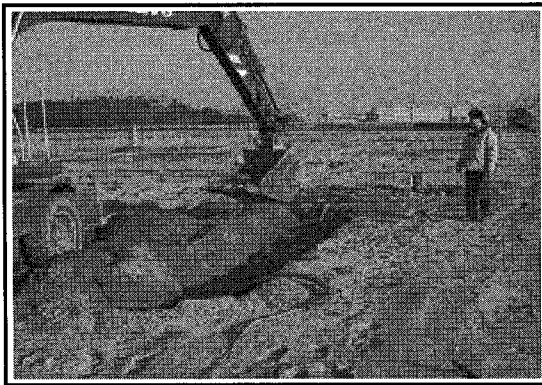
GK-01 침하량 측정

1. 설치개요

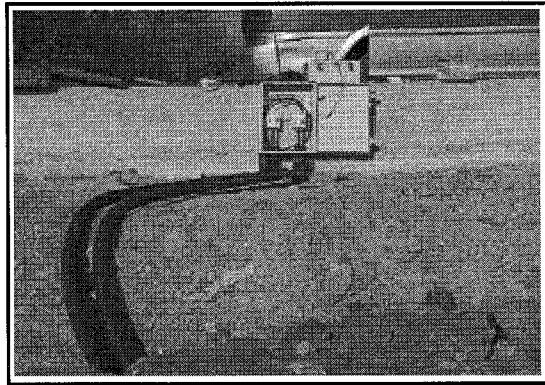
설치평면도



사진대지



< 반도체침하계 설치 >



< 기준수조 설치 >

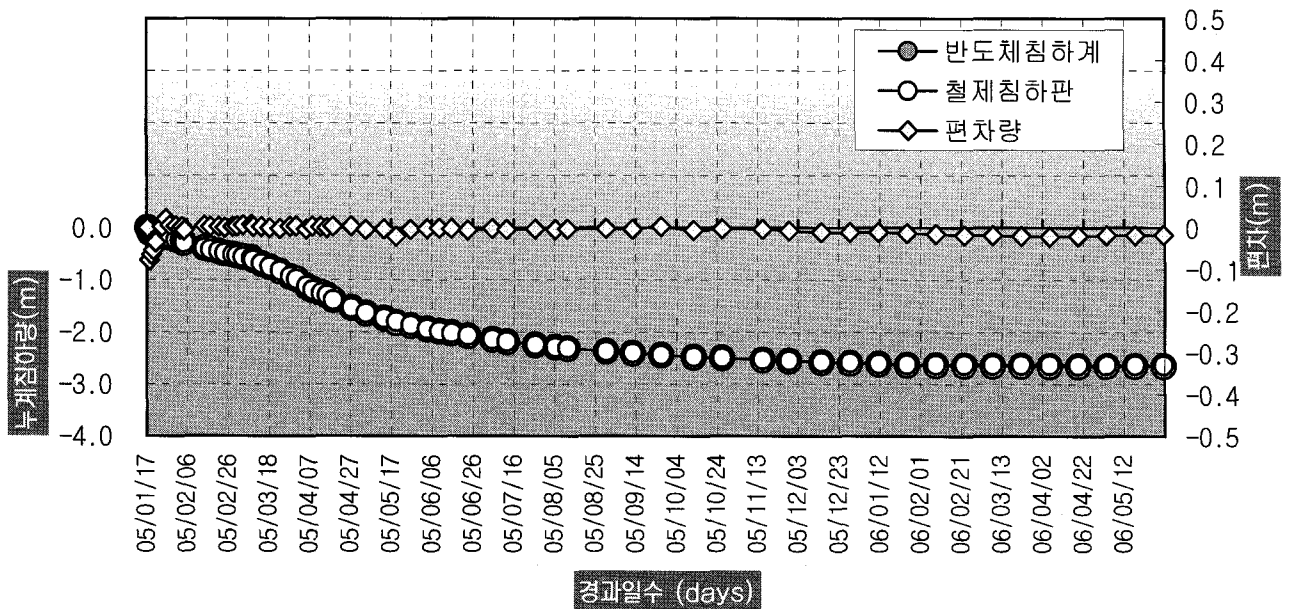
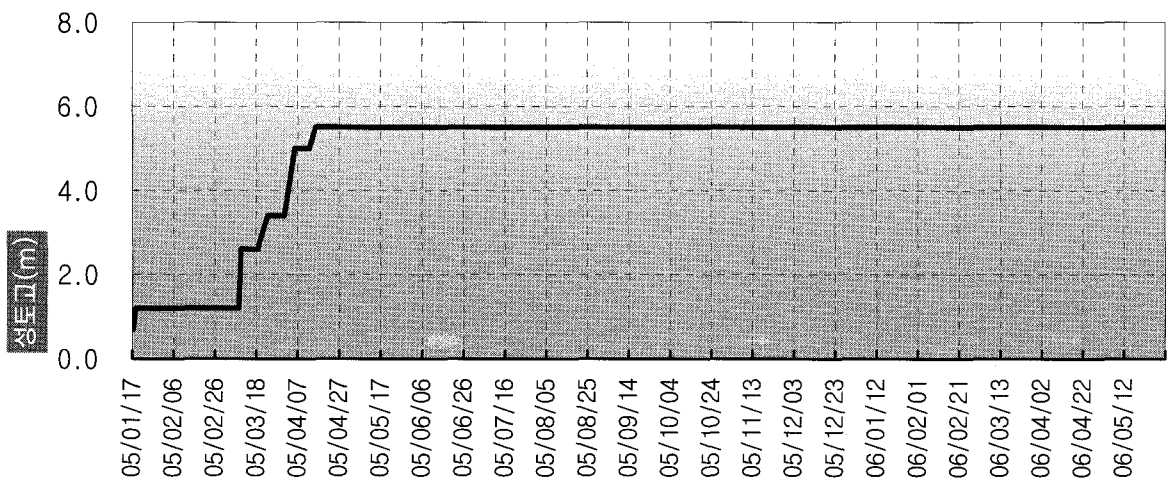
2. 침하량 측정

구 분	침하계(GK-01)		침하판(SP-2)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-01-17	1.400	0.000	5.409	0.000	1.000	0.700	초기치
2005-01-18	1.502	-0.102	5.385	-0.024	1.000	1.200	
2005-01-19	1.510	-0.110	5.364	-0.045	1.000	1.200	
2005-01-20	1.523	-0.123	5.340	-0.069	1.000	1.200	
2005-01-21	1.526	-0.126	6.321	-0.091	2.003	1.200	
2005-01-24	1.527	-0.127	6.283	-0.129	2.003	1.200	
2005-01-26	1.538	-0.138	6.253	-0.159	2.003	1.200	
2005-01-28	1.587	-0.187	7.212	-0.193	2.996	1.200	
2005-01-31	1.625	-0.225	7.176	-0.229	2.996	1.200	
2005-02-02	1.657	-0.257	7.152	-0.253	2.996	1.200	
2005-02-03	1.669	-0.269	7.134	-0.271	2.996	1.200	
2005-02-04	1.692	-0.292	7.119	-0.286	2.996	1.200	
2005-02-14	1.793	-0.393	7.007	-0.398	2.996	1.200	
2005-02-17	1.822	-0.422	6.981	-0.424	2.996	1.200	
2005-02-21	1.857	-0.457	6.946	-0.459	2.996	1.200	
2005-02-24	1.893	-0.493	6.912	-0.493	2.996	1.200	
2005-02-28	1.922	-0.522	6.881	-0.524	2.996	1.200	

구 분	침하계(GK-01)		침하판(SP-2)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-03-02	1.937	-0.537	6.864	-0.541	2.996	1.200	
2005-03-05	1.965	-0.565	6.834	-0.571	2.996	1.200	
2005-03-09	1.985	-0.585	6.812	-0.593	2.996	1.200	
2005-03-10	2.021	-0.621	6.782	-0.623	2.996	2.600	
2005-03-14	2.092	-0.692	7.726	-0.694	4.011	2.600	
2005-03-18	2.159	-0.759	7.662	-0.758	4.011	2.600	
2005-03-23	2.236	-0.836	7.586	-0.834	4.011	3.400	
2005-03-28	2.336	-0.936	7.481	-0.939	4.011	3.400	
2005-03-31	2.382	-0.982	9.454	-0.986	6.031	3.400	
2005-04-05	2.524	-1.124	9.319	-1.121	6.031	5.000	
2005-04-08	2.593	-1.193	9.243	-1.197	6.031	5.000	
2005-04-12	2.654	-1.254	9.184	-1.256	6.031	5.000	
2005-04-15	2.706	-1.306	9.135	-1.305	6.031	5.500	
2005-04-18	2.792	-1.392	9.045	-1.395	6.031	5.500	
2005-04-27	2.938	-1.538	8.898	-1.542	6.031	5.500	
2005-05-04	3.045	-1.645	8.800	-1.640	6.031	5.500	
2005-05-13	3.143	-1.743	8.700	-1.740	6.031	5.500	
2005-05-19	3.223	-1.823	8.638	-1.802	6.031	5.500	
2005-05-26	3.276	-1.876	8.568	-1.872	6.031	5.500	
2005-06-03	3.341	-1.941	8.501	-1.939	6.031	5.500	
2005-06-09	3.385	-1.985	8.456	-1.984	6.031	5.500	
2005-06-15	3.424	-2.024	8.418	-2.022	6.031	5.500	
2005-06-23	3.480	-2.080	8.366	-2.074	6.031	5.500	
2005-07-05	3.545	-2.145	8.297	-2.143	6.031	5.500	
2005-07-12	3.588	-2.188	8.257	-2.183	6.031	5.500	
2005-07-26	3.650	-2.250	8.193	-2.247	6.031	5.500	
2005-08-05	3.693	-2.293	8.152	-2.288	6.031	5.500	
2005-08-11	3.714	-2.314	8.129	-2.311	6.031	5.500	
2005-08-30	3.775	-2.375	8.067	-2.373	6.031	5.500	
2005-09-12	3.808	-2.408	8.036	-2.404	6.031	5.500	
2005-09-26	3.839	-2.439	7.999	-2.441	6.031	5.500	
2005-10-12	3.877	-2.477	7.969	-2.471	6.031	5.500	
2005-10-26	3.900	-2.500	7.943	-2.497	6.031	5.500	
2005-11-15	3.935	-2.535	7.909	-2.531	6.031	5.500	
2005-11-28	3.954	-2.554	7.894	-2.546	6.031	5.500	
2005-12-14	3.981	-2.581	7.870	-2.570	6.031	5.500	
2005-12-28	3.999	-2.599	7.853	-2.587	6.031	5.500	
2006-01-11	4.013	-2.613	7.838	-2.602	6.031	5.500	
2006-01-25	4.028	-2.628	7.825	-2.615	6.031	5.500	
2006-02-08	4.036	-2.636	7.820	-2.620	6.031	5.500	
2006-02-22	4.043	-2.643	7.816	-2.624	6.031	5.500	
2006-03-08	4.047	-2.647	7.812	-2.628	6.031	5.500	

구분	침하계(GK-01)		침하판(SP-2)			성도고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2006-03-22	4.050	-2.650	7.810	-2.630	6.031	5.500	
2006-04-05	4.052	-2.652	7.810	-2.630	6.031	5.500	
2006-04-19	4.053	-2.653	7.807	-2.633	6.031	5.500	
2006-05-03	4.053	-2.653	7.806	-2.634	6.031	5.500	
2006-05-17	4.054	-2.654	7.805	-2.635	6.031	5.500	
2006-05-31	4.055	-2.655	7.803	-2.637	6.031	5.500	

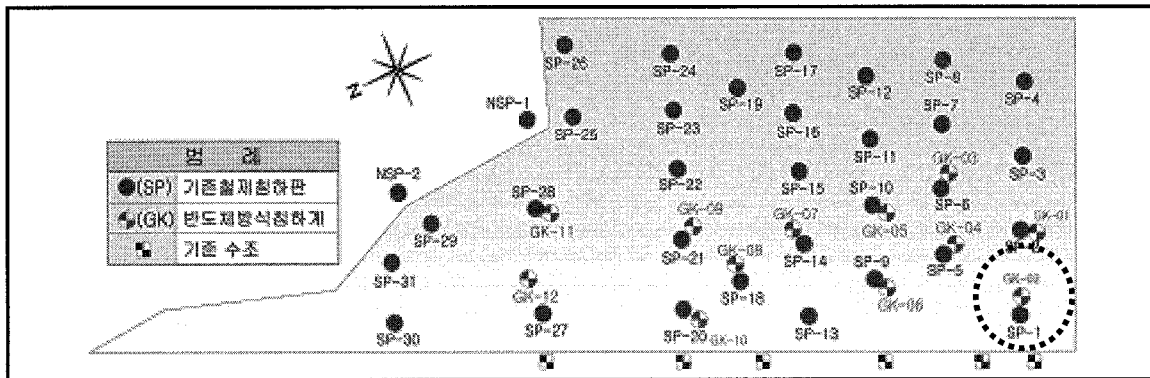
GK-1 침하량측정 GRAPH



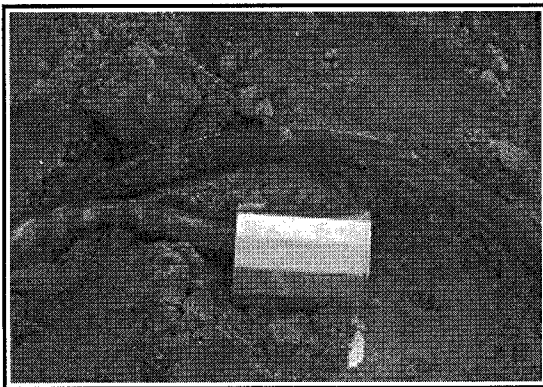
GK-02 침하량 측정

1. 설치개요

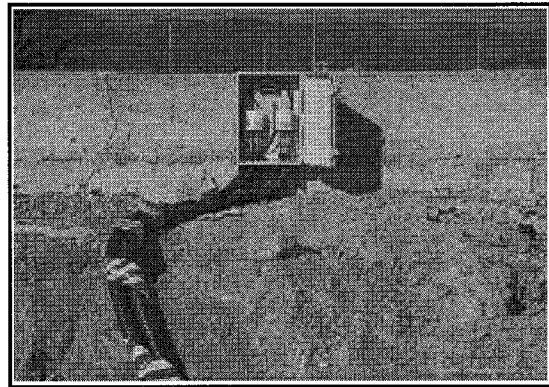
설치평면도



사진대지



< 반도체침하계 설치 >



< 기준수조 설치 >

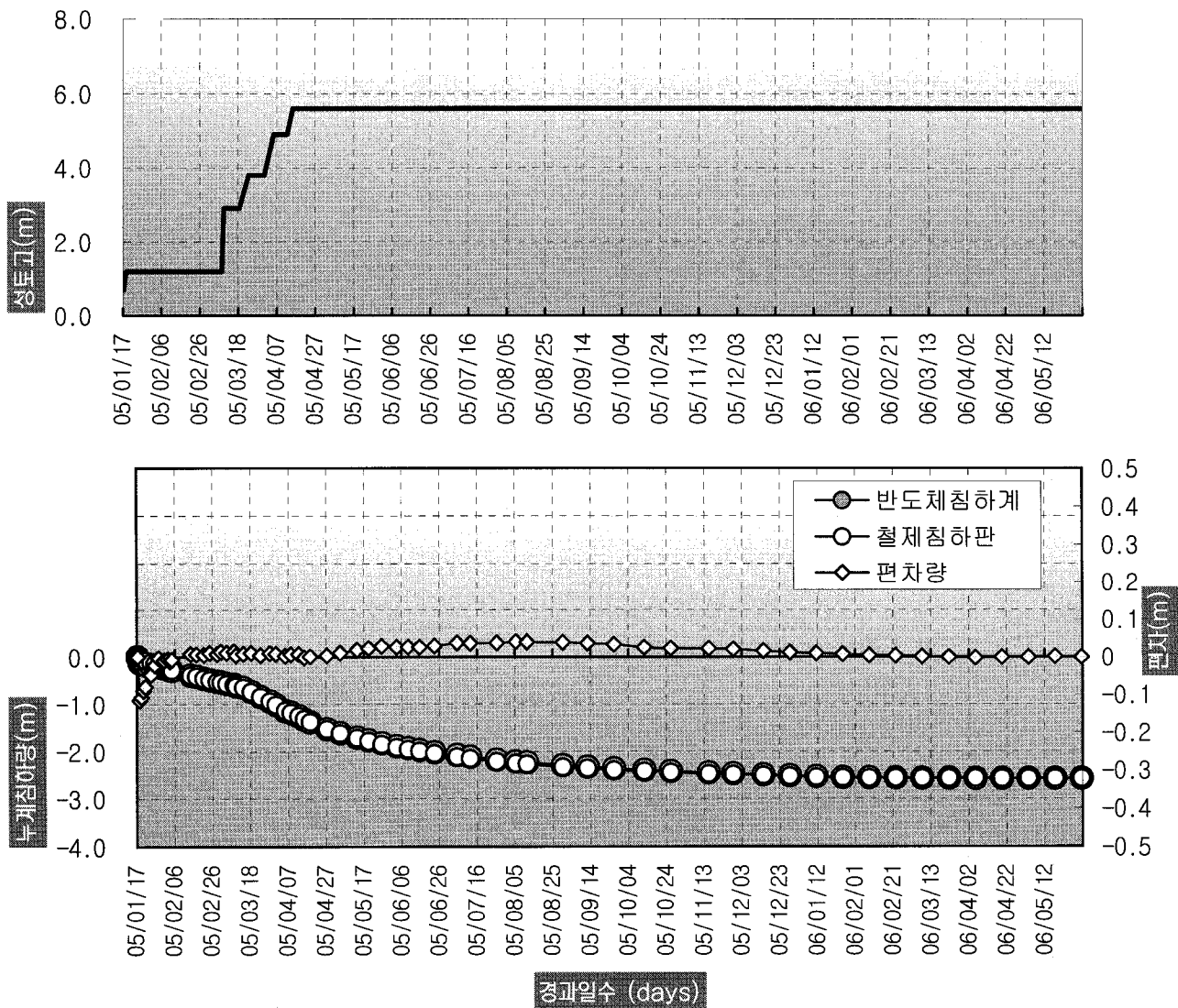
2. 침하량 측정

구분	침하계(GK-02)		침하판(SP-1)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-01-17	1.328	0.000	5.379	0.000	1.000	0.700	초기치
2005-01-18	1.452	-0.124	5.371	-0.008	1.000	1.200	
2005-01-19	1.466	-0.138	5.349	-0.030	1.000	1.200	
2005-01-20	1.472	-0.144	5.325	-0.054	1.000	1.200	
2005-01-21	1.484	-0.156	6.307	-0.076	2.004	1.200	
2005-01-24	1.493	-0.165	6.266	-0.117	2.004	1.200	
2005-01-26	1.498	-0.170	6.235	-0.148	2.004	1.200	
2005-01-28	1.514	-0.186	7.195	-0.183	2.999	1.200	
2005-01-31	1.557	-0.229	7.158	-0.220	2.999	1.200	
2005-02-02	1.581	-0.253	7.131	-0.247	2.999	1.200	
2005-02-03	1.604	-0.276	7.114	-0.264	2.999	1.200	
2005-02-04	1.615	-0.287	7.099	-0.279	2.999	1.200	
2005-02-14	1.717	-0.389	6.982	-0.396	2.999	1.200	
2005-02-17	1.744	-0.416	6.956	-0.422	2.999	1.200	
2005-02-21	1.786	-0.458	6.915	-0.463	2.999	1.200	
2005-02-24	1.814	-0.486	6.882	-0.496	2.999	1.200	

구 분	침하계(GK-02)		침하판(SP-1)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-02-28	1.850	-0.522	6.849	-0.529	2.999	1.200	
2005-03-02	1.862	-0.534	6.831	-0.547	2.999	1.200	
2005-03-05	1.893	-0.565	6.803	-0.575	2.999	1.200	
2005-03-09	1.913	-0.585	6.779	-0.599	2.999	1.200	
2005-03-10	1.949	-0.621	6.753	-0.625	2.999	2.900	
2005-03-14	1.976	-0.648	7.731	-0.656	4.008	2.900	
2005-03-18	2.064	-0.736	7.641	-0.746	4.008	2.900	
2005-03-23	2.175	-0.847	7.536	-0.851	4.008	3.800	
2005-03-28	2.264	-0.936	7.442	-0.945	4.008	3.800	
2005-03-31	2.339	-1.011	9.385	-1.019	6.025	3.800	
2005-04-05	2.472	-1.144	9.258	-1.146	6.025	4.900	
2005-04-08	2.511	-1.183	9.215	-1.189	6.025	4.900	
2005-04-12	2.580	-1.252	9.145	-1.259	6.025	4.900	
2005-04-15	2.652	-1.324	9.082	-1.322	6.025	5.600	
2005-04-18	2.711	-1.383	9.020	-1.384	6.025	5.600	
2005-04-27	2.856	-1.528	8.873	-1.531	6.025	5.600	
2005-05-04	2.942	-1.614	8.780	-1.624	6.025	5.600	
2005-05-13	3.034	-1.706	8.680	-1.724	6.025	5.600	
2005-05-19	3.091	-1.763	8.618	-1.786	6.025	5.600	
2005-05-26	3.153	-1.825	8.551	-1.853	6.025	5.600	
2005-06-03	3.220	-1.892	8.486	-1.918	6.025	5.600	
2005-06-09	3.261	-1.933	8.445	-1.959	6.025	5.600	
2005-06-15	3.298	-1.970	8.408	-1.996	6.025	5.600	
2005-06-23	3.347	-2.019	8.356	-2.048	6.025	5.600	
2005-07-05	3.405	-2.077	8.290	-2.114	6.025	5.600	
2005-07-12	3.446	-2.118	8.250	-2.154	6.025	5.600	
2005-07-26	3.508	-2.180	8.187	-2.217	6.025	5.600	
2005-08-05	3.542	-2.214	8.150	-2.254	6.025	5.600	
2005-08-11	3.564	-2.236	8.129	-2.275	6.025	5.600	
2005-08-30	3.627	-2.299	8.067	-2.337	6.025	5.600	
2005-09-12	3.655	-2.327	8.041	-2.363	6.025	5.600	
2005-09-26	3.694	-2.366	8.005	-2.399	6.025	5.600	
2005-10-12	3.726	-2.398	7.981	-2.423	6.025	5.600	
2005-10-26	3.751	-2.423	7.958	-2.446	6.025	5.600	
2005-11-15	3.784	-2.456	7.926	-2.478	6.025	5.600	
2005-11-28	3.798	-2.470	7.914	-2.490	6.025	5.600	
2005-12-14	3.823	-2.495	7.893	-2.511	6.025	5.600	
2005-12-28	3.847	-2.519	7.873	-2.531	6.025	5.600	
2006-01-11	3.865	-2.537	7.858	-2.546	6.025	5.600	
2006-01-25	3.879	-2.551	7.846	-2.558	6.025	5.600	

구 분	침하계(GK-02)		침하판(SP-1)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2006-02-08	3.888	-2.560	7.840	-2.564	6.025	5.600	
2006-02-22	3.893	-2.565	7.836	-2.568	6.025	5.600	
2006-03-08	3.898	-2.570	7.833	-2.571	6.025	5.600	
2006-03-22	3.902	-2.574	7.831	-2.573	6.025	5.600	
2006-04-05	3.904	-2.576	7.830	-2.574	6.025	5.600	
2006-04-19	3.905	-2.577	7.828	-2.576	6.025	5.600	
2006-05-03	3.907	-2.579	7.826	-2.578	6.025	5.600	
2006-05-17	3.907	-2.579	7.824	-2.580	6.025	5.600	
2006-05-31	3.909	-2.581	7.824	-2.580	6.025	5.600	

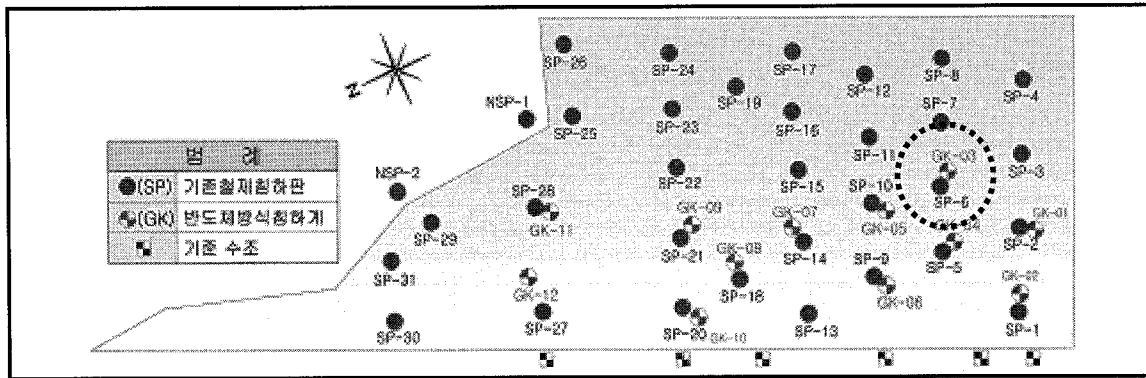
GK-2 침하량측정 GRAPH



GK-03 침하량 측정

1. 설치개요

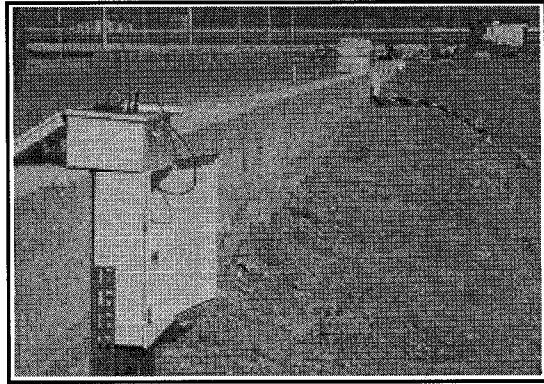
설치평면도



 사진대지



< 반도체 침하계 설치 >



< 기준수조 설치 >

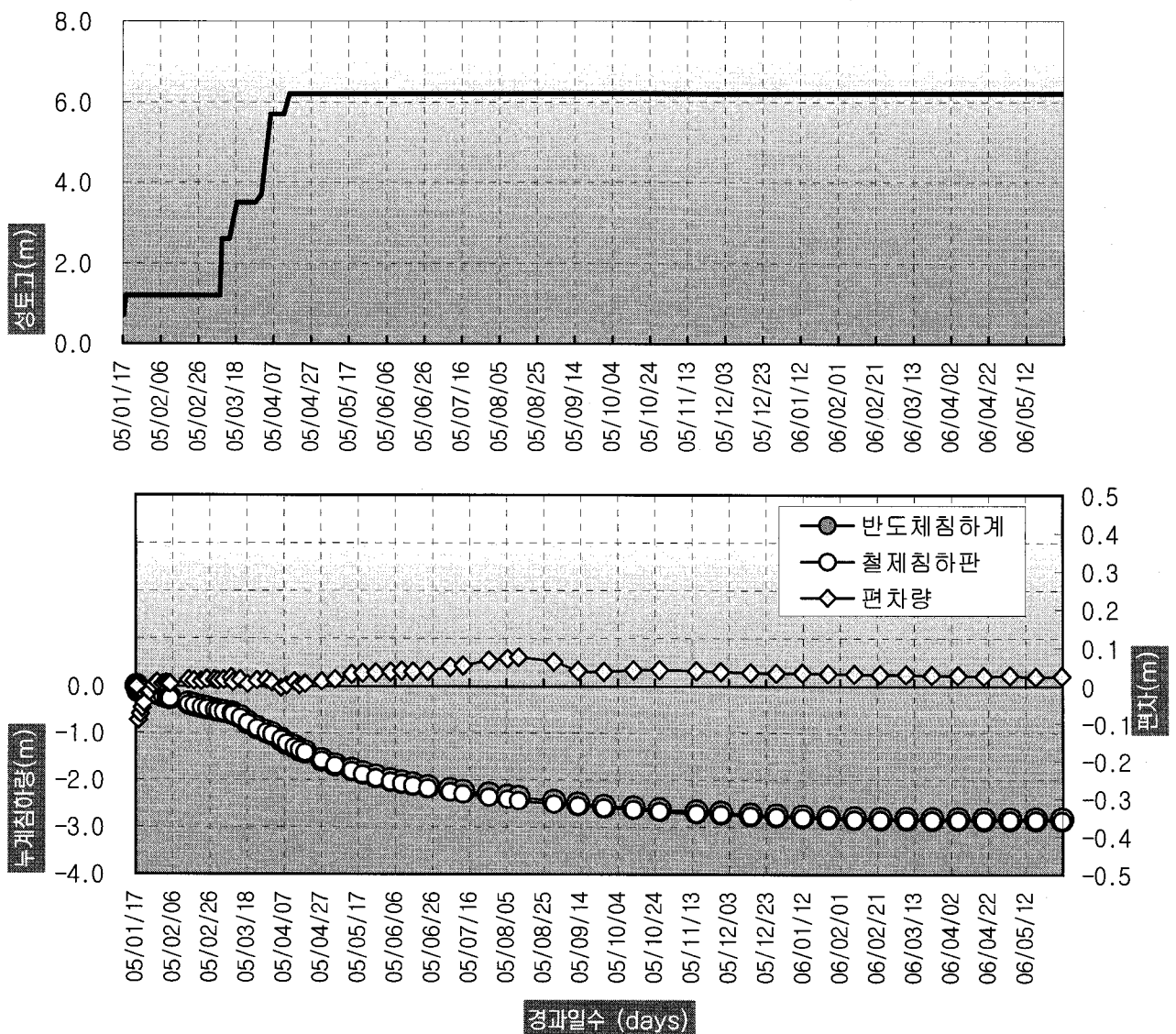
2. 침하량 측정

구 분	침하계(GK-03)		침하판(SP-6)			성토고(m)	비 고
	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-01-17	1.929	0.000	4.730	0.000	1.000	0.700	초기치
2005-01-18	2.027	-0.098	4.723	-0.007	1.000	1.200	
2005-01-19	2.041	-0.112	4.692	-0.038	1.000	1.200	
2005-01-20	2.046	-0.117	6.677	-0.058	3.005	1.200	
2005-01-21	2.049	-0.120	6.660	-0.075	3.005	1.200	
2005-01-24	2.058	-0.129	6.620	-0.115	3.005	1.200	
2005-01-26	2.074	-0.145	6.587	-0.148	3.005	1.200	
2005-01-28	2.098	-0.169	6.555	-0.180	3.005	1.200	
2005-01-31	2.142	-0.213	6.514	-0.221	3.005	1.200	
2005-02-02	2.168	-0.239	6.487	-0.248	3.005	1.200	
2005-02-03	2.181	-0.252	6.475	-0.260	3.005	1.200	
2005-02-04	2.193	-0.264	6.464	-0.271	3.005	1.200	
2005-02-14	2.300	-0.371	6.347	-0.388	3.005	1.200	
2005-02-17	2.328	-0.399	6.321	-0.414	3.005	1.200	
2005-02-21	2.369	-0.440	6.281	-0.454	3.005	1.200	
2005-02-24	2.394	-0.465	6.251	-0.484	3.005	1.200	

구 분	침하계(GK-03)		침하판(SP-6)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-02-28	2.430	-0.501	6.217	-0.518	3.005	1.200	
2005-03-02	2.451	-0.522	6.198	-0.537	3.005	1.200	
2005-03-05	2.472	-0.543	6.175	-0.560	3.005	1.200	
2005-03-09	2.497	-0.568	6.144	-0.591	3.005	1.200	
2005-03-10	2.532	-0.603	6.121	-0.614	3.005	2.600	
2005-03-14	2.594	-0.665	7.064	-0.683	4.017	2.600	
2005-03-18	2.714	-0.785	6.956	-0.791	4.017	3.500	
2005-03-23	2.815	-0.886	6.845	-0.902	4.017	3.500	
2005-03-28	2.907	-0.978	6.752	-0.995	4.017	3.500	
2005-03-31	2.958	-1.029	8.718	-1.039	6.027	3.700	
2005-04-05	3.072	-1.143	8.617	-1.140	6.027	5.700	
2005-04-08	3.154	-1.225	9.535	-1.227	7.032	5.700	
2005-04-12	3.223	-1.294	9.455	-1.307	7.032	5.700	
2005-04-15	3.291	-1.362	9.397	-1.365	7.032	6.200	
2005-04-18	3.340	-1.411	9.344	-1.418	7.032	6.200	
2005-04-27	3.507	-1.578	9.171	-1.591	7.032	6.200	
2005-05-04	3.613	-1.684	9.059	-1.703	7.032	6.200	
2005-05-13	3.715	-1.786	8.944	-1.818	7.032	6.200	
2005-05-19	3.782	-1.853	8.874	-1.888	7.032	6.200	
2005-05-26	3.857	-1.928	8.798	-1.964	7.032	6.200	
2005-06-03	3.929	-2.000	8.724	-2.038	7.032	6.200	
2005-06-09	3.975	-2.046	8.675	-2.087	7.032	6.200	
2005-06-15	4.018	-2.089	8.635	-2.127	7.032	6.200	
2005-06-23	4.073	-2.144	8.577	-2.185	7.032	6.200	
2005-07-05	4.136	-2.207	8.504	-2.258	7.032	6.200	
2005-07-12	4.177	-2.248	8.460	-2.302	7.032	6.200	
2005-07-26	4.234	-2.305	8.390	-2.372	7.032	6.200	
2005-08-05	4.276	-2.347	8.343	-2.419	7.032	6.200	
2005-08-11	4.299	-2.370	8.317	-2.445	7.032	6.200	
2005-08-30	4.381	-2.452	8.247	-2.515	7.032	6.200	
2005-09-12	4.442	-2.513	8.208	-2.554	7.032	6.200	
2005-09-26	4.489	-2.560	8.164	-2.598	7.032	6.200	
2005-10-12	4.523	-2.594	8.126	-2.636	7.032	6.200	
2005-10-26	4.558	-2.629	8.090	-2.672	7.032	6.200	
2005-11-15	4.604	-2.675	8.046	-2.716	7.032	6.200	
2005-11-28	4.629	-2.700	8.024	-2.738	7.032	6.200	
2005-12-14	4.662	-2.733	7.993	-2.769	7.032	6.200	
2005-12-28	4.682	-2.753	7.974	-2.788	7.032	6.200	
2006-01-11	4.701	-2.772	7.955	-2.807	7.032	6.200	
2006-01-25	4.719	-2.790	7.938	-2.824	7.032	6.200	

구 분	침하계(GK-03)		침하판(SP-6)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2006-02-08	4.735	-2.806	7.923	-2.839	7.032	6.200	
2006-02-22	4.744	-2.815	7.915	-2.847	7.032	6.200	
2006-03-08	4.749	-2.820	7.911	-2.851	7.032	6.200	
2006-03-22	4.751	-2.822	7.910	-2.852	7.032	6.200	
2006-04-05	4.754	-2.825	7.908	-2.854	7.032	6.200	
2006-04-19	4.757	-2.828	7.907	-2.855	7.032	6.200	
2006-05-03	4.757	-2.828	7.905	-2.857	7.032	6.200	
2006-05-17	4.759	-2.830	7.906	-2.856	7.032	6.200	
2006-05-31	4.760	-2.831	7.904	-2.858	7.032	6.200	

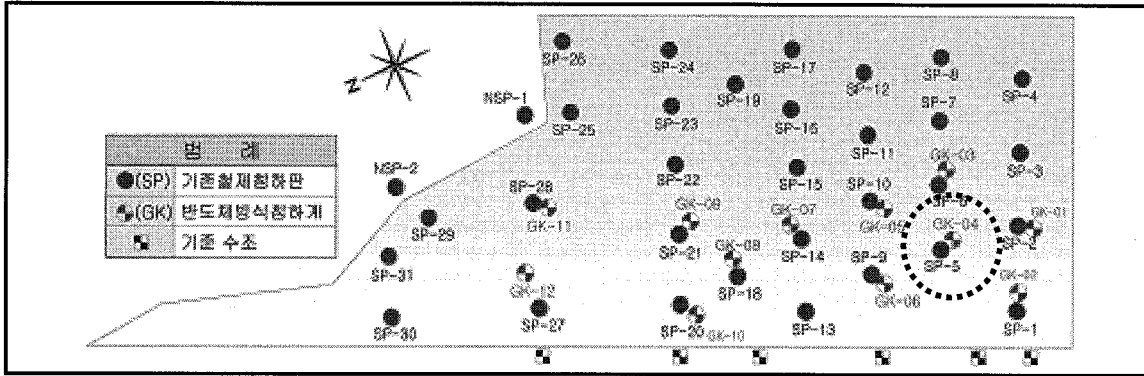
GK-3 침하량측정 GRAPH



GK-04 침하량 측정

1. 설치개요

☑ 설치평면도



☑ 사진대지



< 반도체침하계 설치 >



< 기준수조 설치 >

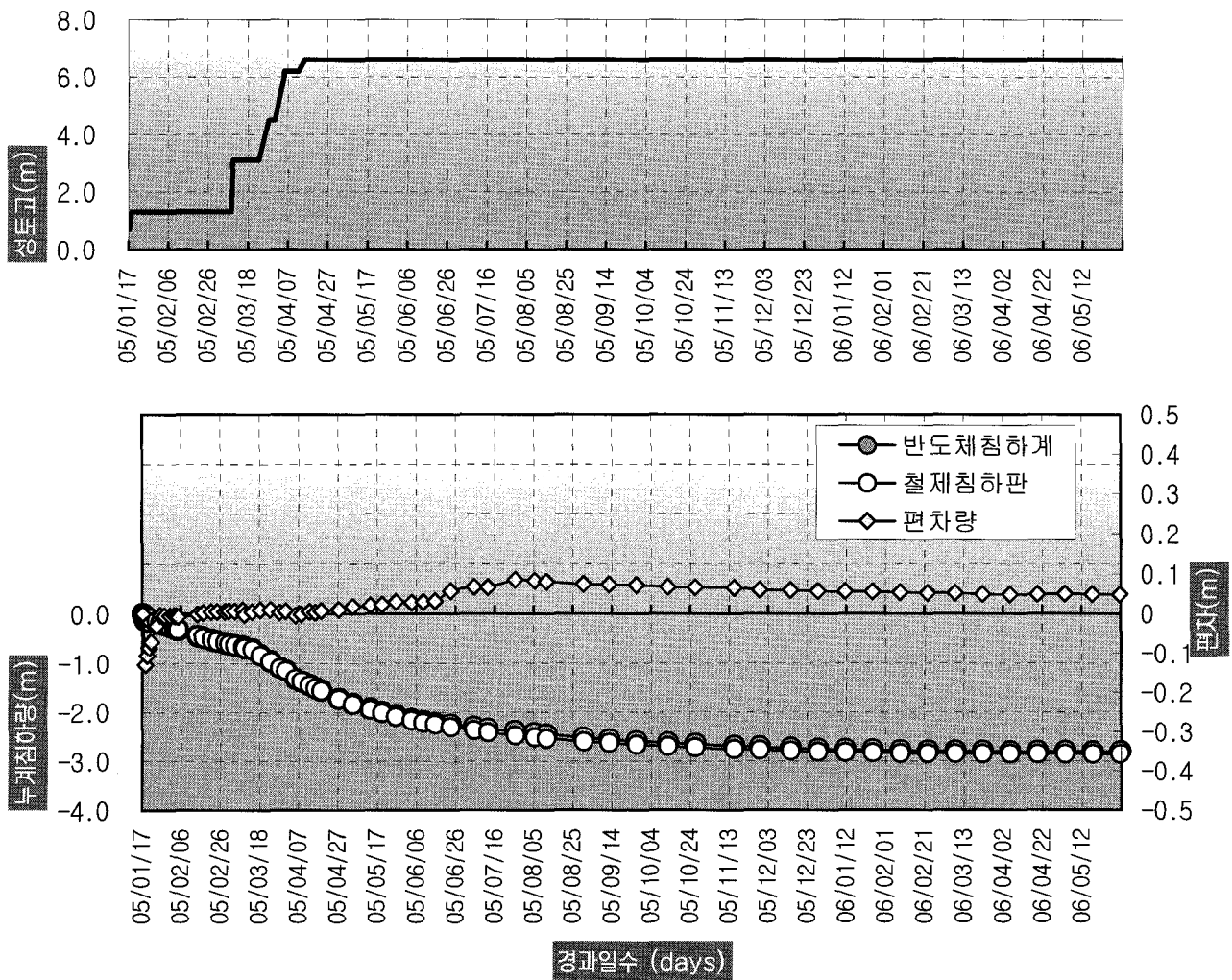
2. 침하량 측정

구 분	침하계(GK-04)		침하판(SP-5)			성토고(m)	비 고
	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-01-17	2.139	0.000	4.549	0.000	1.000	0.700	초기치
2005-01-18	2.269	-0.130	4.548	-0.001	1.000	1.300	
2005-01-19	2.284	-0.145	4.509	-0.040	1.000	1.300	
2005-01-20	2.292	-0.153	6.484	-0.067	3.002	1.300	
2005-01-21	2.299	-0.160	6.463	-0.088	3.002	1.300	
2005-01-24	2.312	-0.173	6.409	-0.142	3.002	1.300	
2005-01-26	2.320	-0.181	6.374	-0.177	3.002	1.300	
2005-01-28	2.361	-0.222	6.335	-0.216	3.002	1.300	
2005-01-31	2.403	-0.264	6.293	-0.258	3.002	1.300	
2005-02-02	2.431	-0.292	6.263	-0.288	3.002	1.300	
2005-02-03	2.452	-0.313	6.244	-0.307	3.002	1.300	
2005-02-04	2.469	-0.330	6.229	-0.322	3.002	1.300	
2005-02-14	2.592	-0.453	6.100	-0.451	3.002	1.300	
2005-02-17	2.621	-0.482	6.067	-0.484	3.002	1.300	
2005-02-21	2.663	-0.524	6.023	-0.528	3.002	1.300	
2005-02-24	2.692	-0.553	5.993	-0.558	3.002	1.300	

구 분	침하계(GK-04)		침하판(SP-5)			성토고(m)	비 고
	Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)	
2005-02-28	2.729	-0.590	5.956	-0.595	3.002	1.300	
2005-03-02	2.747	-0.608	5.937	-0.614	3.002	1.300	
2005-03-05	2.772	-0.633	5.912	-0.639	3.002	1.300	
2005-03-09	2.803	-0.664	5.878	-0.673	3.002	1.300	
2005-03-10	2.832	-0.693	5.861	-0.690	3.002	3.100	
2005-03-14	2.858	-0.719	6.842	-0.723	4.016	3.100	
2005-03-18	2.970	-0.831	6.725	-0.840	4.016	3.100	
2005-03-23	3.092	-0.953	6.602	-0.963	4.016	3.100	
2005-03-28	3.237	-1.098	6.464	-1.101	4.016	4.500	
2005-03-31	3.289	-1.150	8.423	-1.156	6.030	4.500	
2005-04-05	3.464	-1.325	8.259	-1.320	6.030	6.200	
2005-04-08	3.515	-1.376	9.208	-1.374	7.033	6.200	
2005-04-12	3.590	-1.451	9.126	-1.456	7.033	6.200	
2005-04-15	3.653	-1.514	9.065	-1.517	7.033	6.600	
2005-04-18	3.702	-1.563	9.012	-1.570	7.033	6.600	
2005-04-27	3.865	-1.726	8.846	-1.736	7.033	6.600	
2005-05-04	3.963	-1.824	8.740	-1.842	7.033	6.600	
2005-05-13	4.072	-1.933	8.628	-1.954	7.033	6.600	
2005-05-19	4.139	-2.000	8.560	-2.022	7.033	6.600	
2005-05-26	4.206	-2.067	8.486	-2.096	7.033	6.600	
2005-06-03	4.279	-2.140	8.414	-2.168	7.033	6.600	
2005-06-09	4.324	-2.185	8.368	-2.214	7.033	6.600	
2005-06-15	4.358	-2.219	8.331	-2.251	7.033	6.600	
2005-06-23	4.389	-2.250	8.275	-2.307	7.033	6.600	
2005-07-05	4.446	-2.307	8.208	-2.374	7.033	6.600	
2005-07-12	4.488	-2.349	8.167	-2.415	7.033	6.600	
2005-07-26	4.532	-2.393	8.104	-2.478	7.033	6.600	
2005-08-05	4.574	-2.435	8.064	-2.518	7.033	6.600	
2005-08-11	4.597	-2.458	8.044	-2.538	7.033	6.600	
2005-08-30	4.667	-2.528	7.980	-2.602	7.033	6.600	
2005-09-12	4.695	-2.556	7.953	-2.629	7.033	6.600	
2005-09-26	4.734	-2.595	7.915	-2.667	7.033	6.600	
2005-10-12	4.768	-2.629	7.886	-2.696	7.033	6.600	
2005-10-26	4.795	-2.656	7.860	-2.722	7.033	6.600	
2005-11-15	4.830	-2.691	7.826	-2.756	7.033	6.600	
2005-11-28	4.849	-2.710	7.812	-2.770	7.033	6.600	
2005-12-14	4.872	-2.733	7.790	-2.792	7.033	6.600	
2005-12-28	4.890	-2.751	7.774	-2.808	7.033	6.600	
2006-01-11	4.903	-2.764	7.762	-2.820	7.033	6.600	
2006-01-25	4.914	-2.775	7.752	-2.830	7.033	6.600	

구 분	침하계(GK-04)		침하판(SP-5)			성토고(m)	비 고
	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	불연결고(m)		
2006-02-08	4.923	-2.784	7.744	-2.838	7.033	6.600	
2006-02-22	4.930	-2.791	7.739	-2.843	7.033	6.600	
2006-03-08	4.934	-2.795	7.735	-2.847	7.033	6.600	
2006-03-22	4.939	-2.800	7.733	-2.849	7.033	6.600	
2006-04-05	4.941	-2.802	7.732	-2.850	7.033	6.600	
2006-04-19	4.943	-2.804	7.729	-2.853	7.033	6.600	
2006-05-03	4.944	-2.805	7.727	-2.855	7.033	6.600	
2006-05-17	4.946	-2.807	7.726	-2.856	7.033	6.600	
2006-05-31	4.947	-2.808	7.726	-2.856	7.033	6.600	

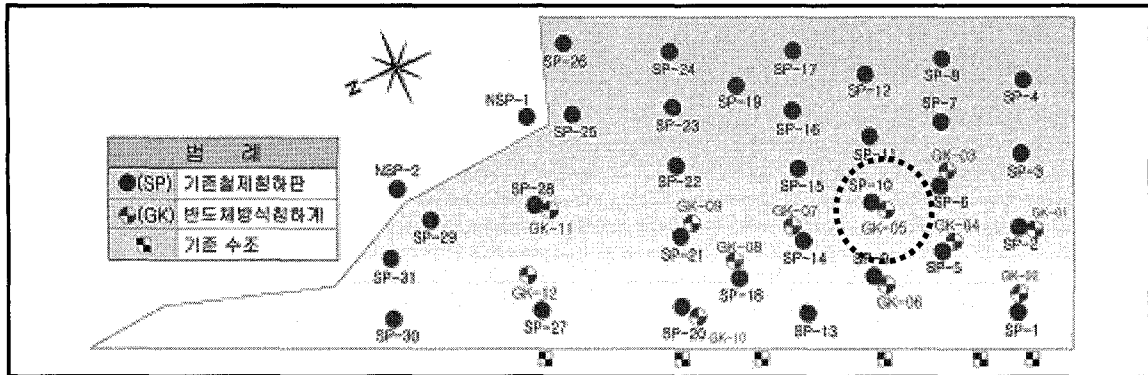
GK-4 침하량측정 GRAPH



GK-05 침하량 측정

1. 설치개요

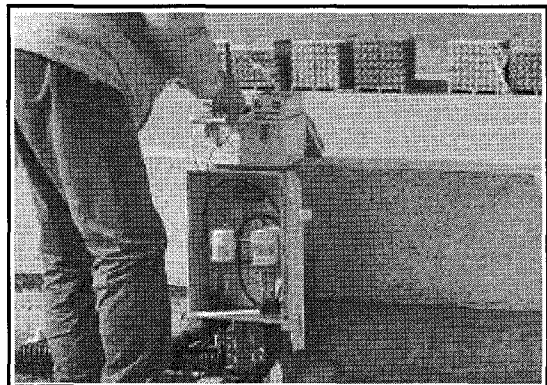
설치평면도



사진대지



< 반도체침하계 설치 >



< 기준수조 설치 >

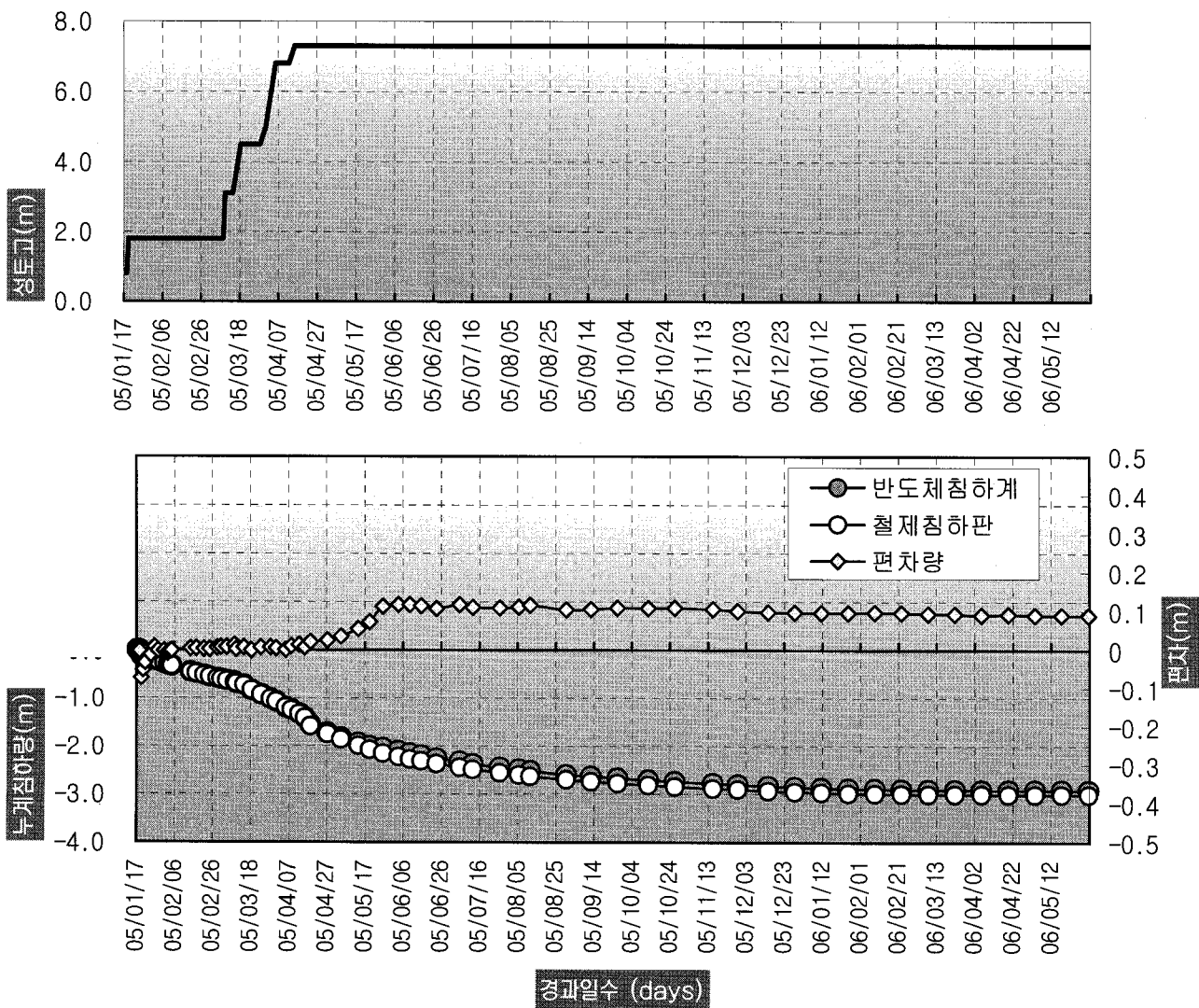
2. 침하량 측정

구 분	침하계(GK-05)		침하판(SP-10)			성도고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-01-17	2.730	0.000	3.964	0.000	1.000	0.800	초기치
2005-01-18	2.733	-0.003	3.963	-0.001	1.000	0.800	
2005-01-19	2.842	-0.112	3.924	-0.040	1.000	1.800	
2005-01-20	2.851	-0.121	5.891	-0.070	2.997	1.800	
2005-01-21	2.857	-0.127	5.865	-0.096	2.997	1.800	
2005-01-24	2.889	-0.159	5.814	-0.147	2.997	1.800	
2005-01-26	2.905	-0.175	5.778	-0.183	2.997	1.800	
2005-01-28	2.951	-0.221	5.741	-0.220	2.997	1.800	
2005-01-31	2.998	-0.268	5.695	-0.266	2.997	1.800	
2005-02-02	3.031	-0.301	5.667	-0.294	2.997	1.800	
2005-02-03	3.042	-0.312	5.651	-0.310	2.997	1.800	
2005-02-04	3.053	-0.323	5.639	-0.322	2.997	1.800	
2005-02-14	3.174	-0.444	5.513	-0.448	2.997	1.800	
2005-02-17	3.203	-0.473	5.483	-0.478	2.997	1.800	
2005-02-21	3.246	-0.516	5.442	-0.519	2.997	1.800	
2005-02-24	3.280	-0.550	5.409	-0.552	2.997	1.800	

구 분	침하계(GK-05)		침하판(SP-10)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-02-28	3.314	-0.584	5.371	-0.590	2.997	1.800	
2005-03-02	3.332	-0.602	5.351	-0.610	2.997	1.800	
2005-03-05	3.361	-0.631	5.322	-0.639	2.997	1.800	
2005-03-09	3.390	-0.660	5.288	-0.673	2.997	1.800	
2005-03-10	3.424	-0.694	5.265	-0.696	2.997	3.100	
2005-03-14	3.456	-0.726	6.231	-0.733	4.000	3.100	
2005-03-18	3.561	-0.831	6.134	-0.830	4.000	4.500	
2005-03-23	3.655	-0.925	6.032	-0.932	4.000	4.500	
2005-03-28	3.751	-1.021	5.936	-1.028	4.000	4.500	
2005-03-31	3.804	-1.074	7.891	-1.079	6.006	5.000	
2005-04-05	3.924	-1.194	7.775	-1.195	6.006	6.800	
2005-04-08	3.972	-1.242	10.288	-1.252	8.576	6.800	
2005-04-12	4.055	-1.325	10.202	-1.338	8.576	6.800	
2005-04-15	4.142	-1.412	9.551	-1.419	7.006	7.300	
2005-04-18	4.296	-1.566	9.383	-1.587	7.006	7.300	
2005-04-27	4.459	-1.729	9.216	-1.754	7.006	7.300	
2005-05-04	4.558	-1.828	9.107	-1.863	7.006	7.300	
2005-05-13	4.669	-1.939	8.976	-1.994	7.006	7.300	
2005-05-19	4.737	-2.007	8.890	-2.080	7.006	7.300	
2005-05-26	4.774	-2.044	8.813	-2.157	7.006	7.300	
2005-06-03	4.842	-2.112	8.741	-2.229	7.006	7.300	
2005-06-09	4.890	-2.160	8.693	-2.277	7.006	7.300	
2005-06-15	4.935	-2.205	8.651	-2.319	7.006	7.300	
2005-06-23	4.998	-2.268	8.595	-2.375	7.006	7.300	
2005-07-05	5.061	-2.331	8.522	-2.448	7.006	7.300	
2005-07-12	5.113	-2.383	8.477	-2.493	7.006	7.300	
2005-07-26	5.182	-2.452	8.409	-2.561	7.006	7.300	
2005-08-05	5.224	-2.494	8.365	-2.605	7.006	7.300	
2005-08-11	5.250	-2.520	8.334	-2.636	7.006	7.300	
2005-08-30	5.331	-2.601	8.265	-2.705	8.006	7.300	
2005-09-12	5.364	-2.634	8.231	-2.739	8.006	7.300	
2005-09-26	5.403	-2.673	8.188	-2.782	8.006	7.300	
2005-10-12	5.438	-2.708	8.154	-2.816	8.006	7.300	
2005-10-26	5.470	-2.740	8.121	-2.849	8.006	7.300	
2005-11-15	5.512	-2.782	8.082	-2.888	8.006	7.300	
2005-11-28	5.536	-2.806	8.063	-2.907	8.006	7.300	
2005-12-14	5.567	-2.837	8.035	-2.935	8.006	7.300	
2005-12-28	5.586	-2.856	8.017	-2.953	8.006	7.300	
2006-01-11	5.603	-2.873	8.001	-2.969	8.006	7.300	
2006-01-25	5.617	-2.887	7.987	-2.983	8.006	7.300	

구 분	침하계(GK-05)		침하판(SP-10)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2006-02-08	5.625	-2.895	7.978	-2.992	8.006	7.300	
2006-02-22	5.632	-2.902	7.972	-2.998	8.006	7.300	
2006-03-08	5.638	-2.908	7.968	-3.002	8.006	7.300	
2006-03-22	5.642	-2.912	7.965	-3.005	8.006	7.300	
2006-04-05	5.645	-2.915	7.964	-3.006	8.006	7.300	
2006-04-19	5.646	-2.916	7.962	-3.008	8.006	7.300	
2006-05-03	5.648	-2.918	7.962	-3.008	8.006	7.300	
2006-05-17	5.649	-2.919	7.961	-3.009	8.006	7.300	
2006-05-31	5.652	-2.922	7.959	-3.011	8.006	7.300	

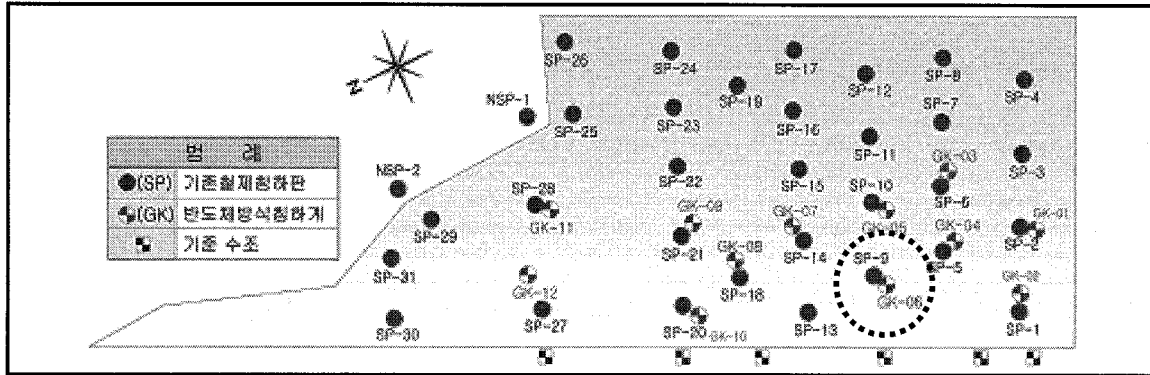
GK-5 침하량측정 GRAPH



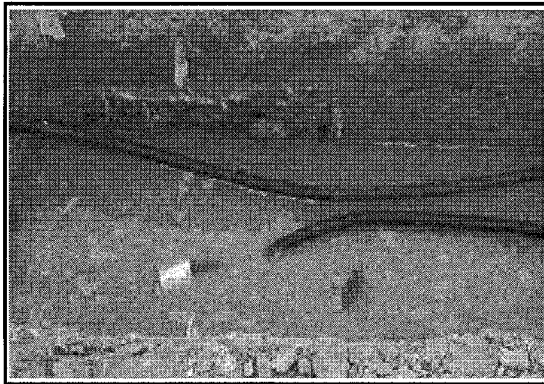
GK-06 침하량 측정

1. 설치개요

설치평면도



사진대지



< 반도체침하계 설치 >



< 기준수조 설치 >

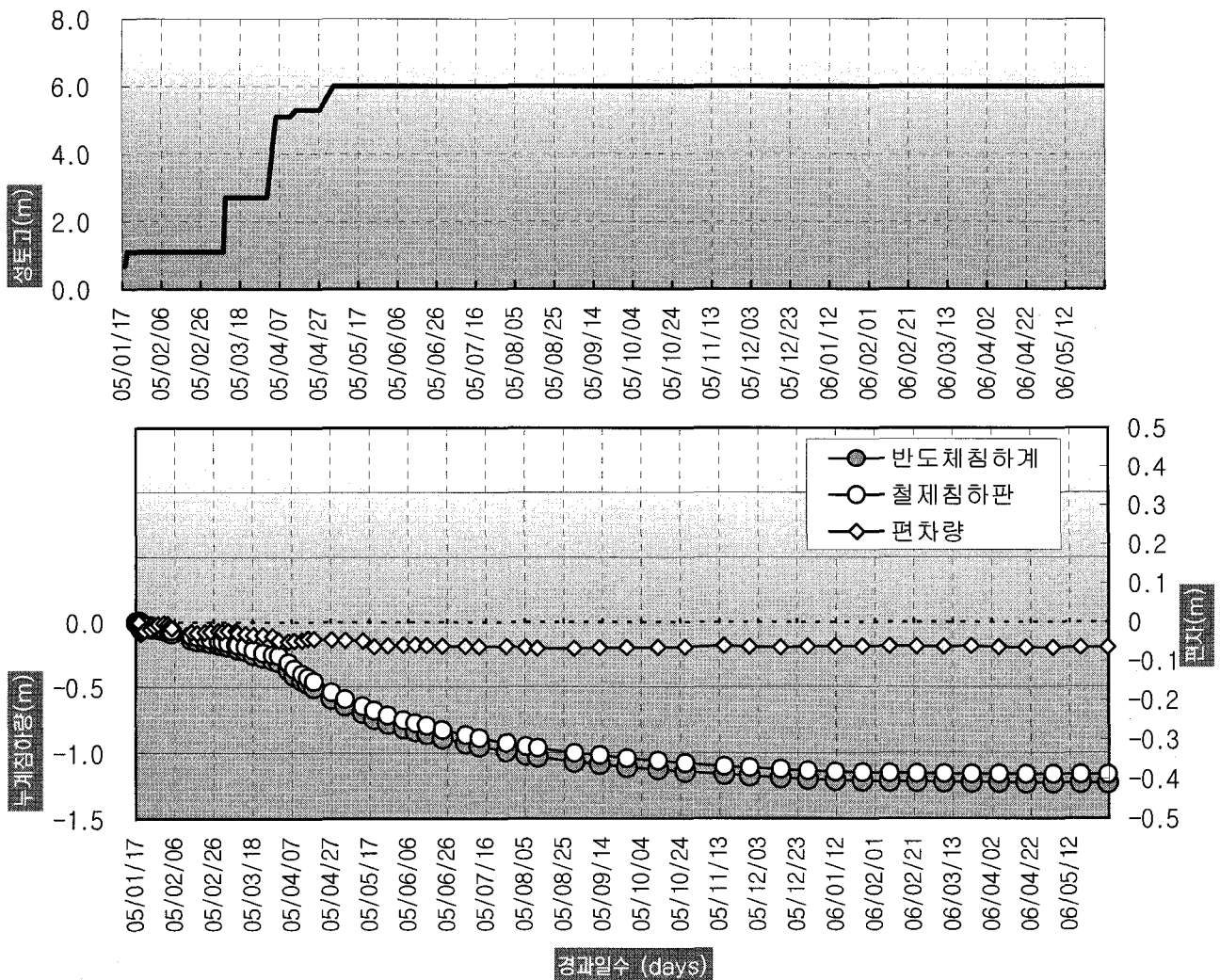
2. 침하량 측정

구 분	침하계(GK-06)		침하판(SP-9)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-01-17	2.116	0.000	4.839	0.000	1.000	0.700	초기치
2005-01-18	2.118	-0.002	4.838	-0.001	1.000	0.700	
2005-01-19	2.155	-0.039	4.831	-0.008	1.000	1.100	
2005-01-20	2.157	-0.041	5.830	-0.015	2.006	1.100	
2005-01-21	2.160	-0.044	5.824	-0.021	2.006	1.100	
2005-01-24	2.161	-0.045	5.819	-0.026	2.006	1.100	
2005-01-26	2.164	-0.048	5.809	-0.036	2.006	1.100	
2005-01-28	2.168	-0.052	5.800	-0.045	2.006	1.100	
2005-01-31	2.179	-0.063	5.786	-0.059	2.006	1.100	
2005-02-02	2.186	-0.070	5.781	-0.064	2.006	1.100	
2005-02-03	2.195	-0.079	5.778	-0.067	2.006	1.100	
2005-02-04	2.202	-0.086	5.776	-0.069	2.006	1.100	
2005-02-14	2.249	-0.133	5.739	-0.106	2.006	1.100	
2005-02-17	2.259	-0.143	5.731	-0.114	2.006	1.100	

구 분	침하계(GK-06)		침하판(SP-9)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-02-21	2.268	-0.152	5.720	-0.125	2.006	1.100	
2005-02-24	2.276	-0.160	5.710	-0.135	2.006	1.100	
2005-02-28	2.287	-0.171	5.698	-0.147	2.006	1.100	
2005-03-02	2.293	-0.177	5.693	-0.152	2.006	1.100	
2005-03-05	2.302	-0.186	5.683	-0.162	2.006	1.100	
2005-03-09	2.314	-0.198	5.671	-0.174	2.006	1.100	
2005-03-10	2.325	-0.209	5.665	-0.180	2.006	2.700	
2005-03-14	2.338	-0.222	7.695	-0.190	4.046	2.700	
2005-03-18	2.368	-0.252	7.667	-0.218	4.046	2.700	
2005-03-23	2.389	-0.273	7.646	-0.239	4.046	2.700	
2005-03-28	2.407	-0.291	7.631	-0.254	4.046	2.700	
2005-03-31	2.425	-0.309	8.614	-0.261	5.036	2.700	
2005-04-05	2.482	-0.366	8.560	-0.315	5.036	5.100	
2005-04-08	2.530	-0.414	9.514	-0.365	6.040	5.100	
2005-04-12	2.567	-0.451	9.476	-0.403	6.040	5.100	
2005-04-15	2.589	-0.473	9.449	-0.430	6.040	5.300	
2005-04-18	2.621	-0.505	9.418	-0.461	6.040	5.300	
2005-04-27	2.705	-0.589	9.336	-0.543	6.040	5.300	
2005-05-04	2.757	-0.641	9.285	-0.594	6.040	6.000	
2005-05-13	2.812	-0.696	9.232	-0.647	6.040	6.000	
2005-05-19	2.860	-0.744	9.199	-0.680	6.040	6.000	
2005-05-26	2.895	-0.779	9.161	-0.718	6.040	6.000	
2005-06-03	2.930	-0.814	9.125	-0.754	6.040	6.000	
2005-06-09	2.952	-0.836	9.102	-0.777	6.040	6.000	
2005-06-15	2.973	-0.857	9.083	-0.796	6.040	6.000	
2005-06-23	3.007	-0.891	9.050	-0.829	6.040	6.000	
2005-07-05	3.044	-0.928	9.014	-0.865	6.040	6.000	
2005-07-12	3.069	-0.953	8.990	-0.889	6.040	6.000	
2005-07-26	3.106	-0.990	8.952	-0.927	6.040	6.000	
2005-08-05	3.133	-1.017	8.928	-0.951	6.040	6.000	
2005-08-11	3.147	-1.031	8.916	-0.963	6.040	6.000	
2005-08-30	3.188	-1.072	8.875	-1.004	6.040	6.000	
2005-09-12	3.203	-1.087	8.859	-1.020	6.040	6.000	
2005-09-26	3.227	-1.111	8.835	-1.044	6.040	6.000	
2005-10-12	3.244	-1.128	8.817	-1.062	6.040	6.000	
2005-10-26	3.262	-1.146	8.798	-1.081	6.040	6.000	
2005-11-15	3.281	-1.165	8.775	-1.104	6.040	6.000	
2005-11-28	3.293	-1.177	8.766	-1.113	6.040	6.000	

구분	침하계(GK-06)		침하판(SP-9)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-12-14	3.307	-1.191	8.753	-1.126	6.040	6.000	
2005-12-28	3.318	-1.202	8.741	-1.138	6.040	6.000	
2006-01-11	3.326	-1.210	8.732	-1.147	6.040	6.000	
2006-01-25	3.331	-1.215	8.727	-1.152	6.040	6.000	
2006-02-08	3.334	-1.218	8.723	-1.156	6.040	6.000	
2006-02-22	3.338	-1.222	8.720	-1.159	6.040	6.000	
2006-03-08	3.340	-1.224	8.719	-1.160	6.040	6.000	
2006-03-22	3.341	-1.225	8.716	-1.163	6.040	6.000	
2006-04-05	3.343	-1.227	8.717	-1.162	6.040	6.000	
2006-04-19	3.346	-1.230	8.715	-1.164	6.040	6.000	
2006-05-03	3.347	-1.231	8.715	-1.164	6.040	6.000	
2006-05-17	3.347	-1.231	8.713	-1.166	6.040	6.000	
2006-05-31	3.348	-1.232	8.712	-1.167	6.040	6.000	

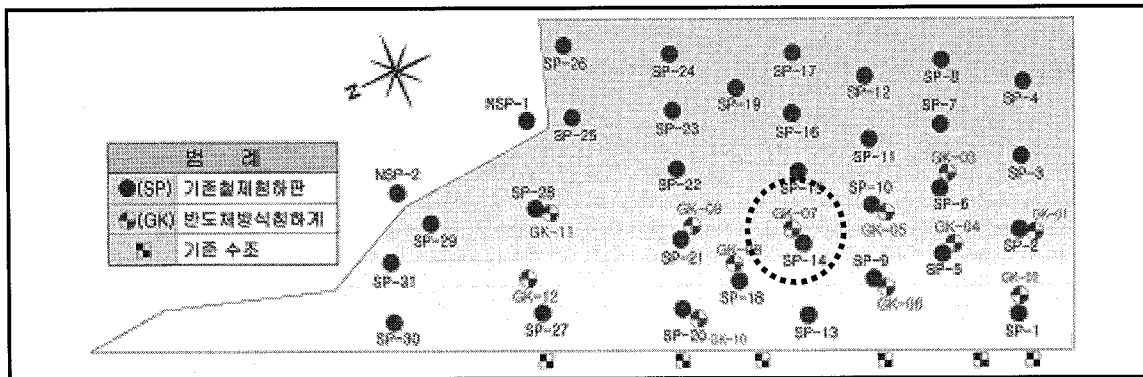
GK-6 침하량측정 GRAPH



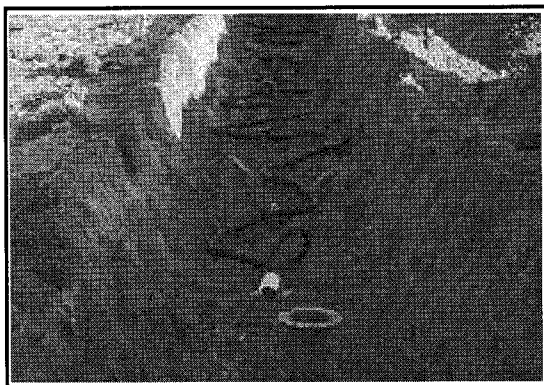
GK-07 침하량 측정

1. 설치개요

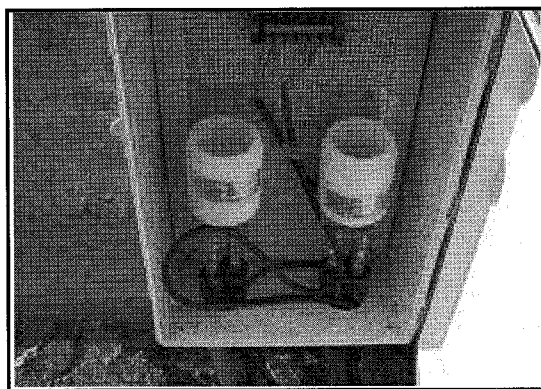
설치평면도



 사진대지



< 반도체 침하계 설치 >



< 기준수조 설치 >

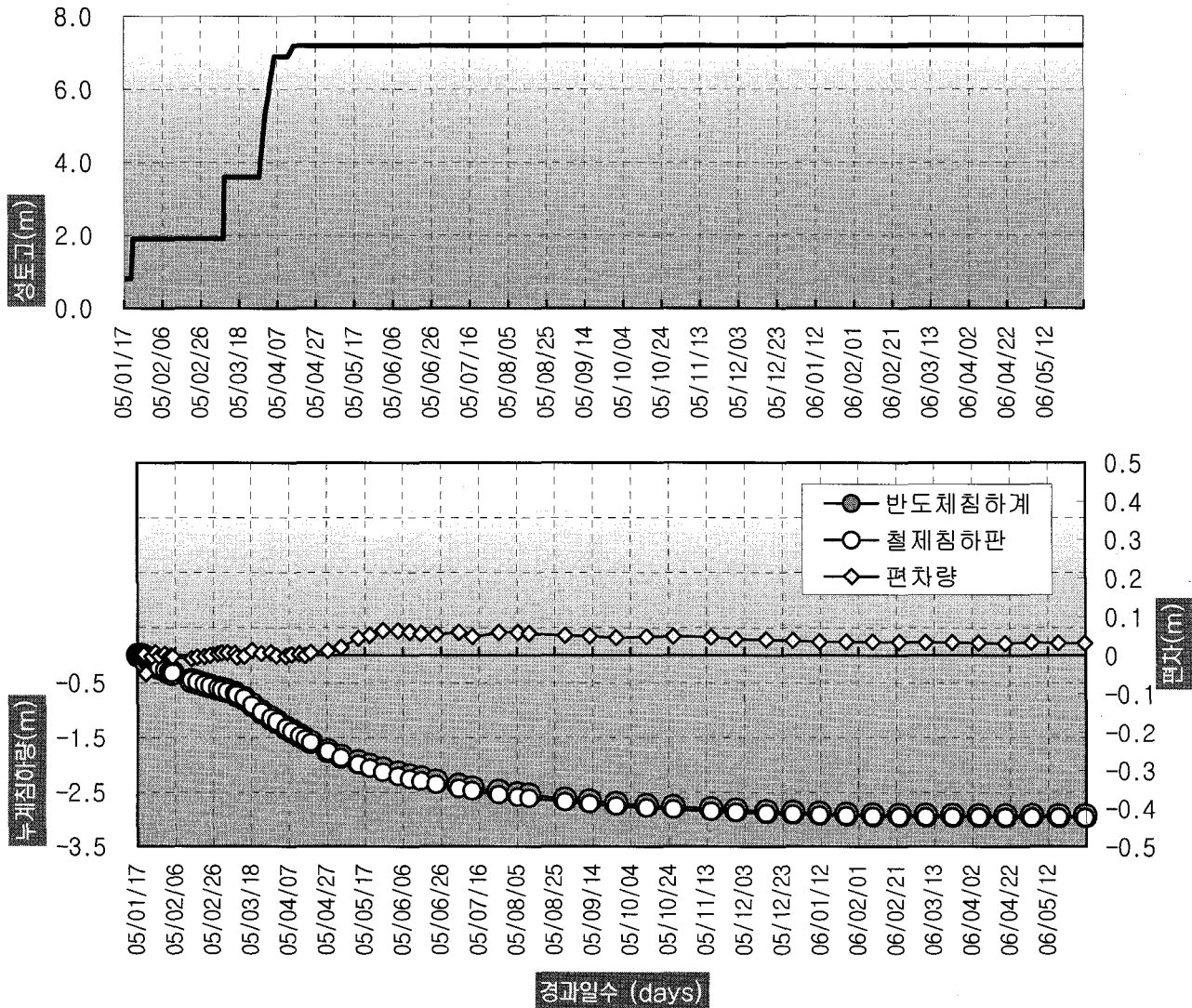
2. 침하량 측정

구 분	침하계(GK-07)		침하판(SP-14)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-01-17	2.645	0.000	3.915	0.000	1.000	0.800	초기치
2005-01-18	2.648	-0.003	3.914	-0.001	1.000	0.800	
2005-01-19	2.655	-0.010	3.907	-0.008	1.000	0.800	
2005-01-20	2.669	-0.024	4.893	-0.026	2.004	0.800	
2005-01-21	2.764	-0.119	4.848	-0.071	2.004	1.900	
2005-01-24	2.786	-0.141	4.782	-0.137	2.004	1.900	
2005-01-26	2.815	-0.170	4.742	-0.177	2.004	1.900	
2005-01-28	2.869	-0.224	4.698	-0.221	2.004	1.900	
2005-01-31	2.911	-0.266	4.650	-0.269	2.004	1.900	
2005-02-02	2.950	-0.305	5.619	-0.300	3.004	1.900	
2005-02-03	2.962	-0.317	5.605	-0.314	3.004	1.900	
2005-02-04	2.974	-0.329	5.594	-0.325	3.004	1.900	
2005-02-14	3.113	-0.468	5.461	-0.458	3.004	1.900	
2005-02-17	3.142	-0.497	5.428	-0.491	3.004	1.900	
2005-02-21	3.183	-0.538	5.385	-0.534	3.004	1.900	
2005-02-24	3.214	-0.569	5.351	-0.568	3.004	1.900	

구 분	침하계(GK-07)		침하관(SP-14)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-02-28	3.249	-0.604	5.312	-0.607	3.004	1.900	
2005-03-02	3.268	-0.623	5.291	-0.628	3.004	1.900	
2005-03-05	3.297	-0.652	5.261	-0.658	3.004	1.900	
2005-03-09	3.337	-0.692	5.222	-0.697	3.004	1.900	
2005-03-10	3.371	-0.726	5.198	-0.721	3.004	3.600	
2005-03-14	3.430	-0.785	7.150	-0.782	5.017	3.600	
2005-03-18	3.544	-0.899	7.021	-0.911	5.017	3.600	
2005-03-23	3.672	-1.027	6.901	-1.031	5.017	3.600	
2005-03-28	3.781	-1.136	6.789	-1.143	5.017	3.600	
2005-03-31	3.850	-1.205	8.738	-1.203	7.026	5.300	
2005-04-05	3.965	-1.320	8.624	-1.317	7.026	6.900	
2005-04-08	4.024	-1.379	9.565	-1.380	8.030	6.900	
2005-04-12	4.105	-1.460	9.482	-1.463	8.030	6.900	
2005-04-15	4.173	-1.528	9.418	-1.527	8.030	7.200	
2005-04-18	4.228	-1.583	9.355	-1.590	8.030	7.200	
2005-04-27	4.393	-1.748	9.186	-1.759	8.030	7.200	
2005-05-04	4.497	-1.852	9.072	-1.873	8.030	7.200	
2005-05-13	4.591	-1.946	8.955	-1.990	8.030	7.200	
2005-05-19	4.652	-2.007	8.886	-2.059	8.030	7.200	
2005-05-26	4.718	-2.073	8.808	-2.137	8.030	7.200	
2005-06-03	4.793	-2.148	8.734	-2.211	8.030	7.200	
2005-06-09	4.845	-2.200	8.685	-2.260	8.030	7.200	
2005-06-15	4.891	-2.246	8.643	-2.302	8.030	7.200	
2005-06-23	4.952	-2.307	8.584	-2.361	8.030	7.200	
2005-07-05	5.020	-2.375	8.511	-2.434	8.030	7.200	
2005-07-12	5.073	-2.428	8.469	-2.476	8.030	7.200	
2005-07-26	5.131	-2.486	8.400	-2.545	8.030	7.200	
2005-08-05	5.176	-2.531	8.355	-2.590	8.030	7.200	
2005-08-11	5.198	-2.553	8.335	-2.610	8.030	7.200	
2005-08-30	5.274	-2.629	8.265	-2.680	8.030	7.200	
2005-09-12	5.309	-2.664	8.231	-2.714	8.030	7.200	
2005-09-26	5.352	-2.707	8.192	-2.753	8.030	7.200	
2005-10-12	5.383	-2.738	8.159	-2.786	8.030	7.200	
2005-10-26	5.412	-2.767	8.129	-2.816	8.030	7.200	
2005-11-15	5.449	-2.804	8.094	-2.851	8.030	7.200	
2005-11-28	5.473	-2.828	8.075	-2.870	8.030	7.200	
2005-12-14	5.498	-2.853	8.052	-2.893	8.030	7.200	
2005-12-28	5.517	-2.872	8.035	-2.910	8.030	7.200	
2006-01-11	5.533	-2.888	8.022	-2.923	8.030	7.200	
2006-01-25	5.545	-2.900	8.010	-2.935	8.030	7.200	

구 분	침하계(GK-07)		침하판(SP-14)			성도고(m)	비 고
	Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)	
	2006-02-08	5.556	-2.911	7.999	-2.946	8.030	7.200
	2006-02-22	5.563	-2.918	7.993	-2.952	8.030	7.200
	2006-03-08	5.567	-2.922	7.990	-2.955	8.030	7.200
	2006-03-22	5.571	-2.926	7.986	-2.959	8.030	7.200
	2006-04-05	5.573	-2.928	7.985	-2.960	8.030	7.200
	2006-04-19	5.576	-2.931	7.983	-2.962	8.030	7.200
	2006-05-03	5.577	-2.932	7.980	-2.965	8.030	7.200
	2006-05-17	5.578	-2.933	7.980	-2.965	8.030	7.200
	2006-05-31	5.580	-2.935	7.979	-2.966	8.030	7.200

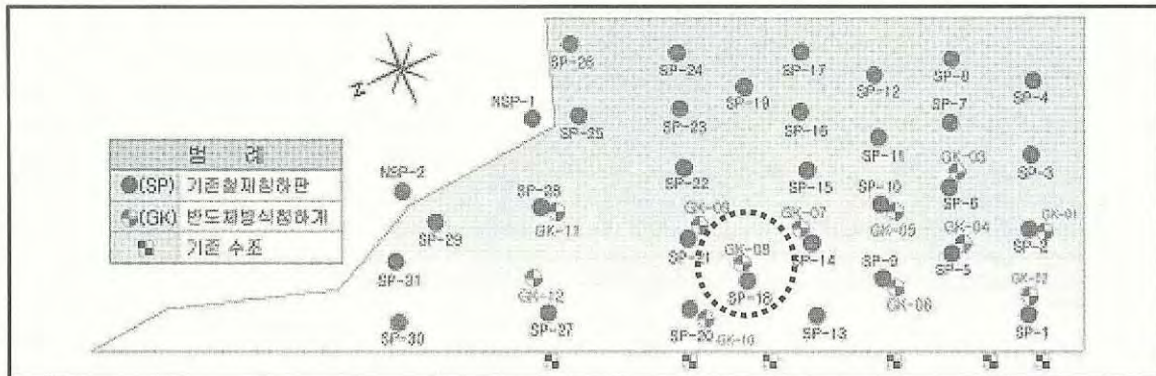
GK-7 침하량측정 GRAPH



GK-08 침하량 측정

1. 설치개요

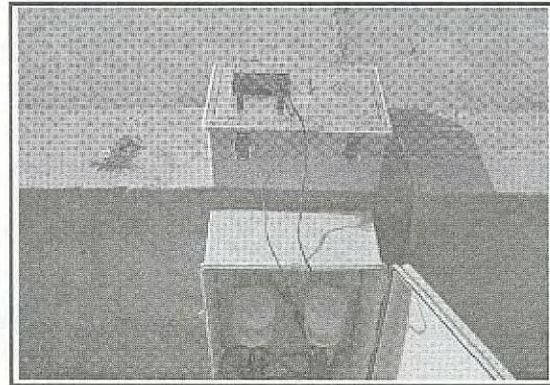
설치평면도



사진대지



< 반도체침하계 설치 >



< 기준수조 설치 >

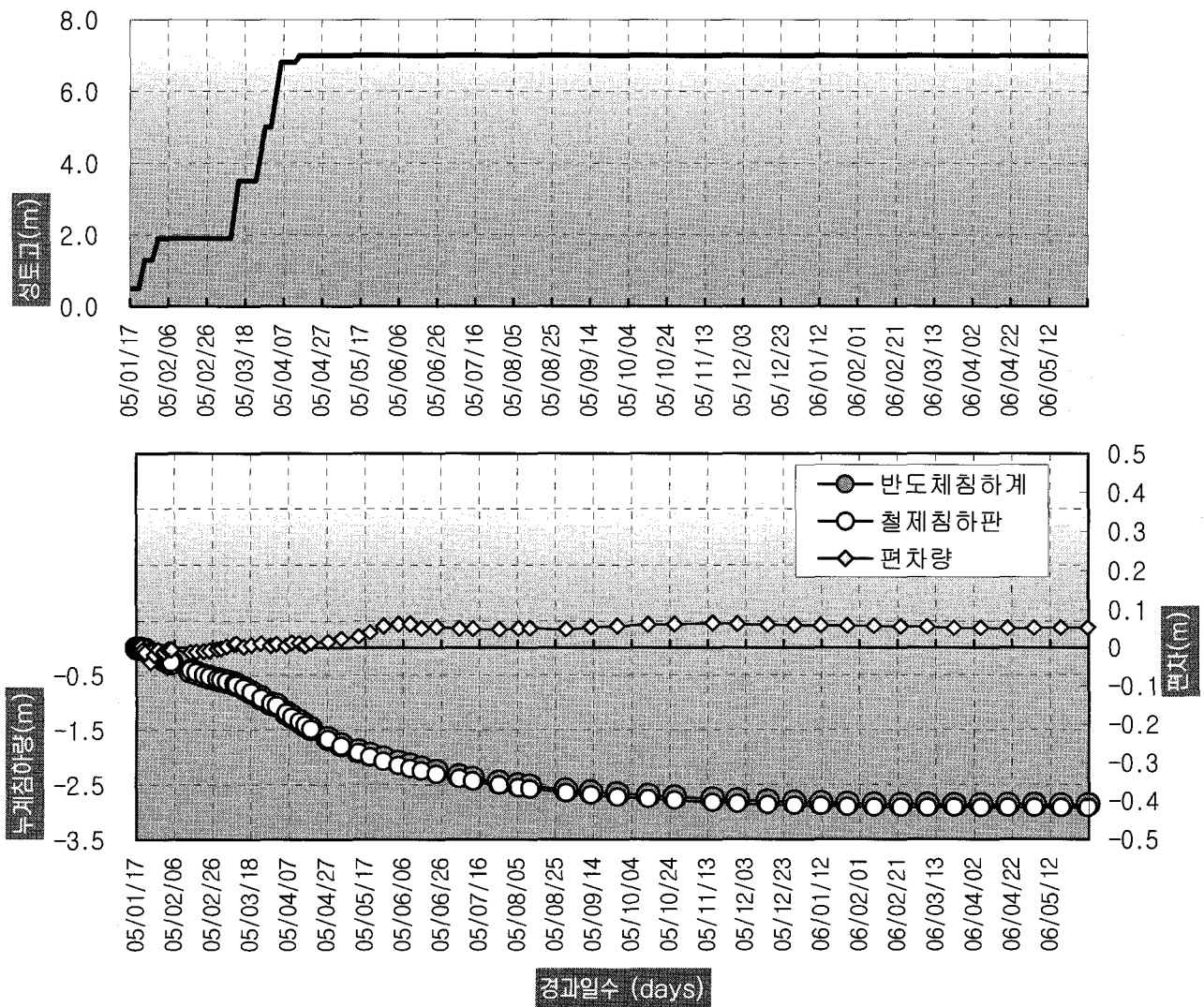
2. 침하량 측정

구 분	침하계(GK-08)		침하판(SP-18)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-01-17	2.693	0.000	4.102	0.000	1.000	0.500	초기치
2005-01-18	2.694	-0.001	4.101	-0.001	1.000	0.500	
2005-01-19	2.700	-0.007	4.091	-0.011	1.000	0.500	
2005-01-20	2.712	-0.019	5.090	-0.012	2.000	0.500	
2005-01-21	2.719	-0.026	5.089	-0.013	2.000	0.500	
2005-01-24	2.808	-0.115	5.026	-0.076	2.000	1.300	
2005-01-26	2.814	-0.121	5.000	-0.102	2.000	1.300	
2005-01-28	2.835	-0.142	4.966	-0.136	2.000	1.300	
2005-01-31	2.903	-0.210	4.903	-0.199	2.000	1.900	
2005-02-02	2.938	-0.245	5.858	-0.240	2.996	1.900	
2005-02-03	2.956	-0.263	5.840	-0.258	2.996	1.900	
2005-02-04	2.971	-0.278	5.826	-0.272	2.996	1.900	
2005-02-14	3.122	-0.429	5.682	-0.416	2.996	1.900	
2005-02-17	3.157	-0.464	5.645	-0.453	2.996	1.900	
2005-02-21	3.204	-0.511	5.597	-0.501	2.996	1.900	
2005-02-24	3.234	-0.541	5.565	-0.533	2.996	1.900	

구 분	침하계(GK-08)		침하판(SP-18)			성토고(m)	비 고
	Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)	
2005-02-28	3.270	-0.577	5.525	-0.573	2.996	1.900	
2005-03-02	3.288	-0.595	5.506	-0.592	2.996	1.900	
2005-03-05	3.310	-0.617	5.478	-0.620	2.996	1.900	
2005-03-09	3.343	-0.650	5.439	-0.659	2.996	1.900	
2005-03-10	3.364	-0.671	5.416	-0.682	2.996	1.900	
2005-03-14	3.431	-0.738	7.361	-0.740	4.999	3.500	
2005-03-18	3.506	-0.813	7.281	-0.820	4.999	3.500	
2005-03-23	3.605	-0.912	7.178	-0.923	4.999	3.500	
2005-03-28	3.713	-1.020	7.076	-1.025	4.999	5.000	
2005-03-31	3.742	-1.049	8.050	-1.059	6.007	5.000	
2005-04-05	3.883	-1.190	7.915	-1.194	6.007	6.800	
2005-04-08	3.950	-1.257	9.845	-1.271	8.014	6.800	
2005-04-12	4.034	-1.341	9.763	-1.353	8.014	6.800	
2005-04-15	4.107	-1.414	9.697	-1.419	8.014	7.000	
2005-04-18	4.168	-1.475	9.628	-1.488	8.014	7.000	
2005-04-27	4.352	-1.659	9.442	-1.674	8.014	7.000	
2005-05-04	4.463	-1.770	9.322	-1.794	8.014	7.000	
2005-05-13	4.579	-1.886	9.200	-1.916	8.014	7.000	
2005-05-19	4.641	-1.948	9.126	-1.990	8.014	7.000	
2005-05-26	4.708	-2.015	9.043	-2.073	8.014	7.000	
2005-06-03	4.782	-2.089	8.964	-2.152	8.014	7.000	
2005-06-09	4.835	-2.142	8.910	-2.206	8.014	7.000	
2005-06-15	4.891	-2.198	8.866	-2.250	8.014	7.000	
2005-06-23	4.950	-2.257	8.803	-2.313	8.014	7.000	
2005-07-05	5.034	-2.341	8.724	-2.392	8.014	7.000	
2005-07-12	5.079	-2.386	8.679	-2.437	8.014	7.000	
2005-07-26	5.152	-2.459	8.607	-2.509	8.014	7.000	
2005-08-05	5.197	-2.504	8.560	-2.556	8.014	7.000	
2005-08-11	5.218	-2.525	8.538	-2.578	8.014	7.000	
2005-08-30	5.294	-2.601	8.465	-2.651	8.014	7.000	
2005-09-12	5.325	-2.632	8.429	-2.687	8.014	7.000	
2005-09-26	5.362	-2.669	8.389	-2.727	8.014	7.000	
2005-10-12	5.393	-2.700	8.354	-2.762	8.014	7.000	
2005-10-26	5.420	-2.727	8.326	-2.790	8.014	7.000	
2005-11-15	5.452	-2.759	8.291	-2.825	8.014	7.000	
2005-11-28	5.475	-2.782	8.270	-2.846	8.014	7.000	
2005-12-14	5.498	-2.805	8.249	-2.867	8.014	7.000	
2005-12-28	5.514	-2.821	8.234	-2.882	8.014	7.000	
2006-01-11	5.527	-2.834	8.222	-2.894	8.014	7.000	
2006-01-25	5.540	-2.847	8.210	-2.906	8.014	7.000	

구 분	침하계(GK-08)		침하판(SP-18)			성토고(m)	비 고
	Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)	
2006-02-08		5.552	-2.859	8.199	-2.917	8.014	7.000
2006-02-22		5.556	-2.863	8.196	-2.920	8.014	7.000
2006-03-08		5.559	-2.866	8.194	-2.922	8.014	7.000
2006-03-22		5.561	-2.868	8.195	-2.921	8.014	7.000
2006-04-05		5.564	-2.871	8.192	-2.924	8.014	7.000
2006-04-19		5.565	-2.872	8.192	-2.924	8.014	7.000
2006-05-03		5.565	-2.872	8.191	-2.925	8.014	7.000
2006-05-17		5.566	-2.873	8.189	-2.927	8.014	7.000
2006-05-31		5.566	-2.873	8.189	-2.927	8.014	7.000

GK-8 침하량측정 GRAPH

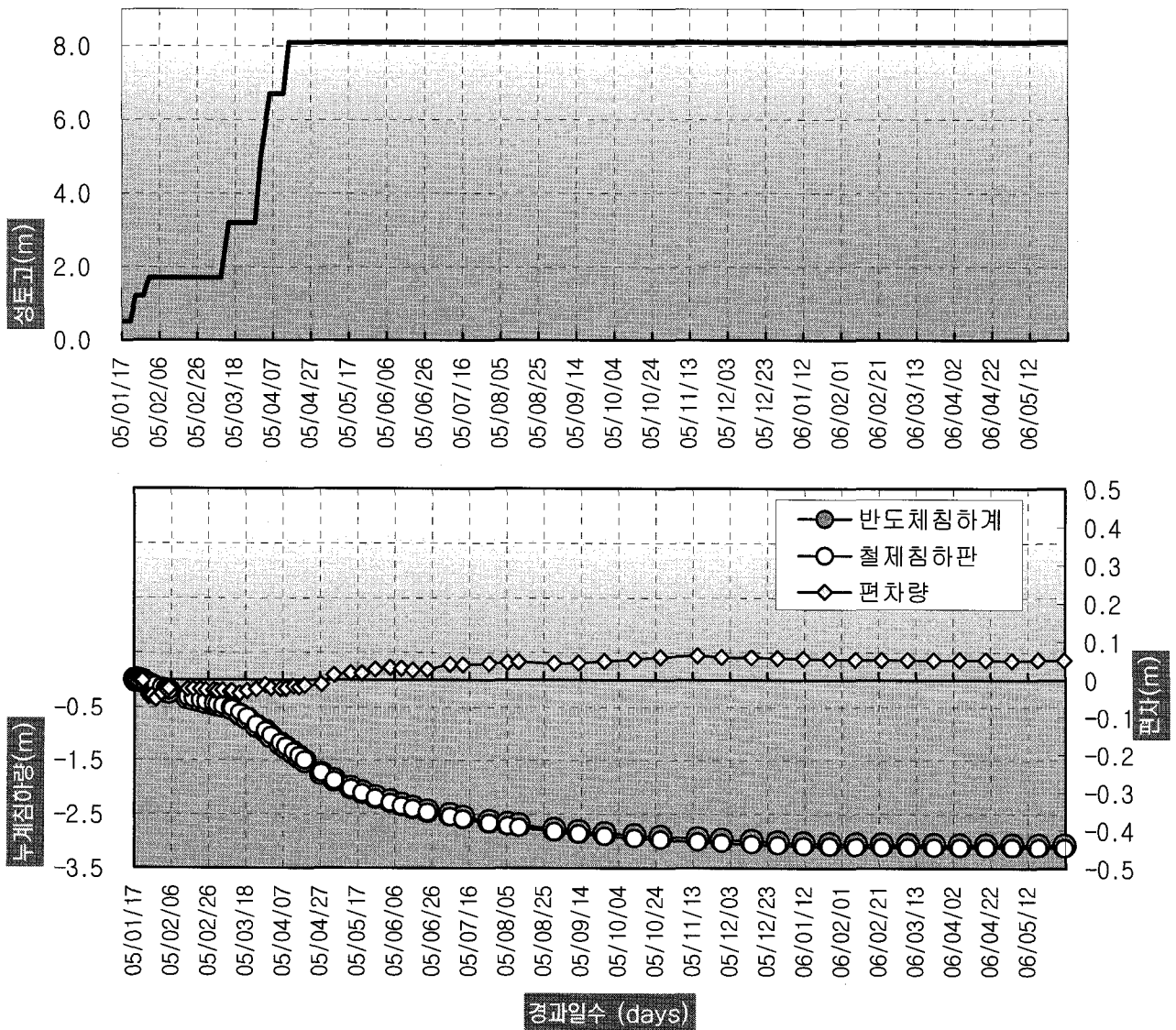


구 분	침하계(GK-09)		침하판(SP-21)			성토고(m)	비 고
Date	측정지(m)	침하량	측정지(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-01-17	2.911	0.000	4.080	0.000	1.000	0.500	초기치
2005-01-18	2.915	-0.004	4.071	-0.009	1.000	0.500	
2005-01-19	2.924	-0.013	4.061	-0.019	1.000	0.500	
2005-01-20	2.934	-0.023	5.063	-0.023	2.006	0.500	
2005-01-21	2.941	-0.030	5.058	-0.028	2.006	0.500	
2005-01-24	3.005	-0.094	5.035	-0.051	2.006	1.200	
2005-01-26	3.034	-0.123	5.005	-0.081	2.006	1.200	
2005-01-28	3.076	-0.165	4.971	-0.115	2.006	1.200	
2005-01-31	3.098	-0.187	4.935	-0.151	2.006	1.700	
2005-02-02	3.107	-0.196	4.912	-0.174	2.006	1.700	
2005-02-03	3.127	-0.216	4.899	-0.187	2.006	1.700	
2005-02-04	3.132	-0.221	5.881	-0.198	2.999	1.700	
2005-02-14	3.243	-0.332	5.772	-0.307	2.999	1.700	
2005-02-17	3.268	-0.357	5.746	-0.333	2.999	1.700	
2005-02-21	3.306	-0.395	5.709	-0.370	2.999	1.700	
2005-02-24	3.339	-0.428	5.679	-0.400	2.999	1.700	

구 분	침하계(GK-09)		침하판(SP-21)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-02-28	3.373	-0.462	5.645	-0.434	2.999	1.700	
2005-03-02	3.392	-0.481	5.628	-0.451	2.999	1.700	
2005-03-05	3.416	-0.505	5.602	-0.477	2.999	1.700	
2005-03-09	3.453	-0.542	5.569	-0.510	2.999	1.700	
2005-03-10	3.469	-0.558	5.551	-0.528	2.999	1.700	
2005-03-14	3.554	-0.643	6.484	-0.607	4.011	3.200	
2005-03-18	3.630	-0.719	6.401	-0.690	4.011	3.200	
2005-03-23	3.785	-0.874	6.242	-0.849	4.011	3.200	
2005-03-28	3.881	-0.970	6.135	-0.956	4.011	3.200	
2005-03-31	3.976	-1.065	9.058	-1.043	7.021	5.000	
2005-04-05	4.115	-1.204	8.921	-1.180	7.021	6.700	
2005-04-08	4.187	-1.276	9.850	-1.253	8.023	6.700	
2005-04-12	4.279	-1.368	9.753	-1.350	8.023	6.700	
2005-04-15	4.354	-1.443	9.680	-1.423	8.023	8.100	
2005-04-18	4.431	-1.520	10.598	-1.505	9.023	8.100	
2005-04-27	4.663	-1.752	10.362	-1.741	9.023	8.100	
2005-05-04	4.782	-1.871	10.219	-1.884	9.023	8.100	
2005-05-13	4.925	-2.014	10.071	-2.032	9.023	8.100	
2005-05-19	5.010	-2.099	9.987	-2.116	9.023	8.100	
2005-05-26	5.094	-2.183	9.893	-2.210	9.023	8.100	
2005-06-03	5.173	-2.262	9.809	-2.294	9.023	8.100	
2005-06-09	5.235	-2.324	9.750	-2.353	9.023	8.100	
2005-06-15	5.287	-2.376	9.702	-2.401	9.023	8.100	
2005-06-23	5.352	-2.441	9.635	-2.468	9.023	8.100	
2005-07-05	5.420	-2.509	9.554	-2.549	9.023	8.100	
2005-07-12	5.469	-2.558	9.506	-2.597	9.023	8.100	
2005-07-26	5.543	-2.632	9.429	-2.674	9.023	8.100	
2005-08-05	5.589	-2.678	9.380	-2.723	9.023	8.100	
2005-08-11	5.611	-2.700	9.356	-2.747	9.023	8.100	
2005-08-30	5.693	-2.782	9.278	-2.825	9.023	8.100	
2005-09-12	5.729	-2.818	9.241	-2.862	9.023	8.100	
2005-09-26	5.770	-2.859	9.196	-2.907	9.023	8.100	
2005-10-12	5.801	-2.890	9.159	-2.944	9.023	8.100	
2005-10-26	5.828	-2.917	9.127	-2.976	9.023	8.100	
2005-11-15	5.862	-2.951	9.089	-3.014	9.023	8.100	
2005-11-28	5.885	-2.974	9.070	-3.033	9.023	8.100	
2005-12-14	5.909	-2.998	9.047	-3.056	9.023	8.100	
2005-12-28	5.927	-3.016	9.030	-3.073	9.023	8.100	
2006-01-11	5.943	-3.032	9.016	-3.087	9.023	8.100	
2006-01-25	5.954	-3.043	9.006	-3.097	9.023	8.100	

구분	침하계(GK-09)		침하판(SP-21)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2006-02-08	5.964	-3.053	8.997	-3.106	9.023	8.100	
2006-02-22	5.969	-3.058	8.993	-3.110	9.023	8.100	
2006-03-08	5.972	-3.061	8.990	-3.113	9.023	8.100	
2006-03-22	5.974	-3.063	8.989	-3.114	9.023	8.100	
2006-04-05	5.976	-3.065	8.986	-3.117	9.023	8.100	
2006-04-19	5.978	-3.067	8.984	-3.119	9.023	8.100	
2006-05-03	5.980	-3.069	8.984	-3.119	9.023	8.100	
2006-05-17	5.981	-3.070	8.982	-3.121	9.023	8.100	
2006-05-31	5.982	-3.071	8.981	-3.122	9.023	8.100	

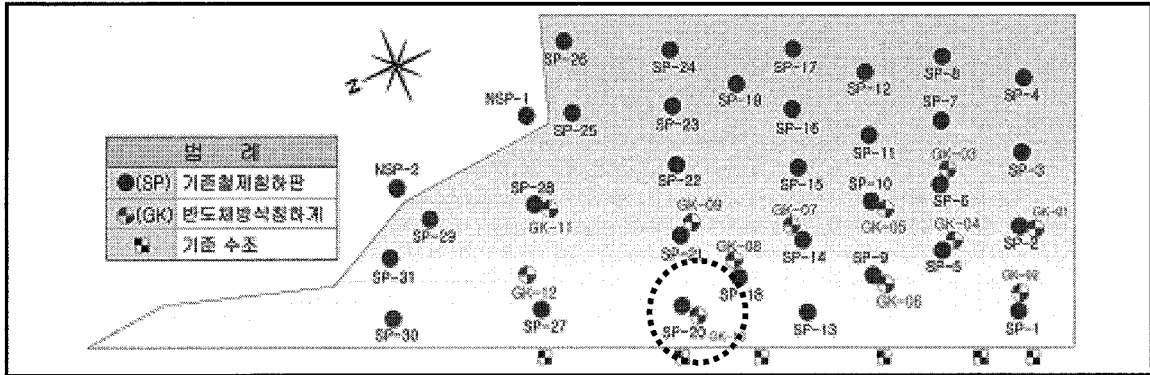
GK-9 침하량측정 GRAPH



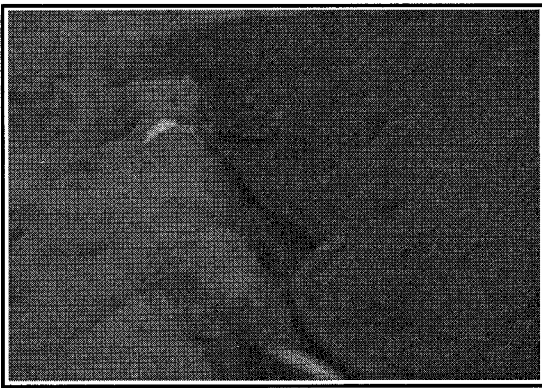
GK-10 침하량 측정

1. 설치개요

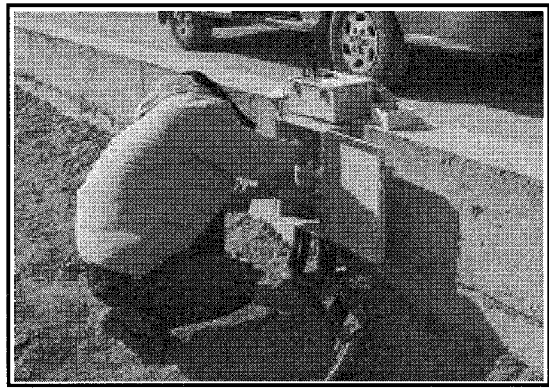
설치평면도



사진대지



< 반도체침하계 설치 >



< 기준수조 설치 >

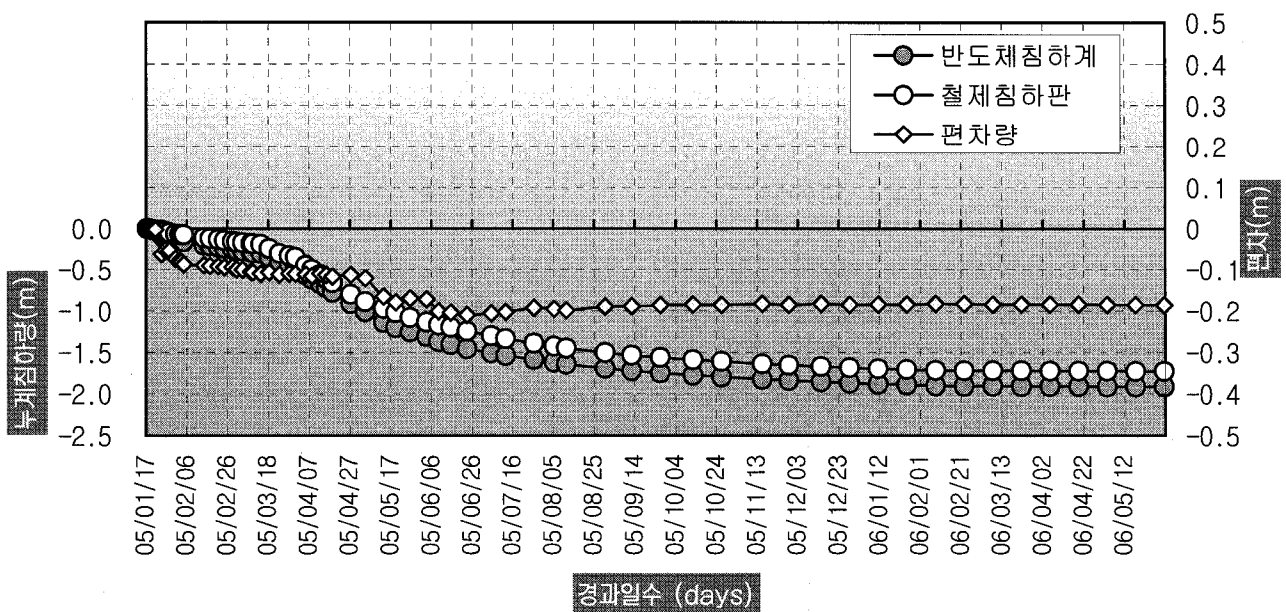
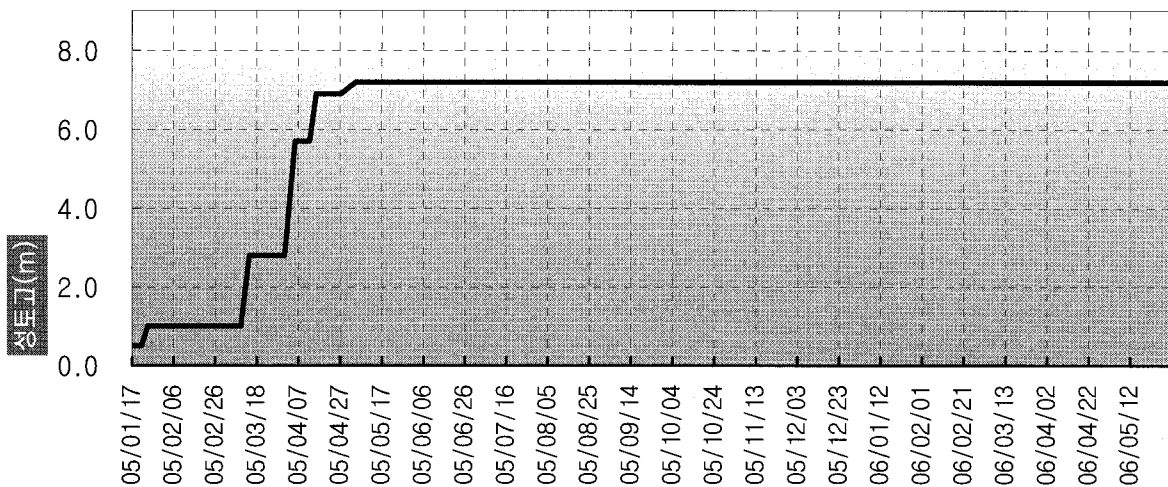
2. 침하량 측정

구분	침하계(GK-10)		침하판(SP-20)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-01-17	2.421	0.000	4.514	0.000	1.000	0.500	초기치
2005-01-18	2.423	-0.002	4.509	-0.005	1.000	0.500	
2005-01-19	2.434	-0.013	4.504	-0.010	1.000	0.500	
2005-01-20	2.438	-0.017	5.508	-0.014	2.008	0.500	
2005-01-21	2.441	-0.020	5.505	-0.017	2.008	0.500	
2005-01-24	2.505	-0.084	5.500	-0.022	2.008	1.000	
2005-01-26	2.512	-0.091	5.484	-0.038	2.008	1.000	
2005-01-28	2.526	-0.105	5.471	-0.051	2.008	1.000	
2005-01-31	2.563	-0.142	5.454	-0.068	2.008	1.000	
2005-02-02	2.572	-0.151	5.450	-0.072	2.008	1.000	
2005-02-03	2.576	-0.155	5.448	-0.074	2.008	1.000	
2005-02-04	2.584	-0.163	6.439	-0.076	3.001	1.000	
2005-02-14	2.625	-0.204	6.401	-0.114	3.001	1.000	
2005-02-17	2.636	-0.215	6.391	-0.124	3.001	1.000	
2005-02-21	2.650	-0.229	6.378	-0.137	3.001	1.000	
2005-02-24	2.661	-0.240	6.369	-0.146	3.001	1.000	

구 분	침하계(GK-10)		침하판(SP-20)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-02-28	2.675	-0.254	6.355	-0.160	3.001	1.000	
2005-03-02	2.687	-0.266	6.349	-0.166	3.001	1.000	
2005-03-05	2.696	-0.275	6.341	-0.174	3.001	1.000	
2005-03-09	2.712	-0.291	6.330	-0.185	3.001	1.000	
2005-03-10	2.715	-0.294	6.328	-0.187	3.001	1.000	
2005-03-14	2.724	-0.303	7.327	-0.193	4.006	2.800	
2005-03-18	2.773	-0.352	7.275	-0.245	4.006	2.800	
2005-03-23	2.838	-0.417	7.215	-0.305	4.006	2.800	
2005-03-28	2.863	-0.442	7.188	-0.332	4.006	2.800	
2005-03-31	2.882	-0.461	8.180	-0.350	5.016	2.800	
2005-04-05	2.985	-0.564	8.078	-0.452	5.016	5.700	
2005-04-08	3.036	-0.615	10.035	-0.499	7.020	5.700	
2005-04-12	3.094	-0.673	9.971	-0.563	7.020	5.700	
2005-04-15	3.143	-0.722	9.925	-0.609	7.020	6.900	
2005-04-18	3.197	-0.776	10.883	-0.659	8.028	6.900	
2005-04-27	3.335	-0.914	10.741	-0.801	8.028	6.900	
2005-05-04	3.432	-1.011	10.653	-0.889	8.028	7.200	
2005-05-13	3.561	-1.140	10.568	-0.974	8.028	7.200	
2005-05-19	3.624	-1.203	10.519	-1.023	8.028	7.200	
2005-05-26	3.675	-1.254	10.458	-1.084	8.028	7.200	
2005-06-03	3.732	-1.311	10.404	-1.138	8.028	7.200	
2005-06-09	3.795	-1.374	10.370	-1.172	8.028	7.200	
2005-06-15	3.828	-1.407	10.340	-1.202	8.028	7.200	
2005-06-23	3.879	-1.458	10.294	-1.248	8.028	7.200	
2005-07-05	3.930	-1.509	10.239	-1.303	8.028	7.200	
2005-07-12	3.962	-1.541	10.204	-1.338	8.028	7.200	
2005-07-26	4.007	-1.586	10.149	-1.393	8.028	7.200	
2005-08-05	4.045	-1.624	10.114	-1.428	8.028	7.200	
2005-08-11	4.069	-1.648	10.093	-1.449	8.028	7.200	
2005-08-30	4.117	-1.696	10.036	-1.506	8.028	7.200	
2005-09-12	4.146	-1.725	10.006	-1.536	8.028	7.200	
2005-09-26	4.174	-1.753	9.976	-1.566	8.028	7.200	
2005-10-12	4.199	-1.778	9.949	-1.593	8.028	7.200	
2005-10-26	4.220	-1.799	9.929	-1.613	8.028	7.200	
2005-11-15	4.248	-1.827	9.899	-1.643	8.028	7.200	
2005-11-28	4.265	-1.844	9.884	-1.658	8.028	7.200	
2005-12-14	4.280	-1.859	9.867	-1.675	8.028	7.200	
2005-12-28	4.295	-1.874	9.854	-1.688	8.028	7.200	
2006-01-11	4.307	-1.886	9.841	-1.701	8.028	7.200	
2006-01-25	4.316	-1.895	9.832	-1.710	8.028	7.200	

구 분	침하계(GK-10)		침하판(SP-20)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2006-02-08	4.324	-1.903	9.823	-1.719	8.028	7.200	
2006-02-22	4.328	-1.907	9.819	-1.723	8.028	7.200	
2006-03-08	4.331	-1.910	9.817	-1.725	8.028	7.200	
2006-03-22	4.332	-1.911	9.816	-1.726	8.028	7.200	
2006-04-05	4.334	-1.913	9.814	-1.728	8.028	7.200	
2006-04-19	4.335	-1.914	9.813	-1.729	8.028	7.200	
2006-05-03	4.336	-1.915	9.813	-1.729	8.028	7.200	
2006-05-17	4.338	-1.917	9.811	-1.731	8.028	7.200	
2006-05-31	4.339	-1.918	9.811	-1.731	8.028	7.200	

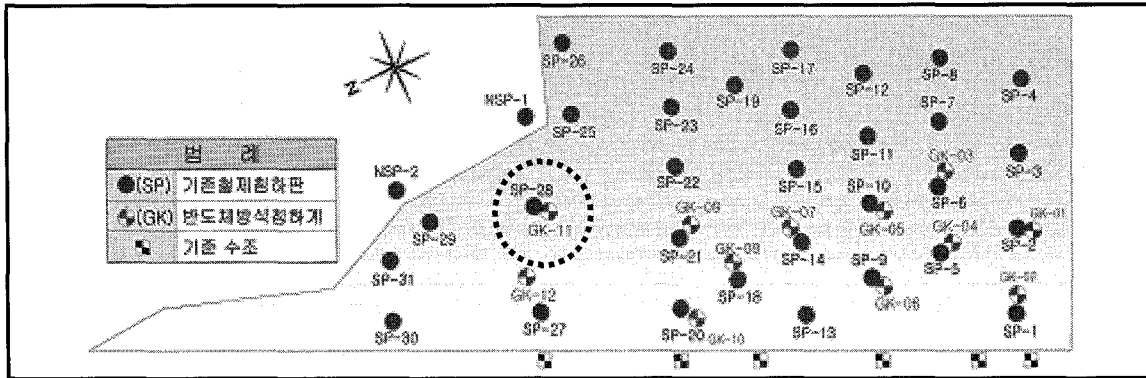
GK-10 침하량측정 GRAPH



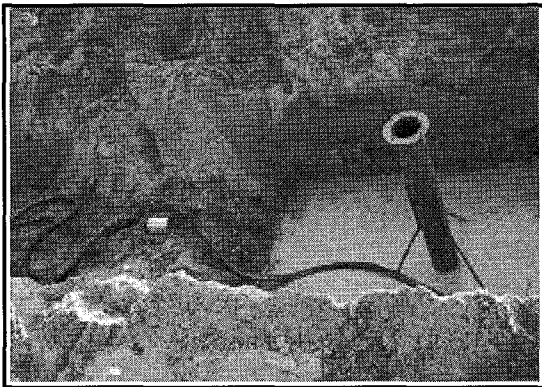
GK-11 침하량 측정

1. 설치개요

설치평면도



사진대지



< 반도체침하계 설치 >



< 기준수조 설치 >

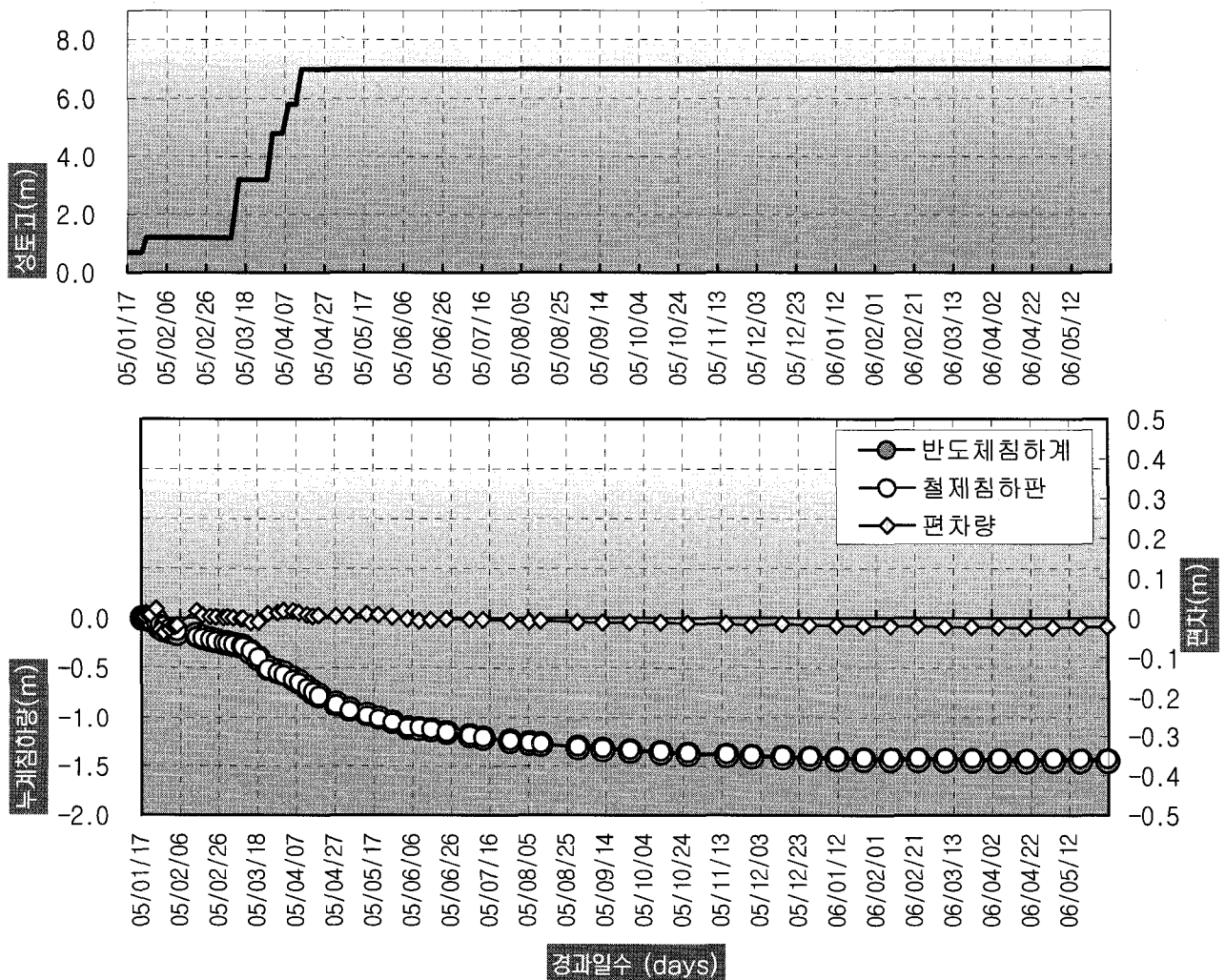
2. 침하량 측정

구분	침하계(GK-11)		침하판(SP-28)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-01-17	2.375	0.000	4.155	0.000	1.000	0.700	초기치
2005-01-18	2.378	-0.003	4.147	-0.008	1.000	0.700	
2005-01-19	2.380	-0.005	4.138	-0.017	1.000	0.700	
2005-01-20	2.389	-0.014	5.131	-0.023	1.999	0.700	
2005-01-21	2.398	-0.023	5.123	-0.031	1.999	0.700	
2005-01-24	2.402	-0.027	5.104	-0.050	1.999	0.700	
2005-01-26	2.471	-0.096	5.088	-0.066	1.999	1.200	
2005-01-28	2.497	-0.122	5.069	-0.085	1.999	1.200	
2005-01-31	2.513	-0.138	5.044	-0.110	1.999	1.200	
2005-02-02	2.522	-0.147	5.029	-0.125	1.999	1.200	
2005-02-03	2.527	-0.152	5.023	-0.131	1.999	1.200	
2005-02-04	2.530	-0.155	5.018	-0.136	1.999	1.200	
2005-02-14	2.548	-0.173	4.964	-0.190	1.999	1.200	
2005-02-17	2.572	-0.197	4.951	-0.203	1.999	1.200	
2005-02-21	2.591	-0.216	4.935	-0.219	1.999	1.200	
2005-02-24	2.608	-0.233	4.919	-0.235	1.999	1.200	

구 분	침하계(GK-11)		침하판(SP-28)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-02-28	2.624	-0.249	4.904	-0.250	1.999	1.200	
2005-03-02	2.630	-0.255	4.897	-0.257	1.999	1.200	
2005-03-05	2.643	-0.268	4.886	-0.268	1.999	1.200	
2005-03-09	2.660	-0.285	4.871	-0.283	1.999	1.200	
2005-03-10	2.667	-0.292	4.863	-0.291	1.999	1.200	
2005-03-14	2.720	-0.345	6.814	-0.333	3.992	3.200	
2005-03-18	2.781	-0.406	6.751	-0.396	3.992	3.200	
2005-03-23	2.879	-0.504	6.632	-0.515	3.992	3.200	
2005-03-28	2.912	-0.537	6.597	-0.550	3.992	3.200	
2005-03-31	2.929	-0.554	8.594	-0.572	6.011	4.800	
2005-04-05	2.981	-0.606	8.542	-0.624	6.011	4.800	
2005-04-08	3.014	-0.639	8.514	-0.652	6.011	5.800	
2005-04-12	3.073	-0.698	8.460	-0.706	6.011	5.800	
2005-04-15	3.116	-0.741	8.421	-0.745	6.011	7.000	
2005-04-18	3.152	-0.777	10.393	-0.783	8.021	7.000	
2005-04-27	3.239	-0.864	10.307	-0.869	8.021	7.000	
2005-05-04	3.294	-0.919	10.250	-0.926	8.021	7.000	
2005-05-13	3.346	-0.971	10.195	-0.981	8.021	7.000	
2005-05-19	3.382	-1.007	10.161	-1.015	8.021	7.000	
2005-05-26	3.425	-1.050	10.123	-1.053	8.021	7.000	
2005-06-03	3.484	-1.109	10.069	-1.107	8.021	7.000	
2005-06-09	3.491	-1.116	10.067	-1.109	8.021	7.000	
2005-06-15	3.506	-1.131	10.050	-1.126	8.021	7.000	
2005-06-23	3.534	-1.159	10.019	-1.157	8.021	7.000	
2005-07-05	3.568	-1.193	9.987	-1.189	8.021	7.000	
2005-07-12	3.591	-1.216	9.965	-1.211	8.021	7.000	
2005-07-26	3.623	-1.248	9.934	-1.242	8.021	7.000	
2005-08-05	3.647	-1.272	9.913	-1.263	8.021	7.000	
2005-08-11	3.655	-1.280	9.903	-1.273	8.021	7.000	
2005-08-30	3.689	-1.314	9.872	-1.304	8.021	7.000	
2005-09-12	3.707	-1.332	9.856	-1.320	8.021	7.000	
2005-09-26	3.724	-1.349	9.838	-1.338	8.021	7.000	
2005-10-12	3.739	-1.364	9.824	-1.352	8.021	7.000	
2005-10-26	3.756	-1.381	9.809	-1.367	8.021	7.000	
2005-11-15	3.771	-1.396	9.795	-1.381	8.021	7.000	
2005-11-28	3.782	-1.407	9.787	-1.389	8.021	7.000	
2005-12-14	3.790	-1.415	9.777	-1.399	8.021	7.000	
2005-12-28	3.799	-1.424	9.770	-1.406	8.021	7.000	
2006-01-11	3.806	-1.431	9.764	-1.412	8.021	7.000	
2006-01-25	3.812	-1.437	9.759	-1.417	8.021	7.000	

구 분	침하계(GK-11)		침하판(SP-28)			성토고(m)	비 고
	Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)	
	2006-02-08	3.815	-1.440	9.757	-1.419	8.021	7.000
	2006-02-22	3.817	-1.442	9.754	-1.422	8.021	7.000
	2006-03-08	3.820	-1.445	9.754	-1.422	8.021	7.000
	2006-03-22	3.822	-1.447	9.752	-1.424	8.021	7.000
	2006-04-05	3.823	-1.448	9.751	-1.425	8.021	7.000
	2006-04-19	3.826	-1.451	9.750	-1.426	8.021	7.000
	2006-05-03	3.825	-1.450	9.750	-1.426	8.021	7.000
	2006-05-17	3.826	-1.451	9.748	-1.428	8.021	7.000
	2006-05-31	3.827	-1.452	9.747	-1.429	8.021	7.000

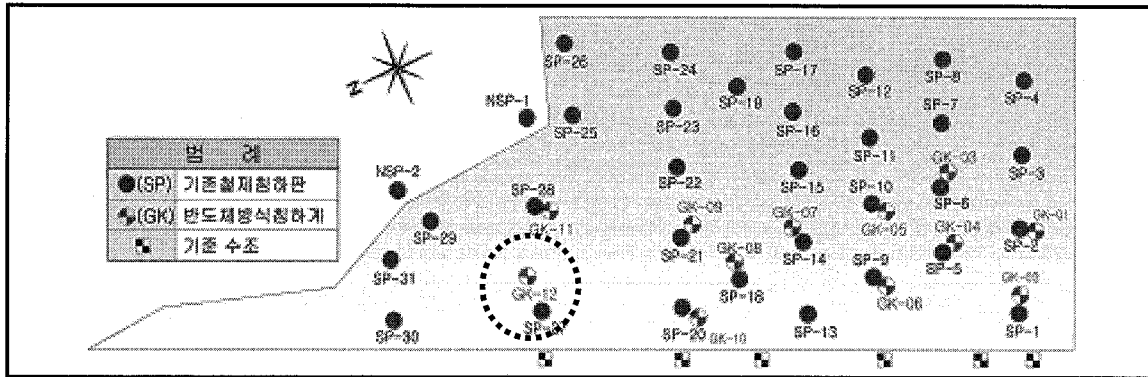
GK-11 침하량측정 GRAPH



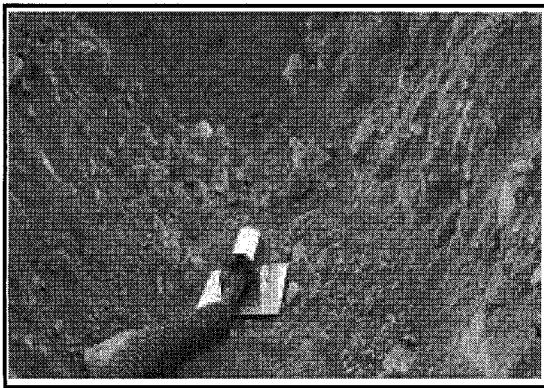
GK-12 침하량 측정

1. 설치개요

설치평면도



사진대지



< 반도체침하계 설치 >



< 기준수조 설치 >

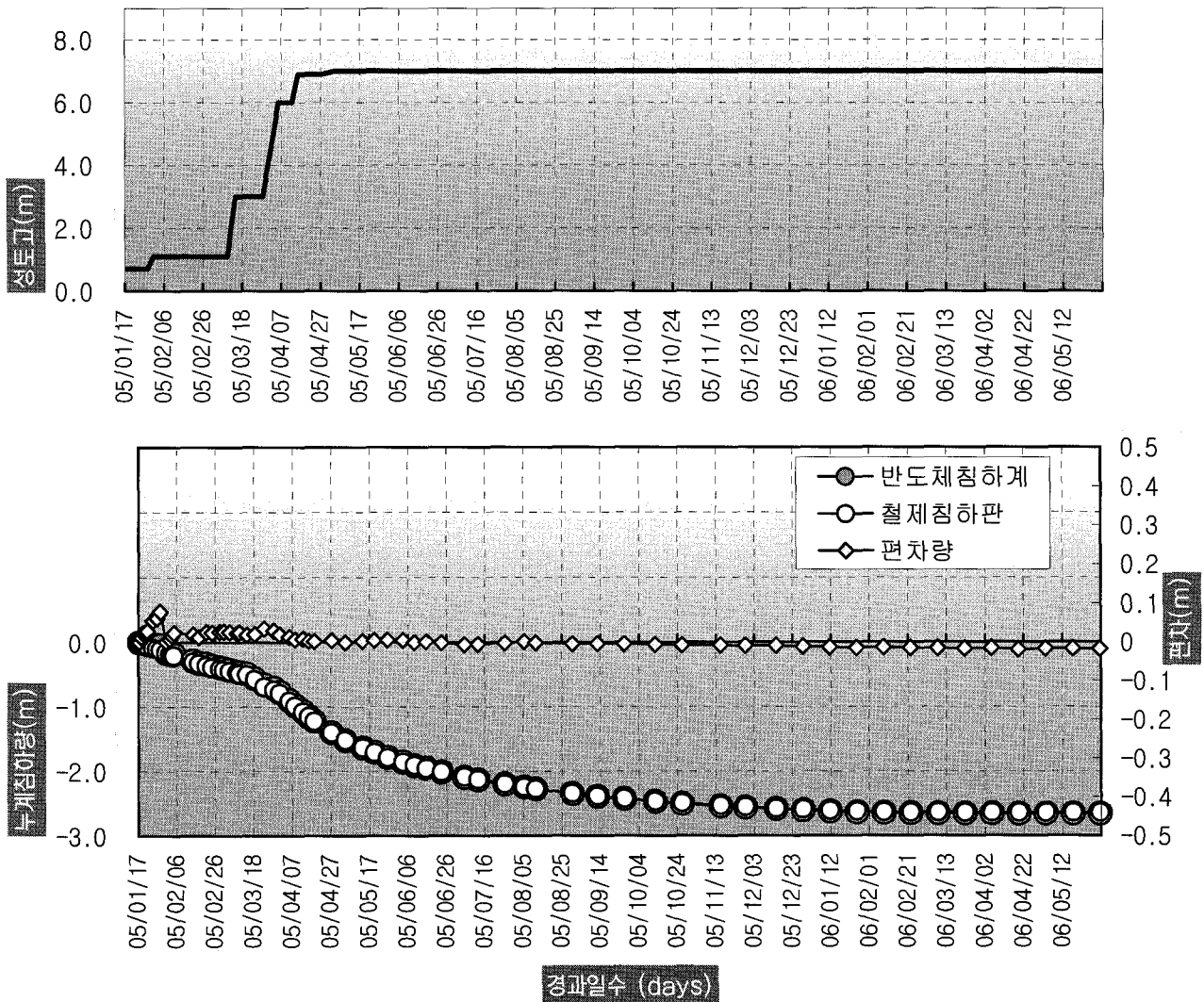
2. 침하량 측정

구 분	침하계(GK-12)		침하판(SP-27)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-01-17	1.743	0.000	4.754	0.000	1.000	0.700	초기치
2005-01-18	1.745	-0.002	4.739	-0.015	1.000	0.700	
2005-01-19	1.752	-0.009	4.721	-0.033	1.000	0.700	
2005-01-20	1.761	-0.018	5.715	-0.043	2.004	0.700	
2005-01-21	1.769	-0.026	5.703	-0.055	2.004	0.700	
2005-01-24	1.773	-0.030	5.672	-0.086	2.004	0.700	
2005-01-26	1.779	-0.036	5.659	-0.099	2.004	0.700	
2005-01-28	1.784	-0.041	5.638	-0.120	2.004	0.700	
2005-01-31	1.905	-0.162	5.595	-0.163	2.004	1.100	
2005-02-02	1.921	-0.178	5.572	-0.186	2.004	1.100	
2005-02-03	1.923	-0.180	5.560	-0.198	2.004	1.100	
2005-02-04	1.927	-0.184	5.549	-0.209	2.004	1.100	
2005-02-14	2.031	-0.288	5.450	-0.308	2.004	1.100	
2005-02-17	2.063	-0.320	5.425	-0.333	2.004	1.100	
2005-02-21	2.081	-0.338	5.394	-0.364	2.004	1.100	
2005-02-24	2.108	-0.365	5.368	-0.390	2.004	1.100	

구분	침하계(GK-12)		침하판(SP-27)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-02-28	2.134	-0.391	5.340	-0.418	2.004	1.100	
2005-03-02	2.147	-0.404	5.326	-0.432	2.004	1.100	
2005-03-05	2.170	-0.427	5.305	-0.453	2.004	1.100	
2005-03-09	2.198	-0.455	5.280	-0.478	2.004	1.100	
2005-03-10	2.206	-0.463	5.269	-0.489	2.004	1.100	
2005-03-14	2.231	-0.488	7.286	-0.507	4.039	3.000	
2005-03-18	2.303	-0.560	7.212	-0.581	4.039	3.000	
2005-03-23	2.398	-0.655	7.102	-0.691	4.039	3.000	
2005-03-28	2.452	-0.709	7.054	-0.739	4.039	3.000	
2005-03-31	2.516	-0.773	9.010	-0.793	6.049	4.100	
2005-04-05	2.637	-0.894	8.895	-0.908	6.049	6.000	
2005-04-08	2.719	-0.976	9.825	-0.983	7.054	6.000	
2005-04-12	2.814	-1.071	9.728	-1.080	7.054	6.000	
2005-04-15	2.890	-1.147	9.658	-1.150	7.054	6.900	
2005-04-18	2.963	-1.220	10.583	-1.222	8.051	6.900	
2005-04-27	3.140	-1.397	10.404	-1.401	8.051	6.900	
2005-05-04	3.262	-1.519	10.287	-1.518	8.051	7.000	
2005-05-13	3.375	-1.632	10.170	-1.635	8.051	7.000	
2005-05-19	3.448	-1.705	10.096	-1.709	8.051	7.000	
2005-05-26	3.524	-1.781	10.018	-1.787	8.051	7.000	
2005-06-03	3.597	-1.854	9.946	-1.859	8.051	7.000	
2005-06-09	3.651	-1.908	9.898	-1.907	8.051	7.000	
2005-06-15	3.692	-1.949	9.855	-1.950	8.051	7.000	
2005-06-23	3.753	-2.010	9.797	-2.008	8.051	7.000	
2005-07-05	3.834	-2.091	9.721	-2.084	8.051	7.000	
2005-07-12	3.876	-2.133	9.678	-2.127	8.051	7.000	
2005-07-26	3.942	-2.199	9.609	-2.196	8.051	7.000	
2005-08-05	3.985	-2.242	9.562	-2.243	8.051	7.000	
2005-08-11	4.017	-2.274	9.533	-2.272	8.051	7.000	
2005-08-30	4.088	-2.345	9.465	-2.340	8.051	7.000	
2005-09-12	4.131	-2.388	9.421	-2.384	8.051	7.000	
2005-09-26	4.170	-2.427	9.383	-2.422	8.051	7.000	
2005-10-12	4.214	-2.471	9.341	-2.464	8.051	7.000	
2005-10-26	4.245	-2.502	9.311	-2.494	8.051	7.000	
2005-11-15	4.283	-2.540	9.273	-2.532	8.051	7.000	
2005-11-28	4.306	-2.563	9.252	-2.553	8.051	7.000	
2005-12-14	4.327	-2.584	9.230	-2.575	8.051	7.000	
2005-12-28	4.348	-2.605	9.212	-2.593	8.051	7.000	
2006-01-11	4.365	-2.622	9.197	-2.608	8.051	7.000	
2006-01-25	4.379	-2.636	9.184	-2.621	8.051	7.000	

구분	침하계(GK-12)		침하판(SP-27)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2006-02-08	4.391	-2.648	9.171	-2.634	8.051	7.000	
2006-02-22	4.396	-2.653	9.167	-2.638	8.051	7.000	
2006-03-08	4.399	-2.656	9.165	-2.640	8.051	7.000	
2006-03-22	4.401	-2.658	9.164	-2.641	8.051	7.000	
2006-04-05	4.402	-2.659	9.162	-2.643	8.051	7.000	
2006-04-19	4.404	-2.661	9.163	-2.642	8.051	7.000	
2006-05-03	4.404	-2.661	9.161	-2.644	8.051	7.000	
2006-05-17	4.405	-2.662	9.160	-2.645	8.051	7.000	
2006-05-31	4.406	-2.663	9.160	-2.645	8.051	7.000	

GK-12 침하량측정 GRAPH

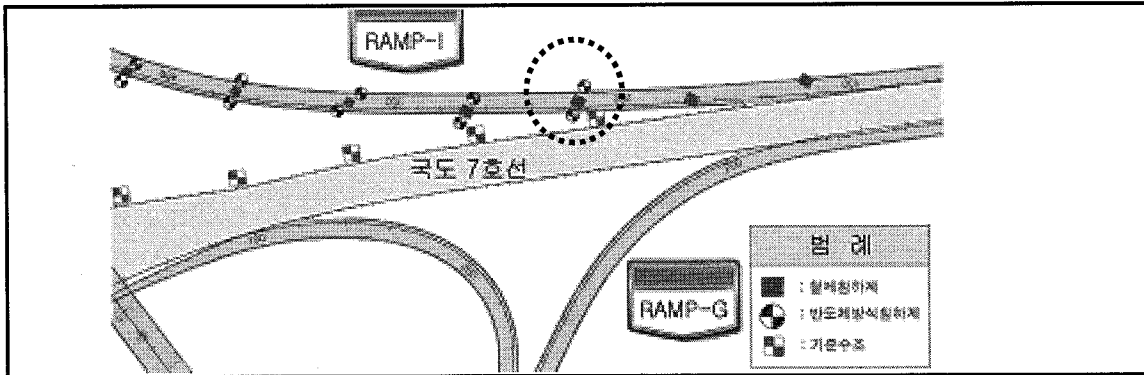


부록 3. 동해고속도로(주문진~속초) 건설공사(○)공
구 현장 RAMP-I 침하측정 결과

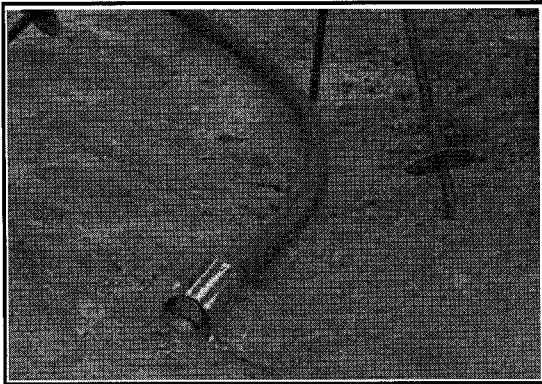
JS-01 침하량 측정

1. 설치개요

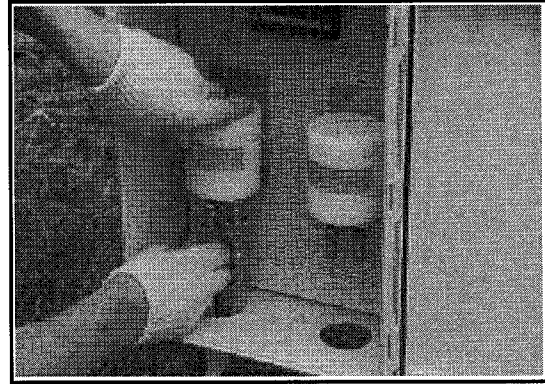
☑ 설치평면도



☑ 사진대지



< 반도체침하계 설치 >



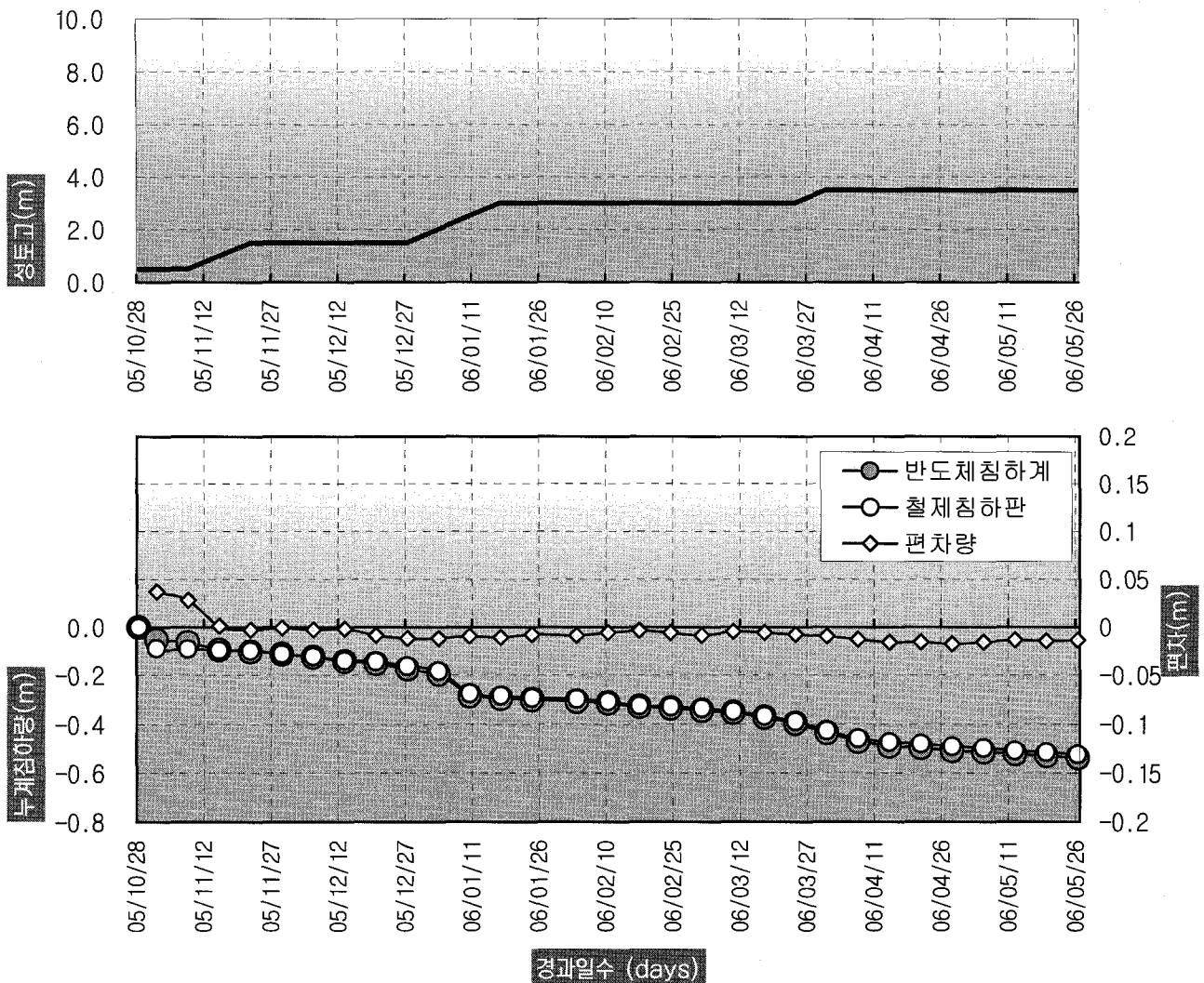
< 기준수조 설치 >

2. 침하량 측정

구 분	침하계(JS-01)		침하판(STA.0+220)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-10-28	0.773	0.000	4.010	0.000	0.000	0.500	초기치
2005-11-01	0.826	-0.053	3.920	-0.090	0.000	0.500	
2005-11-08	0.837	-0.064	3.918	-0.092	1.000	0.500	
2005-11-15	0.869	-0.096	3.913	-0.097	1.000	1.000	
2005-11-22	0.876	-0.103	3.910	-0.100	1.000	1.500	
2005-11-29	0.887	-0.114	3.897	-0.113	1.000	1.500	
2005-12-06	0.899	-0.126	3.887	-0.123	1.000	1.500	
2005-12-13	0.916	-0.143	3.869	-0.141	1.000	1.500	
2005-12-20	0.927	-0.154	3.865	-0.145	1.000	1.500	
2005-12-27	0.948	-0.175	3.847	-0.163	1.000	1.500	
2006-01-03	0.969	-0.196	3.826	-0.184	2.000	2.000	
2006-01-10	1.058	-0.285	3.735	-0.275	3.000	2.500	
2006-01-17	1.068	-0.295	3.726	-0.284	3.000	3.000	
2006-01-24	1.073	-0.300	3.718	-0.292	3.000	3.000	
2006-02-03	1.080	-0.307	3.712	-0.298	3.000	3.000	
2006-02-10	1.087	-0.314	3.702	-0.308	3.000	3.000	
2006-02-17	1.102	-0.329	3.685	-0.325	3.000	3.000	

구분	침하계(JS-01)		침하판(STA.0+220)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2006-02-24	1.108	-0.335	3.681	-0.329	3.000	3.000	
2006-03-03	1.117	-0.344	3.675	-0.335	3.000	3.000	
2006-03-10	1.126	-0.353	3.662	-0.348	3.000	3.000	
2006-03-17	1.145	-0.372	3.644	-0.366	3.000	3.000	
2006-03-24	1.170	-0.397	3.621	-0.389	3.000	3.000	
2006-03-31	1.209	-0.436	3.584	-0.426	4.000	3.500	
2006-04-07	1.244	-0.471	3.552	-0.458	4.000	3.500	
2006-04-14	1.262	-0.489	3.537	-0.473	4.000	3.500	
2006-04-21	1.270	-0.497	3.529	-0.481	4.000	3.500	
2006-04-28	1.281	-0.508	3.520	-0.490	4.000	3.500	
2006-05-05	1.286	-0.513	3.513	-0.497	4.000	3.500	
2006-05-12	1.295	-0.522	3.502	-0.508	4.000	3.500	
2006-05-19	1.302	-0.529	3.496	-0.514	4.000	3.500	
2006-05-26	1.310	-0.537	3.487	-0.523	4.000	3.500	

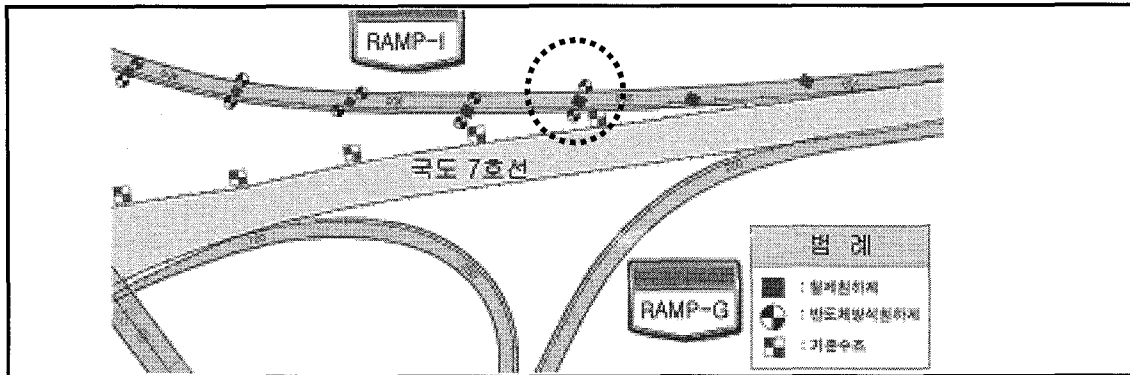
JS-1 침하량측정 GRAPH



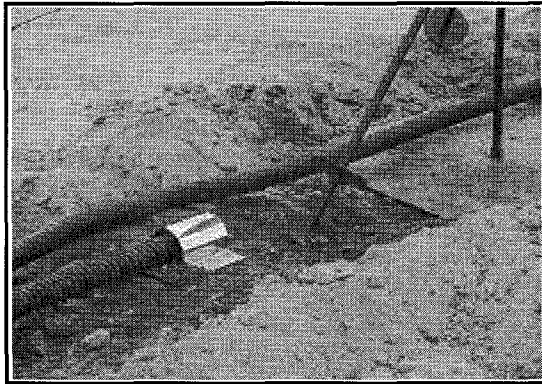
JS-02 침하량 측정

1. 설치개요

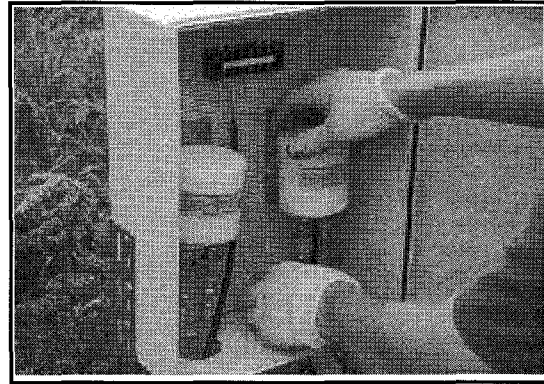
☑ 설치평면도



☑ 사진대지



< 반도체침하계 설치 >



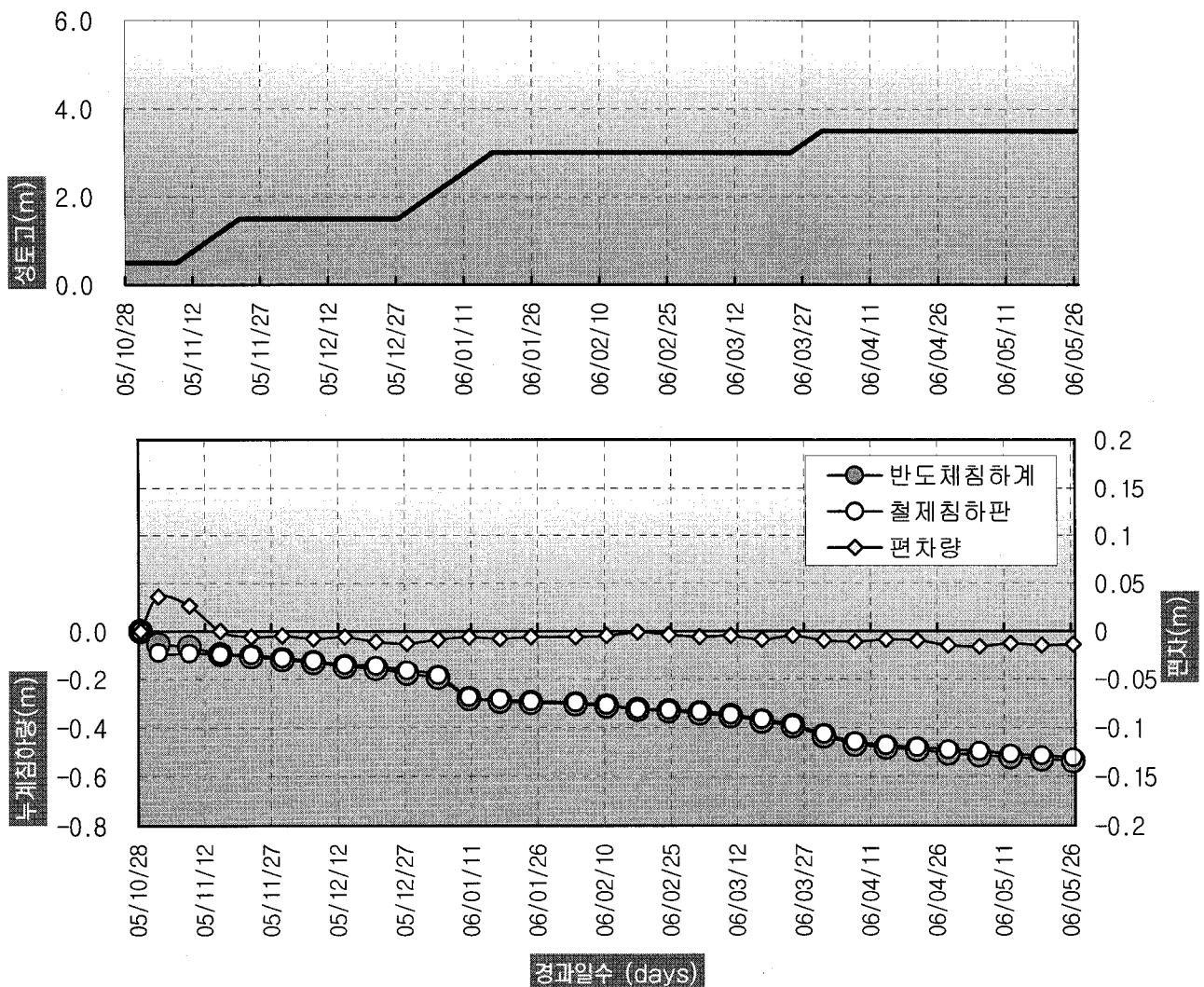
< 기준수조 설치 >

2. 침하량 측정

구 분	침하계(JS-02)		침하판(STA.0+220)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-10-28	0.744	0.000	4.010	0.000	0.000	0.500	초기치
2005-11-01	0.798	-0.054	3.920	-0.090	0.000	0.500	
2005-11-08	0.810	-0.066	3.918	-0.092	1.000	0.500	
2005-11-15	0.841	-0.097	3.913	-0.097	1.000	1.000	
2005-11-22	0.850	-0.106	3.910	-0.100	1.000	1.500	
2005-11-29	0.862	-0.118	3.897	-0.113	1.000	1.500	
2005-12-06	0.875	-0.131	3.887	-0.123	1.000	1.500	
2005-12-13	0.891	-0.147	3.869	-0.141	1.000	1.500	
2005-12-20	0.900	-0.156	3.865	-0.145	1.000	1.500	
2005-12-27	0.920	-0.176	3.847	-0.163	1.000	1.500	
2006-01-03	0.937	-0.193	3.826	-0.184	2.000	2.000	
2006-01-10	1.025	-0.281	3.735	-0.275	3.000	2.500	
2006-01-17	1.036	-0.292	3.726	-0.284	3.000	3.000	
2006-01-24	1.042	-0.298	3.718	-0.292	3.000	3.000	
2006-02-03	1.048	-0.304	3.712	-0.298	3.000	3.000	
2006-02-10	1.057	-0.313	3.702	-0.308	3.000	3.000	
2006-02-17	1.070	-0.326	3.685	-0.325	3.000	3.000	

구 분	침하계(JS-02)		침하판(STA.0+220)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2006-02-24	1.077	-0.333	3.681	-0.329	3.000	3.000	
2006-03-03	1.085	-0.341	3.675	-0.335	3.000	3.000	
2006-03-10	1.097	-0.353	3.662	-0.348	3.000	3.000	
2006-03-17	1.119	-0.375	3.644	-0.366	3.000	3.000	
2006-03-24	1.138	-0.394	3.621	-0.389	3.000	3.000	
2006-03-31	1.180	-0.436	3.584	-0.426	4.000	3.500	
2006-04-07	1.213	-0.469	3.552	-0.458	4.000	3.500	
2006-04-14	1.226	-0.482	3.537	-0.473	4.000	3.500	
2006-04-21	1.235	-0.491	3.529	-0.481	4.000	3.500	
2006-04-28	1.249	-0.505	3.520	-0.490	4.000	3.500	
2006-05-05	1.257	-0.513	3.513	-0.497	4.000	3.500	
2006-05-12	1.265	-0.521	3.502	-0.508	4.000	3.500	
2006-05-19	1.273	-0.529	3.496	-0.514	4.000	3.500	
2006-05-26	1.281	-0.537	3.487	-0.523	4.000	3.500	

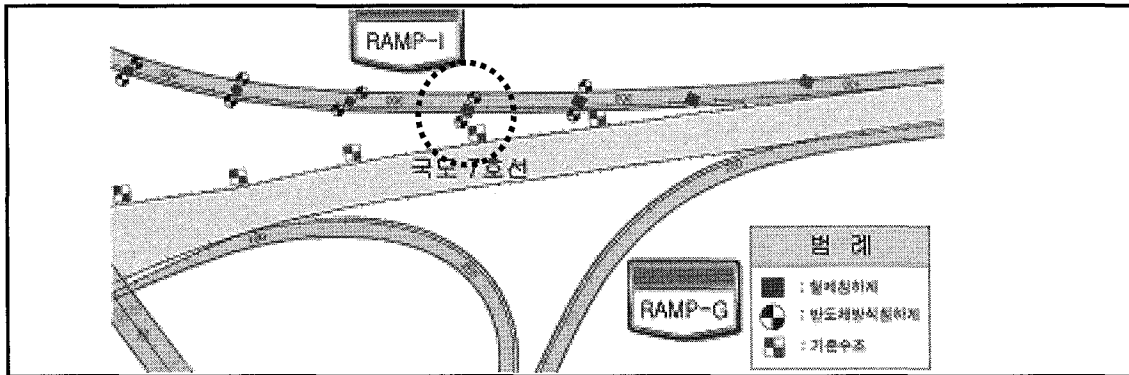
JS-2 침하량측정 GRAPH



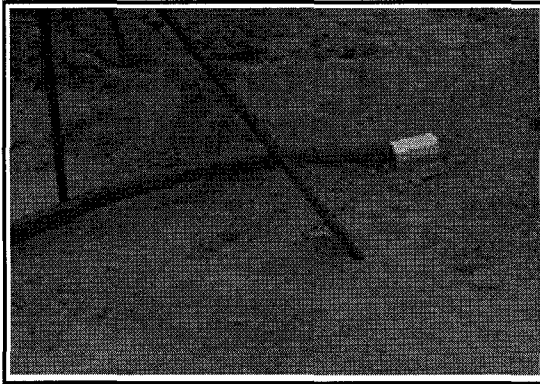
JS-03 침하량 측정

1. 설치개요

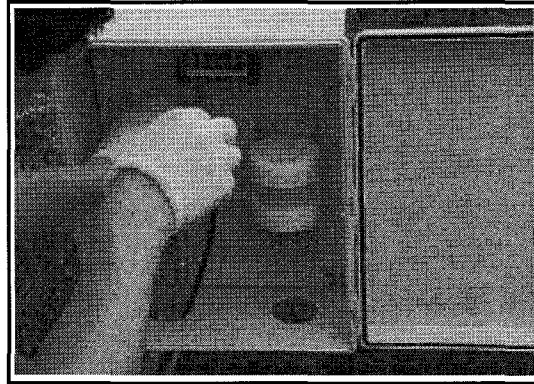
☑ 설치평면도



☑ 사진대지



< 반도체침하계 설치 >



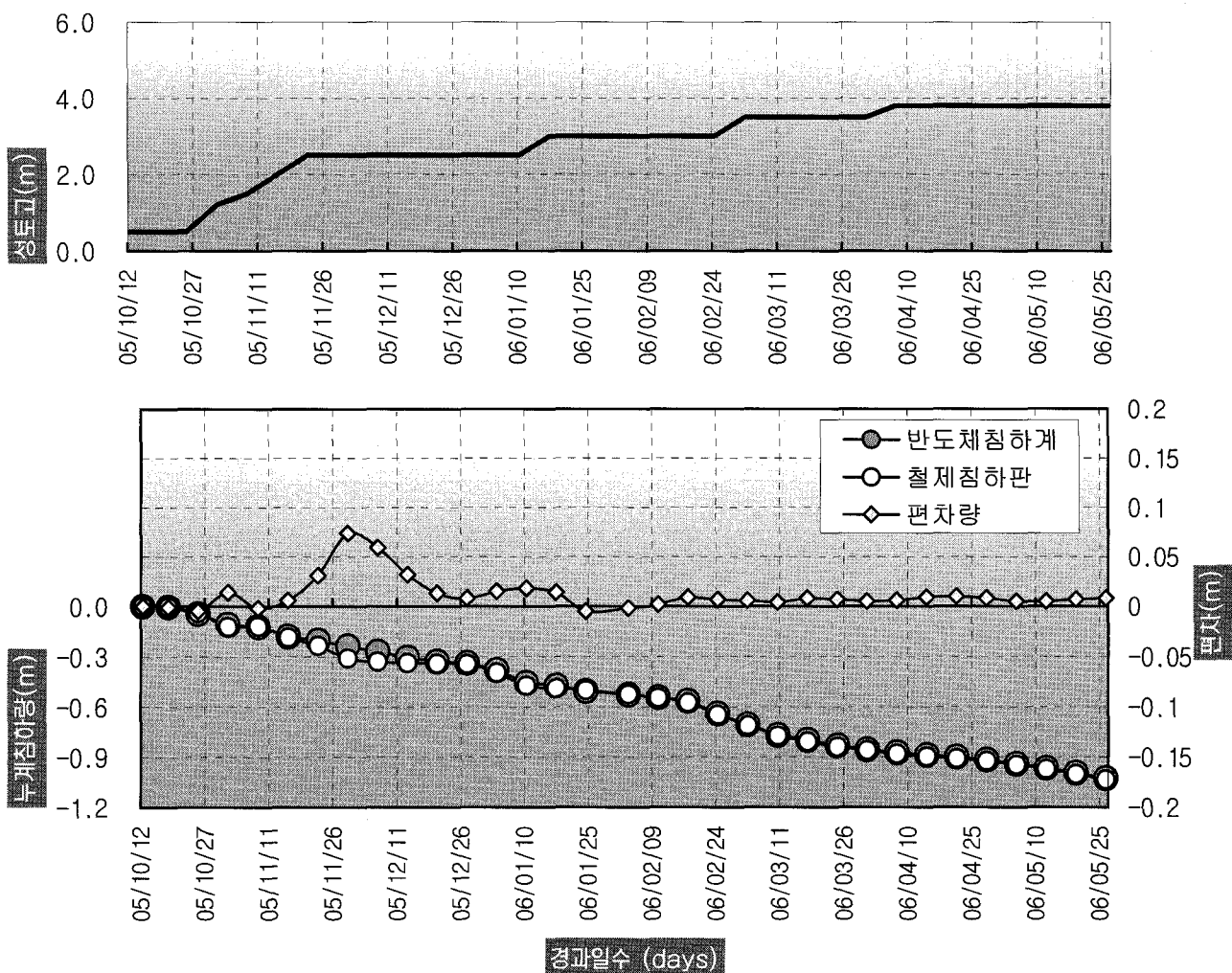
< 기준수조 설치 >

2. 침하량 측정

구 분	침하계(JS-03)		침하판(STA.0+280)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-10-12	0.176	0.000	4.856	0.000	0.000	0.500	초기치
2005-10-18	0.180	-0.004	4.853	-0.003	0.000	0.500	
2005-10-25	0.221	-0.045	4.816	-0.040	0.000	0.500	
2005-11-01	0.284	-0.108	4.734	-0.122	1.000	1.200	
2005-11-08	0.298	-0.122	4.736	-0.120	1.000	1.500	
2005-11-15	0.356	-0.180	4.670	-0.186	1.000	2.000	
2005-11-22	0.380	-0.204	4.621	-0.235	1.000	2.500	
2005-11-29	0.412	-0.236	4.546	-0.310	1.000	2.500	
2005-12-06	0.447	-0.271	4.526	-0.330	1.000	2.500	
2005-12-13	0.482	-0.306	4.518	-0.338	1.000	2.500	
2005-12-20	0.504	-0.328	4.515	-0.341	2.000	2.500	
2005-12-27	0.514	-0.338	4.510	-0.346	2.000	2.500	
2006-01-03	0.558	-0.382	4.459	-0.397	2.000	2.500	
2006-01-10	0.632	-0.456	4.382	-0.474	2.000	2.500	
2006-01-17	0.650	-0.474	4.368	-0.488	2.000	3.000	
2006-01-24	0.683	-0.507	4.354	-0.502	2.000	3.000	
2006-02-03	0.704	-0.528	4.330	-0.526	2.000	3.000	

구 분	침하계(JS-03)		침하판(STA.0+280)			성토고(m)	비 고
	Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)	
2006-02-10	0.721	-0.545	4.309	-0.547	2.000	3.000	
2006-02-17	0.742	-0.566	4.281	-0.575	2.000	3.000	
2006-02-24	0.817	-0.641	4.208	-0.648	2.000	3.000	
2006-03-03	0.882	-0.706	4.144	-0.712	3.000	3.500	
2006-03-10	0.946	-0.770	4.082	-0.774	3.000	3.500	
2006-03-17	0.975	-0.799	4.049	-0.807	3.000	3.500	
2006-03-24	1.008	-0.832	4.017	-0.839	3.000	3.500	
2006-03-31	1.032	-0.856	3.995	-0.861	3.000	3.500	
2006-04-07	1.050	-0.874	3.976	-0.880	3.000	3.800	
2006-04-14	1.064	-0.888	3.959	-0.897	3.000	3.800	
2006-04-21	1.075	-0.899	3.947	-0.909	3.000	3.800	
2006-04-28	1.092	-0.916	3.932	-0.924	3.000	3.800	
2006-05-05	1.117	-0.941	3.910	-0.946	3.000	3.800	
2006-05-12	1.144	-0.968	3.883	-0.973	3.000	3.800	
2006-05-19	1.171	-0.995	3.854	-1.002	3.000	3.800	
2006-05-26	1.203	-1.027	3.821	-1.035	3.000	3.800	

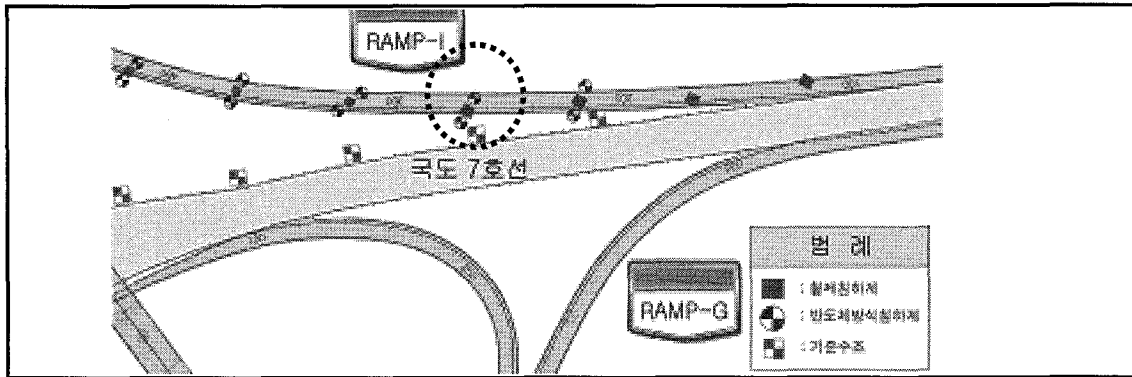
JS-3 침하량측정 GRAPH



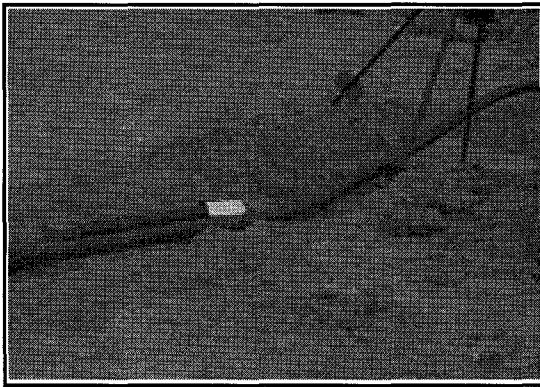
JS-04 침하량 측정

1. 설치개요

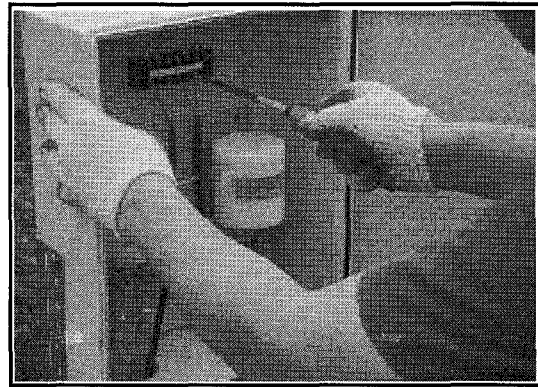
설치평면도



사진대지



< 반도체 침하계 설치 >



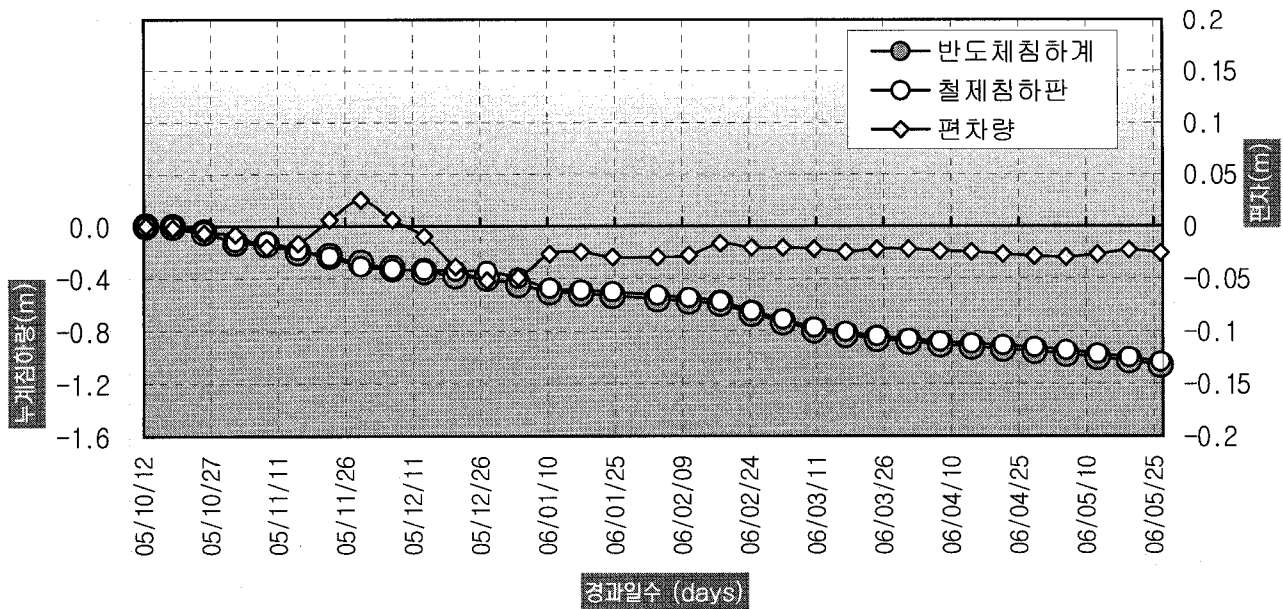
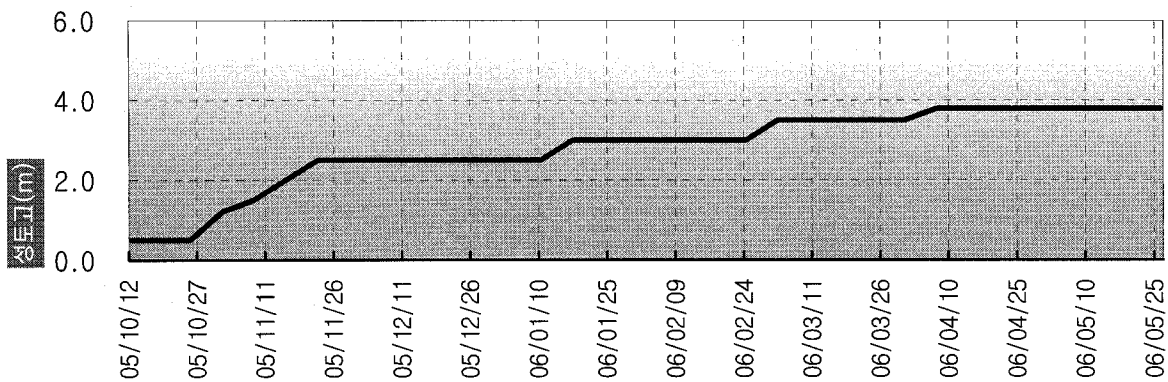
< 기준수조 설치 >

2. 침하량 측정

구 분	침하계(JS-04)		침하판(STA.0+280)			성토고(m)	비 고
	Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량		
2005-10-12	0.262	0.000	4.856	0.000	0.000	0.500	초기치
2005-10-18	0.267	-0.005	4.853	-0.003	0.000	0.500	
2005-10-25	0.309	-0.047	4.816	-0.040	0.000	0.500	
2005-11-01	0.392	-0.130	4.734	-0.122	1.000	1.200	
2005-11-08	0.403	-0.141	4.736	-0.120	1.000	1.500	
2005-11-15	0.465	-0.203	4.670	-0.186	1.000	2.000	
2005-11-22	0.491	-0.229	4.621	-0.235	1.000	2.500	
2005-11-29	0.547	-0.285	4.546	-0.310	1.000	2.500	
2005-12-06	0.586	-0.324	4.526	-0.330	1.000	2.500	
2005-12-13	0.610	-0.348	4.518	-0.338	1.000	2.500	
2005-12-20	0.642	-0.380	4.515	-0.341	2.000	2.500	
2005-12-27	0.660	-0.398	4.510	-0.346	2.000	2.500	
2006-01-03	0.708	-0.446	4.459	-0.397	2.000	2.500	
2006-01-10	0.763	-0.501	4.382	-0.474	2.000	2.500	
2006-01-17	0.775	-0.513	4.368	-0.488	2.000	3.000	
2006-01-24	0.794	-0.532	4.354	-0.502	2.000	3.000	
2006-02-03	0.818	-0.556	4.330	-0.526	2.000	3.000	

구분	침하계(JS-04)		침하판(STA.0+280)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2006-02-10	0.837	-0.575	4.309	-0.547	2.000	3.000	
2006-02-17	0.854	-0.592	4.281	-0.575	2.000	3.000	
2006-02-24	0.931	-0.669	4.208	-0.648	2.000	3.000	
2006-03-03	0.995	-0.733	4.144	-0.712	3.000	3.500	
2006-03-10	1.058	-0.796	4.082	-0.774	3.000	3.500	
2006-03-17	1.094	-0.832	4.049	-0.807	3.000	3.500	
2006-03-24	1.123	-0.861	4.017	-0.839	3.000	3.500	
2006-03-31	1.145	-0.883	3.995	-0.861	3.000	3.500	
2006-04-07	1.166	-0.904	3.976	-0.880	3.000	3.800	
2006-04-14	1.184	-0.922	3.959	-0.897	3.000	3.800	
2006-04-21	1.198	-0.936	3.947	-0.909	3.000	3.800	
2006-04-28	1.215	-0.953	3.932	-0.924	3.000	3.800	
2006-05-05	1.238	-0.976	3.910	-0.946	3.000	3.800	
2006-05-12	1.262	-1.000	3.883	-0.973	3.000	3.800	
2006-05-19	1.287	-1.025	3.854	-1.002	3.000	3.800	
2006-05-26	1.323	-1.061	3.821	-1.035	3.000	3.800	

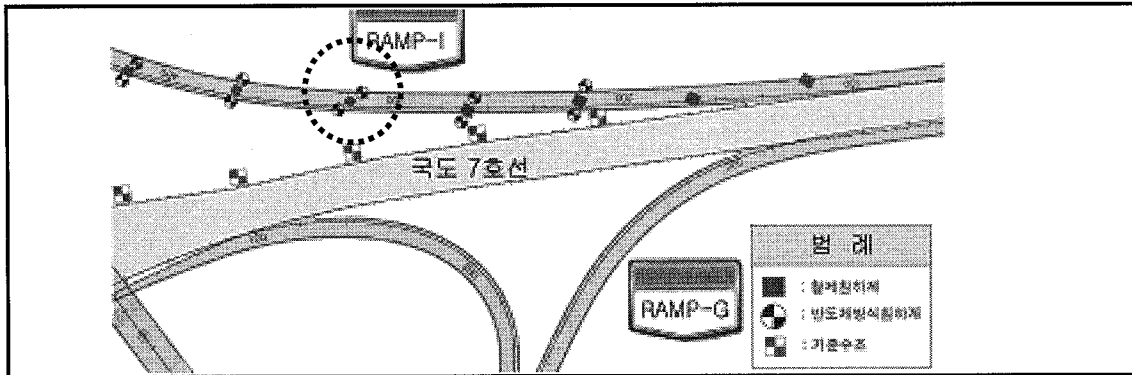
JS-4 침하량측정 GRAPH



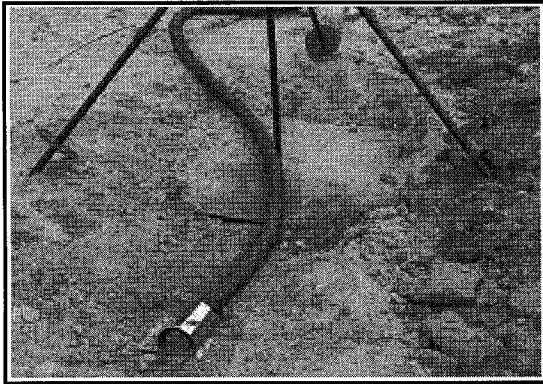
JS-05 침하량 측정

1. 설치개요

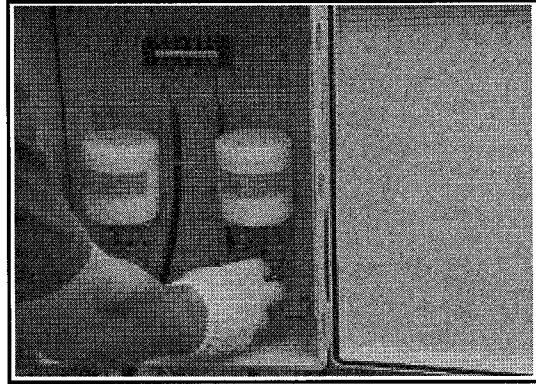
☑ 설치평면도



☑ 사진대지



< 반도체침하계 설치 >



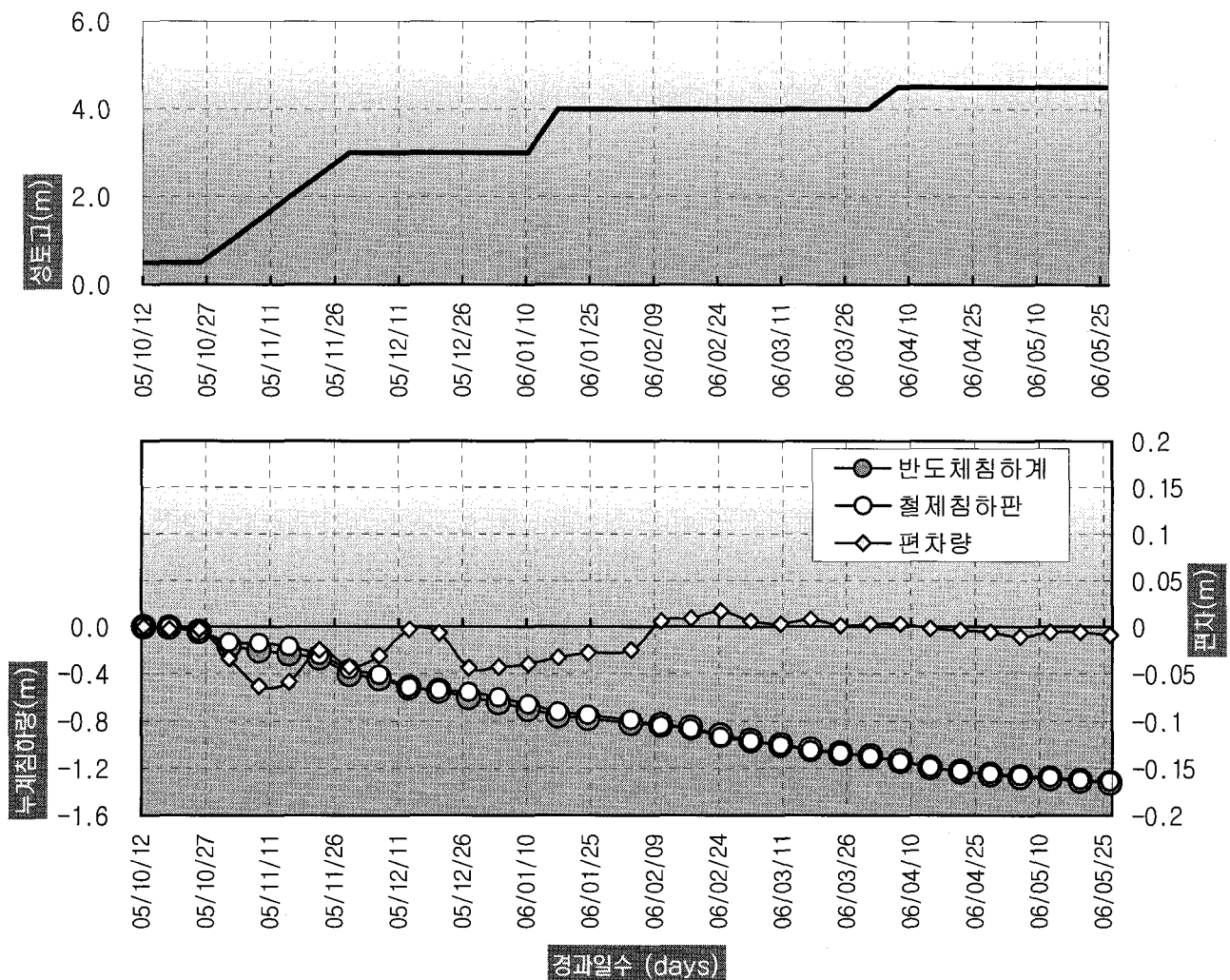
< 기준수조 설치 >

2. 침하량 측정

구 분	침하계(JS-05)		침하판(STA.0+320)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-10-12	0.712	0.000	5.099	0.000	0.000	0.500	초기치
2005-10-18	0.719	-0.007	5.095	-0.004	0.000	0.500	
2005-10-25	0.754	-0.042	5.060	-0.039	0.000	0.500	
2005-11-01	0.882	-0.170	4.963	-0.136	0.000	1.000	
2005-11-08	0.915	-0.203	4.959	-0.140	1.000	1.500	
2005-11-15	0.944	-0.232	4.926	-0.173	1.000	2.000	
2005-11-22	0.979	-0.267	4.857	-0.242	1.000	2.500	
2005-11-29	1.117	-0.405	4.737	-0.362	1.000	3.000	
2005-12-06	1.152	-0.440	4.690	-0.409	1.000	3.000	
2005-12-13	1.231	-0.519	4.583	-0.516	1.000	3.000	
2005-12-20	1.259	-0.547	4.559	-0.540	2.000	3.000	
2005-12-27	1.312	-0.600	4.543	-0.556	3.000	3.000	
2006-01-03	1.355	-0.643	4.499	-0.600	3.000	3.000	
2006-01-10	1.410	-0.698	4.441	-0.658	3.000	3.000	
2006-01-17	1.468	-0.756	4.376	-0.723	3.000	4.000	
2006-01-24	1.489	-0.777	4.350	-0.749	3.000	4.000	
2006-02-03	1.528	-0.816	4.308	-0.791	3.000	4.000	

구분	침하계(JS-05)		침하판(STA.0+320)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2006-02-10	1.545	-0.833	4.260	-0.839	3.000	4.000	
2006-02-17	1.569	-0.857	4.233	-0.866	3.000	4.000	
2006-02-24	1.632	-0.920	4.162	-0.937	3.000	4.000	
2006-03-03	1.676	-0.964	4.129	-0.970	3.000	4.000	
2006-03-10	1.715	-1.003	4.093	-1.006	3.000	4.000	
2006-03-17	1.753	-1.041	4.050	-1.049	3.000	4.000	
2006-03-24	1.786	-1.074	4.024	-1.075	3.000	4.000	
2006-03-31	1.810	-1.098	3.998	-1.101	3.000	4.000	
2006-04-07	1.853	-1.141	3.955	-1.144	4.000	4.500	
2006-04-14	1.907	-1.195	3.906	-1.193	4.000	4.500	
2006-04-21	1.942	-1.230	3.873	-1.226	4.000	4.500	
2006-04-28	1.965	-1.253	3.852	-1.247	4.000	4.500	
2006-05-05	1.987	-1.275	3.835	-1.264	4.000	4.500	
2006-05-12	1.999	-1.287	3.818	-1.281	4.000	4.500	
2006-05-19	2.018	-1.306	3.799	-1.300	4.000	4.500	
2006-05-26	2.034	-1.322	3.786	-1.313	4.000	4.500	

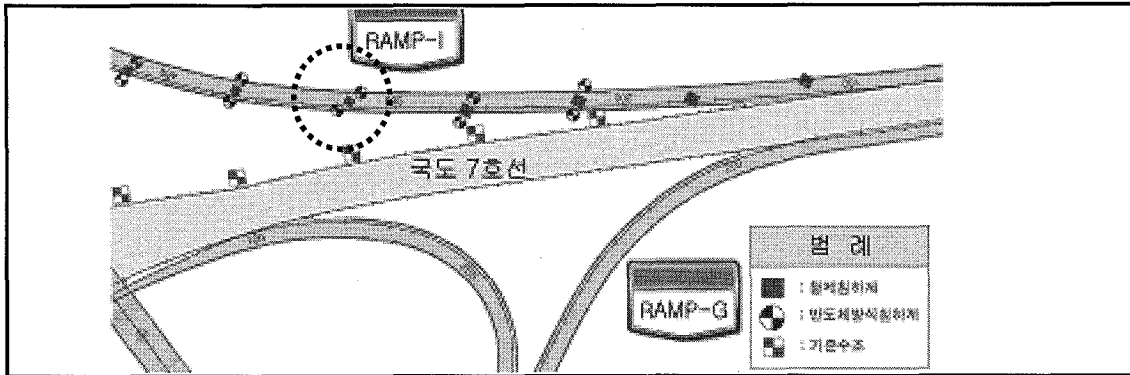
JS-5 침하량측정 GRAPH



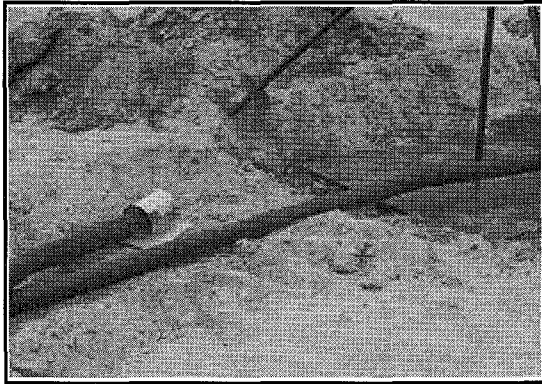
JS-06 침하량 측정

1. 설치개요

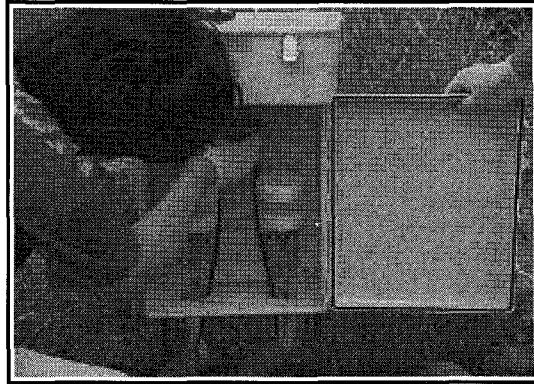
☑ 설치평면도



☑ 사진대지



< 반도체침하계 설치 >



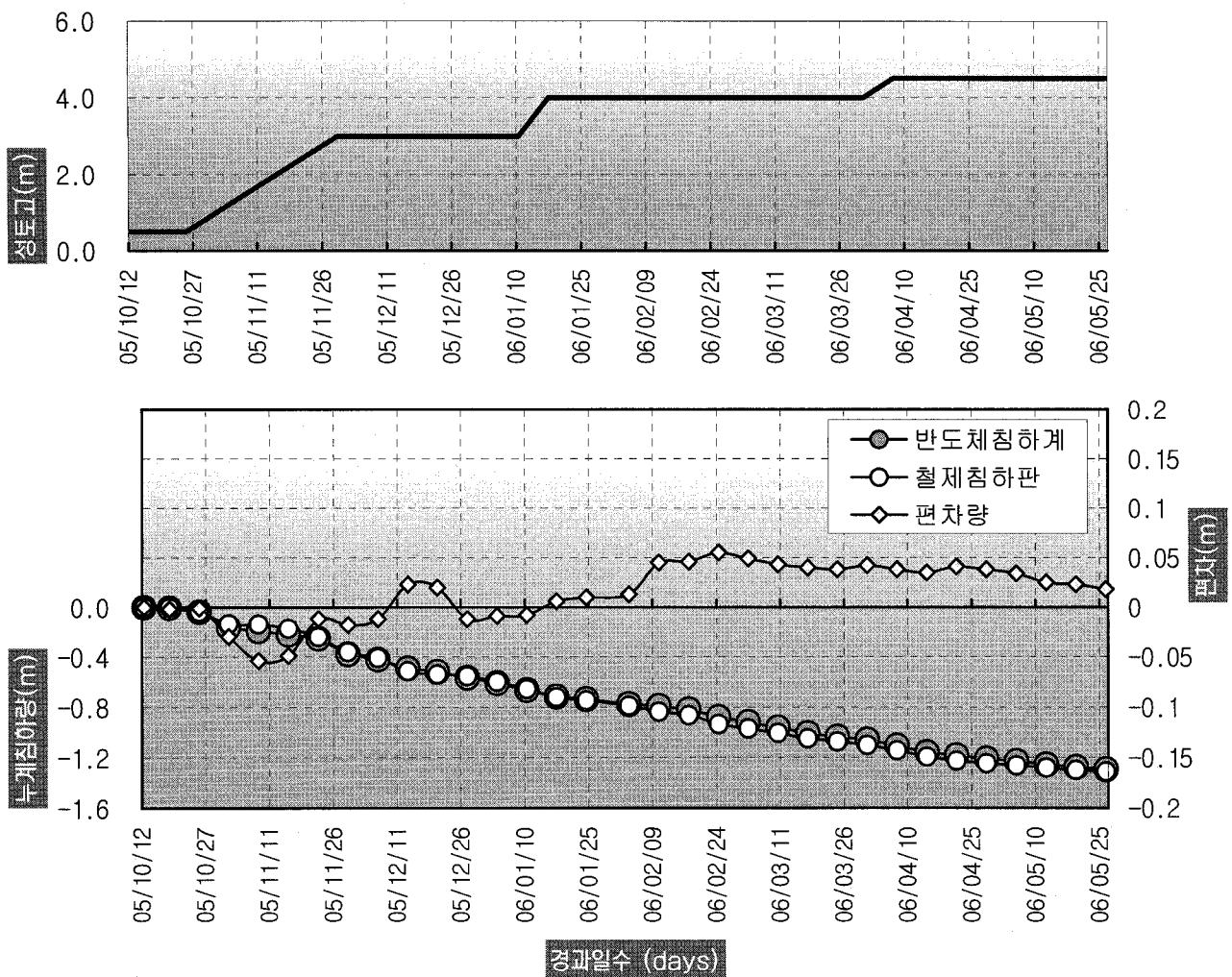
< 기준수조 설치 >

2. 침하량 측정

구 분	침하계(JS-06)		침하판(STA.0+320)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-10-12	0.661	0.000	5.099	0.000	0.000	0.500	초기치
2005-10-18	0.667	-0.006	5.095	-0.004	0.000	0.500	
2005-10-25	0.701	-0.040	5.060	-0.039	0.000	0.500	
2005-11-01	0.827	-0.166	4.963	-0.136	0.000	1.000	
2005-11-08	0.855	-0.194	4.959	-0.140	1.000	1.500	
2005-11-15	0.883	-0.222	4.926	-0.173	1.000	2.000	
2005-11-22	0.915	-0.254	4.857	-0.242	1.000	2.500	
2005-11-29	1.041	-0.380	4.737	-0.362	1.000	3.000	
2005-12-06	1.082	-0.421	4.690	-0.409	1.000	3.000	
2005-12-13	1.154	-0.493	4.583	-0.516	1.000	3.000	
2005-12-20	1.181	-0.520	4.559	-0.540	2.000	3.000	
2005-12-27	1.229	-0.568	4.543	-0.556	3.000	3.000	
2006-01-03	1.270	-0.609	4.499	-0.600	3.000	3.000	
2006-01-10	1.327	-0.666	4.441	-0.658	3.000	3.000	
2006-01-17	1.378	-0.717	4.376	-0.723	3.000	4.000	
2006-01-24	1.400	-0.739	4.350	-0.749	3.000	4.000	
2006-02-03	1.439	-0.778	4.308	-0.791	3.000	4.000	

구분	침하계(JS-06)		침하판(STA.0+320)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2006-02-10	1.455	-0.794	4.260	-0.839	3.000	4.000	
2006-02-17	1.481	-0.820	4.233	-0.866	3.000	4.000	
2006-02-24	1.543	-0.882	4.162	-0.937	3.000	4.000	
2006-03-03	1.582	-0.921	4.129	-0.970	3.000	4.000	
2006-03-10	1.624	-0.963	4.093	-1.006	3.000	4.000	
2006-03-17	1.670	-1.009	4.050	-1.049	3.000	4.000	
2006-03-24	1.698	-1.037	4.024	-1.075	3.000	4.000	
2006-03-31	1.720	-1.059	3.998	-1.101	3.000	4.000	
2006-04-07	1.767	-1.106	3.955	-1.144	4.000	4.500	
2006-04-14	1.819	-1.158	3.906	-1.193	4.000	4.500	
2006-04-21	1.846	-1.185	3.873	-1.226	4.000	4.500	
2006-04-28	1.870	-1.209	3.852	-1.247	4.000	4.500	
2006-05-05	1.891	-1.230	3.835	-1.264	4.000	4.500	
2006-05-12	1.917	-1.256	3.818	-1.281	4.000	4.500	
2006-05-19	1.938	-1.277	3.799	-1.300	4.000	4.500	
2006-05-26	1.956	-1.295	3.786	-1.313	4.000	4.500	

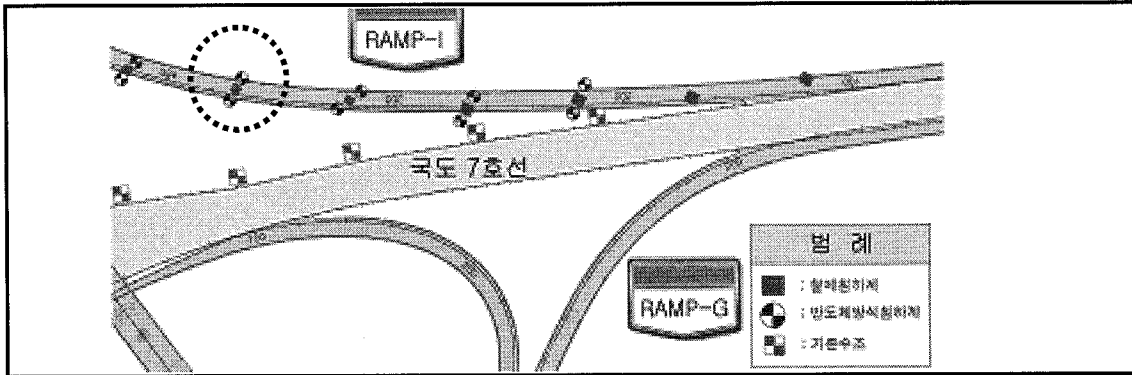
JS-6 침하량측정 GRAPH



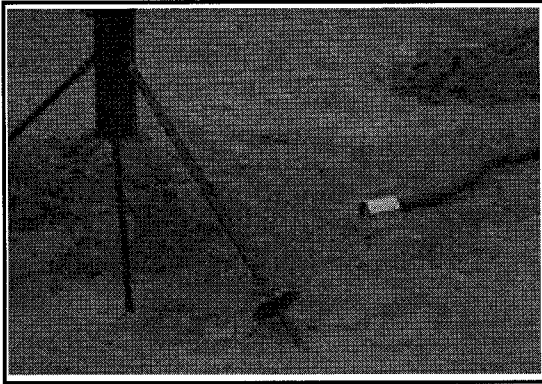
JS-07 침하량 측정

1. 설치개요

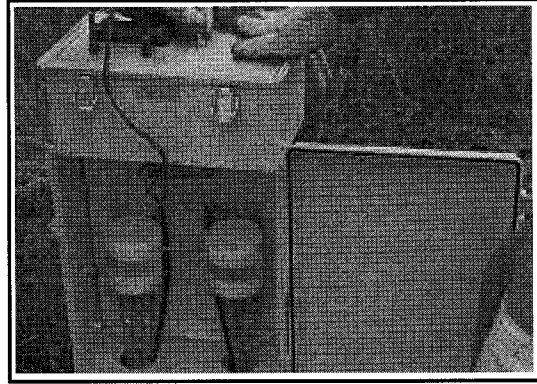
☑ 설치평면도



☑ 사진대지



< 반도체침하계 설치 >



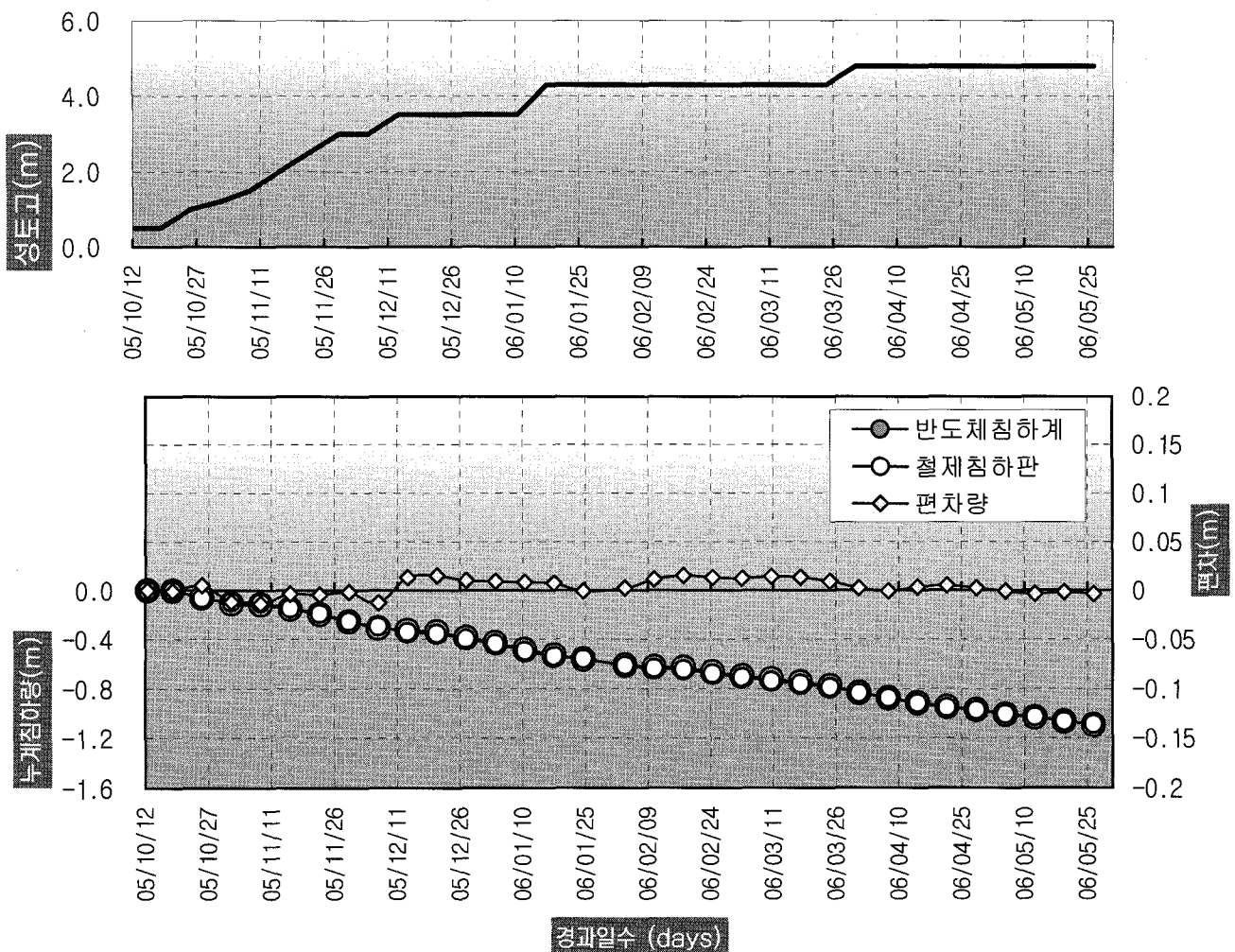
< 기준수조 설치 >

2. 침하량 측정

구 분	침하계(JS-07)		침하판(STA.0+370)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-10-12	0.453	0.000	5.539	0.000	0.000	0.500	초기치
2005-10-18	0.457	-0.004	5.536	-0.003	0.000	0.500	
2005-10-25	0.514	-0.061	5.473	-0.066	0.000	1.000	
2005-11-01	0.562	-0.109	5.442	-0.097	0.000	1.200	
2005-11-08	0.570	-0.117	5.436	-0.103	1.000	1.500	
2005-11-15	0.607	-0.154	5.389	-0.150	2.000	2.000	
2005-11-22	0.649	-0.196	5.348	-0.191	2.000	2.500	
2005-11-29	0.710	-0.257	5.284	-0.255	2.000	3.000	
2005-12-06	0.763	-0.310	5.242	-0.297	2.000	3.000	
2005-12-13	0.782	-0.329	5.197	-0.342	2.000	3.500	
2005-12-20	0.792	-0.339	5.185	-0.354	3.000	3.500	
2005-12-27	0.841	-0.388	5.141	-0.398	3.000	3.500	
2006-01-03	0.882	-0.429	5.101	-0.438	3.000	3.500	
2006-01-10	0.939	-0.486	5.045	-0.494	3.000	3.500	
2006-01-17	0.983	-0.530	5.002	-0.537	3.000	4.300	
2006-01-24	1.015	-0.562	4.978	-0.561	3.000	4.300	
2006-02-03	1.064	-0.611	4.926	-0.613	3.000	4.300	

구분	침하계(JS-07)		침하판(STA.0+370)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2006-02-10	1.077	-0.624	4.904	-0.635	3.000	4.300	
2006-02-17	1.083	-0.630	4.894	-0.645	3.000	4.300	
2006-02-24	1.118	-0.665	4.861	-0.678	3.000	4.300	
2006-03-03	1.150	-0.697	4.830	-0.709	3.000	4.300	
2006-03-10	1.176	-0.723	4.802	-0.737	3.000	4.300	
2006-03-17	1.201	-0.748	4.778	-0.761	3.000	4.300	
2006-03-24	1.232	-0.779	4.751	-0.788	3.000	4.300	
2006-03-31	1.287	-0.834	4.703	-0.836	4.000	4.800	
2006-04-07	1.329	-0.876	4.664	-0.875	4.000	4.800	
2006-04-14	1.368	-0.915	4.621	-0.918	4.000	4.800	
2006-04-21	1.401	-0.948	4.586	-0.953	4.000	4.800	
2006-04-28	1.425	-0.972	4.565	-0.974	4.000	4.800	
2006-05-05	1.461	-1.008	4.532	-1.007	4.000	4.800	
2006-05-12	1.486	-1.033	4.510	-1.029	4.000	4.800	
2006-05-19	1.520	-1.067	4.474	-1.065	4.000	4.800	
2006-05-26	1.547	-1.094	4.449	-1.090	4.000	4.800	

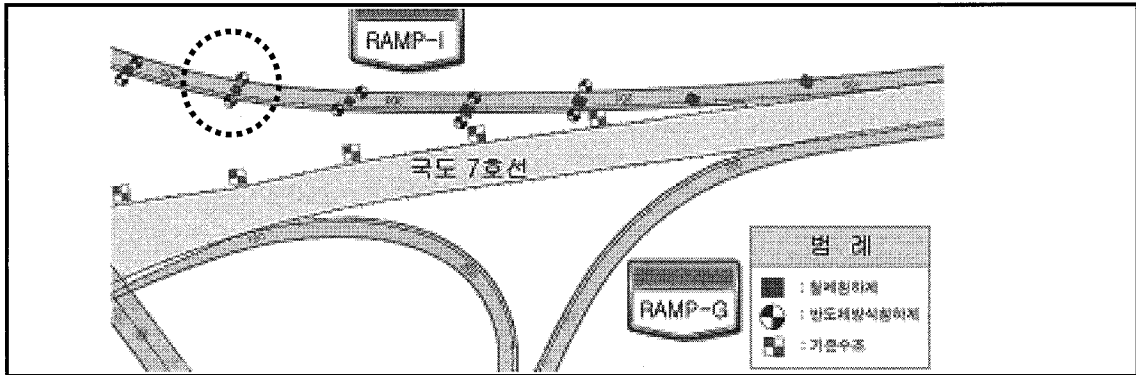
JS-7 침하량측정 GRAPH



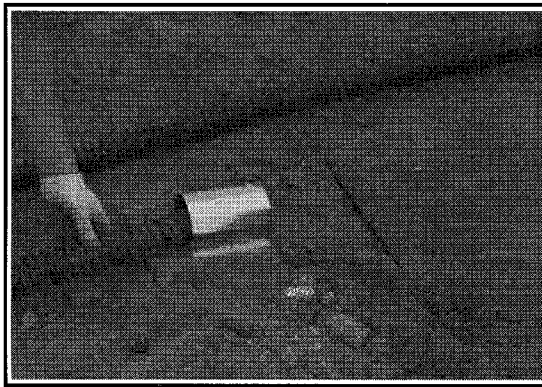
JS-08 침하량 측정

1. 설치개요

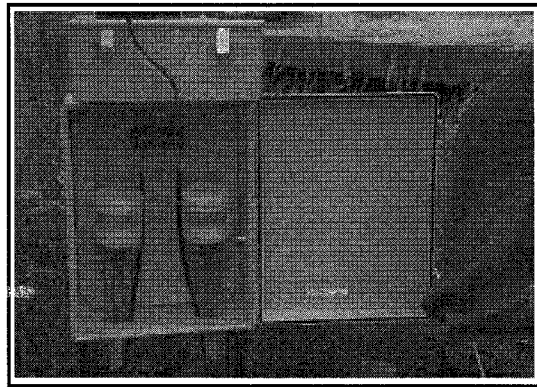
☑ 설치평면도



☑ 사진대지



< 반도체 침하계 설치 >



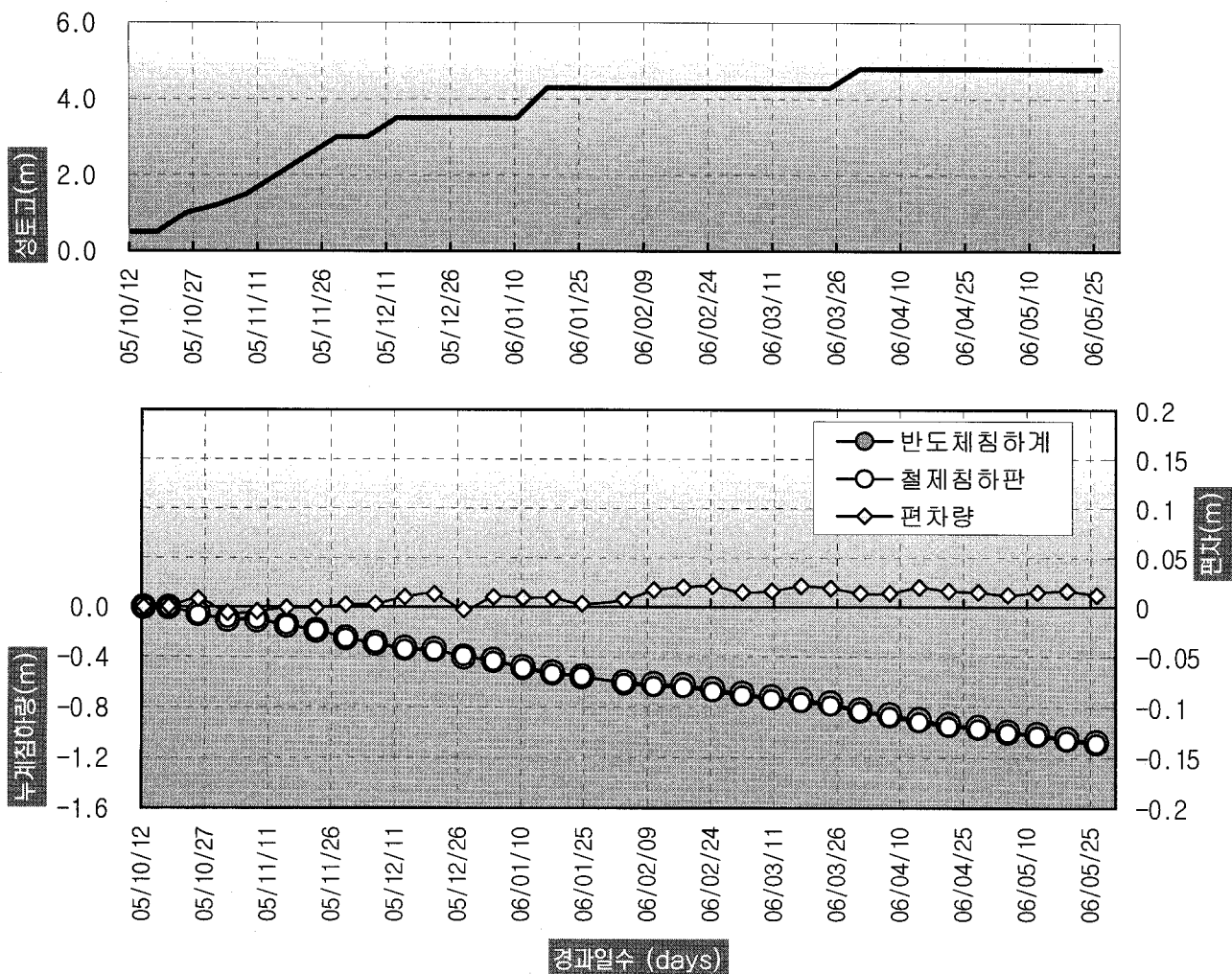
< 기준수조 설치 >

2. 침하량 측정

구 분	침하계(JS-08)		침하판(STA.0+370)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-10-12	0.462	0.000	5.539	0.000	0.000	0.500	초기치
2005-10-18	0.465	-0.003	5.536	-0.003	0.000	0.500	
2005-10-25	0.520	-0.058	5.473	-0.066	0.000	1.000	
2005-11-01	0.565	-0.103	5.442	-0.097	0.000	1.200	
2005-11-08	0.570	-0.108	5.436	-0.103	1.000	1.500	
2005-11-15	0.613	-0.151	5.389	-0.150	2.000	2.000	
2005-11-22	0.654	-0.192	5.348	-0.191	2.000	2.500	
2005-11-29	0.715	-0.253	5.284	-0.255	2.000	3.000	
2005-12-06	0.756	-0.294	5.242	-0.297	2.000	3.000	
2005-12-13	0.794	-0.332	5.197	-0.342	2.000	3.500	
2005-12-20	0.803	-0.341	5.185	-0.354	3.000	3.500	
2005-12-27	0.863	-0.401	5.141	-0.398	3.000	3.500	
2006-01-03	0.890	-0.428	5.101	-0.438	3.000	3.500	
2006-01-10	0.947	-0.485	5.045	-0.494	3.000	3.500	
2006-01-17	0.990	-0.528	5.002	-0.537	3.000	4.300	
2006-01-24	1.020	-0.558	4.978	-0.561	3.000	4.300	
2006-02-03	1.068	-0.606	4.926	-0.613	3.000	4.300	

구분	침하계(JS-08)		침하관(STA.0+370)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2006-02-10	1.080	-0.618	4.904	-0.635	3.000	4.300	
2006-02-17	1.087	-0.625	4.894	-0.645	3.000	4.300	
2006-02-24	1.119	-0.657	4.861	-0.678	3.000	4.300	
2006-03-03	1.156	-0.694	4.830	-0.709	3.000	4.300	
2006-03-10	1.183	-0.721	4.802	-0.737	3.000	4.300	
2006-03-17	1.202	-0.740	4.778	-0.761	3.000	4.300	
2006-03-24	1.231	-0.769	4.751	-0.788	3.000	4.300	
2006-03-31	1.284	-0.822	4.703	-0.836	4.000	4.800	
2006-04-07	1.323	-0.861	4.664	-0.875	4.000	4.800	
2006-04-14	1.360	-0.898	4.621	-0.918	4.000	4.800	
2006-04-21	1.399	-0.937	4.586	-0.953	4.000	4.800	
2006-04-28	1.421	-0.959	4.565	-0.974	4.000	4.800	
2006-05-05	1.457	-0.995	4.532	-1.007	4.000	4.800	
2006-05-12	1.476	-1.014	4.510	-1.029	4.000	4.800	
2006-05-19	1.511	-1.049	4.474	-1.065	4.000	4.800	
2006-05-26	1.540	-1.078	4.449	-1.090	4.000	4.800	

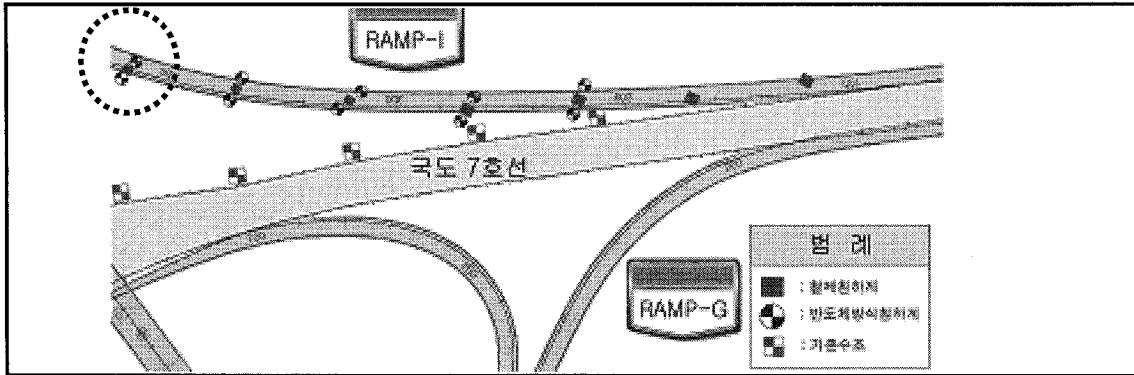
JS-8 침하량측정 GRAPH



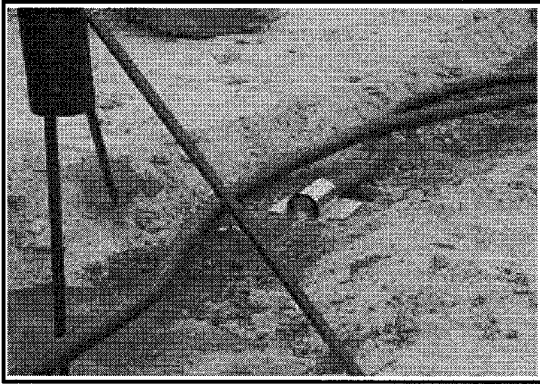
JS-09 침하량 측정

1. 설치개요

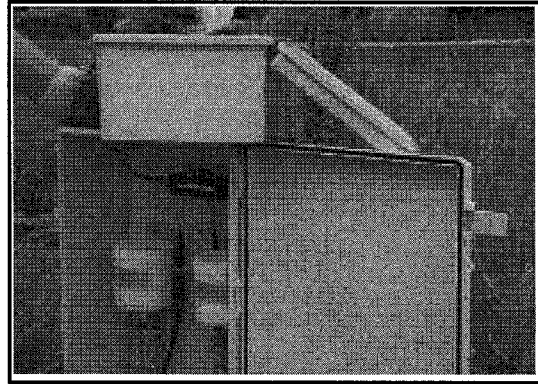
설치평면도



사진대지



< 반도체침하계 설치 >



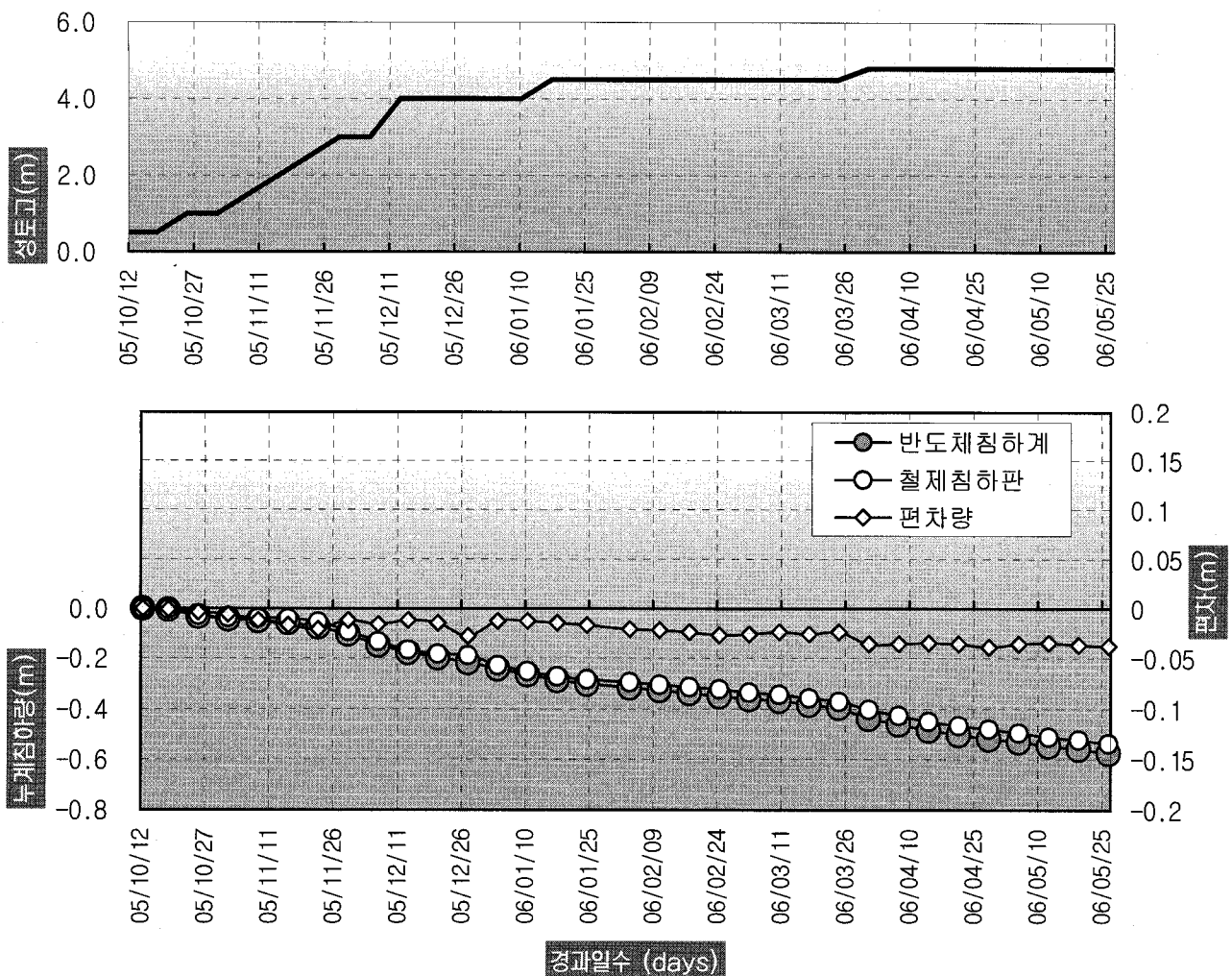
< 기준수조 설치 >

2. 침하량 측정

구분	침하계(JS-09)		침하판(STA.0+420)			성토고(m)	비고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-10-12	0.695	0.000	5.983	0.000	0.000	0.500	
2005-10-18	0.701	-0.006	5.978	-0.005	0.000	0.500	
2005-10-25	0.728	-0.033	5.954	-0.029	0.000	1.000	
2005-11-01	0.739	-0.044	5.945	-0.038	0.000	1.000	
2005-11-08	0.746	-0.051	5.944	-0.039	1.000	1.500	
2005-11-15	0.753	-0.058	5.942	-0.041	2.000	2.000	
2005-11-22	0.771	-0.076	5.928	-0.055	2.000	2.500	
2005-11-29	0.800	-0.105	5.890	-0.093	2.000	3.000	
2005-12-06	0.844	-0.149	5.850	-0.133	2.000	3.000	
2005-12-13	0.874	-0.179	5.816	-0.167	2.000	4.000	
2005-12-20	0.894	-0.199	5.799	-0.184	3.000	4.000	
2005-12-27	0.913	-0.218	5.793	-0.190	3.000	4.000	
2006-01-03	0.937	-0.242	5.754	-0.229	3.000	4.000	
2006-01-10	0.960	-0.265	5.731	-0.252	3.000	4.000	
2006-01-17	0.982	-0.287	5.711	-0.272	3.000	4.500	
2006-01-24	0.996	-0.301	5.699	-0.284	3.000	4.500	
2006-02-03	1.011	-0.316	5.688	-0.295	3.000	4.500	

구분	침하계(JS-09)		침하판(STA.0+420)			성토고(m)	비고
	Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)	
2006-02-10	1.022	-0.327	5.678	-0.305	3.000	4.500	
2006-02-17	1.033	-0.338	5.669	-0.314	3.000	4.500	
2006-02-24	1.045	-0.350	5.660	-0.323	3.000	4.500	
2006-03-03	1.056	-0.361	5.648	-0.335	3.000	4.500	
2006-03-10	1.063	-0.368	5.639	-0.344	3.000	4.500	
2006-03-17	1.079	-0.384	5.625	-0.358	3.000	4.500	
2006-03-24	1.090	-0.395	5.612	-0.371	3.000	4.500	
2006-03-31	1.134	-0.439	5.580	-0.403	4.000	4.800	
2006-04-07	1.157	-0.462	5.557	-0.426	4.000	4.800	
2006-04-14	1.181	-0.486	5.532	-0.451	4.000	4.800	
2006-04-21	1.198	-0.503	5.516	-0.467	4.000	4.800	
2006-04-28	1.214	-0.519	5.503	-0.480	4.000	4.800	
2006-05-05	1.226	-0.531	5.488	-0.495	4.000	4.800	
2006-05-12	1.242	-0.547	5.471	-0.512	4.000	4.800	
2006-05-19	1.255	-0.560	5.460	-0.523	4.000	4.800	
2006-05-26	1.271	-0.576	5.445	-0.538	4.000	4.800	

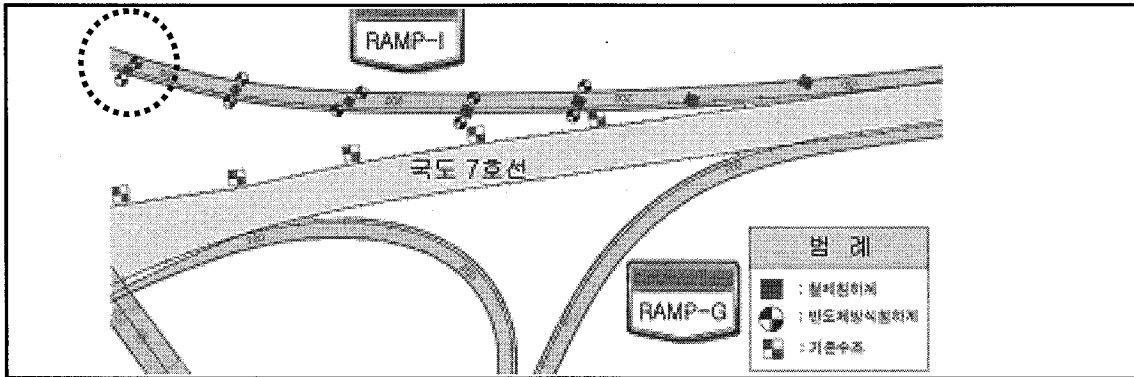
JS-9 침하량측정 GRAPH



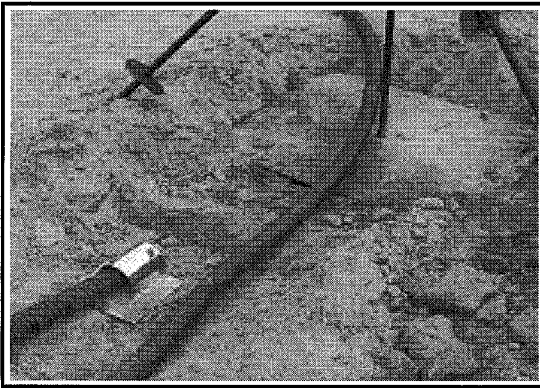
JS-10 침하량 측정

1. 설치개요

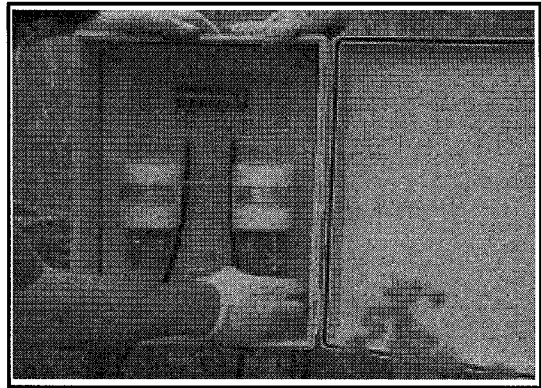
☑ 설치평면도



☑ 사진대지



< 반도체침하계 설치 >



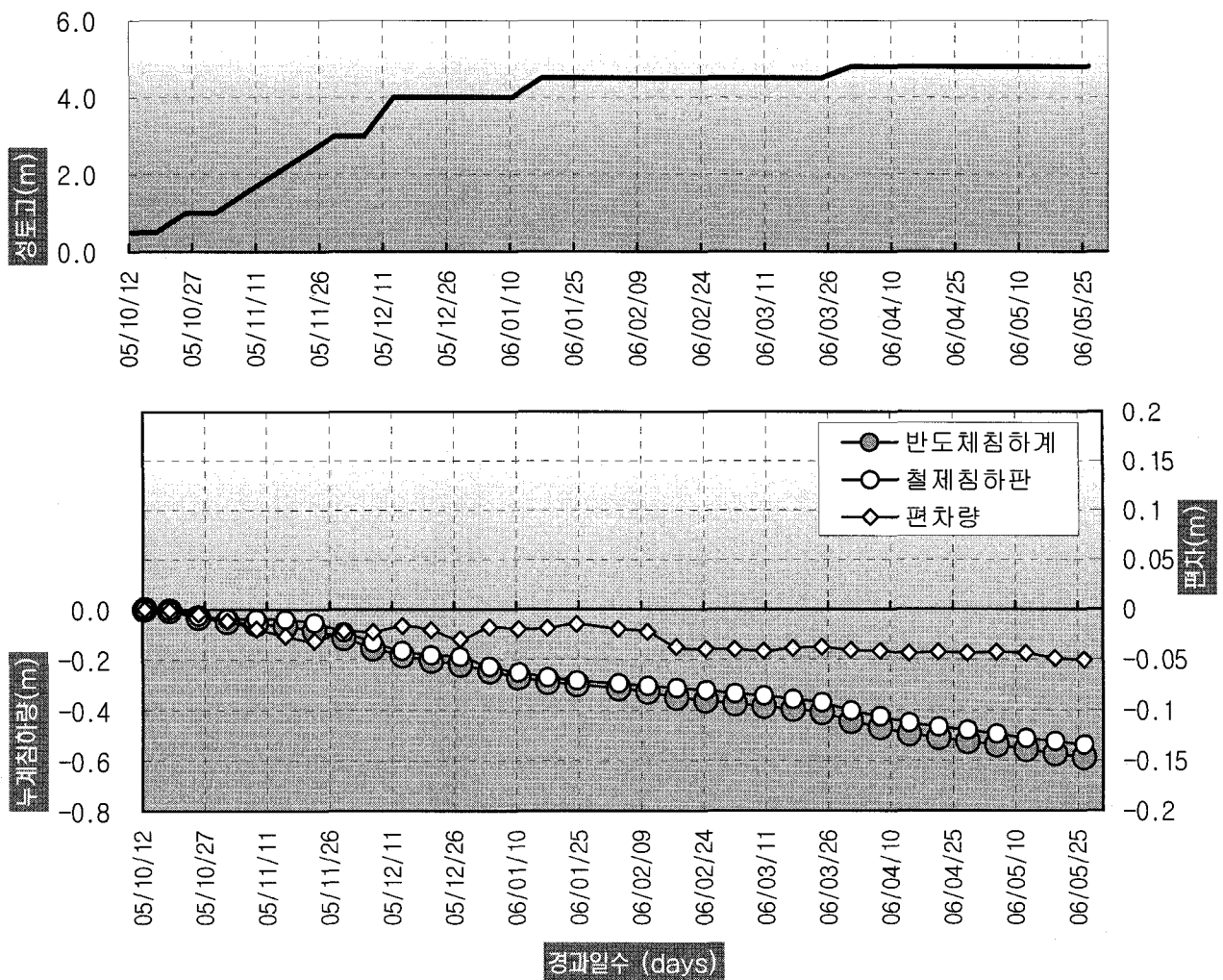
< 기준수조 설치 >

2. 침하량 측정

구분 Date	침하계(JS-10)		침하판(STA.0+420)			성토고(m)	비고
	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)		
2005-10-12	0.652	0.000	5.983	0.000	0.000	0.500	
2005-10-18	0.658	-0.006	5.978	-0.005	0.000	0.500	
2005-10-25	0.686	-0.034	5.954	-0.029	0.000	1.000	
2005-11-01	0.702	-0.050	5.945	-0.038	0.000	1.000	
2005-11-08	0.711	-0.059	5.944	-0.039	1.000	1.500	
2005-11-15	0.720	-0.068	5.942	-0.041	2.000	2.000	
2005-11-22	0.739	-0.087	5.928	-0.055	2.000	2.500	
2005-11-29	0.767	-0.115	5.890	-0.093	2.000	3.000	
2005-12-06	0.808	-0.156	5.850	-0.133	2.000	3.000	
2005-12-13	0.836	-0.184	5.816	-0.167	2.000	4.000	
2005-12-20	0.857	-0.205	5.799	-0.184	3.000	4.000	
2005-12-27	0.872	-0.220	5.793	-0.190	3.000	4.000	
2006-01-03	0.899	-0.247	5.754	-0.229	3.000	4.000	
2006-01-10	0.924	-0.272	5.731	-0.252	3.000	4.000	
2006-01-17	0.943	-0.291	5.711	-0.272	3.000	4.500	
2006-01-24	0.951	-0.299	5.699	-0.284	3.000	4.500	
2006-02-03	0.967	-0.315	5.688	-0.295	3.000	4.500	

구 분	침하계(JS-10)		침하판(STA.0+420)			성토고(m)	비 고
	Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	봉연결고(m)	
2006-02-10	0.980	-0.328	5.678	-0.305	3.000	4.500	
2006-02-17	1.004	-0.352	5.669	-0.314	3.000	4.500	
2006-02-24	1.015	-0.363	5.660	-0.323	3.000	4.500	
2006-03-03	1.027	-0.375	5.648	-0.335	3.000	4.500	
2006-03-10	1.038	-0.386	5.639	-0.344	3.000	4.500	
2006-03-17	1.049	-0.397	5.625	-0.358	3.000	4.500	
2006-03-24	1.061	-0.409	5.612	-0.371	3.000	4.500	
2006-03-31	1.096	-0.444	5.580	-0.403	4.000	4.800	
2006-04-07	1.120	-0.468	5.557	-0.426	4.000	4.800	
2006-04-14	1.147	-0.495	5.532	-0.451	4.000	4.800	
2006-04-21	1.162	-0.510	5.516	-0.467	4.000	4.800	
2006-04-28	1.176	-0.524	5.503	-0.480	4.000	4.800	
2006-05-05	1.190	-0.538	5.488	-0.495	4.000	4.800	
2006-05-12	1.208	-0.556	5.471	-0.512	4.000	4.800	
2006-05-19	1.224	-0.572	5.460	-0.523	4.000	4.800	
2006-05-26	1.241	-0.589	5.445	-0.538	4.000	4.800	

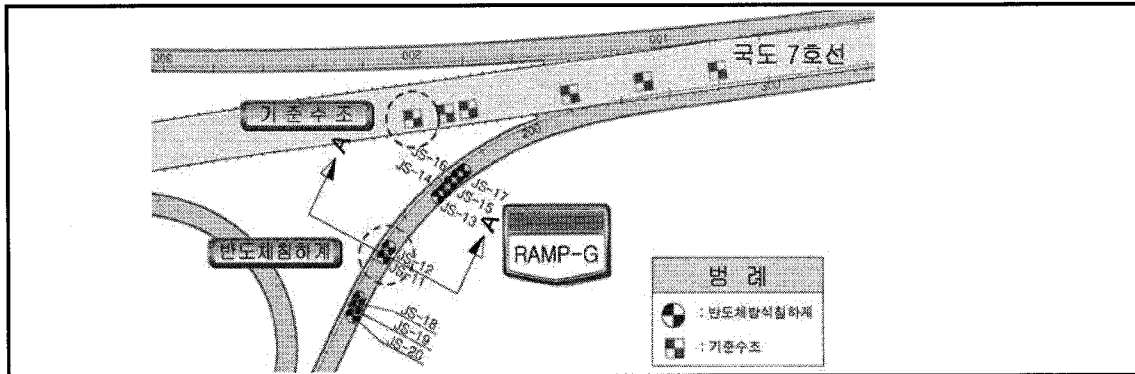
JS-9 침하량측정 GRAPH



부록 4. 동해고속도로(주문진~속초) 건설공사(○)공
구 현장 RAMP-G 침하측정 결과

케이블 절단시험

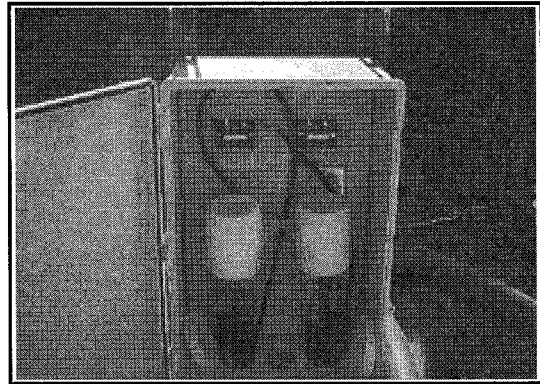
☑ 설치평면도



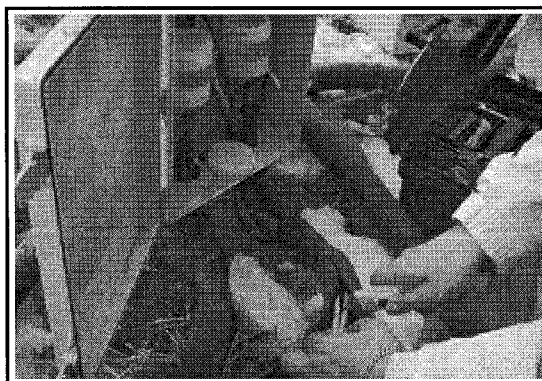
☑ 사진대지



< 반도체침하계 설치 >



< 기준수조 설치 >



< 케이블 절단 >



< Twin Tube로 연결 >

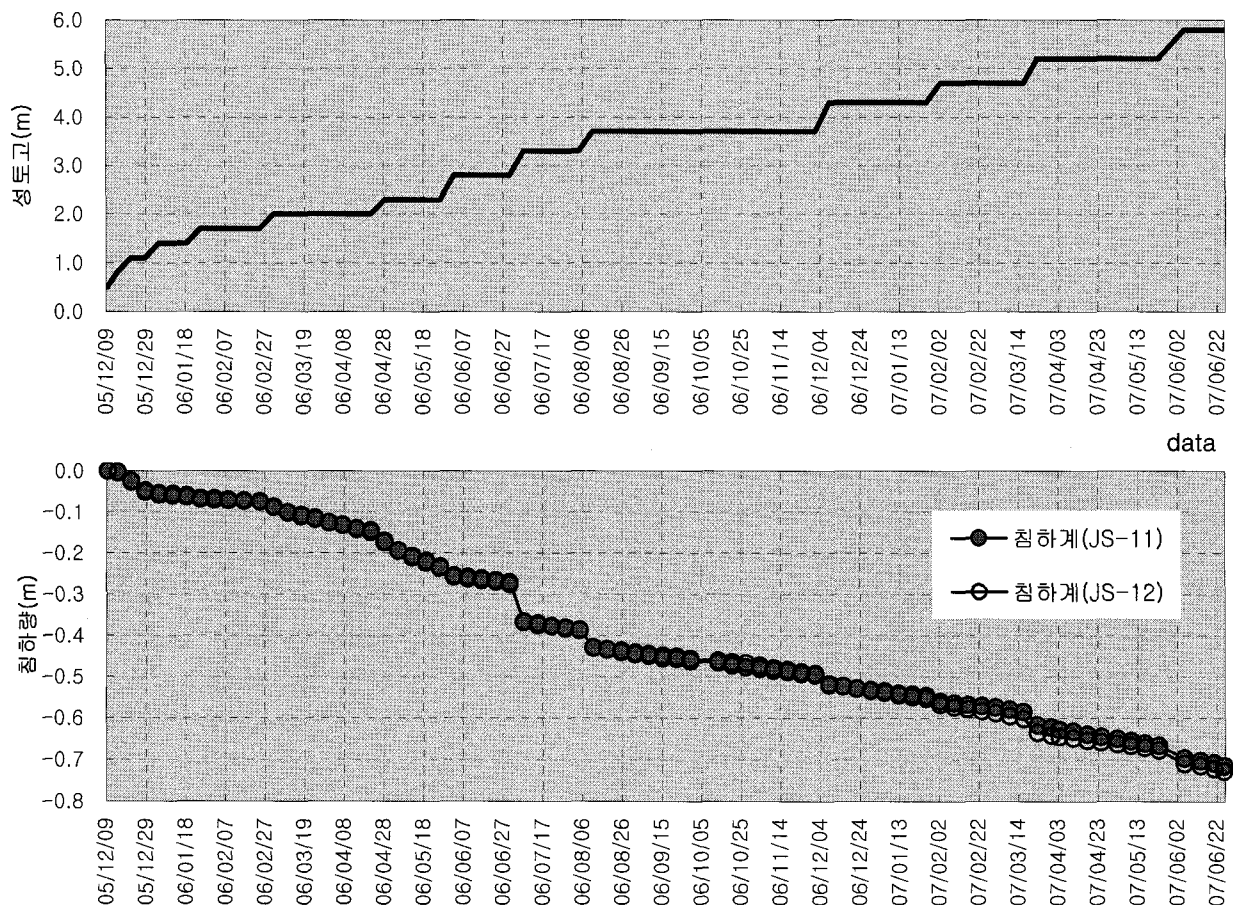
침하계 Cable 절단시험 측정 DATA SHEET

설치 위치 : Ramp-G STA. 0+138(Left)

구 분	침하계(JS-11)		침하계(JS-12)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	시 험		
2005-12-09	1.339	0.000	1.193	0.000		0.500	초기치
2005-12-14	1.342	-0.003	1.195	-0.002		0.800	
2005-12-21	1.364	-0.025	1.217	-0.024		1.100	
2005-12-28	1.389	-0.050	1.240	-0.047		1.100	
2006-01-04	1.396	-0.057	1.246	-0.053		1.400	
2006-01-11	1.399	-0.060	1.248	-0.055		1.400	
2006-01-18	1.402	-0.063	1.252	-0.059		1.400	
2006-01-25	1.408	-0.069	1.259	-0.066	절단, 이음	1.700	
2006-01-25	1.408	-0.069	1.258	-0.065	재측정	1.700	
2006-02-01	1.410	-0.071	1.259	-0.066		1.700	
2006-02-08	1.412	-0.073	1.262	-0.069		1.700	
2006-02-16	1.413	-0.074	1.263	-0.070		1.700	
2006-02-24	1.415	-0.076	1.266	-0.073		1.700	
2006-03-03	1.427	-0.088	1.279	-0.086		2.000	
2006-03-10	1.441	-0.102	1.293	-0.100		2.000	
2006-03-17	1.449	-0.110	1.300	-0.107		2.000	
2006-03-24	1.457	-0.118	1.309	-0.116		2.000	
2006-03-31	1.466	-0.127	1.319	-0.126		2.000	
2006-04-07	1.472	-0.133	1.325	-0.132		2.000	
2006-04-14	1.481	-0.142	1.333	-0.140		2.000	
2006-04-21	1.488	-0.149	1.338	-0.145		2.000	
2006-04-28	1.513	-0.174	1.364	-0.171		2.300	
2006-05-05	1.534	-0.195	1.387	-0.194		2.300	
2006-05-12	1.549	-0.210	1.400	-0.207		2.300	
2006-05-19	1.562	-0.223	1.412	-0.219		2.300	
2006-05-26	1.575	-0.236	1.426	-0.233		2.300	
2006-06-02	1.597	-0.258	1.448	-0.255		2.800	
2006-06-09	1.602	-0.263	1.451	-0.258		2.800	
2006-06-16	1.606	-0.267	1.455	-0.262		2.800	
2006-06-23	1.609	-0.270	1.460	-0.267		2.800	
2006-06-30	1.615	-0.276	1.464	-0.271		2.800	
2006-07-07	1.707	-0.368	1.559	-0.366		3.300	
2006-07-14	1.714	-0.375	1.564	-0.371		3.300	
2006-07-21	1.717	-0.378	1.570	-0.377		3.300	
2006-07-28	1.722	-0.383	1.574	-0.381		3.300	
2006-08-04	1.727	-0.388	1.579	-0.386		3.300	
2006-08-11	1.769	-0.430	1.622	-0.429		3.700	
2006-08-18	1.774	-0.435	1.627	-0.434		3.700	
2006-08-25	1.779	-0.440	1.630	-0.437		3.700	
2006-09-01	1.785	-0.446	1.635	-0.442		3.700	
2006-09-08	1.789	-0.450	1.638	-0.445		3.700	
2006-09-15	1.794	-0.455	1.642	-0.449		3.700	
2006-09-22	1.796	-0.457	1.644	-0.451		3.700	
2006-09-29	1.801	-0.462	1.650	-0.457		3.700	
2006-10-13	1.805	-0.466	1.654	-0.461		3.700	
2006-10-20	1.812	-0.473	1.658	-0.465		3.700	
2006-10-27	1.816	-0.477	1.661	-0.468		3.700	
2006-11-03	1.820	-0.481	1.666	-0.473		3.700	
2006-11-10	1.824	-0.485	1.672	-0.479		3.700	
2006-11-17	1.827	-0.488	1.676	-0.483		3.700	
2006-11-24	1.832	-0.493	1.682	-0.489		3.700	
2006-12-01	1.835	-0.496	1.686	-0.493		3.700	
2006-12-08	1.859	-0.520	1.711	-0.518		4.300	
2006-12-15	1.862	-0.523	1.715	-0.522		4.300	
2006-12-22	1.867	-0.528	1.722	-0.529		4.300	
2006-12-29	1.871	-0.532	1.727	-0.534		4.300	
2007-01-05	1.874	-0.535	1.731	-0.538		4.300	
2007-01-12	1.879	-0.540	1.737	-0.544		4.300	

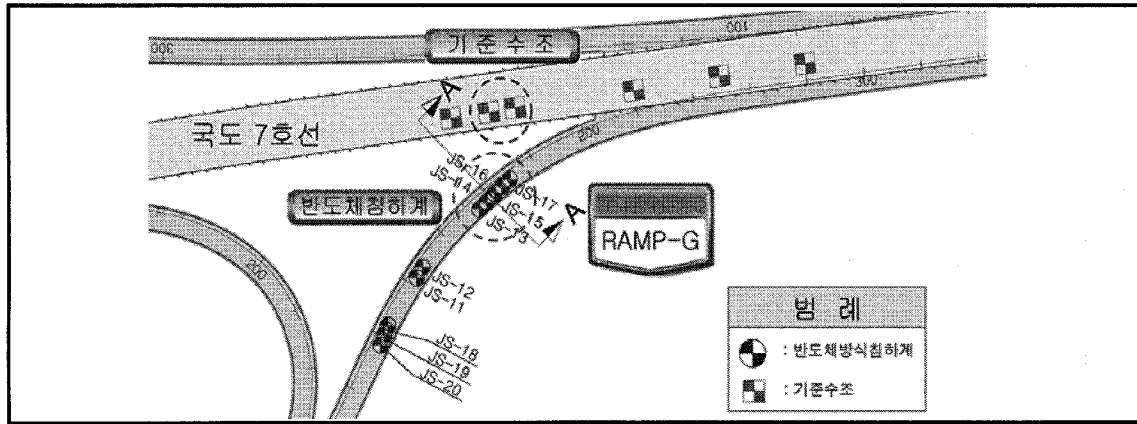
구 분	침하계(JS-11)		침하계(JS-12)			성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	시 형		
2007-01-19	1.882	-0.543	1.742	-0.549		4.300	
2007-01-26	1.885	-0.546	1.746	-0.553		4.300	
2007-02-02	1.899	-0.560	1.761	-0.568		4.700	
2007-02-09	1.903	-0.564	1.766	-0.573		4.700	
2007-02-16	1.907	-0.568	1.771	-0.578		4.700	
2007-02-23	1.910	-0.571	1.776	-0.583		4.700	
2007-03-02	1.913	-0.574	1.781	-0.588		4.700	
2007-03-09	1.918	-0.579	1.788	-0.595		4.700	
2007-03-16	1.924	-0.585	1.795	-0.602		4.700	
2007-03-23	1.956	-0.617	1.828	-0.635		5.200	
2007-03-30	1.961	-0.622	1.834	-0.641		5.200	
2007-04-03	1.967	-0.628	1.838	-0.645		5.200	
2007-04-10	1.971	-0.632	1.841	-0.648		5.200	
2007-04-17	1.978	-0.639	1.847	-0.654		5.200	
2007-04-24	1.984	-0.645	1.851	-0.658		5.200	
2007-05-02	1.989	-0.650	1.855	-0.662		5.200	
2007-05-09	1.994	-0.655	1.859	-0.666		5.200	
2007-05-16	2.000	-0.661	1.864	-0.671		5.200	
2007-05-23	2.005	-0.666	1.870	-0.677		5.200	
2007-06-05	2.035	-0.696	1.902	-0.709		5.800	
2007-06-13	2.041	-0.702	1.907	-0.714		5.800	
2007-06-20	2.047	-0.708	1.914	-0.721		5.800	
2007-06-25	2.054	-0.715	1.920	-0.727		5.800	

Cable절단시험 측정 GRAPH

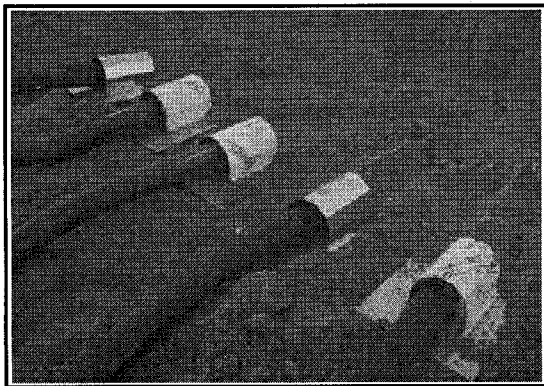


케이블 길이별 시험

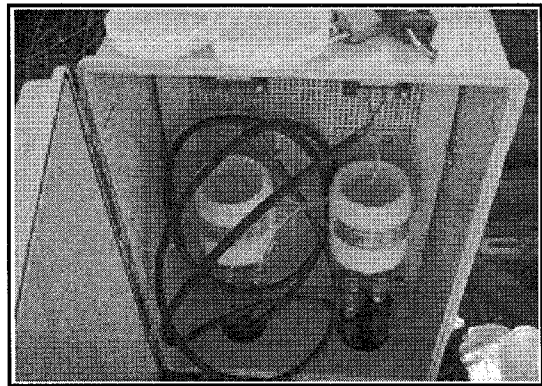
설치평면도



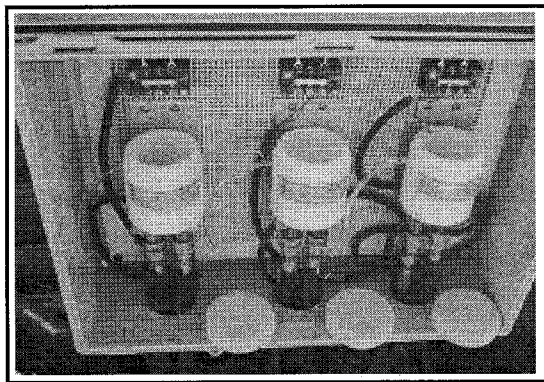
사진대지



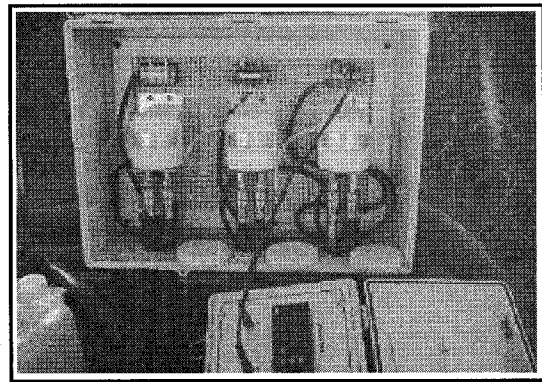
< 반도체 침하계 설치 >



< 기준수조 설치(JS-13,14) >



< 기준수조 설치(JS-15,16,17) >



< 초기치측정 >

침하계 길이별 침하량측정 DATA SHEET

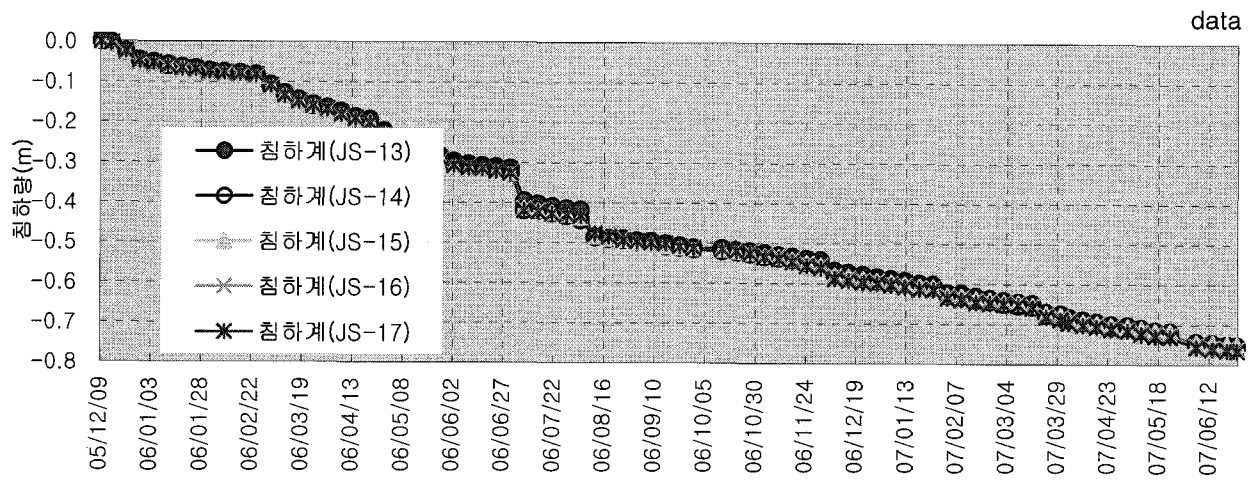
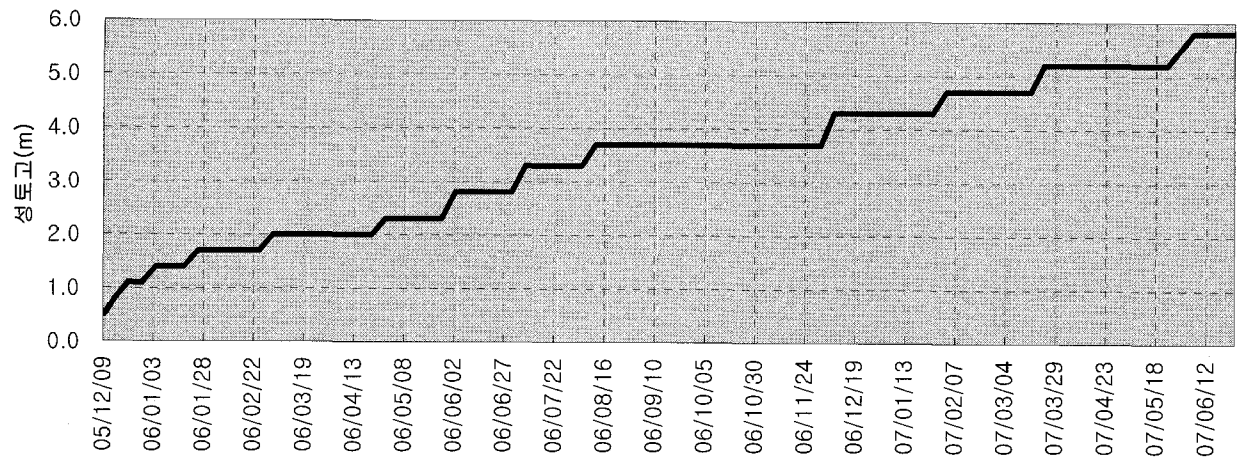
설치 위치 : Ramp-G STA. 0+142(Left)

구 분	침하계(JS-13)		침하계(JS-14)		침하계(JS-15)		침하계(JS-16)		침하계(JS-17)		성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량		
2005-12-09	1.437	0.000	1.460	0.000	1.530	0.000	1.560	0.000	1.624	0.000	0.500	초기치
2005-12-14	1.440	-0.003	1.463	-0.003	1.534	-0.004	1.565	-0.005	1.628	-0.004	0.800	
2005-12-21	1.462	-0.025	1.486	-0.026	1.558	-0.028	1.588	-0.028	1.648	-0.024	1.100	
2005-12-28	1.483	-0.046	1.508	-0.048	1.580	-0.050	1.613	-0.053	1.671	-0.047	1.100	
2006-01-04	1.488	-0.051	1.514	-0.054	1.586	-0.056	1.620	-0.060	1.676	-0.052	1.400	
2006-01-11	1.495	-0.058	1.520	-0.060	1.589	-0.059	1.624	-0.064	1.683	-0.059	1.400	
2006-01-18	1.501	-0.064	1.524	-0.064	1.595	-0.065	1.630	-0.070	1.689	-0.065	1.400	
2006-01-25	1.504	-0.067	1.528	-0.068	1.602	-0.072	1.634	-0.074	1.692	-0.068	1.700	
2006-02-01	1.511	-0.074	1.533	-0.073	1.608	-0.078	1.640	-0.080	1.697	-0.073	1.700	
2006-02-08	1.515	-0.078	1.537	-0.077	1.611	-0.081	1.642	-0.082	1.701	-0.077	1.700	
2006-02-16	1.516	-0.079	1.540	-0.080	1.613	-0.083	1.645	-0.085	1.703	-0.079	1.700	
2006-02-24	1.519	-0.082	1.544	-0.084	1.618	-0.088	1.646	-0.086	1.706	-0.082	1.700	
2006-03-03	1.545	-0.108	1.569	-0.109	1.642	-0.112	1.672	-0.112	1.733	-0.109	2.000	
2006-03-10	1.568	-0.131	1.589	-0.129	1.663	-0.133	1.695	-0.135	1.758	-0.134	2.000	
2006-03-17	1.583	-0.146	1.605	-0.145	1.678	-0.148	1.711	-0.151	1.772	-0.148	2.000	
2006-03-24	1.594	-0.157	1.619	-0.159	1.690	-0.160	1.721	-0.161	1.783	-0.159	2.000	
2006-03-31	1.602	-0.165	1.628	-0.168	1.701	-0.171	1.730	-0.170	1.791	-0.167	2.000	
2006-04-07	1.611	-0.174	1.638	-0.178	1.712	-0.182	1.744	-0.184	1.804	-0.180	2.000	
2006-04-14	1.624	-0.187	1.650	-0.190	1.722	-0.192	1.753	-0.193	1.814	-0.190	2.000	
2006-04-21	1.630	-0.193	1.657	-0.197	1.729	-0.199	1.764	-0.204	1.826	-0.202	2.000	
2006-04-28	1.659	-0.222	1.685	-0.225	1.758	-0.228	1.791	-0.231	1.853	-0.229	2.300	
2006-05-05	1.684	-0.247	1.711	-0.251	1.786	-0.256	1.820	-0.260	1.881	-0.257	2.300	
2006-05-12	1.701	-0.264	1.729	-0.269	1.804	-0.274	1.839	-0.279	1.901	-0.277	2.300	
2006-05-19	1.713	-0.276	1.740	-0.280	1.812	-0.282	1.845	-0.285	1.908	-0.284	2.300	
2006-05-26	1.722	-0.285	1.748	-0.288	1.820	-0.290	1.853	-0.293	1.913	-0.289	2.300	
2006-06-02	1.735	-0.298	1.766	-0.306	1.838	-0.308	1.868	-0.308	1.931	-0.307	2.800	

구 분	침하계(JS-13)		침하계(JS-14)		침하계(JS-15)		침하계(JS-16)		침하계(JS-17)		성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량		
2006-06-09	1.741	-0.304	1.771	-0.311	1.845	-0.315	1.871	-0.311	1.937	-0.313	2.800	
2006-06-16	1.745	-0.308	1.773	-0.313	1.850	-0.320	1.876	-0.316	1.939	-0.315	2.800	
2006-06-23	1.748	-0.311	1.779	-0.319	1.854	-0.324	1.880	-0.320	1.945	-0.321	2.800	
2006-06-30	1.752	-0.315	1.786	-0.326	1.857	-0.327	1.883	-0.323	1.950	-0.326	2.800	
2006-07-07	1.833	-0.396	1.880	-0.420	1.944	-0.414	1.975	-0.415	2.045	-0.421	3.300	
2006-07-14	1.841	-0.404	1.880	-0.420	1.949	-0.419	1.980	-0.420	2.047	-0.423	3.300	
2006-07-21	1.846	-0.409	1.886	-0.426	1.955	-0.425	1.987	-0.427	2.052	-0.428	3.300	
2006-07-28	1.852	-0.415	1.893	-0.433	1.960	-0.430	1.992	-0.432	2.054	-0.430	3.300	
2006-08-04	1.855	-0.418	1.904	-0.444	1.967	-0.437	1.995	-0.435	2.057	-0.433	3.300	
2006-08-11	1.923	-0.486	1.946	-0.486	2.014	-0.484	2.037	-0.477	2.102	-0.478	3.700	
2006-08-18	1.926	-0.489	1.950	-0.490	2.019	-0.489	2.042	-0.482	2.109	-0.485	3.700	
2006-08-25	1.927	-0.490	1.953	-0.493	2.023	-0.493	2.047	-0.487	2.117	-0.493	3.700	
2006-09-01	1.932	-0.495	1.958	-0.498	2.030	-0.500	2.055	-0.495	2.121	-0.497	3.700	
2006-09-08	1.934	-0.497	1.961	-0.501	2.033	-0.503	2.059	-0.499	2.124	-0.500	3.700	
2006-09-15	1.939	-0.502	1.968	-0.508	2.038	-0.508	2.063	-0.503	2.126	-0.502	3.700	
2006-09-22	1.944	-0.507	1.971	-0.511	2.041	-0.511	2.068	-0.508	2.133	-0.509	3.700	
2006-09-29	1.949	-0.512	1.975	-0.515	2.043	-0.513	2.071	-0.511	2.137	-0.513	3.700	
2006-10-13	1.951	-0.514	1.980	-0.520	2.046	-0.516	2.075	-0.515	2.139	-0.515	3.700	
2006-10-20	1.955	-0.518	1.983	-0.523	2.051	-0.521	2.078	-0.518	2.144	-0.520	3.700	
2006-10-27	1.957	-0.520	1.987	-0.527	2.054	-0.524	2.082	-0.522	2.150	-0.526	3.700	
2006-11-03	1.962	-0.525	1.993	-0.533	2.061	-0.531	2.090	-0.530	2.159	-0.535	3.700	
2006-11-10	1.967	-0.530	1.997	-0.537	2.064	-0.534	2.092	-0.532	2.163	-0.539	3.700	
2006-11-17	1.970	-0.533	2.001	-0.541	2.070	-0.540	2.099	-0.539	2.171	-0.547	3.700	
2006-11-24	1.976	-0.539	2.008	-0.548	2.078	-0.548	2.109	-0.549	2.180	-0.556	3.700	
2006-12-01	1.979	-0.542	2.012	-0.552	2.084	-0.554	2.114	-0.554	2.186	-0.562	3.700	
2006-12-08	2.005	-0.568	2.037	-0.577	2.108	-0.578	2.140	-0.580	2.213	-0.589	4.300	
2006-12-15	2.010	-0.573	2.042	-0.582	2.112	-0.582	2.146	-0.586	2.218	-0.594	4.300	
2006-12-22	2.016	-0.579	2.049	-0.589	2.118	-0.588	2.151	-0.591	2.222	-0.598	4.300	

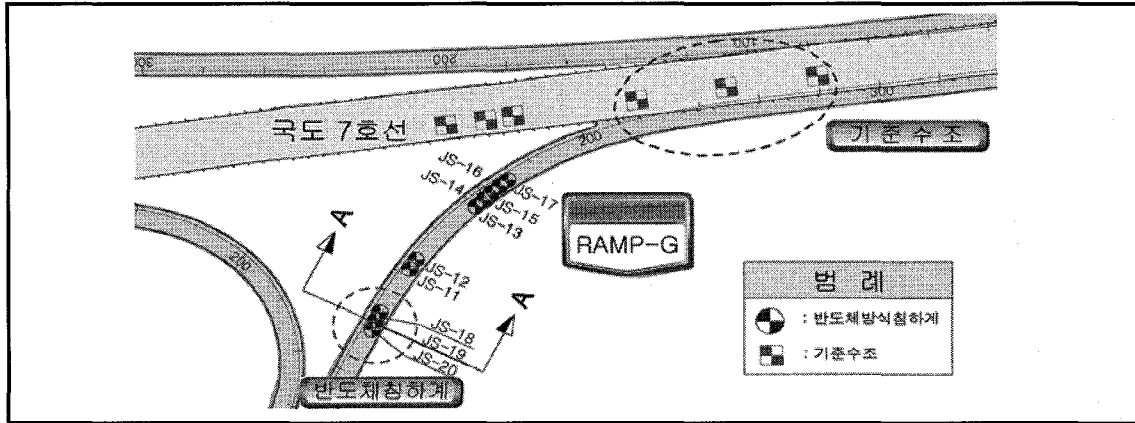
구 분	침하계(JS-13)		침하계(JS-14)		침하계(JS-15)		침하계(JS-16)		침하계(JS-17)		성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량		
2006-12-29	2.022	-0.585	2.054	-0.594	2.122	-0.592	2.154	-0.594	2.224	-0.600	4.300	
2007-01-05	2.026	-0.589	2.057	-0.597	2.126	-0.596	2.159	-0.599	2.228	-0.604	4.300	
2007-01-12	2.031	-0.594	2.061	-0.601	2.131	-0.601	2.165	-0.605	2.233	-0.609	4.300	
2007-01-19	2.037	-0.600	2.066	-0.606	2.137	-0.607	2.170	-0.610	2.239	-0.615	4.300	
2007-01-26	2.040	-0.603	2.068	-0.608	2.138	-0.608	2.170	-0.610	2.240	-0.616	4.300	
2007-02-02	2.059	-0.622	2.088	-0.628	2.157	-0.627	2.188	-0.628	2.259	-0.635	4.700	
2007-02-09	2.062	-0.625	2.092	-0.632	2.160	-0.630	2.193	-0.633	2.263	-0.639	4.700	
2007-02-16	2.068	-0.631	2.099	-0.639	2.166	-0.636	2.200	-0.640	2.270	-0.646	4.700	
2007-02-23	2.073	-0.636	2.103	-0.643	2.169	-0.639	2.202	-0.642	2.272	-0.648	4.700	
2007-03-02	2.079	-0.642	2.109	-0.649	2.174	-0.644	2.206	-0.646	2.275	-0.651	4.700	
2007-03-09	2.083	-0.646	2.113	-0.653	2.177	-0.647	2.208	-0.648	2.276	-0.652	4.700	
2007-03-16	2.086	-0.649	2.116	-0.656	2.182	-0.652	2.213	-0.653	2.283	-0.659	4.700	
2007-03-23	2.108	-0.671	2.137	-0.677	2.203	-0.673	2.235	-0.675	2.306	-0.682	5.200	
2007-03-30	2.112	-0.675	2.141	-0.681	2.208	-0.678	2.241	-0.681	2.313	-0.689	5.200	
2007-04-03	2.120	-0.683	2.148	-0.688	2.216	-0.686	2.249	-0.689	2.321	-0.697	5.200	
2007-04-10	2.127	-0.690	2.155	-0.695	2.223	-0.693	2.257	-0.697	2.327	-0.703	5.200	
2007-04-17	2.132	-0.695	2.159	-0.699	2.227	-0.697	2.261	-0.701	2.331	-0.707	5.200	
2007-04-24	2.138	-0.701	2.165	-0.705	2.233	-0.703	2.267	-0.707	2.337	-0.713	5.200	
2007-05-02	2.141	-0.704	2.168	-0.708	2.235	-0.705	2.272	-0.712	2.341	-0.717	5.200	
2007-05-09	2.146	-0.709	2.173	-0.713	2.239	-0.709	2.276	-0.716	2.347	-0.723	5.200	
2007-05-16	2.152	-0.715	2.179	-0.719	2.244	-0.714	2.281	-0.721	2.353	-0.729	5.200	
2007-05-23	2.155	-0.718	2.181	-0.721	2.246	-0.716	2.285	-0.725	2.355	-0.731	5.200	
2007-06-05	2.181	-0.744	2.206	-0.746	2.273	-0.743	2.311	-0.751	2.381	-0.757	5.800	
2007-06-13	2.184	-0.747	2.209	-0.749	2.275	-0.745	2.316	-0.756	2.385	-0.761	5.800	
2007-06-20	2.187	-0.750	2.212	-0.752	2.277	-0.747	2.318	-0.758	2.388	-0.764	5.800	
2007-06-25	2.190	-0.753	2.215	-0.755	2.279	-0.749	2.320	-0.760	2.390	-0.766	5.800	

길이별 침하량 측정 GRAPH

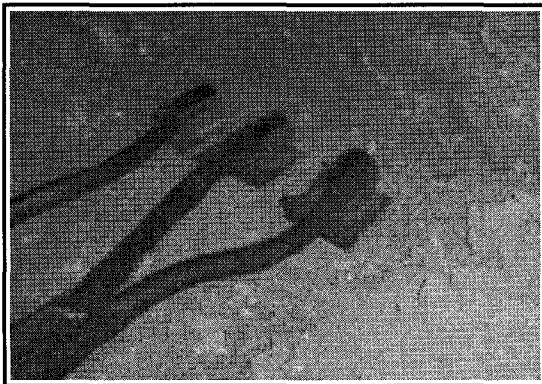


케이블 길이별 시험

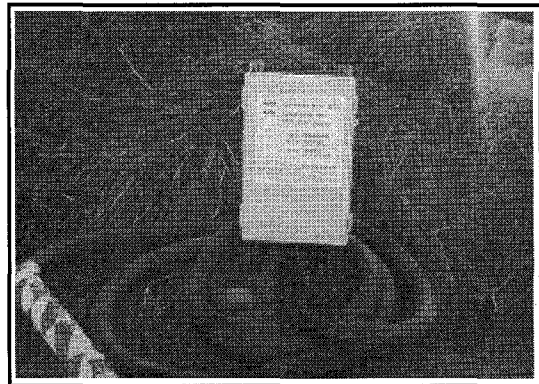
설치평면도



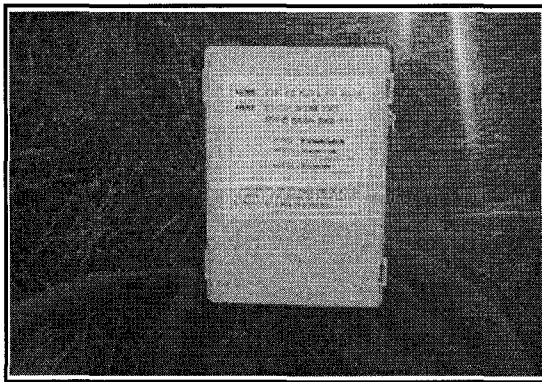
사진대지



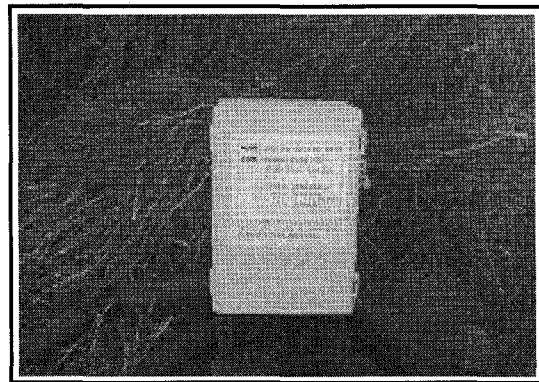
< 반도체침하계 설치 >



< 기준수조 설치(JS-18) >



< 기준수조 설치(JS-19) >



< 기준수조 설치(JS-20) >

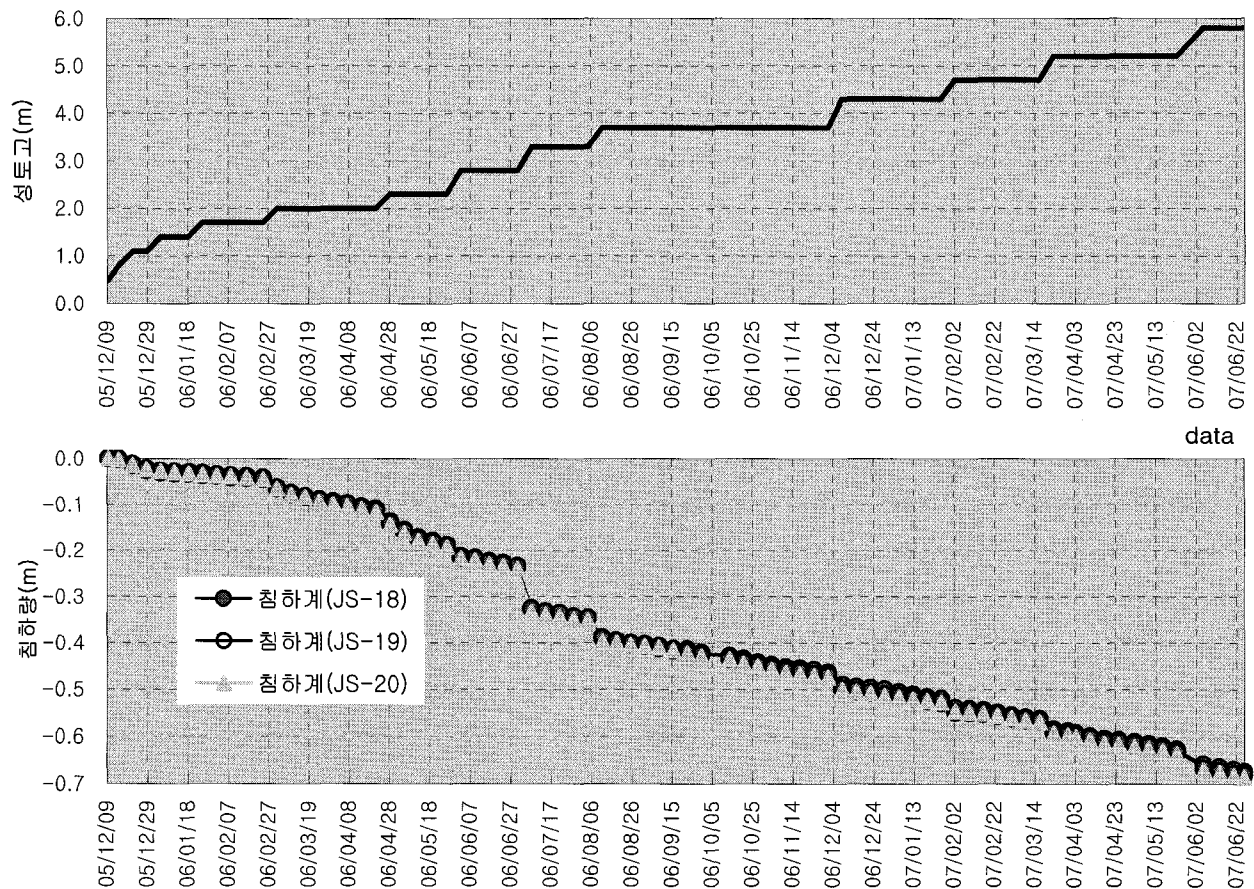
침하계 기준수조 영향권시험 측정 DATA SHEET

설치 위치 : Ramp-G STA. 0+120(Left)

구 분	침하계(JS-18)		침하계(JS-19)		침하계(JS-20)		성토고(m)	비 고
	Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	
2005-12-09	0.831	0.000	0.806	0.000	0.881	0.000	0.500	초기치
2005-12-14	0.833	-0.002	0.807	-0.001	0.884	-0.003	0.800	
2005-12-21	0.845	-0.014	0.818	-0.012	0.895	-0.014	1.100	
2005-12-28	0.856	-0.025	0.828	-0.022	0.904	-0.023	1.100	
2006-01-04	0.861	-0.030	0.833	-0.027	0.908	-0.027	1.400	
2006-01-11	0.863	-0.032	0.835	-0.029	0.911	-0.030	1.400	
2006-01-18	0.864	-0.033	0.836	-0.030	0.913	-0.032	1.400	
2006-01-25	0.868	-0.037	0.838	-0.032	0.917	-0.036	1.700	
2006-02-01	0.869	-0.038	0.842	-0.036	0.919	-0.038	1.700	
2006-02-08	0.872	-0.041	0.844	-0.038	0.920	-0.039	1.700	
2006-02-16	0.874	-0.043	0.845	-0.039	0.922	-0.041	1.700	
2006-02-24	0.876	-0.045	0.848	-0.042	0.926	-0.045	1.700	
2006-03-03	0.895	-0.064	0.869	-0.063	0.946	-0.065	2.000	
2006-03-10	0.908	-0.077	0.881	-0.075	0.959	-0.078	2.000	
2006-03-17	0.914	-0.083	0.888	-0.082	0.964	-0.083	2.000	
2006-03-24	0.920	-0.089	0.897	-0.091	0.974	-0.093	2.000	
2006-03-31	0.925	-0.094	0.903	-0.097	0.981	-0.100	2.000	
2006-04-07	0.929	-0.098	0.906	-0.100	0.985	-0.104	2.000	
2006-04-14	0.936	-0.105	0.914	-0.108	0.991	-0.110	2.000	
2006-04-21	0.941	-0.110	0.920	-0.114	0.998	-0.117	2.000	
2006-04-28	0.968	-0.137	0.948	-0.142	1.025	-0.144	2.300	
2006-05-05	0.987	-0.156	0.965	-0.159	1.043	-0.162	2.300	
2006-05-12	1.002	-0.171	0.981	-0.175	1.059	-0.178	2.300	
2006-05-19	1.010	-0.179	0.988	-0.182	1.066	-0.185	2.300	
2006-05-26	1.019	-0.188	0.997	-0.191	1.074	-0.193	2.300	
2006-06-02	1.044	-0.213	1.023	-0.217	1.099	-0.218	2.800	
2006-06-09	1.048	-0.217	1.025	-0.219	1.103	-0.222	2.800	
2006-06-16	1.055	-0.224	1.033	-0.227	1.112	-0.231	2.800	
2006-06-23	1.059	-0.228	1.037	-0.231	1.115	-0.234	2.800	
2006-06-30	1.065	-0.234	1.041	-0.235	1.121	-0.240	2.800	
2006-07-07	1.156	-0.325	1.132	-0.326	1.213	-0.332	3.300	
2006-07-14	1.163	-0.332	1.138	-0.332	1.220	-0.339	3.300	
2006-07-21	1.167	-0.336	1.142	-0.336	1.224	-0.343	3.300	
2006-07-28	1.174	-0.343	1.149	-0.343	1.230	-0.349	3.300	
2006-08-04	1.177	-0.346	1.153	-0.347	1.233	-0.352	3.300	
2006-08-11	1.222	-0.391	1.195	-0.389	1.278	-0.397	3.700	
2006-08-18	1.228	-0.397	1.202	-0.396	1.281	-0.400	3.700	
2006-08-25	1.232	-0.401	1.209	-0.403	1.285	-0.404	3.700	
2006-09-01	1.234	-0.403	1.212	-0.406	1.288	-0.407	3.700	
2006-09-08	1.238	-0.407	1.217	-0.411	1.291	-0.410	3.700	
2006-09-15	1.244	-0.413	1.222	-0.416	1.297	-0.416	3.700	
2006-09-22	1.245	-0.414	1.226	-0.420	1.303	-0.422	3.700	
2006-09-29	1.252	-0.421	1.232	-0.426	1.310	-0.429	3.700	
2006-10-13	1.260	-0.429	1.241	-0.435	1.317	-0.436	3.700	
2006-10-20	1.266	-0.435	1.248	-0.442	1.326	-0.445	3.700	
2006-10-27	1.274	-0.443	1.255	-0.449	1.331	-0.450	3.700	
2006-11-03	1.279	-0.448	1.261	-0.455	1.338	-0.457	3.700	
2006-11-10	1.284	-0.453	1.266	-0.460	1.345	-0.464	3.700	
2006-11-17	1.286	-0.455	1.268	-0.462	1.348	-0.467	3.700	
2006-11-24	1.290	-0.459	1.273	-0.467	1.352	-0.471	3.700	
2006-12-01	1.295	-0.464	1.277	-0.471	1.355	-0.474	3.700	
2006-12-08	1.321	-0.490	1.304	-0.498	1.381	-0.500	4.300	
2006-12-15	1.326	-0.495	1.309	-0.503	1.385	-0.504	4.300	
2006-12-22	1.328	-0.497	1.312	-0.506	1.389	-0.508	4.300	
2006-12-29	1.332	-0.501	1.317	-0.511	1.395	-0.514	4.300	

구 분	침하계(JS-18)		침하계(JS-19)		침하계(JS-20)		성토고(m)	비 고
Date	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량	측정치(m)	침하량		
2007-01-05	1.337	-0.506	1.321	-0.515	1.398	-0.517	4.300	
2007-01-12	1.342	-0.511	1.325	-0.519	1.401	-0.520	4.300	
2007-01-19	1.348	-0.517	1.330	-0.524	1.405	-0.524	4.300	
2007-01-26	1.351	-0.520	1.334	-0.528	1.408	-0.527	4.300	
2007-02-02	1.370	-0.539	1.354	-0.548	1.427	-0.546	4.700	
2007-02-09	1.372	-0.541	1.355	-0.549	1.429	-0.548	4.700	
2007-02-16	1.376	-0.545	1.358	-0.552	1.433	-0.552	4.700	
2007-02-23	1.381	-0.550	1.362	-0.556	1.437	-0.556	4.700	
2007-03-02	1.387	-0.556	1.367	-0.561	1.442	-0.561	4.700	
2007-03-09	1.391	-0.560	1.371	-0.565	1.447	-0.566	4.700	
2007-03-16	1.394	-0.563	1.374	-0.568	1.450	-0.569	4.700	
2007-03-23	1.416	-0.585	1.397	-0.591	1.474	-0.593	5.200	
2007-03-30	1.420	-0.589	1.401	-0.595	1.478	-0.597	5.200	
2007-04-03	1.424	-0.593	1.404	-0.598	1.482	-0.601	5.200	
2007-04-10	1.430	-0.599	1.409	-0.603	1.488	-0.607	5.200	
2007-04-17	1.436	-0.605	1.415	-0.609	1.495	-0.614	5.200	
2007-04-24	1.439	-0.608	1.417	-0.611	1.498	-0.617	5.200	
2007-05-02	1.443	-0.612	1.422	-0.616	1.503	-0.622	5.200	
2007-05-09	1.447	-0.616	1.426	-0.620	1.507	-0.626	5.200	
2007-05-16	1.452	-0.621	1.432	-0.626	1.512	-0.631	5.200	
2007-05-23	1.458	-0.627	1.439	-0.633	1.518	-0.637	5.200	
2007-06-05	1.490	-0.659	1.473	-0.667	1.551	-0.670	5.800	
2007-06-13	1.495	-0.664	1.479	-0.673	1.557	-0.676	5.800	
2007-06-20	1.501	-0.670	1.484	-0.678	1.563	-0.682	5.800	
2007-06-25	1.506	-0.675	1.488	-0.682	1.568	-0.687	5.800	

침하계 침하영향권시험 측정 GRAPH



부록 5. 반도체방식 침하계 내구성 시험 성적서



한국전자제시험연구원

(충청지원)

시험(검사)성적서

접수번호 : 제 1348 호

접수일자 : 2006 년 06 월 09 일

신청인 : 박 석 주 [(주)동성엔지니어링]

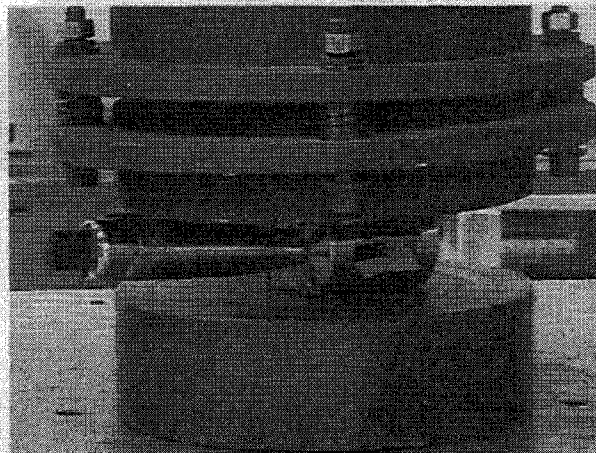
주 소 : 서울시 송파구 석촌동 15-2 동성빌딩

시 료 명 : 센서본체

시 험 결 과

시험항목	결과	시험방법
최대압축하중 (ton)	58.6	의뢰자 제시 방법

비고) 의뢰자 제시 방법 : 시료에 하중을 가하여 파괴시의 최대하중을 구한다. 끝.



※ 시험성적서이용목적 : 품질관리용.

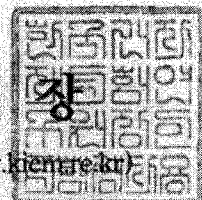
- 비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과이며, 용도이외의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 한국전자제시험연구원의 사전 서면동의 없이 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없습니다.

담당자 : 이후석(042)360-3000

2006 년 06 월 15 일

한국전자제시험연구원

(305-343 대전광역시 유성구 장동 60-4, 전화 : (042)360-3000, www.kietre.kr)





한국전자제시험연구원

(충청지원)

시험(검사)성적서

접수번호 : 제 1349 호

접수일자 : 2006 년 06 월 09 일

신청인 : 박 석 주 [(주)동성엔지니어링]

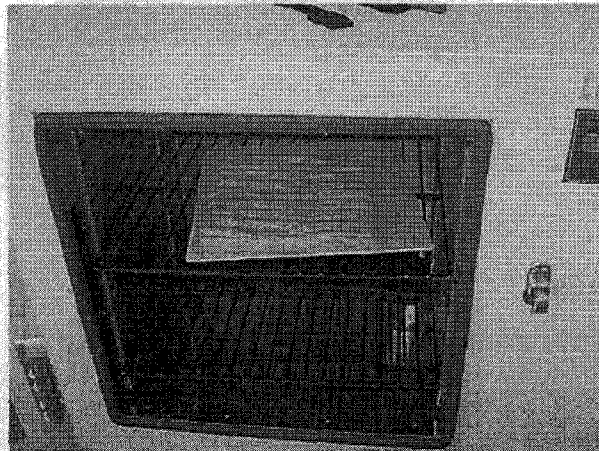
주 소 : 서울시 송파구 석촌동 15-2 동성빌딩

시 료 명 : 기준 수조 튜브

시 험 결 과

시험항목	결과	시험방법
내열성 (50±1℃, 2시간)후 결모양	이상없음	KS M 6522 : 2001
내한성 (-20±1℃, 2시간)후 결모양	이상없음	

끝



※ 시험성적서이용목적 : 품질관리용.

- 비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과이며, 용도이외의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 한국전자제시험연구원의 사전 서면동의 없이 홍보, 전진, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없습니다.

담당자 : 이후석(042)360-3000

2006 년 06 월 15 일

한국전자제시험연구원



(305-343 대전광역시 유성구 장동 60-4, 전화 : (042)360-3000, www.kemr.re.kr)



한국전자제시험연구원

(충청지원)

시험(검사)성적서

접수번호 : 제 1351 호

접수일자 : 2006 년 06 월 09 일

신청인 : 박 석 주 [(주)동성엔지니어링]

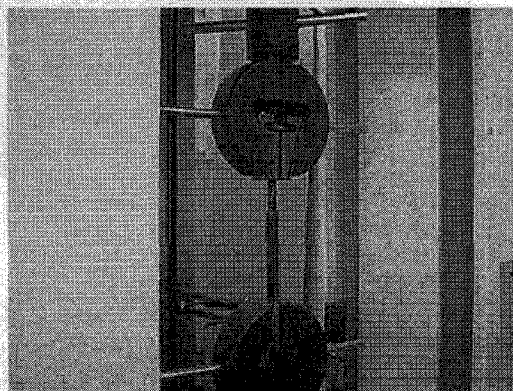
주 소 : 서울시 송파구 석촌동 15-2 동성빌딩

시 료 명 : 일체형 튜브

시 험 결 과

시험항목	결과	시험방법
인장하중 (N)	2270	KS M 6518 : 2001
내열성 (50±1℃, 2시간)후 결모양	이상없음	KS M 6522 : 2001
내한성 (-20±1℃, 2시간)후 결모양	이상없음	

끝.



※ 시험정적서이용목적 : 품질관리용.

- 비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과이며, 용도이외의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 한국전자제시험연구원의 사전 서면동의 없이 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없습니다.

담당자 : 이후석(042)360-3000

2006 년 06 월 15 일

한국전자제시험연구원

(305-343 대전광역시 유성구 장동 60-4, 전화 : (042)360-3000, www.kicmre.kr)





한국전자재시험연구원

(충청지원)

시험(검사)성적서

접수번호 : 제 1350 호

접수일자 : 2006 년 06 월 09 일

신청인 : 박 석 주 [(주)동성엔지니어링]

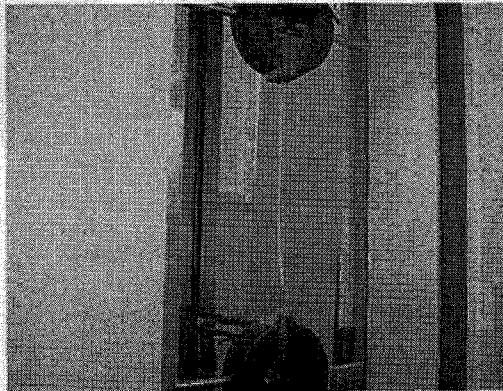
주 소 : 서울시 송파구 석촌동 15-2 동성빌딩

시 료 명 : 액체 튜브

시 험 결 과

시험항목	결과	시험방법
인장강도 (MPa)	10	KS M 6518 : 2001
신장율 (%)	651	
내열성 (50±1℃, 2시간)후 겉모양	이상없음	KS M 6522 : 2001
내한성 (-20±1℃, 2시간)후 겉모양	이상없음	

끝.



※ 시험성적서이용목적 : 품질관리용.

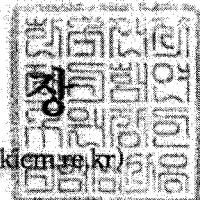
- 비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과이며, 용도이외의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 한국전자재시험연구원의 사전 서면동의 없이 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없습니다.

담당자 : 이후석(042)360-3000

2006 년 06 월 15 일

한국전자재시험연구원

(305-343 대전광역시 유성구 장동 60-4, 전화 : (042)360-3000, www.kdemr.co.kr)



시험 성적서

1. 신청자

회사명 : (주)스마트지앤씨
주소 : 서울시 노원구 하계동 127-6

2. 시험품

품명 : 반도체방식 칩하계
모델/형식 : SS127 / Ø68(32) mm×L192 mm
제조자 : (주)스마트지앤씨

3. 시험규격/방법 : IEC 60529:2001, KS C IEC 60529:2002

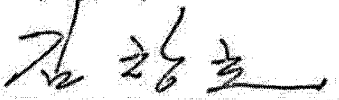
4. 시험결과 : IPX8 (뒷면 참조)

5. 성적서 용도 : 품질관리용.

6. 접수 일자 : 2007. 08. 02

7. 발급 일자 : 2007. 08. 07

시험자



설비안전팀 김창호

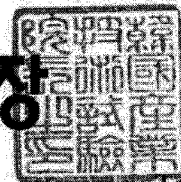
승인자



설비안전팀장 강준구

위 성적서는 국제시험소인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국교정시험기관인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야에 대한 시험결과입니다.

한국산업기술시험원장



서울특별시 구로구 구로3동 222-13(우 152-718)
<http://www.ktl.re.kr>

Tel. : 02-860-1558
Fax. : 02-860-1356

시험결과

외함의 밀폐 보호 등급 구분(IP Code)

1. 시험결과

코드문자	IP	시험조건 및 시험	결과
제1특정수 외부 고체 물체의 침투에 대한 보호	X	1. 시험조건 1.1 시험용 활석분진의 표준체 와이어 공칭지름 : 50 μ m 1.2 시험용 활석분진의 표준체 와이어 간격 : 75 μ m 1.3 단위부피당 활석분진의 양 : 2 kg/m ³ 2. 시험 2.1 시료의 내용적 : 약 cm ³ 2.2 시료의 내부압력 : -2 kPa(-20 mbar) 2.3 시료의 공기 흡입량 : LPM 2.4 시료의 내용적 대비 시간당 공기 흡입율 : 배 2.5 시험시간 : 시간	해당없음
제2특정수 위험한 영향을 주는 물의 침투에 대한 보호	8	1. 시험조건 1.1 물속에 잠긴 시료의 가장 낮은 지점의 수위 : 350mm 1.2 물속에 잠긴 시료의 가장 높은 지점의 수위 : 282mm 1.3 수온과 시험장비의 온도차(5K 이내) : 1.0 K 2. 시험 2.1 공기압력 : 3.0 kg/cm ² 2.1 시험 시간 : 1 시간	적합

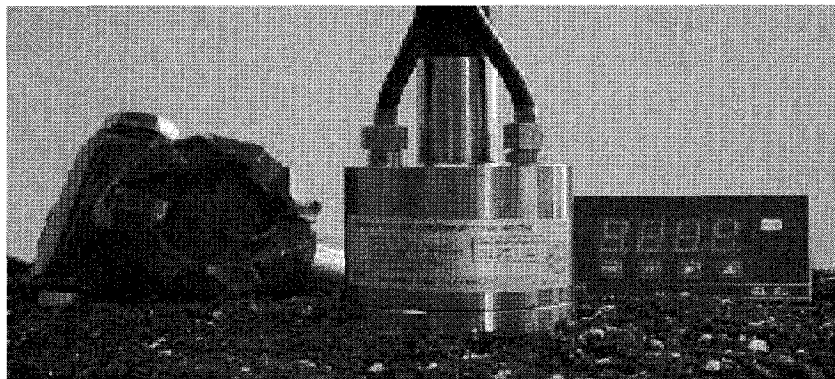
2. 참고사항

(1) 시험환경 : 15~35 ℃, 25~75 %RH, 86~106 kPa

부록 6. 반도체방식 침하계 메뉴얼

반도체방식 침하계

사용설명서



목차

1.취급시 주의사항

2. 구성 및 각부 명칭

3. 설치방법 및 유지관리

1.사전조사

2.설치방법

3.유지관리

4. 점검사항 및 문제해결방법

1.설치후 점검사항

2.일반적인 증상에 대한 문제해결방법

3.고장수리시 필요한 측정기와 공구류

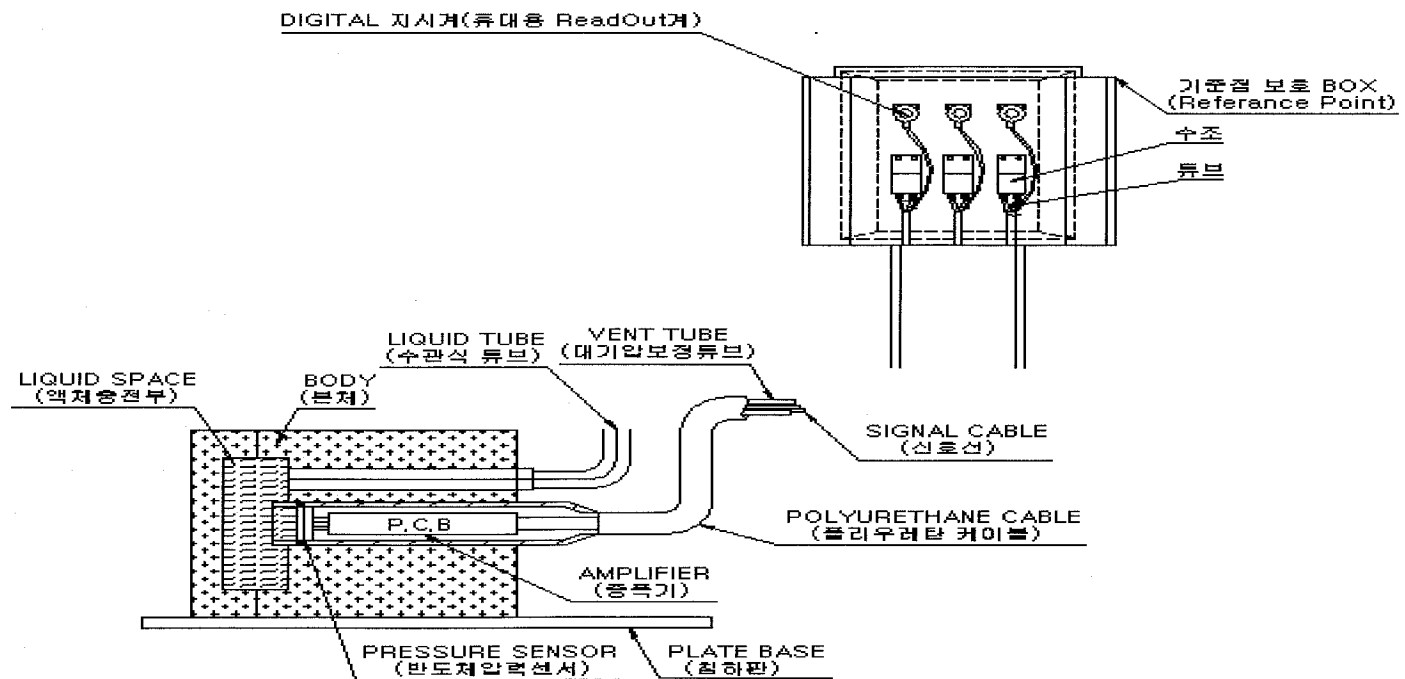
4.점검사항 Check List

5. 제품사양

1.취급시 주의사항

- 취급시 센서에 과다한 충격을 주시마시오
- 운반시 던지거나 과다 적재를 하지마시오

2.구성 및 각부 명칭

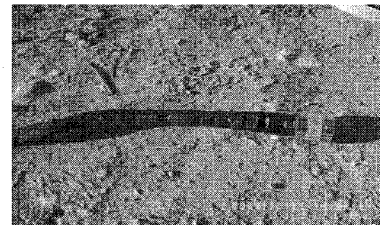


3. 설치방법 및 유지관리

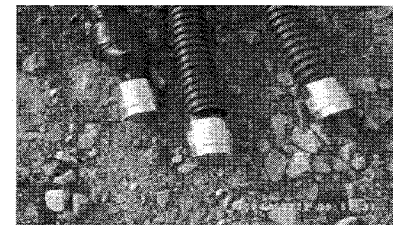
1. 설치방법



1. 휴대용 Readout Unit(지시계)를 이용하여 센서의 작동여부를 점검



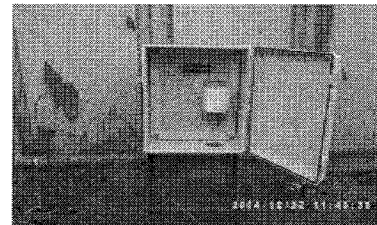
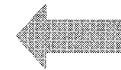
2. Twin Tube 및 Cable에 단열튜브를 씌우고 테잎으로 마감



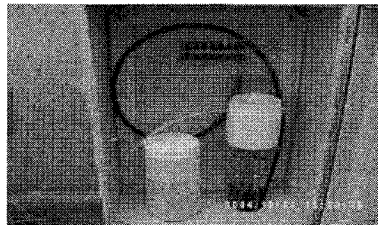
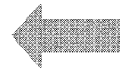
3. 단열튜브로 마감된 Tube와 Cable에 보호관으로 한번 더 씌운다 (Tube 및 Cable을 보호하고 센서부의 침하 시 Tube 및 Cable이 자유롭게 이동케 하기위함)



4. 센서부에 Plat와 보호대를 연결한 후 설치지점에서 기준수조까지 Sand Mat의 중간에 약 20~30cm 정도 깊이의 관로를 확보한 후 그 림과 같이 침하계를 포설을 한다



5. 기준점에 보호박스를 설치한다 (보호박스는 움직이지 않도록 콘크리트나 몰탈 등으로 단단히 고정을 한다)



6. 보호박스내에 수조를 설치하고 Twin Tube 및 Cable를 연결한다 (단 수조는 센서보다 높은 위치에 설치해야 한다)

설치시 유의 사항 및 점검사항

- 설치하고자 하는 지점의 특성(센서의 측정범위, 기준점 위치, 센서와 기준점간 거리, Tube의 보호 방법 및 종류, 보호박스 내 수조의 수량 등)을 점검합니다
- 설치시기는 원지반 설치가 원칙이나 장비에 의한 절단이나 국부적인 침하 발생 시의 파손방지를 위해 Sand Mat층 중간에 설치하는 것이 바람직합니다
- 보호관은 충분한 여유장을 가지고 센서와 같이 이동할 수 있도록 사선형으로 매설합니다
- 노출되는 부분은 필요시 별도의 보호관 및 매설을 통해 외부훼손을 막아야 합니다
- 정상작동이 확인되기 전까지 관로는 유지되어야 이상발생 시 즉시 보수가 가능합니다.
- 모든 설치작업과 확인 과정이 끝난 후 마지막으로 보호관을 매립합니다.
- 자동화시스템 연결 시 제조사별 Data-logger의 센서조합능력 및 통신방법을 감안, 기준점(Reference Point)의 위치 및 Signal Cable 연결방안을 사전에 고려합니다.

2. 유지관리방법

- 초기치 측정

- ① 초기치 측정(설정)은 설치 작업이 종료되고 최소 한시간 이상 경과 후 측정합니다.
- ② 2~3회 반복 측정으로 Data의 안정상태를 확인하고 초기값으로 설정하는 것이 바람직합니다.
- ③ 본 침하계는 국제공통전기적신호(4~20mA, DC)로 변환하여 출력하며, 지시계 또는 Readout Unit에 출력된 수치가 현재 기준수조(기준점)와 센서의 높이 차(단위,mm)입니다.(Data 환산작업 불필요)
- ④ 침하량(mm) : 초기치 - 현재 측정치

- 기준수조의 관리

정확한 측정값을 얻기 위해 기준수조에는 항상 일정량의 혼합용액(Ethylene glycol과 물 50:50 혼합액)이 채워져 있어야 합니다.

이 용액은 동절기 동결 및 자연증발을 막기 위함이며, 관리자가 항상 초기 기준점에 맞는 용액의 양을 유지할 수 있도록 기준수조에 용액을 채울 시 기준량 이상은 자연배출 되도록 하기 위한 Hole을 뚫어놓았습니다.

따라서 측정관리자는 약 15일에 한번씩은 기준수조의 용액을 확인하고, 만약 기준수조의 용액이 갑자기 없어졌다면 용액Tube가 절단/파손된 것이므로 유지관리지침서에 따라 대처하도록 합니다.

기준수조의 덮개는 이물질의 침입을 방지하는 목적으로 수시 확인한다.

-Tube 및 Cable 의 매설지점 보호

배수로부분에 대한 후속공정(배수로 시공을 위한 굴삭기 작업)에 훼손되지 않도록 설치초기부터 충분한 심도로 보호관(Tube 및 Cable)이 통과하여야 하며, 기준점까지 보호관이 매설된 지점 위에서 이루어지는 작업 및 공정으로 인해 매설된 Tube 및 Cable이 손괴되지 않도록 현장관리에 주의하여야 합니다.

-전원관리

전원관리는 Digital 지시계에 의한 측정 또는 자동화시스템 사용을 통한 원거리제어 시 필요하며 현장여건에 따라 AC(220V) 또는 DC(24V)전원을 선택하여 사용합니다.

휴대용 Readout Unit을 사용하는 경우 정확한 출력값을 취득할 수 있도록 정기적으로 배터리를 교체해 주어야 합니다.

4. 점검사항 및 문제해결방법

■고장의 진단법

- 반도체방식 침하계의 계측관리 도중 문제가 발생할 경우 본 내용을 자세히 읽어보시기 바랍니다.

1. 먼저 점검해야 될 사항

- ① 휴대용 Readout Unit의 전압 출력이 적정한지 확인합니다.
- ② Digital 지시계에 의한 측정 또는 자동화시스템 사용 시 전원이 차단되었는지를 확인합니다.
- ③ 보호관의 절단 등 파손여부를 확인합니다.
- ④ 고장 발생 당시의 현장공정현황, 시기를 확인하여 기록합니다.

2. 일반적인 증상(고장상태)에 대한 문제해결

- ① 측정이 이루어지지 않는다.

지시계(Digital Indicator)의 규정전압 상태 및 휴대용 Readout-Unit의 적정전압을 확인합니다.

단자부의 Signal Cable 체결상태를 확인합니다.

보호관의 파손여부를 확인합니다.

- ② 지시, 기록이 불안정하다.

기준수조 내 액체의 양을 확인합니다.(기준 표시선까지 액체가 있는지 여부)

설치지점 및 보호관 매설 주변의 중장비에 의한 작업이 행하여지고 있는지를 확인합니다.

지시계(Digital Indicator)의 규정전압 상태 및 휴대용 Readout-Unit의 적정전압을 확인합니다.

- ③ 주기적으로 지시치가 변화한다.

3. 고장수리 시 필요한 측정기와 공구류

- ① Analog Tester 또는 Digital Voltmeter, 슬라이덱스, 휴대용 표준전압 발생기
- ② 표준저항기 또는 표준 strain 발생기
- ③ 공구류 - 공구 kit : 인두, nipper, long nose, driver, 핀셋, 실납, 비닐 tape, 접착제 등
저항, 콘덴서, IC kit, 전등, 건전지, buzzer 등 (연장선포함)
- ④ 가능한 고장기기의 대체품, 고장기기의 back data, 수리 및 교체이력서, 협의록

4.점검사항 Check List

번호	점검대상	점검 방법	판정	비고
1	센서, 케이블	파손 및 절단상태의 판단		
2	보호용박스	설치상태에서의 이상유무와 외관상 변형정도의 판다		
3	Connector	파손 및 굴곡에 의한 탈착 여부의 판정		
4	감시기기	정상상태 Lamp표시, 배선, 기기의 파손 등 판정		
5	전원 Check	규정전압(220V) 출력 및 Battery 구동 시 적정 전압 판정		
6	지시치 Check	초기설정에서 예상 이상의 지시치가 발생되는지의 판정		
7	계측결과 Check	계측결과 정상여부 이상치가 발생되는지의 판정		
8	파형 Check	입력전압의 변화로 출력전압의 변화가 나타나는지의 판정		

5. 제품사양

구 분	구 성 내 용
반도체 센서부	Sensor : Piezoresistive silicon pressure sensor
	Current Output Signal : 4-20 mA DC
	Electrical Connection Type : 2-wire technique
	Pressure Range : Optional
	Housing : Stainless Steel
	Plate : Stainless Steel
Twin Tube & Signal Cable	Liquid Tube : Polyurethane
	Signal Cable : Polyurethane
	Vent Tube : Polyurethane
	Protective Tube
	단열재 : EPDM고무발포
기준수조부	기준수조
	측정단자
	보호박스
	거치대(하부지지대)

부록 7. 반도체방식 침하계 원가계산서

총괄표

건명 : 반도체방식 침하계 제작설치

단위 : 원

구분	단위	수량	산출원가	합 계 (산출원가×수량)	합 계 (부가가치세포함)
반도체방식 침하계 제작	개소	1	1,213,736	1,213,735	1,335,109
반도체방식 침하계 설치	개소	1	779,469	779,469	857,416
합계			1,993,205	1,993,204	2,192,525

주) 부가가치세 포함된 금액임.

원 가 계 산 서(제조)

(표 I - 1)

건명 : 반도체방식 침하계 제작설치

단위 : 원

구 분 비 목			금 액	비 고
제 조 원 가	재 료 비	직 접 재 료 비	555,329.00	
		간 접 재 료 비	-	
		작 업 설 . 부 산 물	-	
		소 계	555,329.00	
	노 무 비	직 접 노 무 비	428,203.56	
		간 접 노 무 비	-	
		소 계	428,203.56	
	경 비	복 리 후 생 비	25,080.00	
		전 력 비	8,655.00	
		수 도 광 열 비	2,458.00	
		감 가 상 각 비	40,423.00	
		세 금 과 공 과	3,737.00	
		지 급 임 차 료	3,147.00	
		보 험 료	2,852.00	
		수 리 수 선 비	6,983.00	
		운 반 비	9,343.00	
		소 계	102,678.00	
일 반 관 리 비 (6.23%)			67,670.00	
이 윤 (1 0 %)			59,855.00	
총 원 가			1,213,735.56	
부 가 가 치 세 (10%)			121,373.00	
개 당 단 가			1,335,108.56	

재 료 비 집 계 표

(표 I - 2)

단위 : 원

품 명	규 격	직 접 재 료 비	간 접 재 료 비	합 계
반 도 체 방 식 칩 하 계 제 작		555,329.00	-	555,329.00

주) 간접재료비는 적용에서 제외함

직 접 재 료 비 계 산 표

건 명 : 반도체방식 칩하계 제작

단위 : 원

품명	규격 및 재질	단위	소요량	단가	금액	비고
센서보호용 칩하Plate	Stainless steel	m ²	0.09	15,000	1,350	
Housing	Stainless steel 313L	set	1.00	145,000	145,000	
Piezoresistive Silicon Pressure Sensor		ea	1.00	150,000	150,000	
Transducer Circuit(신호변환기)		set	1.00	45,000	45,000	
Vent Tube	Polyurethane	m	50.00	200	10,000	
Liquid Twin Tube	Polyurethane	m	100.00	200	20,000	
Signal Cable	Polyurethane	m	50.00	1,500	75,000	
Protective Tube		m	50.00	1,500	75,000	
튜브 고정용 Coupling	C3771BE	ea	2.00	1,000	2,000	
기준수조연결용 Liquid Tube	Polyurethane	m	0.60	100	60	
기준수조연결용 Coupling	C3771BE	set	2.00	1,000	2,000	
기준수조연결용 Coupler	C3771BE	set	2.00	2,500	5,000	
방수용 고무패킹	EPR	ea	2.00	1,000	2,000	
Waterproof Agent	Silicon	ℓ	0.02	2,000	44	
센서고정용 나사		ea	4.00	18	72	
Housing 집합용 육각나사		ea	4.00	170	680	
에틸렌글리콜(부동액)		ℓ	1.90	2,170	4,123	
기준수조 고정용 브라켓		ea	1.00	3,000	3,000	
기준수조	ABS	ea	1.00	15,000	15,000	
보호박스	ABS	ea	1.00	14,520	14,520	
Terminal Block		ea	1.00	750	750	
Terminal Block 연결용 나사		ea	2.00	9	18	
기준수조 고정용 브라켓 고정나사		ea	2.00	9	18	
거치대		set	1.00	25,000	25,000	
계					555,329	

노 무 비 집 계 표

(표 I - 3)

단위 : 원

품 명	규 격	직 접 노 무 비	간 접 노 무 비	합 계
반 도 체 방 식 칩 하 계 제 작		428,203.56	-	428,203.56

주) 간접노무비는 적용에서 제외함

직접노무비계산표

건 명 : 반도체방식 칩하계 제작

단 위 : 원

품명	직종명	단위	산출공수	노임단가 (M/D)	금액	비고
센서보호용 칩하Plate 제작	강 판 공	hr	0.02	71,253.00	1,068.80	
Housing 제작	강 판 공	hr	1.25	71,253.00	89,066.25	
Transducer Circuit 제작	기 계 기 술 공	hr	0.50	70,591.00	35,295.50	
Protective Tube 제작	성 형 공	hr	1.00	54,497.00	54,497.00	
튜브 고정용 Coupling 제작	기 계 기 술 공	hr	0.03	70,591.00	1,764.78	
기준수조연결용 Coupling 제작	기 계 기 술 공	hr	0.03	70,591.00	1,764.78	
기준수조연결용 Coupler 제작	기 계 기 술 공	hr	0.05	70,591.00	3,529.55	
기준수조 고정용 브라켓 제작	강 판 공	hr	0.01	71,253.00	979.73	
기준수조 제작	성 형 공	hr	0.19	54,497.00	10,218.19	
센서조립비	부 품 조 립 공	hr	3.75	48,542.00	182,032.50	
수조박스조립	부 품 조 립 공	hr	0.63	48,542.00	30,338.75	
거치대 제작	기 계 기 술 공	hr	0.25	70,591.00	17,647.75	
계			7.69		428,203.56	

경 비 계 산 표

(표 I - 4)

건 명 : 반도체방식 침하계 제작

단위 : 원

구 분	배 부 율	배부대상액	금 액	비 고
복 리 후 생 비	2.55%	983,532.56	25,080.00	
전 력 비	0.88%		8,655.00	
수 도 광 열 비	0.25%		2,458.00	
감 가 상 각 비	4.11%		40,423.00	
세 금 과 공 과	0.38%		3,737.00	
지 급 임 차 료	0.32%		3,147.00	
보 험 료	0.29%		2,852.00	
수 리 수 선 비	0.71%		6,983.00	
운 반 비	0.95%		9,343.00	
계	10.44%		102,678.00	

원 가 계 산 서(공사)

(표 II - 1)

건명 : 반도체방식 침하계 제작설치

단위 : 원

구 분			금 액	비 고
순 공 사 원 가	재 료 비	직 접 재 료 비	48,980	
		간 접 재 료 비	980	직접재료비 × 2%
		작 업 부 산 물	-	
		소 계	49,960	
	노 무 비	직 접 노 무 비	418,250	
		간 접 노 무 비	58,555	직접노무비 × 14%
		소 계	476,805	
	경 비	기 계 경 비	56,058	
		산 재 보 험 료	16,211	노무비 × 3.4%
		고 용 보 험 료	3,195	노무비 × 0.67%
		건 강 보 험 료	5,479	직접노무비 × 1.31%
		연 금 보 험 료	10,080	직접노무비 × 2.41%
		환 경 보 전 비	4,718	(재+직노+기경) × 0.9%
		안 전 관 리 비	5,806	(재료비 + 직접노무비) × 1.24%
		기 타 경 비	25,285	(재료비 + 노무비) × 4.8%
		소 계	126,832	
	순 공 사 원 가		653,596	
	일 반 관 리 비		30,719	순공사원가 × 4.7%
	이 윤		95,153	(노무비+경비+일반관리비) × 15%
	총 공 사 원 가		779,469	

주) 간접재료비는 표준품셈에 의거 직접재료비의 2%를 적용 계상함.

총괄집계표

(丑 II - 2)

건명 : 반도체방식 침하계 제작설치

단위 : 원

[illegible]

내 역 서

건명 : 반도체방식 침하계 제작설치

품 명	규격	단위	수량	재 료 비		노 무 비		기 계 경 비		합 계		비고
				단가	금액	단가	금액	단가	금액	단가	금액	
1. 반도체방식 침하계 설치 (50m)												
액체방식 침하계 설치	연약지반	개소	1.000	8,000	8,000	260,519	260,518	7,816	7,815	276,334	276,333	
백호우	0.2m³	hr	4.000	4,824	19,294	25,241	100,965	7,351	29,403	37,416	149,662	
덤프트럭	2.5톤	hr	4.000	5,422	21,686	14,192	56,767	4,710	18,840	24,323	97,293	

일 위 대 가 집 계 표

(丑 Ⅱ - 3)

건명 : 반도체방식 침하계 설치

[illegible]

건 명 : 반도체방식 침하계 설치

단위 : 개소

품 명	규격	단위	수 량	재 료 비		노 무 비		경 비		합 계		비 고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	
제1호표 : 액체방식 침하계 설치 (연약지반)												
재료비												
레미탈		포	1.00	8,000	8,000.0					8,000.0	8,000.0	
인건비												
중급기술자	기술지도	인	0.25			139,232	34,808.0			139,232.0	34,808.0	
초급기술자	설치, 점검	인	0.50			98,848	49,424.0			98,848.0	49,424.0	
고급기술자	센서연결, 설치	인	0.50			110,769	55,384.5			110,769.0	55,384.5	
특수인부	운반, 터파기, 포설	인	1.00			70,264	70,264.0			70,264.0	70,264.0	
조 력 공	고르기, 타설설치	인	1.00			50,638	50,638.0			50,638.0	50,638.0	
기구손료	작업용구 인건비의 3%	식	1.00					7,816	7,815.5	7,815.5	7,815.5	
[합	계]				8,000		260,519		7,816		276,334.0	

단위 : hr

품 명	규격	단위	수 량	재 료 비		노 무 비		경 비		합 계		비 고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	
제2호표 : 백호우(0.2m³)												
재료비	저유황 0.05%											
경유	주연료의 21%	ℓ	3.80	1,049.09	3,986.5					1,049.0	3,986.5	
잡품		식	1.00	837.17	837.1					837.1	837.1	
노무비												
건설기계운전기사		인	0.21			78,468	16,321.3			78,468.0	16,321.3	
건설기계조장		인	0.04			78,049	3,200.0			78,049.0	3,200.0	
건설기계운전조수		인	0.10			55,000	5,720.0			55,000.0	5,720.0	
경비												
유압식백호우	0.2m³	대	0.0002148					34,222,000	7,350.8	34,222,000.0	7,350.8	
[합 계]					4,824		25,241		7,351		37,415.7	

단위 : hr

품 명	규격	단위	수 량	재 료 비		노 무 비		경 비		합 계		비 고
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	
제3호표 : 덤프트럭 (2.5톤)												
재료비	저유황 0.05%	ℓ	3.80	1,049.09	3,986.5							
경유	주연료의 36%	식	1.00	1,435.14	1,435.1					1,049.0	3,986.5	
잡품										1,435.1	1,435.1	
노무비												
운전사(운반차)		인	0.208			68,230	14,191.8			68,230.0	14,191.8	
경비												
덤프트럭	2.5ton	대	0.0003590					13,120,000	4,710.0	13,120,000.0	4,710.0	

주 의 사 항

1. 본 보고서는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업의 최종 연구보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업임을 밝혀야 합니다.
3. 국가보안 차원에서 필요하다고 인정되는 내용은 대외적으로 발표 및 공개하여서는 아니 됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

■ 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031)381-6311
(주)동성엔지니어링 TEL 031)739-5187

R&D / 04핵심기술B01-07

반도체방식 침하계를 이용한 연약지반

침하계측 실용화 연구보고서

■ 발행일 / 2007. 8. 19.

■ 발행처 / (주)동성엔지니어링

경기도 성남시 중원구 상대원동 138-6 중앙인더스피아 6층

TEL : 031-739-5500(대)