F004467

Construction & Transportation R&D Report

건설핵심기술연구사업 최종보고서

R&D/06건설핵심C03

선시공 조립식 Hi-Form을 이용한 통합 거푸집시스템공법 개발 및 실용화 연구보고서

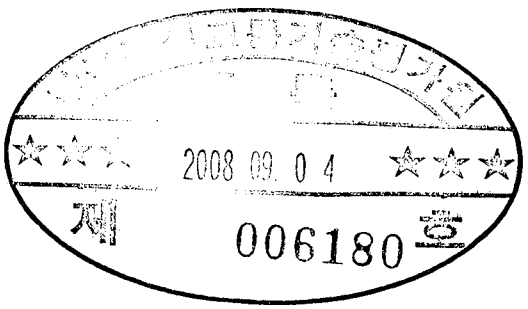
2008. 6.

주관연구기관 / (주)일 호
협동연구기관 / 서울산업대학교

건 설 교 통 부
한국건설교통기술평가원

[별지 제9호 서식]

연구개발 최종보고서



제 출 문

건설교통부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 "선시공 조립식 Hi-Form을 이용한 통합 거푸집시스템 공법개발 및 실용화 연구"의 최종보고서로 제출합니다.

2008. 7. 31.

주관연구기관 : (주) 일 호

대표이사 최 종 학

협동연구기관 : 서울산업대학교

산학협력단장 : 이 수 구

■ 총 괄 연 구 책 임 자 / 수석연구원 심원보 연구개발 총괄

■ 주관연구기관 참여연구원 / 선임연구원 손동남 생산기술 연구개발
/ 선임연구원 조명권 생산기술 연구개발
/ 연 구 원 오준호 생산기술 연구개발
/ 수석연구원 김용환 시공기술 연구개발
/ 선임연구원 김진두 시공기술 연구개발

■ 협동연구기관 참여연구원 / 수석연구원 장극관 구조성능 연구개발
/ 수석연구원 신운식 시공기술 연구개발
/ 수석연구원 오영훈 구조성능 연구개발
/ 수석연구원 송성용 구조성능 연구개발
/ 수석연구원 최근도 구조성능 연구개발
/ 선임연구원 이은진 구조성능 연구개발
/ 보조연구원 진병창 구조성능 연구개발

KICTEP
RPOO129

요 약 문

Ⅰ. 제 목

선시공 조립식 Hi-Form을 이용한 통합 거푸집시스템 공법개발 및 실용화 연구

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구는 기존의 재래식 거푸집 공법을 국내 실정에 적합한 형태의 새로운 시스템 거푸집 공법으로 개발하는 것이다. 본 연구에서 개발한 선시공 조립식 통합 거푸집 시스템 공법은 철골구조, 철근콘크리트구조, 프리캐스트 및 프리스트레스 구조, 철골철근콘크리트구조, 혼합구조 등 모든 형태의 구조형식과 다양한 형태와 규모의 건축물 공사에서 바닥 슬래브, 벽체 및 계단의 골조공사에 적용가능하다. 또한 본 연구의 원천기술인 선시공 조립식 하이폼덱 슬래브 공법이 이미 건설현장에서 활발하게 적용되고 있으며, 공기단축 및 원가절감의 경제성과 품질 및 안전성의 확보 효과를 체감하고 있는 상황이다.

따라서 본 연구에서 개발한 통합 거푸집 시스템 공법은 성공적인 개발 및 실용화의 가능성이 매우 높으며, 글로벌화 된 세계시장에서 국내 기술의 세계화에 기여하게 될 것이다. 이는 현재까지 외국의 시스템 거푸집에 대한 의존도가 높은 국내 건설시장의 문제점을 해결하고 더 나아가 해외 진출에 의한 외화의 획득과 국가 건설 산업의 경쟁력 강화라는 목표를 포함하고 있다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

1차년도에는 품질, 안전, 경제성의 원칙을 만족하는 선시공 조립식 계단 거푸집 시스템(Hi-Form Stair) 공법을 개발하였다. 구체적인 연구내용과 범위는 부품 및 액세사리 개발, 요소부재 공장생산 기술의 개발, 요소부재의 표준화 기술의 개발, 거푸집 시공 계획의 개발, 조립 및 양중 절차의 수립, 계단 거푸집의 생산 및 설계기술의 개발을 통한 제품의 개발, 생산 및 시공 공정의 개발, 구체의 구조해석 및 설계법 개발, 구조성능의 평가 등이 있으며, 실용화를 위한 Mock-up 시공을 수행하였다.

2차년도에는 구조성, 시공성, 생산성의 원칙을 만족하는 선시공 조립식 계단거푸집 시스템 공법을 개발하여 계단 거푸집 시스템의 접합부에 따른 구조 성능 실험,

설계편람 및 시공지침서 작성, Mock-up 시공계단의 계측 및 평가, Hi-Form 슬래브 현장 적용성 확대, 판넬재질 및 구성 변경 검토 및 분석, 판넬 변경 재질의 적용 등을 수행하였다.

Ⅳ. 연구개발결과

1) Hi-Form 계단 거푸집 시스템의 생산기술 개발

기존 트러스 부재요소의 경우, 너트캡, 너트, 볼트, Con'c Corn 4가지로 이루어지면서 3회의 작업공정으로 인한 생산성과 비용증감의 원인으로 작용하였다. 이에 트러스 부재요소의 공정단순화와 유용성을 향상할 수 있도록 연구개발을 수행하였다. 또한 기존 방식의 경우 거푸집 요소가 중량이며, 현장 조립작업에 다소 영향을 미치고, 소음발생원이 되어, 현장조립과정의 단순화 및 애로사항을 해소하고자 합판요소를 연구·개발하였다. 또한 기존 Hi-Form Deck의 생산기술의 문제점을 분석하여 거푸집 생산기술의 연구개발을 하였다. Hi-Form Deck의 현장 적용성을 극대화하기 위해서는 기존의 합판 거푸집이나 코팅합판이 가지고 있는 전용성의 한계와 알루미늄 폼의 압출폭 제한을 극복하여야 하여 Plastic소재의 거푸집을 검토하였고, Plastic소재의 거푸집에서 시공성과 인장 및 휨강도를 개선한 결과 재료적인 측면, 구조적 측면, 시공적 측면, 경제적 측면, 생산공정의 단순화, 투명 Plastic판넬 시공프로세스 등을 통하여서 검토하였다.

2) Hi-Form 계단 거푸집 시스템의 시공기술 개발 및 개선

기존 공법의 분석을 통해 다양한 구조형식, 규모 및 형태의 건물에 유연성 있게 적용할 수 있는 계단 거푸집시스템의 방안을 도출하였다. 계단 시공에 있어 가설재를 최소화하여 시공성을 최대화하고 효율적인 지지를 할 수 있도록 부재별로 가설재를 최소화할 수 있는 방식을 도출하였다. 또한 기존 시공기술을 분석하여 데크공사에서의 시공성과 경제적인면의 불리한 점을 감안하여 개선하였다. Hi-Form Deck는 기존기술과 동일한 구조적 성능을 가지고 있으나 현장제작을 통한 대형화 시공이란 장점을 가지고 있어 2방향 슬래브(Two-way slab)의 적용도 가능한 이점이 있다. 2방향슬래브 적용을 위해 시공 시 하중을 견디기 위한 임시 지점 시공과 트러스의 교체 배근의 기법을 사용하였다. 2방향 슬래브가 적용되는 Wide Girder System에서의 Hi-Form Deck 적용으로 기존공법과의 품질, 시공, 안전, 환경 및

경제 측면에서의 장단점 및 개선점을 돌출하고자 하였다. 실제 현장 적용된 사례를 통하여서 개선된 성능을 보여주고 있다.

3) Hi-Form 계단 거푸집 시스템의 구조성능 평가

1차 구조성능 평가를 위해 현행 구조설계기준에 의하여 Hi-Form 계단 거푸집 시스템의 구조해석과 구조 설계법을 개발하였으며, 계단 거푸집 시스템의 시공방법에 따른 구조 성능을 평가하였다. 그 결과 유연성이 높은 계단 거푸집 시스템의 구성이 필요하였으며, 결과적으로 계단참과 계단 경사부의 구체를 접합하는 반강접(Semi-rigid) 접합부(joint)를 개발하였다. 개발된 접합부의 휨 및 전단에 대한 구조성능(Structural performance)을 평가하기 위한 실험을 수행하였다. 실험결과 및 Mock-up 시공 계단에 대한 계측 결과로부터 사용성, 시공성 및 구조안전성 측면에서 개발된 반강접합부의 구조성능이 우수함을 알 수 있었다. 2차 구조성능 평가를 위해 개발된 반강접합부를 계단실에 적용했을 때 실제 분포되는 하중을 재연할 수 있도록 실험을 실시하였다. 또한 개발된 접합부를 적용한 Hi-Form 계단 거푸집 시스템의 구조 해석을 실시하고, 설계편람을 개발하였으며, 계단 거푸집 시스템의 시공지침서를 개발하였다. 그 결과 계단참과 계단 경사부의 구체를 접합하는 접합부는 기존의 강접합(rigid joint) 및 핀접합(pin joint)에 비해 매우 우수한 강성(stiffness), 강도(strength) 및 사용성(serviceability)을 보유함을 알 수 있었다.

V. 연구개발결과의 활용계획

본 연구의 통합 거푸집 시스템은 현장에서 간단하게 가설 후 양중·설치하는 공법으로 구성되어 있으므로 기존 철근콘크리트공사와 비교하여 거푸집 제작, 철근가공 및 배근, 거푸집 해체 및 현장정리 등의 복잡한 공정을 생략할 수 있다는 점에서 시공상 큰 장점이 있다. 특히 Hi-Form 벽체 및 계단 거푸집 공법은 재래식 벽체 및 계단의 시공방법과 비교하여 양중장비를 효율적으로 활용할 수 있고, 계단을 계단실 측벽과 분리 시공 후 이동·고정함으로써 벽체 거푸집공사가 복잡해지는 것을 방지하고, 벽체와 계단의 이격거리를 막기 위한 추가공정의 발생을 억제할 수 있다는 장점을 지니고 있다.

또한 본 연구의 통합 거푸집 시스템은 기존 철근콘크리트공사와 비교하여 거푸집 설치, 해체 및 철근배근 작업시 전문기능공이 필요치 않아 인건비의 감소가 가

능하고, 거푸집 설치 및 철근가공 등의 공정 축소에 따른 비용절감이 가능하다는 점에서 경제성 확보가 가능하다. 더욱이 점차 골조공사 기능공의 인력수급이 어려워지고 있고, 향후 현장 인력의 고령화에 따른 인력난 등을 감안한다면 시공의 용이함과 공정의 축소라는 측면에서 기존 공법과 비교하여 충분한 기술 및 원가 경쟁력이 있다고 판단된다. 아울러 통합 거푸집 시스템은 목재 거푸집과 철근가공이 거의 없으므로 폐기물과 잔재의 발생량을 줄일 수 있고, 시스템 거푸집의 내구수명의 증가와 거푸집 시스템의 규격화, 표준화에 의한 폐기물과 할석 등의 추가공정을 배제하여 소음·분진 등의 문제가 없다는 점에서 기존 철근콘크리트공사와 비교하여 환경친화성이 매우 우수하다.

따라서 본 연구의 통합 거푸집 시스템은 철근콘크리트구조, 철골구조, 프리캐스트 및 프리스트레스구조, 철골철근콘크리트구조, 혼합구조 등의 모든 구조형식의 건물에 적용 가능하며, 다양한 규모 및 형태의 건물에 적용 가능한 통합형 시스템 거푸집을 구축하게 되어 향후 활발한 현장적용을 기대할 수 있다.

Summary

Ⅰ. Title

Development and application of the integrated formwork system in construction method using the prefabricated Hi-Form system.

Ⅱ. The purpose of Research and Development and its Necessity

This research is to develop a conventional formwork method of construction into a new suitable method that is appropriate within the domestic circumstances. The method brought about in this research, called 'prefabricated Hi-Form System' can be applied to all types of structural formats such as structure of steel frame, structure of reinforced concrete construction, precast, prestresssd, structure of steel-reinforced concrete construction, structure of composite construction, and etc as well as to all forms and sizes of building construction including floor slab, wall and framework of stair operations. In addition, the method discussed in this very report is being actively applied widely and has confirmed its efficiency and safety. Above all, this method is proved to be efficient tool for shorter operation period and lower cost of resources.

For this reason, 'Develop and application of the integrated formwork system in construction method' developed in this research has a high probability of a successful further development and application and thus it will surely provide a chance for domestic technology to become familiarized in globalized international markets. In addition, it will solve the problematic behavior of domestic construction sites that rely mostly on foreign form system, furthermore, obtaining foreign currency as well as enforcing competitiveness of domestic construction industries.

Ⅲ. Context and Extent of Research Development

In the first year of the development, we will concentrate on the quality, safety,

economic efficiency of construction method of prefabricated Hi-Form stair System'. To name a few, a development of accessories, development of technology of material production factory, development of standardization technique of materials, development of form construction plan, establishment of installation and procedures, production of Stair Form and product development though a further development in design skills, development of production and execution process, development of design and analysis of the system, analysis of structural performance and etc. We have also performed the mock-up test for the utilization of this method.

After the first stage of development, we will be developing a Develop and application of the integrated formwork system in construction method that satisfies the principles of productivity, workability, and structural elements in order to analyze and experiment the structural performance of Stair Form System's copula. In addition, we have executed a preparation of construction manual and design code, analysis and measurement of the Mock-up Stair, expansion of practical use of Hi-Form slab at construction sites, analysis, investigation, and modification of structural aspects and panel material as well as the application of panel modify material.

Ⅳ. Results of the Research and Development

1) Development of Technology for producing Hi-Form Stair System

The building elements of original truss were composed of nut cap, nuts, bolts, and Con'c Corn. These four elements were processed three times and resulted in increase and decrease of productivity and cost, relatively. For this reason, we have executed a research and development in order to increase the usefulness and simplification of building elements.

Also, the weight of form in the original method was quite large and this has worked as a disadvantage upon the process of construction and also creating noises. In order to simplify the assembling process and resolve the problematic issues, we have researched and developed elements made of plywood. In

addition, we have analyzed the errors in the original production technology of Hi-Form Deck for a better production technology. To maximize the utilization of Hi-Form Deck at construction sites, we reexamined the use of plastic form rather than the original plywood Form or coated plywood that could only be applied to special cases as well as the aluminum form that could only be compressed into a certain width, aspects that need to be overcome. The improvement made on form's workability, tension, and flexural strength was carefully measured and executed through aspects of material, structure, construction, economic efficiency, simplification of production process and transparent plastic Panel.

2) Development and Improvement of Execution Strategies of Hi-Form Stair System

We derived a new Hi-Form Stair System scheme that allows flexible application into various structural aspects, sizes and form of buildings by analyzing the originally used constructing methods. We minimized the temporary materials of stair construction in order to maximize the workability as well as deriving a method that can minimize the amount of temporary materials needed for each category of materials. Above all, the analysis of execution technique is enforced to improve the economic disadvantages and workability of deck construction.

The structural aspects of Hi-Form Deck is similar to the original technology, but it also have an advantage over bigger and safer execution through on-spot production, which allow the application of Two-way slab. In order to carry out the operation of two-way slab successfully, we used the technique of replacing rod of truss with the construction of a temporary device to support the load weight during operations. We concentrated on projecting the major improvement and both advantages and disadvantages in the aspects of economic efficiency, environment, safety, execution of construction, and qualities compared to the original method by applying Hi-Form Deck from Wide Girder System that

operates with two-way slab technique.

3) Evaluation of Structural Aspects of Stair Hi-Form System

For the primary evaluation of structural aspects we developed a structural design and an analysis of Stair Hi-Form System according to the existing standards of structural design. We have also assessed the structural performance for different Hi-Form Stair System building methods. As the results, we were put in the need of structure of Hi-Form Stair System with high flexibility leading to a development of Semi-Rigid Joint that connects with slope of stair. For this joint, experiments were carried out in order to evaluate its structural performance around curve and front.

According to the experiments and results of measurement made of Mock-up, we figured out that this product Semi-rigid copula contains an excellent level of serviceability, workability, and safety issues related to its structure. The secondary evaluation of structural performance was carried out so you can rerun the distribution of load weight when a semi-rigid copula is applied to stair system. Also, a structural analysis of Hi-Form Stair System modified with the developed joint was executed as well as the development of design code. All together, we developed a design code of Hi-Form Stair System. This has proved that the new joint has a higher efficiency compared to either the old rigid joint or the pin joint.

V. Results of Research and Development and Application Plans

The unified Hi-Form system in this research can be installed temporarily at any place and then lifted up to the place where it will be installed for the final assembly. For this reason, this process can eliminate complex processes that was in the reinforced concrete construction such as production of form, iron rod processing and arrangement, Form dissembling and site-recycling, which is a great advantage as well as an improvement. Especially, the Hi-Form wall and stair formwork construction method, compared to the conventional wall and stair

execution method, allows to make an efficient use of equipment, and simplify the process of Form work by constructing stair and side wall separately and later on combining them together. This has an advantage of preventing the distance length between the wall and the stair, which can be a burdensome job if it occurs.

Also, this method of unified Hi-Form system does not require a high waged experts when installing and dissembling the formwork. It is for sure more economical than reinforced concrete construction. In addition, there will be a reduced amount of processing of iron rods and installation of formworks leading to lower material cost. Since the number of workers who can execute frame works is decreasing, it would be difficult to find anyone who will gladly take the job in the near future. Thus, in the aspects of manpower shortages and difficultness of the conventional method, the new method is certainly a competitive technology. At the same time, this method do not require wood formwork or iron rod processing, thus the job of cleaning up the site can dramatically be reduced. For the environmental issues, with a longer life span, standardization of the system, and elimination of extra processing of wastes and talcum allowed it to solve the noise and dust problems which was a serious issue for the reinforced concrete construction.

Therefore, the formwork system in this very research can be applied to structure of reinforced concrete construction, structure of steel fram, precast with structure of prestressed, structure of steel framed reinforced concrete construction, unified structure, and all other forms of structures. Thus, an active application of unified formwork system at the construction sites is anticipated.

목 차

제 1 장 서론 ····· 1

제 2 장 국내·외 기술개발 현황 ····· 2

2.1 국내 기술현황 ····· 2

2.2 국외 기술현황 ····· 5

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 ····· 7

3.1 Hi-Form 계단 거푸집시스템의 생산기술 개발 ····· 7

3.2 Hi-Form 슬래브 거푸집 시스템의 생산기술 개발 ····· 10

3.3 Hi-Form 계단 시공프로세스의 연구개발 ····· 12

3.4 Hi-Form 슬래브 거푸집의 시공프로세스 개선 ····· 17

3.5 Hi-Form 계단 거푸집 시스템의 구조성능 평가 ····· 24

3.6 Hi-Form 계단 거푸집 시스템의 Mock-up 시공 및 평가 ····· 100

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 관련분야에의 기여도 ····· 118

4.1 연구개발 수행 진도율 ····· 118

4.2 연구개발 목표의 달성도 ····· 120

4.3 연구개발 추진전략 및 방법 ····· 121

제 5 장 연구개발결과의 활용계획 ····· 122

5.1 연구개발결과의 활용방안 ····· 122

5.2 연구성과의 기대효과 ····· 122

5.3 연구개발결과의 기업 활용방안 ····· 124

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· 125

제 7 장 참고문헌 ····· 128

자체평가의견서 ····· 130

부 록 ····· 136

C O N T E N T S

Chapter 1. Introduction ····· 1

Chapter 2. Review of technical developments ····· 2

Chapter 3. Research Subjects and Results ····· 7

Chapter 4. Achievement of the Purpose and Contribution of the Reference fields ····· 118

Chapter 5. Application Plan of Results ····· 122

Chapter 6. Information of overseas Scientific technology ····· 125

Chapter 7. References ····· 128

Self-appraisement ····· 130

An appendix ····· 136

-표 목차-

[표 3.1.1] 트러스부재요소의 개발 ····· 8
[표 3.1.2] 합판요소의 개발 ····· 9
[표 3.2.2] 단면 성능 검토 ····· 11
[표 3.3.1] 거푸집요소별 가설재 ····· 16
[표 3.4.1] 기존 시공 대비 기술 분석표 ····· 20
[표 3.5.1] 기존 계단의 기본모듈 조사 현황 ····· 24
[표 3.5.2] 계단의 구체 공사방법에 따른 구조형식 및 접합방법의 평가 ····· 32
[표 3.5.3] 벽체 및 참 부분의 구성요소별 접합 및 응력전달방법 ····· 33
[표 3.5.4] 경사계단 부분 및 참 부분의 구성요소별 접합 및 응력전달방법 ····· 34
[표 3.5.5] 계단참과 PC 경사슬래브 접합에 대한 개념도 ····· 36
[표 3.5.6] Hi-Form 계단의 구조성능 평가를 위한 실험체의 실험변수 ····· 38
[표 3.5.7] 콘크리트 배합표 ····· 38
[표 3.5.8] 철근배근 및 거푸집 조립과 접합부 연결상세 ····· 39
[표 3.5.9] 기존 계단의 기본모듈 조사 현황 ····· 49
[표 3.5.10] 실험체 LIST ····· 54
[표 3.5.11] 콘크리트 재료 시험 결과 ····· 61
[표 3.5.12] 실험 기기 ····· 61
[표 3.5.13] 최대 허용처짐 기준(KBC2005) ····· 75
[표 3.6.1] 거푸집의 변형기준 ····· 104
[표 3.6.2] 콘크리트 부재의 위치 및 단면치수 허용차 표준치 ····· 105

-그림 목차-

[그림 2.1] 연도별 주요 골조공사 공법의 개발 현황 및 전망 ····· 4
[그림 3.2.1] 투명 에폭시 소재 판넬 ····· 11
[그림 3.2.2] 시공 프로세스 ····· 12
[그림 3.3.1] 계단구체분류-a ····· 12
[그림 3.3.2] 계단구체분류-b ····· 13
[그림 3.3.3] 벽체, 계단참, 경사면 일체 타설 ····· 13
[그림 3.3.4] 벽체, 계단참 선시공 + 경사부 후시공 ····· 14
[그림 3.3.5] 벽체 선시공 + 계단참,경사부 후시공 ····· 14
[그림 3.3.6] 가설계획 방식 ····· 15
[그림 3.3.7] 경사부 가설요소 개발 ····· 17
[그림 3.4.1] 지지점 설계도 ····· 18
[그림 3.4.2] 트러스 제작도 ····· 18
[그림 3.4.3] 트러스 교체 배근 ····· 19
[그림 3.4.4] 2방향 슬래브 Hi-Form Deck 적용도 ····· 19
[그림 3.4.5] 시공 프로세스 ····· 20
[그림 3.4.6] 현장 시공 사진 ····· 21
[그림 3.4.7] 구조평면도 ····· 22
[그림 3.4.8] Shop Dwg. ····· 22
[그림 3.4.9] 공법별 경제성 비교 ····· 23
[그림 3.4.10] 공법별 공사기간 비교 ····· 23
[그림 3.5.1] 꺾인 경사보로 가정한 계단부 구조도면 ····· 25
[그림 3.5.2] 꺾인 경사보 계단에 작용하는 모멘트 하중 ····· 25
[그림 3.5.3] Hi-Form을 이용한 계단 시공 ····· 26
[그림 3.5.4] Hi-Form 시공 시 작용하는 모멘트 하중 ····· 26
[그림 3.5.5] 계단부와 거푸집 표기 ····· 31
[그림 3.5.6] 경사슬래브 부분 거푸집의 시스템화 ····· 31
[그림 3.5.7] 계단참과 경사계단 부분의 연결방안(초기검토안-1) ····· 35

[그림 3.5.8] 계단참과 경사계단 부분의 상부철근 연결방안(초기검토안-2) ····· 35
[그림 3.5.9] 접합부 휨 성능 실험 ····· 40
[그림 3.5.10] 접합부 전단 성능 실험 ····· 40
[그림 3.5.11] 접합부 전단성능 실험체의 하중-변위관계곡선 ····· 41
[그림 3.5.12] 접합부 휨성능 실험체의 하중-변위관계곡선 ····· 41
[그림 3.5.13] 휨 성능실험체 철근변형률 ····· 43
[그림 3.5.14] 실험체별 설치상황 및 최종파괴상황 ····· 48
[그림 3.5.15] 연구 대상 ····· 48
[그림 3.5.16] 구조해석 ····· 50
[그림 3.5.17] 계단 구조도 ····· 50
[그림 3.5.18] 1변 고정 ····· 51
[그림 3.5.19] 3변 고정 ····· 51
[그림 3.5.20] 응력 비교 그림(접합부 및 기타부분) ····· 51
[그림 3.5.21] 3변 고정에서의 휨응력 분포도 ····· 52
[그림 3.5.22] 실험체 형상 ····· 52
[그림 3.5.23] 강접합, 핀접합 & 반강접합 개념도 ····· 53
[그림 3.5.24] 실험체 도면 ····· 59
[그림 3.5.25] 실험체 준비과정 ····· 60
[그림 3.5.26] 재료시험 ····· 61
[그림 3.5.27] 실험체 설치도 ····· 62
[그림 3.5.28] 실험체 설치상황 ····· 62
[그림 3.5.29] 하중계획도 ····· 63
[그림 3.5.30] LVDT&Strain gauge 설치도 ····· 63
[그림 3.5.31] HR-1파괴 ····· 65
[그림 3.5.32] HS-1 파괴 ····· 66
[그림 3.3.33] HS-2파괴 ····· 67
[그림 3.5.34] HP-1 파괴 ····· 68
[그림 3.5.35] HP-2파괴 ····· 69
[그림 3.5.36] 하중-변위 곡선 ····· 71
[그림 3.5.37] HR-1 파괴 ····· 71

[그림 3.5.38] HS-1 파괴 ····· 73
[그림 3.5.39] HS-2 파괴 ····· 73
[그림 3.5.40] HP-1 파괴 ····· 73
[그림 3.5.41] HP-2 파괴 ····· 73
[그림 3.5.42] 초기 뒷꿈치 가력 ····· 75
[그림 3.5.43] 각 실험체의 최대 가속도와 고유진동수 ····· 85
[그림 3.5.44] 일본 건축학회 거주성능 평가시험 ····· 85
[그림 3.5.45] 사용하중 작용시 처짐 분포 ····· 86
[그림 3.5.46] 꺾인 경사보 계단에 작용하는 사용시 모멘트 하중 ····· 95
[그림 3.5.47] 꺾인 경사보 계단의 사용시 설계 ····· 96
[그림 3.6.1] 하이폼 계단거푸집 설치도 ····· 100
[그림 3.6.2] 하이폼 계단거푸집 설치전경 ····· 101
[그림 3.6.3] 계측기 설치위치 ····· 102
[그림 3.6.4] 변형도 게이지 부착 ····· 102
[그림 3.6.5] 변위계 부착 ····· 103
[그림 3.6.6] 콘크리트 타설하는 모습 ····· 103
[그림 3.6.7] 재래식 경사슬래브 거푸집설치 ····· 105
[그림 3.6.8] 하이폼 계단거푸집 ····· 106
[그림 3.6.9] 콘크리트 타설시 3일간의 계단참 처짐량 변화 ····· 106
[그림 3.6.10] 콘크리트 타설시 3일간의 경사슬래브 처짐량 변화 ····· 107
[그림 3.6.11] 콘크리트 타설시 1일간의 계단참 처짐량 변화 ····· 108
[그림 3.6.12] 콘크리트 타설시 1일간의 경사슬래브 처짐량 변화 ····· 108
[그림 3.6.13] 콘크리트 타설시 1일간의 상부 트러스철근 변형량 변화 ····· 109
[그림 3.6.14] 콘크리트 타설시 1일간의 중앙부 트러스철근 변형량 변화 ····· 109
[그림 3.6.15] 콘크리트 타설시 1일간의 경사철근 변형량 변화 ····· 110
[그림 3.6.16] 콘크리트 타설시 3일간의 상부 트러스철근 변형도 변화 ····· 111
[그림 3.6.17] 콘크리트 타설시 3일간의 중앙부 트러스철근 변형도 변화 ····· 111
[그림 3.6.18] 콘크리트 타설시 3일간의 경사철근 변형도 변화 ····· 112
[그림 3.6.19] 콘크리트 타설시 7일간의 계단참 처짐량 변화 ····· 112
[그림 3.6.20] 콘크리트 타설시 7일간의 경사슬래브 처짐량 변화 ····· 113

[그림 3.6.21] 콘크리트 타설시 7일간의 상부 트러스철근 변형량 변화 ····· 113
[그림 3.6.22] 콘크리트 타설시 7일간의 중앙부 트러스철근 변형량 변화 ····· 114
[그림 3.6.23] 콘크리트 타설시 7일간의 경사철근 변형량 변화 ····· 114
[그림 3.6.24] 콘크리트 타설시 21일간의 계단참 처짐량 변화 ····· 115
[그림 3.6.25] 콘크리트 타설시 21일간의 경사슬래브 처짐량 변화 ····· 115
[그림 3.6.26] 콘크리트 타설시 21일간의 상부 트러스철근 변형도 변화 ····· 116
[그림 3.6.27] 콘크리트 타설시 21일간의 중앙부 트러스철근 변형도 변화 ····· 116
[그림 3.6.28] 콘크리트 타설시 21일간의 경사철근 변형도 변화 ····· 117
[그림 6.1] 유럽 3개국과 국내회사의 거푸집 사용율의 비교 ····· 125

제 1장 서 론

본 연구에서는 수요자의 어떠한 주문에도 대응할 수 있도록 다양하고 유연성이 높은 선시공 조립식 통합 거푸집 시스템(Hi-Form System) 공법을 개발하고 실용화하는 것을 연구개발의 1차 목표로 설정하고 있다. 이러한 연구목표에 적합하게 개발된 통합 거푸집 시스템 공법은 국내 시장에서 건설기술의 선진화와 품질향상에 따른 기술적, 사회·문화적, 경제·산업적 파급효과를 이루게 될 것이고, 이를 바탕으로 외국 선진기술과 대응할 정도의 수준까지 이르게 될 것으로 예상하고 있다.

본 연구에서 개발된 공법은 현재 국내 경기의 침체로 인하여 건설업계의 소극적인 신기술 개발의지를 활성화시키는 계기가 될 뿐만 아니라 국내 건설기술의 발전에 큰 영향을 미치게 될 것으로 기대하고 있다. 새롭게 개발하게 될 선시공 조립식 통합 거푸집 시스템 공법은 원천기술과 요소기술에 해당하는 선시공 조립식 하이폼덱 슬래브 공법이 이미 건설현장에서 선풍적으로 적용되고 있으며, 공기단축 및 원가절감의 경제성과 품질 및 안전성의 확보효과를 체감하고 있는 상황이다. 따라서 본 연구에서 개발하게 될 통합 거푸집(슬래브, 벽, 계단)시스템 공법은 성공적인 개발 및 실용화의 가능성이 매우 높으며, 글로벌화 된 세계시장에서 국내 기술의 세계화에 기여하게 될 것이다. 이는 현재까지 외국 기술의 의존도가 높은 국내 건설실정의 문제점을 해결하고 그간 외국기술에 투자해오던 자금을 줄이고 해외 진출에 의한 외화의 획득으로 국내 건설경기의 향상을 도모하여 자본력의 증가와 생산성 향상에 따른 국가 건설산업의 경쟁력 강화라는 목표를 포함하고 있다.

본 연구의 1차년도 목표는 선시공 조립식 Hi-Form 계단 시스템 거푸집의 개발이며, 세부목표는 첫째, 선시공 조립식 Hi-Form 계단 거푸집의 생산기술 개발, 둘째, 선시공 조립식 Hi-Form 계단 거푸집의 시공 프로세스 개발, 셋째, 선시공 조립식 Hi-Form 계단 거푸집의 구조성능 평가이다. 또한 2차년도 목표는 선시공 조립식 Hi-Form 계단 시스템의 구조적 성능 평가와 슬래브 시스템의 시공프로세스 개선 및 생산기술개선이고 그 세부적 목표는 계단 시스템에서는 구조성능 시험과 계측 및 평가, 설계편람 및 시공지침서 작성이고 슬래브 시스템에서는 2방향 슬래브 적용성 검토 및 시공, 판넬 재질 변경 및 현장 Mock-up 시공이다.

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

2.1 국내 기술현황

건설기능인력 평균 연령이 1996년 11월 41.1세이던 것이 2002년 12월 47.4세로 6.3세 상승하는 가운데 2002년 외국인 건설기능인력이 전체 건설기능인력 수요의 10% 가량 차지하고 있다. 이는 건설 기능인력의 고령화 현상이 가속화되고 있으며, 외국인 근로자의 비중이 증가하는 등 건설기능인력 수급구조가 크게 변화하고 있음을 시사하는 것이다. 이와 같은 시대적 배경에 대응하기 위해 다양한 건설공법이 개발되고 있으나, 전체 공사기간의 절반 이상을 소요하는 거푸집 공사는 과거의 재래식 방법이 통용되고 있으며, 이러한 문제점은 공사기간 및 비용에 가장 많은 영향을 미치게 된다. 따라서 효율적인 골조공사 시스템의 채택은 경제성, 생산성, 안전성, 및 환경성 등의 측면에서 매우 중요한 요소이다.

건축공사 중 철근콘크리트 공사용 거푸집은 콘크리트를 타설하기 위한 가설재로서 기존에 사용해 온 거푸집의 대부분은 콘크리트를 타설한 후에 경과되면 거푸집을 해체하게 된다. 거푸집을 재료별로 분류하면 목재, 강재, 합판, 플라스틱, 섬유 등이 있으며, 최근에는 특수소재를 사용한 거푸집도 개발되어 사용되고 있다. 강재 거푸집은 근래에 많이 사용되는 거푸집으로서 콘크리트의 완성면이 깨끗하고, 강성과 열전도성이 높지만 초기투자비가 과다하고, 부재의 조립과 해체, 운반을 인력에 의존하므로 시공속도가 느리고, 인력수급상황에 민감하며, 현장에 가공이 어렵고, 해체작업이 반드시 필요하다는 단점이 있다. 합판 거푸집은 콘크리트의 완성면이 깨끗하고, 목재에 비해 설치속도가 빠르며, 가공성과 전용성이 좋지만, 내수성이 불충분하며, 합판의 표면이 취약하여 쉽게 손상되며, 해체작업을 필요로 하는 단점이 있다. 플라스틱 거푸집은 경량이므로 다루기 쉬워 비교적 많은 횟수의 전용이 가능하지만 충격이나 열에 약하며, 고가이므로 사용에 제약이 따르는 단점이 있다. 또한 흔히 사용되는 목재 거푸집은 주재료인 나왕의 사용량 증가로 산림자원의 고갈이 유발되고 있으며, 전용횟수가 적을 경우 또는 거푸집의 형상이 복잡할 경우에는 경제적이지만 강도와 내구성이 약하고, 거푸집을 설치한 후에 해제작업이 필요하며, 건축폐자재를 다량으로 발생시키고, 거푸집 공사 시 소음과 진동을 발생시키는 단점이 있다.

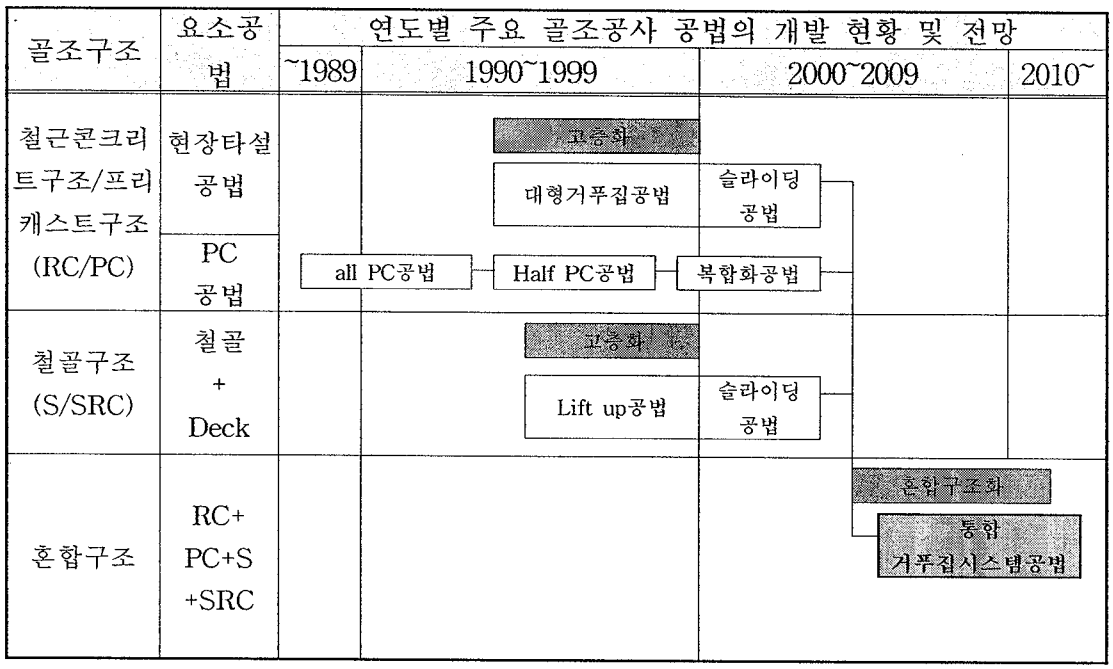
특히 현재까지 국내 건축공사에서 가장 많이 사용되고 있는 거푸집은 유로폼(Euroform)이 주종을 이루고 있다. 유로폼은 유럽에서도 전혀 사용하지 않는 거푸집으로 Ferguson은 "Antique Form"이라고 표현할 정도로 낙후된 노동집약적인 재래식 거푸집이다. 또한 초고층 건물의 골조공사에 적용되는 거푸집 시스템의 대부분은 외국 특정회사의 제품을 주로 사용하고 있는 상황으로 공사원가를 상승시키는 주요인으로 작용하고 있다.

한편 알루미늄폼은 건물의 모든 부위에 적용이 가능하고 전용성이 뛰어나며 또한 친환경적인 소재로 주목 받고 있으나 경제적인 측면에서 공사원가를 지나치게 상승시켜 그 적용성이 초고층 건축물에 한정되고 있다.

최근 건설시장의 변화를 살펴보면, 중저층 저밀도 건축물 보다는 대형의 고층, 고밀도 건축물이 눈에 띄게 증가 하고 있는 것이 세계적인 추세이다. 40층 정도의 주거용 건물에 소요되는 총 공기는 미국의 경우 평균 기간이 18개월인 반면 한국은 총 33개월로 우리나라가 약 1.8배 이상 더긴 공사기간이 소요되는 것(김예상, 2003)으로 보고 되고 있다. 현재 초고층 건축물의 골조공사는 층당 소요공기 3일-5일을 현실화 시키고 있다. 하지만 중층형(20-40층)의 벽식구조 건축물의 경우 내부 거푸집의 노동집약적 작업으로 인해 층당 소요 공기가 평균 8-10일이 소요되는 실정이다.

따라서 국내에서도 건설시장개방에 적극적으로 대처하고, 나아가 기술적인 측면에서도 비교 우위를 확보하기 위해서는 국내 실정에 적합한 새로운 골조공법 시스템의 개발은 매우 중요한 과제이다. 이러한 일련의 노력에 의해 탄생한 것이 프리훼브화에 의한 노동생산성 향상이다. 건설공사 현장에서 프리훼브화란 부품 등을 도입하여 공사현장의 생산성을 향상시키는 방법으로 국내에서는 1970년대부터 집합주택을 중심으로 많은 건설공사 현장에서 적용되었다. 현재 적용되고 있는 대표적인 프리훼브화 공법은 All PC 공법으로 대규모 공사에 채용되어 생산성이 높은 대기업의 건설현장에 적용하는 경우가 많고, 복합화 공법의 대표적인 방법인 Half PC 공법은 현장 타설 콘크리트 공법인 재래식 공법의 장점과 All PC 공법의 장점을 조합한 공법으로 Half PC 공법이 대두되는 가장 중요한 이유는 바닥판의 형틀공사 생략에 따른 생산성 향상에 있다고 할 수 있다. 그러나 Half PC 판은 그 자체로서 중량이 무겁기 때문에 All PC 공법과 아울러 현장 작업 시 반드시 Crane 등 중장비의 사용이 불가피하고, 제작과정에서도 PC 공장과 같은 별도의 설비 시

설이 반드시 필요하게 된다. 그리고 Half PC공법은 본 연구의 기본 요소공법인 하이폼덱(Hi-Form Deck) 슬래브 공법과 비교할 때 원가상승의 요인이 된다는 사실을 하이폼덱(Hi-Form Deck) 슬래브 공법을 적용한 실제 현장시공사례에서 입증된 바 있다.



[그림 2.1] 연도별 주요 골조공사 공법의 개발 현황 및 전망

[그림 2.1]에서는 건축물의 고층화 및 혼합구조화에 따른 연도별 주요 골조공사 공법의 개발 현황과 향후 전망을 보여주고 있다. 국내외 건설산업의 환경변화를 감안할 때 현 시점에서는 국내의 실정에 맞는 새로운 시스템 거푸집 공법개발이 절실히 필요한 실정이며, 철골구조, 철근콘크리트구조, 프리캐스트 및 프리스트레스 구조, 철골철근콘크리트구조 및 이들 구조형식을 혼용하는 혼합구조 등의 모든 건축물의 슬래브, 벽체 및 계단 골조공사에 적용가능하며, 수요자의 어떠한 주문에도 대응할 수 있도록 다양하고 유연성이 높은 선시공 조립식 시스템 거푸집 공법을 개발하고 실용화해야 하는 상황에 직면하고 있다.

국내의 상위 종합건설업체들은 40층 이상의 초고층 건축물을 시공하면서 시스템 거푸집의 필요성을 절감하였지만, 독자적인 연구개발은 수행하지 않고, PERI,

DOKA 등 주로 해외 선진업체로부터 대형 시스템 거푸집과 양중시스템(Auto Climbing System)을 도입한 바 있다. 한편 벽식구조 건축물의 골조공사는 외부 거푸집은 클라이밍폼, 갱폼과 같은 시스템화된 거푸집을 사용하고 있지만 내부 거푸집은 유로폼을 사용하고 있는 상황이다.

2.2 국외 기술 현황

아시아는 1995년 후반부터 발생한 아시아 지역의 금융위기는 해당국가의 정부 재정투자 사업을 감소시킨 반면에 민간투자사업(BOT, BTO 등)을 증가시키는 요인으로 작용하였다. 국내의 경우 IMF 외환위기 이후 건설업체와 금융기관의 신인도가 하락하여 해외의 발주기관으로부터 이중보증을 요구받는 등 해외건설시장에서 국내 건설기업의 사업환경은 위축되어 왔다. 다만 최근 들어 플랜트 건설을 중심으로 해외건설이 살아나고 있다.

중남미 지역은 브라질, 아르헨티나, 멕시코 등 지역 내 주요 국가들의 국가신용도가추락하면서 정부 재정사업이 급격하게 감소하였으며, 내수경기 부양책으로써 민간투자사업을 확대시키는 조치를 취하고 있다. 브라질의 사례를 보면, 과거 90% 이상의 건설공사가 정부 재정에 의해 추진되었던 것이 최근 들어, 60% 이하로 떨어지고 있으며, 이러한 추세는 지속될 것으로 전망되고 있다.

중동시장은 최근 전쟁위기 등으로 인해 원유가가 급등하고 있지만, 지난 몇 년간 원유가격의 안정추세로 인해 시장이 크게 형성되지 못했다. 대신에 턴키사업, 민간투자사업, 그리고 계약자 금융주선 방식이 늘어나고 있다. 이러한 시장 환경은 이전보다 훨씬 치열한 수주경쟁을 일으키고 있다. 또한 해당국가의 발주기관들이 자국 근로자와 자재의 사용 의무화를 강화하는 정책으로 인해 사업관리 전문기술이 상대적으로 떨어지는 국가의 건설기업은 선진국의 글로벌 기업에 비해 수주전에서 불리한 위치에 처하고 있다.

유럽지역은 유럽연합공동체(EU)가 출범하면서 유럽의 건설기업은 다국적 기업에서 초국적 기업으로 기업 운영개념이 바뀌면서 궁극적으로 기업의 국가 소속개념은 무의미해졌다. EU에 속한 글로벌 건설기업은 사업구조 다각화를 위해 인수합병(M&A) 전략을 구사하여 필요 기업역량을 단시간에 확보하는 추세가 늘어나고 있다. 또한 유럽의 건설기업은 EU 통합에 따른 각종 규격 통일화가 시행됨으로써 발생하는 현상, 예를 들어 교통시설 개조공사 등과 같은 신규물량에 대비한 준비에

많은 노력과 관심을 기울이고 있는 것으로 나타났다.

또한 해외건설시장에서 북미지역이 차지하는 비율은 1990년 후반기부터 증가하여 최근 들어 약 25%대를 유지하고 있다. 팽창하는 북미지역의 거대시장에 조기진입을 위해서 글로벌 건설기업은 인수·합병 전략을 구사하여 비교적 성공적인 결과를 보이고 있는 것으로 나타났다. 대표적으로 해외건설시장에서 매출액 기준으로 1위인 스웨덴의 스칸스카(Skanska)가 미국 내 다수의 중견건설기업들을 인수합병한 것이나 호주의 랜드리스(Lend Lease)사가 영국과 미국의 보비스(Bovis)사를 인수·합병한 사례들이 있다.

제 3장 연구개발수행 내용 및 결과

3.1 Hi-Form 계단 거푸집 시스템의 생산기술 개발

가. 기존 생산기술의 문제점

(1) 재래식 계단 공법

합판과 각재를 사용하여 계단참, 계단경사면 및 상부 계단부를 구성하는 재래식공법은 공장화 생산이 아닌 현장에서 목수에 의해 직접 제작되어 정밀도가 떨어지고 균일한 품질을 얻을 수 없으며, 콘크리트 타설 시 하부에 다량의 서포트로의 지지가 필요하다.

(2) PC 계단 공법

계단참과 경사면을 모두 Pre-Casting 된 콘크리트 부재를 이용하여 콘크리트의 품질은 확보할 수 있으나 벽체 타설이 완료된 후 양중하여 설치하므로 슬래브공사 진행시 별도의 상하이동을 위한 별도 계단을 설치하여야 하며 현장의 다양한 조건에 맞게 적용이 어려우며 고가이다.

(3) 철재 계단 공법

계단참은 재래식으로 시공하며 경사면은 철재로 제작된 기성품으로 공사중에는 가설용도로 사용하며 벽체 및 계단참을 콘크리트 타설한 후에는 본 구조체로 사용하나 고가이며 계단참이 재래식으로 시공되므로 철근콘크리트 구조와 철재구조의 접합이 필요하며 철재의 경우 진동 및 소음에 문제점이 있다.

이에 PC 및 철재 계단방식의 품질을 확보할 수 있는 대량생산이 가능하며, 시공성이 용이하며 경제적인 자재비와 시공비가 가능하도록 개발한다.

나. 생산기술의 연구개발

생산기술의 극대화을 위하여 부재, 공정의 단순화 뿐만 아니라 설계 시부터 단순화, 대량화가 가능하도록 반영하는 것이 보다 효율적일 수 있으며 아래의 항목을 기준으로 개발한다.

(1) 계획적 측면

- 계단에 대한 전문적인 설계를 통해 균일한 품질의 공장생산화

(2) 구조적 측면

- 트러스 구조체를 이용하여 사용시 강성 증대

• 피복두께 및 배근간격 확보로 균열발생에 유리

(3) 시공적 측면

• 가설재 등 동바리를 최소화

• 사전 선조립을 통해 설치 공정 단순화

• 생산성의 향상 및 고품질 확보 가능

(4) 경제적 측면

• 거푸집, 동바리에 관련된 현장노무비 감소

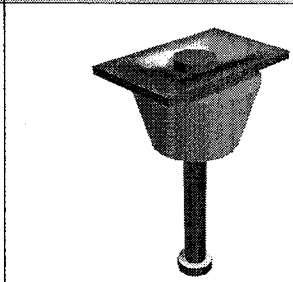
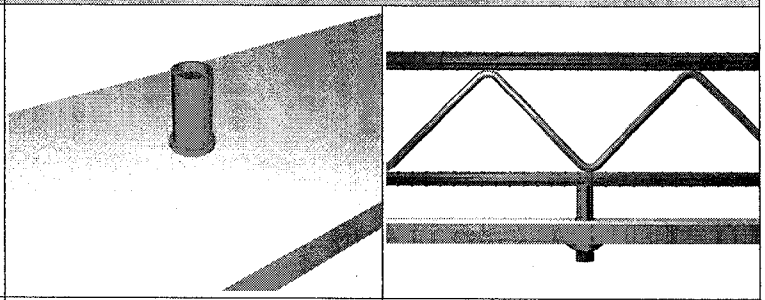
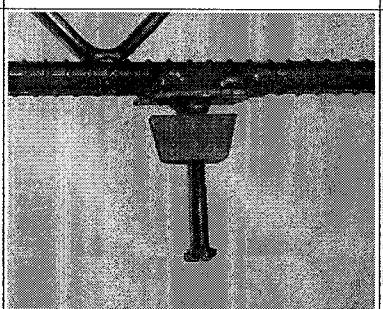
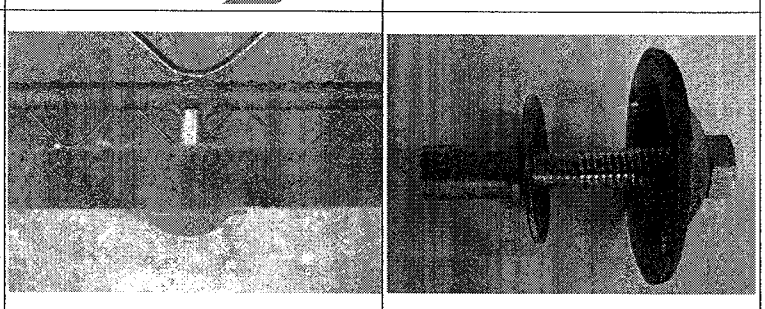
• 공기단축에 의한 가설자재 및 손료 절감

(5) 생산공정의 단순화

• 생산공정의 단순화로 인한 공장생산량증가와 현장공정단순화로 인한 생산성 향상을 연구개발하였다.

• 트러스부재요소의 간소화 및 유용성향상성 연구

: 기존 트러스부재요소의 경우, 너트캡, 너트, 볼트, Con'c Corn 4가지로 이루어져 작업공정이 3번들어가 생산성과 비용증감에 요인이였다. 본 연구에서는 트러스부재요소의 공정단순화, 유용성향상을 연구개발하였다.

구분	기존방식	ALT. 1
형상		
사진		
분석	- 너트캡, 너트, 볼트, Con'c Corn 4가지로 이루어져 작업공정이 3번들어가 생산성과 비용증감에 요인	- 단한번의 공정으로 기존공정을 1/4로 단축. - 볼트의 ∅6에서 ∅9로 교체함으로 인하여, 안전성향상과 설비용 전산볼트용 인서트로 활용.

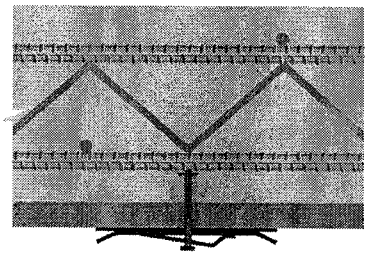
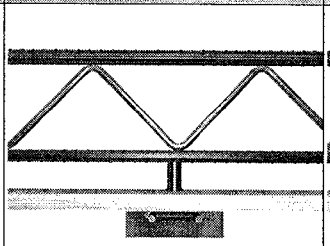
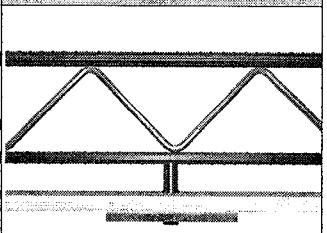
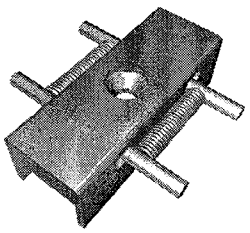
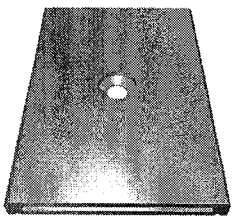
[표 3.1.1] 트러스부재요소의 개발

(6) 균일한 품질유지

• 건설현장의 경우, 숙련된 노동인력의 수급이 점차 어려워짐과 동시에 국민총소득의 증가로 인해 인건비 상승의 문제가 크다. 그러므로 현시점에서 숙련되지 않은 인력(조공)의 능력으로 슬래브-계단-벽체의 지상에서의 간단한 선조립을 통하여 균일한 품질 유지를 위한 거푸집공법에 관하여 연구개발하였다.

• 합판요소의 개발

: 기존방식의 경우 거푸집 요소가 중량이며, 현장조립작업에 다소 영향을 미치고, 소음발생원인이 되어, 본 연구에서는 현장조립과정의 단순화 및 애로사항을 해소하고자 합판요소를 연구 개발하였다.

구분	기존방식	ALT. 1	ALT. 2
설치 방식			
요소			
분석	- 현장에서의 망치사용으로 인한 소음발생 - 미숙련공의 경우, 작의 미숙함으로 인한안전성 위험	- 원터치 방식으로 작업공정의 단순화인한 공기단축 - 조립작업공정의 단수화로 인한 안전성 향상 - 원터치 방식으로 항상 일정한 품질유지	

[표 3.1.2] 합판요소의 개발

3.2 Hi-Form 슬래브 거푸집 시스템의 생산기술 개발

가. 기존 Hi-Form Deck 생산기술의 문제점

(1) 일반 목재 합판 공법

일반 목재 합판의 경우 국내 합판은 중판에 강도가 약한 중국산 포플러 합판을 많이넣어 생산하기 때문에 품질성능 저하로 전용성이 1-2회 정도에 그치고 있고 미얀마산등의 외국산 합판의 경우도 3~5회 사용 후는 고재로 처리하여 현장에서 폐기물처리가 되고 있다.

(2) P.P코팅 합판 공법

P.P코팅 합판은 1mm 두께의 수지 코팅을 통해 전용성을 합판두께에 따라 15~30회로 증가시켰으나 설계시점에서 Hi-Form Deck이 반영되지 않은 경우는 이형판넬이 필수불가적으로 생길 수밖에 없어 전용성 저하 및 Cost Down의 저하 요인으로 작용되고 있다.

(3) 알루미늄 폼 공법

전용성의 극대화를 위해 알루미늄 재질(6061-T6)을 사용하여 트러스용 거푸집을 적용한 경우 초기 자재비가 많이 상승되고 알루미늄 폼의 폭 길이(300~450mm)에 의한 과다한 접합부 발생이 문제가 되고, 알루미늄 폼의 경우 품질 면에서는 우수하나 전기박스 및 설비 배관 작업에서 고정의 문제점이 있다.

나. Form 생산기술의 연구개발

Hi-Form Deck의 현장 적용성을 극대화 하기 위해서는 기존의 합판 거푸집이나 코팅합판이 가지고 있는 전용성의 한계와 알루미늄폼의 압출폭 제한을 극복하여야 하여 Plastic 소재의 거푸집을 검토하였고 Plastic 소재의 거푸집에서 시공성과 인장 및 휨 강도를 개선하고자 한다.

(1) 재료적 측면

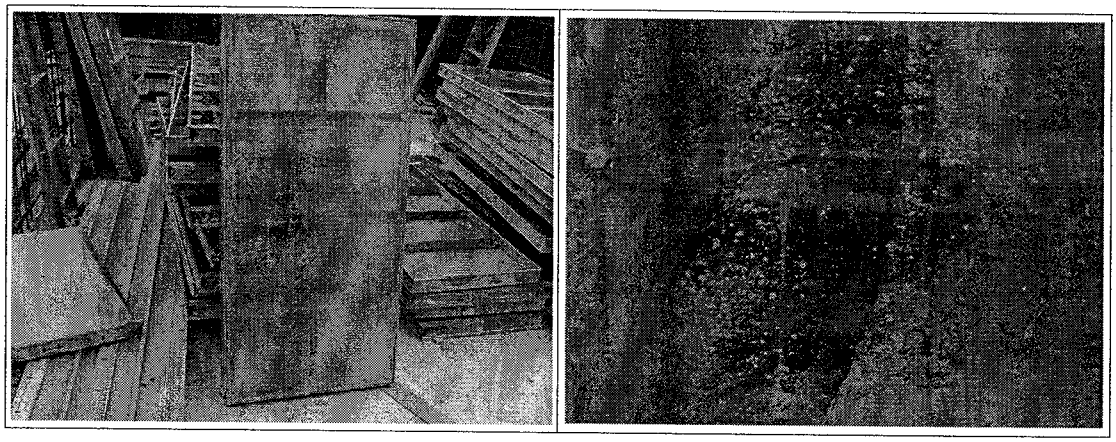
A. 기존 합판 규격(3'X6',4'X8')이 아닌 신규 기본 모듈 검토

B. 구조적 성능과 빛 투과율이 높은 재료 선정 (현장타설 검토)

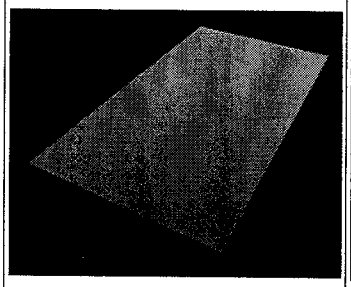
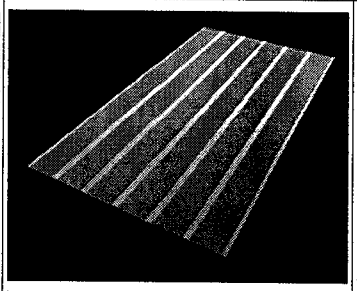
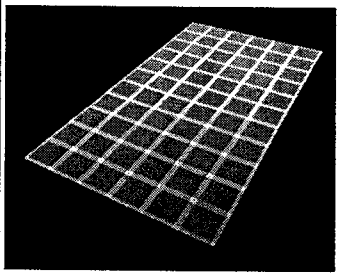
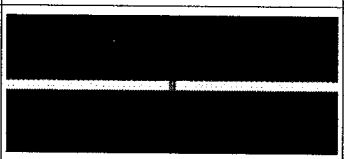
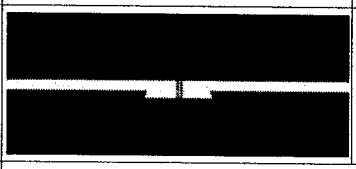
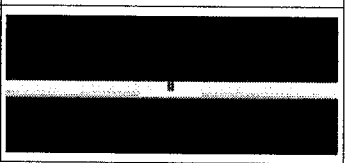
(2) 구조적 측면

A. 기존 합판이상의 구조적 성능확보

B. 인성 및 전단성능 보강 (유리섬유 보강)



[그림 3.2.1] 투명 에폭시 소재 판넬

구분	ALT. 1	ALT. 2	ALT. 3
구성 방식			
단면			
설명	Flat 평면으로 구성	판재의 자재를 줄이며 단면 성능 보강	

[표 3.2.1] 단면 성능 검토

(3) 시공적 측면

투명성능을 부여하여 타설시 콘크리트의 균열, 재료분리 등 내구성 저하를 일으킬 수 있는 문제점 사전에 예방자연채광에 의한 작업환경 개선 (안전성)

(4) 경제적 측면

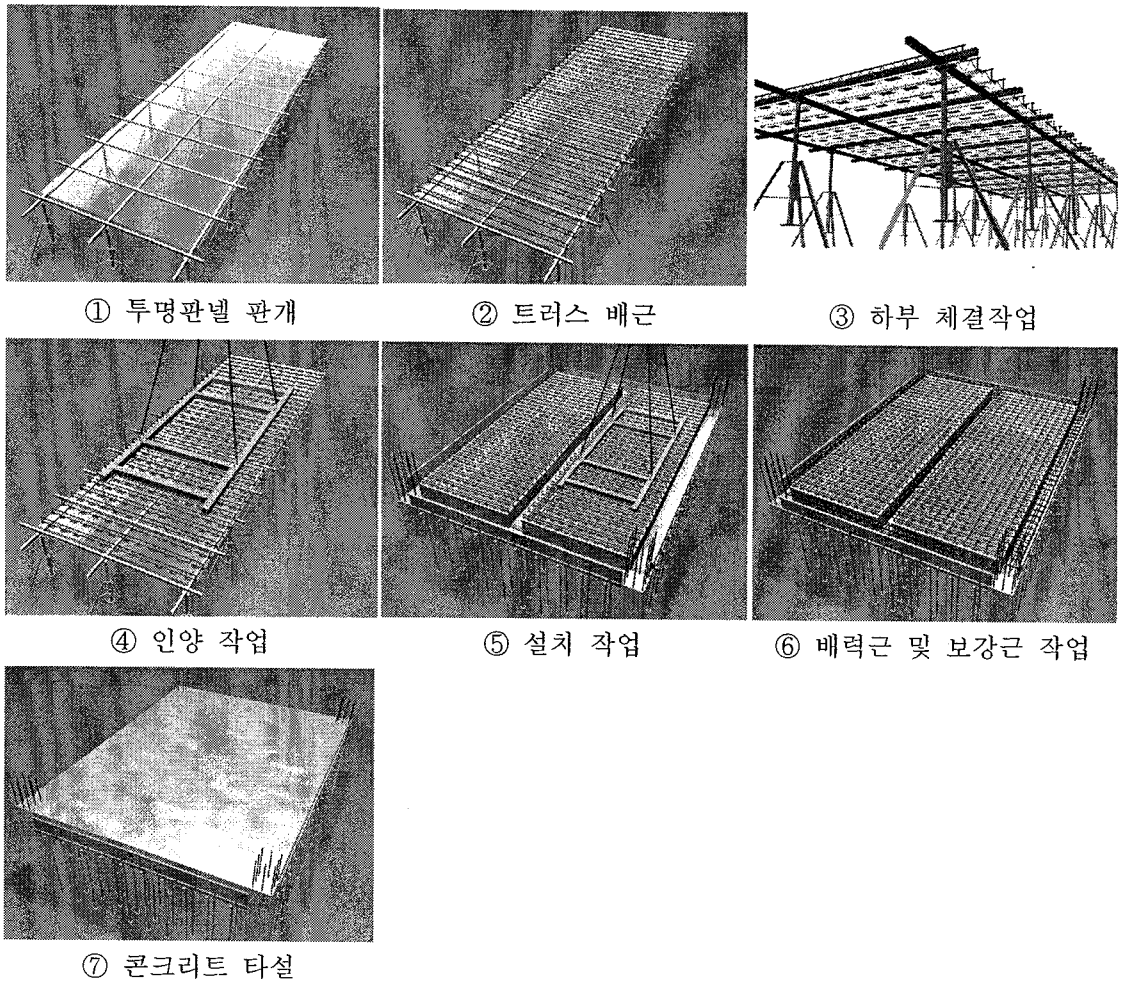
100회 이상의 자재 전용성 확보

공기단축에 의한 가설자재 및 손료 절감

(5) 생산공정의 단순화

고정 철물의 위치 변경 및 사전 매입 등 제품 생산 공정의 단순화 검토

다. 투명 Plastic 판넬 시공 프로세스



① 투명판넬 판개 ② 트러스 배근 ③ 하부 체결작업

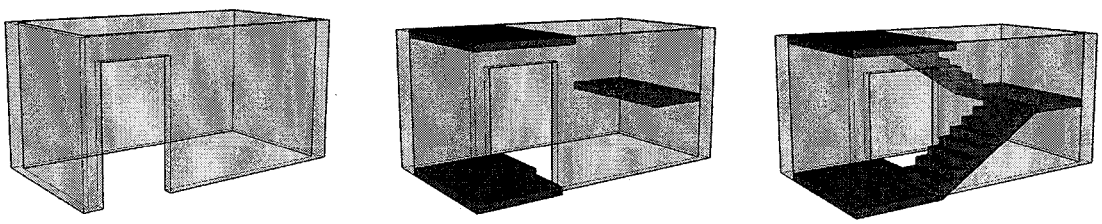
④ 인양 작업 ⑤ 설치 작업 ⑥ 배력근 및 보강근 작업

⑦ 콘크리트 타설

[그림 3.2.2] 시공 프로세스

3.3 계단 시공프로세스의 연구개발

가. 계단 구조체의 구성부재를 벽체, 계단참, 경사부재로 분류

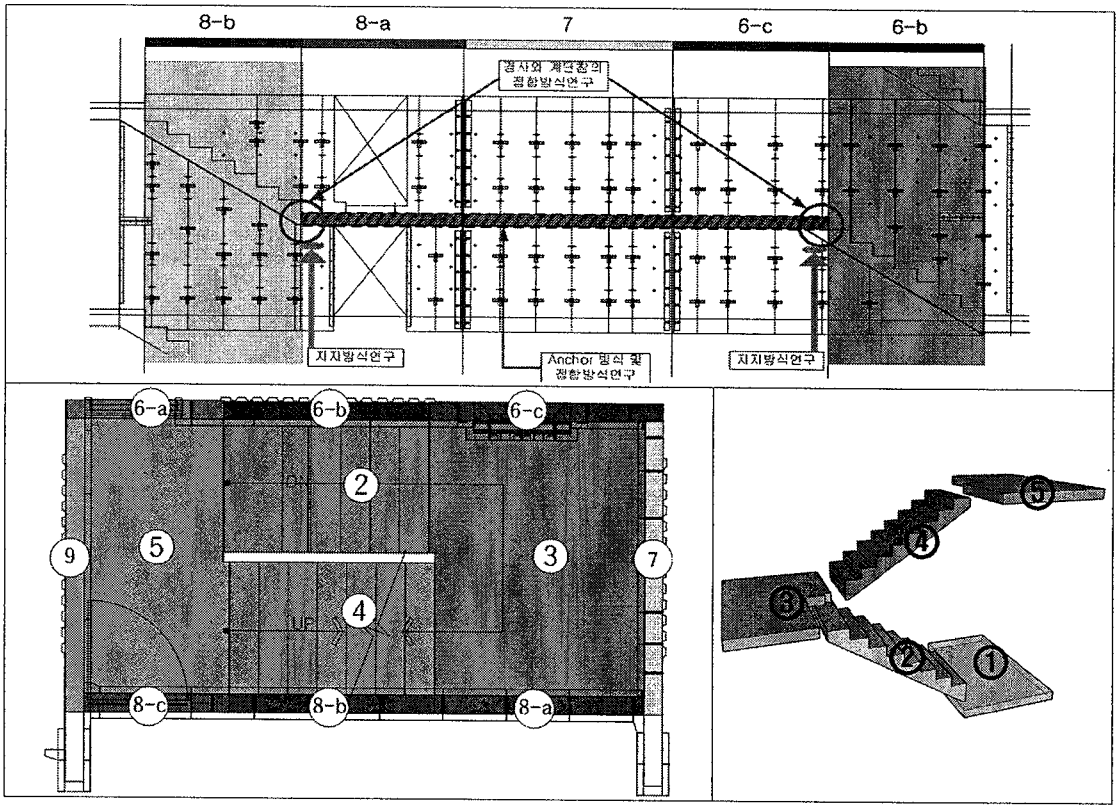


(a) 벽체 (b) 계단참 (c) 경사부재

[그림 3.3.1] 계단구체분류-a

나. 1개층을 구성하는 부재에 대한 세부 분류

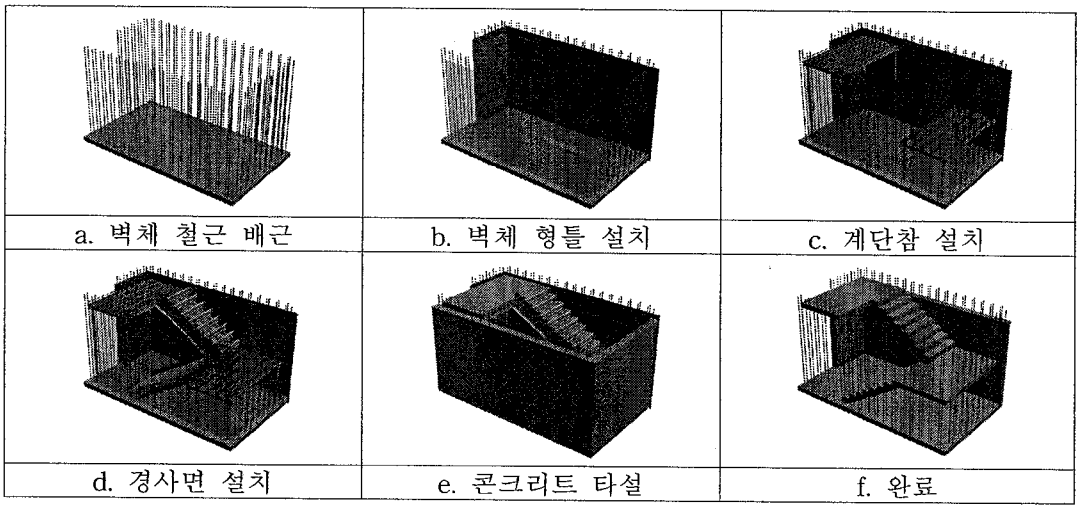
분할된 구성 부재의 상호와 해당 거푸집과의 접합지지 방식에 대해 시공성을 고려하여검토.



[그림 3.3.2] 계단구체분류-b

다. 시공 방식에 대한 선조립 시스템 계단공법의 적용 검토

(1) 동시타설공법 - 벽체, 계단참, 경사면 일체 타설

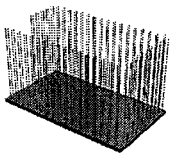
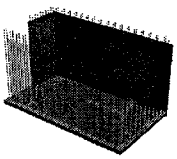
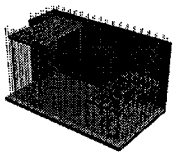
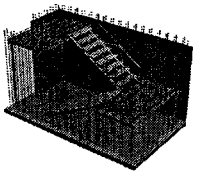
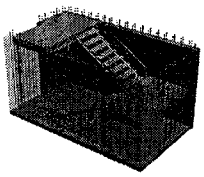
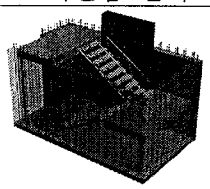
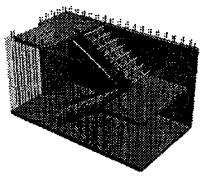
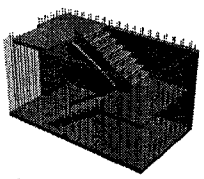
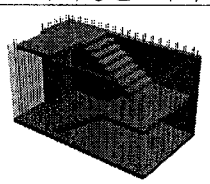


a. 벽체 철근 배근	b. 벽체 형틀 설치	c. 계단참 설치
d. 경사면 설치	e. 콘크리트 타설	f. 완료

[그림 3.3.3] 벽체, 계단참, 경사면 일체 타설

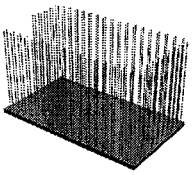
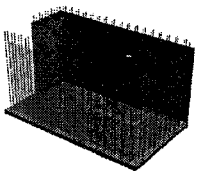
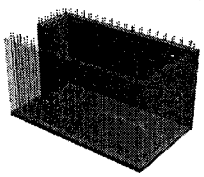
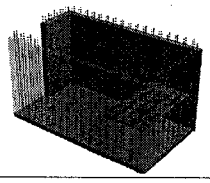
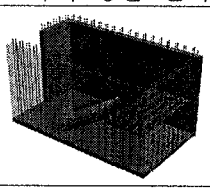
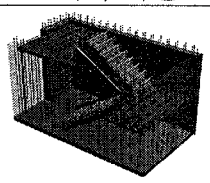
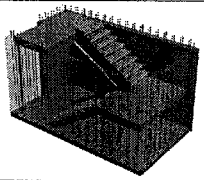
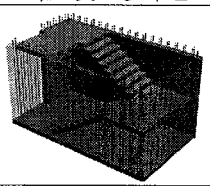
(2) 분리타설공법

- 벽체, 계단참 선시공 + 경사부 후시공

		
a.벽체 철근 배근	b. 벽체 형틀 설치	c. 계단참 설치
		
d. 가설계단 설치	e. 계단참 타설	f. 벽체형틀 해체
		
g. 경사면 설치	h. 경사면 타설	j. 완료

[그림 3.3.4] 벽체, 계단참 선시공 + 경사부 후시공

- 벽체 선시공 + 계단참, 경사부 후시공

		
a. 벽체 철근 배근	b. 벽체 형틀 설치	c. 벽체 타설
		
d. 벽체 형틀 해체	e. 계단참 및 경사면 설치	f. 계단참 및 경사면 설치
		
g. 계단참 및 경사면 타설	h. 완료	

[그림 3.3.5] 벽체 선시공 + 계단참,경사부 후시공

라. 가설 및 접합 방식검토

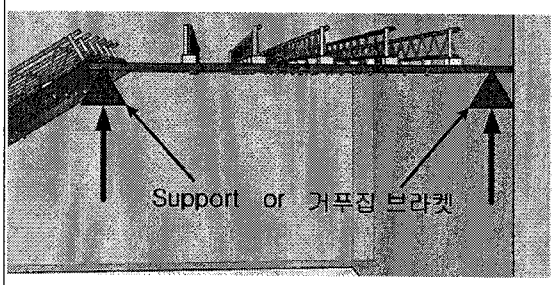
(1) 가설계획 방식 검토

계단 시공에 있어 가설재를 최소화 하여 시공성을 최대화하고 효율적인 지지를 할 수는 부재별로 가설재를 최소화할 수 있는 방식을 검토한다.

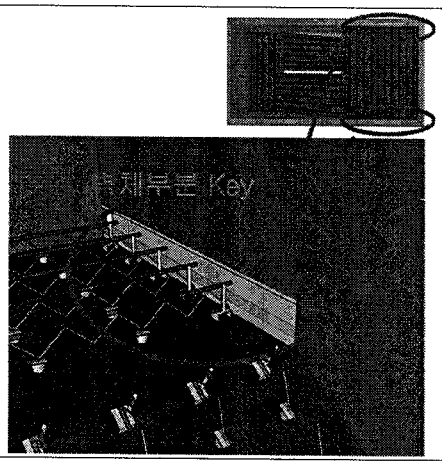
(a) **계단참** : Truss공법을 사용하여 하부 합판가설재를 트러스에 달아 시공 하중을 단부로 전달하며, 단부의 지지는 서포트나 앙카/브라켓방식으로 하중을 지지하는 방식을 채용하여 시공한다.

(b) **경사부** : Truss공법이나 Pre-Casting 공법을 이용하여 설치된 계단참에 하중을 전달하여 중앙부에 지주 없이 시공할 수 있도록 접합부에 대한 부재를 검토한다.

(c) **벽체부** : 경사면을 Truss로 이용하여 시공시 하중 전달을 계단참으로만 전달하여 벽체와의 철근 정착을 생략하며, 벽체부와 계단참과의 연결부는 시공 방식에 따라 동시타설일 경우와 분리타설일 경우를 나누어 앙카/브라켓 방식이나 할펜/커플러 방식을 사용한다.



무지주 가설방식



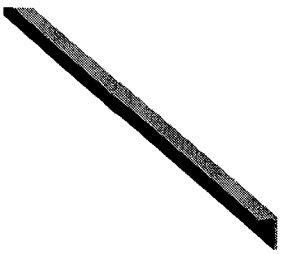
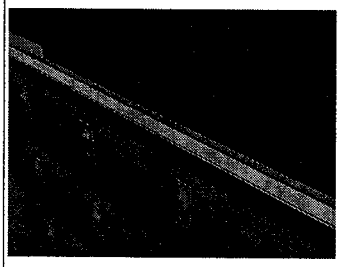
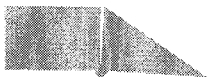
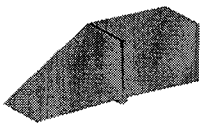
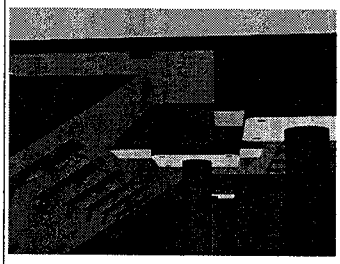
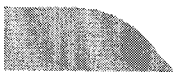
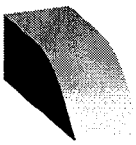
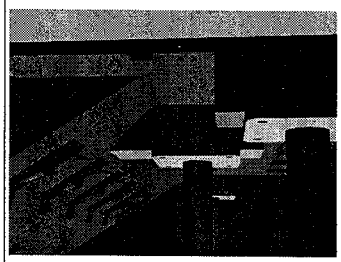
Anchor방식

[그림 3.3.6] 가설계획 방식

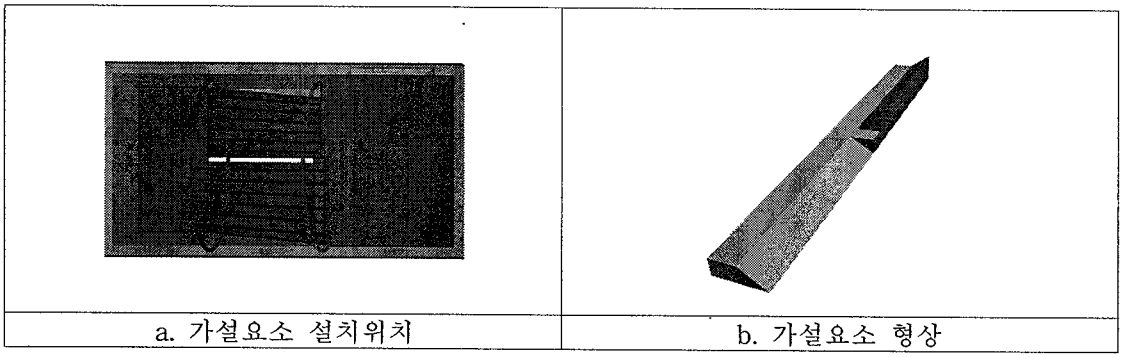
마. 접합 방식의 세부 연결부재 검토

(1) 계단의 거푸집 설치 시 필요한 접합용 가설재를 개발

[표 3.3.1] 거푸집요소별 가설재

구 분	성 능	형 상	설 치
앵글	 계단데크를 지지하기위해 벽체거푸집에 설치		
Support Head	 경사재와 수평재가 접합되는 구간에서 Flexible하게 조정되며, 가장 취약한 구간에 동바리를 효율적으로 설치할 수 있도록 해준다.		
	 경사재와 수평재가 접합되는 구간에서 곡선구간을 통하여 가장 취약한 구간에 동바리를 효율적으로 설치할 수 있도록 해준다.		

(2) 계단참과 경사부재의 접합부는 경사재의 설치위치(상,하), 경사재의 길이에 따라 접합부 각도가 다르기 때문에 각 경사에 유연하게 대처할수 있을 뿐만 아니라 경사부재의 시공시 하중을 효율적으로 계단참에 전달하는 역할을 수행할 수 있도록 하부와 같은 부재를 검토한다.



a. 가설요소 설치위치 | b. 가설요소 형상

[그림 3.3.7] 경사부 가설요소 개발

3.4 Hi-Form 슬래브 거푸집의 시공프로세스 개선

가. 기존 시공기술 분석

일반적인 철판 일체형 데크의 경우 트러스에 의해 시공 시 수평 및 수직 하중을 견디게 설계되어 있어 1방향 슬래브로 설계되어 현장에 적용된다.

철판 일체형 데크는 철근의 직경을 증가시켜 설치 순 경간의 길이를 증가시키더라도 최대 4.2m까지 시공이 가능하고 이 경우 철근 자재의 사용량이 증가하여 경제적인 측면에서도 불리하며 데크공사의 운반적인 특성을 고려할 때 그 이상의 제작이 현실적으로 불가능하다.

Hi-Form Deck도 동일한 구조적 성능을 가지고 있으나 현장 제작을 통한 대형화 시공이란 장점을 가지고 있어 2방향 슬래브의 적용도 가능하다.

2방향 슬래브 적용을 위해 시공 시 하중을 견디기 위한 임시 지점 시공과 트러스의 교체 배근의 기법을 사용하였다.

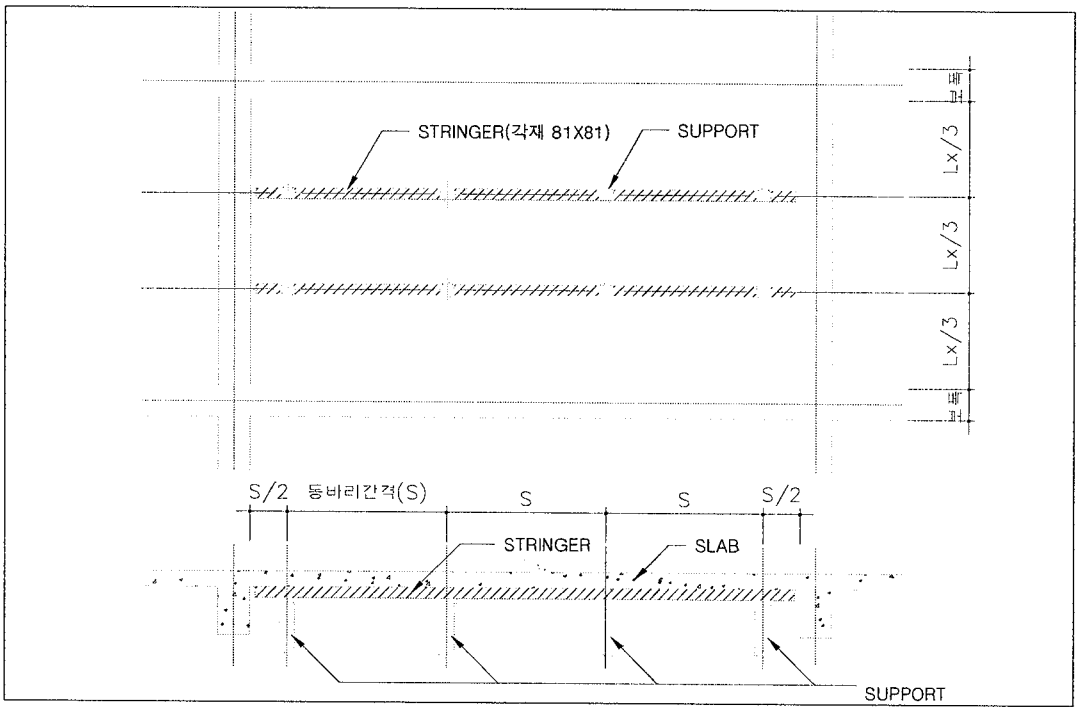
(1) 임시 지지점 시공

콘크리트 타설 시의 하중을 견디기 위해 약 3m 간격으로 1열로 지점 설계 및 시공을 한다.

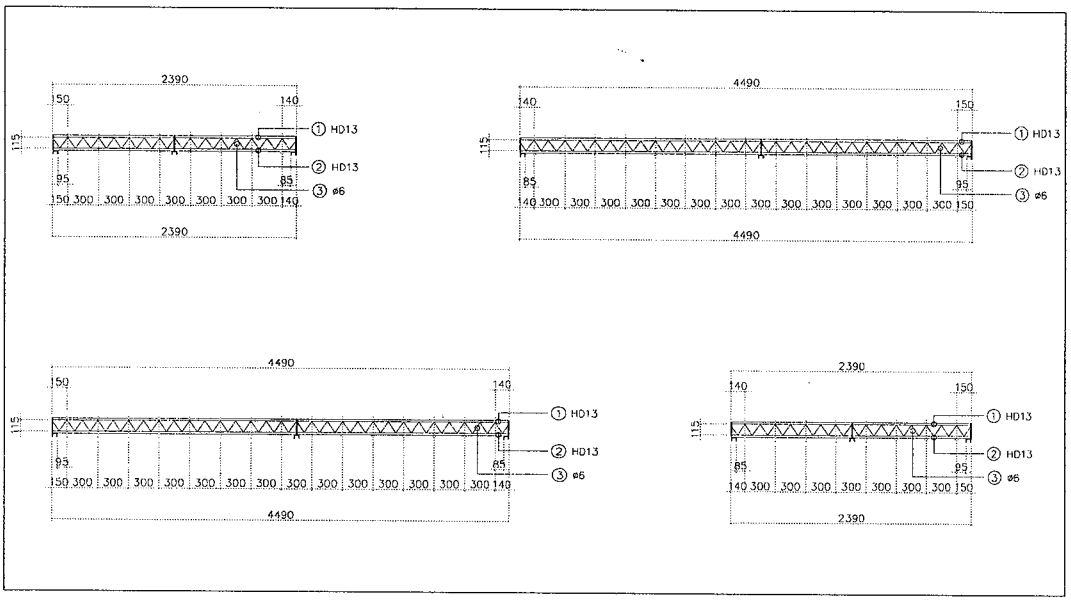
(2) 트러스 교체 배근 기법

기존 트러스 제작은 공장의 설비적인 측면과 제작 경제성인 측면 그리고 현장으로의 운반성을 고려할 때 2방향 슬래브 모듈(일반적으로 8m)을 생산할 수 없어 2방향 슬래브를 시공하기 어렵다.

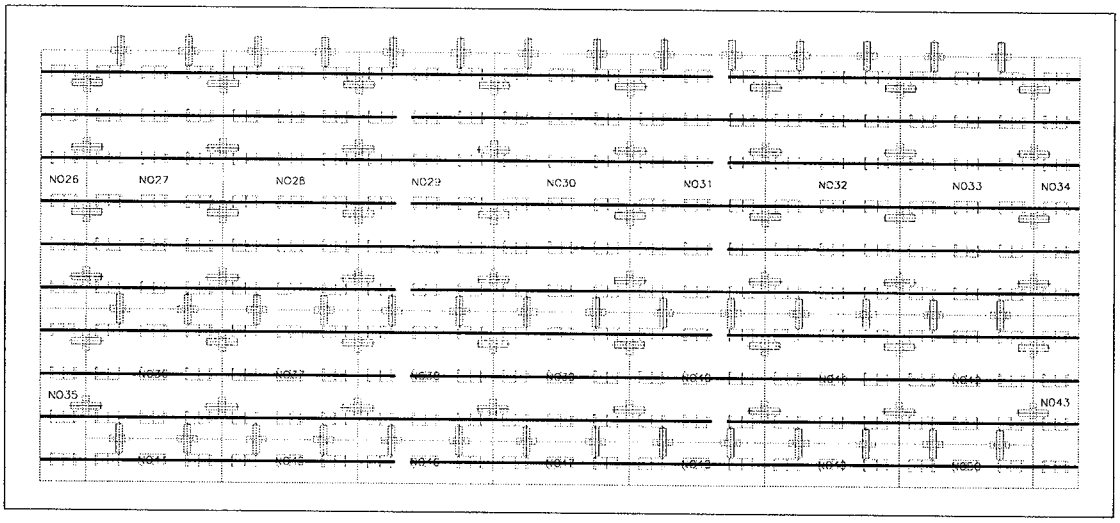
Hi-Form Deck의 2방향 슬래브 적용 시 임시 지점까지 길이의 2배수와 1배수로 트러스를 제작하여 좌우를 번갈아 겹침 부분이 나누어지게 배근하여 장스판의 슬래브를 구성한다.



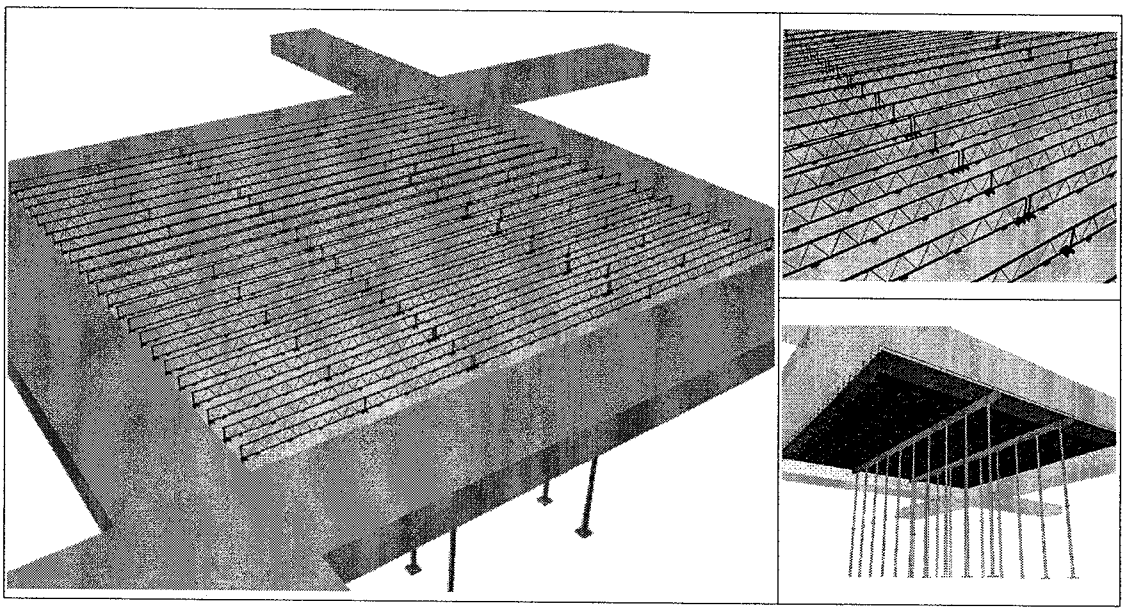
[그림 3.4.1] 지지점 설계도



[그림 3.4.2] 트러스 제작도



[그림 3.4.3] 트러스 교체 배근

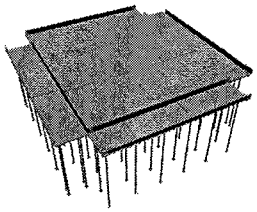
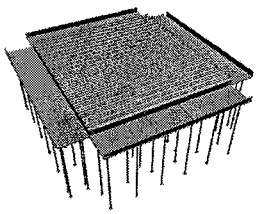
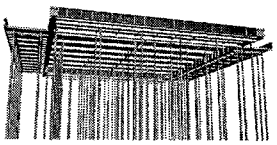
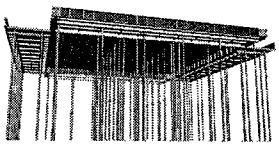


[그림 3.4.4] 2방향 슬래브 Hi-Form Deck 적용도

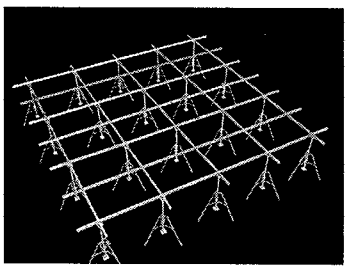
나. 기존 시공 대비 기술 분석

2방향 슬래브가 적용되는 Wide Girder System에서의 Hi-Form Deck 적용으로 기존공법과의 품질, 시공, 안전, 환경 및 경제 측면에서의 장단점 및 개선점을 돌출하고자 하였다.

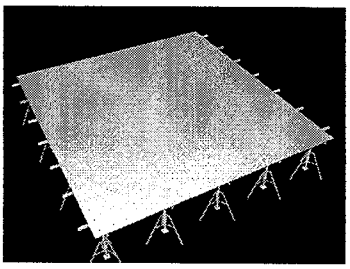
[표 3.4.1] 기존 시공 대비 기술 분석표

구 분	재래식 공법	Hi-Form Deck
품 질	일반 합판에 의한 콘크리트 품질	코팅합판에 의해 표면강도 증가
시공성	멍에,장선의 가설재 및 다량의 하부지주사용	최소한의 가설재 사용
공 기	보거푸집 완료 후 슬래브 작업	사전 조립에 의한 공기단축 (철근주근 및 거푸집 조립)
안 전	고소 작업에 의한 추락위험성	작업장에서의 조립으로 안전성 확보
환 경	목재 폐기물 다량 발생	전용성을 높이고 가설재 감소로 친환경성
설치상부		
설치하부		

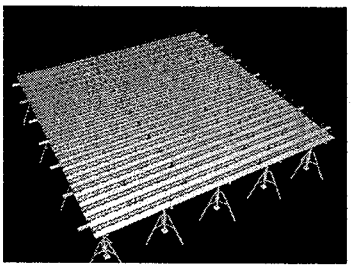
(1) 2방향 슬래브 Hi-Form Deck 시공 프로세스



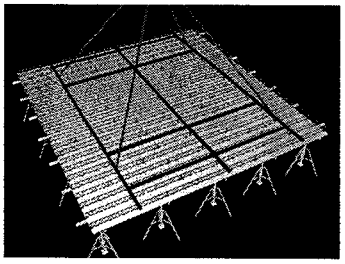
ㄱ. 작업대 설치



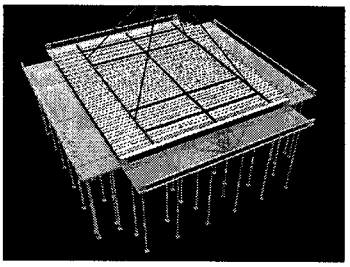
ㄴ. 합판 판개작업



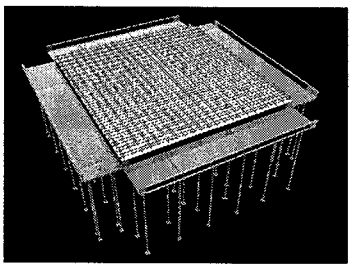
ㄷ. 트러스 교차 배근



ㄹ. 인양 작업



ㅁ. 설치 작업



ㅂ. 배력근 및 보강근 작업

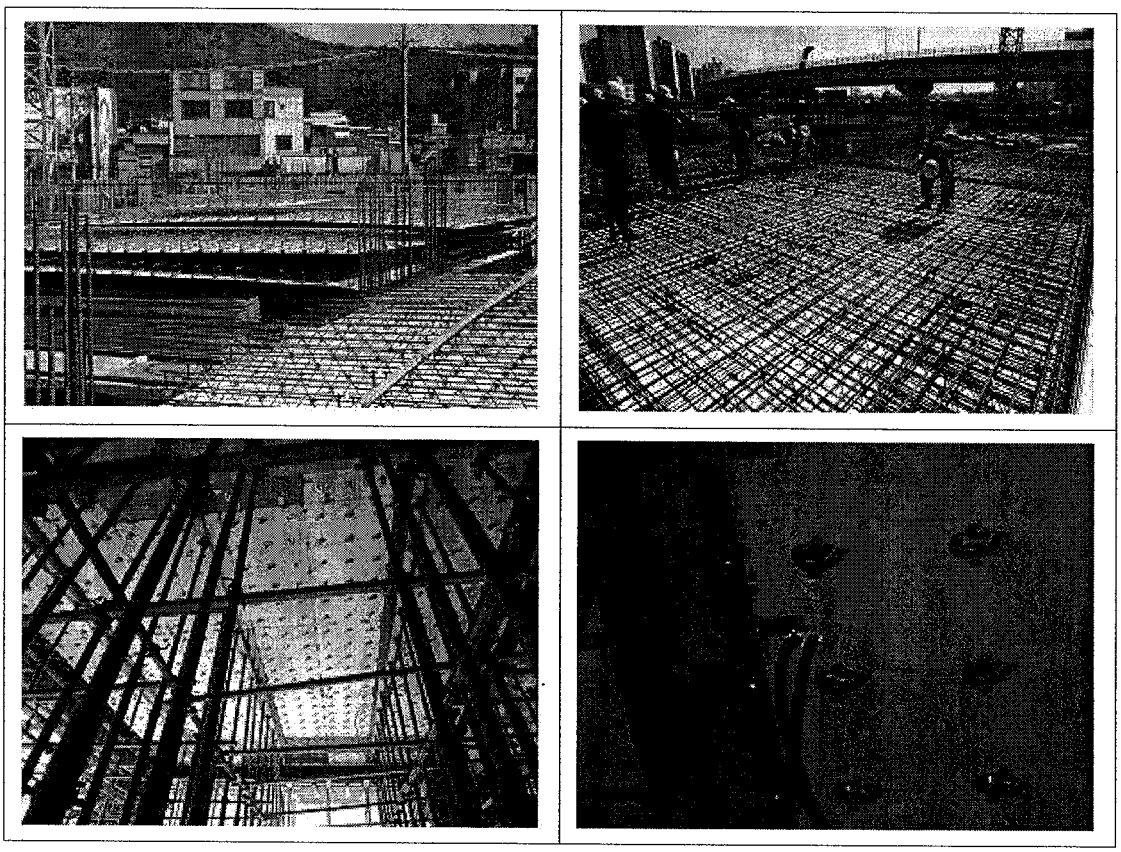
[그림 3.4.5] 시공 프로세스

(2) 현장 적용 (월곡동 코업 스타클래스 현장)

A. 현장 개요

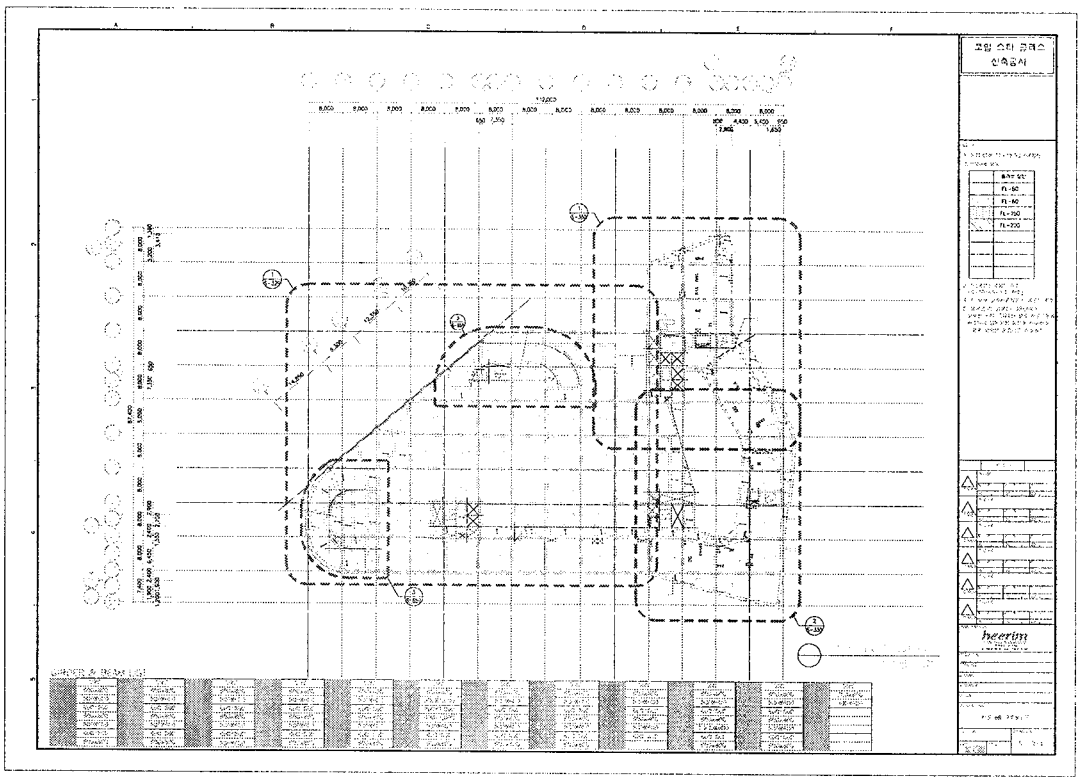
- 공 사 명 : 코업 스타클래스 신축공사
- 대지위치 : 서울특별시 성북구 하월곡동 46-37외 76필지
- 대지면적 : 14,006.00 m2 (4,236.82 평)
- 지역지구 : 준주거지역, 일반미관지구
- 용　　도 : 공동주택, 업무시설, 판매시설 문화 및 집회시설
- 구　　조 : 철근콘크리트조, 철골철근콘크리트조
- 층　　수 : 지하 5층 / 지상 41층
- 건축면적 : 6,332.17 m2 (1,915.48 평)
- 건 폐 율 : 49.88 %
- 연 면 적 : 124,700.55 m2 (37,721.92 평)

B. 2방향 슬래브(8mX8m) 지상층(2층~41층)에 Hi-Form Deck 설치

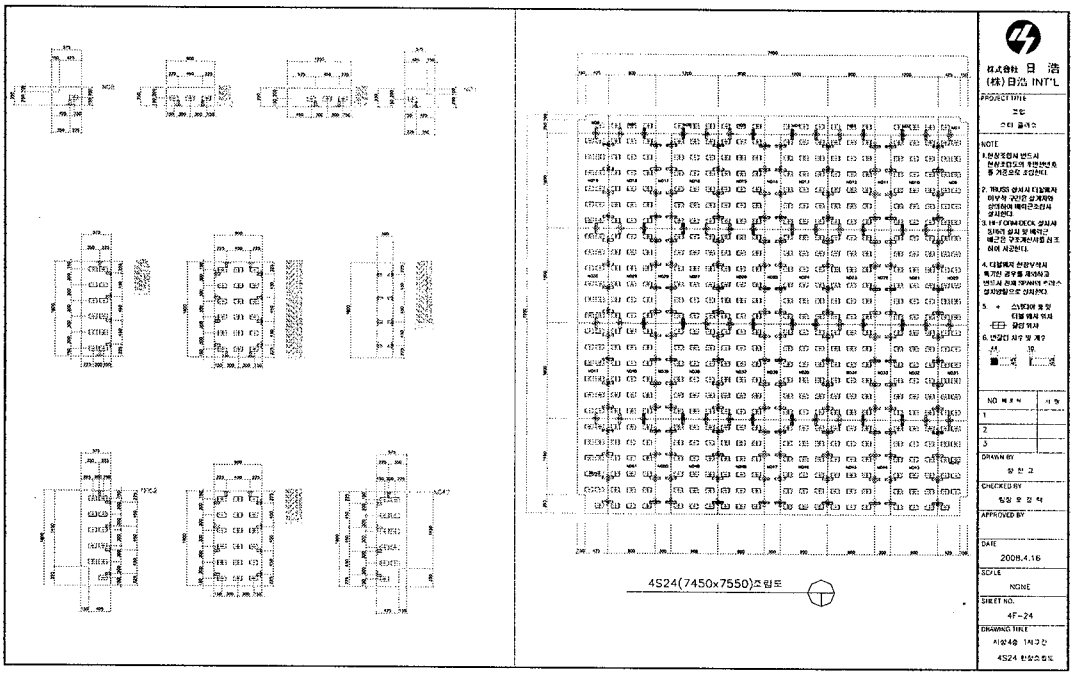


[그림 3.4.6] 현장 시공 사진

C. 구조 도면 및 하이폼덱 Shop Dwg.



[그림 3.4.7] 구조평면도

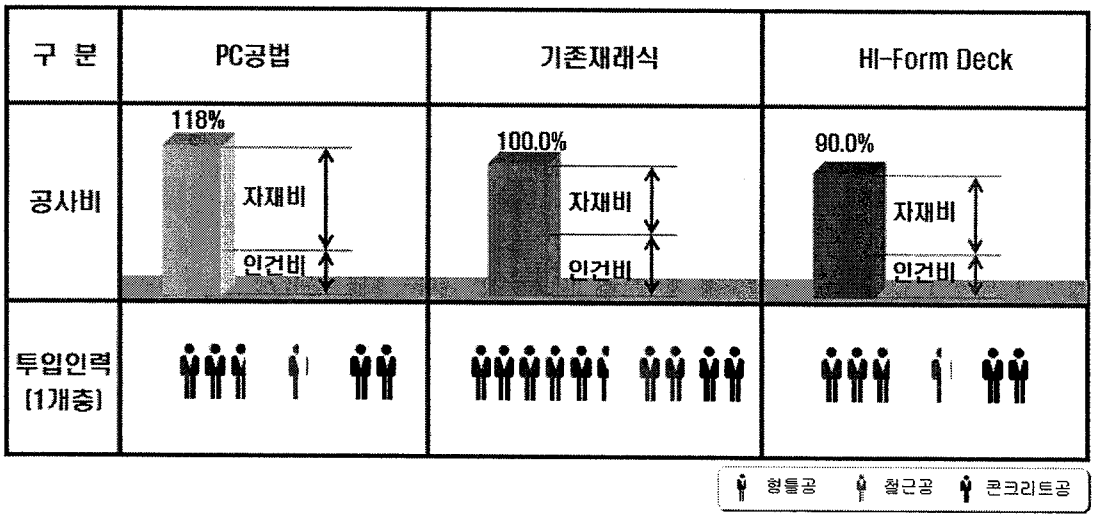


[그림 3.4.8] Shop Dwg.

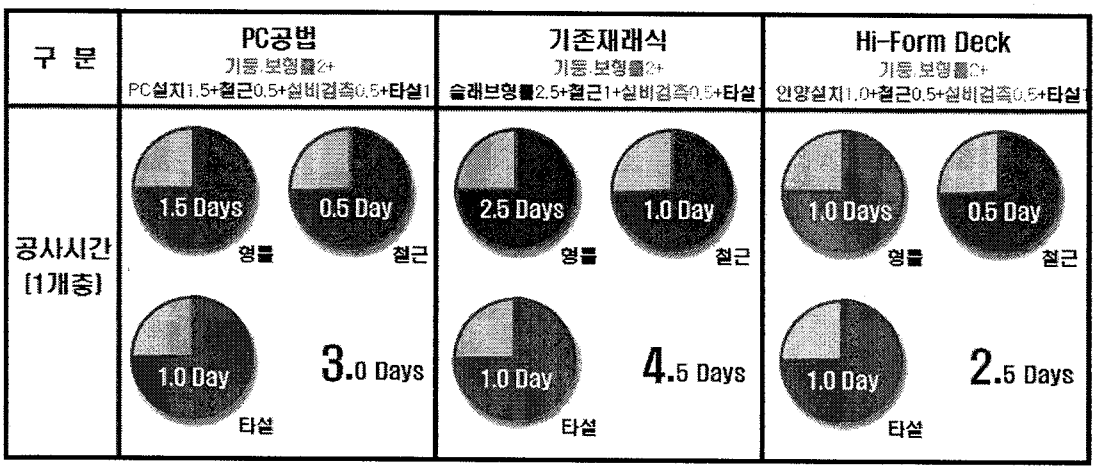
(3) 현장 적용에 의한 시공성

A. 경제성

2방향 슬래브에 대한 공법별 경제성 검토를 투입 인력 및 자재비를 기준으로 분석하였을 경우 [그림. 3.4.8.1]과 같이 기존재래식에 비해 약10%의 공사비 절감이 있는 것으로 분석되었고 여기에서 장비에 대한 검토시 현장의 T/C등의 장비 계획에 따라 다를 수 있으나 양중량을 기준으로 검토할 경우 PC공법대비 1/3과 기존 재래식 공법 대비할 경우 거의 동등한 양중량을 나타내는 것으로 분석되었다. 기존 재래식의 대비 경우는 슬래브에 사용되는 장선, 멍에, 합판 및 철근의 양중량이 획기적으로 절감된다.



[그림 3.4.9] 공법별 경제성 비교



[그림 3.4.10] 공법별 공사기간 비교

B. 공기단축

2방향 슬래브 시공에서의 공법별 공사기간 검토 결과 [그림 3.4.8.2]와 같이 동일 조건의 시공기간을 제외하고 슬래브 시공기간으로 비교한 결과 PC공법에 비해 0.5일, 기존 재래식 공법에 비해 약 2일의 층당 공기 절감이 이루어지는 결과를 얻을 수 있다.

3.5 Hi-Form 계단 거푸집 시스템의 구조성능 평가

가. 계단의 설계 현황 분석

기존 아파트 계단부의 사례조사를 통한 기본모듈은 [표 3.5.1]과 같다.

[표 3.5.1] 기존 계단의 기본모듈 조사 현황 (단위 : mm)

용도	계단	폭	참	비고
아파트	260x163	1260	2690x1420	
	260x169	1285	1690x1540	
	260x176	1025	2600x1425	
	270x176	1240	2650x1555	51평형
	270x175	1250	2600x1330	24평형
	280x164	1225	2550x1290	21/33평형
	260x163	1255	2650x1425	
	260x169	1250	2600x1450	

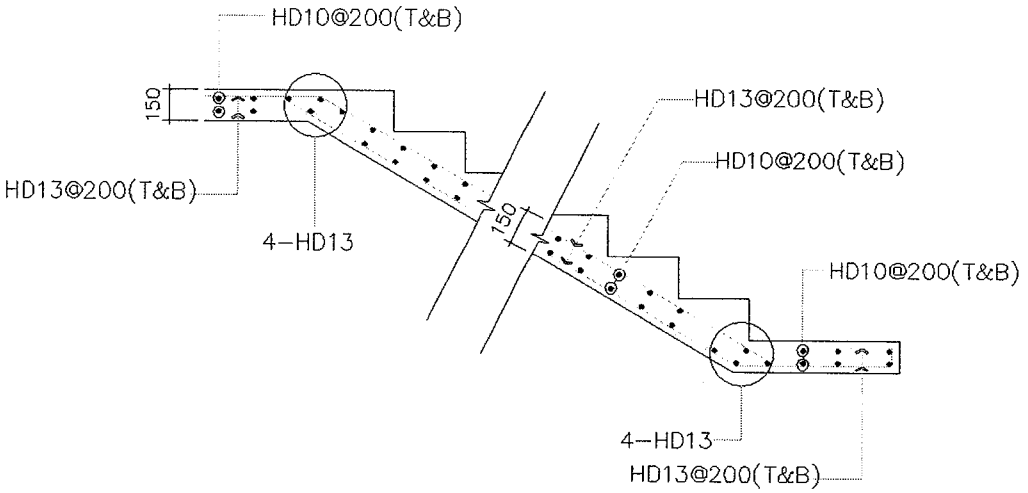
[표 3.5.1]의 기본모듈에 대한 계단부의 구조설계시 아래와 같이 고려한다.

- 계단참 및 경사슬래브 THK 150mm
- 고정하중 620kgf/m^2
- 활하중 300kgf/m^2

계단부의 구조설계시 계단의 측면벽체에서 지지되는 캔틸레버로 가정하는 방법과 꺾인 경사보로 가정을 하여 설계가 되는데 대부분의 경우 캔틸레버로 가정을 하는 방법으로 설계가 된다.

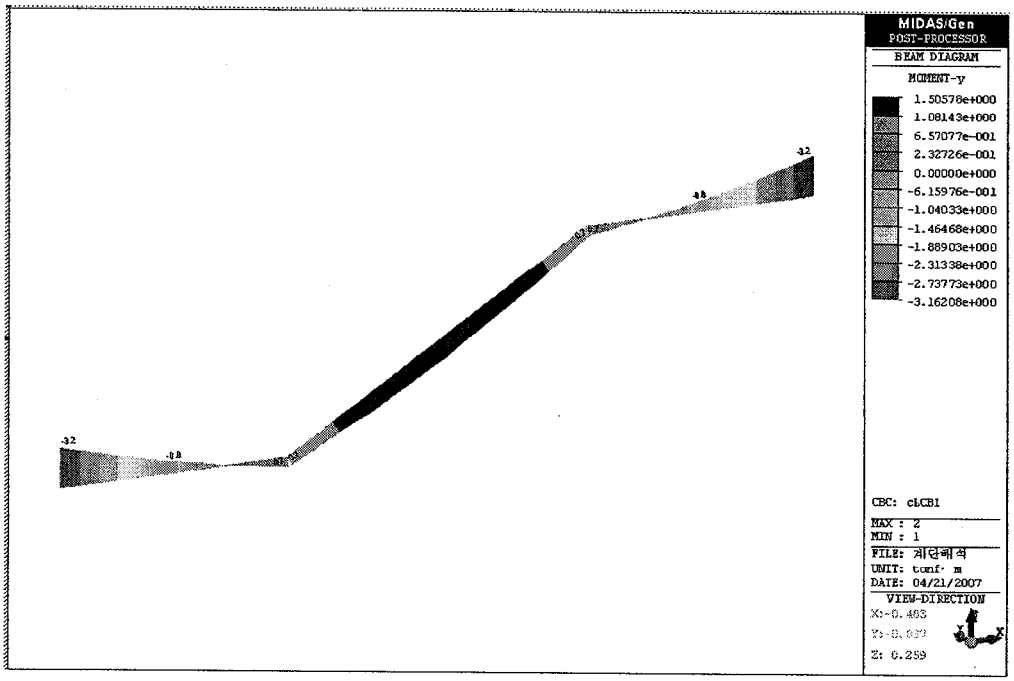
본 연구에서는 계단부의 시공성을 향상시키기 위해 꺾인 경사보로 가정을 하여 구조설계를 하는 방법을 택한다.

이러한 계단부에 대한 구조설계도면은 [그림 3.5.1]과 같다.



[그림 3.5.1] 꺾인 경사보로 가정한 계단부 구조도면

꺾인 경사보로 된 계단에 작용하는 모멘트 하중을 알기위해 [그림 3.5.2]와 같이 해석을 하였다.



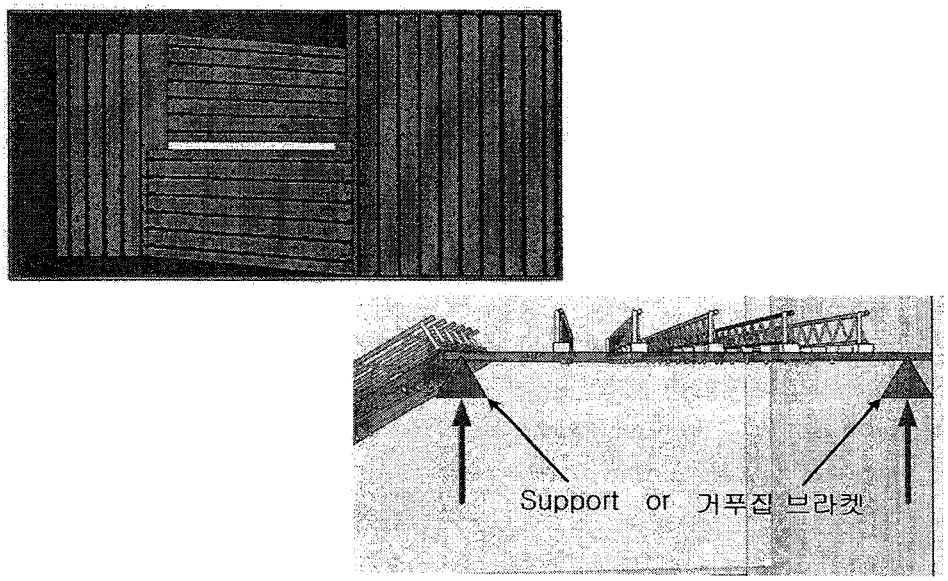
[그림 3.5.2] 꺾인 경사보 계단에 작용하는 모멘트 하중

꺾인 경사보로 된 계단의 해석결과 모멘트 하중에 대해 [그림 3.5.1]의 철근배근이 충분히 내력을 갖고 있다.

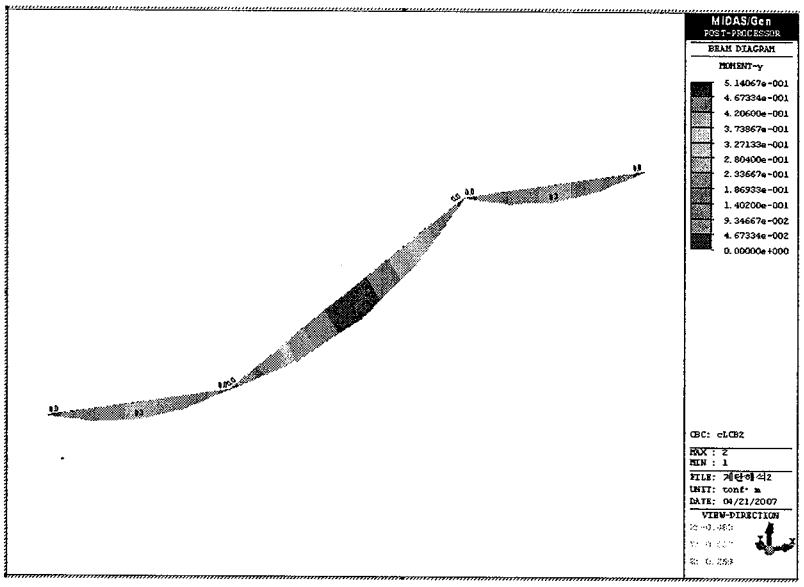
나. Hi-Form 계단의 구조설계

(1) 일체식 타설의 경우

계단벽체를 지지점으로 하이폼을 이용하여 [그림 3.5.3]과 같이 계단참과 경사슬래브를 일체식으로 타설하는 경우에 대한 시공하중에 대해 작용외력을 [그림 3.5.4]에 나타내었다.



[그림 3.5.3] Hi-Form을 이용한 계단 시공



[그림 3.5.4] Hi-Form 시공 시 작용하는 모멘트 하중

시공하중에 대해 [그림 3.3.4]의 모멘트 하중에 대해 안전하게 설계할 수 있는 Hi-Form의 구조계산기준은 다음과 같다.

(가) 응력검토

- Hi-Form은 시공시에 생콘크리트의 자중과 작업하중을 합판(Plywood)에서 견디어야 하므로 합판의 휨응력과 처짐에 대한 검토가 필요하다.
- Hi-Form은 시공시 생콘크리트의 자중과 작업하중이 합판에서 트러스 철근으로 전달되며, 트러스 철근은 콘크리트에 의해 구속되지 않기 때문에 「강구조 계산규준 및 해설」에 의해 트러스 단면에 대하여 인장응력 및 좌굴을 고려한 압축응력의 검토가 필요하다.
- 합판에서 트러스철근으로 하중을 전달시킬 때 행거(Hanger)를 통해서 전달시킨다. 따라서 이 행거에 대한 응력검토가 필요하다.

(a) 합판강도 (단위 : kgf/㎠)

섬유방향에 평행방향				섬유방향에 직각방향			
F_b	F_v	F_c	E	F_b	F_v	F_c	E
140	12	15	105000	109	7	15	90000

(b) 합판감소계수 (수분함량 19% 초과)

구분	Bending	Compression		Shear	Elastic M.
	F_b	$F_{c\angle}$	$F_{c//}$	F_v	E
감소계수	0.86	0.67	0.7	0.97	0.97

(c) 합판유효단면성능

합판의 순두께 : 14.96mm

스팬에 평행한 섬유방향			스팬에 직각인 섬유방향		
단면계수 (I)	유효단면 계수(S)	회전전단 상수(I_b/S)	단면계수 (I)	유효단면 계수(S)	회전전단 상수(I_b/S)
26.9	24.3	65.68	12.7	20.8	40.35

(d) 저감된 합판강도

섬유방향에 평행방향				섬유방향에 직각방향			
F_b	F_v	F_c	E	F_b	F_v	F_c	E
120.4	11.6	10.5	101850	93.7	6.8	10.0	87300

(e) 2스팬 연속시 합판 허용간격

- *Control by bending* ; $L_b\,(cm) = \sqrt{\dfrac{8 \cdot F_b \cdot S}{W}}$ (식 2-1)

- *Control by shear* ; $L_v\,(cm) = \dfrac{F_v \cdot I_b}{Q} \cdot \dfrac{1}{0.6} \cdot \dfrac{1}{W}$ (식 2-2)

- *Control by deflection* ; $L_d\,(cm) = (\delta \cdot 185 \cdot E \cdot I \cdot \dfrac{1}{W})^{1/4}$ (식 2-3)

(나) 시공시 하이폼이 경화되지 않는 콘크리트 자중과 작업하중이 합판으로 전달된 후 최종적으로 트러스가 부담하게 된다. 따라서 시공시 트러스를 구성하는 상부철근의 압축응력과 하부철근의 인장응력 및 전단력에 의한 래티스재의 응력검토가 필요하다. 부재 단면력의 계산 및 응력검토는 아래와 같이 할 수 있으며 콘크리트 타설시의 하중은 단기하중으로 본다.

- $M = \dfrac{W \cdot L^2}{8}$

- $N = \dfrac{M}{H}$

- $V = \dfrac{W \cdot L}{2}$

(a) 상부철근 검토

상부철근은 압축력이 작용되어 좌굴되기 때문에 허용응력도 값은 (식 2-1) ~ (식 2-3)에 의해서 구한다.

$\dfrac{KL}{r} \leqq C_c$ 일 경우

$$F_a = \frac{[1 - \dfrac{(KL/r)^2}{2C_c^2}]\,F_y}{[\dfrac{5}{3} + \dfrac{3KL/r}{8C_c} - \dfrac{(KL/r)^3}{8C_c^3}]} \quad \text{(식 2-4)}$$

$C_c < \dfrac{KL}{r} < 200$ 일 경우

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23\,(KL/r)^2} \quad \text{(식 2-5)}$$

여기서, $C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}}$

F_a = 압축부재의 기본허용응력 (MPa)

F_y = 항복강도 (MPa)

K = 유효길이 계수

E = 재료의 탄성계수 (MPa)

L = 부재의 길이 (mm)

r = 단면의 회전반경 (m-m)

C_c = 탄성좌굴과 비탄성좌굴을 구분하는 한계세장비

Z_c = 압축부분의 단면계수

Z_t = 인장부분의 단면계수

$S.F$ = 단기하중인 경우의 허용응력계수 1.33

상부철근의 응력검토

$$\sigma_c = \frac{M}{Z_c} \leq F_a \cdot S.F \qquad \text{(식 2-6)}$$

(b) 하부철근 검토

하부철근은 인장력을 받으므로 다음 식으로 검토한다.

$F_t = 0.6F_y$; 총단면적에 대한 검토

단, $\frac{L}{r} \leq 300$

여기서,

F_t = 인장부재의 기본허용응력 (MPa)

F_y = 최소항복강도 (MPa)

하부철근의 응력검토

$$\sigma_t = \frac{M}{Z_t} \leq F_t \cdot S.F$$

(c) 래티스재의 검토

래티스재의 검토는 축방향력을 (식 2-7)으로 계산한다.

$$N_{c,t} = \frac{V}{Sin\theta} \qquad \text{(식 2-7)}$$

압축을 받는 래티스재

$\frac{KL}{r} \leq C_c$ 일 경우

$$F_a = \frac{[1 - \frac{(KL/r)^2}{2C_c^2}]F_y}{[\frac{5}{3} + \frac{3KL/r}{8C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8C_c^3}]} \qquad \text{(식 2-8)}$$

$C_c < \frac{KL}{r} < 200$ 일 경우

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(KL/r)^2} \qquad \text{(식 2-9)}$$

압축을 받는 래티스재

$$\sigma_c = \frac{N_c}{A_{st}} \leq F_a \cdot S.F \qquad \text{(식 2-10)}$$

인장을 받는 래티스재

$$\sigma_t = \frac{N_t}{A_{st}} \leq F_t \cdot S.F \qquad \text{(식 2-11)}$$

(다) 시공시 Hi-Form에서 경화되지 않는 콘크리트 자중과 작업하중이 합판에서 트러스로 전달될 때 행거를 통하게 된다. 따라서 하중이 원활하게 전달되기 위해서 행거에 대한 응력검토가 필요하다.

$$P = W \cdot A \qquad \text{(식 2-12)}$$

P = 행거 1개가 부담하는 하중

A = 행거 1개가 부담하는 면적

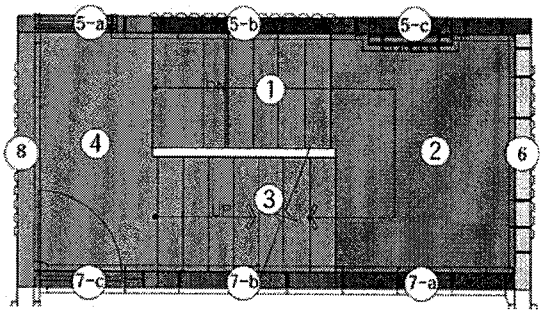
(a) 행거검토

$$\sigma_t = \frac{P}{A_{st}} \leq F_t \cdot S.F \qquad \text{(식 2-13)}$$

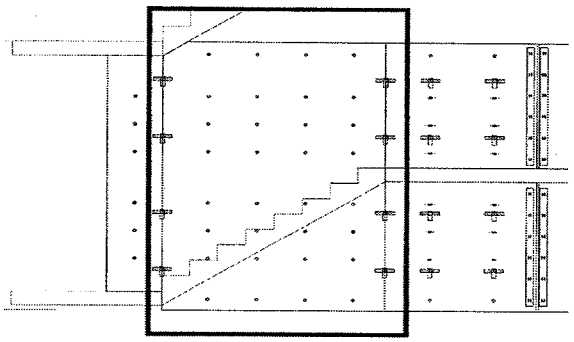
(2) 계단참 선시공 및 PC 경사슬래브 후시공

본 연구에서 대상으로 한 계단공법을 개발하기 위해서는 [그림 3.5.2]에 나타낸 바와 같이 후 시공되는 경사계단의 하중을 인접 벽체 및 참 부분으로의 전달방법

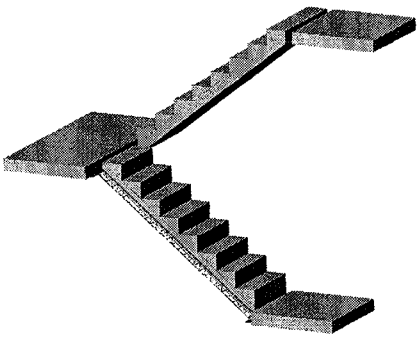
에 대한 연구가 선행되어야 한다. 계단부분의 시공성을 높이기 위해 [그림 3.5.5], [그림 3.5.6]에 나타낸 것과 같이 경사슬래브 부분의 벽체 거푸집 5-b, 7-b를 시스템화하여 일체식 거푸집으로 계단참을 계단벽체와 동시에 타설하여 선시공을 한 후 벽체가 양생된 후 탈형 및 차상층으로 양중하여 별도의 조립없이 위층 경사슬래브 부분의 벽체거푸집으로 사용이 가능하며 이후에 따로 제작해 놓은 PC 경사슬래브를 후시공하여 시공성을 높일 수 있다.



[그림 3.5.5] 계단부와 거푸집 표기



(a) Hi-Form 계단의 시스템화에 따른 거푸집 형상



(b) Hi-Form 계단 거푸집을 이용한 계단 구체의 구성도

[그림 3.5.6] 경사슬래브 부분 거푸집의 시스템화

한편 Hi-Form 계단 거푸집 공법을 효율적으로 구축하기 위하여, 다양한 시공방법과 구조형식에 대응할 수 있도록 계단 구체의 형성과 접합방식을 평가하였으며, 그 결과는 [표 3.6]에서 보여주고 있다.

006180

[표 3.5.2] 계단의 구체 공사방법에 따른 구조형식 및 접합방법의 평가

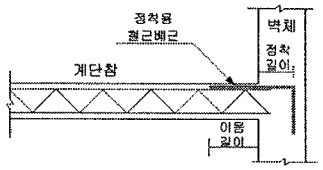
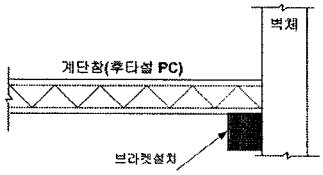
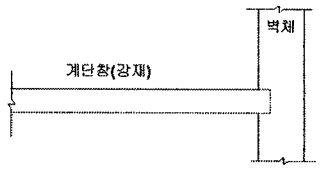
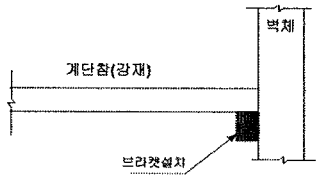
		① 벽체	② 계단참	③ 경사부	접합방식			비고
					벽체+참 (①+②)	참+경사 (②+③)	경사+벽체 (①+③)	
동시타설		①②③ 동시타설	Truss	Truss	Anchor	Anchor	Anchor	
				PC	Anchor	Anchor	Anchor	
				철골	Anchor,브라켓	브라켓	일방향 구조	· 벽체+참 부분의 앵커는 구조성능 확보 어려움
			PC	Truss	Anchor	Anchor	Anchor	
				PC	Anchor	브라켓	Anchor	· PC+PC 접합부의 경우 접합부이 어려움
				철골	Anchor	브라켓	일방향 구조	
			철골	Truss	Anchor,브라켓	브라켓	Anchor	
				PC	Anchor,브라켓	브라켓	Anchor	
				철골	Anchor,브라켓	브라켓	일방향 구조	
분리타설	경사면분리	①② 타설후 + ③ 타설	Truss	Truss	Anchor	Anchor	Anchor	
				PC	Anchor	브라켓	브라켓	
				철골	Anchor,브라켓	브라켓	일방향 구조	
			PC	Truss	Anchor	Anchor	Anchor	
				PC	Anchor	브라켓	브라켓	· PC+PC 접합부의 경우 접합부이 어려움
				철골	Anchor	브라켓	일방향 구조	
			철골	Truss	Anchor,브라켓	브라켓	Anchor	
				PC	Anchor,브라켓	브라켓	브라켓	
				철골	Anchor,브라켓	브라켓	일방향 구조	
	참·경사분리	① 타설후 + ② 타설후 + ③ 타설	Truss	Truss	Anchor	Anchor	Anchor	
				PC	Anchor	브라켓	브라켓	
				철골	Anchor	브라켓	일방향 구조	
			PC	Truss	Anchor,브라켓	Anchor	Anchor	
				PC	Anchor,브라켓	브라켓	브라켓	· PC+PC 접합부의 경우 접합부이 어려움
				철골	Anchor,브라켓	브라켓	일방향 구조	
			철골	Truss	브라켓	브라켓	Anchor	
				PC	브라켓	브라켓	브라켓	
				철골	브라켓	브라켓	일방향 구조	

그리고 본 계단공법 개발을 위한 구조성능 평가 실험의 목적은 경사계단과 접합되는 참 부분의 접합 및 응력전달 방법을 규명하는 것으로서 이를 위한 실험체 계획과 실험진행 결과는 다음과 같다.

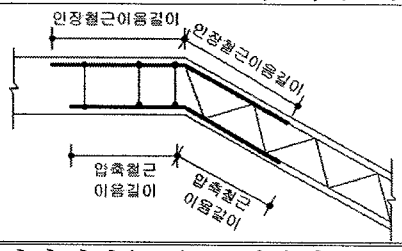
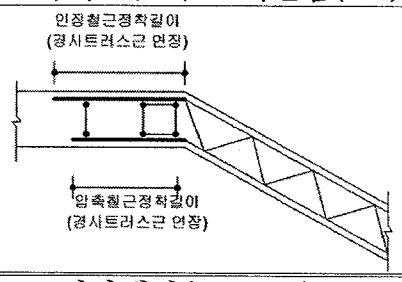
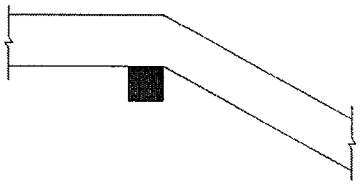
(가) 계단참 부분의 접합방법

본 연구에서 고려한 계단참과 벽체의 구성요소별 접합방법은 [그림 3.5.6]에 나타낸 바와 같이 계단참 부분은 벽체와 일체 타설되므로 응력전달 및 구조성능에 큰 문제가 없다. 이에 비하여 경사계단의 응력전달 방법은 [표 3.5.6]에 나타낸 바와 같이 계단부분이 후 시공됨에 따라 인접 벽체로 응력을 전달시키기 위해서는 추가적인 정착철물이나 연결장치를 계획하여야 하나 시공성 및 구조적 성능을 확보하기가 어렵다. 따라서 본 연구에서는 경사계단 부분의 하중은 벽체로 전달시키지 않고 계단 참으로 전달되는 것으로 설계한다. [표 3.5.3]에 나타낸 접합상세는 기존의 철근이음법을 대상으로 검토한 상세이다.

[표 3.5.3] 벽체 및 참 부분의 구성요소별 접합 및 응력전달방법

벽체(RC) + 계단참(PC, RC)	비 고
	· 동시 타설시는 참이 PC 및 RC 와는 상관없음 · **참부분이 후타설 RC인 경우정착 및 이음이 용이**
	· 계단참 후 타설 PC 인 경우 그림과 같이 브라켓 설치
벽체(RC) + 계단참(STEEL)	**비 고**
	· 동시 타설시는 벽체에 정착
	· 동시 타설시는 벽체에 정착

[표 3.5.4] 경사계단 부분 및 참 부분의 구성요소별 접합 및 응력전달방법

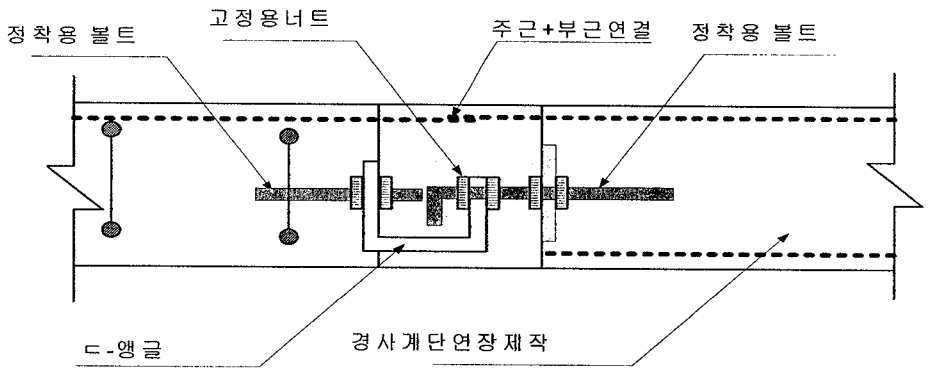
경사계단(RC) + 계단참(RC)	비 고
	· 동시 타설시(일반정착)
경사계단(RC) + 계단참(RC), 경사계단(RC) + 계단참(PC), 경사계단(PC) + 계단참(RC)	**비 고**
	· 분리타설시는 좌측 그림의 하부는 정착 및 이음 가능 ※ PC+PC의 조합은 만나는 부분 하부 브라켓 설치 이외는 기계적 정착 방법이 필요
경사계단(STEEL) + 계단참(RC,PC)	**비 고**
	· 동시 타설이나 분리타설에 상관없이 브라켓 장치 필요 · 브라켓 장치를 사용하지 않은 경우 이음부 기계적정착 및 이음장치 필요 · 경사부분 후 시공 RC인 경우 참에서 정착철물을 계단부로 뽑아 정착기구로 사용가능

(나) 경사계단 부분의 응력전달 및 접합방법

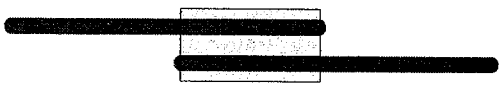
경사계단과 접합되는 참 부분의 응력전달 방법의 접합부의 연속성 여부에 의해 응력전달 방법이 핀이나 강접으로 결정된다. 그러나 실제의 접합부에서는 핀 및 강접조건과 일치하지 않으며 어느 정도의 연속성을 확보하는 가는 실험을 통하여 결정할 수 있다. 특히 기존에 개발된 대부분의 계단 공법은 핀의 조건으로 설계되어 경사계단부의 응력이 증가되어 배근량이 많아지는 단점과 연속성을 고려하지 않아 수평하중에 대한 계단의 강막작용 효과는 거의 없는 것으로 가정할 수 있다.

이에 본 연구에서는 계단참 및 경사부분의 연결이 휨 저항이 가능한 반 강접 접합상세를 개발하고자 한다. 본 연구에서 고려한 계단 참 부분과 경사계단 부분의

연결방법에 관한 초기 검토안은 [그림 3.5.7]에 보인 바와 같이 ㄷ-앵글과 정착용 볼트를 이용한 체결법을 검토하였다. 그러나 본 상세는 접합부 철물이 다소 많이 사용되는 문제점과 시공시 정확한 연결이 필요함에 따라 시공성의 저하가 발생될 수 있다.



[그림 3.5.7] 계단참과 경사계단 부분의 연결방안(초기검토안-1)



[그림 3.5.8] 계단참과 경사계단 부분의 상부철근 연결방안(초기검토안-2)

또한 [그림 3.5.8]은 계단 참 및 계단 경사부분에서 정착 및 연장된 철근의 이음법으로 용접을 용이하게 하기 위한 보조 철물을 사용한 이음방법이다. 본 연구에서 제안한 최종안은 [표 3.5.5]와 같다. 먼저 경사계단의 접합을 핀으로 가정하여 응력전달이 전단력으로만 전달되도록 계획한 전단접합형과 경사 계단부의 철근량 저감 및 횡력저항요소로 고려가 가능한 반강접 접합상세를 제안한다. [표 3.5.5]에 보인 바와 같이 선타설되는 부분인 계단참은 일반 이형철근을 사용한 배근이며 경사 부분은 Hi-Form 공법에 사용되는 트러스근을 사용하여 응력의 효율적인 전달을 고려하였다. 특히 [표 3.5.5]의 1안은 단순접합형의 경우 트러스 철근에 의해 경사계단 하중이 지지되는 특징이 있다. 이는 일반 이형철근을 사용하여 배근하는 경우(타공법)는 현장 제작된 경사계단의 조립시 시공하중을 지지하기에는 부족하므로 현재 배근된 D13 트러스근 보다 지름이 큰 이형철근이 소요된다. 이러한 시공법에

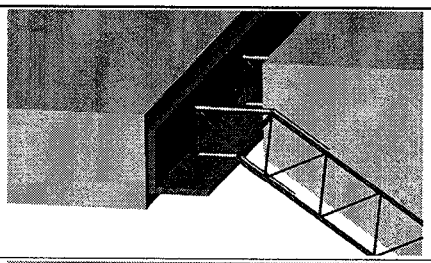
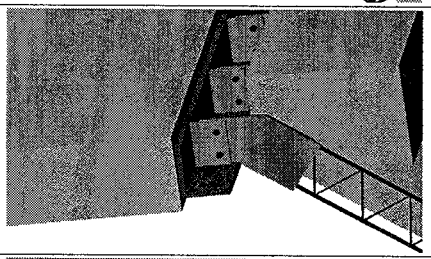
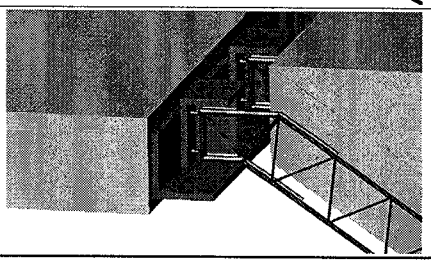
대해 선시공된 계단참과 후시공하는 PC 경사슬래브와의 접합부는 다음과 같은 접합방식으로 분류를 할 수 있다.

(a) 선시공 계단참 + 후시공 PC 경사슬래브--핀접합(전단력전달)

(b) 선시공 계단참 + 후시공 PC 경사슬래브--반강접합(전단력 및 모멘트 전달)

이상과 같은 접합에 대해 개념도는 [표 3.5.4]에서 자세히 정리하여 나타내었다.

[표 3.5.5] 계단참과 PC 경사슬래브 접합에 대한 개념도

접합구분	분류	접합상세	비고
1 안	Pin connection		- 전단력 전달
2 안	Semi rigid connection		- 전단력 및 모멘트 전달 - 상부철근연결 (반강접화)
3 안	Semi rigid connection		- 정착철물 및 트러스근이 전단력 및 모멘트 전달

다. Hi-Form 계단 시스템의 구조성능 평가 실험

(1) 1차 실험

본 실험의 연구대상은 계단 참과 벽체의 선타설 후 경사 계단 부분이 조립되는 계단공법으로 한다. 연구대상 접합부는 PC 접합부와 동일한 조건이 된다. 따라서 접합부의 연결상태에 따라 강접 및 반강접 접합부가 발생되며 실험계획도 강접 또는 반강접의 접합상태를 대상으로 실험변수를 선정하고 접합부의 구조성능을 평가한다.

실험에서의 주요 측정항목 및 평가항목은 실험시에 접합부에 발생되는 응력인 전

단력과 휨에 대한 성능을 평가하여 설계방안을 제시하고 실제 건물의 적용과 설계시 활용하는데 그 목적이 있다. 또한 본 공법에 의한 실험체의 구조적 성능을 기존 공법에 의한 실험체와 상호 비교하기 위하여 대표적인 기존 배근상세를 지닌 기존 공법 실험체에 대한 구조성능 실험도 병행한다.

Hi-Form 계단 시스템의 구조성능 평가를 위한 실험에서는 다음과 같은 실험목적에 따라 실험변수를 선정하고, 실험을 계획하였다.

- 계단 참과 벽체의 선타설 후 경사 계단 부분을 조립하는 시공계획을 반영한 접합부
- 접합부의 연결상태는 강접, 반강접 및 핀접합의 접합조건을 대상으로 한 접합부의 구조적 성능을 평가함
- 접합부에서 발생되는 응력인 전단력과 휨에 대한 성능 평가를 주요 평가항목으로 선정함
- 앵글을 고정시키는 인서트 볼트나 스터드는 충분히 강하도록 계획함

본 공법의 구성요소들 각각의 전단저항과 휨성능에 대한 분석을 위한 실험체를 계획하였으며, 실험체의 형상은 실제 계단크기를 대상으로 2개의 주근이 배근되는 모듈로 실험체를 계획하였다. 계단의 폭은 60cm, 길이는 220cm, 두께를 15cm로 5개의 실험체를 제작하였다.

실험체의 구성은 우선 접합부의 전단성능을 변수로 2개의 실험체와 휨성능을 변수로 3개의 실험체를 계획하였다. [표 3.5.6]에서는 Hi-Form 계단 시스템의 구조성능 평가를 위한 실험체와 주요 실험변수를 보여주고 있다.

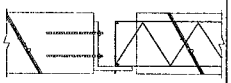
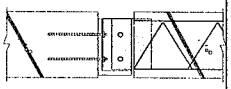
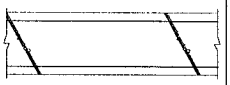
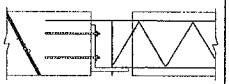
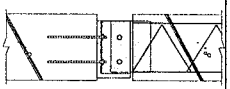
① 사용재료

콘크리트의 굵은 골재 최대치수는 25mm, 슬럼프는 15cm, 압축강도 f_{ck}는240 kgf/cm^2 이다. 주 인장 및 압축철근은 D13을 사용하며 배력근은 D10을 사용한다.

② 배합설계

실험체 타설에 사용된 콘크리트 배합조건은 [표 3.5.7]과 같다.

[표 3.5.6] Hi-Form 계단의 구조성능 평가를 위한 실험체의 실험변수

실험변수	실험체명	접합부 상세	실험목적	측정항목	파괴모드
접합부 전단	No.1		· 접합부 전단	· 전단 변형 · 전단강도	· 트러스근 전단파단
	No.2		· 접합부 전단	· 전단 변형 · 전단강도	· 콘크리트 파쇄
접합부 휨	No.3		· 접합부 휨	· 비교대상 실험체 · 휨강도	· 휨파괴
	No.4		· 접합부 휨	· 접합부 휨강도	· 상부철근의 인장파단
	No.5		· 접합부 휨	· 접합부 휨강도	· 트러스근 인장파단 · 체결볼트 전단파단

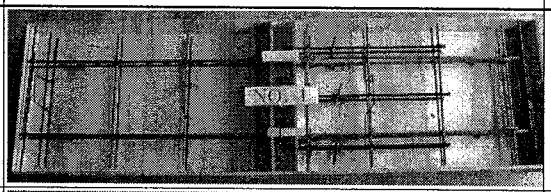
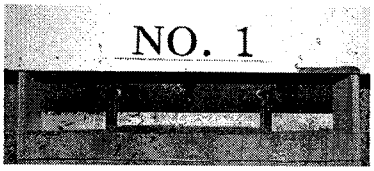
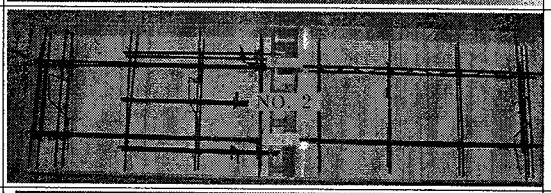
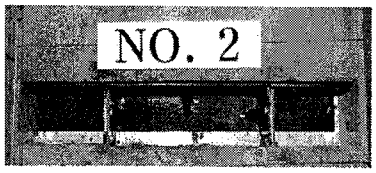
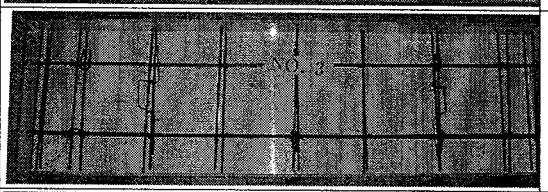
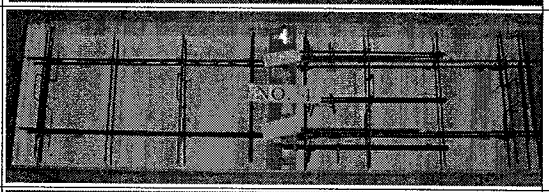
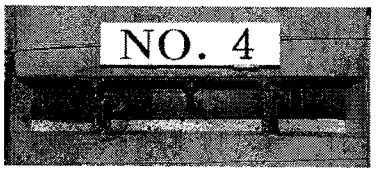
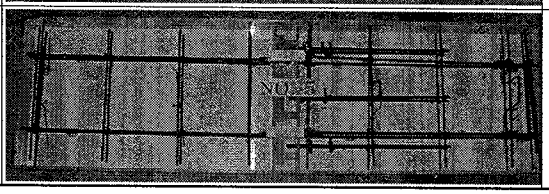
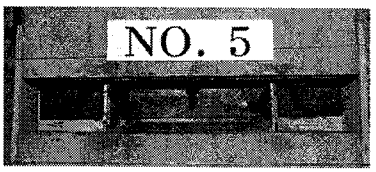
[표 3.5.7] 콘크리트 배합표

W/C (%)	S/A (%)	단위재료량(kgf/m^3)				
		W	C	S	G	AD (Cx%)
47.3	49.3	139	357	944	875	1.79

③ 실험체 제작

실험체의 제작은 실험계획에 의해 총 5개를 제작한다. 실험체의 제작방법은 현장에서 조립되는 시공순서와 동일하도록 진행하여 실제 시공시에 발생되는 문제점의 파악 및 개선점을 평가할 수 있도록 한다. 즉, 선 타설되는 계단 참과 조립되는 경사계단 부분을 먼저 타설한 후 접합부를 타설하는 방법으로 실험체를 제작한다. 실험체의 크기는 폭 60cm, 두께 15cm, 길이 220cm 로 제작한다. 실험체의 콘크리트 타설전 조립상황 및 접합부 타설전의 사진은 [표 3.5.8]과 같다.

[표 3.5.8] 철근배근 및 거푸집 조립과 접합부 연결상세

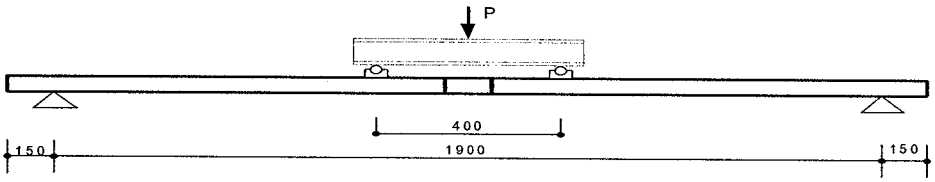
실험체명	거푸집 및 철근 조립	접합부 타설전 접합부 체결현황
No.1		
No.2		
No.3		일체 타설형
No.4		
No.5		

실험체에 사용된 주 철근은 상·하 D13을 300mm로 하였으며 배력근은 D10을 사용하여 300mm 간격으로 배치한다. 주근 및 부근은 실험체 종류와 관계없이 모두 공통으로 사용한다.

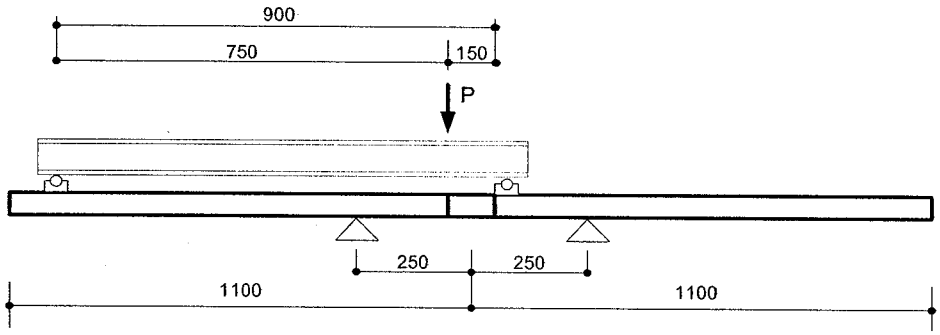
④ 실험방법

실험방법은 그림 6 및 7에 나타낸 바와 같다. 하중의 가력 방법은 실험체 상부에서 0.3~0.5tonf/min.의 재하속도로 2점 가력한다. 전단성능 평가실험체는 실험체 접합면에 휨모멘트가 발생하지 않고 전단력만이 가해질 수 있도록 가력점의 위치를 접합면에서 계단참 방향으로 800mm, 계단경사 방향으로 100mm 떨어진 곳에서 2점 가력한다. 가력판과 지점판을 설치하여 지압파괴를 방지하였으며 재하시의 편심을 최소화 하도록 한다. 변위의 측정은 계단참과 경사부분에 설치하며 각각 접합부

중앙에서 100mm 떨어진 곳에 설치하여 처짐을 측정한다. 휨성능 실험체는 아래 그림 6에 나타낸 바와 같이 접합부에 순수 휨응력이 발생되로록 접합부에서 각각 양측으로 200mm 지점에 2점 가력을 실시한다. 철근의 변형률 측정은 인장철근의 응력이 최대가 될것으로 예상되는 접합면 양측에 각각 설치하여 철근의 변형률을 측정하였다.



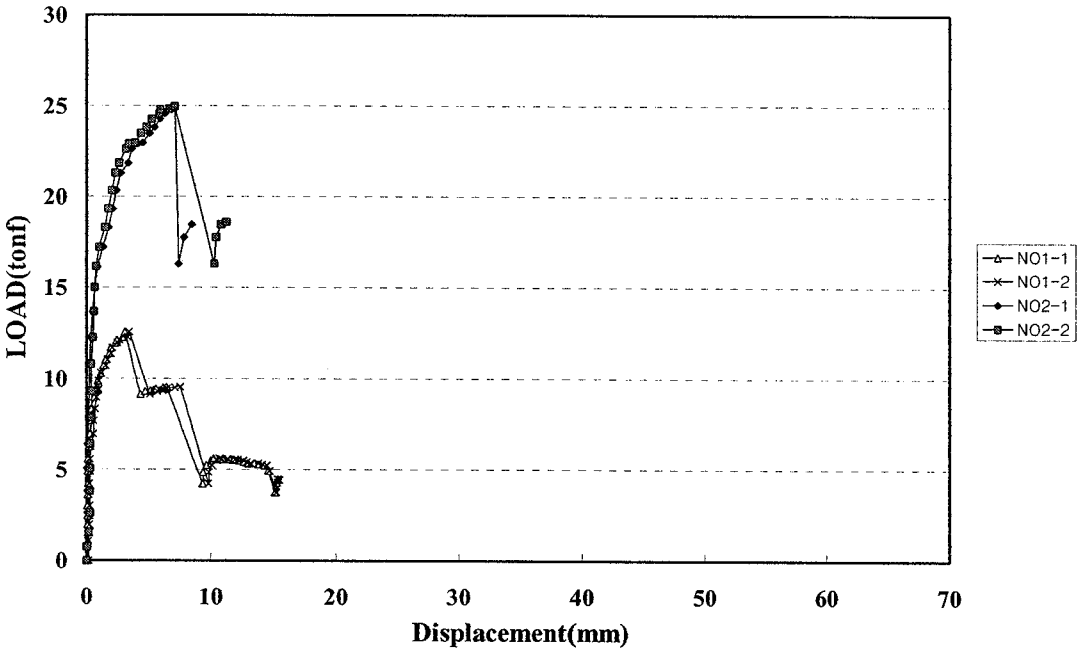
[그림 3.5.9] 접합부 휨 성능 실험



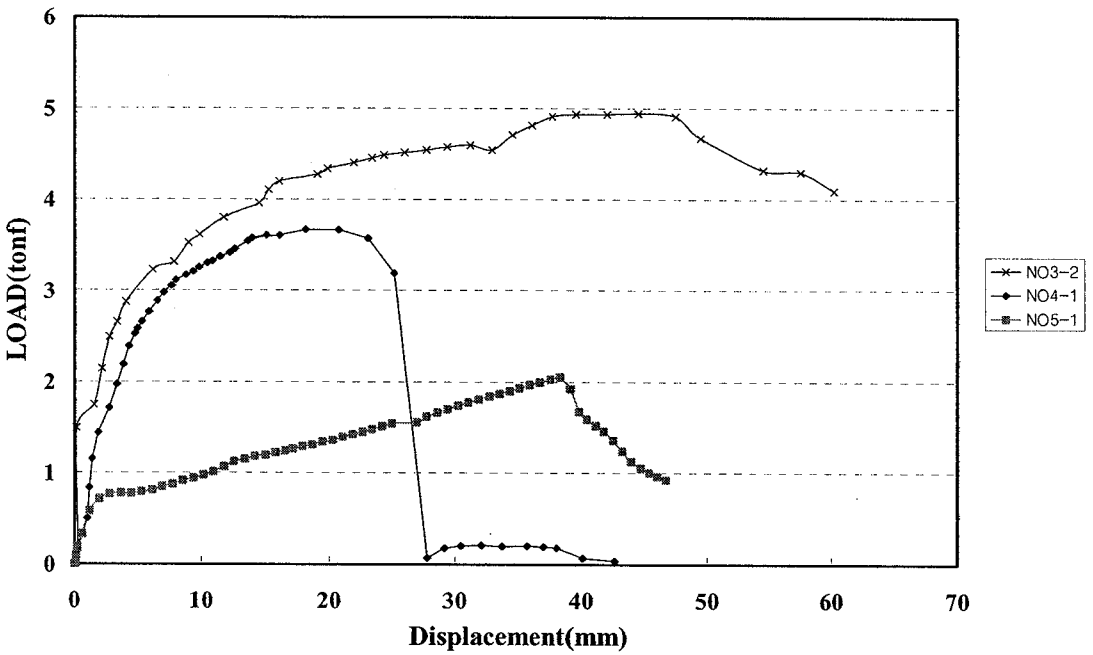
[그림3.5.10] 접합부 전단 성능 실험

⑤ 실험체 파괴양상

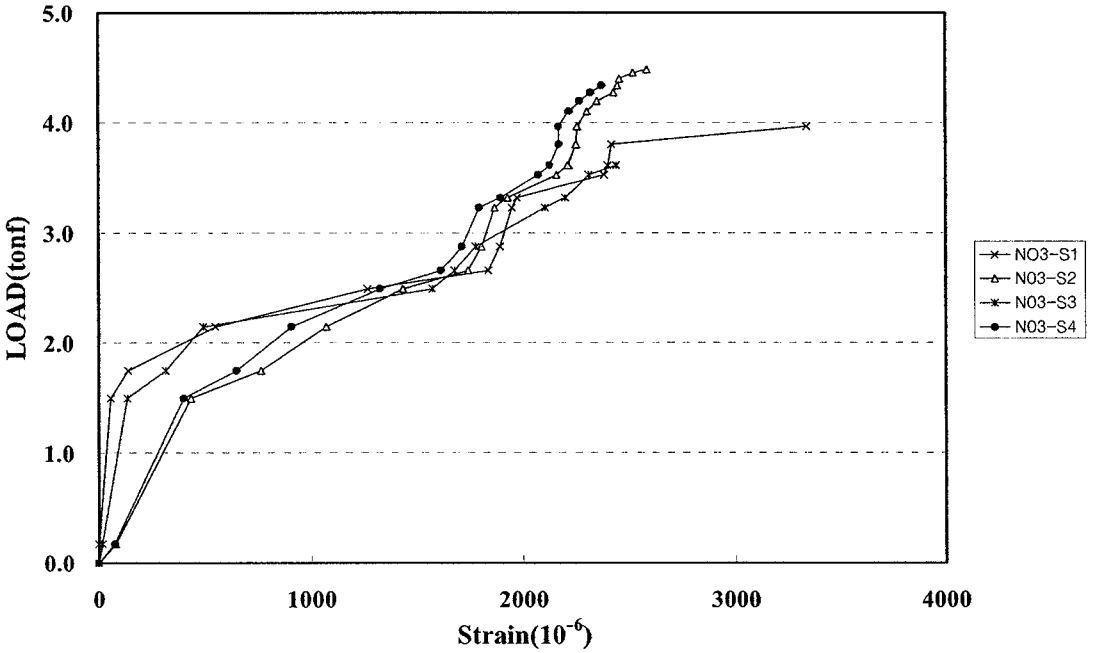
실험방법은 그림 [3.5.9]및 [3.5.10]에 나타낸 바와 같다. 하중의 가력 방법은 실험체 상부에서 0.3~0.5 tonf/min.의 재하속도로 2점 가력하였다. 전단성능 평가실험체는 실험체 접합면에 휨모멘트가 발생하지 않고 전단력만이 가해질 수 있도록 가력점의 위치를 접합면에서 계단참 방향으로 800mm, 계단경사 방향으로 100mm 떨어진 곳에서 2점 가력하였다. 가력판과 지점판을 설치하여 지압파괴를 방지하였으며 재하시의 편심을 최소화 하도록 하였다. 변위의 측정은 계단참과 경사부분에 설치하며 각각 접합부 중앙에서 100mm 떨어진 곳에 설치하여 처짐을 측정하였다. 철근의 변형률 측정은 인장철근의 응력이 최대가 될 것으로 예상되는 접합면 양측에 각각 설치하여 철근의 변형률을 측정하였다.



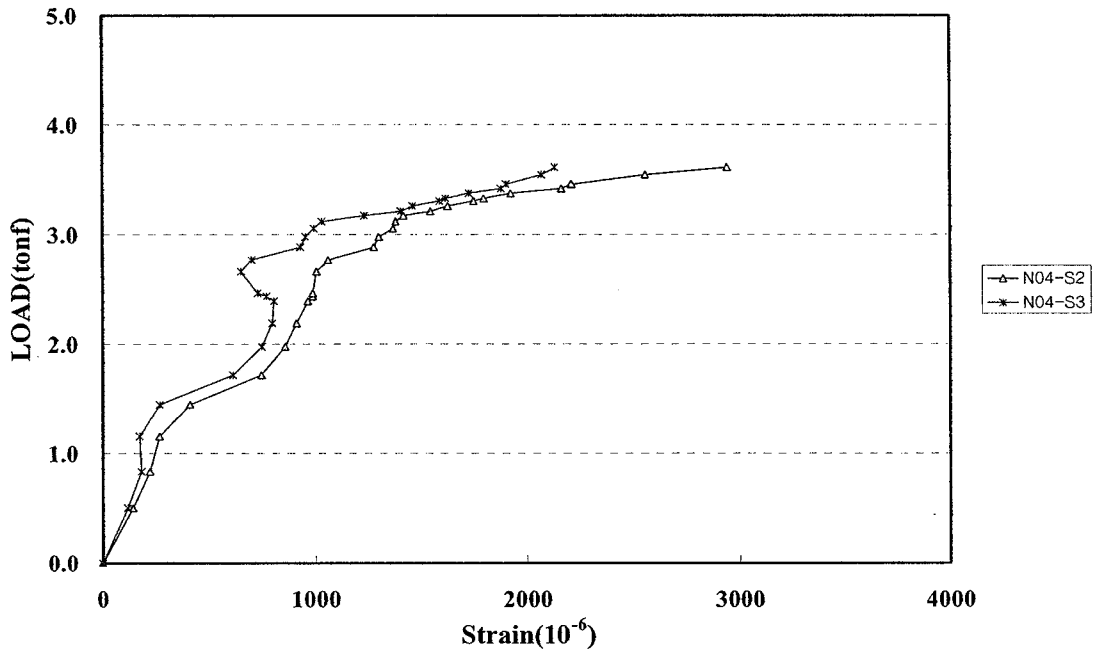
[그림 3.5.11] 접합부 전단성능 실험체의 하중-변위관계곡선



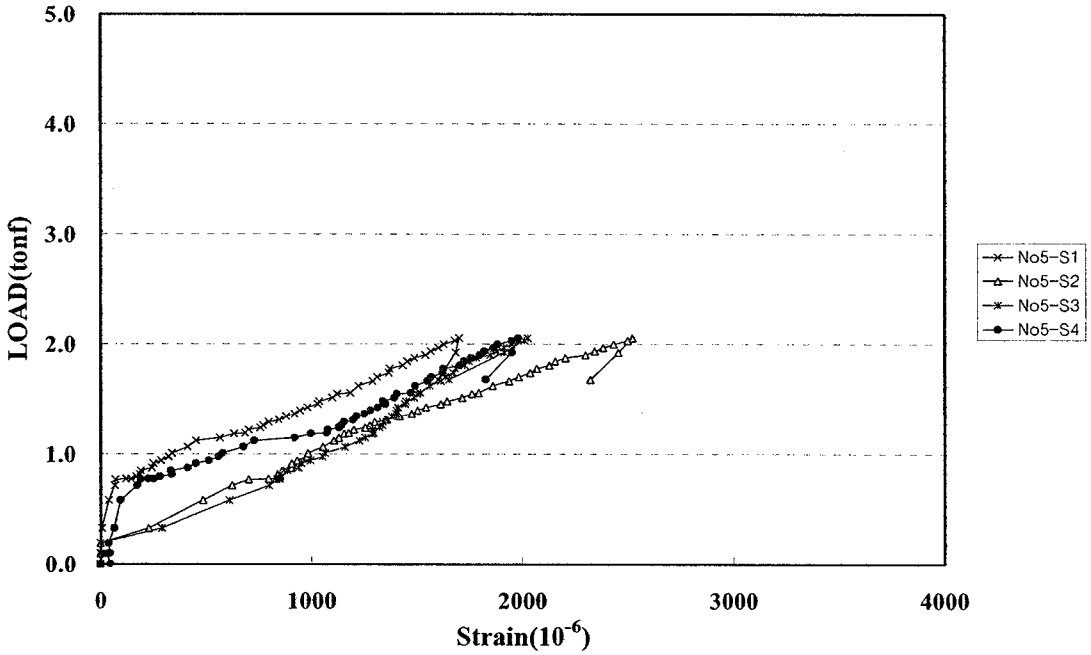
[그림 3.5.12] 접합부 휨성능 실험체의 하중-변위관계곡선



(a) NO3 실험체

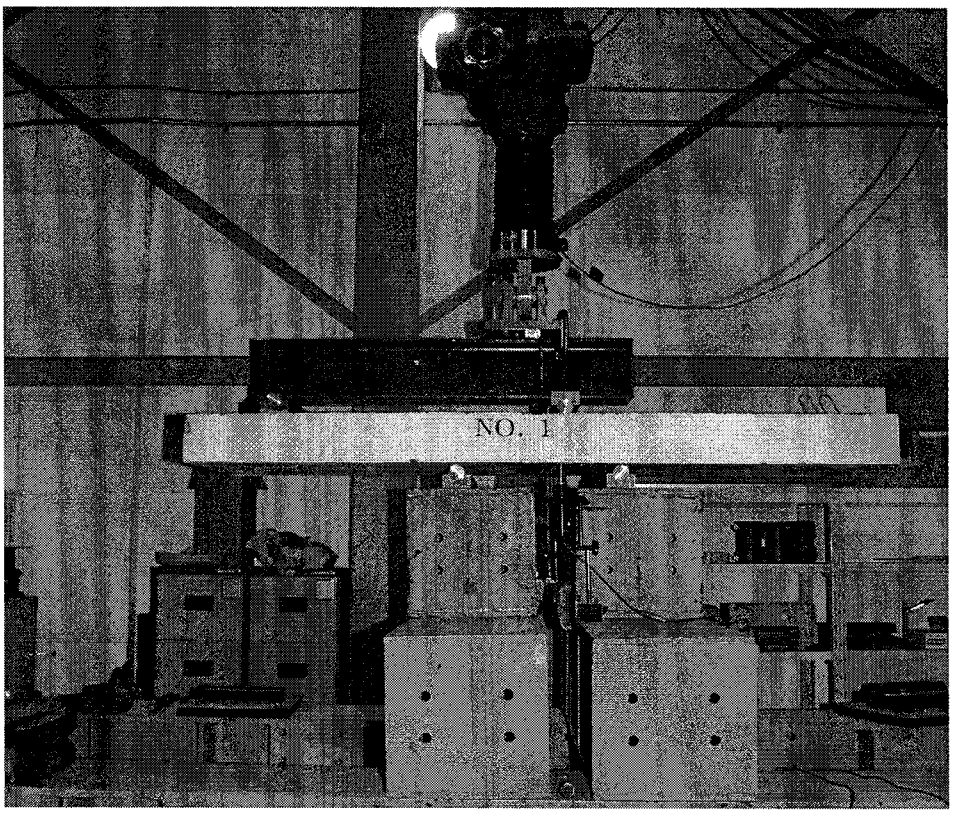


(b) NO4 실험체

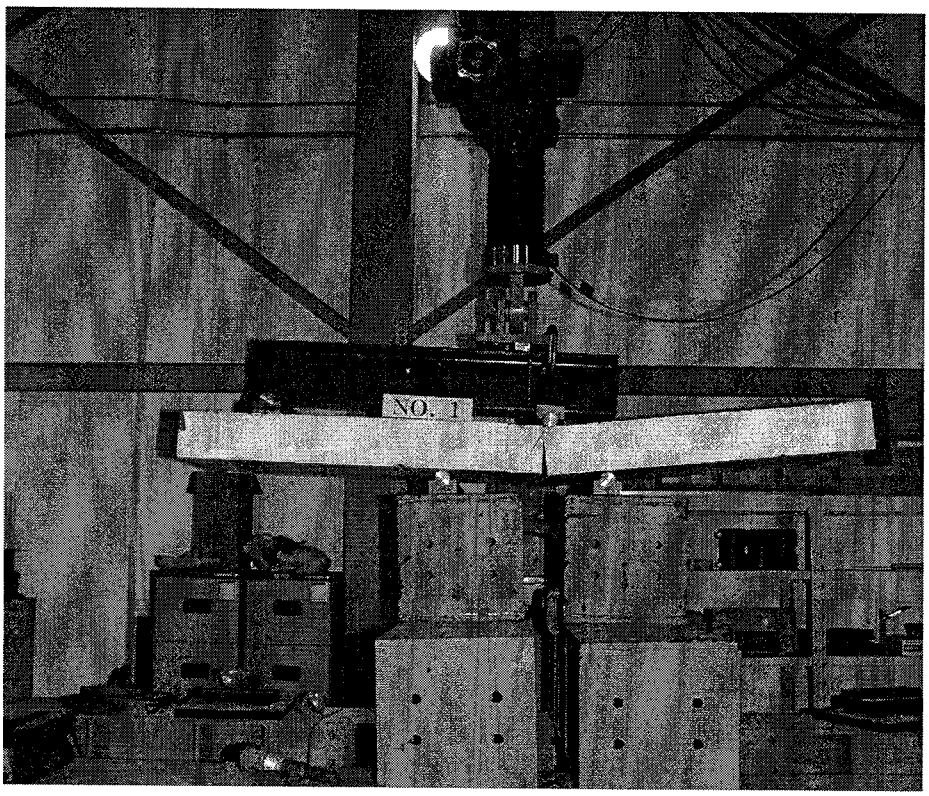


(c) NO5 실험체

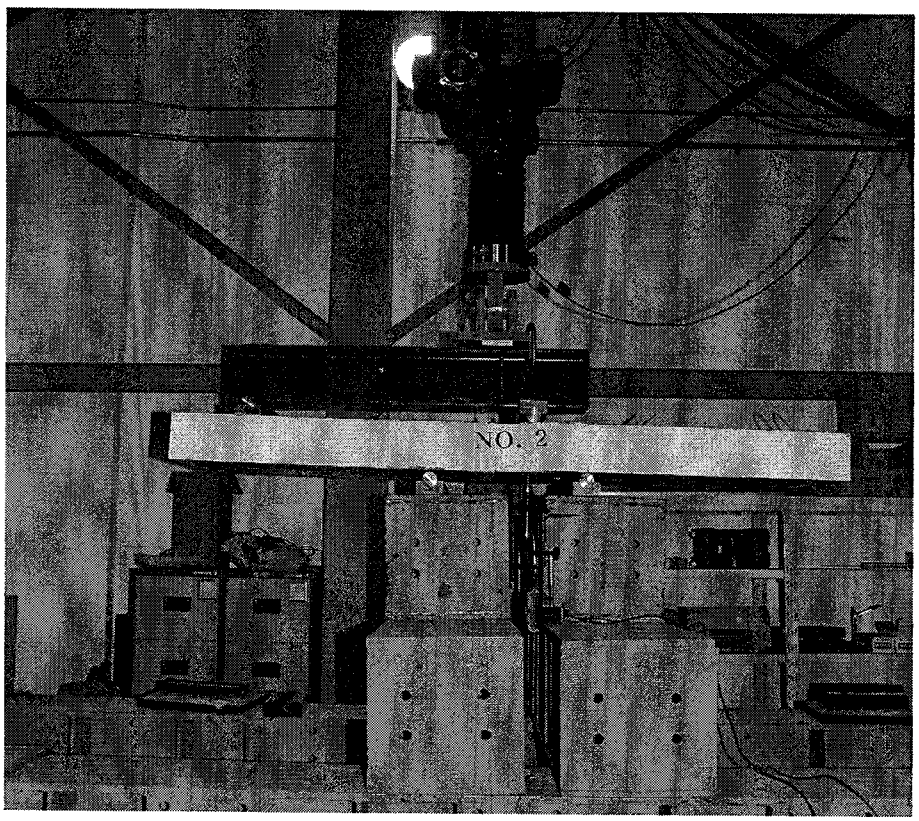
[그림 3.5.13] 휨성능 실험체의 철근변형률



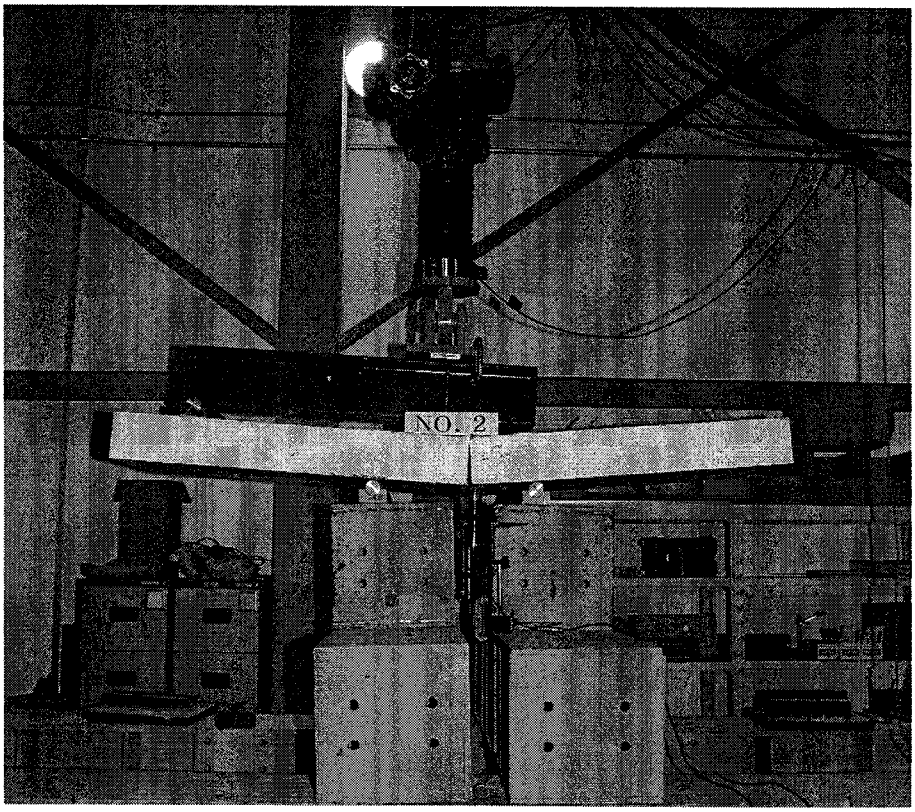
(a) NO1 실험체 Setting



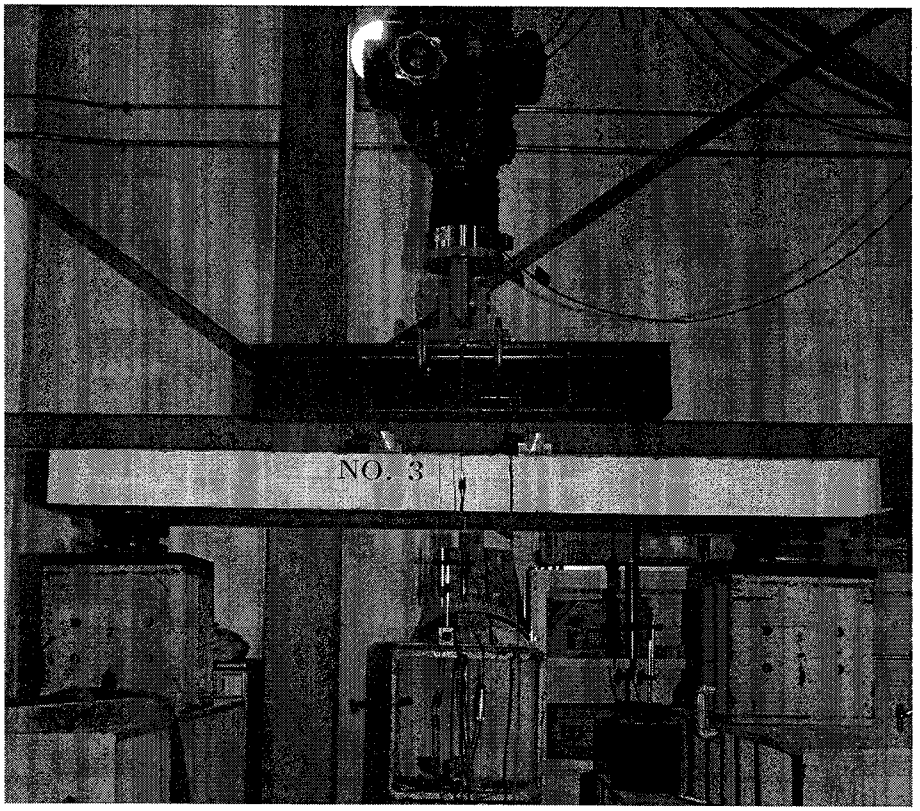
(b) NO1 실험체 파괴 후



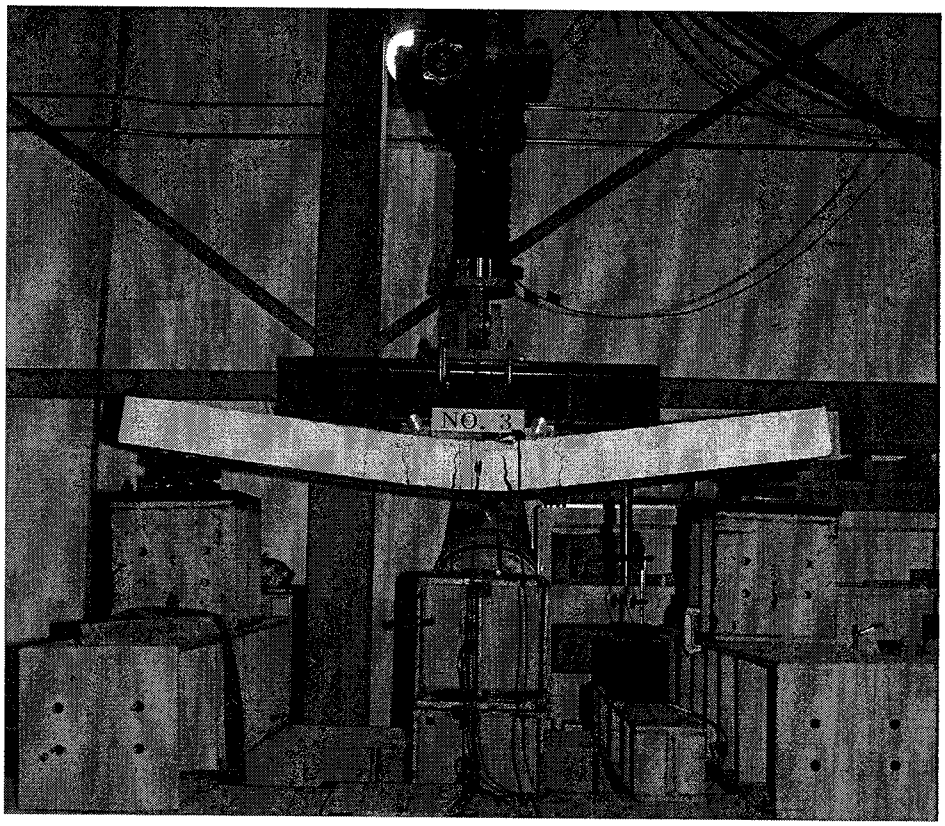
(c) NO2 실험체 Setting



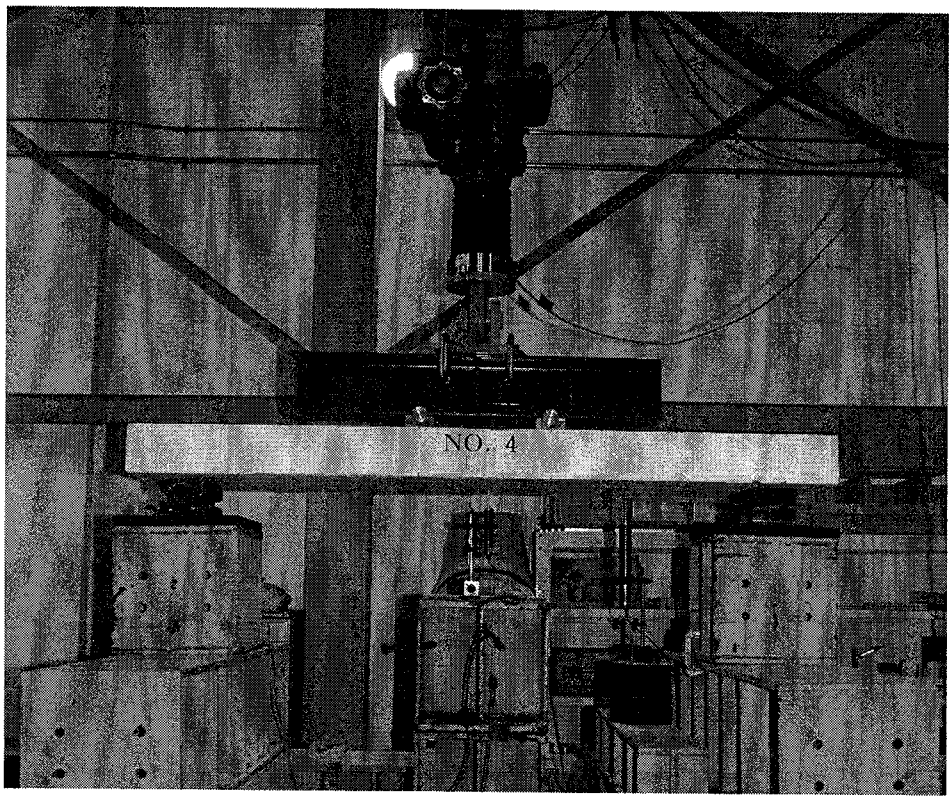
(d) NO2 실험체 파괴 후



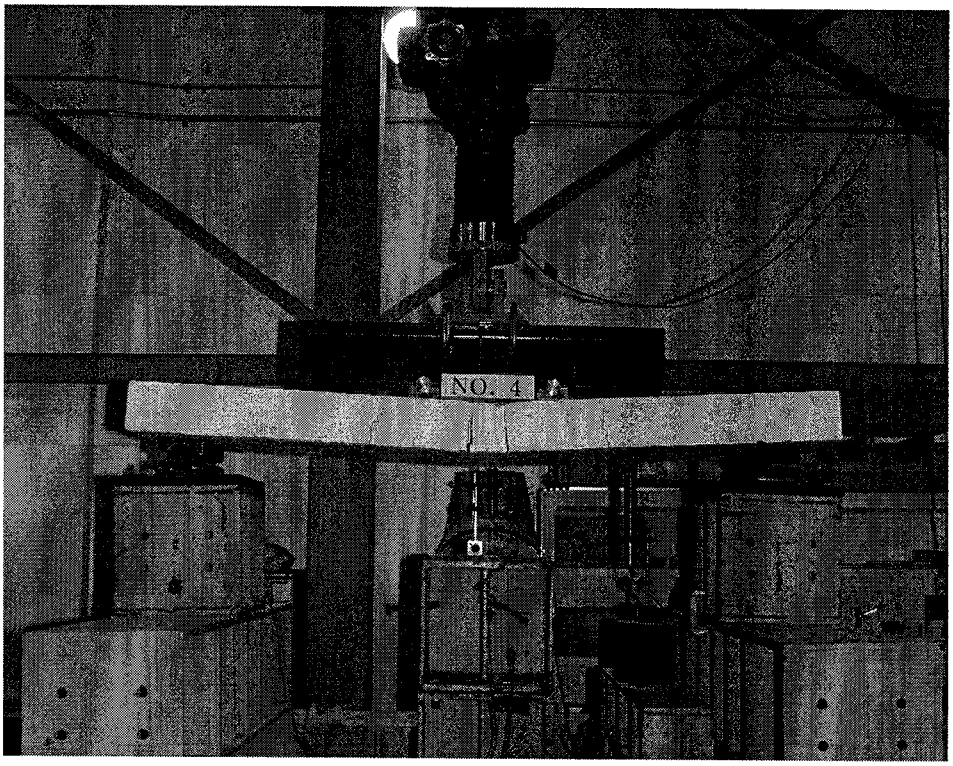
(e) NO3 실험체 Setting



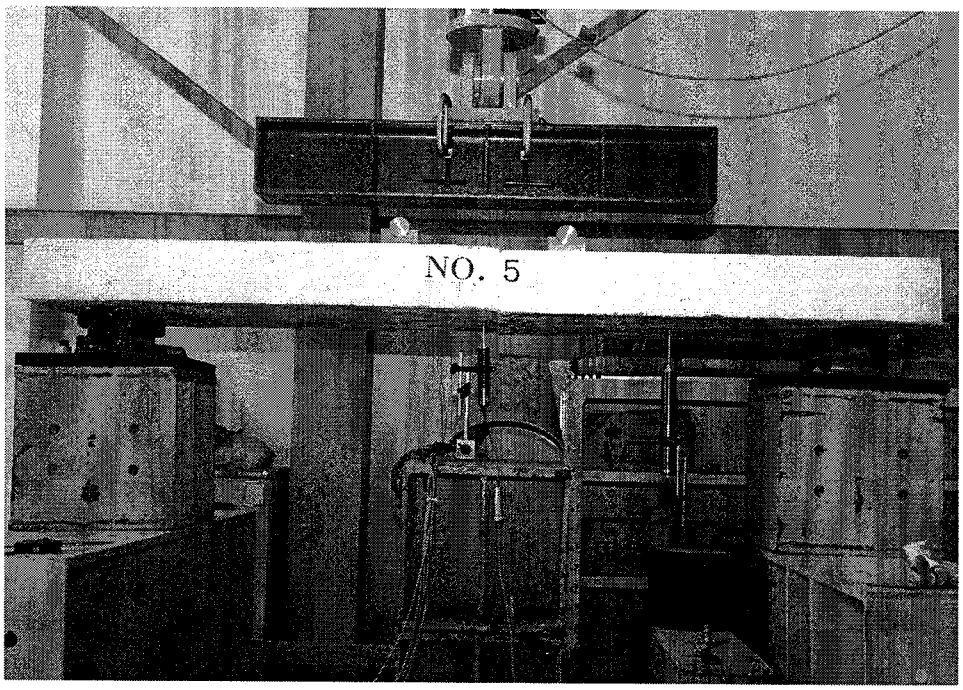
.(f) NO3 실험체 파괴 후



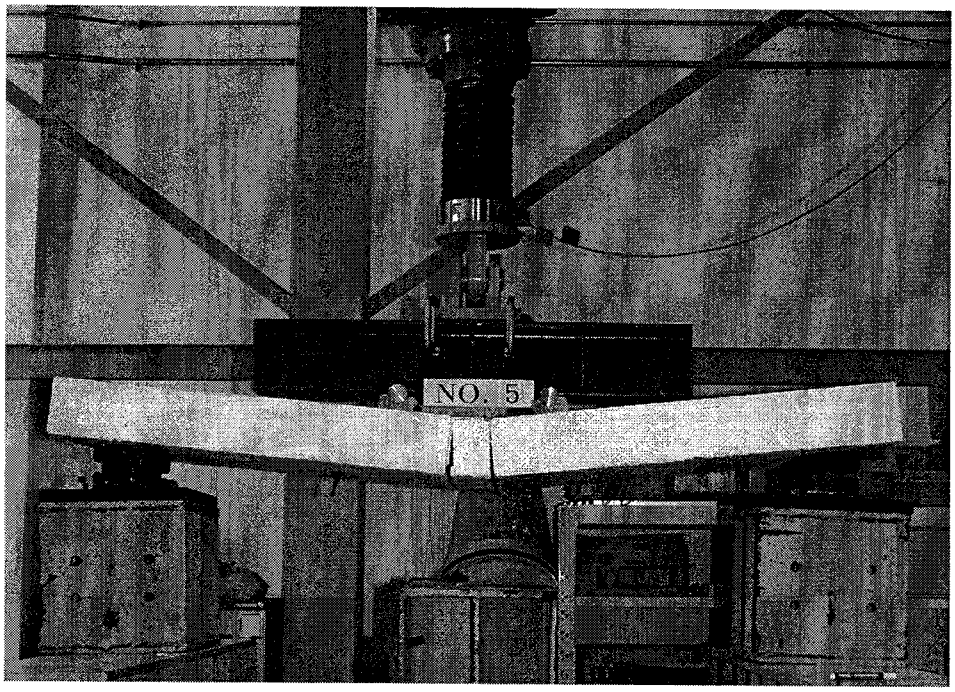
(g) NO4 실험체 Setting



(h) NO4 실험체 파괴 후



(i) NO5 실험체 Setting



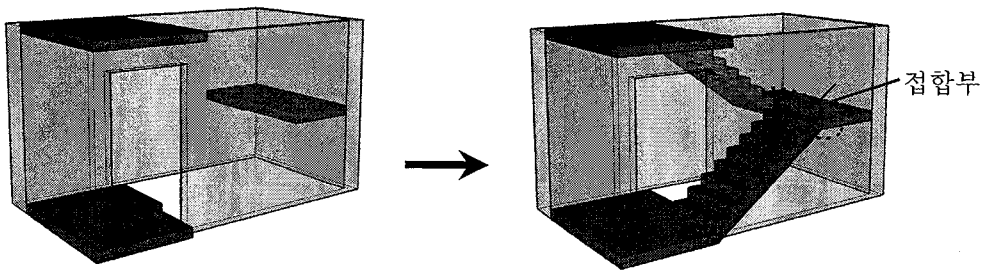
(j) NO5 실험체 파괴 후

[그림 3.5.14] 실험체별 설치상황 및 최종파괴상황

(2) 2차실험

(가) 연구대상

Hi-Form 계단 거푸집을 계단에 적용하는 시공법에 대하여는 이미 다양하게 검토 되었기때문에, 본 실험은 [그림 3.5.15]과 같이 계단 및 계단참에Hi-Form을 이용하여 벽체와 계단참을 동시타설하고, 경사계단 부위는 분리 제작하여 접합하는 공법을 연구대상으로 하였다.



[그림 3.5.15] 연구 대상

(나) 실험체 계획

Hi-Form 계단 거푸집을 사용한 계단 슬래브의 구조성능 평가를 위해, 국내의 공동주택의 대표적인 계단 모듈을 조사하였다. 기존계단의 기본모듈은 [표3.5.9]와 같으며, 이 중 실험장비 및 실험장소의 여건에 맞게 구조성능실험을 위한 계단 슬래

브의 크기를 가정하였다.

[표 3.5.9] 기존 계단의 기본모듈 조사 현황 (단위 : mm)

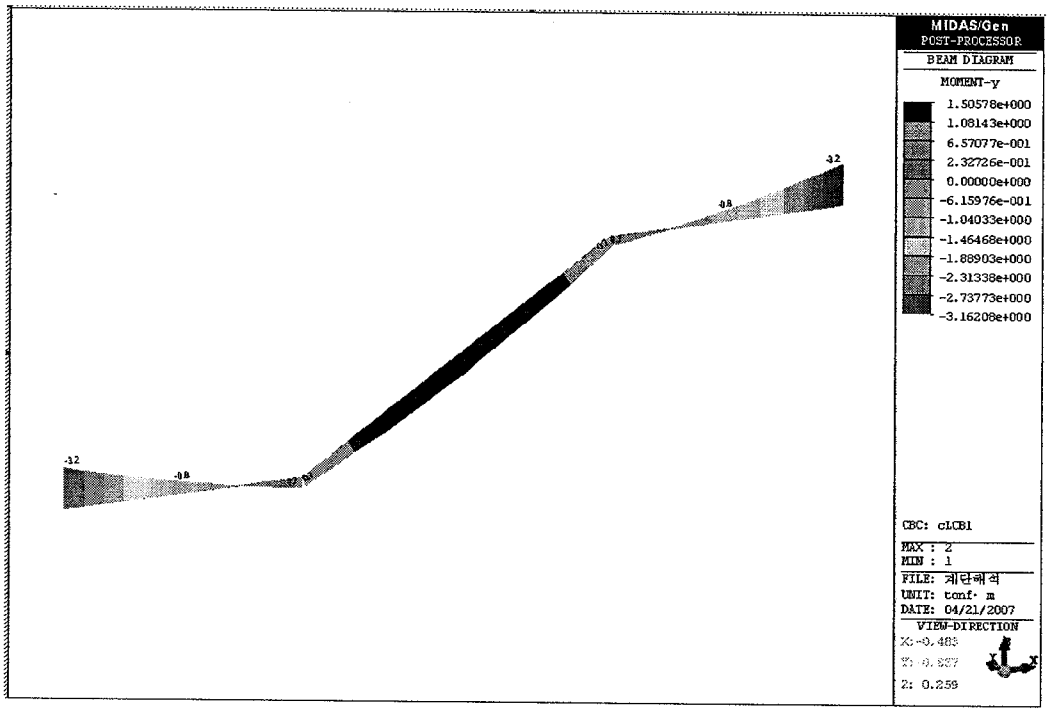
용도	계단	폭	참	비고
아파트	260x163	1260	2690x1420	
	260x169	1285	1690x1540	
	260x176	1025	2600x1425	
	270x176	1240	2650x1555	51평형
	270x175	1250	2600x1330	24평형
	280x164	1225	2550x1290	21/33평형
	260x163	1255	2650x1425	
	260x169	1250	2600x1450	

또한 1차 실험에서는 계단 접합부의 성능 확인을 위해 접합부에 순수 휨 및 전단이 가해지도록 실험을 실시하였으며, 이를 통해 반강접 접합부의 최대 성능에 대한 검증을 실시하였다. 이를 기반으로 당해연도 2차 실험에서는 실제 계단실의 조건을 형상화할 수 있도록 계획하였다.

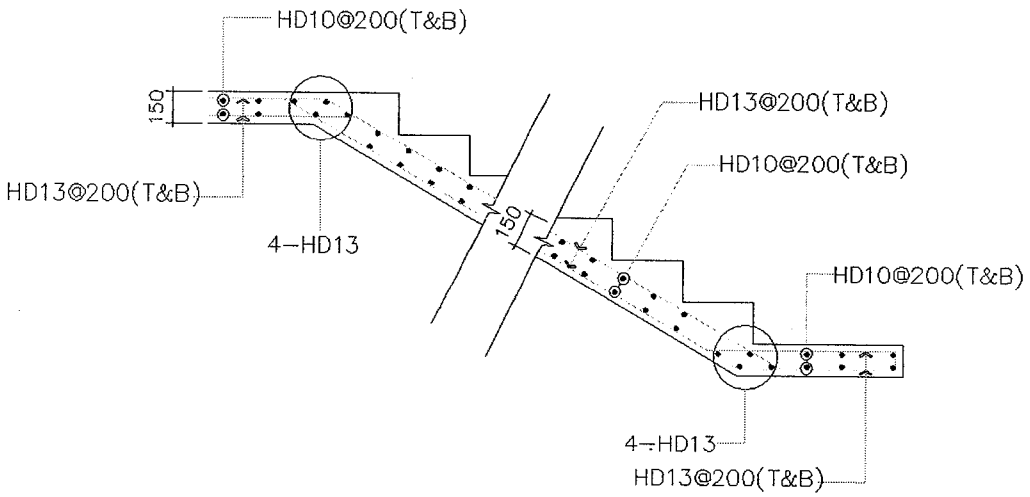
먼저, [그림 3.5.16]에서와 같이 현행 설계방법에 따라 실제 계단실을 2차원 보요소로 해석하였고, 해석결과에 따라 [그림3.5.17과 같이 부재를 설계하였다. 그러나 실제 3차원요소의 계단 슬래브 부재를 2차원 요소로 해석하는 것은 많은 가정이 수반되고, 오류가 있을 수 있으므로, 2차원 해석과 같은 결과를 도출할 수 있는 3차원요소의 해석을 실시하였다. [그림 3.5.18]은 2차원 보요소의 해석과 같은 결과를 보여주는 3차원 솔리드 요소의 해석모델이고, 여기에 실제 계단실의 경계조건인 3변고정의 해석모델을 [그림 3.5.19]에 나타내었다.

현행 설계방법과 같은 결과를 보이는 1변고정 해석과, 실제 경계조건을 반영한 3변고정 해석의 휨응력 분포를 보면 계단참 부분의 응력이 현저히 다름을 알 수 있다. 따라서 현행설계방법이나 1변고정 3차원해석은 최대응력에 따른 부재설계시에는 큰 영향을 미치지 않으나, 접합부나 기타 특정부분의 응력상태를 파악하기에 적당치 않다고 할 수 있다.

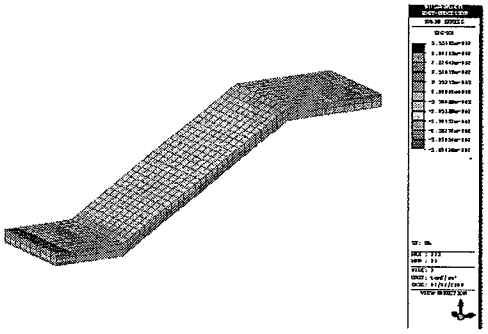
즉, 3변고정의 3차원 유한요소해석의 결과가 실제 계단실의 거동을 가장 가까이 표현할 수 있는 것으로 볼 수 있으며, 이 해석결과를 토대로 실험체의 길이와 하중가력 위치를 조정하였다.



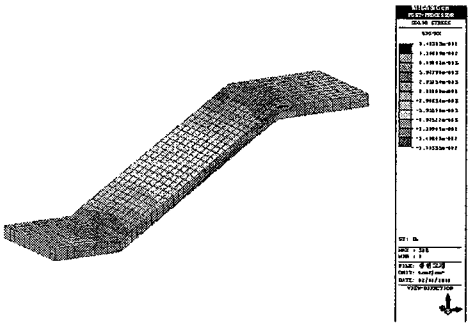
[그림 3.5.16] 구조해석



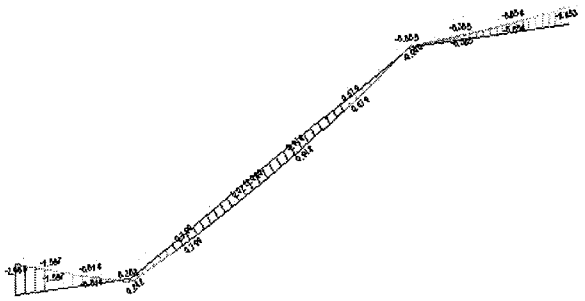
[그림 3.5.17] 계단 구조도



[그림 3.5.18] 1변 고정



[그림 3.5.19] 3변 고정



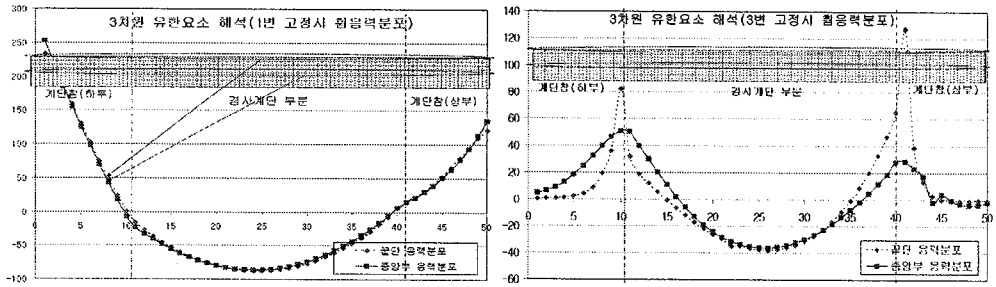
[그림 3.5.20] 응력 비교 그림(접합부 및 기타부분)

[그림 3.5.20]의 아래 그림은 현재 구조해석을 실시하는 방법으로 모멘트 분포를 보여준다. 위의 그림은 현행 설계 방법과 같은 조건의 1변 고정 지지를 갖도록 3차원 유한요소 해석을 실시하여 휨응력 분포를 나타낸 것이다. 응력분포는 거의 유사한 양상을 보이며, 계단폭 내에서 별 차이가 없음을 알 수 있다. 즉 현행 설계 방식이 계단 부재의 응력을 어떻게 가정하고 있는지를 알 수 있다.

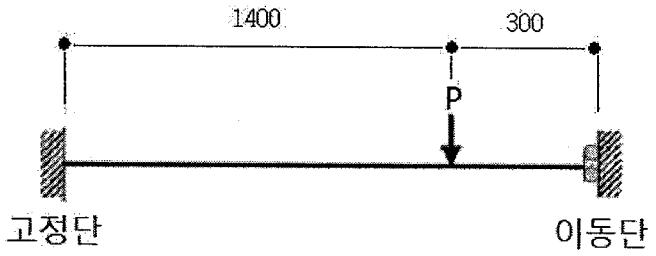
그러나 [그림 3.5.21] 실제 계단실의 형상과 지지조건을 3변고정으로 해석을 실시하였으며, 이에 따른 휨응력 분포를 나타낸다. 3변 지지의 조건을 갖기 때문에 계단참 부분에서 고정되어 있는 끝단과 그렇지 않은 중앙부의 응력에 차이가 있음을 알 수 있다. 고정단을 형성하는 계단참 끝단 부분은 계단참과 경사계단의 접합부

직전까지 고정되어 있으므로, 접합부에 가까운 지점에서 최대 응력이 일어나고, 경사계단에서 멀어질수록 응력이 저하된다. 중앙부에서도 접합부 근처에서의 휨응력이 더 큰 것을 볼 수 있으나, 끝단보다는 작은 값을 가진다.

따라서 실험체의 형상은 3변 고정인 실제 계단실의 응력분포와 유사한 경향을 갖기 위해 계단참의 길이와 집중하중 가력 위치를 조절하여 실현할 수 있다



[그림 3.5.21] 1, 3변 고정에서의 휨응력 분포도

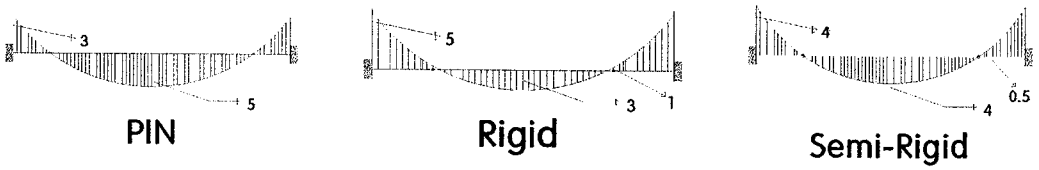


[그림 3.5.22] 실험체 형상

(다) 실험 목적 및 방법

현재 PC계단의 접합부는 힌지로 보고 핀접합으로 처리하는 것이 일반적인 방법이다. 핀접합인 경우 접합부의 모멘트 성능이 전혀 없으므로 계단부분의 휨모멘트가 증가하게 되므로 철근 배근량이 늘어난다. 또한 강접합과 달리 진동 및 피로하중에 의한 접합부 손실이 증가하여 사용성 저하로 인한 유지 관리비가 많아지게 된다. 그러나 핀접합은 현장에서의 시공성이 용이하기 때문에 지금까지도 대부분의 건설현장에서 이용되고 있다.

PC 부재나 본 연구에서처럼 분리 제작된 부재를 연결할 때 강접합이면 구조적으로 가장 유리하다 할 수 있다. 그러나 시공성, 경제성, 기술력 등 여러가지 조건을 조합하여 볼 때 핀접합과 강접합의 중간형태인 반강접합부에 대한 필요성은 점차 증가한다고 볼 수 있다. 강구조 접합부에서는 반강접합의 형태 및 거동에 대한 연구가 다수 진행되었으나, PC 접합부에서는 모멘트 성능에 대한 반강접 연구는 거의 찾아볼 수 없다.



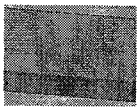
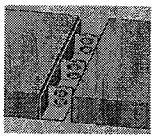
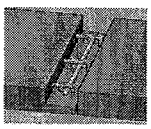
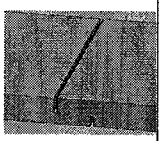
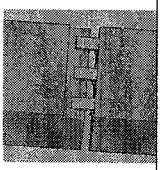
[그림 3.5.23] 강접합, 핀접합 & 반강접합 개념도

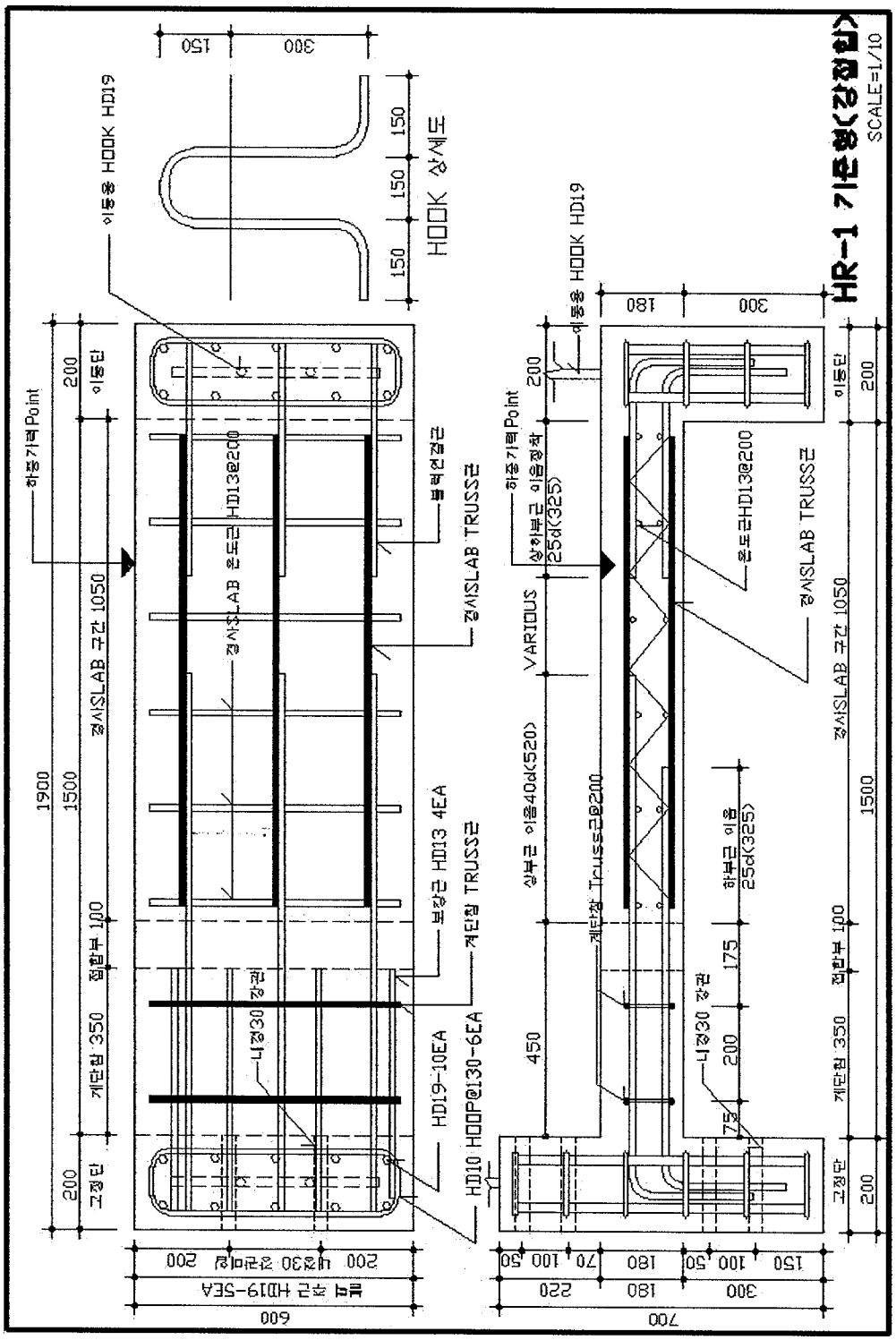
따라서 본 연구에서는 PC접합부에 적용할 수 있는 모멘트 반강접합 상세를 제안하고, 이에 대한 거동특성과 파괴모드, 강도, 강성, 모멘트 능력에 대한 성능을 핀접합 및 강접합과 비교 평가해 보고자 한다. 이를 통해 추후 PC 접합부의 반강접 성능을 설계식에 반영하여 부재의 사용량을 줄이고 경제성을 높이고자 한다.

본 공법의 구성요소들 각각의 구조 성능 분석을 위한 실험체를 계획하였으며, 실험체의 형상은 실제 계단크기를 대상으로 3개의 주근이 배근되는 모듈로 실험체를 계획하였다. 계단의 폭은 60cm, 길이는 150cm, 두께를 18cm로 총 5개의 실험체를 제작하였다.

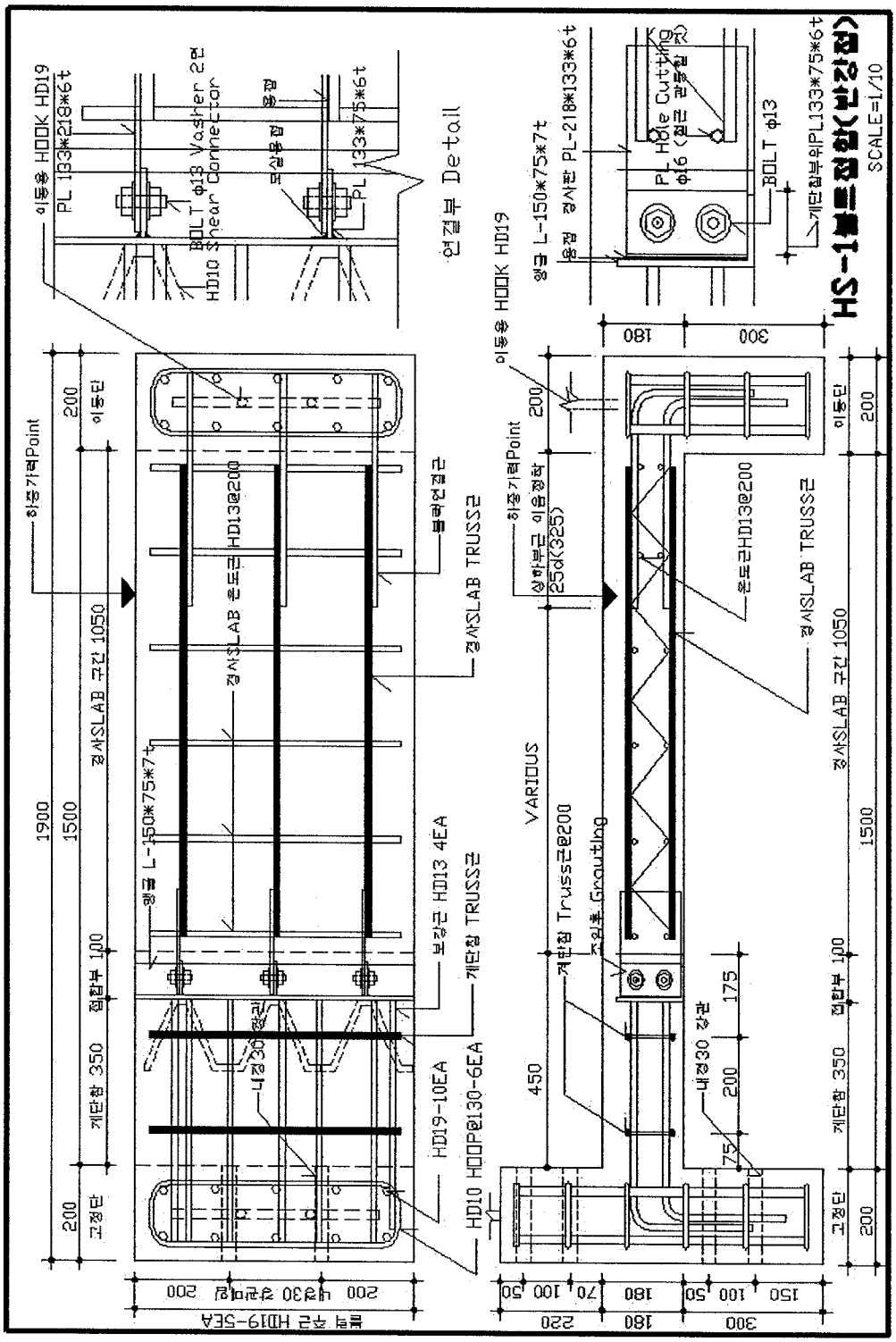
실험체의 구성은 접합부의 형태에 따라 구분하였으며, 기존 RC 공법인 일체형 실험체를 비롯하여, 기준형인 볼트를 접합한 반강접 상세형 HS-1, 철근으로 접합한 반강접 상세형 HS-2, 반턱으로 단순히 걸친 핀접합 상세형 HP-1, 앵글을 이용하여 단순 걸침하는 핀접합 상세형 HP-2 등으로 [표 3.5.10]에서는 Hi-Form 계단 시스템의 구조성능 평가를 위한 실험체와 주요 실험변수, [그림 3.5.24]은 각 실험체 도면을 보여주고 있다.

[표 3.5.10] 실험체 LIST

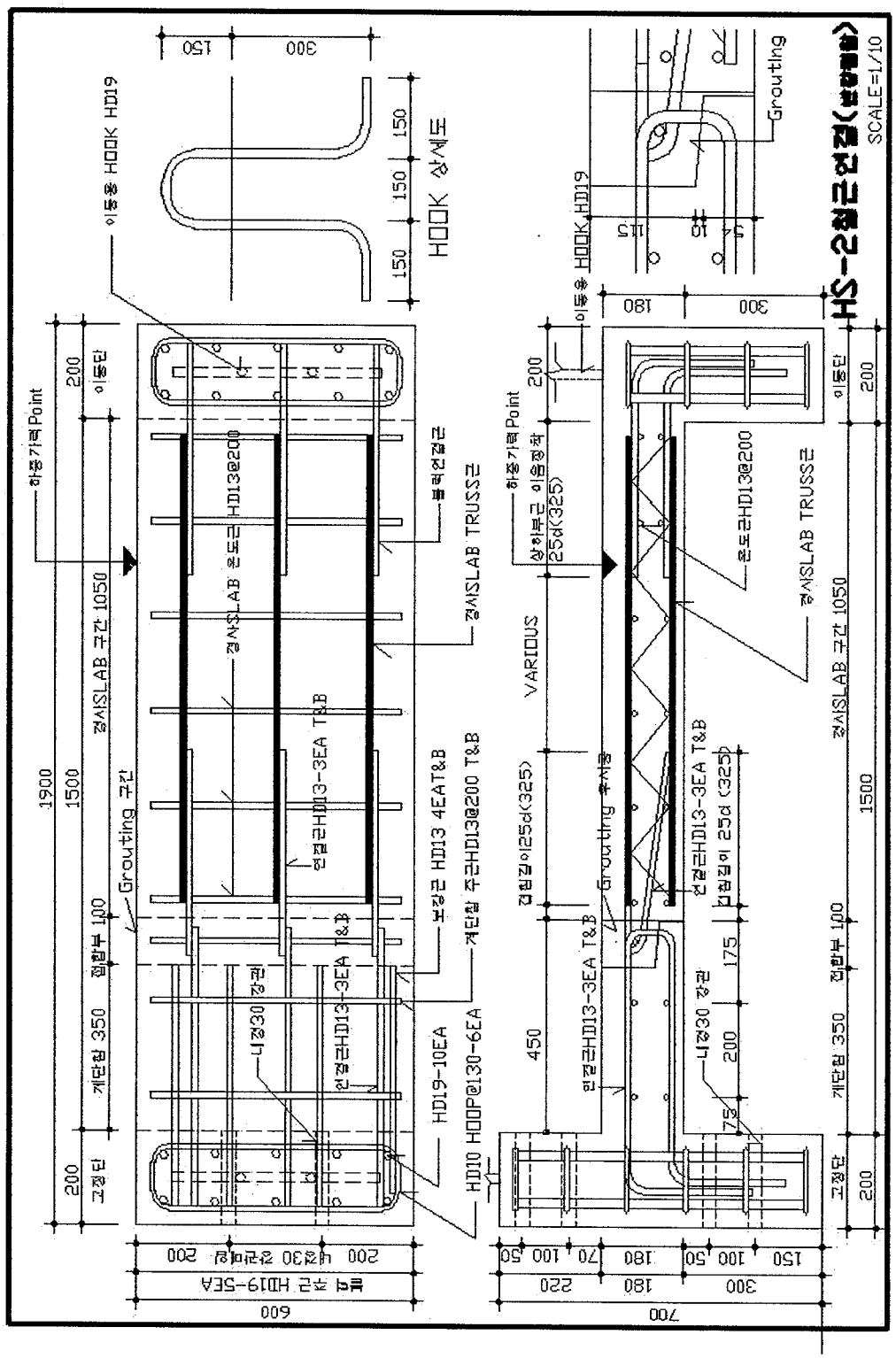
실험체명	접합부형태	특징			
		계단참		접합부	경사 계단
HR-1 기준형 (강접합)		주근 :HD13@200 부근 :HD13@200 (고정단 블럭 하부까지정착) 보강근 :4-HD13 (고정단 블럭 하부까지정착)	-	상·하부근 이음	이음 및 정착 길이
HS-1 볼트접합 (반강접합)			Shear Connector 및 주근 용접	L-150*75*7 Plate :133*75*6 2-M12 Bolt Grouting :무수축몰탈	
HS-2 철근연결 (반강접합)			-	꽂이 철근:1-HD13 Grouting :무수축몰탈	
HP-1 반턱걸침 (핀접합)			-	접합부연결철근 無 에폭시 접착	
HP-2 앵글걸침 (핀접합)			-	L-75*75*7 Leveling Shim : Plate THK6 앵커볼트 :2-M16 F8T	앵커 볼트 이음 길이 : 40d (520mm)



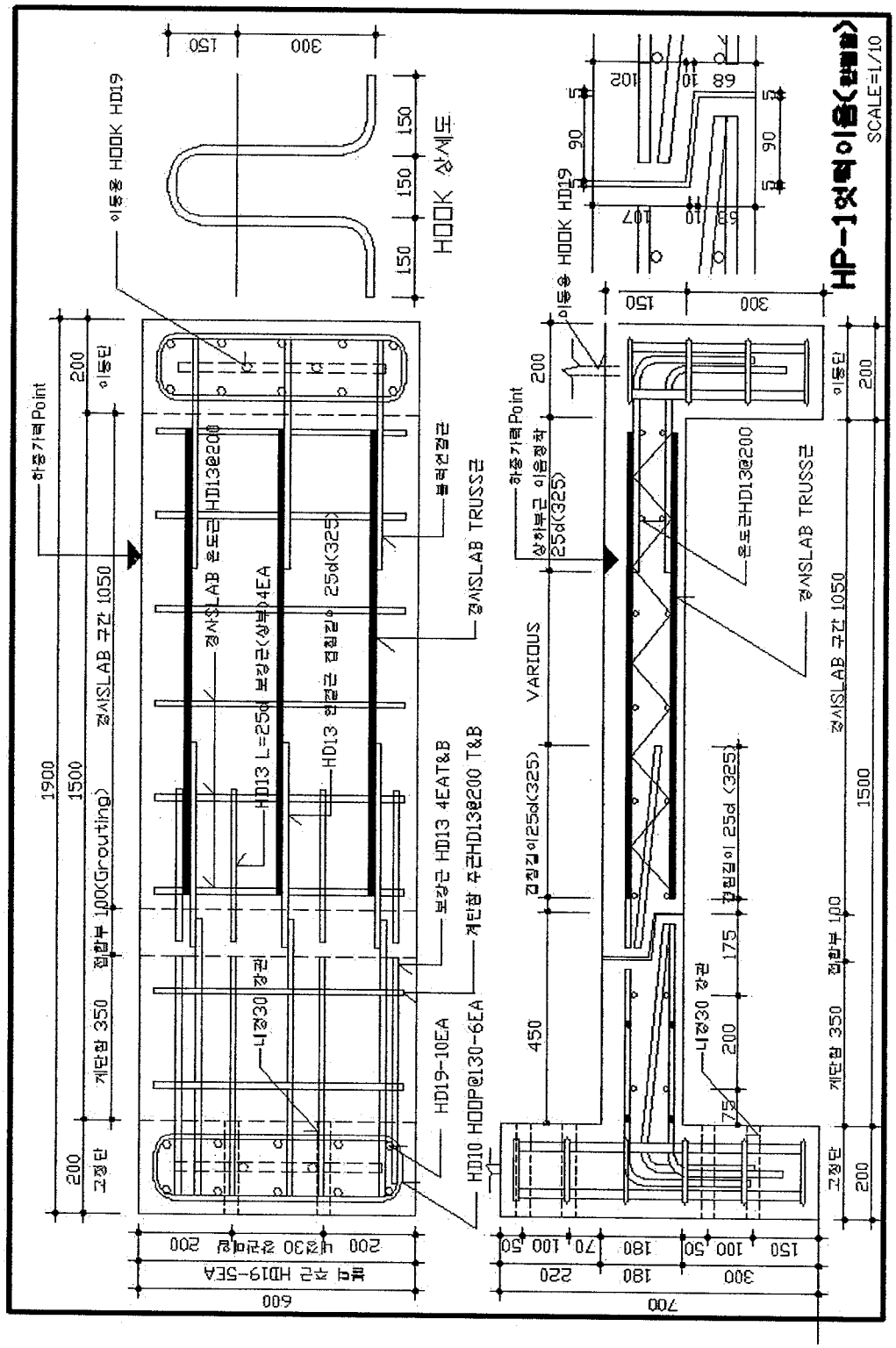
(a) HR-1 기준형 제작도면



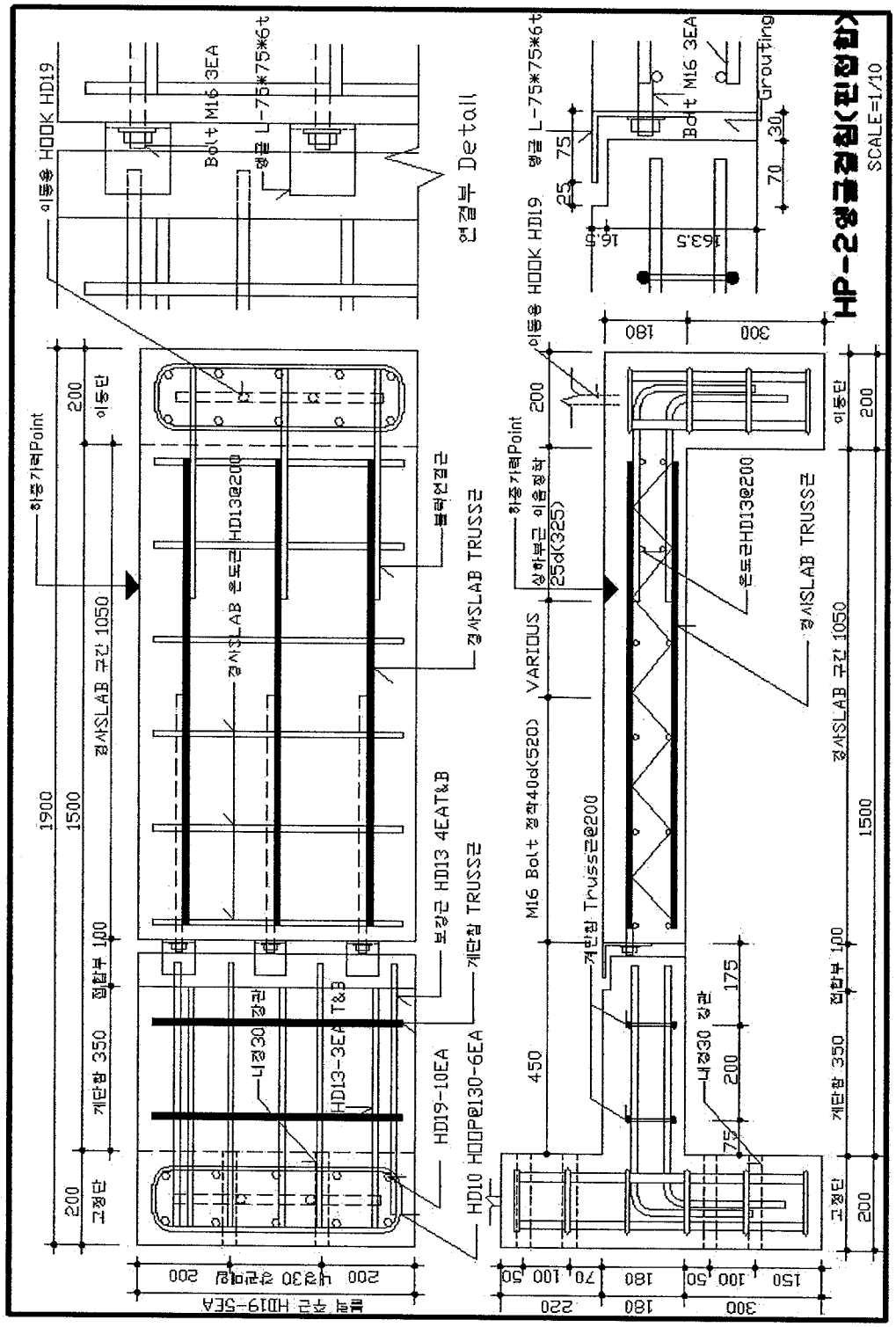
(b) HS-1 볼트접합형 제작도면



(c) HS-2 철근연결형 제작도면



(d) HP-1 반턱걸침형 제작도면

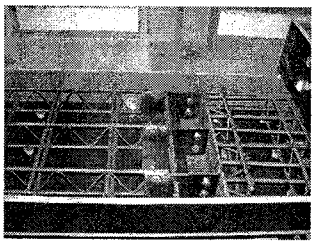


(e) HP-2 앵글결침형 제작도면

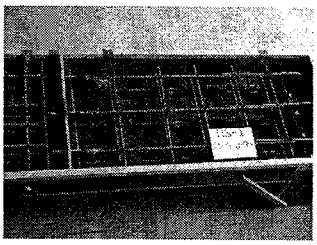
[그림 3.5.24] 실험체 도면

(라) 실험체 제작

실험체는 경기도 시흥에 있는 Hi-Form 전문 시공업체에서 기본 제작을 하였으며, 서울 산업대로 이동하여 고정단의 보강 및 스트레인 게이지 설치를 부착하였다. 선타설 부위는 250-24-120 레미콘을 이용하였으며, 비닐 양생을 실시하였다. 타설 7일 후 거푸집 탈형하였고, 실험실 실내에서 28일 이상 대기 양생하였고, 선타설 10일 후 접합부의 그라우팅 부분 타설하였다. 후타설 부위는 실험실에서 현장 배합하였으며, 실험일에 선타설 부위와 같은 정도의 강도를 발현할 수 있도록 배합설계하였다.



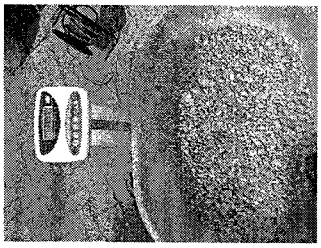
① 기본 조립



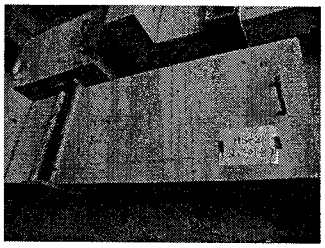
② 게이지 부착



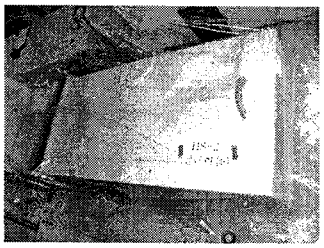
③ 1차 콘크리트 타설



④ 현장 배합설계



⑤ 2차 콘크리트 타설

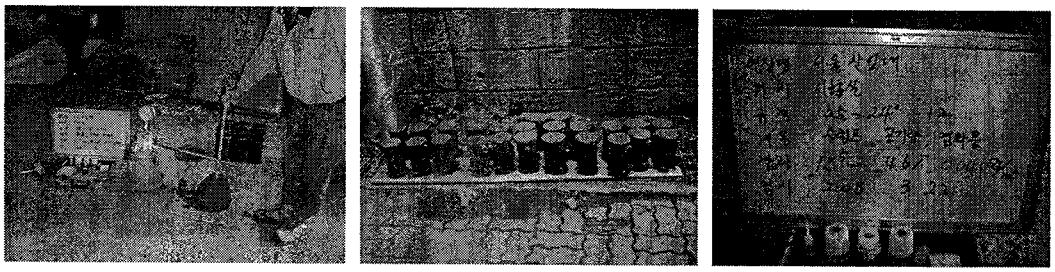


⑥ 비닐 양생

[그림 3.5.25] 실험체 준비과정

(마) 재료시험

실험체에 사용된 콘크리트는 설계 압축강도 24MPa, 30MPa로 하였다. 공시체는 KS F 2404에 따라 직경 10cm, 높이 20cm의 실린더형 몰드를 사용하여 제작하였다. 본 실험과 동시에 타설하여 7일강도 및 실험일인 30일에 압축강도 시험을 실시하였다. 강도시험용 공시체 제작은 콘크리트를 실린더형 몰드에 1/3씩 3회에 걸쳐 타설하고 각각 25회씩 다짐봉을 이용하여 다짐한 다음 고무망치로 몰드 옆면을 천천히 치면서 공극이 생기지 않도록 제작하였다. 콘크리트의 압축강도 시험은 만능시험기(UTM)를 사용하였고, 압축시험 전에 공시체 연마기를 사용하여 표면을 평평하게 면다듬기를 하여 시험하였다. 측정된 콘크리트 강도는 최소한 3개 이상의 공시체의 평균값으로 하였고, 그 결과는 [표 3.5.11]과 같다.



[그림 3.5.26] 재료시험

Specimen	Design Strength (f_{28})	Experiment result	
		7일 강도	실험일 강도
선타설(1차)	24	10.9	21.5(30일)
후타설(2차)	30	15.8	24.8(21일)

[표 3.5.11] 콘크리트 재료 시험 결과

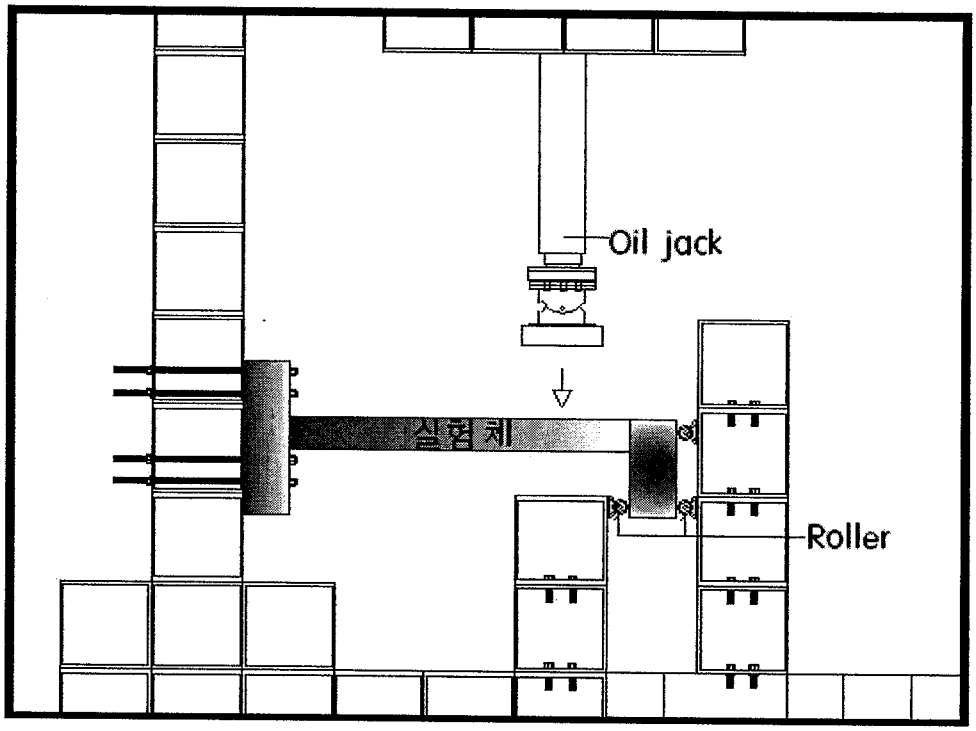
(바) 실험체 설치

실험은 서울 산업대학교 건축 구조 실험실에 있는 기기들을 사용하여 진행하였으며, 실험에 사용된 기기는 아래 [표 3.5.12]와 같다.

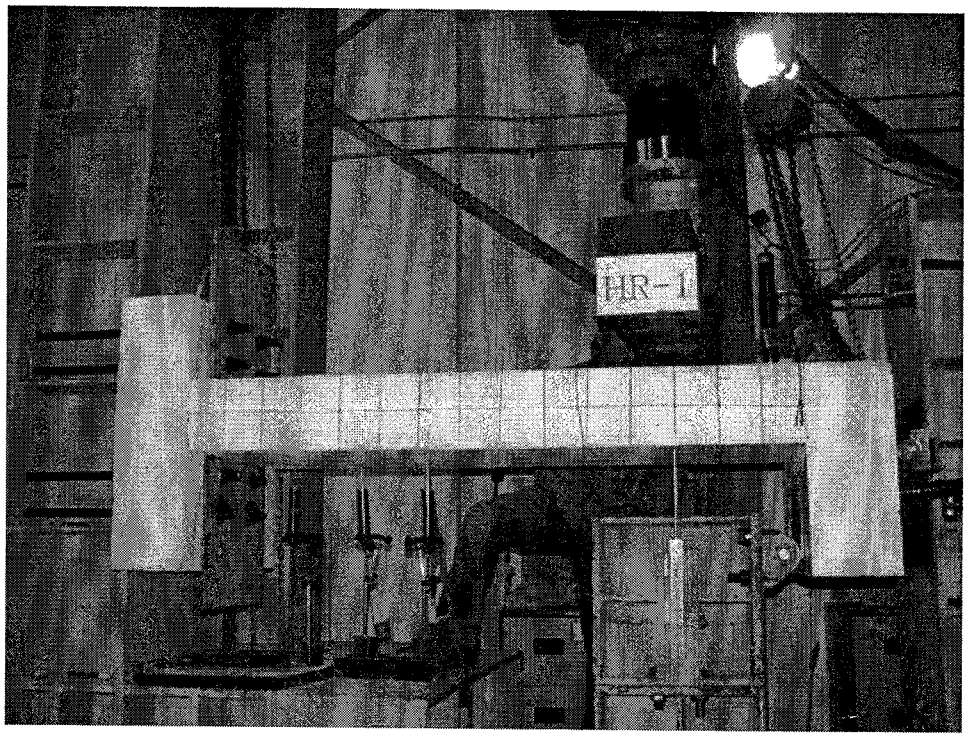
[표 3.5.12] 실험 기기

Division	Device	Capacity	No.
Acting Device	Screw Jack	50ton	1
Measure Device	LVDT	50mm	4
		100mm	1
		200mm	1
	Strain gauge	Re-bar(5mm)	90
		Con'c(70mm)	20
Data input Device	Data logger	16 channel	2
	PC	-	2

실험체의 설치는 [그림 3.5.27]과 [그림 3.5.28]에서 보는 바와 같이 반력 프레임에 콘크리트 블록을 고정시키고, 반대편에는 수직방향 변위를 풀기 위해 프레임에 주문 제작한 롤러형 철물을 설치하였다. 제작된 롤러형 철물은 실험체의 좌우측 이동을 구속하고, 수직방향의 이동을 허용케 하기 위한 것이다. 실험체의 가력은 50tf의 스크류잭을 이용하여 접합부에 실제 계단실과 같은 휨 및 전단이 가해지도록 설정한 위치에서 부재각에 따라 1/300, 1/150, 1/50, 1/30, 1/15 까지 단계별로 점증가력하였으며, 정가력만 1cycle씩 가력하였다. 하중가력계획도는 [그림 3.5.29]와 같다.

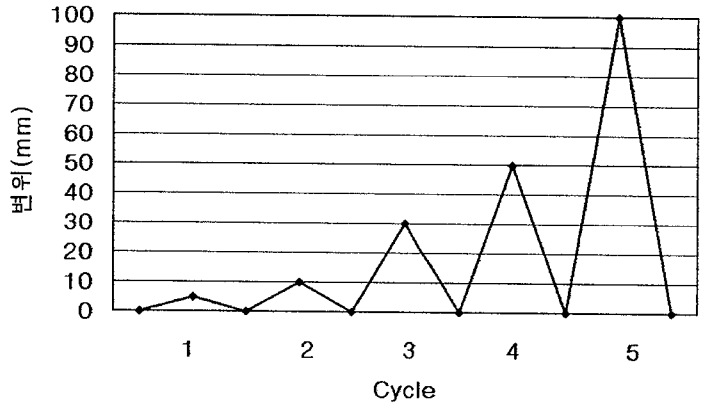


[그림 3.5.27] 실험체 설치도

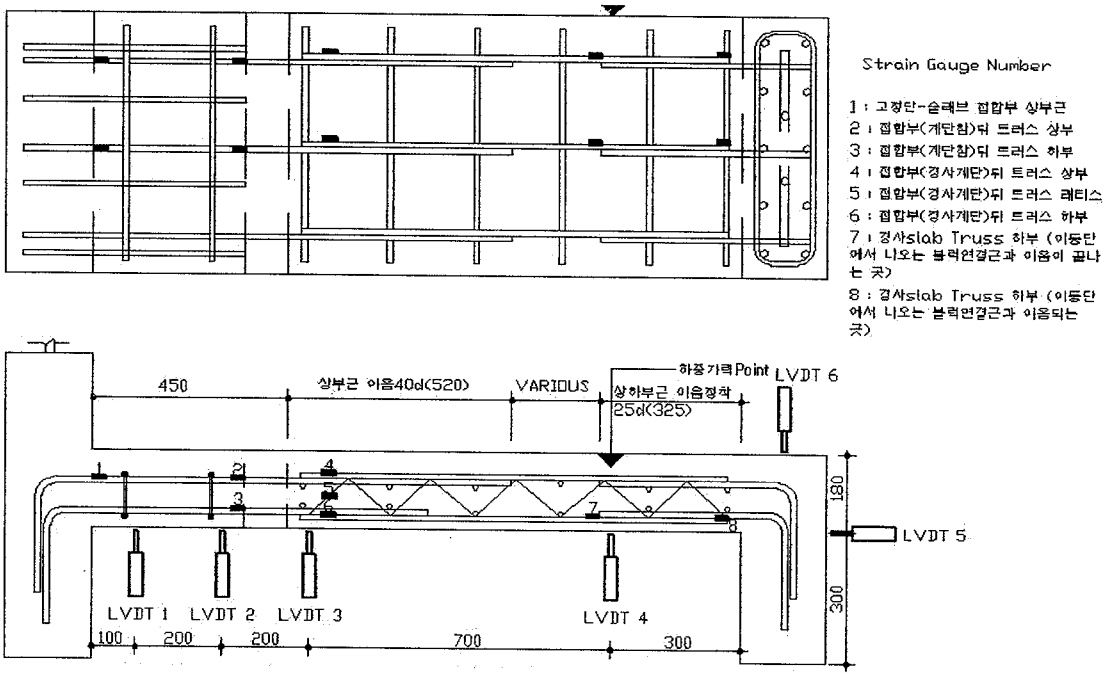


[그림 3.5.28] 실험체 설치상황

모든 실험체의 콘크리트 표면에는 균열 발생, 균열 진행 상태 등을 관찰하기 위해서 백색 수성 페인트를 칠하였고, 10cm X 10cm의 격자선을 먹물로 표시하였다. 계단 슬래브의 각각의 위치에서의 처짐을 측정하기 위하여 고정단, 접합부 좌·우측, 하중가력점, 이동단의 하부에 변위계를 설치하였고, 실험체별로 철근의 응력상태를 확인하기 위하여 고정단, 접합부, 하중점, 이동단 부분의 철근 변형률계를 부착하였다. 변위계 및 변형률계의 설치도는 [그림 3.5.30]와 같다.



[그림 3.5.29] 하중계획도



[그림 3.5.30] LVDT&Strain gauge 설치도

(사) 실험결과

[그림 3.5.32]는 실험체들의 하중-변위 관계를 비교하였다. 기준형 실험체인 HR-1은 최대 5.3tf의 내력을 가지며, 접합부의 전단파괴 양상을 보였다. 이에 반해 핀접합형인 HP-1은 초기강성이 HR-1에 비해 초기강성이 현저히 떨어짐을 알 수 있고, HP-2는 기준형에 비해 약 20%가량 강성이 떨어진다. 반강접형인 HS-1과 HS-2는 기준형에 비해 약 92%의 강성을 보유하며 초기에는 강접합에 가까운 거동을 보인다. 그러나 접합부의 분리타설부분에 손상이 생기면서 강성이 떨어지고, 변형이 증가하다가 접합부 내의 응력 분담 요소의 영향으로 다시 강도가 증가하게 된다. HS-1은 용접부의 파괴로 인해 접합부 내에 있는 요소의 최대내력까지 도달하지 못하여 재실험을 준비 중에 있다. HS-2는 기준형에 비해 약 43%의 내력을 보유하며 뛰어난 연성을 보였다. HP-1 및 HP-2는 경사계단부의 휨파괴로 최종파괴되었으나, 대부분 휨에 의한 접합부의 벌어짐이 심해지면서 사용성 저하로 인해 더 이상의 내력은 의미가 없다고 볼 수 있다.

A. HR-1

기존형인 HR-1은 첫 번째 사이클인 5mm 가력시 1.3tf에서 고정단 상부에 초기균열이 발생하여 접합부 방향으로 진행되었다. 1사이클에서 최대 1.4tf까지 증가한 후, 제하(unloading) 후 약 3mm의 잔류변형이 남아 있었다. 2cycle은 부재각 1/150에 해당하는 10mm까지 가력하여, 최대 2.7tf까지 하중이 증가하였다. 고정단 및 접합부의 균열이 슬래브 하부로 계속 진행하였고, 접합부의 균열이 더 많이 진행되었다. 이는 고정단 상부의 파괴를 방지하기 위해 보강철근이 응력을 부담하였기 때문이라 판단된다. 2사이클 완료 후 잔류변형은 5mm를 보였다. 경사계단 중앙부에 해당하는 우측단 블록은 수평방향 횡하중 반력으로 인해 오른쪽으로 밀리려는 경향을 보여, 2사이클 종료 후 실험을 중지한 채 우측단 블록의 수평방향 변위를 구속하기 위해 우측단부를 보강한 후 3cycle 1/50인 30mm를 가력하였다. 최대 4.7tf까지 하중이 증가하였고, 제하 후 잔류변형은 16mm를 보였다. 3.7tf에서 하중점 아래의 슬래브 하부에서 휨균열이 발생하여 계속 상부로 진행하였고, 4.5tf에서 경사계단 중앙부의 휨균열이 발생하여 계속 진행하였다. 접합부는 슬래브 상부에서 발생한 휨균열이 사선방향으로 진행하면서 전단균열 양상을 보이기 시작하였다. 4사이클은 부재각 1/30인 50mm를 가력하였고, 하중은 최대 5.3tf로 4사이클보다 많

이 증가하지 않고 이후 변형만 늘어나는 양상을 보였다. 4.9tf 가력시 접합부의 균열이 고정단 부분의 균열과 만나면서 고정단 하부 부분의 압괴 현상이 나타났다. 4사이클 제하 후 잔류변형은 35mm를 보였다. 마지막 사이클인 5cycle은 1/15인 100mm를 예정하였으나, 더 이상의 하중 증가 없이 균열이 점점 벌어져 결국 고정단 하부 콘크리트의 박리로 인해 80mm에서 실험을 종료하였다.

기존형인 HR-1은 콘크리트는 일체로 타설되어 있으나 Hi-Form 거푸집 사용시 주철근의 방향이 다르다. 계단참 부분과 경사계단 부분의 주근의 방향이 서로 다르기 때문에 주근에 용접되어 있는 트러스근이 접합부 부분에 존재하지 않는다. φ6의 트러스 철근은 계산상 전단보강의 역할을 무시하고 있으나, 45도 방향의 트러스근이 전단보강 역할을 하였음을 알 수 있다. 접합부에 트러스근이 존재하지 않는 구간이 상대적으로 전단강도가 약해져 최종파괴는 접합부의 전단파괴로 이루어졌다.



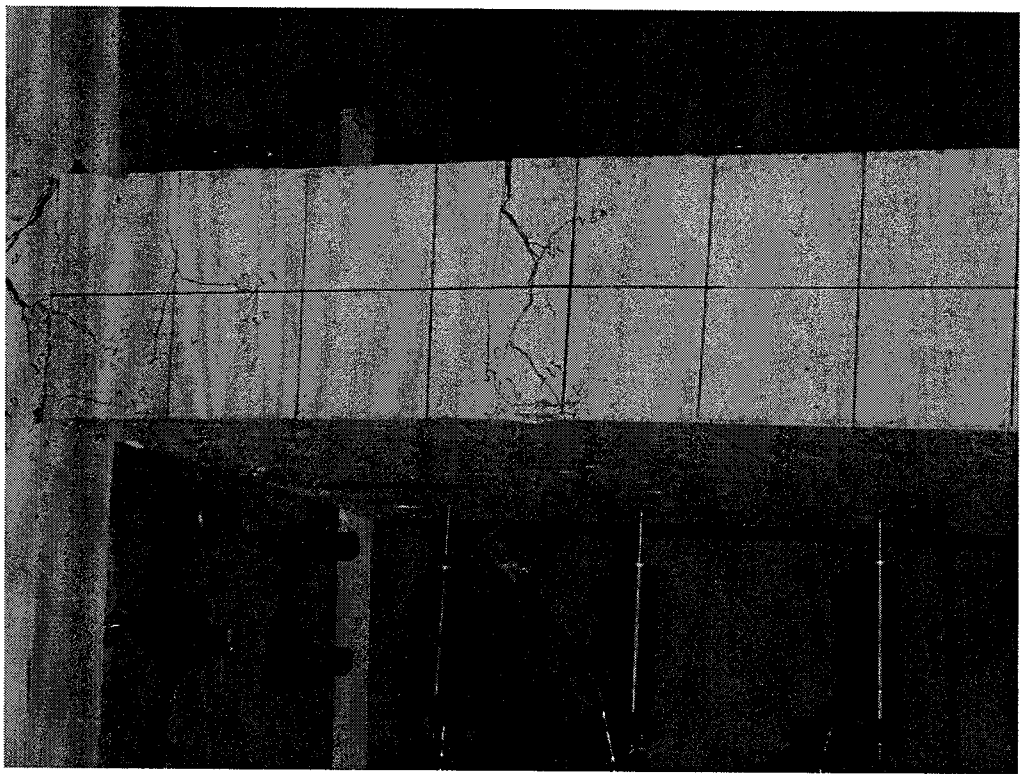
[그림 3.5.31] HR-1파괴

B. HS-1

첫 번째 사이클 가력시 0.6tf에서 고정단 상부 및 접합부 상부에 균열이 발생하였다. 이후 이동단 하부에 1.2tf에서 초기 균열이 발생하여 최대 1.3tf에서 5mm가력을 완료하였다. 제하 후 2mm의 잔류변형이 남아있었다. 2사이클은 10mm까지 가력

하였으며, 하중은 최대 1.77tf까지 증가하였다. 고정단 상부 슬래브 및 및 경사계단 중앙 하부 슬래브의 균열이 계속 진행되었다. 제하 후 잔류변형은 5mm를 보였다. 3cycle인 30mm 가력시 하중이 서서히 증가하면서 최대 2.3tf를 보인 후 감소하기 시작하였다. 이전 단계에서 발생한 균열은 계속 진전되었고, 분리타설된 접합부의 콘크리트가 선타설된 부분과 분리되면서 균열이 심하게 진행되었다. 제하 후 잔류변형은 21mm를 보였다. 4cycle인 50mm 가력시 약 1.8tf에서 분리타설 부위가 분리되어 벌어지면서 용접이 파괴되면서 하중이 더 이상 증가하지 않고, 계단참 부분과 경사계단 부위의 분리가 계속 진행되었다. 서서히 용접부위가 모두 파괴되면서 하중 증가 없이 변위가 증가하였고, 제하 후 잔류변형은 39mm를 보였고, 5cycle에서는 하중 증가 없이 접합부가 계속 벌어지면서 실험을 종료하였다.

기준형 실험체인 HS-1은 접합부에 앵글을 대고 플레이트를 볼트로 체결한 후 콘크리트를 후타설한 경우로서, 반강접 상세 중 한가지로 제안된 형태이다. 접합부의 볼트가 상하부로 설치되어 이것의 우력 모멘트에 의한 휨성능을 기대하였으나 용접의 파괴로 인해 접합부의 최대 휨성능에 도달하지 못하였다. 현재 용접을 보강한 실험체를 제작 중에 있으며 재실험이 예정되어 있다.



[그림 3.5.32] HS-1 파괴



[그림 3.3.33] HS-2파괴

C. HS-2

HS-2는 접합부에 미리 묻어둔 U자형 철근을 서로 겹쳐 꽂이 철근으로 연결시킨 후 콘크리트로 후타설한 반강접형 상세이나, 핀접합에 가까울 거동을 보일 것으로 예상하였다. 꽂이 철근이 휨성능을 확보하지 못할 것으로 판단하였기 때문이다.

1 cycle 가력시 0.3tf에서 고정단 상부에 균열이 시작되었다. 최대 0.8tf까지 하중 증가하였고, 제하 후 잔류변형은 2.5mm로 HR-1이나 HS-1에 비해 초기 균열 및 잔류변형이 크게 나타나 핀접합 상세와 비슷한 양상을 보였다. 2cycle 10mm 가력시 1.3tf까지 증가하였고, 고정단 상부의 균열은 계속 진행되고, 접합부의 분리타설 부위에 균열이 진행되었다. 제하 후 잔류변형은 5mm를 보였다. 3cycle은 최대 2.28tf까지 증가하다가 서서히 하중이 감소되었다. 제하 후 잔류변형은 17mm를 기록하였고, 접합부의 분리타설 부분의 균열이 슬라브 하부에서 수평방향으로 계속 진행되었고, 경사계단 중앙부의 균열이 계속하여 진전되었다. 4cycle인 50mm가력에서는 더 이상 하중이 증가하지 않고 최대 2.2tf을 보인 후 서서히 감소하고 변위만 늘어났다. 제하 후 34mm의 잔류변형을 보였으며, 하중점 아래 슬래브 하부에 휨균열이 발생하였다. 5cycle에서는 하중 증가 없이 접합부가 계속 벌어지면서 접

합부 내부 철근이 보일 정도의 벌어짐이 생겼다. 사실상 파괴상태로 간주해야 할 정도의 사용성 저하가 발생하였다. 이후 완전 파괴까지 하중을 서서히 가력한 결과 접합부가 계속 벌어지고, 접합부 내부의 꽂이 철근이 응력을 부담하면서 하중이 다시 증가하면서 경사계단 부분으로의 균열이 계속 진행되었다. 2.5tf에서는 접합부 슬래브 하부에 전단 균열이 발생하였고, 하중점 아래 부분과 경사계단 중앙부의 휨균열이 진행되면서 파괴되었다.



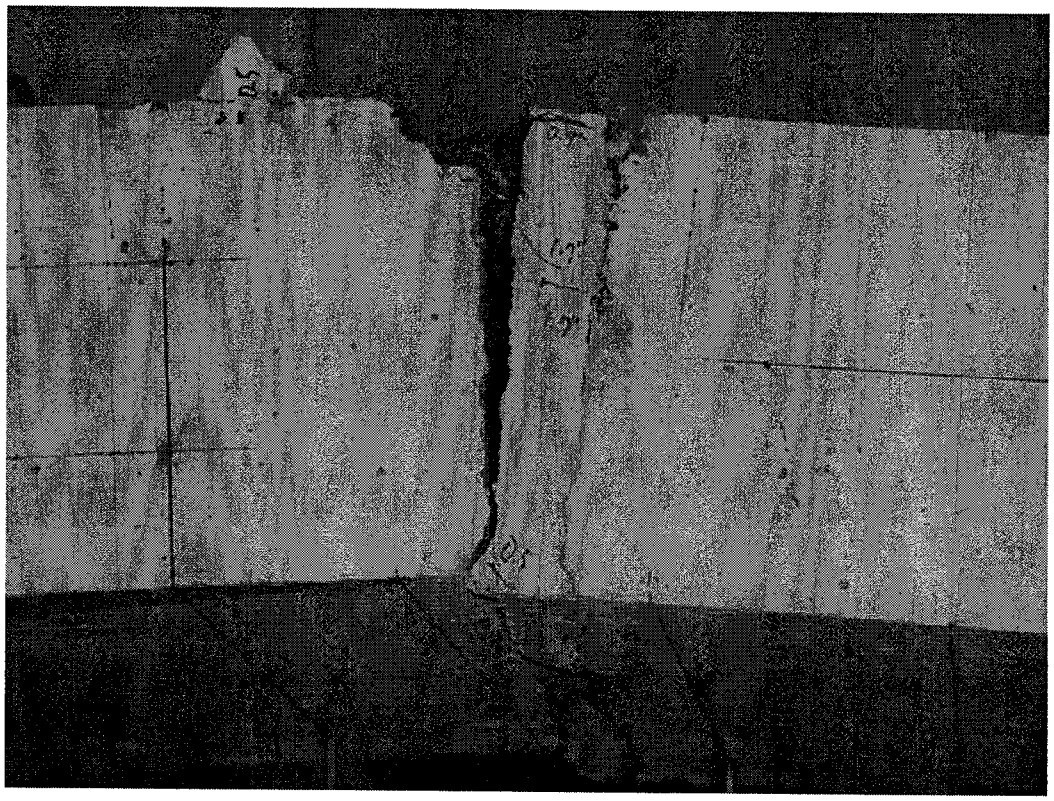
[그림 3.5.34] HP-1 파괴

D. HP-1

HP-1은 핀접합 형태로 순수 전단 접합형으로 볼 수 있다. 계단참과 경사계단은 반턱 형태로 하여 걸쳐 놓은 후 에폭시로 마감하였다. 접합부의 휨성능은 없는 것으로 보고, 전단성능만을 보유한 형태이다.

0.1tf에서 에폭시에 균열이 시작되어 계속 진전되었고, 0.27tf에서 하중점 아래 부분의 슬래브 하단 초기균열을 시작으로 0.3tf 고정단 상부에 초기균열이 발생하였다. 1cycle에서는 5mm에 최대 0.35tf까지 증가하였다. 제하 후 잔류변형은 4mm를

보였다. 2cycle에서는 10mm까지 가력하였고 최대 0.5tf까지 하중 증가를 보였다. 0.5tf에서 에폭시 접착부위 상부가 약 6mm 가량 벌어지면서 경사계단 부분이 우측으로 밀리는 현상이 나타났다. 우측 프레임을 보강 한 후 계속 가력하였으나 2cycle에서는 0.5tf에서 더 이상의 하중이 증가하지 않았다. 제하 후 잔류변형은 17mm를 보였다. 3cycle(30mm)은 하중이 서서히 증가하여 1.12tf까지 증가하였고, 접합부의 벌어짐이 계속 되면서 하중점 아래 부분과 경사계단부에 균열이 계속하여 진행하였다. 제하 후 잔류변형이 29mm를 보여 변형이 거의 회복되지 않음을 알 수 있다. 4cycle(50mm)에서는 하중 1.47tf, 변위 33mm까지 서서히 증가하다가, 하중 증가 없이 변위만 증가하는 양상을 보인 후 다시 최대 1.68tf까지 하중이 증가하였고, 제하 후 47mm의 잔류변형을 보였다. 4사이클 완료 후 접합부 슬라브 상부 벌어짐은 약 20mm, 하부 벌어짐은 약 10mm를 보이며, 계단참 부분에는 응력이 전달되지 않는 상태에서 경사계단부의 변형이 심하게 일어났다. 5cycle에서는 하중이 다시 증가하여 2.2tf까지 계속 증가하다가 최대 2.9tf까지 증가하였으며, 접합부의 벌어짐이 계속되는 상태에서 제하 후 잔류변형은 95mm를 보였다.



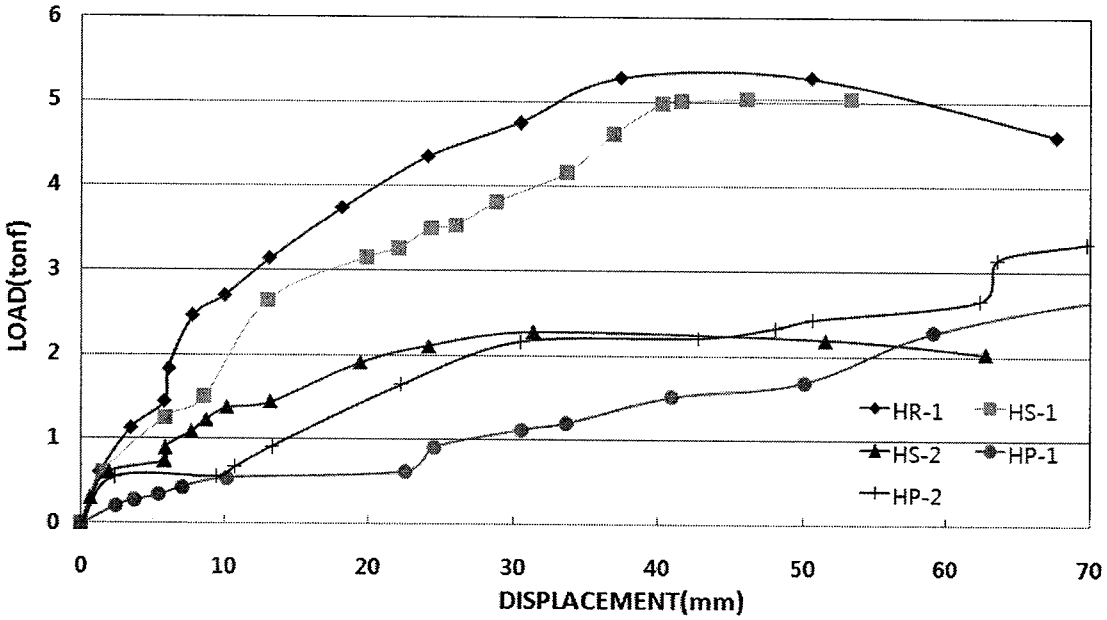
[그림 3.5.35] HP-2파괴

E. HP-2

HP-2는 경사계단 부분에 ㄱ자형 형강을 앵커볼트로 고정하여 계단참 부분에 걸쳐놓는 형태로 핀접합형 상세이다. 앵커볼트에서 파괴되지 않도록 설계되었고, 접합부에서의 휨성능은 없는 것으로 예상된다.

1 cycle인 변위 5mm에서는 0.5tf까지 하중이 증가하였고, 접합부의 그라우팅 부분에 균열이 생겨 벌어지기 시작했고, 경사계단 하부 슬래브 및 고정단 상부 슬래브에 휨균열이 발생하였다. 제하 후 잔류변형은 2mm를 보였다. 2cycle에서는 그라우팅이 계속 벌어지면서 최대하중은 0.6tf을, 제하 후 잔류변형은 9mm를 보였다. 접합부의 그라우팅이 벌어지면서 변형이 회복되지 않음을 알 수 있다. 고정단에는 더 이상 균열이 진행되지 않았고, 접합부 슬래브 상부의 벌어짐이 약 6mm까지 진행되었다. 3cycle에서는 접합부의 벌어짐이 계속되면서 경사계단이 우측으로 밀리는 현상이 발생하고, 1.8tf까지 하중이 증가하다가 접합부 벌어짐이 약 11mm가량 벌어지면서 하중이 약간 감소하였다. 이후 다시 증가하면서 하중점 아래부터 경사계단 슬래브 하부에 균열이 계속 진행되었고, 하중은 2.2tf까지 증가하다가 다시 감소하였다. 이 때 접합부의 벌어짐이 커지면서 실험체 전후면의 수평차이가 약 7mm정도 벌어졌고, 제하 후 잔류변형은 27mm를 보였다. 4cycle(50mm)에서는 2.1tf까지 하중이 증가하다가 2.4tf까지는 서서히 증가하였고, 이후 다시 하중이 감소하였다. 접합부 상부 벌어짐은 약 15mm이고, 경사계단 하부 슬라브의 휨균열이 상당히 많이 진행되었으며, 제하 후 46mm의 잔류변형을 보였다.

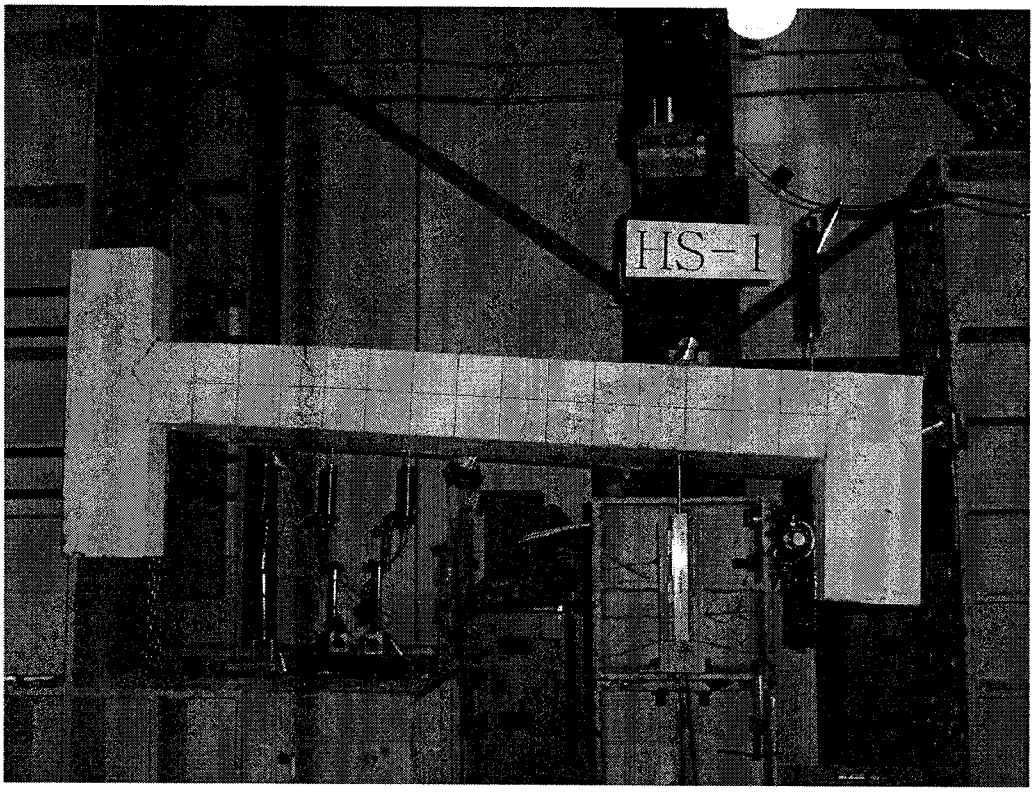
5cycle(100mm)에서는 2.2tf까지 증가한 하중은 서서히 증가하여 최대 약 3.3tf까지 증가세를 보였고 이후 감소하였다. 경사계단 하부의 균열이 계속 진행되었고, 접합부에서는 앵글의 변형률이 증가하였다. 하중이 감소하면서 2.2tf에서 경사계단 슬라브의 파괴로 실험이 종료되었다.



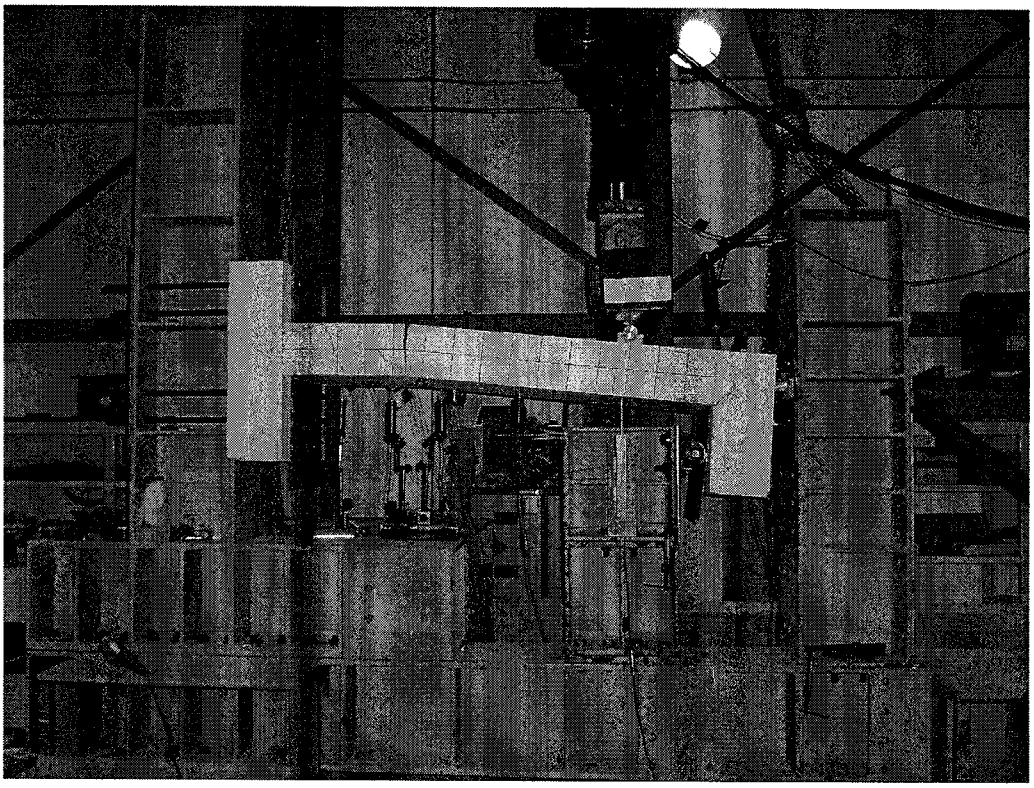
[그림 3.5.36]하중-변위 곡선



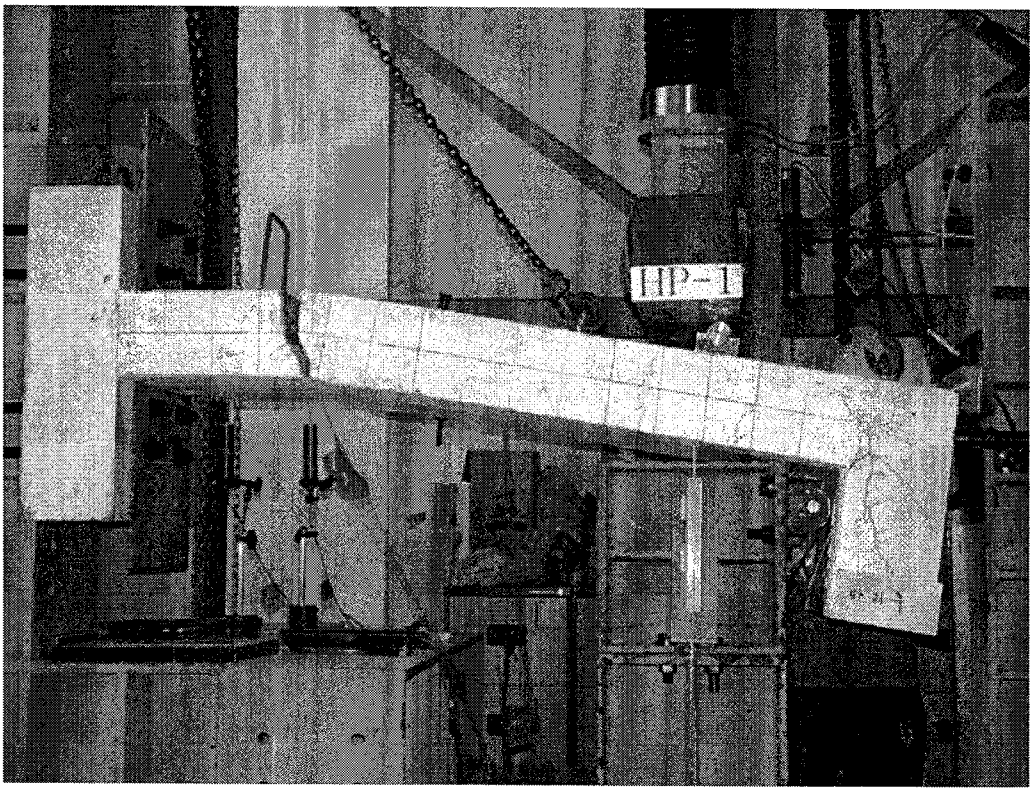
[그림 3.5.37]HR-1 파괴



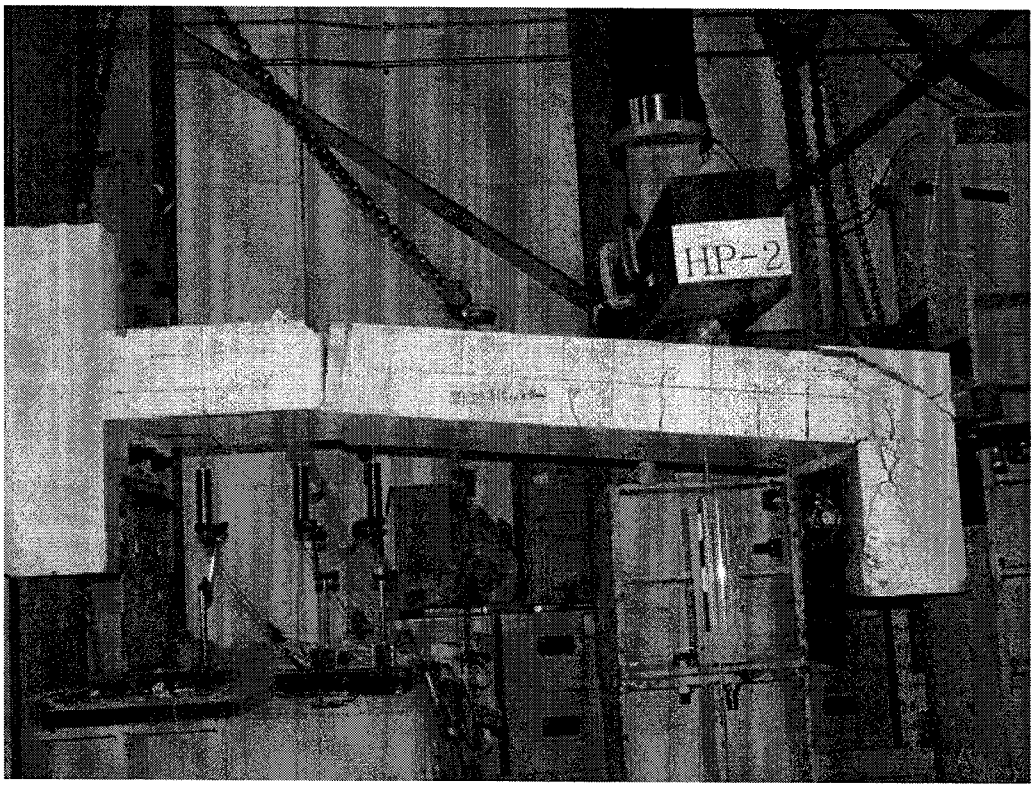
[그림3.5.38]HS-1 파괴



[그림3.5.39]HS-2 파괴



[그림 3.5.40]HP-1 파괴



[그림 3.5.41]HP-2 파괴

(아) 사용성 평가 (3.5.41~)

사용성 평가는 크게 진동성능에 대한 거주성능 평가와 처짐평가를 실시하였다. 현행 기준상 계단실에 대한 성능 평가 지침이 없고, 또한 스팬이 크지 않은 계단실의 진동을 평가하는 것은 큰 의미가 없다고 생각할 수도 있다. 그러나 진동에 대한 성능 평가는 최근 중국처럼 지진과 같은 큰 수평하중 발생 시 재해를 줄일 수 있는 방법을 모색할 근거가 된다. 따라서 진동 성능에 대해 일본 건축학회 지침을 적용하여 평가하였다.

A. 일본 건축학회 거주성능지침 평가

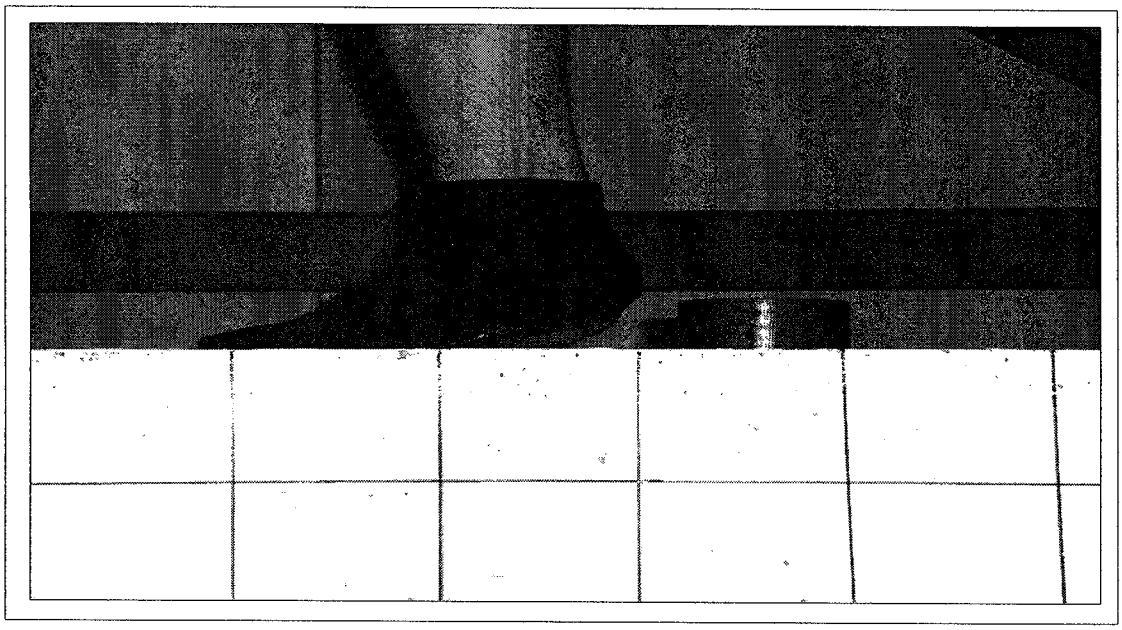
AIJ 기준에서는 보행하중 및 뒤꿈치 충격하중에 대한 최대가속도를 고유진동수에 따라 제시하고 있다. 그 중 본 연구에서 측정한 하중 수집방법은 [그림 3.5.42]에서처럼 뒤꿈치 충격하중을 주었으며, FFT 분석결과 21Hz ~ 23Hz의 진동수를 가진 것으로 측정되었으며, 이는 그림[3.5.43]에 나타내었다. 각 실험체의 최대가속도와 고유진동수[그림 3.5.44]를 AIJ 거주성능 평가 지침에 적용한 결과 강접합과 반강접합에 대해서는 평가 기준값을 만족하는 것으로 나타났으나, 핀접합의 경우는 만족하지 못하고 있음을 알 수 있다.

B. 처짐평가

계단 슬래브의 처짐은 사용하중(P로 환산하면 0.69tf)이 작용할 때의 처짐을 측정한 값으로 이에 대한 처짐 평가는 KBC 2005의 최대 허용처짐 기준[표3.5.12]에 근거하여 실시하였다. [그림3.5.45]은 사용하중 작용시의 처짐분포를 나타낸 것이다. 1/180을 기준으로 보면 핀접합 실험체들은 모두 기준을 만족하지 못하는 결과를 볼 수 있다. 또한 과도한 처짐에 의해 손상되기 쉬운 비구조 요소를 지지 또는 부착한 지붕 또는 바닥구조의 처짐 한계인 1/480을 기준으로 평가하면 강접합인 HR-1과 본 연구의 제안 반강접합인 HS-1만이 기준을 만족하는 것을 알 수 있다.

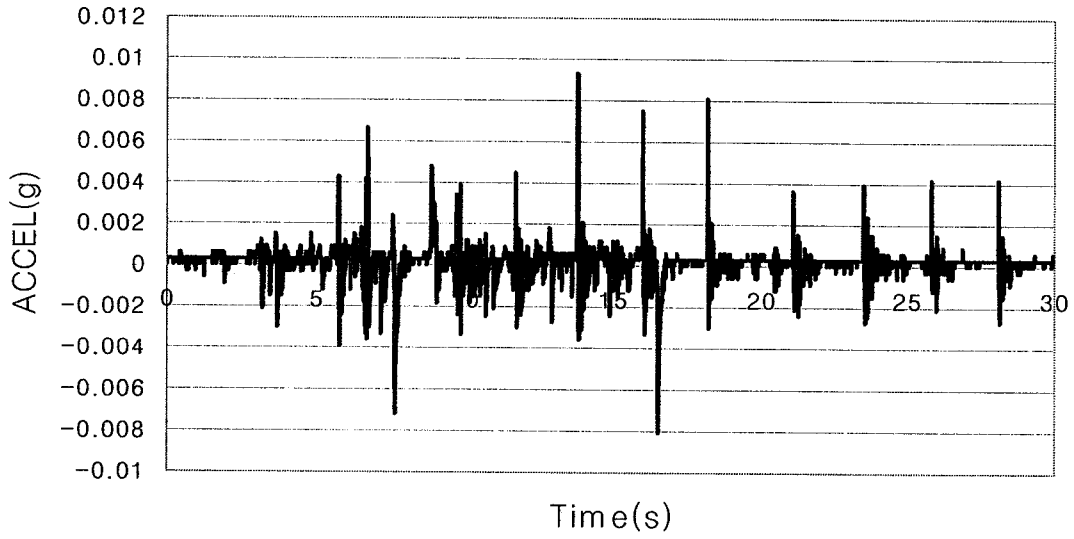
[표 3.5.13] 최대 허용처짐 기준(KBC2005)

부재의 형태	고려해야 할 처짐	처짐한계
과도한 처짐에 의해 손상되기 쉬운 비구조 요소를 지지 또는 부착하지 않은 평지붕구조	활하중 L에 의한 순간처짐	$\frac{l}{180}$
과도한 처짐에 의해 손상되기 쉬운 비구조 요소를 지지 또는 부착하지 않은 바닥구조	활하중 L에 의한 순간처짐	$\frac{l}{360}$
과도한 처짐에 의해 손상되기 쉬운 비구조 요소를 지지 또는 부착한 지붕 또는 바닥구조	전체 처짐 중에서 비구조 요소가 부착된 후에 발생하는 처짐부분(모든 지속하중에 의한 장기처짐과 추가적인 활하중에 의한 순간처짐의 합)	$\frac{l}{480}$
과도한 처짐에 의해 손상될 우려가 없는 비구조 요소를 지지 또는 부착한 지붕 또는 바닥구조		$\frac{l}{240}$

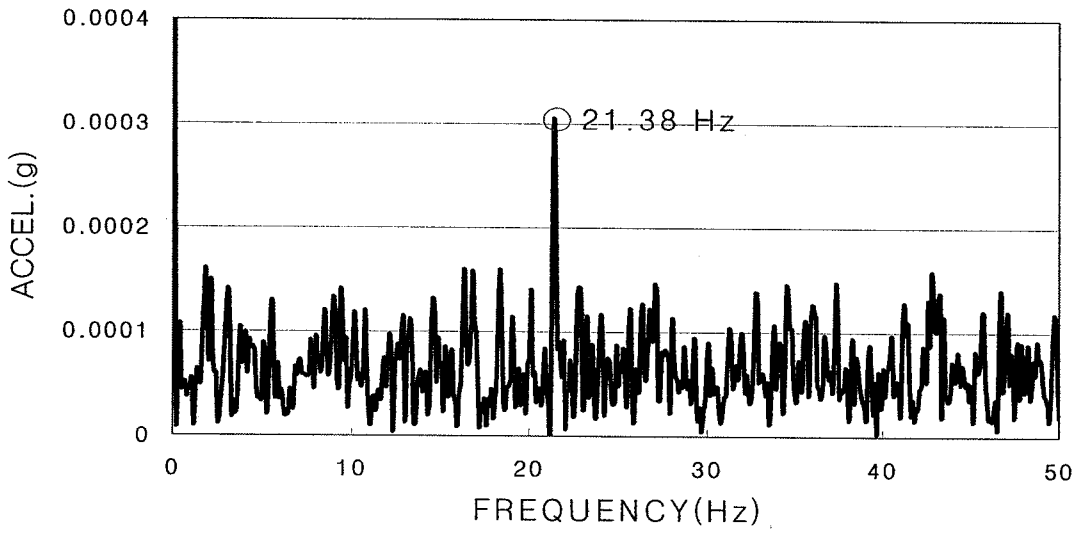


[그림 3.5.42] 초기 뒷꿈치 가력

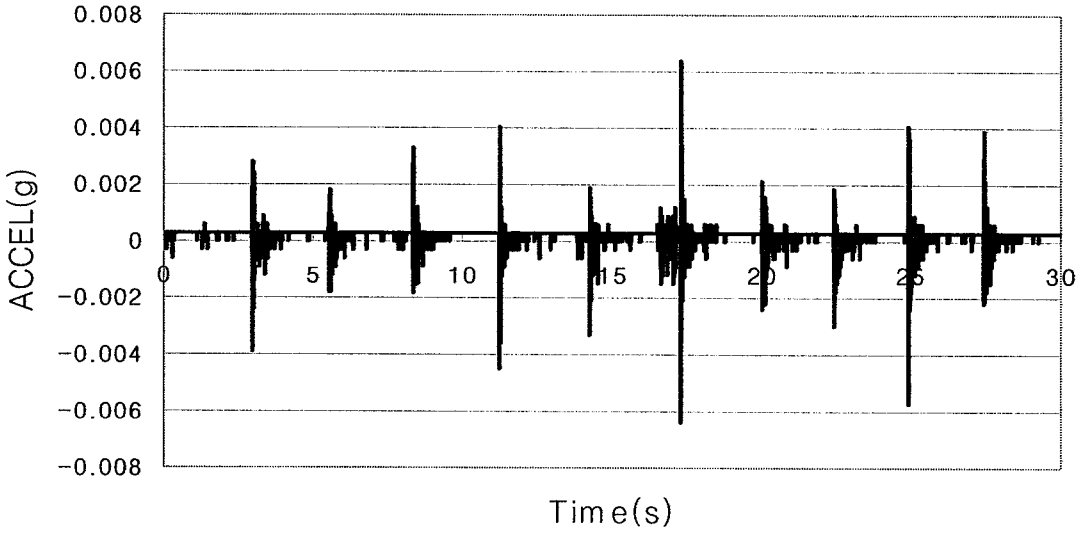
C. 각 실험체 진동 측정결과



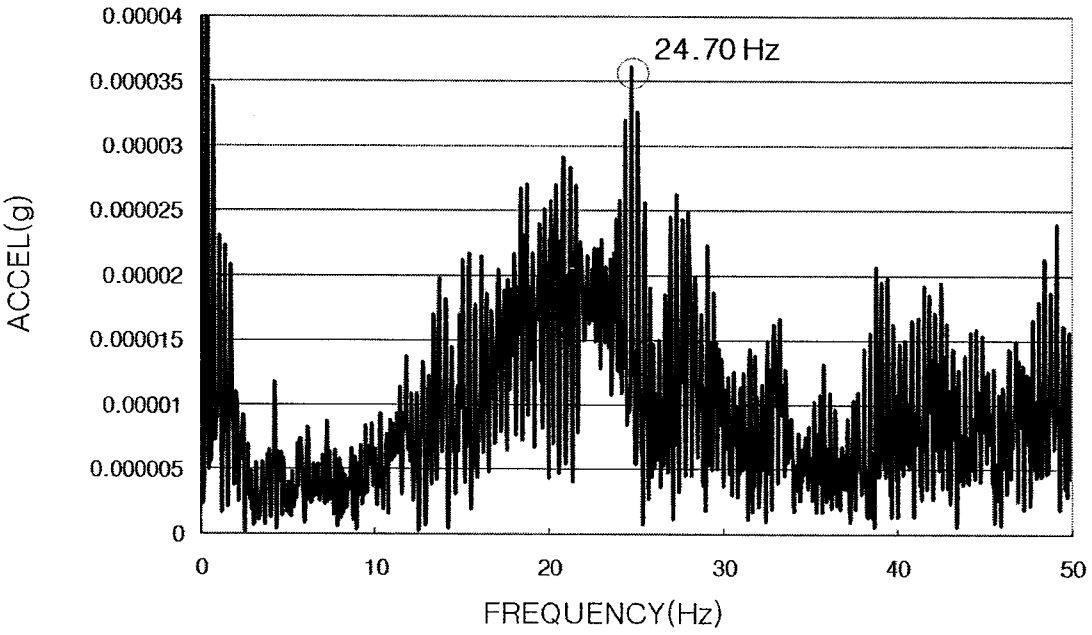
a. 진동측정 결과(HR-1 손상전 측정결과)



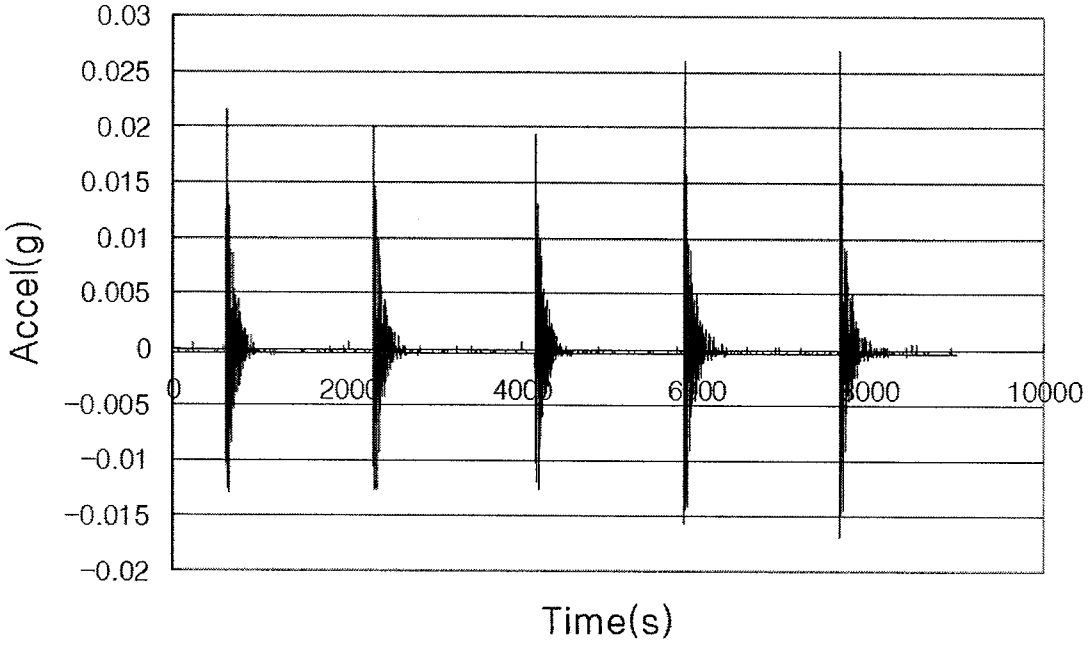
b. FFT 분석(HR-1 손상전 측정결과)



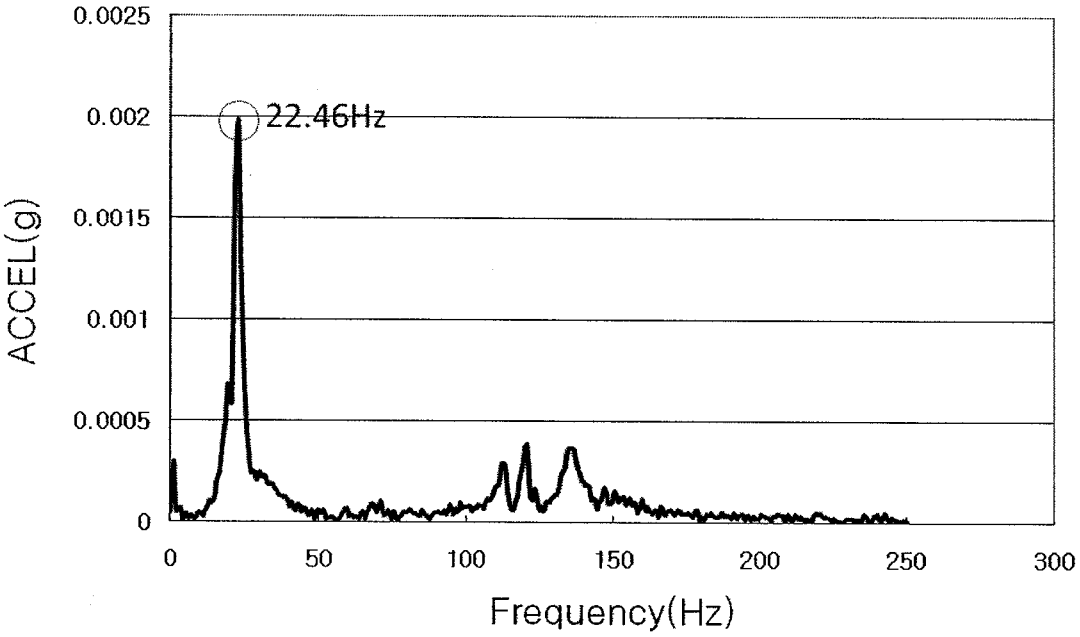
c. 진동측정결과(HR-1 손상후 측정결과)



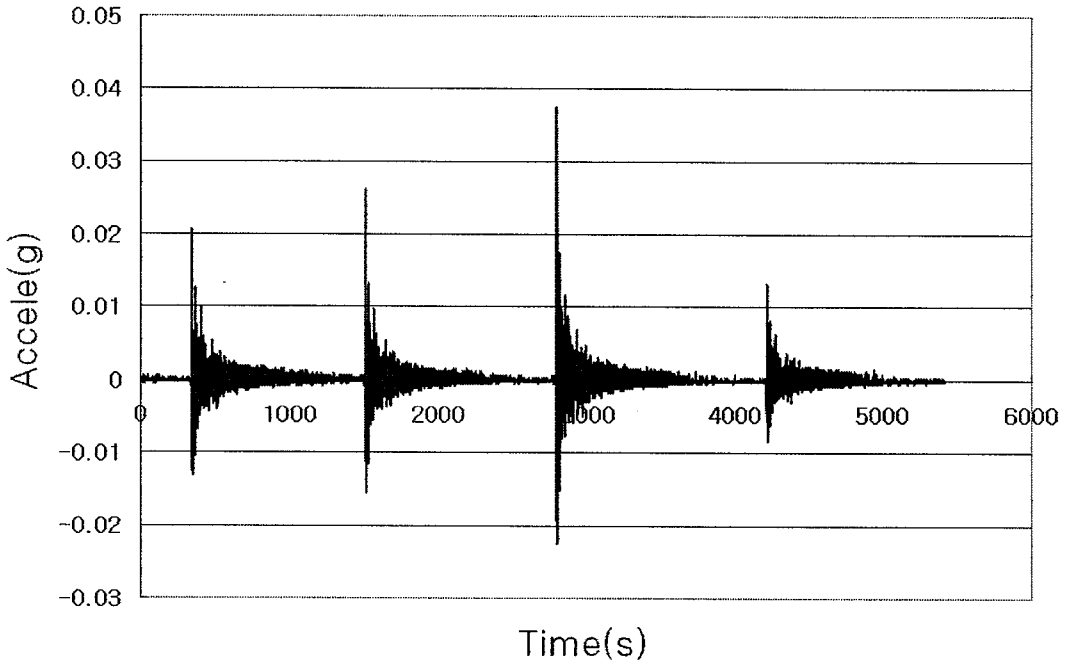
d. FFT 분석(HR-1 손상후 측정결과)



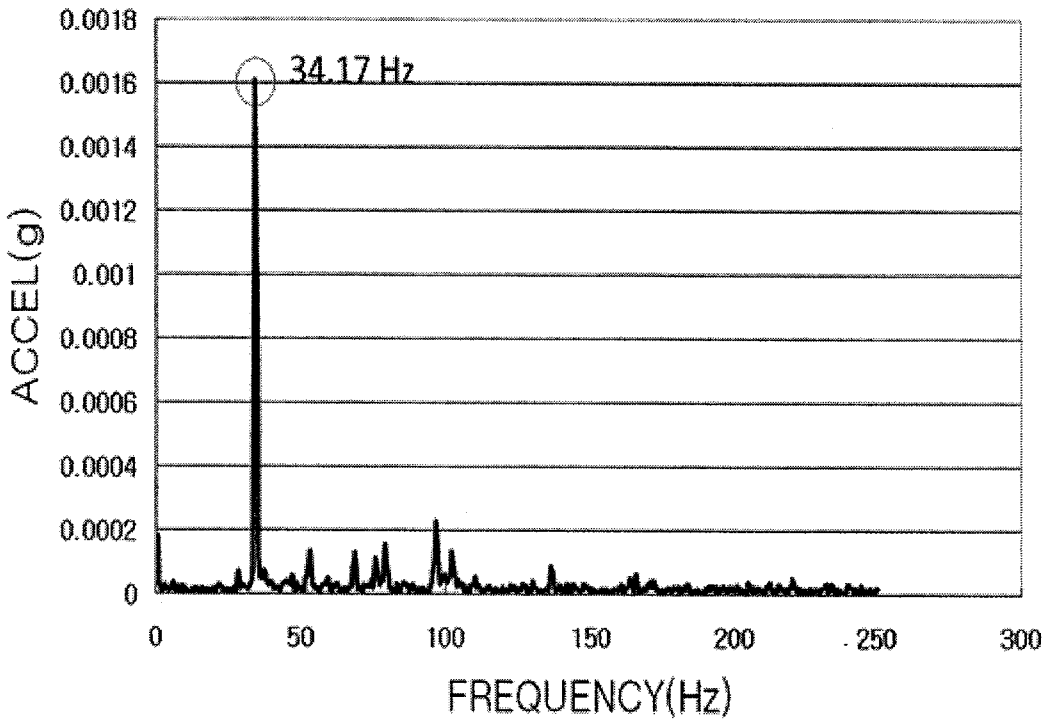
e. 진동측정결과(HS-1 손상전 측정결과)



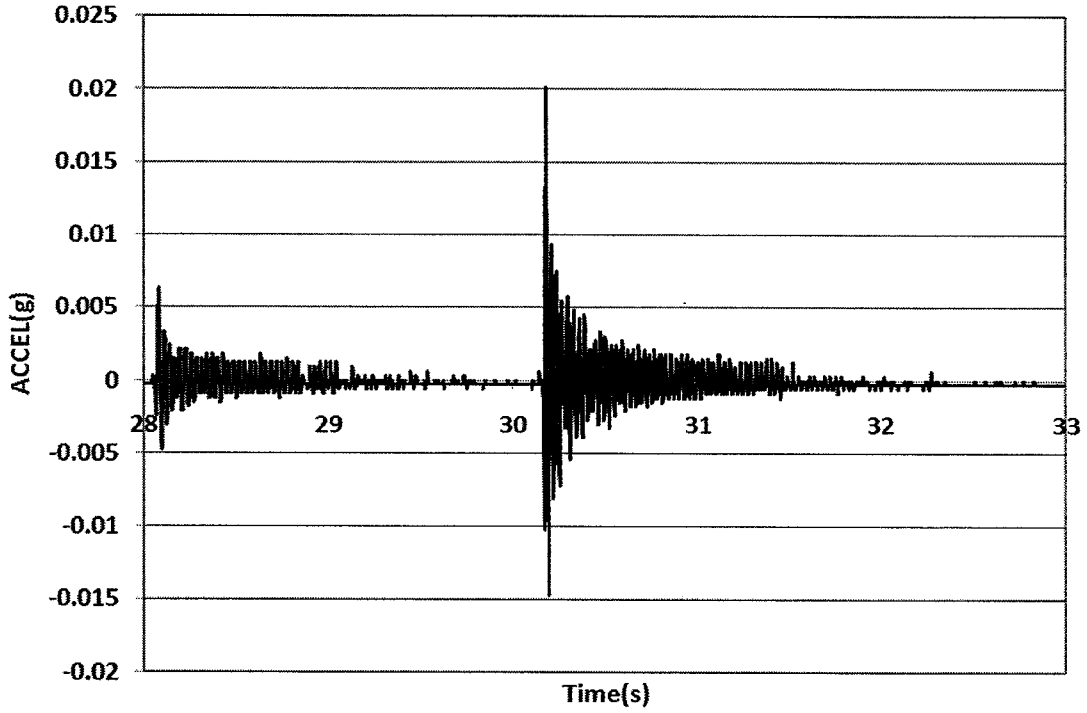
f. FFT 분석(HS-1 손상전 측정결과)



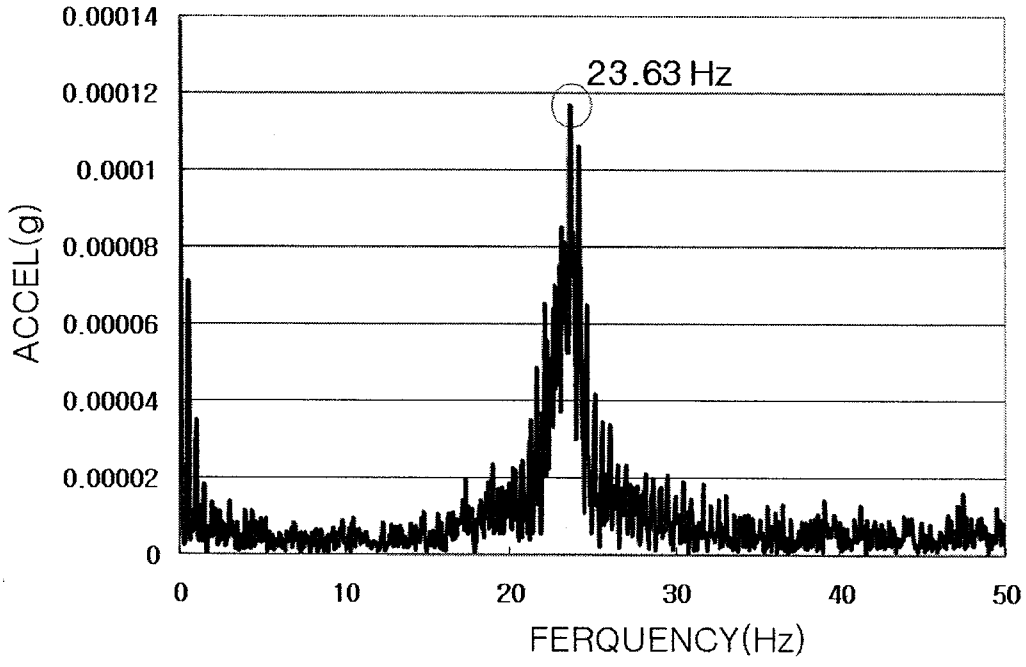
g. 진동측정결과(HS-1 손상후 측정결과)



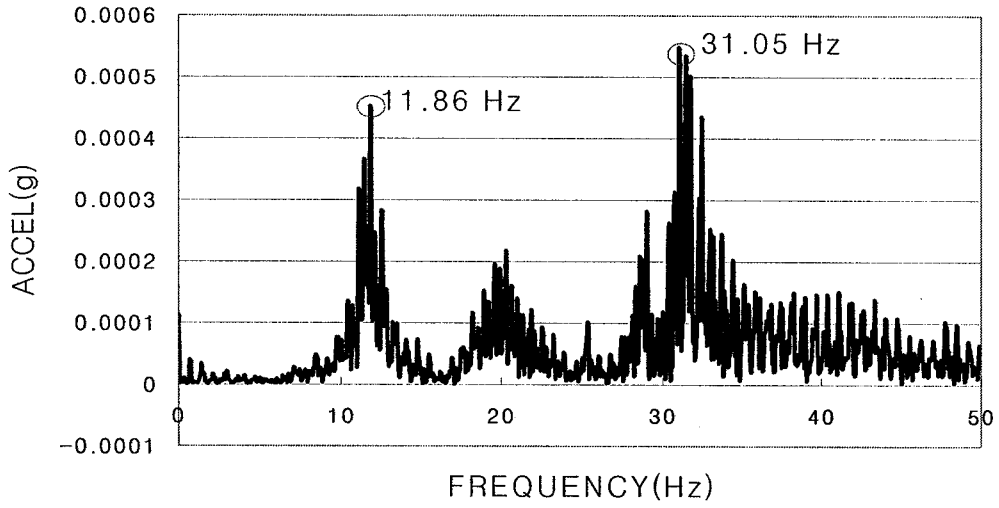
h. FFT분석(HS-1 손상후 측정결과)



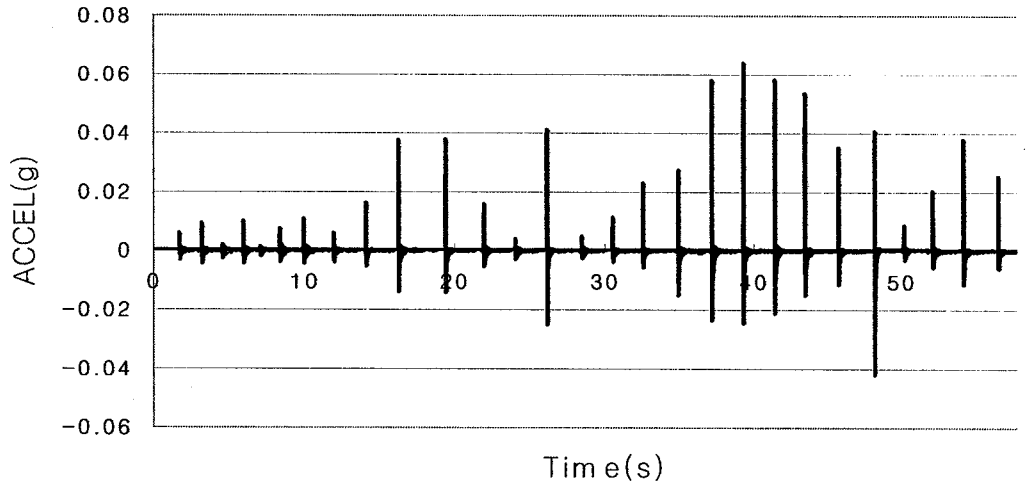
i. 진동 측정 결과(HS-2 손상전 측정결과)



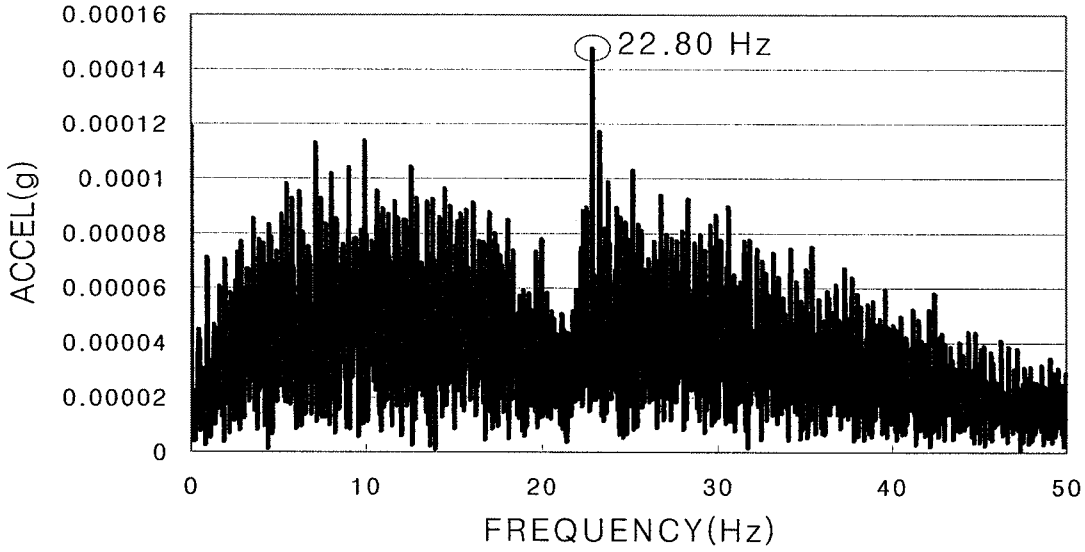
j. FFT 분석결과(HS-2 손상전 측정결과)



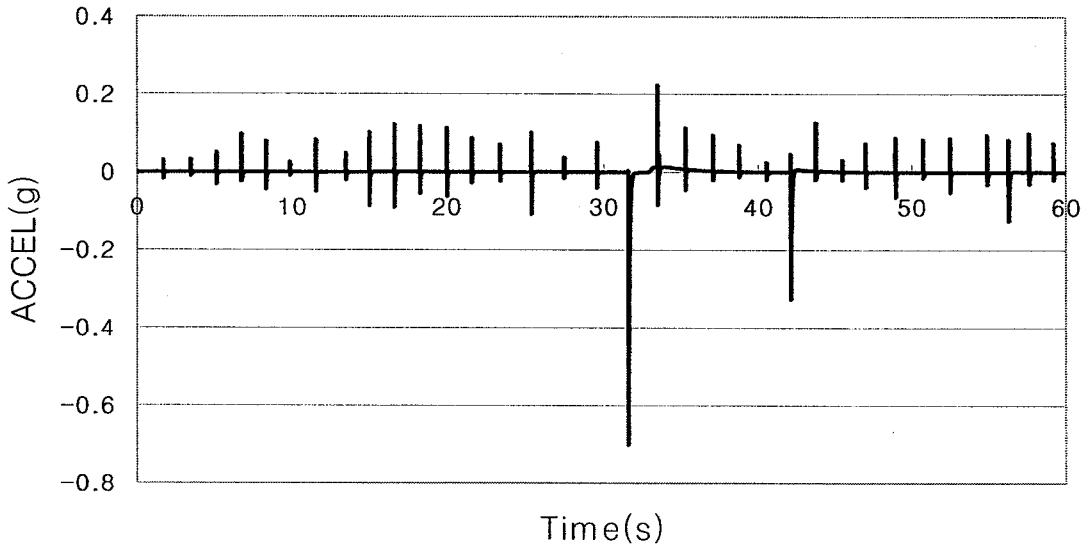
k. FFT 분석(HS-2 손상후 측정결과)



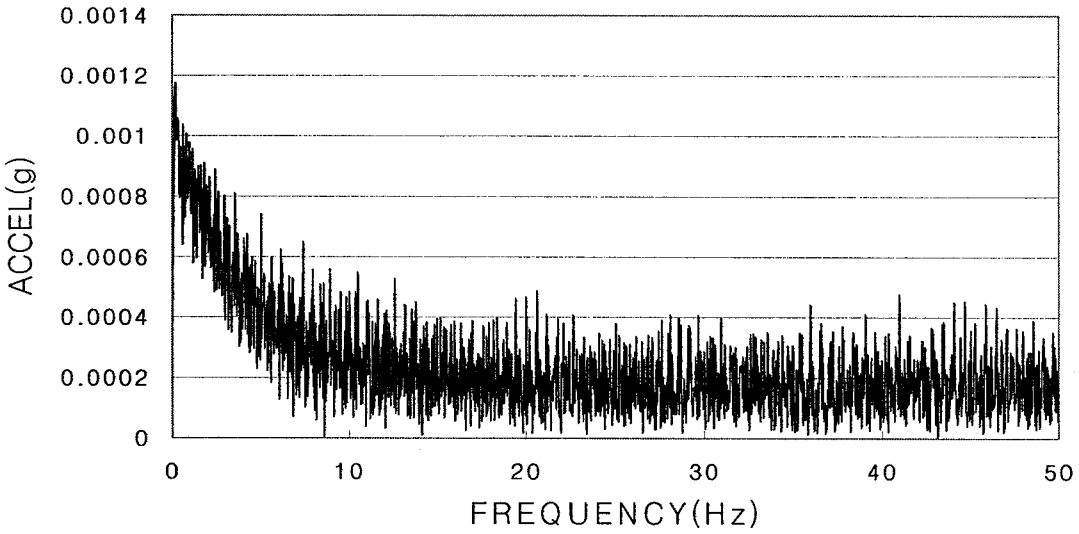
l. 진동측정 결과(HP-1 손상전 측정결과)



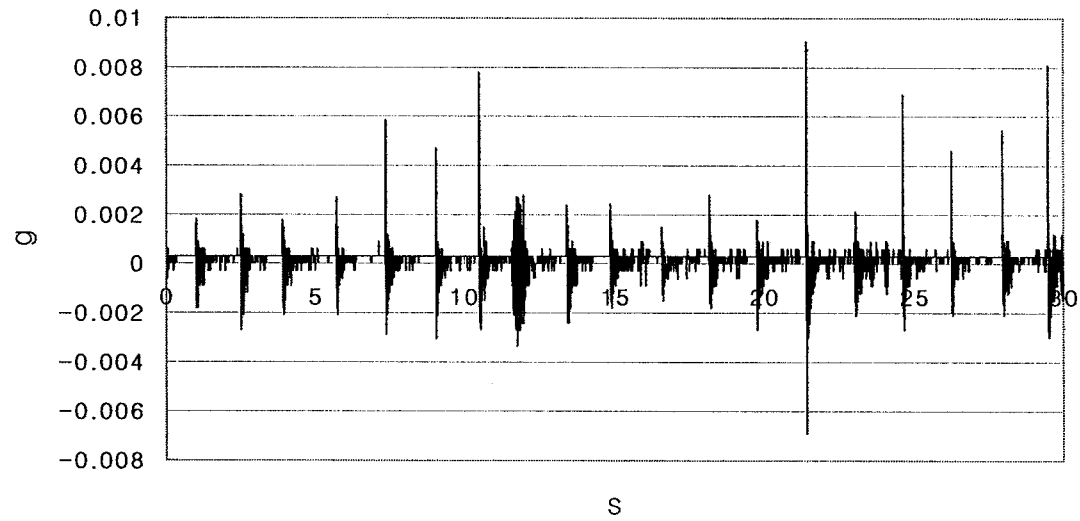
m. FFT 분석(HP-1 손상전 측정결과)



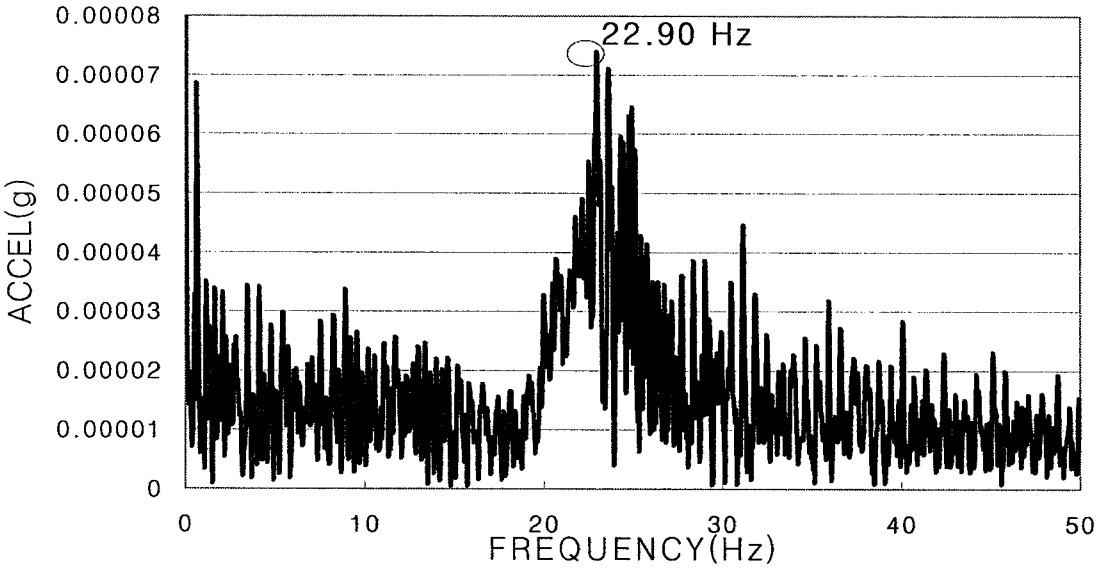
n. 진동측정결과(HP-1 손상후 측정결과)



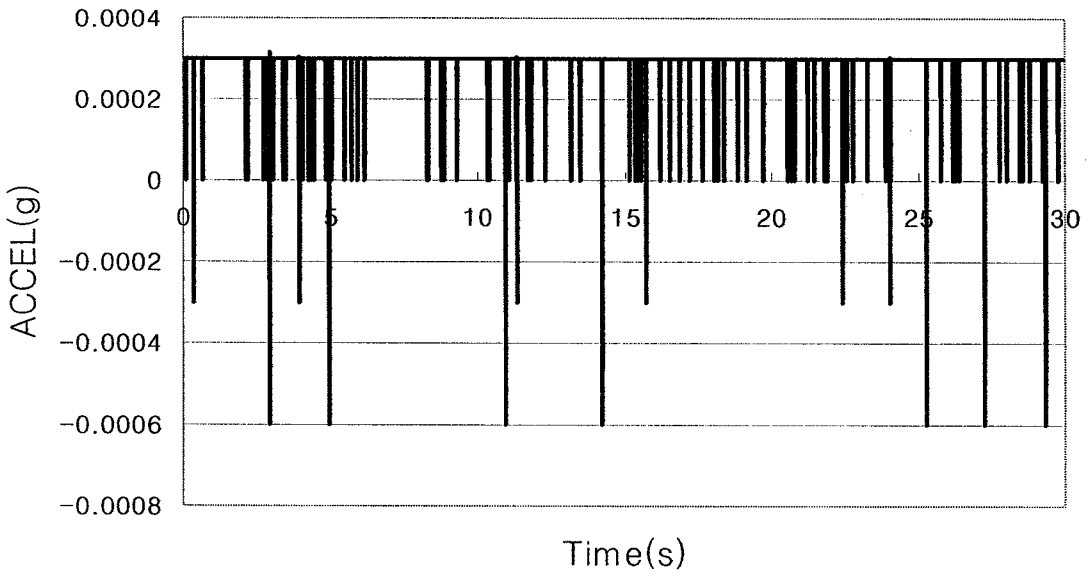
o. FFT 분석(HP-1 손상후 측정결과)



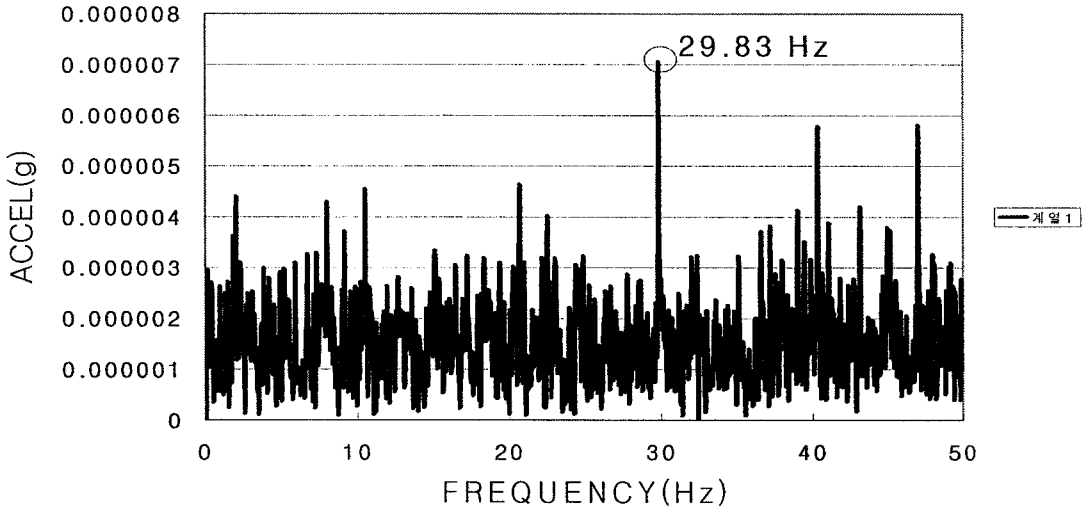
p. 진동측정 결과(HP-2 손상전 측정결과)



q. FFT 분석(HP-2 손상전 측정결과)

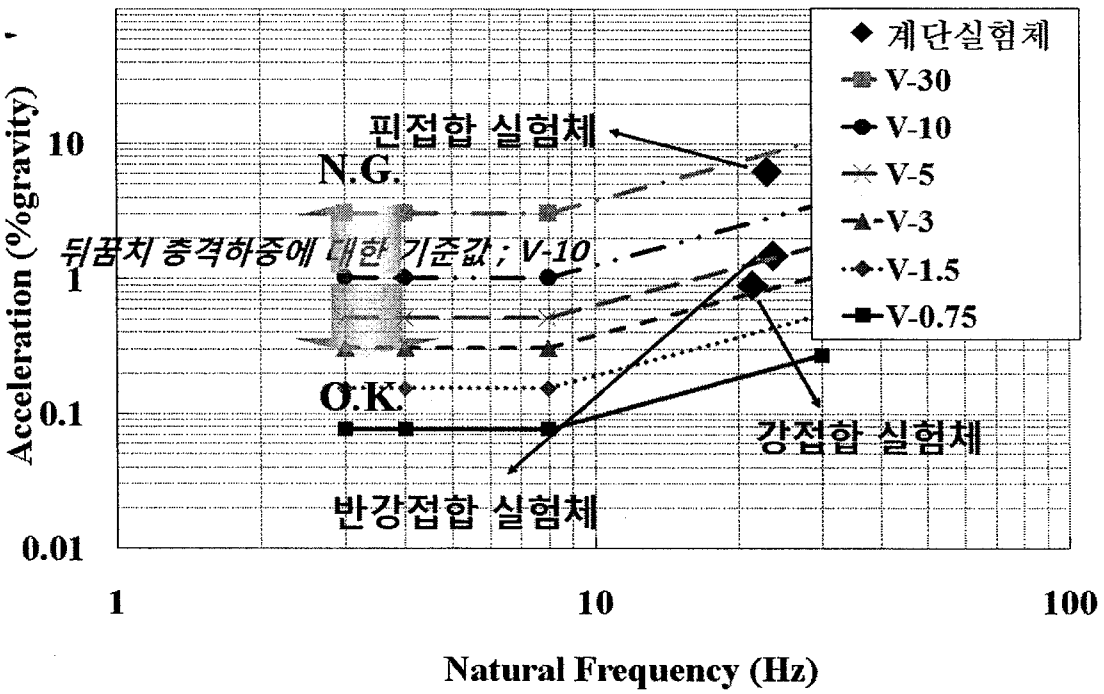


r. 진동측정결과((HP-2 손상후 측정결과))

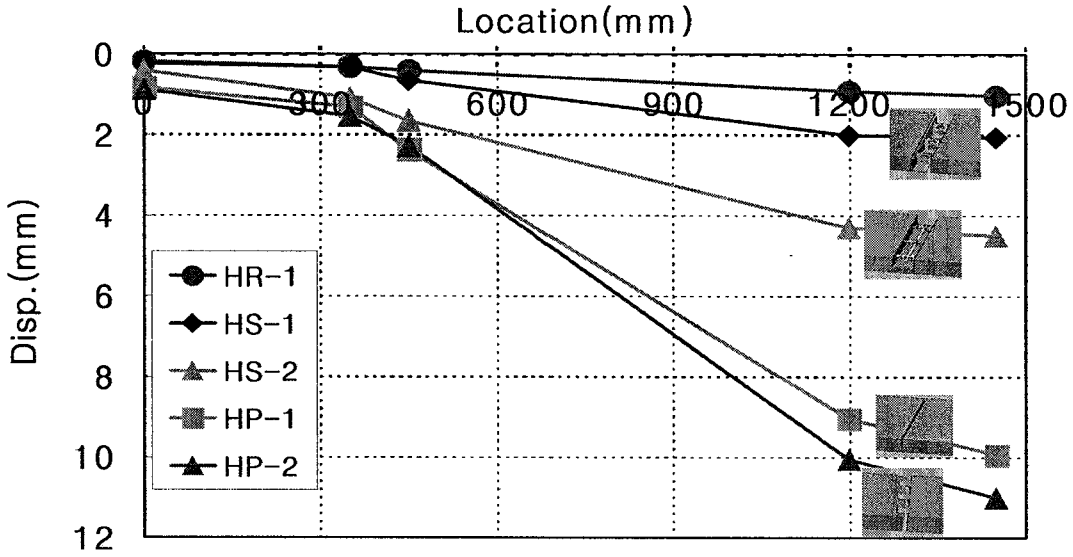


s. FFT 분석(HP-2 손상후 측정결과)

[그림 3.5.43] 각 실험체의 최대가속도와 고유진동수



[그림 3.5.44] 일본 건축학회 거주성능 평가시험



[그림 3.5.45] 사용하중 작용시 처짐 분포

라. 계단 거푸집의 설계편람 작성

(1) 하이폼데크 개요

- 하이폼데크는 시공시에 생콘크리트의 자중과 작업하중을 합판(Plywood)에서 견디어야 하므로 합판의 휨응력과 처짐에 대한 검토가 필요하다.
- 하이폼데크는 시공시 생콘크리트의 자중과 작업하중이 합판에서 트러스 철근으로 전달되며, 트러스 철근은 콘크리트에 의해 구속되지 않기 때문에 「강구조 계산규준 및 해설」에 의해 트러스 단면에 대하여 인장응력 및 좌굴을 고려한 압축응력의 검토가 필요하다.
- 합판에서 트러스철근으로 하중을 전달시킬 때 행거(Hanger)를 통해서 전달시킨다. 따라서 이 행거에 대한 응력검토가 필요하다.
- 사용시 하중에 대한 구조적인 안전성을 확보하기 위하여 응력검토가 필요하다.

(2) 시공하중에 대한 하이폼데크 설계과정

A.합판검토

(a)합판강도 (단위 : kgf/㎠)

섬유방향에 평행방향				섬유방향에 직각방향			
F_b	F_v	F_c	E	F_b	F_v	F_c	E
140	12	15	105000	109	7	15	90000

(b)합판감소계수 (수분함량 19% 초과)

구분	Bending	Compression		Shear	Elastic M.
	F_b	$F_{c\angle}$	$F_{c//}$	F_v	E
감소계수	0.86	0.67	0.7	0.97	0.97

(c)합판유효단면성능

합판의 순두께 : 14.96mm

스팬에 평행한 섬유방향			스팬에 직각인 섬유방향		
단면계수 (I)	유효단면 계수(S)	회전전단 상수(I_b/S)	단면계수 (I)	유효단면 계수(S)	회전전단 상수(I_b/S)
26.9	24.3	65.68	12.7	20.8	40.35

(d) 저감된 합판강도

섬유방향에 평행방향				섬유방향에 직각방향			
F_b	F_v	F_c	E	F_b	F_v	F_c	E
120.4	11.6	10.5	101850	93.7	6.8	10.0	87300

(e) 2스팬 연속시 합판 허용간격

- *Control by bending* ; $L_b\,(cm) = \sqrt{\dfrac{8 \cdot F_b \cdot S}{W}}$ (식 2-2)

- *Control by shear* ; $L_v\,(cm) = \dfrac{F_v \cdot I_b}{Q} \cdot \dfrac{1}{0.6} \cdot \dfrac{1}{W}$ (식 2-3)

- *Control by deflection* ; $L_d\,(cm) = (\delta \cdot 185 \cdot E \cdot I \cdot \dfrac{1}{W})^{1/4}$ (식 2-4)

B. 트러스근 검토

시공시 하이폼이 경화되지 않는 콘크리트 자중과 작업하중이 합판으로 전달된 후 최종적으로 트러스가 부담하게 된다. 따라서 시공시 트러스를 구성하는 상부철근의 압축응력과 하부철근의 인장응력 및 전단력에 의한 래티스재의 응력검토가 필요하

다. 부재 단면력의 계산 및 응력검토는 아래와 같이 할 수 있으며 콘크리트 타설시의 하중은 단기하중으로 본다.

- $M = \frac{W \cdot L^2}{8}$

- $N = \frac{M}{H}$

- $V = \frac{W \cdot L}{2}$

(a) 상부철근 검토

상부철근은 압축력이 작용되어 좌굴되기 때문에 허용응력도 값은 (식 2-1) ~ (식2-3)에 의해서 구한다.

$\frac{KL}{r} \leqq C_c$ 일 경우

$$F_a = \frac{[1 - \frac{(KL/r)^2}{2C_c^2}]F_y}{[\frac{5}{3} + \frac{3KL/r}{8C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8C_c^3}]} \quad \text{(식 2-1)}$$

$C_c < \frac{KL}{r} < 200$ 일 경우

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(KL/r)^2} \quad \text{(식 2-2)}$$

여기서, $C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}}$

F_a = 압축부재의 기본허용응력 (MPa)

F_y = 항복강도 (MPa)

K = 유효길이 계수

E = 재료의 탄성계수 (MPa)

L = 부재의 길이 (mm)

r = 단면의 회전반경 (m-m)

C_c = 탄성좌굴과 비탄성좌굴을 구분하는 한계세장비

Z_c = 압축부분의 단면계수

Z_t = 인장부분의 단면계수

$S.F$ = 단기하중인 경우의 허용응력계수 1.33

상부철근의 응력검토

$$\sigma_c = \frac{M}{Z_c} \leq F_a \cdot S.F \qquad \text{(식 2-3)}$$

(b) 하부철근 검토

하부철근은 인장력을 받으므로 다음 식으로 검토한다.

$F_t = 0.6F_y$; 총단면적에 대한 검토

단, $\frac{L}{r} \leq 300$

여기서,

F_t = 인장부재의 기본허용응력 (MPa)

F_y = 최소항복강도 (MPa)

하부철근의 응력검토

$$\sigma_t = \frac{M}{Z_t} \leq F_t \cdot S.F$$

(c) 래티스재의 검토

래티스재의 검토는 축방향력을 (식 2-4)으로 계산한다.

$$N_{c,t} = \frac{V}{Sin\theta} \qquad \text{(식 2-4)}$$

압축을 받는 래티스재

$\frac{KL}{r} \leqq C_c$ 일 경우

$$F_a = \frac{[1 - \frac{(KL/r)^2}{2C_c^2}]F_y}{[\frac{5}{3} + \frac{3KL/r}{8C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8C_c^3}]} \quad \text{(식 2-5)}$$

$C_c < \frac{KL}{r} < 200$ 일 경우

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(KL/r)^2} \quad \text{(식 2-6)}$$

압축을 받는 래티스재

$$\sigma_c = \frac{N_c}{A_{st}} \leq F_a \cdot S.F \quad \text{(식 2-7)}$$

인장을 받는 래티스재

$$\sigma_t = \frac{N_t}{A_{st}} \leq F_t \cdot S.F \quad \text{(식 2-8)}$$

C. 행거 검토

시공시 하이폼에서 경화되지 않는 콘크리트 자중과 작업하중이 합판에서 트러스로 전달될 때 행거를 통하게 된다. 따라서 하중이 원활하게 전달되기 위해서 행거에 대한 응력검토가 필요하다.

$$P = W \cdot A \quad \text{(식 2-9)}$$

P = 행거 1개가 부담하는 하중

A = 행거 1개가 부담하는 면적

(a) 행거안전성 검토

$$\sigma_t = \frac{P}{A_{st}} \leq F_t \cdot S.F \quad \text{(식 2-10)}$$

(3) 시공하중에 대한 하이폼데크 설계 예

A. 하중산정

- 계단참 슬래브 THK 150mm
- 고정하중 360kgf/m^2
- 작업하중 250kgf/m^2
- 계단 경사슬래브 THK 150mm
- 고정하중 620kgf/m^2
- 작업하중 290kgf/m^2

■ DESIGN ANALYSIS FOR FORM WORK HS1

1, Basic for design

1-1, Design Criteria & Codes

a, american concrete institute for form work
b, American iron & Steel Institute for cold-form steel structural & steel deck institute(SI
c, American Steel joist Institute (SJI)
d, Plywood Design Specification form The Engineered Wood Association (APA)

1-2, Design Loads

a, working load

uniformly load,	W=	250 kg/cm²	(50 psf)
concentrated load,	P=	0 kg/cm²	

b, minimum sway load

@ top of wall	150 kg/m
@ edge of slab	150 kg/m
2% of dead load	

1-3, Material Strength

a, Plywood form deck

Fb& Ft	=	140 kg/cm²
Fc	=	115 kg/cm²
Fv	=	13.4 kg/cm²
Fs	=	3.73 kg/cm²
$Fc_{\perp}$	=	23.9 kg/cm²
E	=	126553 kg/cm²

Adjustment for moisture Content (km)

0.72Fb& Ft	0.62$Fc_{\perp}$	0.59Fc	0.83Fs	0.83Fb&E
0.72	0.62	0.59	0.83	0.83

increase for load duration of 7-days or less ; (kd)

1.25Fb& Ft	1.25$Fc_{\perp}$	1.25Fc	1.25Fv	1.25Fb

b, Open web steel jost

Web mild steel shall conform to KSD 3566
Fy = 2400 kg/cm²

Top&Bottom chord
low alloy steel shall conform to KSD 3504
Fy = 4000 kg/cm²

- cont'd -

c, Hanger wire

mild steel shall conform to KSD 3566

Fy = 2400 kg/cm²

d, wedge plate

mild steel shall conform to KSD 3566

Fy = 2400 kg/cm²

e, Spacer (cone type)

concrete compressive strength, Fc'= 800 Kg /㎠ at 28 days old.

✱ Safety factors for formwork accessories

form ties	
less 16ft span above grade	1.5
more then 16ft above grade	2
form hangers	
less then150psf total load	1.5
less then100psf total load	2

2, Unshored Construction. Check plywood deck construction strength.

Costruction Loads :

flesh concerete weight		
conc. slab thk. t =	15 cm	360 kg/m²
plywood deck weight		
base metal thk. t =	1.9 cm	11.02 kg/m²
initial dead load	W =	20 kg/m²
Sub-total		391.02 kg/m²
working load ,	W =	250 kg/m²
	P =	0 kg @ Mid span
total load (for deflection)		491.02 kg/m²
total load (for safe load)		641.02 kg/m²

Effective section properties for plywood (1m. width)

3/4 in. plywood sectional propertise

case-1		case-2	
Use with face grain perpendicular to span;		Use with face grain parallel to span;	
eff. Thk. , t =	14.43 mm	eff. Thk. , t =	14.43 mm
I =	26.9 cm⁴ / Lm	I =	8.6 cm⁴ / Lm
S =	22.15 cm³/ Lm	S =	15.32 cm³/ Lm
I_b/Q =	143.13 ㎝/ Lm	I_b/Q =	86.34 ㎝/ Lm

Determine safe spacing of joist

		for safe load	for deflction
design load W	(kg/m²)	641.02	491.02

Plywood conditions

Moisture Content ;	less 19%	1
Increase Factor ;	short term load duratio	1.25
	✱ long term load duration for over 7-Days	
	short term load duration for less 7-Days	

Flexile Member Formulars ; If triple span 26.9

control by bending , L_b =	$\sqrt{(10*Fb*Km*Kd*S/W)}$ =	77.8 cm
control by deflection, L_d=	$4\sqrt{(\Delta*145*E*Km*I/W)}$ =	62.3 cm
control by shear, L_v =	$1.67*Fs*Km*Kd*(Ib/Q)/W$ =	173.9 cm

therefore, max. allowable span, L= 62.3 cm

Try use joist spacing @ 20 cm

3, Unshored Construction. Check open web steel joist construction strength.

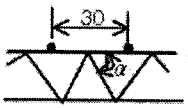
Design of open web steel jost 8.05HJ 8.05

Unshored Construction

spacing(c/c), L= 3.06 m (clear span, Ln : 2.65 m)
L/2= 1.525 m (clea Ln/2= 1.395 m : Distanc

		for safe load	for deflction
design load W	(kg/m)	128.204	98.204

max.M = 112.5 kg · m 86.2 kg · m
max.V = 169.9 kg



α (℃)
47.03

Step-1, **Top chord**

p = 1397.52 kg (compression)

designate	HD13	As (cm²)	3.939394 I (cm⁴)	4 r (cm)	Fy(kg/cm²)	E(kg/cm²)
	1	1.27	0.14	0.332	4000	2100000

unbraced length Luz = 30 cm

end panel	Luz/r =	90.36	< 120	OK
interior panel	Luz/r =	90.36	> 90	NG

Bridge spacing	Lux =	30	cm		
	Lux/r =	90.36			
Out-plane Buckling	max.M =	31.19	kg • m	N1=	311.9
Shored	Mx=	25.42	kg • m	N2=	254.2
	Lk=	28.61			
	Lx/r=	86.17			

$Cc = \sqrt{(2\pi^2E/Fy)} =$ 101.8

$FS = 5/3 + 3/8*(KLU/r)/Cc - 1/8*[(KLU/r)/Cc]^3 =$ 1.91

$allow,Fa = [1-1/2*(KLU/r)^2/Cc^2]Fy/FS =$ 1269.24 kg/cm²

short term 1688.09

act, fa = f / As = 1100 kg/cm² < Fa OK

– cont'd –

Bottom chord

p = 1397.52 kg (tension)

designate	HD13	As (cm²)	I (cm⁴)	r (cm)	Fy(kg/cm²)	E(kg/cm²)
	1	1.27	0.14	0.332	4000	2100000

allow,Ft = 3511.2 kg/cm²

act, ft = f / As = 1100 kg/cm² < Ft OK

Web member

p = 169.9 kg (compression)

designate	0.58	As (cm²)	I (cm⁴)	r (cm)	Fy(kg/cm²)	E(kg/cm²)
	1	0.26	0.006	0.152	2400	2100000

unbraced length	Luz =	11	cm		
	Luz/r =	72.37	< 240	OK	

$Cc = \sqrt{(2\pi^2E/Fy)} =$ 131.4

$FS = 5/3 + 3/8*(KLU/r)/Cc - 1/8*[(KLU/r)/Cc]^3 =$ 1.85

$allow,Fa = [1-1/2*(KLU/r)^2/Cc^2]Fy/FS =$ 1100.54 kg/cm²

short term 1375.68

act, fa = f / As = 653 kg/cm² < Fa OK

Web member

p = 169.9 kg (tension)

allow,Ft = 2376 kg/cm²

act, ft = f / As = 653 kg/cm² < Ft OK

Deflection check

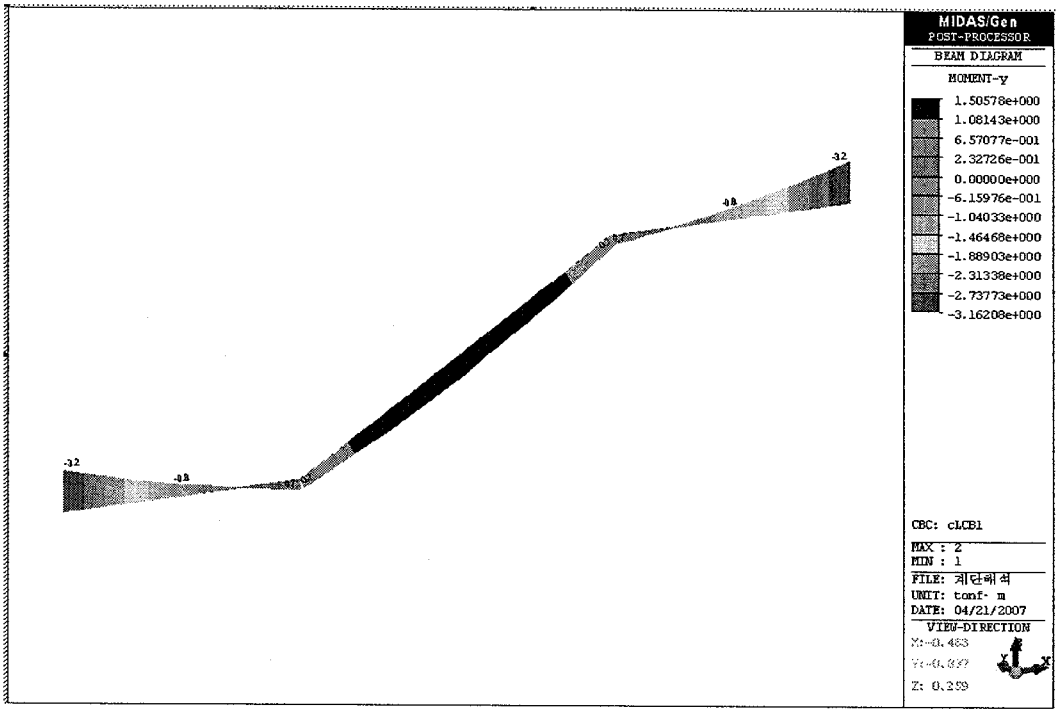
joist, I =	41.42959 cm⁴	3 cm⁴
△ =	0.725 cm	0.883 cm

(4) 사용하중에 대한 하이폼데크 설계 예

A. 하중산정

- 계단참 슬래브 THK 150mm
- 마감하중 80kgf/m^2
- 슬래브자중 360kgf/m^2
- 활하중 300kgf/m^2
- 계단 경사슬래브 THK 150mm
- 마감하중 120kgf/m^2
- 슬래브자중 620kgf/m^2
- 활하중 350kgf/m^2

꺾인 경사보로 된 계단에 사용시 작용하는 모멘트 하중을 알기위해 [그림 3.5.46]와 같이 해석을 하였다.



[그림 3.5.46] 꺾인 경사보 계단에 작용하는 사용시 모멘트 하중

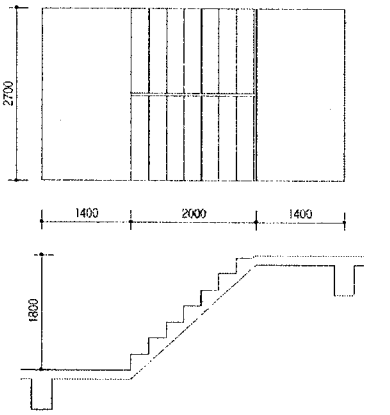
경사보로 된 계단의 사용시 하중에 대한 해석결과 모멘트 하중에 대해 [그림 3.5.47]에 나타낸 것과 같이 철근배근량을 결정하면 된다. 여기에서 결정된 철근배근은 시공시 하중에 대해서도 만족되어야 한다.

MIDAS/Set **Stair Design [S1]**

Company	dadan	Project Name	
Designer	dell	File Name	

1. Design Conditions

Design Code : KCI-USD99 (Build.)
Material Data : f_{ck} = 240 kgf/cm²
f_y = 4000 kgf/cm²
Stair Type : 물절식 (Both Fixed)



2. Section Properties

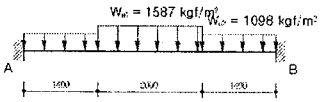
Landing Length L_1 : 1.40 m
L_2 : 1.40 m
Stair Length L_s : 2.00 m
Stair Height H_s : 1.80 m
Stair Width W_{st} : 2.70 m
Stair Thk. T_s : 15.0 cm
Landing Thk. T_l : 15.0 cm
Conc. Clear Cover c_c : 2.0 cm

3. Design Loads

-. Live Load (L.L) = 300 kgf/m²

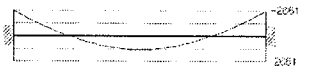
(1) Stair Load

-. Finish Load (F_sL) = 60 kgf/m²
-. θ = $\tan^{-1}(H_s/L_s)$ = 42.0 °
-. D.L = F_sL + 2400*(T_s/cos(θ)+18.7/2.0) = 769 kgf/m²
-. W_{u1} = 1.4*D.L + 1.7*L.L = 1587 kgf/m²



(2) Landing Load

-. Finish Load (F_lL) = 60 kgf/m²
-. D.L = F_lL + 2400*T_l = 420 kgf/m²
-. W_{u2} = 1.4*D.L + 1.7*L.L = 1098 kgf/m²



4. Negative Moment

-. $M_{u,neg}$ = 2661 kgf-m/m
-. R_n = $\frac{M_{u,neg}}{\phi 100*(T_s-d_c)^2}$ = 19.34
-. ρ = 0.0051
-. $A_{s,min}$ = 0.0020*T_s*1m = 3.00 cm²/m
-. A_s = Min[ρ*(T_s-d_c)*1m, $A_{s,min}$] = 6.29 cm²/m ==> D13 @ 200

5. Positive Moment

-. $M_{u,pos}$ = 1430 kgf-m/m
-. R_n = $\frac{M_{u,pos}}{\phi 100*(T_l-d_c)^2}$ = 10.39
-. ρ = 0.0027
-. $A_{s,min}$ = 0.0020*T_l*1m = 3.00 cm²/m
-. A_s = Min[ρ*(T_l-d_c)*1m, $A_{s,min}$] = 3.30 cm²/m ==> D13 @ 360

[그림 3.5.47] 꺾인 경사보 계단의 사용시 설계

(5) PC 경사슬래브 설계

A. 사용시 하중산정

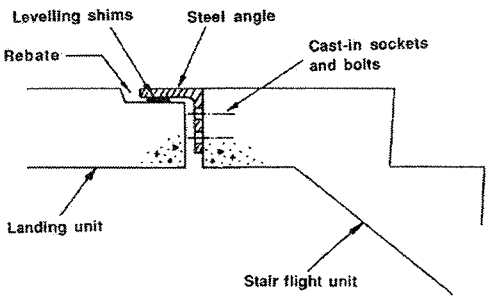
- 계단 경사슬래브 THK 150mm
- 마감하중 120kg/m^2
- 슬래브자중 620kg/m^2
- 활하중 350kg/m^2

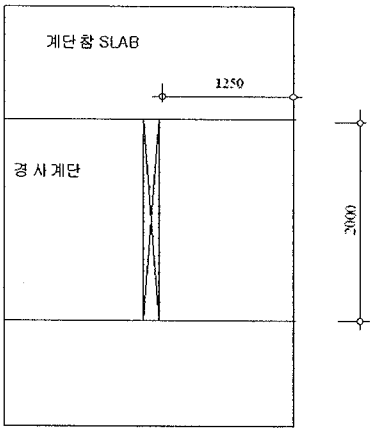
B. 사용시 하중에 대해 경사슬래브의 철근량을 산정한다.

[그림 3.5.44]를 참조하여 상부근 HD13@200, 하부근 HD13@200로 배근하고 콘크리트를 타설한 후 양생하여 PC 경사슬래브를 제작한다.

C. 접합부(계단참 + PC 계단경사슬래브) 설계

(a) 핀접합





D.L = 740kg/m^2, L.L = 350kg/m^2

W = 1.4D.L + 1.7L.L = 1.4x740 + 1.7x350 = 1631kg/m^2

w = 1631 x 1 = 1631kg/m

계단참과 PC 계단경사슬래브의 걸침턱에 작용하는 단위폭 당 전단력

$$V_u = \frac{w \times L}{2} = \frac{1631 \times 2}{2} = 1631 kgf/m$$

V_u = 1631 x 1.25 = 2039kgf

볼트 한개 당의 전단력 f_v = 924kgf/cm^2 (SS400)

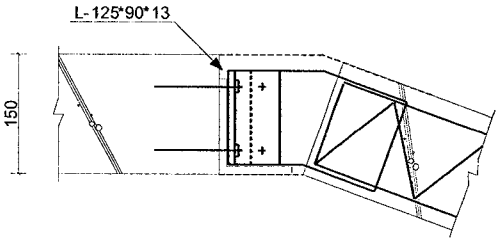
$$A_v = \frac{V}{f_v} = \frac{2039}{924} = 2.2 cm^2$$ 볼트 M13의 A_{s1} = 1.33cm^2

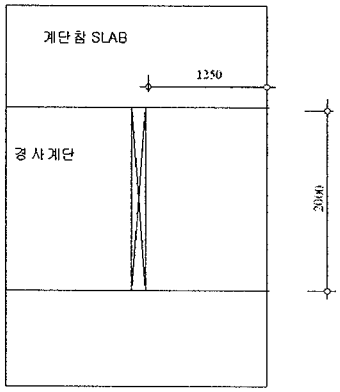
$$n = \frac{A_v}{A_{s1}} = \frac{2.2}{1.33} = 1.65 ea$$

따라서 2개 이상이 필요하므로 볼트를 3-M13을 등간격으로 배열 매립하고 부

등변 L형강 L-100x75x7로 걸침턱을 설치함.

(b) 반강접합





D.L = 740kg/m^2, L.L = 350kg/m^2

W = 1.4D.L + 1.7L.L = 1.4x740 + 1.7x350 = 1631kg/m^2

w = 1631 x 1 = 1631kg/m

계단참과 PC 계단경사슬래브의 접합부에 작용하는 단위폭 당 전단력

$$V_u = \frac{w \times L}{2} = \frac{1631 \times 2}{2} = 1631 kgf/m$$

반강접합이므로 고정단인 경우 휨모멘트에 50%의 응력을 전달하는 것으로 가정함.

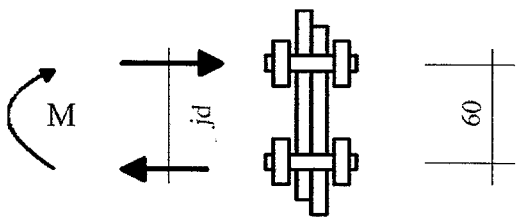
$$M_{ul} = \frac{w \times L^2}{12} = \frac{1.631 \times 2^2}{12} = 0.544 tf \cdot m/m$$

$M_u = 0.5M_{ul} = 0.5 \times 0.544 = 0.272$ tf · m/m

접합부 고력볼트로 인한 내력모멘트 (단위 m 당)

고력볼트 M13(F10T)의 전단력

$V_n = 1.5tf/cm^2 \times 1.327 = 1.99tf/m > V_u$ --> O.K



우력모멘트 $M_{nl} = V_n \times jd = 1.99 \times 0.06 = 0.119$ tf · m

단위 m 당 접합부가 5개소 이므로

$M_n = 5 \times M_{nl} = 5 \times 0.119 = 0.597$tf · m/m > M_u --> O.K

마. Hi-Form 계단 거푸집의 시공지침서 작성

시공지침서 본문내용은 부록을 참조.

목 차

1. 일반사항

1.1 목적 .....

1.2 적용범위 .....

1.3 시공계획서 .....

1.4 시공관리 .....

2. 자재

2.1 공장제작 거푸집 .....

2.2 현장타설시 콘크리트 재료 및 품질 .....

2.3 보강재료 및 품질 .....

2.4 보강재료 및 품질 .....

2.5 재료시험 및 검사 .....

2.6 재료의 취급 및 저장 .....

3. 시공

3.1 부재의 제작 .....

3.2 부재의 현장조립 .....

3.3 부재 접합 및 마감 .....

3.6 Hi-Form 계단 거푸집 시스템의 Mock-up 시공 및 평가

가. 개요

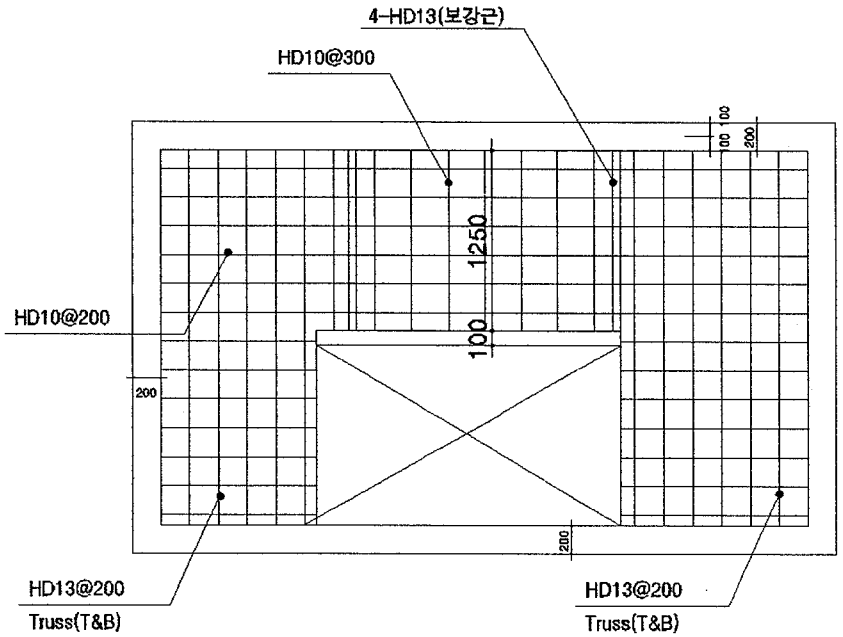
본 Mock UP TEST는 하이폼 계단거푸집에 대해 콘크리트 타설시 시공성능을 파악하기 위한 것이다. 하이폼 계단거푸집은 계단의 거푸집공사를 시스템화하기 위해 개발하고자 한다.

현장에서 [그림 3.6.1], [그림 3.6.2]와 같이 실물크기의 계단거푸집을 제작하여 완료 후 콘크리트 타설 시의 거동을 측정하기 위해 MOCK UP TEST를 하였다. [그림 3.6.1]에서 나타낸 것과 같이 계단참에 HD13철근을 상 · 하현재로 사용하고 경사재는 R6철근으로 트러스를 제작하여 200mm간격으로 설치하고 거푸집에 지지시켜 동바리를 제거하였으며, 계단경사슬래브에도 같은 트러스를 200mm간격으로 설치하고 양쪽 끝단에만 동바리로 지지시켰다.

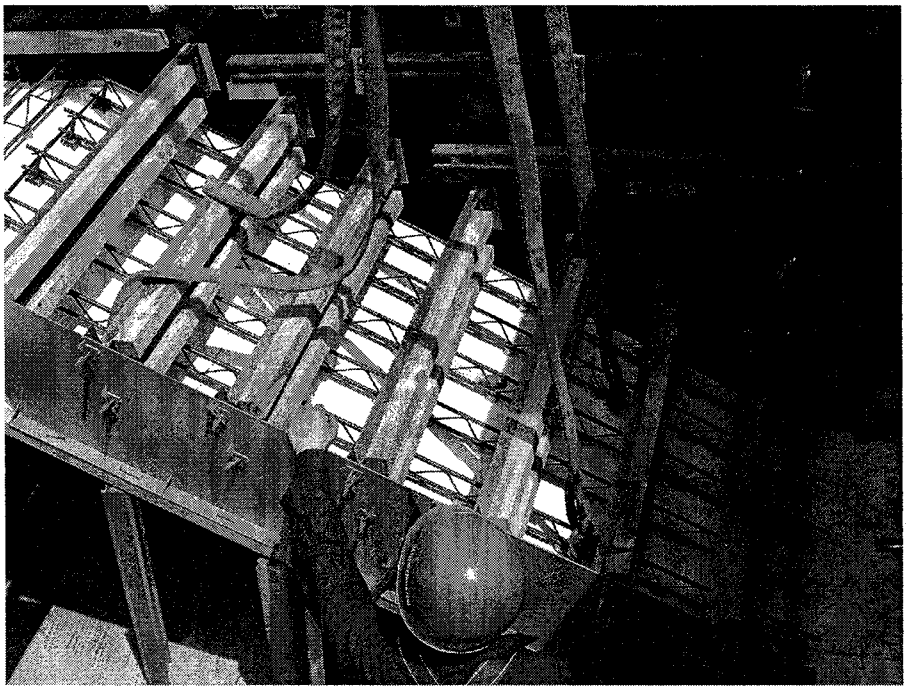
하이폼 계단거푸집 MOCK UP TEST 범위

① 트러스 철근의 거동 파악

② 하이폼 계단거푸집의 처짐측정



[그림 3.6.1] 하이폼 계단거푸집 설치도



[그림 3.6.2] 하이폼 계단거푸집 설치전경

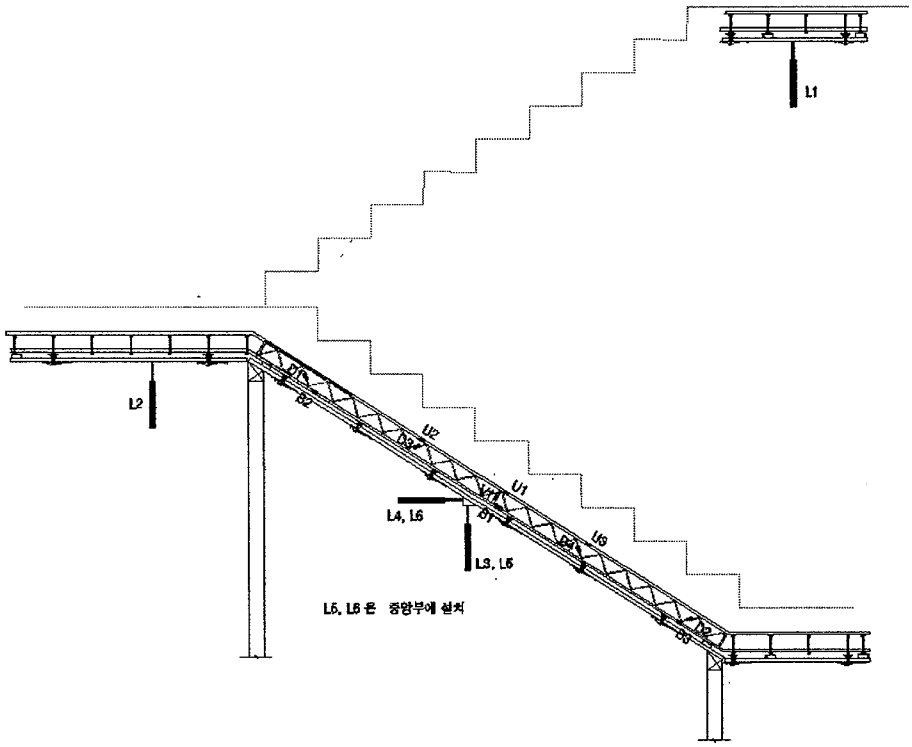
나. 타설하중에 대한 하이폼 계단거푸집 실험

(1) 거푸집 변형

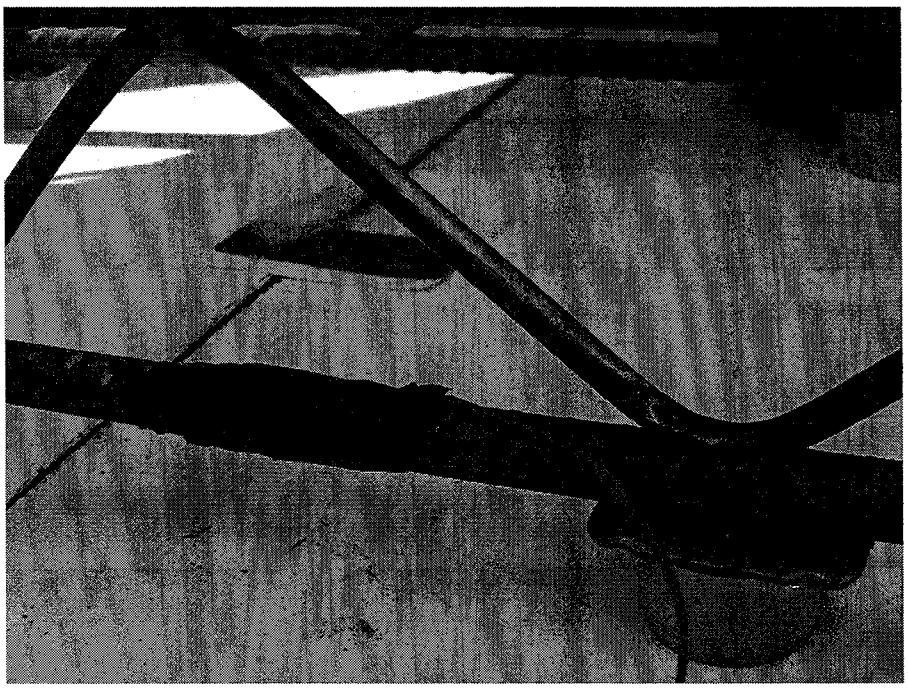
현장에서 실물크기로 제작된 하이폼 계단거푸집 제작 완료 후 콘크리트 타설시와 양생시의 거동을 측정하였다. 콘크리트 타설은 실제 계단의 콘크리트 타설작업을 하는 것과 똑같은 방법으로 하였다. 계측은 계단참과 경사슬래브 하부에 50mm 변위계와 트러스 철근에 부착된 변형도 게이지를 통하여 이루어졌으며 데이터 로거를 통하여 7일간 모니터링을 하였다.

[그림 3.6.3], [그림 3.6.4]은 실험체에 계측기를 설치한 위치를, [그림 3.6.5]는 변형도 게이지를 부착한 모습을 나타내었으며 [그림 3.6.6] 콘크리트 타설시의 모습을 나타내었다.

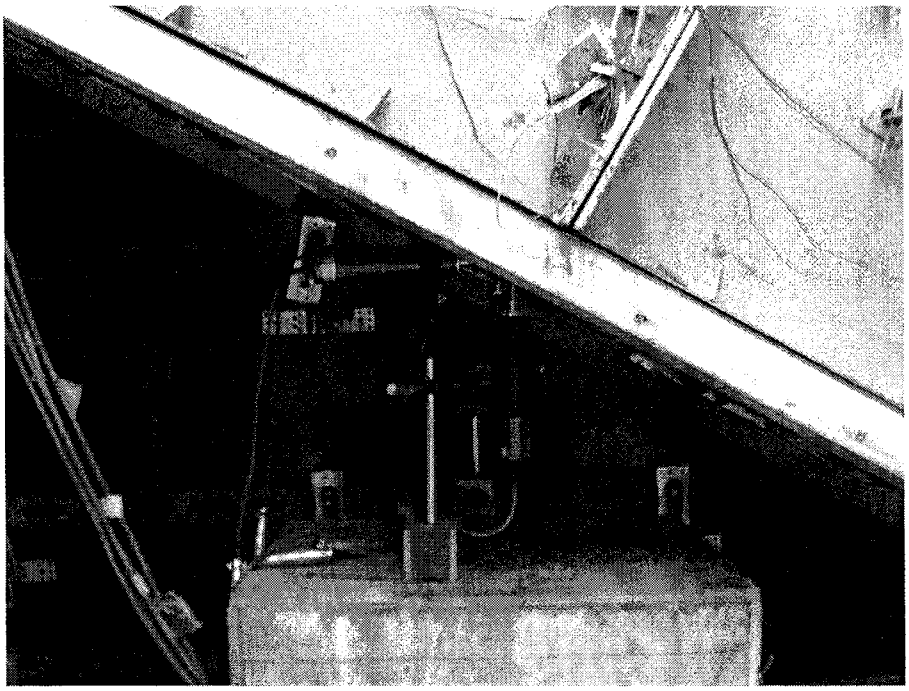
[그림 3.6.9], [그림3.6.10]은 콘크리트 타설과 양생중의 계단슬래브의 변화를 나타낸 것이다. 상부 계단참(L1)은 트러스철근을 양쪽 거푸집만으로 지지되어 경사 계단슬래브 하부에 동바리가 설치되지 않은 조건에서 타설시 콘크리트의 자중과 작업하중이 가해짐에 따라 0.87mm의 처짐이 발생하였으며 양생되면서 최대 1.57mm의 처짐이 발생하였다.



[그림 3.6.3] 계측기 설치위치



[그림 3.6.4] 변형도 게이지 부착



[그림 3.6.5] 변위계 부착



[그림 3.6.6] 콘크리트 타설하는 모습

가운데 계단참(L2)는 상부 계단참과 같은 조건이나 경사슬래브의 자중을 받아주기 위해 동바리를 설치하여 거의 3변이 지지되는 상태였다. 따라서 상부 계단참(L1)에 비하여 작은 처짐값인 0.22mm로 측정되었다

경사슬래브의 처짐은 콘크리트 자중과 작업하중이 가해짐에 따라 최대 0.50mm ~ 0.57mm로 측정되었다.

이러한 처짐값은 건설교통부제정 건축공사표준시방서에서 명시한 콘크리트 부재의 위치 및 단면치수 허용차인 ±20이내 있고, 가설공사표준시방서에서 명시한 거푸집 변형기준에서 ln/360과 6mm 중 최소값인 6mm 이내에 있으므로 성능기준을 만족한다. (건설교통부제정 건축공사표준시방서 "2.1.9 콘크리트 부재의 위치 및 단면치수의 허용차", p273 / 가설공사표준시방서 "1.7 변형기준", p29)

참고적으로 재래식의 방법으로 위의 거푸집 변형기준을 충족시키면서 경사슬래브를 만들기 위해서는 [그림 3.6.7]와 같이 경사슬래브 하부에 동바리를 설치해야 한다. 이에 비해 [그림 3.6.8]에 나타난 것과 같이 하이폼 계단거푸집은 하부에 장선, 멍애 및 동바리를 설치하지 않아도 거푸집 변형기준을 만족시킬 수 있었다.

- 가설공사표준시방서

1.7 변형기준

(1) 거푸집널의 변형기준은 공사시방서에 따르며, 달리 명시가 없는 경우는 표면의 평탄하기 등급에 따라 순간격(Ln) 내의 변형이 [표 3.6.1]의 상대변형과 절대변형 중 작은 값 이하가 되어야 한다.

[표 3.6.1] 거푸집의 변형기준

표면의 등급	상대변형	절대변형 (mm)
A급	Ln/360	6
B급	Ln/270	6
C급	Ln/180	13

- 건축공사표준시방서

2.1.9 부재의 위치 및 단면치수의 정확도

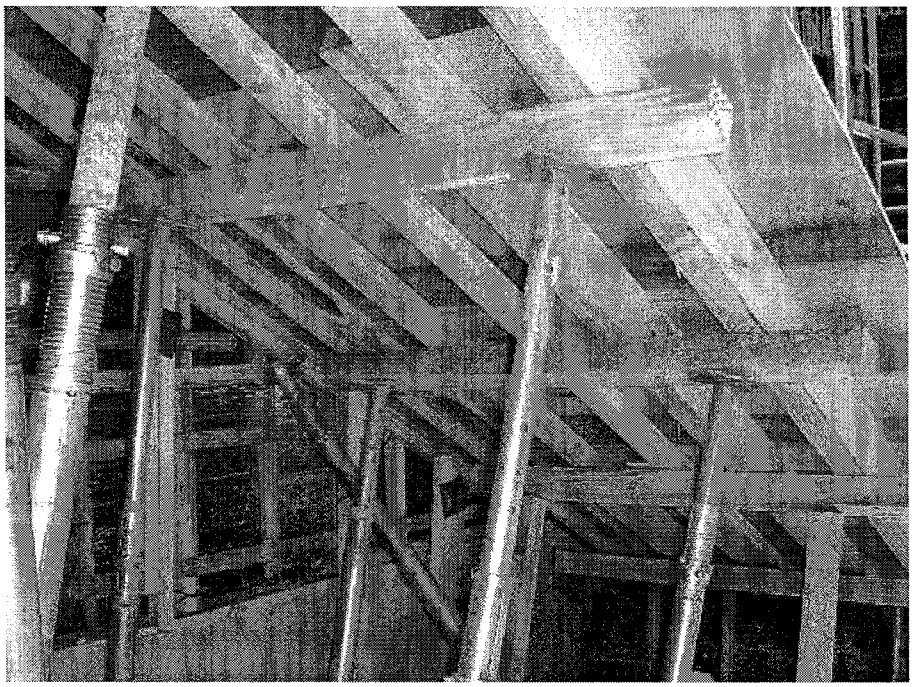
가. 부어넣은 콘크리트 부재는 설계도서에 나타낸 소정의 위치에 있고, 소정의 단면치수를 갖고 있어야 한다.

나. 콘크리트 부재의 위치 및 단면치수의 허용차는 설계도서에 따른다. 설계도서에 정해져 있지 않은 경우의 콘크리트 부재 위치 및 단면치수 허용차 표준치는 표 [3.6.1] 에 따른다.

[표 3.6.2] 콘크리트 부재의 위치 및 단면치수 허용차 표준치

항목		표준치(mm)
수평방향 위치		±20
수직방향 위치		±30
기둥, 벽 등의 연직성	h ≤ 5	±10
	5 < h ≤ 15	±20
	15 < h	±30
기둥, 보, 벽, 슬래브의 단면치수		-5, +15
기초의 단면치수		-5, +(규정 없음)

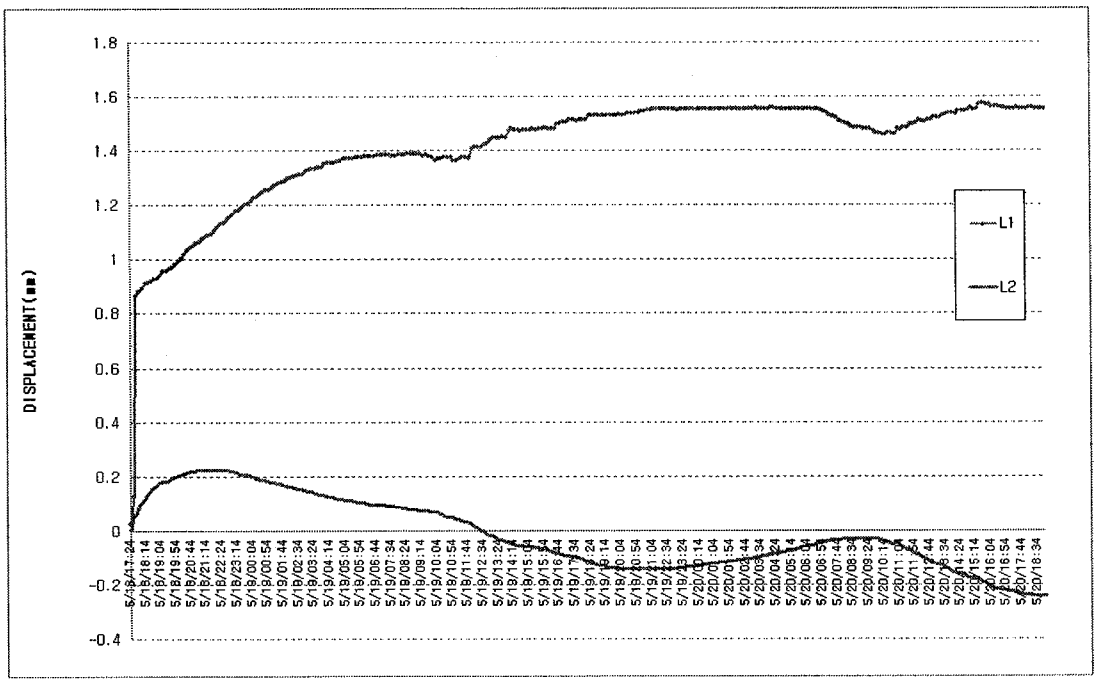
※ h : 해당 부재의 연직방향 길이 (m)



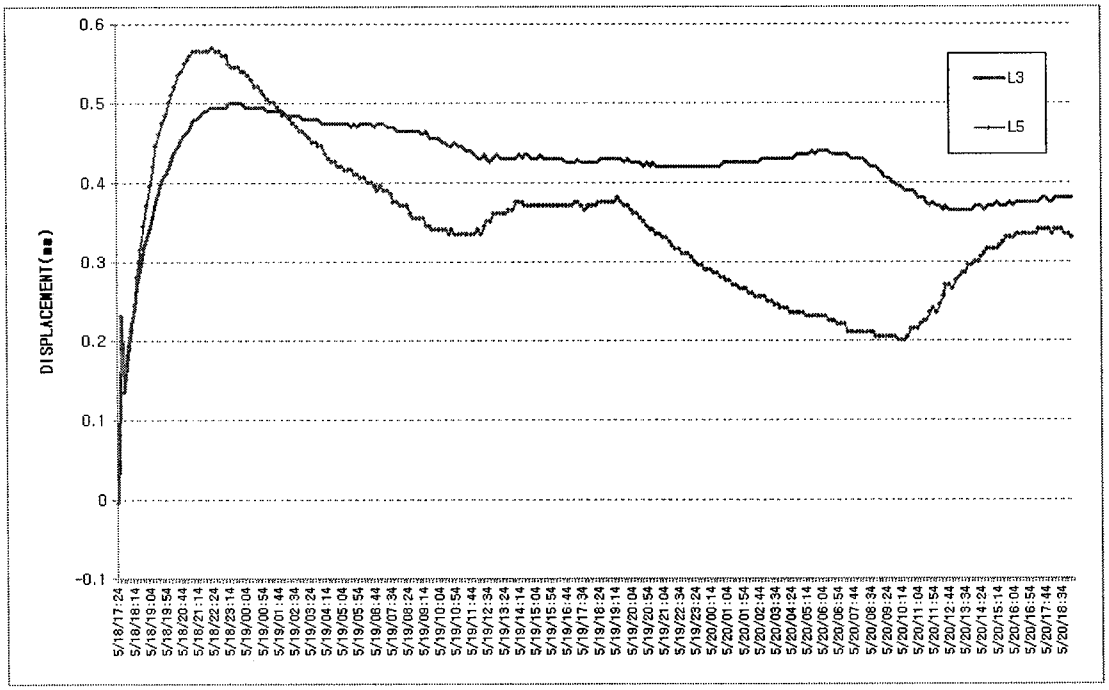
[그림 3.6.7] 재래식 경사슬래브 거푸집설치



[그림 3.6.8] 하이폼 계단거푸집



[그림 3.6.9] 콘크리트 타설시 3일간의 계단참 처짐량 변화



[그림 3.6.10] 콘크리트 타설시 3일간의 경사슬래브 처짐량 변화

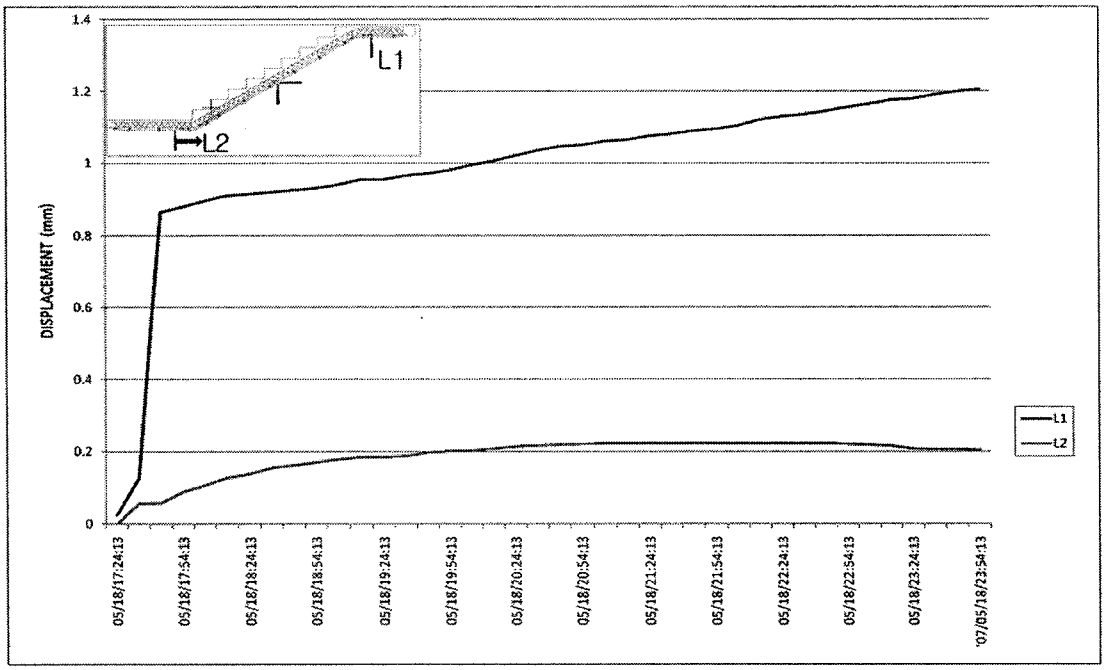
(2) 계측결과

[그림 3.6.11] ~ [그림 3.6.12]은 콘크리트 타설시 1일간의 하이폼 계단거푸집의 처짐량을 측정값을 나타내었다. 그림에 나타낸 것과 같이 콘크리트 타설함과 동시에 상부 계단참의 즉시 처짐량이 0.83mm이 발생하였으며 시간이 경과함에 따라 처짐량이 증가하였으며, 하부 계단참은 동바리로 지지되어 즉시 처짐량이 0.05mm가 발생하였으며 시간이 경과함에 따라 처짐량이 완만하게 증가하다가 4시간 경과 후 처짐량이 수렴되고 있음을 알 수 있다.

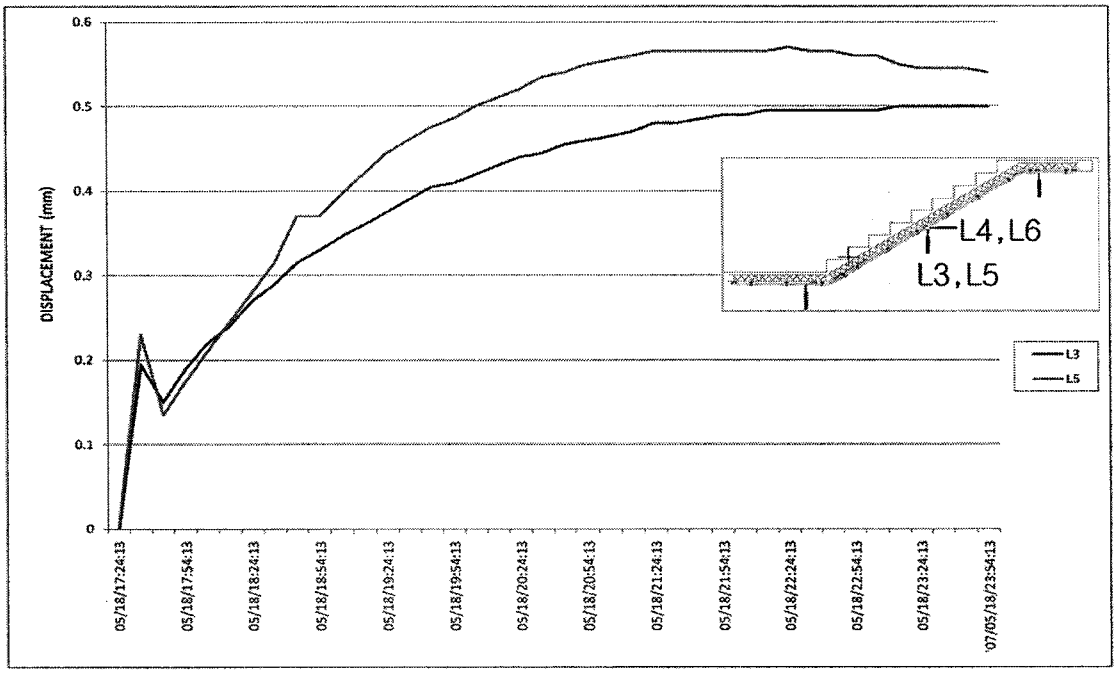
또한 경사슬래브도 즉시 처짐량 0.2mm 정도 발생하였다가 시간이 경과함에 따라 완만하게 증가하다가 4시간 경과 후 처짐량이 수렴되고 있음을 알 수 있다.

[그림 3.6.13] ~ [그림 3.6.14] 경사슬래브의 트러스 철근에 대한 변형율 변화를 나타낸 것이다. 슬래브의 경사로 인해 분력이 작용하여 명확하게 트러스 작용이 나타나지 않았으나 전반적으로 탄성범위에 있어 콘크리트 타설시의 하중에 잘 저항하고 있음을 알 수 있다.

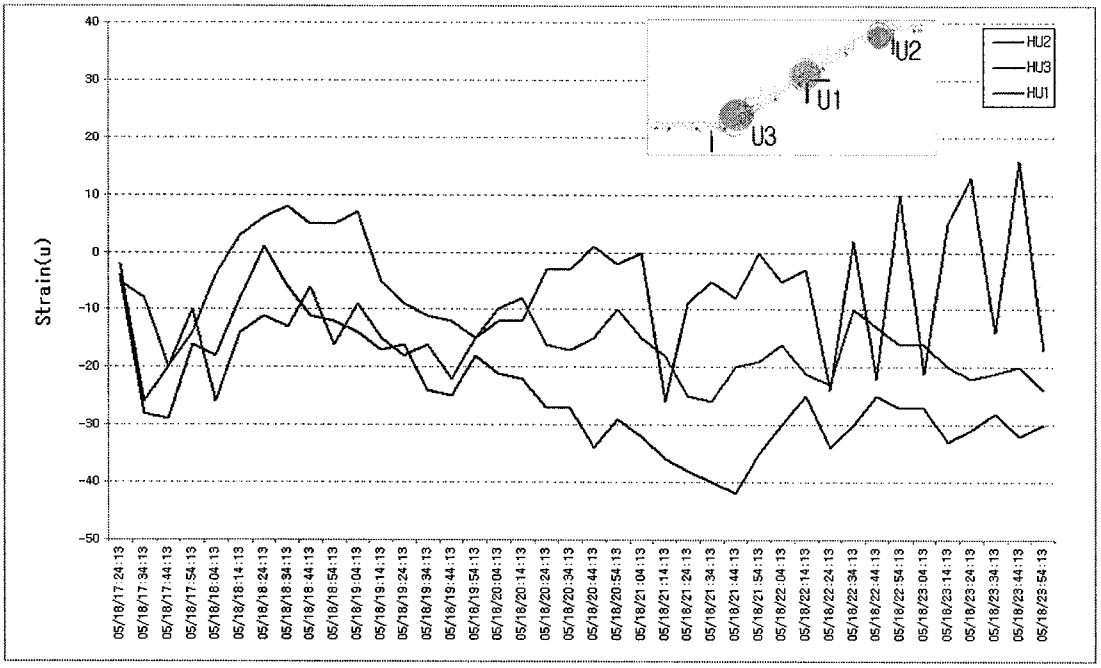
하부트러스와 경사철근 게이지는 일부가 타설작업시 손망되어 측정값을 얻을 수 없었다.



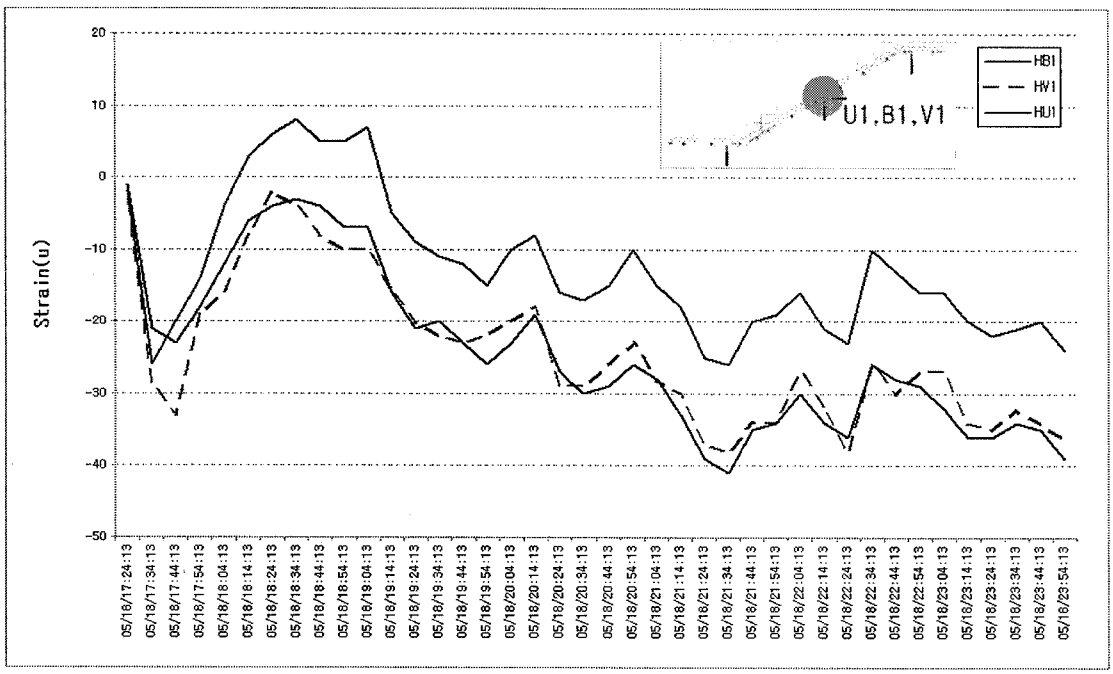
[그림 3.6.11] 콘크리트 타설시 1일간의 계단참 처짐량 변화



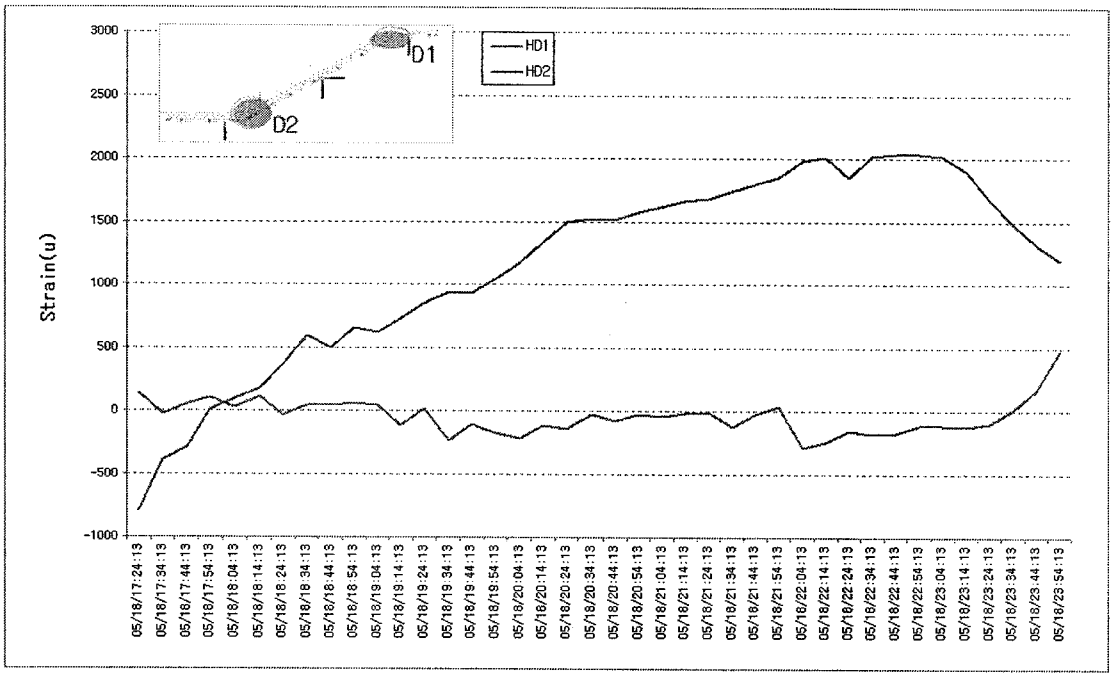
[그림 3.6.12] 콘크리트 타설시 1일간의 경사슬래브 처짐량 변화



[그림 3.6.13] 콘크리트 타설시 1일간의 상부 트러스철근 변형량 변화



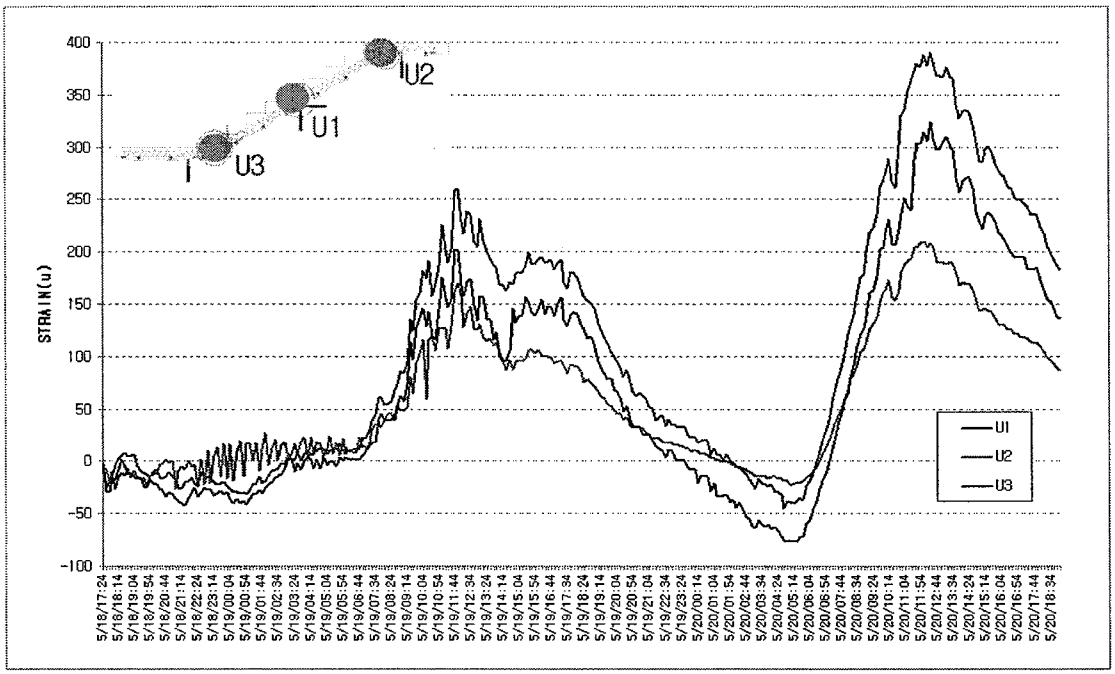
[그림 3.6.14] 콘크리트 타설시 1일간의 중앙부 트러스철근 변형량 변화



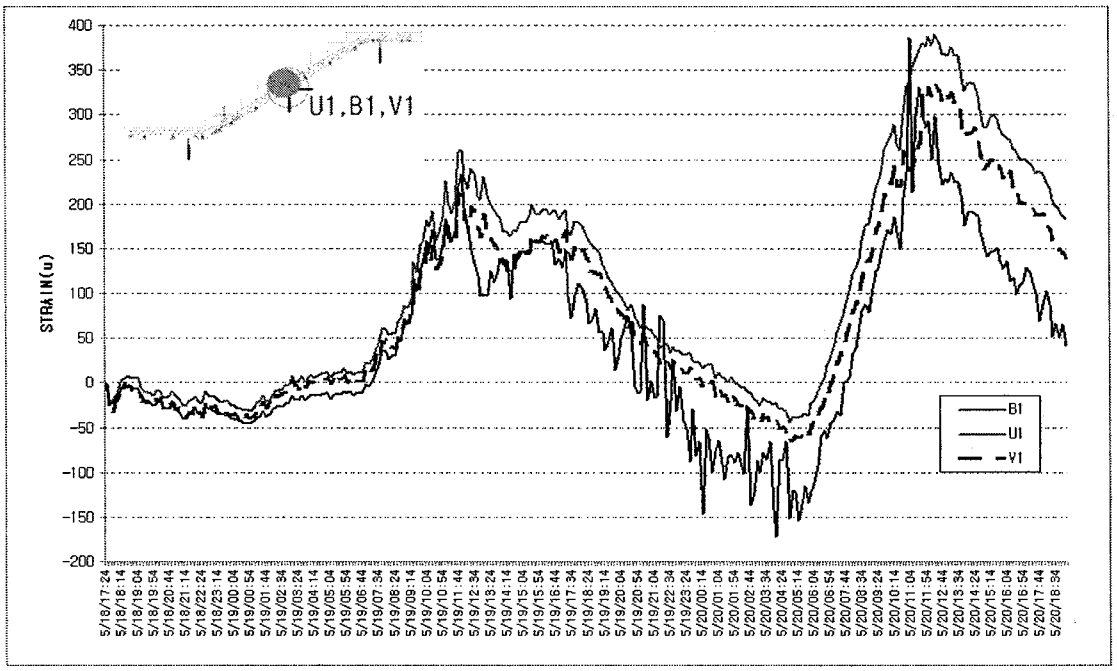
[그림 3.6.15] 콘크리트 타설시 1일간의 경사철근 변형량 변화

[그림 3.6.16] ~ [그림 3.6.18]은 콘크리트 타설시 3일간의 경사슬래브의 트러스에 대한 변형율 변화를 나타낸 것이다. 각 게이지로 인해 타설시 자중 및 작업하중으로 압축을 받다가 양생중의 일교차에 의한 온도변화에 의해 인장력과 압축력이 반복하여 작용하고 있음을 알 수 있다.

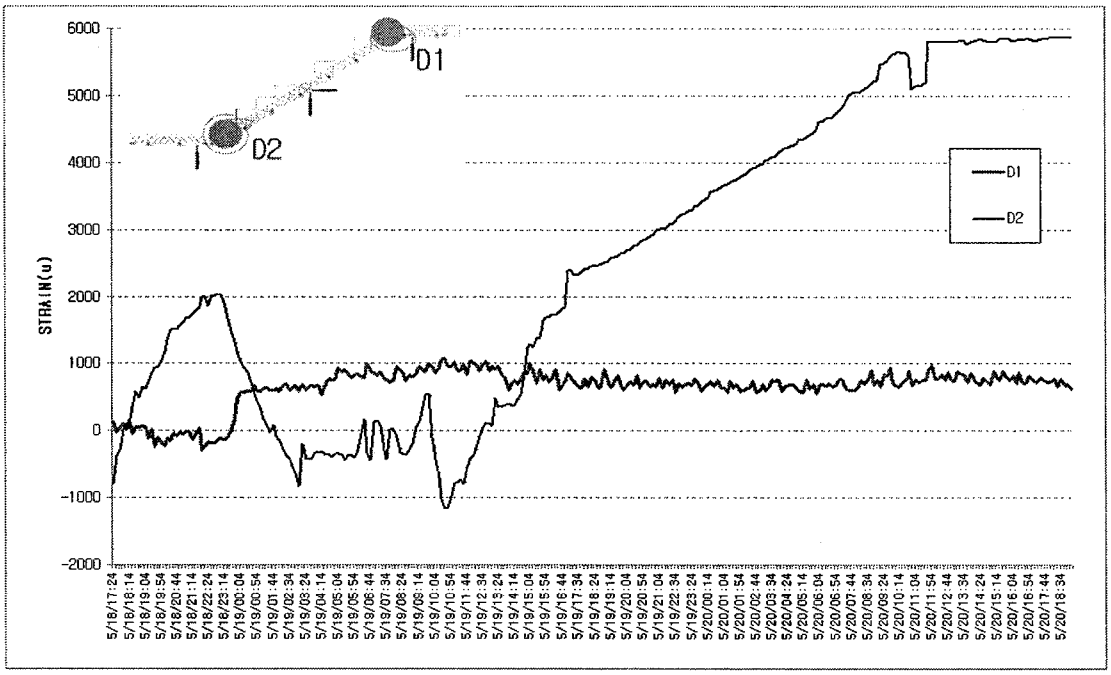
[그림 3.6.19] ~ [그림 3.6.23]은 콘크리트 타설후 7일간 경사슬래브의 처짐량 변화와 트러스 철근에 대한 변형율 변화를 나타낸 것이다. 각 게이지로 인해 타설시 자중 및 작업하중으로 압축을 받다가 양생중의 일교차에 의한 온도변화에 의해 인장력과 압축력이 반복하여 작용하고 있음을 알 수 있다.



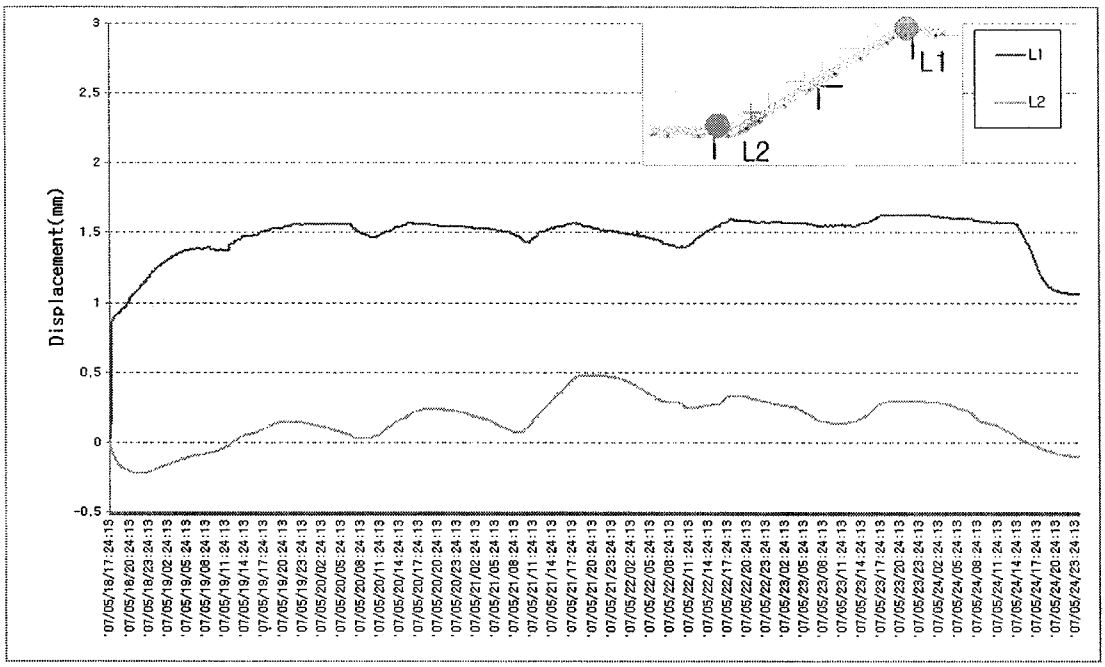
[그림 3.6.16] 콘크리트 타설시 3일간의 상부 트러스철근 변형도 변화



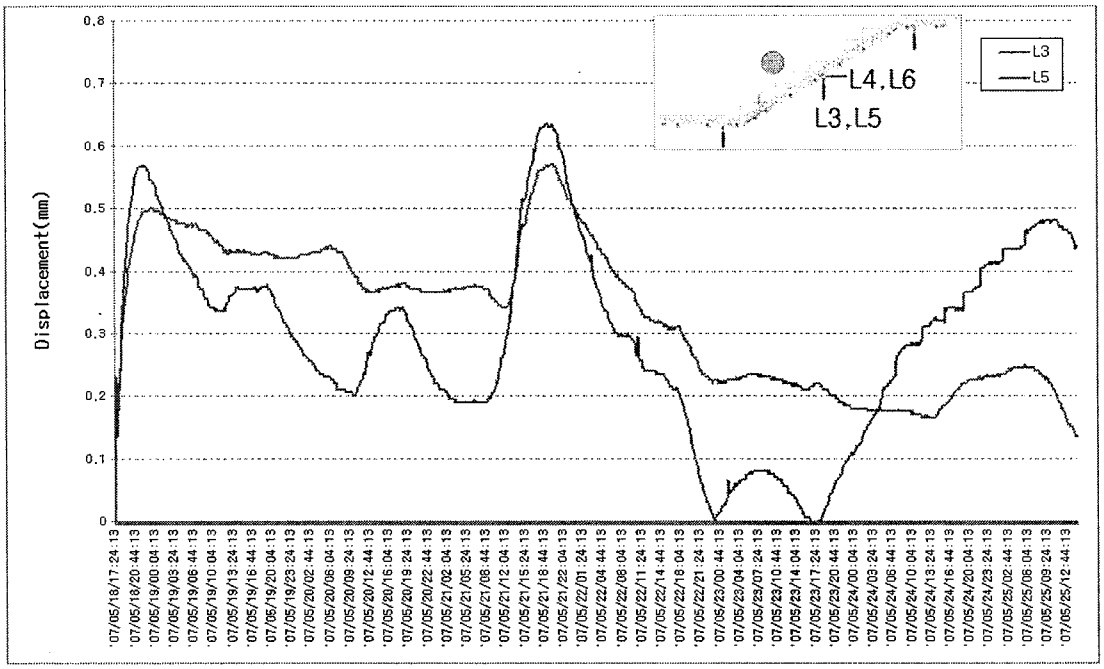
[그림 3.6.17] 콘크리트 타설시 3일간의 중앙부 트러스철근 변형도 변화



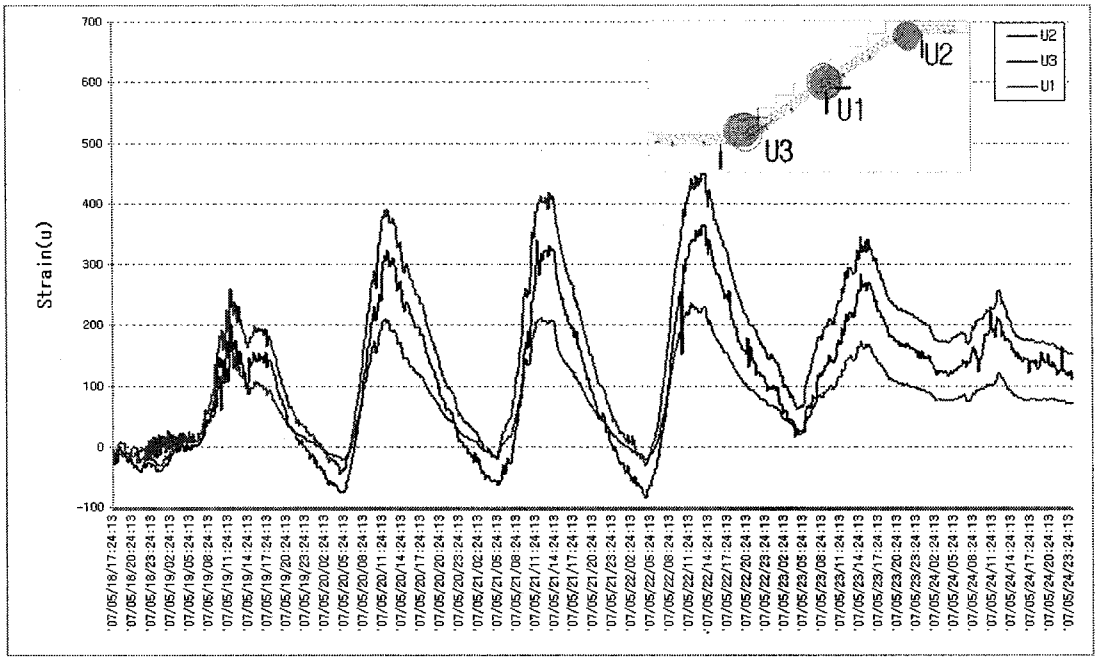
[그림 3.6.18] 콘크리트 타설시 3일간의 경사철근 변형도 변화



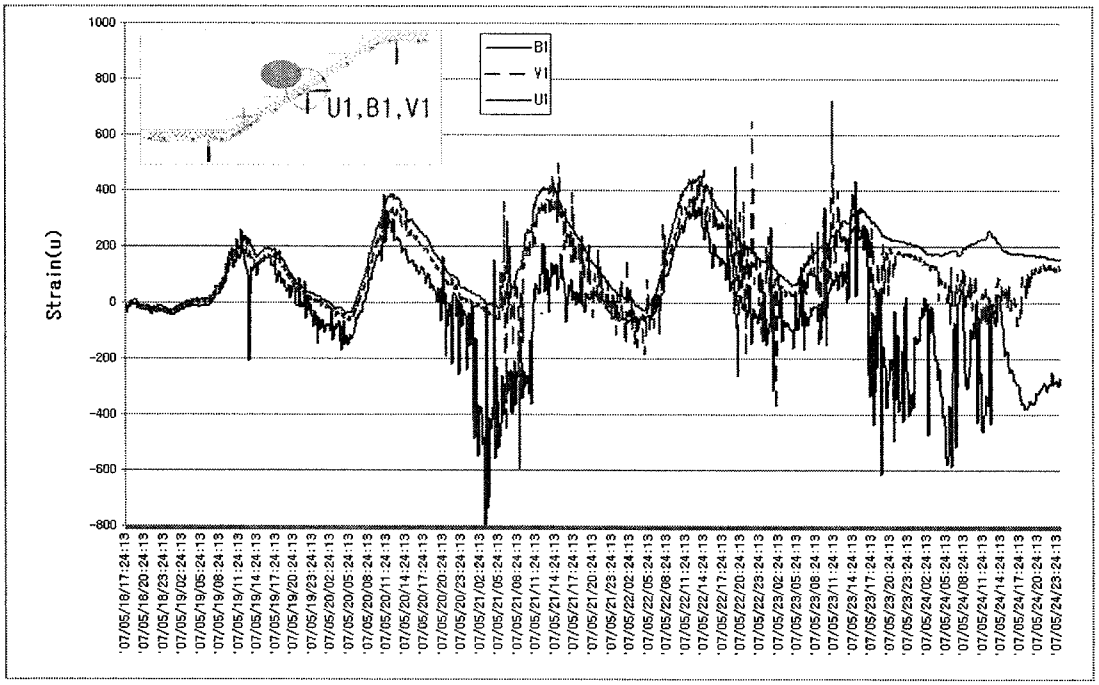
[그림 3.6.19] 콘크리트 타설시 7일간의 계단참 처짐량 변화



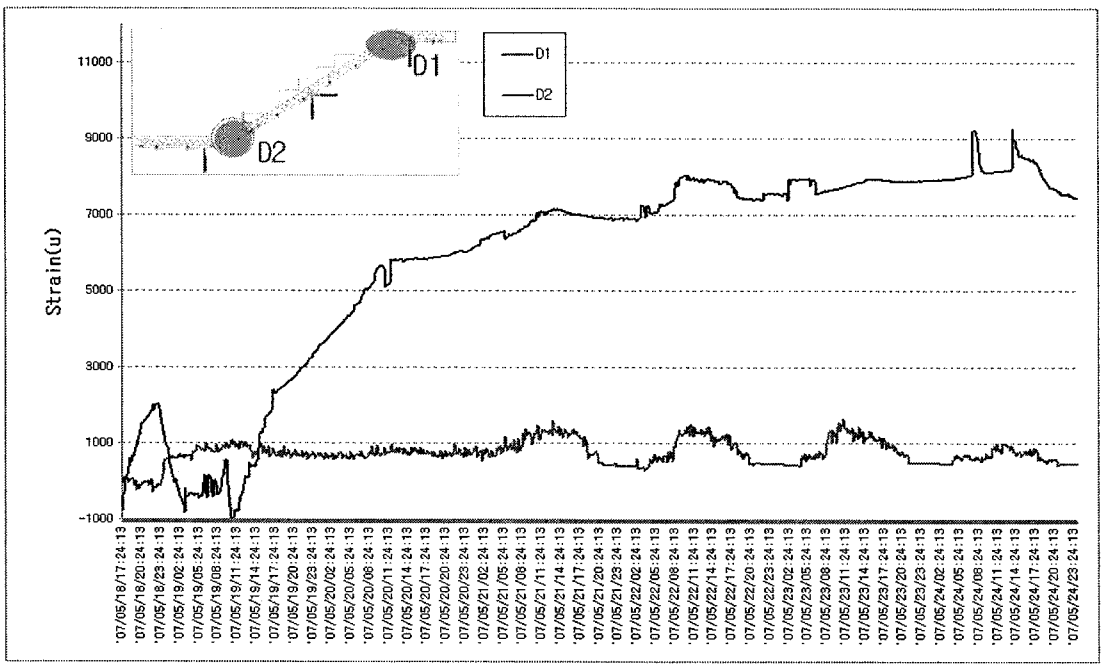
[그림 3.6.20] 콘크리트 타설시 7일간의 경사슬래브 처짐량 변화



[그림 3.6.21] 콘크리트 타설시 7일간의 상부 트러스철근 변형량 변화

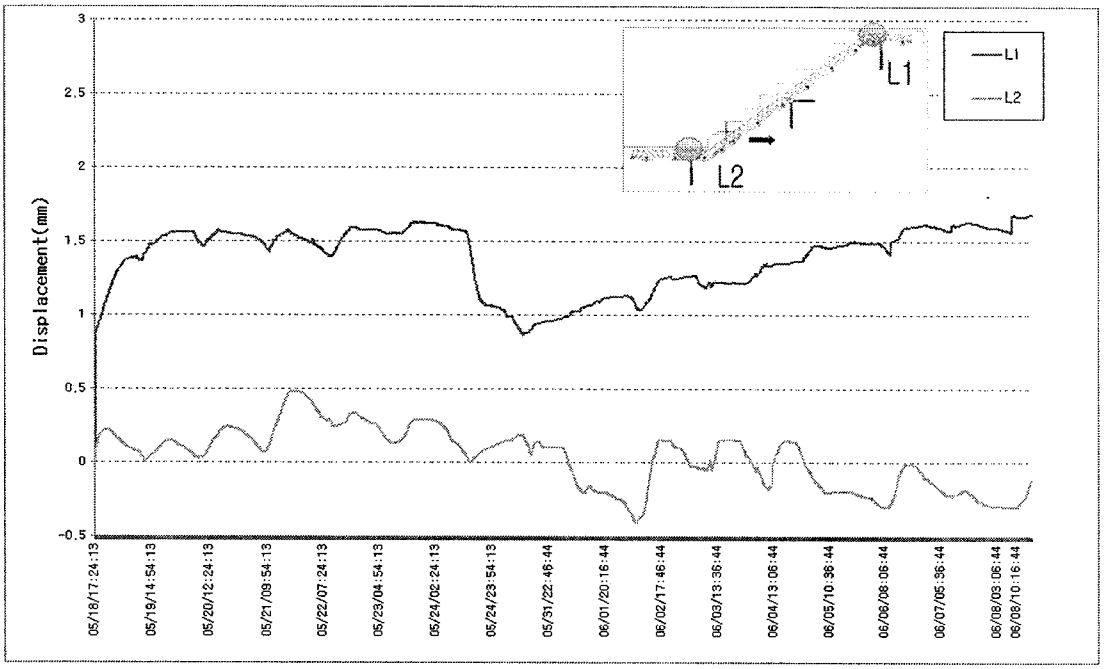


[그림 3.6.22] 콘크리트 타설시 7일간의 중앙부 트러스철근 변형량 변화

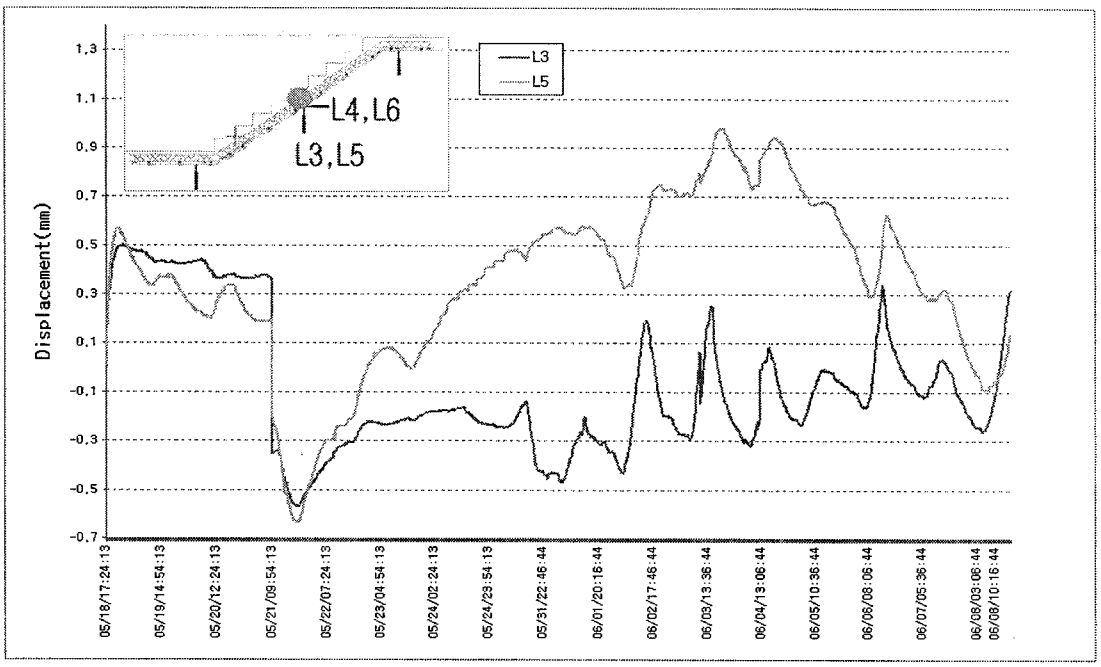


[그림 3.6.23] 콘크리트 타설시 7일간의 경사철근 변형량 변화

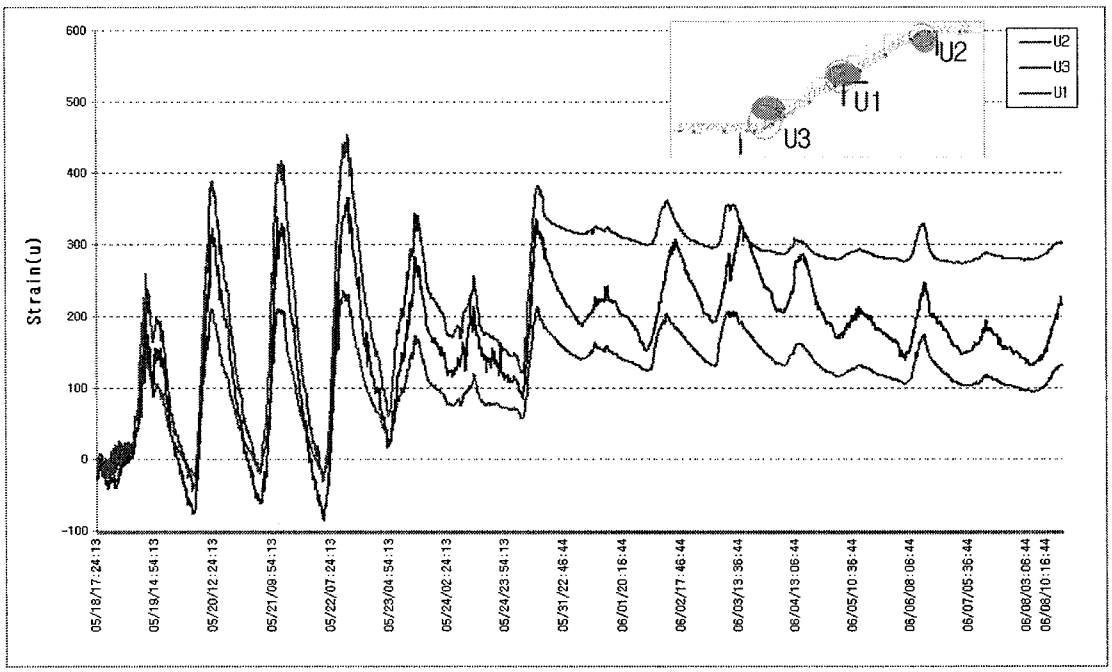
[그림 3.6.24] ~ [그림 3.6.28]은 콘크리트 타설후 21일간 경사슬래브의 처짐량 변화와 트러스 철근에 대한 변형율 변화를 나타낸 것이다.



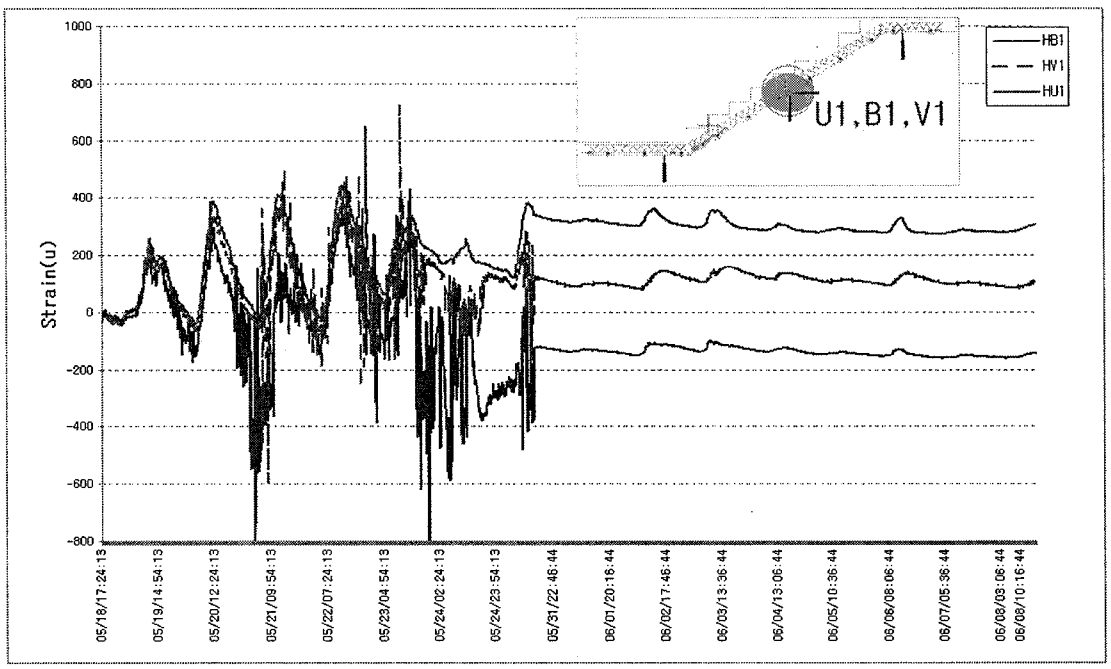
[그림 3.6.24] 콘크리트 타설시 21일간의 계단참 처짐량 변화



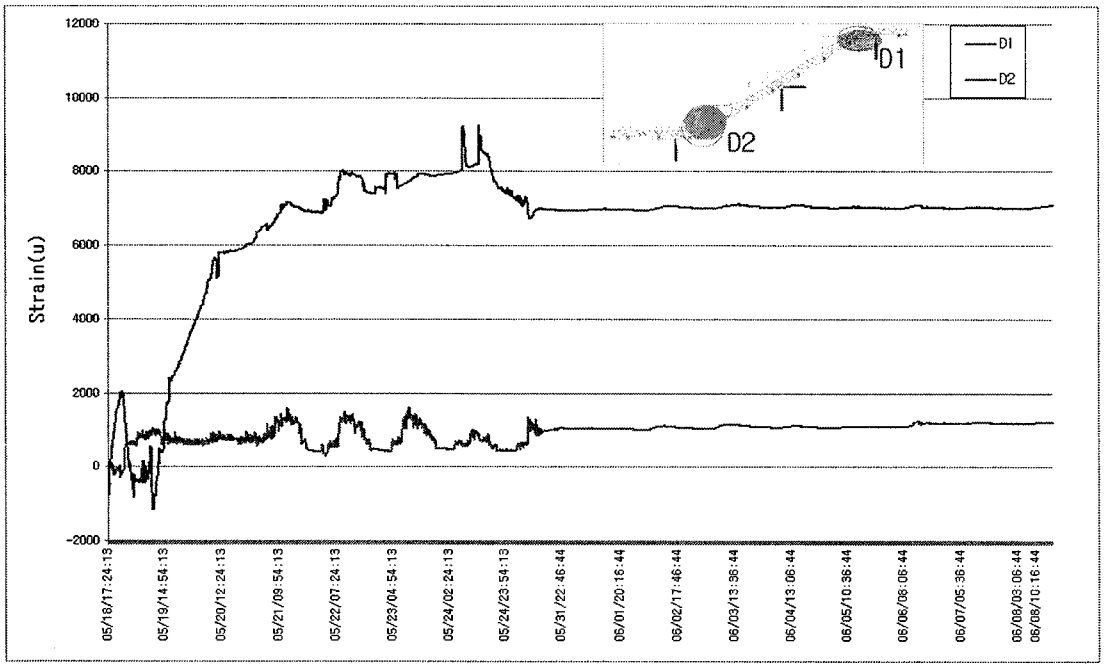
[그림 3.6.25] 콘크리트 타설시 21일간의 경사슬래브 처짐량 변화



[그림 3.6.26] 콘크리트 타설시 21일간의 상부 트러스철근 변형도 변화



[그림 3.6.27] 콘크리트 타설시 21일간의 중앙부 트러스철근 변형도 변화



[그림 3.6.28] 콘크리트 타설시 21일간의 경사철근 변형도 변화

제 4장. 연구개발목표 달성도 및 관련분야에의 기여도

4.1 연구개발 수행 진도율

가. 1차 년도

구분 / 개발내용	연구개발기간(월) 1	2	3	4	5	6	진도(%)
Hi-Form 계단 거푸집의 요소부재 개발							100
계단 거푸집의 요소부재 공장생산 기술개발							100
계단 거푸집의 요소부재의 표준화 기술개발							100
Hi-Form 계단 거푸집의 시공 계획 개발							100
계단 거푸집의 조립 및 양중 절차 수립							100
Hi-Form 계단 거푸집의 Mock-up 시공							100
Hi-Form 계단 거푸집의 구조성능 실험							100
Mock-up 시공 계단의 계측 및 평가							100
계단 구체의 구조해석 및 설계법 개발							100
총 진도율							100

---------- 당초계획

——————— 실 적

나. 2차 년도

구분 / 연구내용	추진일정 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	진도(%)
▪ 선시공 조립식 Hi-Form 계단 거푸집의 구조성능 평가					--	--	--				100%
# Hi-Form 계단 거푸집의 구조성능 실험											
# Hi-Form 계단 거푸집의 설계편람 및 시공 지침서 작성					—	—	—				
# Mock up 계측 및 평가											
▪ 선시공 조립식 Hi-Form 슬래브 거푸집의 생산기술개선	—	—	—	—	—	—					100%
#Hi-Form 슬래브 현장적용성 확대											
- 2방향 슬래브 시공	—	—	—	—	—	—					
- 시공 프로세스 및 결과 분석											
- 2방향 슬래브 시공 매뉴얼 작성											
▪ 선시공 조립식 Hi-Form 슬래브 거푸집의 시공프로세스 개선								—	—	—	100%
# 판넬 재질 및 구성 변경 검토 및 분석											
# Mock-Up 시공 및 결과 분석								—	—	—	
# 분석자료를 기준으로 평가											
▪ 선시공 조립식 Hi-Form 슬래브 거푸집의 구조성능평가(Mock-Up후 예정)									—	—	100%
# 판넬 변경 재질의 구조적 성능 평가									—	—	
# Mock up 슬라브 평가											
총 진도율											100%

---------- 당초계획

———— 실 적

4.2 연구개발 목표의 달성도

가. 1차 년도

연구 목표	달 성 도 (%)	내 용
◦ 선시공 조립식 Hi-Form 계단 거푸집의 생산기술 개발	100	- Hi-Form 계단 거푸집의 요소부재 개발 - 계단 거푸집의 요소부재 공장생산 기술개발 - 계단 거푸집의 요소부재의 표준화 기술개발
◦ 선시공 조립식 Hi-Form 계단 거푸집의 시공 프로세스 개발	100	- Hi-Form 계단 거푸집의 시공 계획 개발 - 계단 거푸집의 조립 및 양중 절차 수립 - Hi-Form 계단 거푸집의 Mock-up 시공
◦ 선시공 조립식 Hi-Form 계단 거푸집의 구조성능 평가	100	- Hi-Form 계단 거푸집의 구조성능 실험 - Mock-up 시공 계단의 계측 및 평가 - 계단 구체의 구조해석 및 설계법 개발

나. 2차 년도

목 표	달성도(%)	내 용
선시공 조립식 Hi-Form 계단 거푸집의 구조성능 평가	100	Hi-Form 계단 거푸집의 구조성능 실험 계단의 설계편람 및 시공지침서 작성 Mock-up 시공계단의 계측 및 평가
선시공 조립식 Hi-Form 슬래브 거푸집의 시공프로세스 개선	100	Hi-Form 슬래브 현장적용성 확대 - 2방향 슬래브 시공 - 시공 프로세스 및 결과 분석 - 2방향 슬래브 시공 매뉴얼 작성
선시공 조립식 Hi-Form 슬래브 거푸집의 생산기술개선	100	판넬 재질 및 구성 변경 검토 및 분석 Mock-Up 시공 및 결과 분석 분석자료를 기준으로 평가
선시공 조립식 Hi-Form 슬래브 거푸집의 구조성능평가 (Mock-Up후 예정)	100	판넬 변경 재질의 구조적 성능 평가 Mock up 슬래브 평가

4.3 연구개발 추진전략 및 방법

가. 1, 2차 년도

연구범위	연구수행방법
◦ 선시공 조립식 Hi-Form 계단 거푸집의 생산기술 개발	- 기존의 계단 시공 공법에 대한 사례조사 및 분석 - 구조설계기준에 의한 Hi-Form 계단 거푸집 시스템의 생산기술 개발 - Hi-Form 계단 거푸집 시스템공법에 필요한 계단 거푸집시스템요소 개발 - Hi-Form 계단 거푸집 시스템의 Mock-up용 시제품생산 - 품질유지성, 생산성을 감안한 Hi-Form 계단 거푸집 시스템의 종합적인 평가
◦ 선시공 조립식 Hi-Form 계단 거푸집의 시공프로세스 개발	- 기존의 계단 시공 공법에 대한 사례조사 및 분석 - 구조설계기준에 의한 Hi-Form 계단 거푸집 시스템의 시공프로세스 개발 - Hi-Form 계단 거푸집 시스템의 Mock-up시공 및 평가 - 사용성, 시공성을 감안한 Hi-Form 계단 거푸집 시스템의 종합적인 평가
◦ 선시공 조립식 Hi-Form 계단 거푸집의 구조성능 평가	- 기존의 계단 시공 공법에 대한 사례조사 및 분석 - Hi-Form 계단 거푸집 시스템에 대한 구조해석 수행 - 구조설계기준에 의한 Hi-Form 계단 거푸집 시스템의 구조설계법 개발 - Hi-Form 계단 거푸집 시스템에 의한 계단 구체 접합부의 구조상세(핀, 반강접, 강접) 개발 - 계단 구체 접합부의 구조상세에 대한 구조성능 실험 - Hi-Form 계단 거푸집 시스템을 사용한 Mock-up 계단의 계측 및 평가 - 사용성, 시공성, 구조안전성을 감안한 Hi-Form 계단 거푸집 시스템의 종합적인 평가

제 5장 연구개발결과의 활용계획

5.1 연구개발결과의 활용방안

본 연구의 통합 거푸집 시스템은 기존 철근콘크리트공사와 비교하여 거푸집 설치, 해체 및 철근배근 작업시 전문기능공이 필요치 않아 인건비의 감소가 가능하고, 거푸집 설치 및 철근가공 등의 공정 축소에 따른 비용절감이 가능하다는 점에서 경제성 확보가 가능하다. 더욱이 점차 골조공사 기능공의 인력수급이 어려워지고 있고, 향후 현장 인력의 고령화에 따른 인력난 등을 감안한다면 시공의 용이함과 공정의 축소라는 측면에서 기존 공법과 비교하여 충분한 기술 및 원가 경쟁력이 있다고 판단된다.

아울러 통합 거푸집 시스템은 목재 거푸집과 철근가공이 거의 없으므로 폐기물과 잔재의 발생량을 줄일 수 있고, 시스템 거푸집의 내구수명의 증가와 거푸집 시스템의 규격화, 표준화에 의한 폐기물과 할석 등의 추가공정을 배제하여 소음·분진 등의 문제가 없다는 점에서 기존 철근콘크리트공사와 비교하여 환경친화성이 매우 우수하다.

그리고 본 연구의 통합 거푸집 시스템은 철근콘크리트구조, 철골구조, 프리캐스트 및 프리스트레스구조, 철골철근콘크리트구조, 혼합구조 등의 모든 구조형식의 건물에 적용 가능하며, 다양한 규모 및 형태의 건물에 적용가능한 통합형 슬래브-벽체-계단 시스템 거푸집을 구축하게 되어 향후 활발한 현장적용이 이루어질 것으로 예상하고 있다.

5.2 연구성과의 기대효과

가. 기술적 측면

선시공 조립식 Hi-Form 시스템 거푸집 공법의 개발은 새로운 거푸집공법으로서 국내 고유의 거푸집 브랜드로 정착하게 될 것이며, 건축물 시공오차 감소와 안전사고 방지기술 발전에 기여하고 궁극적으로 거푸집공사의 설계 및 시공의 합리화를 통한 국내 건설업의 기술 경쟁력을 견인하게 될 것이다.

철근콘크리트 건축물의 골조공사는 크게 가설공사, 철근공사 및 콘크리트공사로 구분되며 그 중 가설공사는 구조체 공사비의 약 48%를 차지하며, 또한 많은 인력과 시간을 요구하므로 합리적인 가설재 공법의 적용은 최종 건축 생산품의 생산성 및 결제성을 지배하는 요인이며, 아울러 건축 생산품의 품질에도

많은 영향을 끼치게 된다. 그러나 현재 가설공사는 공사 계획을 위하여 우선 수행되어야 할 구조계산서나 거푸집 조립도 조차 구비되지 않은 채 하도급 하청업체에 의해 수행되는 경우가 대부분이며, 사전에 안전성을 심사 받도록 되어 있는 유해위험방지계획서 조차 실제 공사를 담당하는 하청업체에서 작성하는 경우보다 원청에서 계획하고 작성되는 경우가 많아 계획과 시공이 별도로 이루어지고 또한, 대부분 이론적인 근거가 없이 경험적이며 비과학적인 방법에 의해 이루어지는 건이 국내의 현실상이다. 특히 1993년도 한국산업안전공단에서 직접 조사한 중대 재해는 361건으로 재해자는 480명, 가설공사시 발생되는 것으로 나타났다. 이로 판단하여 볼 때, 가설공사는 건설사의 직접적인 이윤뿐만 아니라 산업재해에 지대한 영향을 끼치고 있는 것으로 나타났으며, 이러한 건설재해의 대부분은 가설공사에 사용되는 가설재 구성요소의 내력 및 변형 등에 관한 구조적인 성능과 구조검토 없이 경험적인 방법에 의해 설치되고 시공되었기 때문인 것으로 판단된다.

따라서 이와 같은 문제점을 동시에 해결하기 위해 개발된 Hi-Form 통합 거푸집 시스템 공법으로의 전환은 단지 인력절감, 경비절감, 공기단축 및 재해방지라는 작업효율 뿐만 아니라 건축구조물의 본래의 품질을 확실히 보증하기 위해서도 필연적일 것으로 생각된다. 또한 Hi-Form 통합 거푸집 시스템 공법은 가설재의 일부를 영구부재로 활용하는 기술적인 특징 및 장점을 갖고 있으므로 생산성 증대, 경제성, 품질확보 면에서 타 기술에 상당한 기술적 파급효과를 미칠 것으로 기대된다.

나. 사회·경제적 측면

본 연구의 개발에 따른 경제적 효과는 우선 철근콘크리트공사에서 발생하는 건축폐자재의 감소와 처리시 발생되는 사회적인 문제, 소음과 분진문제, 도시환경보호 및 지구환경보호에 기여할 수 있으므로 경제적 효과 또한 매우 클 것이다. 또한 선시공 조립식 Hi-Form 통합 거푸집 시스템 공법은 기계화 시공에 따른 비용절감은 물론 건축폐자재의 발생을 최소화 할 수 있으므로 경제성이 매우 높다. 아울러 선시공 조립식 Hi-Form 통합 거푸집 시스템 공법은 철근콘크리트구조, 철골구조, 프리캐스트 및 프리스트레스구조, 철골철근콘크리트구조 및 혼합구조 등의 건축물 공사에 모두 적용 가능하므로 국내외 시장성은 무한적이며, 수입대체 효과와 해외 진출의 가능성이 매우 높다고 판단된다.

건설현장에서 인력절감, 공기단축 등은 공사비 등에 직접, 간접적인 영향을 미치는 중요한 요인이다. 선시공 조립식 Hi-Form 통합 거푸집 시스템 공법은 수입재인 거푸집용 합판 등의 가설재가 원칙적으로 불필요함은 물론 배근용 스페이서를 필요치 않는 등 공사비 절감에 크게 기여한다. 또한 거푸집공사와 철근공사가 Hi-Form 통합 거푸집 시스템 공법의 간단한 조립으로 동시에 이루어지므로 후속공정이 곧바로 이루어질 수 있으며, 층별 콘크리트 타설시기를 약 30~50%정도 앞당길 수 있어 공기단축에 결정적 역할을 할 수 있다.

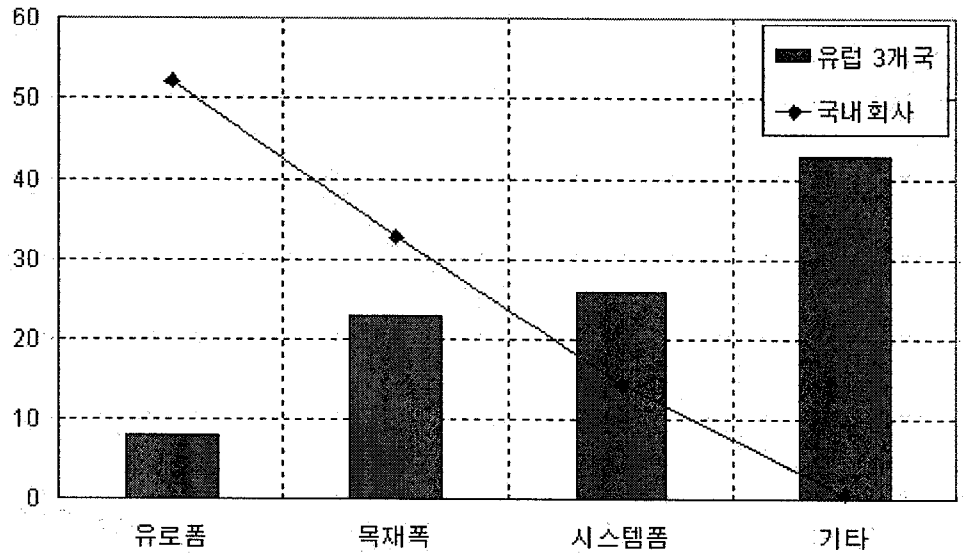
향후 선시공 조립식 Hi-Form 통합 거푸집 시스템 공법이 건설현장에 공급될 경우 경제적 효과는 인건비가 기존 공법의 약 6분의 1로 줄어들어 국가 전체적으로 연간 약 5조원의 인건비 절감효과가 예상된다. 또한 거푸집용 합판사용이 줄어듦으로 연간 약 3,000억원의 원목수입 대체효과가 있고, 건축폐자재 처리 비용도 연간 약 9,000억원 정도 절감될 것으로 예상된다.

5.3 연구개발결과의 기업 활용방안

거푸집공사에서 거푸집의 조기 해체가 가능하고 현장 및 시공조건에 맞도록 관련 업계의 조강콘크리트의 개발도 병행하여 이루어지면 효과적이라고 판단한다.

제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

[그림 6.1]은 유럽 3개국(프랑스, 독일, 영국)과 국내에서 유로폼, 목재폼, 시스템폼의 사용 비중을 보여주고 있다. 유럽 3개국은 유로폼과 목재폼의 사용비율이 상대적으로 작고 시스템폼과 기타폼의 비중이 큰 것으로 나타났다. 반면에 국내회사의 경우 유로폼이 약 52%의 비중을 차지하여 유럽 3개국 대비 5배 이상 많은 사용률을 나타내고 있으며, 목재 폼 역시 유럽 3개국에 비해 많이 사용하고 있는 것으로 나타났다.(이복남 외의 연구(2002)) 이는 국내회사와 유럽 3개국의 거푸집 공사에 대한 관리적, 구조적인 기술력 차이를 극명하게 보여주는 사례이다.



[그림 6.1] 유럽 3개국과 국내회사의 거푸집 사용율의 비교

세계 시장의 규모를 살펴보면 아시아 지역은 한국, 중국, 일본의 해외건설물량의 상당부분을 차지하고 있는 지역으로 중국과 일본의 점유율이 높게 나타났다. 특히 중국의 성장세가 주목할만하다. 반면에 한국은 하락추세에 있으며, 이는 이 지역의 물량이 건축과 토목에 집중되어 있기 때문인 것으로 추정된다. 아시아 지역의 경우 일본은 경협자금의 지원과 이 지역에서 자주 발주되는 품질적으로도 중요시되는 랜드마크적 시설물에 강점을 가지고 있으며, 반대로 중국의 경우는 일반적인 건축과 토목시설의 낙찰자 결정에 가장 영향을 주는 가격 경쟁력에 강점을 가지고 있

기 때문에 한국보다 시장 점유율이 높은 것으로 조사되었다.

중동지역은 일본기업들의 하락추세가 두드러지며, 이와는 반대로 한국과 중국의 시장점유율은 상승 추세에 있는 것으로 나타났다.

아프리카는 전체 해외건설시장에서 차지하는 비율이 10% 미만에 머물고 있지만, 시장의 잠재력은 매우 높은 것으로 평가되고 있다. 생산가격에서 경쟁력을 가지고 있는 중국이 2000년을 제외하고는 상승세를 이어가고 있다. 한국도 1999년 이후부터 리비아에서 대한민국의 경제제재가 완화되었기 때문에 이를 중심으로 북아프리카 지역에서의 해외건설 발주가 늘어날 것으로 전망되고 있다.

중남미는 한국의 시장점유율이 매우 높은 곳이다. 하지만 아시아의 한·중·일 3국 모두 시장 점유율이 점점 줄어들고 있는 추세이다.

세계시장을 선도하는 주요 업체는 아래의 표와 같다.

업체명(국적)	업체별 능력	중점 분야
PERI (독일) DOKA (오스트리아)	벽체, 슬래브, 계단 등의 부재별 시스템 거푸집을 생산하고, 전체를 시스템화하여 설계, 생산 및 시공하는 기술력 보유	기획 및 설계 생산 및 사업관리

최근 국내 종합건설업체의 해외진출 노력이 증가하고 있으며, 그 결과 해외공사 수주액의 최고치를 경신하고 있는 상황이다. 이와 같이 국내 건설기술의 해외진출 기회와 맞물려 본 연구에서 개발한 Hi-Form 시스템 거푸집을 적용할 경우, 막대한 규모의 외화획득을 추가로 기대할 수 있으며, 이후 독자적인 수출기회와 시장개척에 따라 국제적인 거푸집 브랜드로 자리매김할 것으로 예상하고 있다.

해외 선진 업체들은 주로 기술 또는 제품에 기술료를 부과하여 판매하려는 입장이므로 현재까지 공동연구의 가능성은 희박한 상황이며, 국내 기술수준이 일정수준 도달한 경우에는 공동연구 및 협력관계의 유지가 가능하리라 판단된다.

미국 Dayton Superior사(2005년 매출 $500 Million)의 경우 현재 국내와 기술정보를 교류하고 있으며, 하이폼데크의 미국시장 진출을 위한 기술검토와 적합성을 검토하고 있다. Universal Form & Clamp사 (2005년 매출 $100 Million)는 기술협력관계에 있는 미국 거푸집 및 가설재 회사로서 국내의 파워스틸 및 타이 등을 구매하고 있으며, 2006년 라스베가스 건축박람회에서 하이폼데크에 큰 관심을 가지고

미국내 판매 및 현장 적용을 위한 검토 작업을 공동으로 수행하고 있다.

현재 개발이 완료되어 현장에 적용되는 하이폼덱 슬래브 공법은 국내 유수의 건설회사에 적용되고 있으며, 이중 쌍용건설이 수주한 인도네시아 자카르타의 Indonesia Plaza Extension 현장(지하5층, 지상 49층), 갤러리아 글로덕 현장(지상2층~지상 33층) 적용을 하고 있으며 국내의 유수 건설업체를 통해 해외시장의 진출을 지속적으로 하고 있다.

제 7 장 참고문헌

1) Ferguson, S. A., "High-rise formwork for the 21st century", 초고층 건축 거푸집 시스템 국제 세미나, 대한건축학회, 1999.

2) 홍석일, 정성진, 김호수, 곽순섭, "거푸집-동바리 시스템의 합리적인 거동 예측을 위한 모형화 기법", 대한건축학회논문집, 21권 4호, pp.65-72. 2005.

3) 김광희, 강경인, "초고층 골조공사를 위한 유닛 테이블 거푸집 공법의 개발 및 적용에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 19권 8호, pp.181-188. 2003.

4) Ling, Y. Y. and Leo, K. C., "Reusing timber formwork : importance workman's efficiency and attitude", Building and Environment, Vol. 35, pp.135-143, 2000.

5) 고성석, 오준호, "거푸집공사 위험성 평가에 관한 연구", 산업안전한회지, 17권 3호, pp.96-101, 2002.

6) 소용성, 김용수, "가설재해 현황분석 및 사고 원인분석에 관한 연구", 대한건축학회 학술발표논문집, 21권 2호, pp.507-510. 2001.

7) 신윤석, 최희복, 이웅균, 안성훈, 강경인, "초고층 건축공사의 바닥판 거푸집 시스템 선정에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 22권 2호, pp.147-154. 2006.

8) 김동완, 박송우, 이현수, 박문서, "벽식구조 건축물의 공기단축을 위한 거푸집시스템", 대한건축학회 학술발표논문집, 25권 1호, pp.205-208. 2005.

9) (주)일호, (주)일호인터내셔날, 신운식, 장극관, 공장 제작된 철근트러스와 합판에 스냅타이와 웨지핀을 이용한 거푸집 공법(Hi-Form Deck 공법), 신기술 제493호 지정신청서, 319p. 2006.

10) Proverbs, D.G., Holt, G.D. and Olomolaiye, P. O. "Factors in formwork selection : a comparative investigation", Building Research Imformation, 1999.

11) 이복남, 정영수, 우성권, 김대호, 강승희, "건설사업관리제도의 파급효과", 한국건설산업연구원 연구보고서, 2002.

12) 이은진, 오영훈, 장극관, 신운식, "선시공 조립식 계단 거푸집 시스템의 Mock-up시공 및 성능계측평가", 한국콘크리트학회 학술발표 논문집, 한국

콘크리트학회, PP.981~984, 2007.11

13) 이은진, 오영훈, 장극관, 신운식, "선시공조립식 Hi-Form 거푸집 공법을 적용한 계단접합부의 전단 및 휨강도 평가", 한국콘크리트학회 학술발표 논문집, 한국콘크리트학회, PP.85~88, 2007.11

14) 이은진, 진병창, 장극관, "선시공 조립식 거푸집 공법을 이용한 계단 접합부의 접합방식에 따른 해석적 연구", 한국콘크리트학회 학술발표 논문집, 한국콘크리트학회, PP.301~304, 2008.4

첨부.

자체평가의견서(1차년도)

1. 과제 현황

사업 명	건설기술혁신사업			
연구 과제	과 제 명	선시공 조립식 Hi-Form을 이용한 통합 거푸집시스템 공법 개발 및 실용화 연구		
	주관연구기관	(주)일호	주관연구책임자	심 원 보
연구 기간	2006. 12. 20. ~ 2009. 9. 19. (2년 10개월)			
협동연구기관	기 관 명		연 구 책 임 자	
	서울산업대학교 (외 0)		장 극 관	
위탁연구기관	기 관 명		위탁연구책임자	
	(외)			
참여기업	기업체명		대 표 자	
	㈜ 일호인터내셔날 (외 1)		최 종 학	

연 구 비 (천원)	연차	정부	민간	계
	1차년도	123,000	51,959	174,959
	2차년도	99,000	49,580	148,580
	3차년도	395,000	17,688	555,532
	계	617,000	262,071	879,071

2. 평가일 : 2007. 07.

3. 평가자(연구책임자) 확인

본인은 평가대상 연구과제의 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약합니다.

소 속	직 위	성 명	확약(서명, 인)
(주)일호 기업부설연구소	소장	심원보	

Ⅰ. 연구개발 실적

평 가 항 목	가중치 (A)	평가척도(B) 수 5	우 4	미 3	양 2	가 1	득점 (A×B)	평 기 의 견
연구수행								
① 연구개발 결과의 우수성 및 창의성	2	○					10	계단 시스템 거푸집의 창의적인 개발
② 연구개발 수행노력의 성실도	2		○				8	체계적이며 유기적인 연구수행
③ 연구개발 결과에 대한 활용가능성	2	○					10	활용가능성 우수
④ 연구개발 결과의 파급효과	2		○				8	개발된 기술의 파급효과 양호
⑤ 공개 발표된 연구개발 성과 (논문 게제 또는 산업재산권 출원 및 심사 가능성, 발표회개최 등)	2			○			6	산업재산권 및 논문 게제 준비중
연구목표 달성도(연구개발계획서상에 기술된 연구목표)								
⑥ 제품화	2		○				8	제품화를 위한 생산기술 구축
⑦ 시제품 출시	2	○					10	시제품(Mock-up시공) 시공
⑧ 공정개선 및 공법개발	2	○					10	공정개선에 의한 효율적 공사관리 가능
⑨ 공사비용 절감	2		○				8	공기 단축에 따른 공사비 절감
⑩ 안전체계 구축	2	○					10	구조설계기준 및 구조실험에 의한 안전성의 구축
소계 전문가 평가점수 (100점 만점)	20						88	

※ 연구개발계획서에 제시한 평가착안점을 항목(⑥~⑩)으로 설정하고, 자체평가한 내용을 간략하게 기술

※ "⑤ 공개 발표된 연구개발 성과" 의 실적 자료 제출

Ⅱ. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

개발된 기술은 기존 계단 거푸집 공법의 비효율성을 개선한 것으로서 그 활용도 및 적용성이 클 것으로 판단되며, 실제 건설시장에서 활발하게 보급될 것으로 예상된다.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

당초 연구계획서 작성과정에서는 12개월의 개발기간을 상정하였으나, 실제 연구과제의 수행기간은 6개월로서 연구과제의 목표를 달성하기 위하여 신속한 판단과 연구수행을 필요로 하였습니다.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

1차년도에서 개발한 계단 거푸집 공법을 실제 건설현장에 적용할 수 있도록 대상 현장을 모색할 계획이며, 2차년도에서 수행할 벽체 거푸집 공법의 개발은 이러한 계단 거푸집 공법의 장점을 살릴 수 있는 방향으로 벽체와 계단 거푸집 간의 연결철물 및 액서사리 장치를 보완해 나갈 예정이다.

[붙 임]

자체평가의견서(2차년도)

1. 과제 현황

접수 번호			사업 성격	자유공모과제-현장기술	
연구 분야	건설핵심기술연구개발사업				
연구 과제	과 제 명	선시공 조립식 Hi-Form을 이용한 통합 거푸집시스템 공법개발 및 실용화 연구			
	주관연구기관	(주)일호	주관연구책임자	심 원 보	
연구 기간	2006. 12. 20. ~ 2009. 12. 16. (2년 10월)				
협동연구기관	기 관 명		연 구 책 임 자		
	서울산업대학교 (외 0)		장 극 관		
위탁연구기관	기 관 명		위탁연구책임자		
	(외)				
참여기업	기업체명		대 표 자		
	㈜ 일호인터내셔날 (외 1)		최 종 학		
연 구 비 (천원)	연차	정부	민간	계	
	1차년도	123,000	51,959	174,959	
	2차년도	111,000	50,080	161,080	
	3차년도	378,000	160,032	538,032	
	계	612,000	262,071	883,071	

2. 평가일 : 2008. 4. 30

3. 평가자(연구책임자) 확인

본인은 평가대상 연구과제의 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약합니다.

소 속	직 위	성 명	확약(서명, 인)
(주)일호 기업부설연구소	소장	심원보	

Ⅰ. 연구개발 실적

평 가 항 목	가중치 (A)	평가척도(B) 수 5	우 4	미 3	양 2	가 1	득점 (A×B)	평 가 의 견
연구수행								
① 연구개발 결과의 우수성 및 창의성	2	○					10	계단 시스템 거푸집 및 접합부의 창의적인 개발
② 연구개발 수행노력의 성실도	2	○					10	체계적이며 유기적인 연구수행
③ 연구개발 결과에 대한 활용가능성	2	○					10	활용가능성 우수
④ 연구개발 결과의 파급효과	2		○				8	개발된 기술의 파급효과 양호
⑤ 공개 발표된 연구개발 성과 (논문 게재 또는 산업재산권 출원 및 심사 가능성, 발표회개최 등)	2		○				8	학술발표 3건 완료 및 논문 게재 준비중
연구목표 달성도(연구개발계획서상에 기술된 연구목표)								
⑥ 제품화	2		○				8	제품화를 위한 생산기술 구축
⑦ 시제품 출시	2	○					10	시제품(Mock-up시공) 시공
⑧ 공정개선 및 공법개발	2	○					10	공정개선에 의한 효율적 공사관리 가능
⑨ 공사비용 절감	2		○				8	공기 단축에 따른 공사비 절감
⑩ 안전체계 구축	2	○					10	구조설계기준 및 구조실험에 의한 안전성의 구축
소계 전문가 평가점수 (100점 만점)	20						92	

※ 연구개발계획서에 제시한 평가착안점을 항목(⑥~⑩)으로 설정하고, 자체평가한 내용을 간략하게 기술

※ "⑤ 공개 발표된 연구개발 성과" 의 실적 자료 제출

II. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

개발된 기술은 기존의 일체식 및 Prefab 계단 공법의 비효율성을 개선한 것으로서 그 활용도 및 적용성이 클 것으로 판단되며, 계단참과 경사계단 접합부의 반강접 접합 상세를 제안함으로써 안전하고 경제적인 계단 설계가 가능하도록 하였고, 구조적 성능을 실험을 통하여 평가함으로써 학술적 가치와 더불어 실제 건설시장에서의 실용화에 기여할 것으로 예상된다.
또한 슬래브 재질 다양성 검토 및 2방향 슬래브 구조에 Deck 적용성 검토 및 실제 현장시공을 통해 시공성 향상, 안전성 확보 및 적용확대를 기대할 수 있다.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

연구과제의 수행기간은 10개월로서 연구목표를 달성하기 위하여 신속한 판단과 연구수행을 필요로 하였습니다.

또한 지난 1차년도에 진행되었던 기초연구가 당해연도 연구의 기반이 되어 더 응용되고 발전된 결과를 얻을 수 있었습니다.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

2차년도에서 개발한 계단참과 경사계단의 접합부와 슬래브 거푸집의 재질 및 현장 적용성 확대는 다양한 특수성을 가진 건설현장에 적용될 수 있도록 대상 현장을 모색할 계획입니다.

3차년도에서 수행할 통합 거푸집 공법의 개발은 지난 1차, 2차년도의 연구를 바탕으로 계단실의 통합 거푸집 공법의 장점을 살릴 수 있는 방향으로 다양한 연결철물 및 액서사리 장치를 보완하고, 현장에 적용할 수 있는 실용화 방안에 주력할 예정입니다.

부 록

부록.1

하이폼 계단공사
시공지침서

2008. 4

1. 일반사항

1.1 목 적

본 시방서 및 유지관리계획서는 00현장 철근콘크리트 코어 계단실 공사에 하이폼 계단을 적용하는데 있어 계획, 시공 및 사후관리를 원활하게 수행할 수 있도록 시공·품질·안전에 관한 기준을 제공하는데 그 목적이 있다.

1.2 적용범위

본 시방서 및 유지관리계획서는 철근콘크리트 코어 계단실 공사에 하이폼 계단을 사용하는 모든 현장에 적용한다. 본 서에 기재된 내용의 변경이 필요하거나 언급되지 않은 부분에 대해서는 전문가의 검토를 거친 후 시공한다.

1.3 시공계획서

시공자는 공사 시작 전에 시공계획서를 작성하여 담당원의 승인을 얻는다. 시공계획서는 다음과 같은 내용들을 포함하여야 한다.

가. 공사개요

나. 품질 시공관리 조직

필요한 공종별 전문 인력을 포함하여 공장과 현장으로 구분하여 조직하고 책임자를 지정하여야 한다.

다. 공정계획

착공에서부터 준공까지의 전체공사에 대한 공정계획은 다음과 같은 공정들의 연관성을 충분히 검토하여 전 공정이 지연됨이 없이 실시되도록 수립되어야 한다.

1) 몰드 · 거푸집 제작공정

2) 운반공정

3) 현장의 작업공정

가) 야적장 거푸집설치

나) 현장 콘크리트 타설

다) 부재양생

라) 조립공정

마) 접합공정

바) 접합부 방수공정

사) 마감공사공정

라. 몰드 · 거푸집 제작계획

몰드 · 거푸집 제작계획은 배치계획, 제작기간, 공장생산능력, 운반계획, 조립계획, 현장의 수 및 규모 등을 종합적으로 검토하여 다음과 같은 내용들을 포함시켜 작성한다.

1) 공장개요 또는 현장의 제작 장소에 대한 개요

2) 사용재료 : 강재, 접합용 철물

3) 제품규격 : 제작 허용오차

4) 거푸집의 제작공정

5) 검사방법

6) 기타

마. 운반계획

1) 몰드 · 거푸집의 운반계획은 제조공장에서의 적재와 운반에 대한 세부사항, 운반차 량의 형태, 현장에서의 콘크리트 타설 및 양생 등을 고려하여 작성한다.

2) 운반차량의 종류, 운반용 받침대, 적재방법 등을 명시하고, 운반과정에서 몰드·거푸집에 유해한 변형이나 파손이 생기지 않도록 운반시 유의사항을 명시한다.

3) 운반계획은 공사현장을 미리 답사하여 다음과 같은 조건들에 유의하여 작성한다.

가) 운반차량의 종류와 주행시간

나) 운반시 통과할 도로의 사정

다) 도로교통 관련법규 등의 제한사항

라) 운반용 받침대

마) 몰드 · 거푸집의 적재 및 하차

바) 현장에서 몰드 · 거푸집 설치

사) 현장에서 크레인이나 그 외의 부재 운반 장비의 가동성과 용량

바. 거푸집 현장 설치계획

공장 생산된 거푸집은 트럭 등의 운반차량에 의해 현장에 반입되고 반입된 거푸집은 현장 콘크리트 타설, 양생 후 탈형을 하여 계단부재를 생산하게 된다. 이 부재가 조립장비에 의해 조립되는 것이 일반적이다. 따라서 현장에서는 다음 사항들에 대한 거푸집 설치계획이 필요하다.

1) 몰드 · 거푸집의 반입 및 부재 운반도로

가) 몰드 · 거푸집의 반입 및 부재 운반도로는 조립용 크레인이나 야적장에 연결되어야 한다.

나) 운반차량이 여러 대일 경우 먼저 들어온 차량의 거푸집을 하차하는 동안 후속차량 의 대기를 위한 장소도 확보되어 있어야 한다.

2) 거푸집 현장설치

가) 몰드 · 거푸집의 현장설치 위치는 콘크리트 타설, 양생 후 탈형을 하여 생산된 계단부재 를 조립하기 위해 조립장비의 작업반경 내로 하며, 운반차량이 돌아나갈 수 있도록 여 유가 있어야 한다.

나) 몰드 · 거푸집 설치위치는 평탄하고, 다른 작업으로 콘크리트 양생 중에 계단부재 가 손상되는 일이 없는 곳을 택해야 한다.

다) 거푸집 설치 바닥은 모래나 잡석 등을 이용하여 잘 다지거나, 콘크리트나 아스팔 트로 포장을 한다.

라) 몰드 · 거푸집 설치 주변은 배수로를 설치하여 물이 고이지 않도록 한다.

3) 가설전기, 가설급수

가) 가설전기는 현장 콘크리트 타설시나 조립시 접합공사 계획을 근거로 충반한 용량 으로 설치하여 불완전용접 등이 생기지 않도록 한다.

나) 가설급수는 청정한 물을 공급받을 수 있도록 계획하고, 계절 및 지역에 따라서는 수온조절장치를 설치하여야 한다.

사. 공정별 시공계획

공사현장에서 타설된 콘크리트 계단부재와 관련된 공정에 대해서는 다음 사항들을 포함하고 각 항목별 세부내용은 이 시방서의 3.2(부재의 운반 및 조립) 이하를 참조하여 시공계획서를 작성한다.

1) 시공조건

2) 시공순서 및 방법

3) 허용오차

4) 검사 및 시험방법

5) 시공상의 체크리스트

6) 기타 유의사항

1.4 시공관리

시공자는 시공계획서에 의거하여 공장 및 현장에서 일어나는 제반 사항에 대하여 시공관리를 해야 한다.

가. 품질관리

1) 품질관리는 품질관리 책임자를 정하여 실시한다. 공장 및 현장의 품질관리 요점을 명확히 하여 소기의 품질을 얻을 수 있도록 관리한다.

2) 공정별, 작업별로 과정 관리를 실시한다.

3) 현장 타설된 계단부재에 요구되는 성능항목으로서는 강도, 방수성, 차음성, 내화성, 단열성, 내구성 등이 있다. 이를 성능의 대용특성인 콘크리트 강도, 배근상태, 콘크리 트 비중, 치수허용오차, 미감외관, 균열 및 파손 등에 대한 시험 및 검사를 각 장의 시험 및 검사항목에 따라 수행하여야 한다.

나. 공정관리

1) 노무계획, 재료수급계획, 장비동원계획, 자금계획 등을 공계획과 부합되도록 수립하고 관리하여야 한다.

2) 공장과 현장의 연결관계를 수시로 점검하여 공기지연 요소를 제거하여야 한다.

다. 안전관리

부재의 치수, 중량이 재래공법에 비하여 크기 때문에 부재의 취급과 조립공사 등에서 각별한 주의를 기울여야 한다. 현장에서의 안전관리에 대해서는3.2.5 (현장관리)에 따른다.

2. 자재

2.1 현장타설 콘크리트 계단부재

현장타설 콘크리트 계단부재는 공사시방에 따른다.

2.2 현장타설 콘크리트 재료 및 품질

가. 시멘트

1) 시멘트의 종류는 공사시방서에 의하며, 공사시방이 없을 때에는 KS L 5201(포클랜드 시멘트)에 규정한 보통, 조강포틀랜드 시멘트 및 고로슬래그 시멘트(KS L 5210), 포틀 랜드 포졸란 시멘트(KS L 5401) 또는 플라이애쉬 시멘트(KS L 5211)에서 규정한 시멘트 를 사용한다.

2) KS L 5201(포틀랜드 시멘트)의 시험에 합격한 것을 사용한다.

나. 골재

1) 골재는 콘크리트 품질에 영향을 미치는 유해한 양의 먼지, 흙, 유기불순물, 염화물 등을 함유하지 않아야 하며, 소요의 강도, 내구성 및 내화성을 가진 것으로 한다.

2) 보통골재는 다음에 따른다.

가) 굵은골재, 잔골재는 KS F 2526(콘크리트용 골재)에 규정된 것으로서 표 2.1 및 표 2.2를 만족하는 것으로 한다.

나) 부순돌, 부순골재는 KS F 2527(콘크리트용 부순골재), 고로슬래그 골재는 KS F 2544(콘크리트용 고로슬래그 골재)에 각각 적합한 것을 사용하여야 한다.

다만, 고로슬래그 골재를 사용할 때에는 담당원의 승인을 받는다.

다) 다른 종류의 골재를 혼합 사용하는 경우는 혼합하기 전의 품질이 각각 가), 나)항의 규정을 만족해야 한다.

표 2.1 보통 골재의 품질

항목	절건비중	흡수율(%)	입형판정 실적율(%)	점토 덩어리량(%)	No. 200체 통과량(%)	유기 불순물	염분(%)
굵은 골재	2.5 이상	3.0 이하	55 이상	0.25 이하	-	-	-
잔골재	2.5 이상	3.5 이하	-	1.0 이하	3.0 이하	표준색보다 연할 것	0.04 이하

(주) 시험방법은 2.5 (재료시험 및 검사)에 따른다.

표 2.2 보통 골재의 표준입도

종류 \ 체의 호칭 (mm)		체를 통과하는 중량(%)										
		30	25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
굵은 골재	25	100	95~100	65~85		25~45	0~10	0~5				
	20		100	90~100	55~80	25~50	0 ·10	0~5				
	10				100	90~100	50~90	25~50	0~5			
잔골재						100	90~100	80~100	55~85	30~55	15~30	2~10

(주) 부순모래 또는 고로슬래그 모래를 혼합 사용할 경우, 혼합한 잔골재가 체를 통과하는 중량은 2~15로 한다.

3)잔골재의 염분함유량은 0.04% 이하로 한다. 다만 방청제를 사용하는 경우에는 0.1% 이하로 할 수 있다.

4) 굵은골재의 최대치는 공사시방에 따른다.

5) 인공경량골재를 사용할 때에는 KS F 2534(구조용 경량골재)에 규정하는 것으로써 공사시방에 따른다.

다. 물

1) 물은 콘크리트 및 철근에 영향을 미치는 유해한 양의 불순물을 함유하지 않아야 한다.

2) 콘크리트에 사용되는 물은 수도법에 의한 상수도물 또는 표 2.3의 규정에 적합한 품질을 갖는 것으로 하며 이 경우 상수도물을 별도의 시험을 하지 않고도 사용할 수 있다.

3) 상수도물 이외의 물의 품질은 표 2.4에 표시하는 기준에 적합하여야 한다.

4) 철근 콘크리트의 해수를 혼합수로 사용하지 않아야 한다.

표 2.3 상수도물의 품질

시험항목	허용량
색도	5도 이하
탁도	2도 이하
수소 이온 농도(pH)	5.8 ~ 8.5

증발 잔류물	500mg/l 이하
염소 이온량	150mg/l 이하
과망간산 칼륨 소비량	10mg/l 이하

표 2.4 상수도 이외 물의 품질

시험항목	허용량
현탁물질의 양	2g/l 이하
용해성 증발잔류물의 양	1g/ 이하
시멘트의 응결시간의 차	초결은 30분 이내, 종결은 60분 이내
몰탈의 압축강도의 비율	재령은 7일 및 28일에서 90% 이상
염소 이온량	150mg/l 이하

5)레디믹스트 콘크리트인 경우는 KS F 4009(레디믹스트 콘크리트) 2.3(물)에 따른다. 단지 염화물은 염소 이온량으로서 200mg/l 이하로 한다. 또한 해수를 사용하는 경우에는 담당원의 승인을 받는다.

라. 혼화재료

1) 콘크리트용 화학혼화제는 KS F 2560(콘크리트용 화학혼화제)의 규정에 적합한 것 중 에서 공사시방에 따라 정한다. 공사시방에 없을 때에는 담당원의 승인을 받아 사용할 수 있다.

2) 화학혼화제 이외의 혼화재로서 플라이애쉬는 KS L 5405(플라이애쉬)에 적합한 것으로써 공사시방에 의해 정한다. 공사시방에 없는 경우에는 담당원의 승인을 받아 사용할 수 있다.

3) 상기 이외의 혼화재료는 공사시방에 따른다.

마. 레디믹스트 콘크리트

레디믹스트 콘크리트를 사용할 때에는 KS F 4009(레디믹스트 콘크리트)에 따른다.

바. 콘크리트의 품질

1) 본 절은 계단부재에 사용하는 콘크리트의 품질에 적용한다.

2) 부재에 사용하는 콘크리트는 굳지 않은 콘크리트에서는 소요의 워커빌리티, 굳은 콘 크리트에 대해서는 강도 및 내구성이 확보되어야 한다.

3) 콘크리트의 종류는 다음에 따른다.

가) 사용골재에 따라 보통 콘크리트와 경량 콘크리트로 구분한다.

나) 콘크리트의 종류는 공사시방에 따른다.

다) 콘크리트의 설계기준강도 및 경량 콘크리트의 기건단위용적중량은 공사시방에 따른 다.

라) 보통콘크리트 및 경량 콘크리트의 설계기준강도와 기건단위용적중량의 범위는 표 2.5에 따른다.

표 2.5 콘크리트의 설계기준강도 및 기건단위용적중량의 범위

사용골재에 의한 콘크리트 종류	사용 골재의 종류		설계기준강도 (kgf/cm2)	기건단위 용적중량 (tonf/m3)
	굵은골재1)	잔골재2)		
보통 콘크리트	자갈, 부순돌, 고로슬래그 부순돌	모래, 부순모래, 고로슬래그 부순모래	180~360	2.2~2.4
경량 콘크리트 1종	인공경량 굵은골재	모래, 부순모래, 고로슬래그 부순모래	180~270	1.7~2.0
경량 콘크리트 2종	인공경량 굵은골재	인공경량 잔골재 또는 이 일부를 모래, 부순돌, 고로슬래그 부순모래로 대체한 것		1.4~1.7

(주) 1) 자갈, 부순돌, 고로슬래그 부순돌 및 이들이 혼합된 것을 포함한다.

2) 모래, 부순모래, 고로슬래그 부순모래 및 이들이 혼합된 것을 포함한다.

5) 워커빌리티 및 슬럼프

가) 콘크리트의 워커빌리티는 콘크리트의 타설, 다짐방법에 따라 형틀 내의 철근 및 철물주위에 밀실하게 타설 될 수 있어야 하며, 블리딩과 재료분리가 작도록 한다.

나) 콘크리트의 슬럼프는 15cm 이하로 하며 그 값은 공사시방에 따른다.

6) 콘크리트의 압축강도

가) 부재 콘크리트의 압축강도는 현장타설시 양생된 공시체의 재령 28일에서의 압축강 도 평균값은 설계기준강도 이상이어야 한다.

나) 계단부재의 압축강도는 동일 조건에서 양생된 공시체의 압축강도로써 표시하며 다음을 만족해야 한다.

- 부재 탈형시 압축강도의 평균값이 탈형시 소요강도 이상일 것
- 부재콘크리트의 보증재령에 있어서 압축강도는 설계기준강도 이상일 것.

다) 탈형시 소요강도는 부재 탈형시에 유해한 균열, 파손 등이 생기지 않도록 정하며 3.1.5(콘크리트 타설) 사. 1)에 따른다.

라) 부재콘크리트의 압축강도에 대한 보증재령은 28일 이내로써 공사시방에 따른다. 공사시방에 정한 바가 없는 경우에는 28일로 한다.

라) 위의 가) 및 나)항의 압축강도에 관한 규정의 판정은 2.5 나. 7) (부재에 사용하는 콘크리트 및 부재콘크리트의 시험, 검사)에 따른다.

7) 내구성 확보를 위한 재료, 배합에 관한 규정

가) 단위수량은 콘크리트가 소요 성능이 얻어지는 범위 내에서 될 수 있는 한 적게 한 다.

나) 단위시멘트량의 최소값은 300kgf/m^3 으로 한다.

다) 물시멘트비는 60% 이하로 하며 그 값은 공사시방에 따른다.

라) 콘크리트에 함유되는 염화물량은 염소이온량으로써 0.3kgf/m^3 (NaCl로써 0.5 kgf/m^3)이하로 한다. 단, 방청상 유효한 대책을 강구하여 담당원의 승인을 얻었을 때 에는 0.6kgf/m^3 (NaCl로써 1.0kgf/m^3)이하로 할 수 있다.

마) 알칼리 · 골재반응 억제에 대한 대책은 공사시방에 따른다.

바) 동결융해를 받을 가능성이 있는 콘크리트는 AE콘크리트로 하며 그 시방은 공사시 방에 따른다.

사) 해안으로부터 근접하여 바닷바람에 의해 염해를 받을 가능성이 있는지역에서의 피복두께의 증가, 마감재 등과 같은 철근의 방청대책은공사시방에따른다.

2.3 보강재료 및 품질

가. 배근용 철근

1) 철근 및 구조용 용접철망의 종류는 공사시방 및 설계도에 따른다.

2) 철근은 KS D 3504(철근 콘크리트용 봉강) 또는 KS D 3527(철근 콘크리트 재생봉 강)에 적합한 것으로 한다.

3) 구조용 용접철망의 규격은 다음에 따르고 이외의 규정은 KS D7017(용접철망)에 적 합한 것으로 한다.

가) 인장강도 : 4000kgf/cm^2 이상일 것. (0.2% 옵셋법 또는 0.5% 온신장률법), 단 극한강도 설계시 설계항복강도는 0.35% 온신장률법으로 결정한다.

나) 연신율 : 연신율의 표점거리는 철선지름 (db)의 5배(5유)로 하되 12%이상으로 한다.

나. 구조용 강재

1) 강재의 품질은 공사시방에 따르고, 형태, 치수는 공사시방 또는 설계도에따른다.

2) 강재는 KS D 3503(일반구조용 압연강재) 또는 KS D 3515(용접구조용 압연강재)의 규격품으로 한다.

2.4 접합부 재료 및 품질

가. 충전용 몰탈

1) 충전용 몰탈의 설계기준강도는 공사시방에 따르되 양생된 철근콘크리트 계단부재의 설계강도 이상으로 한다.

2) 충전용 몰탈에 사용되는 재료는 본 건축공사 표준시방서 05000(철근 콘크리트 공사)에 따른다.

3) 몰탈의 비빔은 믹서비빔으로 한다.

4) 몰탈과 물은 계량컵으로 정확히 계량하며 교반통에 물을 먼저 부은 후 몰탈을 부어 혼합하여야 한다.

5) 몰탈의 시공연도는 플로우값으로 표시한다.

6) 충전에 사용되는 무수축 몰탈은 표 2.6에 따른다.

7) 몰탈에 대한 시험, 검사는 2.5(재시험 및 검사) 나. 항의 8) 충전용 몰탈의시험, 검사에 따른다.

표 2.6 충전용 몰탈의 물성

혼합수량 (%)	유동성 (Flow, mm)	응결시간		3일 압축강도 (kgf/cm2)	사용온도 (℃)	팽창율 (% volume)
		초결	종결			
14 이상 16 이하	200 이상	2시간 이상	8시간 이내	140 이상	10 ~ 35	0.3% 이내

2.5 재료시험 및 검사

가. 일반사항

1) 본 절은 계단부재의 현장타설 콘크리트 공사의 각 공정에 있어서 사용하는 재료에 대한시험, 검사에 대하여 적용한다.

2) 품질관리를 위하여 행하는 시험, 검사의 항목, 방법 및 그 판정기중은 본 절에 의하 는 것 외에 공사시방에 따른다.

3) 시험, 검사를 하기 위한 기료, 공시체의 채취장소 Ehms 시험, 검사대상 부위 등은 그 부분의 품질이 전체를 대표하도록 선정하여 담당원의 승인을 얻는다.

4) 시험, 검사는 필요에 따라 담당원의 입회를 받는다. 이들 결과의 기록은 필요에 따 라 담당원에게 제출한다.

5) 본 시방서에 의한 시험, 검사에 관한 기록은 일정기간 보관하여 담당원의 요구가 있 으면 제시하거나 보고한다.

6) 시험, 검사의 결과가 규정에 적합하지 않은 경우의 조치는 담당원의 지시에 따른다.

나. 사용재료의 시험 및 검사

1) 콘크리트에 사용하는 시멘트, 골재, 물 및 혼화재료, 철근의 품질이 설계도 및 담당원의 승인을 받는 규정 또는 지시에 의한 규정에 적합한지를 확인한다.

2) 시멘트의 시험, 검사의 확인은 표 2.7에 따른다.

3) 골재의 시험, 검사의 확인은 표 2.8에 따른다.

4) 콘크리트용 물의 품질 확인은 표 2.9에 의한다.

5) 혼화재료의 종류, 품질의 확인은 표 2.10에 따른다. 표 2.10에 표시되어 있지 않은 혼화재료의 시험, 검사는 공사시방에 따른다.

6) 철근의 품질확인은 표 2.11에 따른다.

7) 부재에 사용하는 콘크리트 및 부재콘크리트의 시험, 검사

가) 부재재료에 사용하는 콘크리트의 시험, 검사는 표 2.12에 따른다.

나) 부재재료에 레디믹스트 콘크리트를 사용하는 경우의 시험, 검사는 KS F 4009 (레 디믹스트 콘크리트의 검사)에 따른다. 이 경우 특별히 지정한 사항에 대한 검사방법 은 공사시방에 따른다.

8) 충전용 몰탈의 시험, 검사는 표 2.13에 따른다. 다만 압축강도에 대해서는 충분한 실적과 데이터로써 그 품질이 확인되어 담당원의 승인을 받는 경우에는 시험, 검사를 생략할 수 있다.

2.6 재료의 취급 및 저장

가. 시멘트는 종류별로 구분하여 비, 바람 및 습기 등으로 인하여 풍화되지 않도록 저장한다.

나. 조금이라도 굳은 시멘트 및 불합격품은 발견한 즉시 다른 것과 섞이지 않게 구분하여 장외로 반출하여야 한다.

다. 골재는 잔골재 및 굵은 골재별로 구획하여 취급하고, 먼지, 진흙 등의 이물질이 들어가거나 섞이지 않게 저장한다.

라. 골재는 그 입자가 분리되지 않도록 취급하며 물이 빠지기 쉬운 장소에 저장한다.

마. 혼화재료는 종류 및 품종별로 구분하며 또한 품질이 변화하지 않게 저장한다.

바. 철근은 종류별로 정리하여 저장한다.

사. 철근, 접합용 철물 등은 직접 땅에 닿아서는 않된다. 또한 비, 이슬, 바닷바람에 맞지 않게 하며 먼지, 진흙 및 기름이 묻지 않게 저장한다.

표 2.7 시멘트의 시험, 검사

항목	판정기준	시험, 검사방법	시기, 횟수
시멘트의 종류	사용부위별로 규정한 시멘트의 종류와 일치할 것	사용하는 시멘트의 시험 성적서는 납품서에 의해 확인	콘크리트 공사개시 전
비중 분말도 응결시간 안정성 압축강도	해당 시멘트의 KS 규격에 적합할 것	KS L 5201(포틀랜드 시멘트)의 물리성능시험방법 및 KS L 107, KS L 5105에 의한 확인 또는 제조회사의 시험성적표에 의한 확인	콘크리트 공사개시 전 및 공사기간 중 1회/월

표 2.8 골재의 시험, 검사

항목		시험, 검사방법	판정기준	시기, 횟수
골재의 종류		육안검사(필요에 따라 물로 씻는다) 또는 레디믹스트 콘크리트인 경우에는 납품서에 의한 확인	공사된 것, 또는 담당자 승인을 받은 것일 것	콘크리트 타설일마다
굵은 골재의 최대치수		물로 씻은 골재는 KS F 2502(골재의 체가름 시험방법) 또는 레디믹스트 콘크리트인 경우에는 납품서에 의한 확인	공사된 것, 또는 담당자 승인을 받은 것일 것	콘크리트 타설일마다
잔골재 부분 모래 및 굵은 골재	입도/조립률	KS F 2502(골재의 체가름 시험방법)	자재의 규정에 적합할 것	다음 (1)~(4)에 따른다. (1)콘크리트 공사 개시전 (2)골재산지가 바뀌거나 골재품질이 변화했다고 생각될 때 (3)공사기간 중 1회/월 (4)해사를 사용하는 경우 염분에 대해서는 콘크리트 타설일마다, 단지 레디믹스트 콘크리트인 경우는 생산자가 최근에 행한 관리시험 결과에 따를 수 있다. (5)담당원의 지시가 있는 경우
	비중/흡수율	KS F 2503(굵은골재의 비중 및 흡수율 시험방법)/KS F 2504(잔골재의 비중 및 흡수율 시험방법)		
	단위용적/중량/실적률	KS F 2505(골재의 단위용적 중량 및 공극률 시험방법)		
	점토덩어리 함유량	KS F 2512(골재 중에 함유되는 점토 덩어리량의 시험방법)		
	씻기시험에서 손실량	KS F 2511(골재에 포함된 잔입자(0.08㎜체를 통과하는_시험방법		
	유기불순물	KS F 2510(콘크리트용 모래에 포함되어 있는 유기불순물 시험방법		
	염분	KS F 2515(골재 중의 염화물 함유량 시험방법)		
부순돌	비중/흡수율/안정성/마모감량/입형판정/실적률/입도/조립률	KS F 2527(콘크리트용 부순골재)에 정하는 시험방법		
	정토덩어리 함유량	KS F 2512(천연골재중에 함유되어 있는 점토덩어리 시험)		
	알칼리 골재반응	KS F 2545(골재의 알칼리 잠재반응 시험방법) KS F 2546(시멘트와 골재의 배합에 따른 알칼리 잠재반응 시험방법), KS F 2547(콘크리트 골재용 탄산연암의 알칼리 잠재반응 시험방법)		
	비중/흡수율	KS F 2529(구조용 경량 잔골재의 비중 및 흡수율 시험방법) 및 KS F 2533(구조용 경량 굵은골재의 비중 및 흡수율 시험방법		
	모르터 중 잔골재의 공극률/콘크리트 압축강도/콘크리트단위중량/강열감량/무수황산/염분/산화칼슘/유기불순물/안정성/점토덩어리/입도/조립률	KS F 2534(구조용 경량골재)에 정하는 시험방법		
	부립률	KS F 2531(경량 굵은골재의 부립률 시험방법		

표 2.9 혼합수의 시험, 검사

종류	항목	시험, 검사방법	판정기준	시기, 횟수
상수도물	-	상수도 물을 사용하고 있다는 것을 나타내는 자료에 의한 확인	상수도 물일 것	콘크리트 공사개시 전 및 공사기간 중 년 1회 이상 또는 수질이 변한 경우 단지 레디믹스트 콘크리트인 경우는 생산자가 행하고 있는 시험결과에 의할 수 있다.
	색도 탁도 수소이온농도 증발 잔류물 염소 이온량 과망간산 칼륨	수도법 제1조(수질기준)에서 정하는 바에 따라 수질검사의 시험성적료에 의한 확인	5도 이하 2도 이하 pH 5.8 ~8.5 500mg/l 이하 150mg/l 이하 10mg/l 이하	
상수도이외의 물	현탁물질 양 용해성증발잔류물 양 염소 이온량 시멘트 응결시간 차 몰탈 압축강도 비	KS F 4009(레디믹스 콘크리트) 부속서/KASS 5T-301(철근콘크리트용 물의 수질 시험방법)	2g/l 이하 1g/l 이하 150mg/l 이하 초결 30분이내, 종결 60분 이내 7일 및 28일에서 901% 이상	

표 2.10 혼화재료의 시험, 검사

종류	항목	시험, 검사방법	판정기준	시기, 횟수
화학 혼화제	KS F 2560에 정하는 품질항목	KS F 2560에 정한 시험 또는 최근 3개월이내의 시험성적서에 의한 확인	KS F 2560에 접합할 것	콘크리트 공사 개시 전
플라이 애쉬	KS L 5405에 정하는 품질항목	KS L 5405에 정한 시험 또는 최근 3개월이내의 시험성적서에 의한 확인	KS L 5405에 접합할 것	

표 2.11 철근의 시험, 검사

종류	항목	시험, 검사방법	판정기준	시기, 횟수
철근	형상, 치수, 중량	감독자가 정하는 방법	각 철근규격에 적합할 것	각 직경, 각 종류에 대하여 20ton 마다 1회(시험편 2개에 대한 평균) KS 규격품에 대해서는 감독자의 승인에 의해 시험성적서에 의한 확인으로 할 수 있다.
	항복점, 인장강도, 연신율	KS B 0802(금속재료 인장시험방법)		
	굽힘	KS B 0802(금속재료 굽힘시험방법)		

표 2.12 부재에 사용하는 콘크리트 및 부재콘크리트의 시험, 검사

<table>
<tr><th>항목</th><th>시험,
검사방법</th><th colspan="2">판정기준</th><th>시기, 횟수</th></tr>
<tr><td>시료채취</td><td>KS F 2401</td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td>워커빌리티 및 굳지않은 콘크리트 상태</td><td>육안검사</td><td colspan="2">워커빌리티가 좋을 것
품질이 균일하며 안정되어 있을 것</td><td rowspan="9">타설초 및타설 중 수시
1)배합관리를 위하여 압축강도시험용 공시체 채취시 또는 부재 콘크리트 강도 사험용 공시체 채취시
2)타설 중에 품질변화가 확인되었을 때</td></tr>
<tr><td rowspan="4">슬럼프</td><td rowspan="4">KS F2402</td><td colspan="2">슬럼프의 오차</td></tr>
<tr><td>목표슬럼프 값(cm)</td><td>허용오차(cm)</td></tr>
<tr><td>8미만</td><td>±1.5</td></tr>
<tr><td>8이상 15이하</td><td>±2.5</td></tr>
<tr><td rowspan="4">공기량</td><td rowspan="4">KS F2409
KS F2421</td><td>공기량의 허용오차</td><td></td></tr>
<tr><td>구분</td><td>허용오차(%)</td></tr>
<tr><td>보통콘크리트</td><td>±1.0</td></tr>
<tr><td>경량콘크리트</td><td>±1.5</td></tr>
<tr><td>경량콘크리트의 단위용적중량</td><td>KS F2409</td><td colspan="2">계획배합에 근거한 값과의 차이가 ±3.5% 이내일 것</td></tr>
<tr><td>콘크리트 비빔온도</td><td>온도계에 의한 측정</td><td colspan="2">공사시방에 의한 수치범위 이내일 것</td><td></td></tr>
<tr><td>표준양생공시체의 압축강도</td><td>KS F2405 단지 양생은 표준양생</td><td colspan="2">재령 28일의 공시체 3개의 압축강도 평균치가 설계기준강도 이상일 것</td><td>매일 1회
공시체는 배합별로 다른 배처로 함</td></tr>
<tr><td>부재와 동일양생 공시체의 압축강도</td><td>KS F2405 단지 양생은 부재와 동일양생</td><td colspan="2">1)탈형시에 있어서 공시체 3개의 압축강도 평균치가 탈형시 소요강도 이상일 것
2)조립시 공시체 3개의 압축강도 평균치가 소요강도 이상일 것
3)보증일에 있어서 공시체 3개의 압축강도 평균치가 fck+1.27σ 이상일 것</td><td>매일 1회
공시체는 각 재령에 따라 배합별로 다른 배처로부터 3개를 채취함</td></tr>
<tr><td>염화물량</td><td>KS F4009
(레디믹스트 콘크리트 부속서)</td><td colspan="2">염소 이온량을서 0.3kgf/m3이하 (NaCl로서 0.5kgf/m3이하)</td><td>1)해사 등 염화물을 함유할 가능성이 있는 골재를 사용하는 경우는 타설초기 및 15m3에 1회 이상
2)기타의 경우 1일에 1회 이상</td></tr>
</table>

주) fck : 콘크리트의 설계기준강도 σ : 콘크리트 강도의 표준편차

표 2.13 충전용 몰탈의 시험, 검사

항목	시험방법	판정기준	시기, 횟수
굳지 않은 몰탈의 상태	육안검사	균등하게 비벼져 있을 것 워커빌리티가 좋을 것	
플로우 실험	KS L 5105	공사에서 정한 범위내의 값일 것	다 비빈 후
압축강도	KS L 5105 (수경성시멘트 몰탈의 압축강도시험방법)에 의함	공시체 3개의 재령 28일 압축강도의 평균값이 2.3.나. 항에서 정한 값 이상일 것	

3. 시공

3.1 부재의 제작

3.1.1 일반사항

가. 부재의 형상, 치수와 철근배근 등의 상세를 나타낸 제작도면을 작성하여 담당원의 승인을 받는다.

나. 설계도서상의 수정사항이 있을 때에는 담당원과 협의, 수정한다.

다. 부재제작, 취급 및 현장조립에 관하여 다음과 같은 사항들이 제작도면 또는 보고서에 명기되어야 한다.

1) 콘크리트 부재의 모든 치수와 상세

2) 매립되는 부품의 종류, 수향 ,크기, 간격, 콘크리트 피복두께 및 위치, 부재의 운반 및 현장조립공사에 필요한 보강철물

3) 현장철물공사의 형태, 수량, 설치, 위치와 치수, 정착, 마감에 대한 상세

4) 정착용 철근 및 반강접 철물의 볼트접합에 대한 부품의 수량 및 상세

5) 필요한 부재의 수량

6) 표면 마감될 부위와 노출 마감될 부위의 면적 표시

7) 콘크리트, 철근, 접합용 철물 등의 강도를 나타내는 재질 등급표시

8) 노출되는 콘크리트 부재의 몰드(거푸집)에 대한 도면, 콘크리트 마감의 종류, 몰드의 재료, 부재치수와 형틀의 뼈대 및 접합

9) 부재의 이동, 보관, 현장조립에 필요한 보강과 접합부 철물에 대한 구조계산

10) 부재 보관시 받침목 및 보호물의 위치와 상세

11) 볼트, 너트, 긴결철물, 기타 현장조립 및 운반시 소요되는 재료의 수량, 치수 및 위치와 상세

12) 현장조립도는 계단 부재의 치수, 단면, 부재의 취급방법, 취급기구 및 중량에 대한 자료와 모든 접합철물과 부속품의 재료, 형태, 성능 및 조립순서 등을 나타내어야 한다.

3.1.2 몰드 및 거푸집

가. 일반사항

1) 계단을 제작하는 몰드와 거푸집은 별도로 명기되어 있는 경우를 제외하고는 한국 산업 규격(KS)의 해당 규정에 합당한 재료로 만들어야 하며 강재, 합판, 콘크리트, 플라스틱, 유리섬유로 보강된 합성수지 등으로 제작될 수 있다.

2) 몰드와 거푸집의 재료선택에 있어서 제조자는 다음 사항을 제시하여 담당원의 승인을 받아야 한다.

가) 형별 몰드의 제작수량

나) 몰드의 사용횟수

다) 콘크리트 부재의 모양, 크기 및 마감

라) 콘크리트 다지기 방법

마) 몰드의 관리방법

3) 몰드와 거푸집의 재료는 온도변화와 습도변화 등으로 인한 뒤틀림 변형이 일어나지 않아야 한다.

4) 몰드와 거푸집의 재료는 콘크리트의 경화에 나쁜 영향을 미치거나 부재표면의 페인 트 마무리 등에 지장을 줄 수 있는 변색 또는 얼룩을 발생시켜서는 안 된다.

5) 박리제는 콘크리트의 경화에 나쁜 영향을 미치거나 부재표면의 페인트작업에 유해한 제품을 사용해서는 안 되며, 사용 전에 담당원과 협의하여 제품 및사용 방법을 정하여 야 한다.

나. 제작조립

1) 계단부재의 몰드는 부재도면에 제시된 대로 모양, 치수 및 곡선 등이정밀하게 제작 되어야 한다.

2) 모든 몰드 및 거푸집은 정하여진 마감 및 허용오차를 일정하게 계속 유지할

수 있도 록 견고하게 제작되어야 한다.

3) 몰드와 거푸집의 마감 및 허용오차는 제작부재의 허용오차의 2분의 1이내가 되어야 한다.

4) 몰드와 거푸집은 사용되는 기간동안 충분히 견고하게 제작되어야 하며수분이나 시 멘트풀 등이 몰드나 거푸집 틈으로 새어 나오지 않도록 제작되어야 한다.

5) 몰드와 거푸집은 콘크리트 다지기 등으로 진동이 가하여져도 시멘트풀이 누출되지 않도록 기밀성이 유지되게 제작되어야 한다.

6) 철제몰드와 거푸집의 용접부분은 주기적으로 검사되어야 한다.

7) 몰드와 거푸집은 조립, 해체가 용이하도록 설계 제작하여 탈형시 부재의 파손이 일어나지 않도록 하여야 한다.

다. 유지관리

1) 몰드는 제작 직후 부재를 제작하기 전에 도면과 일치하는지 상세하게 검사되어야 한다.

2) 몰드는 양질의 제품이 연속적으로 제조될 수 있도록 하기 위하여 매번 콘크리트를 부어 넣을 때마다 깨끗하고 흠이 없이 유지되어야 한다.

3) 철제 몰드와 거푸집은 녹물에 의해 부재가 오염, 변색되지 않도록 유지관리되어야 한다.

4) 몰드와 거푸집의 모서리 부위의 직각정밀도는 거푸집 모서리의 대각선 길이를 측정 하여서 확인하여야 한다.

5) 몰드와 거푸집은 매번 사용할 때마다 깨끗하게 청소한 다음 사용하여야 한다.

3.1.3. 철근의 배근

가. 일반사항

1) 콘크리트를 부어 넣기 전의 모든 철근과 매립철물은 그리스, 기름, 왁스, 먼지, 도 료 등과 같이 철근과 콘크리트간의 부착력을 약화시키는 모든 유해물질을모두 제거하 여야 한다.

2) 제작도면 또는 구조계산서에 명시되지 않은 경우 철근과 접합철물 등의구조용 매립 부품의 규격은 한국산업규격(KS)의 해당규정에 합당한 것을 사용한다.

3) 콘크리트가 굳어진 후에 부재에 매립되어 돌출된 철근 등의 노출부분을 구부

릴 경우 에는 담당원의 승인을 얻어야 한다.

4) 철근 등을 가열하여 구부릴 때의 온도는 점진적으로 가열하되 650℃를 넘어서는 안 된다. 또한, 가열된 철근 등을 인공적으로 급히 냉각(예: 물 또는 선풍기 등의 냉각) 시켜서는 안 된다.

5) 예열과정에서 콘크리트를 손상시킬 염려가 있고, 특히 구부리는 곳에서 15cm 정도 이내에 콘크리트가 있을 때에는 적절한 차단재를 설치하고 가열하여야 한다.

나. 철근의 설치

1) 보강용 철근은 제작도면에 표시된 대로 정확하게 위치하여야 하며, 콘크리트의 부어넣기, 다지기 등의 작업 시에도 설계된 위치에 정확하게 위치되도록조치하여야 한다.

2) 철근고정용 철물 등은 정확하게 위치하여야 한다. 만일 이 철근의 고임대가 파괴되 거나 훼손되어 철근 등이 부재 표면의 거푸집 쪽으로 치우쳐 있거나 치우칠 우려가 있 을 때에는 이를 다시 조절하여야 하나, 스페이서를 사용한 경우에는 이들의 형태나 재 료가 콘크리트를 훼손시키거나, 더러운 표적이 나타나는 원인이 되거나, 기타 해로운 결과가 발생하지 않도록 충분히 검토한 후에 사용하여야 한다.

3) 제물치장 표면 콘크리트에 사용하는 철재의 고임대는 표면의 오염방지 등을 위하여 반드시 코팅하여 사용해야 한다.

4) 고임대는 노출표면에 녹이 나타나지 않게 하는 스테인레스 철근, 플라스틱 재질 또 는 플라스틱 코팅제품 등으로 하여야 한다.

5) 플라스틱 코팅 또는 플라스틱 재질 고임대는 시후나 일사 등에 대한 내구성 및 강성 을 검토하여 사용하여야 한다.

6) 콘크리트 제품의 고임대를 사용할 경우 고임대 제작용 콘크리트의 강도는 본체 콘크 리트 강도 이상이어야 한다.

다. 철근의 조립

1) 결속선은 #21선이나 이 보다 굵은 소철선으로 한다. 모든 결속선은 구부려 안으로 밀어 넣어서 거푸집 표면에 대하여 충분한 피복두께가 유지되도록 하여야 한다.

2) 철근 등과 강판과의 용접에서 용접부분으로부터 그 철근지름의 4배 이내에서

는 구부 림이 없도록 하여야 한다.

3) 용접을 하여야 되는 철근 등과 강판 등의 표면은 먼지, 물기, 슬래그, 녹슬음, 기름 및 도료 등과 기타 용접에 지장을 줄 수 있는 이물질이 제거되어야 한다.

라. 피복두께

1) 철근의 피복두께는 별도의 표기가 없는 경우 다음과 같이 한다.

- D35를 초과하는 철근 : 3.0cm
- D35 이하의 철근 :1.5cm

2) 특별히 내화를 필요로 하는 부재에서 피복을 화열의 온도, 지속시간 등을 고려하여 1)항에 규정하는 피복두께 이상아로 하며, 표준은 3.0cm 이상으로 한다.

3.1.4. 매립부품

가. 일반사항

1) 제작도면 또는 구조계산서에 명시되지 않는 경우 접합철물 등의 구조용 매립부품의 규격은 별도의 명시가 없는 경우, 한국산업규격(KS)의 해당규격에 합당한 것을 사용 한 다.

2) 매립부품에는 그리스, 기름, 왁스, 먼지, 도료 등과 같이 콘크리트와의 부착력을 약 화시키는 모든 유해물질이 묻어 있어서는 안된다.

3) 매립부품의 녹 발생 등에 의하여 콘크리트 표면에는 페인트 등의 마무리에 유해한 변색 또는 얼룩이 발생되어서는 안된다.

4) 매립부품은 설계도면상에 명기된 사항에 적합하도록 충분한 강도와 내구성 등이 있는 재료이어야 하며 적합성 여부에 대하여 담당원과 협의하여 정하고 그 견본품을 부재 제조공장에 비치하여야 한다.

5) 구조적 역할을 하는 매립부품의 용접은 건설교통부 제정 강구조 계산규준의 용접 시방에 적합하게 시공하여야 한다.

6) 이미 외부에서 용접하여 온 매립부품에 대하여서는 용접검사를 하여야 한다. 이때의 검사는 망치 등으로 때려서 시행할 수 있으며 용접설치물 50개를 1개 세트로 하여 그 중에서 한 개를 시험하고 이것이 불합격일 때에는 모든 낱개의 설치물을 검사하여야 한 다.

나. 설치

1) 접합철물, 제품취급용 훅 및 앵커 등과 부재를 관통하는 배관을 위한 슬리

브나 부내에 매립하는 배관을 위한 가매설물 등의 매립부품은 콘크리트를 부어 넣기 전 에 도면상의 그 설치위치 등을 정밀하게 검사하여야 한다.

2) 이들 매립부품은 콘크리트의 부어넣기와 다지기 등에 의한 충격에도 제 위치에서 이 동되지 않도록 견고하게 고정하여야 한다.

3) 매설용 앵커, 강판 및 형강 등은 충분히 정착시켜야 되고 철근에 긴결하여 야 한다.

4) 매립부품을 부재에 강제로 박아 넣든가 관입하는 작업이 부재에 구조적으로 해로운 영향을 미쳐서는 아니 되며, 특히 보강용 철근에 너무 근접하여 설치하지 말아야 하고 균열, 깨어짐 등으로 마감면에 해치는 일이 발생하지 않도록설치 하여야 한다.

다. 시공

1) 구조적 역할을 하는 매립 설치물의 용접은 건설교통부제정 강구조 계산규준의 용접 시방에 따라서 시공하여야 한다.

2) 접합철물, 앵커 등과 같이 콘크리트가 충전되지 않아야 하는 부분에는 제거하기 쉬 운 재료로 막거나 채우고 콘크리트 부어넣기를 하여야 한다.

3.1.5. 콘크리트 타설

가. 일반사항

1) 부재제작용으로 타설되는 콘크리트는 제조과정에 상응하는 방법으로 양생한 공시체 의 시험결과로 설계기준강도가 확인될 수 있도록 조치하여야 한다.

2) 바탕콘크리트, 표면마무리 콘크리트 및 제품에 이용되는 기타 콘크리트 등도 위의 1)항과 마찬가지로 관리되어야 한다.

3) 콘크리트 배합은 시멘트의 품질 및 종류, 골재의 조립률 및 채취장소, 혼화제의 품 질 및 종류 중 어느 한 가지라도 변동되면 반드시 다시 수정하여야 한다.

4) 콘크리트 내의 공기량은 굵은골재의 비율, 동해에 대한 예방 등을 고려하여 담당원 과 협희하여 조정할 수 있다.

나. 계량

1) 콘크리트의 균질성을 유지하기 위하여 다음과 같은 정밀도에 기준하여 재료를 계량 하여야 하고 계량기의 성능도 이에 따라 정하여야 한다.

가) 독립 배쳐의 경우 다음과 같은 계량오차 이내이어야 한다.

(1) 시멘트 및 이와 유사한 재료 : 무게의 ±1%

(2) 골재 : 무게의 ± 2%

(3) 물 : 무게의 ± 1%

(4) 혼화제 : 무게의 ± 3%

나) 반복 배체의 경우 다음과 같은 계량오차 이내이어야 한다.

(1) 시멘트 및 이와 유사한 재료 : 무게의 ± 1%

(2) 골재 : 무게의 ± 1%

(3) 혼화제 : 무게의 ± 3%

다) 용적 배쳐기구의 경우는 다음과 같은 계량오차 이내이어야 한다.

(1) 물 : 무게의 ± 1%

(2) 혼화제 : 무게의 ± 3%

2) 배합설계의 자료는 모두 기록하여 제조공장에 비치하여야 하며 담당원이 이를 확인 하고자 할 때에는 이에 응하여야 한다.

3) 잔골재와 굵은골재가 계량되어 호퍼로 이동될 때에 골재는 양질의 것으로 입도와 함 수율이 균등하게 유지되도록 조치하여야 한다.

4) 굵은골재는 그 크기가 입도분포에 지나치게 벗어나지 않도록 각별히 유의하여야 한 다.

5) 잔골재, 굵은골재, 색소 및 분말성 혼화제는 중량으로 계량하여야 한다.

6) 40kg 무게의 시멘트 포대는 저울에 달지 않고 사용할 수 있으나 포대에 부분적으로 들어있는 시멘트는 계량하여야 한다.

7) 물과 액체 혼화제는 무게 또는 체적으로 계량할 수 있다.

8) 콘크리트 재료는 믹서의 드럼이 회전하고 있는 상태에서 넣어져야 한다.

9) 혼화제의 사용은 제조자의 시방에 의하여 사용할 수 있다.

10) 비빔기에 관한 사항은 모든 재료가 균등하게 섞여지고 균질의 표면이 나타날 수 있 게 하며, 그 시간은 배쳐의 크기, 골재의 입도, 믹서의 형태 등에 따라서 정하여야 한다.

다. 타설

1) 본 항에서 기술하지 않은 부분의 콘크리트 타설에 관한 시방은 건축공사 표준시방서 05000(철근 콘크리트 공사)에 따른다.

2) 모든 타설기구는 다음과 같은 상황에서는 모두 깨끗하게 청소된 다음에 사용

하여야 한다.

가) 배합이 다를 때

나) 동일부재라도 콘크리트의 종류가 다를 때(예: 바탕콘크리트와 표면콘크리트의 경우

3) 새로 콘크리트를 타설할 때 타설 기구에 붙어있는 모든 굳은 콘크리트와 불순물을 완전히 제거하여야 한다.

4) 비비기와 타설 용량은 충분하여야 하며 동일부재에서 분리줄눈이나 눈금이 보이지 않도록 하여야 한다.

5) 바탕콘크리트의 초기응결이 시작되기 전에 콘크리트를 타설해야 한다.

6) 표면콘크리트의 타설에는 거푸집 조건에 맞추어 작업하되 특히 내외부 모서리 부분 과 뾰족하게 타설하는 부분을 조심하여야 한다.

7) 경사진 면의 타설에서는 밑부분에서 윗부분으로 점차적으로 타설하여 다짐효과가 크 도록 하여야 한다.

8) 타설할 때의 콘크리트 온도는 10℃ 내지 30℃의 범위 이내이어야 하고 적정온도는 20℃로 한다. 다만, 양생기간 단축 및 조기강도 구현을 위한 고온증기양생용 콘크리트와 같이 특수한 경우에는 신뢰할 수 있는 연구결과 및 실험자료에 따를 수 있 다.

9) 거푸집이나 몰드의 온도는 콘크리트의 온도와 거의 같은 것이 좋으며 가능한 22℃ 내지 26℃의 범위가 좋다. 이때 온도의 변화는 일정한 것이 좋으며 범위 이내라도 온도 변동이 심하지 않도록 하여야 한다.

10) 30℃를 넘는 온도에서는 콘크리트 타설을 피하여야 하며 26℃를 넘는 온도에서는 콘크리트 균열발생 및 강도저하의 우려가 있으므로 적절한 조치를 취하여야 한다.

11) 비빔 후 2시간 이상 경과된 콘크리트는 사용하지 않아야 한다.

라. 다지기

1) 본 항에서 기술하지 않은 부분의 다지기에 관한 사항은 건축공사표준시방서 05000 (철근 콘크리트 공사)에 따른다.

2) 건축용 프리캐스트 부품으로 생산되는 콘크리트 내부진동, 외부진동 및 충격 또는 이들의 조합방법에 의하여 균등하게 다져지도록 하여야 한다.

3) 다지기에 사용되는 진동기나 진동방법에 관하여서는 다음과 같은 것에 유의

하여 결 정하여야 한다.

가) 몰드의 크기, 형식 및 강성

나) 콘크리트의 비비기와 균일성

다) 공장의 경험에 다른 기호성

4) 다지기 방법과 기구가 확정되면 숙련공으로 하여금 다지기 작업을 하도록 하고 적절 한 다짐간격과 시간 등을 담당원과 상의하여 결정한다.

5) 진동기는 거푸집과 접촉되지 않게 사용하며 가능한 한 내부진동 방식으로 하여야 한 다.

6) 내부진동용 진동기는 표면콘크리트에는 사용하지 아니하고, 바탕콘크리트에 사용하 는 경우에는 그 두께가 30cm 이상 가능한 45cm 정도 이상인 때에 사용하여야 한다. 각 층은 가능한 한 수평을 유지하고 진동기로 인하여 콘크리트가 옆으로 이동하지 않도록 한다.

7) 내부진동용 진동기는 수직으로 넣고 뽑아야 하고 전면적에 대하여 같은 간격으로 시 행하여야 한다.

8) 진동기는 부재의 표면 및 제품의 마무리면에 접촉하지 않도록 하여야 한다.

9) 내부진동용 진동기는 몰드와 거푸집 표면에서 5cm 이내의 부분에는 꽂아서는 안 되고, 표면에 굵은골재가 노출되거나 표면 마감면에 기포나 포켓 등이 생기지 않도록 하여야 한다.

10) 진동기가 철근 등에 닿아 철근 등의 조립을 흐트러지게 하여서는 아니 된다.

11) 진동기가 고정철물이나 철근 등을 이동시키지 않도록 하여야 한다.

12) 바탕콘크리트와 표면마감콘크리트가 충분한 접착력을 가질 수 있도록 조심스럽게 다지기를 하여야 한다.

마. 양생

1) 양생방법은 다음과 같은 사항에 유의하여 결정한다. 다만 양생온도 및 시간에 영향 을 미치는 특별한 방법 및 첨가물을 사용할 경우에는 강도발생을 확인할 수 있는 자료 및 시험을 통하여 담당원과 협의하여 정할 수 있다.

가) 시멘트의 수화작용이 충분히 이루어질 수 있도록 적절한 온도로 충분히 양생하여 야 한다.

나) 굳지 않은 콘크리트에서 급격하게 수분이 소실되어 표면에 균열이 발생하지 않도 록 한다.

다) 양생을 적정하게 함으로써 색상의 균질성을 유지하고 얼룩 및 균열의 발생을 예방 하여야 한다.

2) 제조공장에서는 콘크리트가 거푸집 안에 있을 때의 초기양생과 2차 양생으로 나누어 양생하되 다음 사항에 유의하여야 한다.

가) 초기양생은 탈형과 다루기(handling)에 충분한 강도가 발현되도록 보양하여야 하 며, 탈형 시 부재별 양생기간 및 탈형에 소요되는 기간 등은 기록하여 보존하여야 한 다.

3) 2차 양생 시에도 색상의 변화나 얼룩의 발생 등이 예상되므로 온도변화 등에 유의하 여야 한다.

4) 양생기간 동안에 몰드의 온도가 10℃ 이하로 내려가서는 안 된다.

5) 더운 날씨일 때에는 콘크리트를 타설한 후 초기양생을 시작할 때까지 수분을 충분히 공급하여 소성건조 균열을 예방할 수 있도록 하여야 한다.

6) 양생재료와 방법은 제조 후의 표면색상이 변화하지 않고 불균등한 수축으로 인하여 부재의 변형이 없는 것을 택하여야 한다.

7) 양생온도와 기간은 계절별로 탈형강도에 따라 조절하여야 한다.

8) 콘크리트 부재는 탈형 이후에도 콘크리트의 설계기준강도 이상이 될 때까지 계속적 으로 4℃ 이상의 습기가 있는 상태에서 보양되어야 한다.

9) 3.1.5(콘크리트 타설)에 따라 촉진 양생하는 시간을 제외하고 콘크리트를 타설한 후 보통콘크리트의 경우는 최소 7일간, 조강콘크리트의 경우는 최소 3일간 온도를 10℃ 이상의 습윤상태로 유지시킨다.

11) 이밖에 상세한 양생방법에 관하여서는 건축공사표준시방서에 따른다.

바. 촉진양생

1) 강도의 증진 및 양생기간의 단축을 위해서 고압 증기양생, 대기압에서의 증기양생, 가열습윤양생이나 합리적인 다른 방법으로 양생할 수 있다. 이때의 촉진양생방법은 담 당원과의 협의에 의하여 정하여야 한다.

2) 촉진양생은 아래 사항의 기준을 정하고 그 기준에 따라 시행하여야 한다.

가) 촉진양생 개시까지의 양생방법

나) 양생온도의 상승구배

다) 최고 양생온도와 계속시간

라) 양생조 내의 기압

3) 양생종료시에 양생조 내의 온도와 외기온도와의 차가 큰 경우에는 부재의 급격한 냉 각을 방지할 수 있는 조치를 강구하여야 한다.

4) 촉진양생방법에 의한 콘크리트는 3.1.5(콘크리트 타설)의 양생방법을 사용한콘크리트와 같은 내구성을 가져야 한다.

사. 탈형

1) 탈형강도는 980N/㎠(100kg/㎠) 이상으로 하고 탈형시간은 부재의 모양, 몰드의 형태 및 박리제의 사용여부에 따라 제작자와 담당원의 합의하에 정한다. 다만 70℃ 이상 경 사지게 수직탈형하여 탈형부재가 휨응력을 받을 염려가 없을 경우 탈형강도는 785N/㎠ (80kg/㎠)까지 경감할 수 있다.

2) 부재의 크기, 무게 및 인서트의 위치 등을 고려하여 스프레더빔을 사용하여 탈형함 을 원칙으로 한다. 다만 담당원과 협의하여 불필요하다고 확인될 때에는 스프레더빔을 사용하지 아니하여도 된다.

3) 몰드에서 끌어올릴 때 부재에 작용하는 응력을 최소화하기 위해서는 진공 흡인기구 나 회전 테이블을 사용하여야 된다. 다만 부재에 충분한 보강조치를 한 경우에는 예외 로 한다.

4) 리프팅 기구는 부재를 안전하고도 적절하게 옮길 수 있는 기구라야 한다.

5) 초기 리프팅은 조심스럽게 몇 번으로 나누어 단계적으로 작업하여야 한다.

6) 복잡한 모양의 부재는 거푸집이나 몰드에서 탈형할 때에 압축공기, 유압 및 진동 등 의 특수한 방법을 사용할 수 있다.

7) 탈형 후 부재를 검사하여 경미한 손상이 있는 경우에는 담당원의 승인 하에 보수 후 사용해야 한다.

3.1.6. 마감

가. 일반사항

1) 도면에 제시된 표면마감을 효과적으로 완성하기 위한 제반 자료를 제시하여야 한다.

2) 표면마감에 필요한 제반 기구를 비치하고 담당원의 승인을 받아야 한다.

3) 표면마감의 진행과정에서 콘크리트의 품질을 손상시켜서는 아니 된다.

4) 표면마감은 외관상 균등하게 보이고 결점이 없어야 한다.

5) 내부마감용 내장재의 부착 시에 부재의 품질, 제조기술 및 노출면의 외관에 지장이 없어야 한다.

6) 거푸집이 없는 표면마감은 콘크리트를 부어넣고 다지기가 끝난 후 흙손 등으로 정교 하게 마무리하여야 한다.

7) 부재표면 마감 시 불규칙한 모서리, 심한 기포, 표면얼룩, 불규칙한 표면이나 색상, 보수부분의 노출 등과 기타 마감방법에 대하여 제조자는 담당원과 협의하여 그 한계를 정하여야 한다.

나. 매끈한 마감

1) 매끈한 표면마감에서는 꺾인 면에서 기포가 생기지 않도록 유의하여 제작하고 다음 과 같은 것에 조심하여야 한다.

가) 모서리 및 꼭지 부분이 손상되지 않도록 하여야 한다.

나) 몰드를 견고히 제작하고 표면에 잔금이 생기지 않도록 하여야 한다.

다) 몰드에 바르는 박리제는 가능한 한 동일한 조건으로 발라서 표면의 균일성이 유지 되도록 한다.

라) 콘크리트의 배합설계는 가능한 한 적은 물시멘트비를 일정하게 유지하여 잔금 및 기포형성을 최소화하여야 한다.

마) 균질성을 유지할 수 있게 하기 위하여 다지기와 양생을 적절하게 하고 표면에서의 수분이 급격하게 변화하지 않게 하여야 한다.

바) 깨지거나 손상이 최소화하도록 유의하여 제작하여야 한다.

2) 매끈한 표면마감에 필요한 튼튼한 몰드와 설비 및 다지기 기구가 제조공장에 확보되 어 있어야 한다.

다. 물씻기 마감

1) 물씻기 표면마감은 거푸집을 대지 않은 면에서 시멘트가 굳기 전에 몰드를 제거한 후 시행하는 것을 원칙으로 한다.

2) 부재를 거푸집 내에 둔 채로 노출된 표면을 물로 씻어 골재를 조심스럽게 노출시켜 물씻기 마감을 하여도 된다.

3) 콘크리트가 적절히 굳은 후 물씻기를 하여 골재가 제거되거나 지나치게 노출되지 않 아야 한다.

4) 표면의 모르타르는 브러시나 분사기로 조심스럽게 제거하여야 하다.

5) 물씻기 작업의 시기와 방법은 환경조건에 따라 결정하고 가능한 한 같은 솜씨로 하 여야 한다.

6) 부재의 온도가 높을 때에는 더운 물로 스프레이하여 찬물로 인한 열균열이

없도록 하여야 한다.

7) 골재는 물씻기 한 다음 평균적으로 노출되도록 하여야 한다.

8) 물씻기 한 다음 골재의 표면에 시멘트 막이 생기지 않도록 하여야 한다.

9) 블라스팅 시행자는 이로 인한 충격에 견디고 기타 해로움에서 견딜 수 있도록 두꺼 운 장갑, 무릎가리개와 안면보호구 등을 하여야 한다.

바. 정다듬

1) 표면을 쪼아 깨내거나 떼내는 해머링 표면마감방법은 기계적인 방법과 인력방법 중 택일하거나 또는 복합방법으로 할 수 있으며, 담당원의 승인을 받아 실시한다.

2) 정의 형태는 표면마감의 효과를 고려하여 담당원과 협의하여 정한다.

3) 인력방법은 기계적인 정다듬이 어려운 구역과 구석진 곳 및 정다듬 면적이 작은 제 품에 대하여 사용함을 원칙으로 한다.

4) 정다듬 표면마감을 할 때에는 해머링으로 인한 골재의 부착력 감소 등이 일어나지 않게 된비빔 모르터와 골재의 분포가 적절하도록 콘크리트를 제조해야 한다.

5) 정다듬 표면마감은 골재의 탈락 등을 방지하기 위하여 콘크리트의 강도가 280kg/㎠ 이상의 제품에서 사용함을 원칙으로 한다.

6) 정다듬 표면마감은 콘크리트의 보양기간이 21일 이상의 제품에 적용한다. 다만, 담 당원의 승인에 따라 정다듬에서 발생하는 제반 결함이 없다고 인정될 때에는 14일간의 양생이 끝났을 때에도 실시할 수 있다.

3.1.7. 제작 허용오차

가. 일반사항

모든 제작치수의 허용오차는 별도로 언급하지 않았을 때에는 다음에 따른다. 다만 제작치수가 허용오차의 범위를 초과한 경우라도 조립오차의 기준을 만족시킬 수 있다고 담당원이 인정하는 경우에는 예외로 한다.

나. 휨과 굽음의 허용오차

1) 휨 : 부재의 최대 휨의 허용오차는 판의 모서리에서 단변길이의 1/180 미만이어야 한다.

2) 굽음 : 부재의 요철과 굽음의 허용오차는 굽음이 일어난 방향 부재길이의 1/360 미만이어야 하고 그 최대값은 10mm 미만이어야 한다.

다. 치수의 허용오차

1) 부재의 길이 또는 높이, 폭, 두께 및 대각선 치수에 대한 허용오차는 표 3.1의 치수 이하로 한다.

표 3.1 부재 치수의 허용 오차

구분	슬래브	기둥	보	비고
길이(높이)	±7	±13	±19	단위(㎜)
폭	±3	±6	±6	
두께	+ 5, - 2	±6	±6	
대각선 치수	+10, -2			

2) 부재의 직각 오차 : 1.8m에 대하여 3mm를 기준하되 최대 6mm 미만

3) 철근 및 철망의 배근검사 시 주근의 길이는 설계치수의 ± 5mm 이내, 주근의 단면 외경은 +3mm 이하로 하고 주근의 배근위치는 설계치수의 ± 3mm 이내로 한다.

라. 위치의 허용오차 판단기준

1) 접합용 철물(설계도면의 위치에 대하여)

가) 수평방향의 거리

(1) 길이방향 : ± 15mm

(2) 폭 방향 : ± 3mm

(3) 수평방향의 기울기 : 1°

나) 수직방향의 높이

(1) 높이 방향 : ± 5mm

(2) 수직방향의 기울기 : 2°

2) 인서트(설계도면의 위치에 대하여) : 12mm

3) 취급용 훅(설계도면의 위치에 대하여) : 25mm

4) 철근 : 6mm

마. 오차의 측정

1) 휨, 굽음 등의 오차는 트렌싯, 레벨, 와이어 등을 사용하여 측정하며, 3m× 6m 크기 의 측정범위를 벗어나서는 안 된다.

2) 길이 및 대각선 등의 선형치수(linear dimension)는 mm단위를 판별할 수 있는 철제 줄자를 사용하며, 3m를 초과하지 않는 거리마다 측정한다.

3) 두께는 0.5m 미만에서는 캘리퍼스를 사용하여 측정하며, 0.5m 초과하는 범위에서는 mm단위를 판별할 수 있는 철제 줄자를 사용한다.

4) 직각오차는 한 변의 길이가 1.2m를 초과하지 않는 L자형 사각측정자를 사용하여 측 정한다.

5) 부재 사이에서 생길 수 있는 레벨차, 요철, 편심 등은 mm단위를 판별할 수 있는 스 태프(staff), 와이어 등과 앞서 언급한 측정기구를 사용하여 측정한다.

6) 철제 줄자 등과 같은 선형 측정기구의 사용 시는 장력과 온도에 유의하여야 하며 장 력의 영향을 최소화할 수 있도록 측정기구의 중간을 받쳐준다. 측정기구와 측정체 및 주변의 온도차가 클 경우에는 온도에 따른 선팽창 계수로 측정값을 보정할 수 있다.

3.1.8. 부재의 검사

가. 일반사항

1) 부재의 공장검수는 전수량에 대하여 행하며 검수원이 필요하다고 인정할 때는 비파 괴 시험검사 등의 각종 시험을 실시할 수 있다.

2) 부재는 구조 및 마감상 유해한 손상의 유무, 접합철물의 형상치수 및 전선관의 매 립유무 등에 대하여 정확히 검사를 하여 현장조립에 지장이 없도록 한다.

3) 마감은 구조, 방수, 미관상 결함이 없도록 하며 특히 표면의 공극이 과다하게 발생 한 부재는 면처리를 시행한 후 현장에 운반해야 한다.

4) 검사에 합격한 제품에는 제조년월일, 제품분류번호를 기입하고 합격도장을 찍는다.

5) 검수 후 불합격품은 페인트로 주서하여 합격품과 분리 적치 또는 폐기한다. 시험성적표, 일반강도 변화상태를 일목요연하게 도표로 작성)를 3부 제출하여야 한다.

7) 현장에서의 부재검수는 공장검수확인이 된 부재에 한하여 공장검수 후 결함이 발견 된 부재는 별도 보수 처리장소에서 보수를 완료하고 담당원의 확인 후부

재 야적장에 보관 또는 조립작업에 임한다.

나. 품질검사

1) 제조자는 부재제품 강도에 영향을 미치는 각종 구성재료에 대하여 KS규정 및 2.5 (재료시험 및 검사)에 의한 품질관리 시험결과를 제출하여야 한다.

2) 특별한 경우를 제외하고 품질관리 시험결과에는 시료채취, 슬럼프 및 공기량시험, 양생온도 관리기록, 표준양생 공시체 및 부재생산 조건과 동일한 상태의 공시체 압축강도 시험결과, 염화물시험 측정결과 등이 배합 배쳐단위, 양생단위 및 적치단위 등에 따라 시행한 결과를 포함한다.

3) 부재생산에 따른 콘크리트에 대한 자체 품질관리시험을 다음의 표 3.2와 같이 실시 하여야 한다.

표 3.2 부재의 콘크리트 품질관리시험

시험의 종류		시험횟수	비고
탈형 강도 및 28일 강도	압축	양생조 별 매일 1회	실제 양생 및 적치 조건과 동일한 상태로 양생
	인장	매월 1회	

5) 콘크리트의 탈형 압축강도는 3.1.5(콘크리트 타설) 사. 1) 이상으로 하며 인장강도 는 13kg/㎠ 이상으로 한다. 이때 70° 이상 경사지게 수직탈형 시에는 인장강도 시험을 생략할 수 있다.

6) 콘크리트 4주 압축강도 및 인장강도 시험은 월 1회 이상 공인기관에 의뢰하여 그 결과를 담당원에게 제출하여야 하며 이 때의 비용은 부재 제조자의 부담으로 한다.

다. 부재시험

1) 프리캐스트 콘크리트 부재의 품질을 확인하기 위하여 필요한 경우 부재의 하중시험을 실시한다.

가) 비파괴 시험

동 시험은 제작된 부재를 설계상태로 지지토록 하고 자중 및 고정하중과 적재하중의 1.3배를 더한 하중을 5분 동안 가한 상태에서 최대 처짐값이 설계 조건

에 맞는 범위에 있어야 한다. 5분 경과 후 하중을 제거하고 부재의 처짐이 복원되는 상태를 측정한 후 두 번째로 동일한 하중을 가하여 측정한 복원율은 첫 번째 하중재하 시 복원율보다 적지 않아야 하며 두 번째 하중 재하 시 처짐의 90% 이상까지 복원되어야 한다.

나) 파괴시험

동 시험은 제작된 부재를 설계상태로 지지하고 하중을 점증시킬 때 극한 설계하중에 이른 후 15분 이내에 파괴되어서는 안된다. 또한 부재의 처짐이 스팬의 1/40을 초과하였을 때에는 그 부재는 파괴된 것으로 간주한다.

2) 설계기준의 적용이 모호한 경우로서 특별한 경우 초고층 외벽 또는 중요한 부위에 사용되는 부재의 경우 담당원은 실물크기의 샘플제작으로 모형시험(mock-up test) 결 과를 요구할 수 있다.

3) 2)의 결과에는 운반취급을 위한 인서트의 강성, 시공후 접합부의 강성 및 안전도 시험결과를 포함한다.

4) 부재의 구조성능 시험은 KS F 2273(조립용 판 및 그 구조부분의 성능시험방법)이 정하는 바에 따른다.

3.1.9. 부재의 결함 및 보수

가. 일반사항

1) 보수가능성 여부에 관하여는 구조적으로 충분한 성능을 갖출 수 있는가에 대하여 공 학적 판단을 내린 후에 결정하여야 한다.

2) 제조자는 보수부분의 보양방법을 정확하게 제시하여 담당원의 승인을 받아야 한다.

3) 보수부분의 습윤양생은 가능한 한 3일 이상으로 한다.

4) 균열이 발생한 부분의 보수는 구조적으로 완벽하고 콘크리트의 표면에 얼룩이 생기 지 않도록 하여야 한다.

나. 부재의 균열 및 파손

부재의 균열 및 파손은 1급, 2급, 3급으로 구분하는데, 균열 및 파손의 등급은 공사시방 에 명기된 바에 따라 판정한다.

다. 균열의 보수

공장 내에서 발생한 균열은 등급에 따라 적절한 방법으로 전부 공장에서 보수

한 뒤 반 출하되 균열의 처리는 공사시방에 따른다.

라. 파손 및 보수

1) 구조상 특히 중요한 파손의 보수는 공사시방에 따른다.

2) 파손이 경미한 때는 파손부분을 잘 청소한 다음 접착제를 바르고 화장페이스트를 직 접 도포 마감하여 보수할 수 있다.

3) 파손에 의하여 앵커부가 노출된 것은 사용을 금한다.

- 부재의 균열 및 파손에 관한 공사시방 -

(1) 사용금지 및 폐기 처분대상

다음에 해당하는 부재는 어떠한 경우라도 사용하여서는 안 된다.

가. 구조상 유해한 것으로 구조물의 내력에 영향을 미칠 염려가 있는 것(1급 균열에 해당되는 것)

① 전단균열 : 균열폭 0.3mm 이상이고, 길이가 300mm 이상인 것

② 곡균열 : 철근 위치에 있어 균열폭이 0.3mm 이상인 것

③ 결손균열 : ERECTION시 발생하는 결손균열 중 균열이 부재의 길이 전체를 관통하 고 깊이가 부재 두께의 1/3 이상이고 폭 0.3mm 이상의 판넬

④ 접합용 철물의 내력에 지장이 있는 것

나. 방청에 유해한 것(2급 균열에 해당 되는 것)

① 결손균열 중 부재의 길이 전체에 관통되어 있으나 균열깊이가 두께의 1/3 이상인 것 중 1급균열에 속하지 않은 것이나 균열폭 0.3mm 이상의 것 중 1급 균열에 포함되지 않은 것

② 구조상 유해한 균열 : HOOK 주변의 균열

③ 방청상 유해한 것 : 외기에 면하고 있고 철근 위치에 있어 균열폭 0.2mm 이상의 것

(2) 완벽한 보수 후 사용가능 대상

다음에 해당하는 것은 지정한 보수방법에 의하여 완벽하게 보수한 후 감독관의 검사에 합격한 것에 한하여 사용할 수 있다.

가. 상기 1, 2급 균열에 포함되지 않은 것(3급 균열에 해당 되는 것)

(3) 보수방법

가. 모든 보수는 감독관의 제품의 균열여부 검사를 완료한 후 보수하여도 좋다고

하기 이전에는 절대로 보수하여서는 아니 된다.

나. 감독관의 검사 이전에 보수한 제품은 불합격 처리한다.

다. 에폭시 보수의 방법

① EPOXY CRACK INJECTION LIQUID는 저점성, 유동성의 기경성 액체로 5~30℃ 범위 내에 서는 건조상태나 습윤상태 모두에 사용할 수 있는 EPOXY RESIN으로 경화된 RESIN은 강도 가 높으며 접착력이 뛰어나고 수축이 전혀 없다. 사용 전 감독관의 사전승인을 받도록 한다.

② 보수방법

길이 0.3mm~30cm 까지의 얕은 크랙은 MASTIC TAPE로 크랙의 양쪽면에 붙이고 보수부위를 압축공기 등으로 청소한다. 발생된 CRACK 위에 0~15cm 간격으로 주입구를 제외하고 BONDING AGENT로 2회 발라 막는다. 주입 시 압력으로 인해 터지지 않도록 주입구를 RUBBER PACKING으로 철저히 2회 붙인다. BOND가 완전히 굳은 후 압축기구(GREASE GUN, PUMP)에 에폭시액을 넣어 충분히 여유를 두고 서서히 압력을 가하여 주입시킨다. 액의 주입상태를 잘 관찰하여 액의 충진이 완벽하게 되도록 한다. 주입구를 막아가며 주입이 완전히 끝났을 때 표면에 묻은 액을 깨끗이 닦아낸다. 에폭시액이 완전히 굳은 후 GRINDER로 갈아 표면을 마무리 한다.

③ 주의 사항

여름철에 작업 시 에폭시액은 반드시 주입 전에 ICE BOX에 넣어 냉각시킨다. 주입이 끝 난 후 주입기구는 즉시 SOLVENT로 완전히 닦아준다. 주입 시에는 보안경, 장갑 등을 필 히 착용하고 안전사고에 대비하여 정신을 집중시킨다. 주입시 담배나 화기는 엄금해야 하며 SOLVENT로 세척 시 특히 조심해야 한다. 혼합 후 30℃에서는 10분, 20℃에서는 20 분, 10℃에서는 1시간, 5℃에서는 2시간 이내에 사용한다.

라. MORTAR 보수의 방법

① 균열의 부분은 균열의 정도에 따라 10mm 폭으로 쪼아내고 WIRE BRUSH로 잘 닦아낸다. 보수할 부분을 물기가 없도록 완전히 건조시키고 보수할 부분이 너무 매끄럽지 않도록 정으로 쪼아낸다. MORTAR 접착제인 몰다인(에멀젼)을 접착면에 도포하고 몰다인을 섞은 MORTAR를 충전시킨다. 채워 놓은 MORTAR는 반경화시에 표면색깔 조정용 화장 페이스트를 발라 마감한다. 화

장페이스트는 백시멘트와 시멘트를 혼합하여 CON'C 색깔과 흡사하도록 만든다.

② 보수용 모르타르의 배합비는 다음과 같다.

CEMENT : 접착재(MOLDINE) = 1 : 0.125(중량비)

← CEMENT(보통 포틀랜드 시멘트)

(4) 파손

1급 및 2급 파손에 해당하는 것은 폐기처분하며 3급 파손에 해당하는 것은 완벽하게 보수한 후 감독관의 검사에 합격한 것에 한하여 사용한다.

가. 1급 파손은 구조상 유해한 것과 특히 큰 파손으로 HOOK, JOINT 부분이 깨져나간 것과 파손의 크기가 200mm 이상의 파손임

나. 2급 파손은 방수상 유해한 파손으로 PC 마구리 부분의 파손임

다. 3급 파손은 1, 2급 파손 이외의 파손임

라. 3급 파손의 보수

① 파손부위를 청소하고 접착제(몰다인)를 칠한 뒤 접착제(몰다인)를 혼합한 모르타르를 채운 후 24시간 양생 후 접착제(몰다인)를 바르고 화장페이스트로 마감한다.

② 경미한 파손의 경우 파손부위를 청소한 후 접착제를 바르고 화장페이스트를 직접도포 마감하여 보수할 수 있다.

마. 상기에 사용되는 보수용 에폭시및 모르타르 접착제는 감독관의 별도 승인을 받은 후 사용하도록 한다.

바. 보수는 감독관의 제품검사가 완료된 후 감독관의 지시에 따라 하여야 한다.

3.2. 부재 현장조립

3.2.1. 부재의 현장조립

가. 일반사항

1) 시공자는 공사를 예정된 시일 내에 완료할 수 있도록 1.3(시공계획서) 바.항에 의거 한 가설공사를 하고 충분한 설비와 요원을 갖추어 프리캐스트 콘크리트의 현장 조립공 사를 한다.

2) 현장조립자는 조립식 부재의 현장조립공사를 시작하기 10일 이전에 부재접합

및 조 정 등을 포함한 현장조립방법, 순서, 공정 등의 조립계획을 담당원에게 제출하여 승인 을 얻는다.

3) 조립계획은 다음과 같은 항목들에 대한 충분한 조사 검토를 거쳐 작성한다.

가) 건물 규모, 구조, 평면 및 입면의 형상 및 치수

나) 전체 공기, 타공사와의 연관, 부재 제작공정, 기상조건 등

다) 부재 중량, 부재 수량, 작업반경 등

라) 조립순서, 접합형식 등

마) 현장의 입지조건, 주변환경

바) 부재 반입, 야적장 등을 위한 공간

사) 교통상황, 반입도로, 현장 내 가설도로

아) 기타

4) 조립식 부재의 현장조립작업은 부재에 흙이 묻지 않게 하고 균열, 부재의 떨어져 나 감 등의 손상을 피할 수 있는 방법으로 하여야 한다.

5) 경미하게 부재가 파손되거나 떨어져 나간 것은 조립공사가 끝난 다음 담당원의 승인 을 얻어 현장에서 보수작업을 한다.

나. 조립준비

1) 시공자는 모든 부재의 설계도면과 시공도를 면밀히 검토하여 부재가 운반이나 공사 중에 생기는 일시적인 응력에 충분히 견딜 수 있는지를 확인하다. 공사 중이나 부재의 현장취급 중에 생기는 일시적인 응력이나 특수조건들을 고려하여 필요한 경우에는 추가 로 보강철물이나 인서트를 설치한다.

2) 이미 승인된 시공도와 설계도면 상의 차이가 있는 경우에는 현장조립작업을 시작하기 전에 설계자, 제작자, 시공자 및 현장조립자가 협의하여 수정한다.

3) 시공계획서를 기초로 조립작업의 순서 등을 상세히 검토하여 시공지침서를 만들고 조립공사에 착수한다.

시공지침서에는 다음과 같은 사항들을 포함시켜 작성한다.

가) 조립의 전체공정

나) 조립 사이클

다) 사용기계, 도구 및 그 관리법

라) 인원배치

마) 부재반입 연결법

바) 조립검사 요령 및 허용오차

사) 각 작업의 순서 및 유의사항

아) 안전유의항목

4) 조립용 장비의 종류, 성능, 소요대수 등에 대한 사항은 사전에 담당원의 승인을 얻는다.

5) 현장준비

현장조립 작업의 시작과 운반시설 계획에 앞서 현장조립자는 형장을 사전에 검사하여 현장조립용 장비와 운반차량의 형장접근 가능성을 확인하며 조립에 착수하기 전에 다음 과 같은 준비작업을 한다.

가) 크레인의 배치 결정

나) 크레인 및 운반차량 통로의 보강

다) 기계 및 공구의 정비

라) 부재의 야적장소 정비

마) 계단실 내부 거푸집 달비계의 사이 공간이 부재 반입에 충분한 지 확인

바) 계단실 내부 벽체의 슬리브 및 참 걸침턱의 개수 및 위치 확인

사) 접합용 재료 및 현장 콘크리트 거푸집 준비

아) 부재 점검 및 청소

다. 현장조립

1) 양중장비

양중장비는 무한궤도 크레인(crawler crane), 트럭 크레인(truck crane), 데릭(derrick), 타워 크레인(tower crane) 등으로 한다. 현장조립공사에서 부재의 조립용 크레인은 다음의 사항을 참작하여 선택한다.

가) 부재의 종류

나) 부재의 무게

다) 작업반경, 건물의 높이

라) 작업반경과 건물의 높이에 따른 크레인의 양중용량

마) 양중속도

바) 지형, 현장접근 가능성 등 입지적인 조건

사) 조립해체비, 사용료, 연료비의 경제성

2) 크레인 운전자

크레인 운전자는 면허를 소지한 유자격자이어야 하며, 다음 사항을 숙지하고 있어야 한다.

가) 운전하는 기계의 제원 및 성능

나) 크레인 이동도로의 상태

다) 작업전체의 내용 및 순서

라) 제반 안전수칙

3) 스프레더 빔, 와이어, 버팀대

가) 스프레더 빔

양중용 틀 등은 양중시에 부재가 기울어지거나 무리한 응력이 걸리지 않는 것을 사용 한다.

나) 양중용 와이어류는 부재의 크기와 중량에 따라 소요의 각도와 안전계수를 확보할 수 있도록 그 길이와 직경을 정하여 사용한다.

4) 시스템 서포트 설치 및 해체

가) 서포트 설치 시 서포트 상부면에 레벨 및 수평을 확인한다.

나) 고무 패드가 수밀하게 벽체에 밀착되었는지 확인한다.

다) 서포트의 해체는 무수축 모르타르가 PC 부재 콘크리트 설계기준 강도 이상의 압축 강도가 발현된 후에 해체하고 이에 대한 확인을 하지 않았을 경우 충전 72시간 후 실 시한다.

라) 다만, 속경성 모르타르를 사용하였을 경우 전문가의 검토 후 서포트의 해체 시간을 앞당길 수 있다.

5) 부재의 현장조립

부재의 현장조립공사는 부재의 현장취급 및 설치공사에 숙달된 담당원의 감독하에 진행 한다. 부재의 지지 및 현장조립공사의 절차는 이 항에 시방된 바에 따라 행한다. 모든 부재는 합리적인 방법과 절차에 의거하여 시공도에 표시된 위치에 설치한다.

가) 현장조립도 및 시공지침서에 따라 차례대로 한다.

나) 작업책임자를 선임하여 그 지시에 따라 조립한다.

다) 부재는 조립 전에 깨끗이 청소하고 앵커나 접합용 철물 등을 점검하여 부재 조립 시나 조립한 다음 부재 접합에 지장이 없게 한다.

라) 와이어를 이용하여 부재를 양중할 때, 와이어의 각도는 수평면에 대하여 60° 이상으로 한다.

마) 조립작업 중 강풍이 우려되는 경우에는 상황에 따라서 작업을 중지한다.

바) 부재는 치수의 오차가 누적되지 않도록 설치하며 조립위치에 대한 허용오차는 공 사시방서에서 정하는 바가 없을 때에는 이 시방서의 정하는 바에 따른다.

사) 부재를 설치한 후에 깨끗이 청소하고 보수작업을 한다.

6) 부재 보호 및 청소

가) 부재의 조립작업이 끝나면 모든 부재에 적절한 보호조치를 취하고 여분의 몰탈 및 그 외의 물질들을 제거한다.

나) 청소 중 인접한 부재에 손상이 생기지 않도록 유의한다.

7) 부재의 현장도려내기

가) 부재의 현장조립가공에서 정확하게 위치하지 않은 구멍의 현장 도려내기는 다이아 몬드 코어 드릴(diamond core drill)이나 다이아몬드날을 사용한 콘크리트 절단용 톱 을 사용하여 가공한다.

나) 도려내어 뚫린 부분은 그 부재가 사용될 때까지 방호조치를 하며 현장도려내기에 의하여 생긴 균열이나 파손되어 떨어진 부분 또는 뽀죽한 모서리는 이 시방서의 3.2.4 (부재의 형장조립) 마.의 규정에 따라 보수공사를 한다.

다) 보강철근의 정단이나 150cm×150cm 이상의 면적을 도려내는 것은 담당원의 사전승 인을 얻어야 한다.

라. 조립검사

1) 부재의 현장조립공사가 모두 끝나면 이음매 처리, 청소상태 등을 검사한다.

2) 조립된 부재들이 적당한 지지면과 접합되어 있는지 또는 가새가 적절히 설치되어 있 는지를 검사하고 허용오차가 시방과 일치하고 있는지를 확인한다.

3) 강도, 허용오차, 마감 등을 포함하여 시방된 필요조건에 일치하지 아니하거나 담당원의 판단으로 만족하게 시정되지 않은 부재는 철거시켜 시방된 조건에 맞는 부재로 대체한다.

마. 현장조립 보수공사

1) 부재취급용 또는 현장조립용으로 사용된 철물 등을 조립식 부재로부터 철거하고 접합부는 콘크리트로 채워 건축용 표면마감과 같게 마무리한다.

2) 현장보수공사는 경험있는 기능공이 해야 하며 모양, 강도, 내구성에 지장이 없도록 하여야 한다.

3) 경미하게 손상된 부재는 담당원의 승인을 얻어 보수공사를 한다. 개체의 보수공사는 어떠한 경우에도 개별 조립식 부재에 대하여 0.20㎡를 초과할 수 없다.

4) 보수공사를 한 부분의 마감면은 콘크리트의 무늬와 색채에 있어 인접한 조립식 부재 와 잘 조화를 이루어야 한다. 시공자는 구조물을 이루고 있는 부재의 보수공사를 시작 하기 전에 시험적으로 시공 전시용 부재에 보수공법을 시도하여 보수용 콘크리트 의 배 합을 결정한다.

5) 부재에 붙어 있는 콘크리트를 모두 제거하고 부재 표면을 씻어 정착을 저해하는 먼 지들을 깨끗이 청소한 다음에 보수공사를 시작한다.

보수공사 시작 전에 콘크리트면은 표면건조내부습윤상태가 되도록 유지한다.

6) 보수한 부분의 양생과 표면마감은 승인된 절차에 의거하여 실시한다. 모든 보수공 사는 담당원의 지시에 따라 행하며 구조적으로 합당하게 처리한다.

바. 현장조립 공사관리

프리캐스트 콘크리트 현장조립공사의 관리자는 부재의 취급, 운반 및 현장조립 공사를지 시, 감독하며 특히 다음의 사항들을 유의하여 관리 · 확인한다.

1) 지정된 지점에 승인된 기구를 사용하여 부재를 다루고 받치고 있는지의 여부

2) 부재 운반 중, 동하중이나 횡하중에 의하여 부재에 과도한 응력이 생기지 않도록 적절히 받치고 가새를 설치하였는지의 여부

3) 부재의 현장도착시 작업

4) 부재의 현장야적

5) 부재가 현장조립 순서에 따라 가장 효율적이고 안전한 방법으로 조립되고있는지의 여부

3.2.2. 현장관리

가. 일반사항

1) 시공자는 공사가 완료되어 건물을 건축주에게 인도할 때까지 공사현장 및

공사시설 물에 대한 모든 책임을 진다.

2) 공사현장의 관리는 근로기준법, 산업안전관리법, 노동안전관리규칙, 소방법, 전기 공작물 규정 및 그 외의 관계법규에서 정하는 바에 위반되는 일이 없도록 하며 노동자 의 위생관리와 함께 도난, 화재 등의 사고방지에 대하여 충분히 주의한다.

나. 현장 품질관리

1) 품질관리 담당자

시공자는 품질관리 담당자를 현장에 상주시켜 다음 사항들을 수행하도록 한다.

가) 품질관리 기록

나) 부재의 검수, 야적상태의 적절성 확인, 조립검사, 보수검사 등

다) 품질시험(건설기술관리법 시행령 참조)

라) 균열, 오차 등의 관리 및 보수

마) 현장원에 대한 품질관리 활동 교육

바) 현장원의 품질관리 활동 지도

사) 기타 품질보증을 위한 업무

2) 기상대책

가) 태풍경보가 있을 경우에는 조립 중의 부재를 긴결하거나 임시가새를설치하고 가 설물의 보강과 야적된 재료나 부재들이 강풍으로 파손되는 일이 없게 한다.

나) 이상건조 주의보가 있을 경우에는 타설한 콘크리트의 표면을 습윤상태로유지하고 특히 화재예방에 유의한다.

다. 공해방지

1) 현장주변의 조사

가) 공사현장 근처에 학교, 병원, 도서관 등 공공건물이 있는 경우에는 소음에대한 법적규제를 조사하여 대책을 세운다.

나) 주변의 우물, 연못, 저수조 등을 조사하여 공사용 물의 공급에 대한 대책을 세운다.

다) 컴퓨터, 현미경 등 진동에 약한 기기를 보유한 건물들을 조사한다.

라) 부재 운반경로를 조사하여 아동 통학로, 일방통행 등을 확인하고 대기장소의 유무 등을 확인한다.

2) 공사현장에서의 공해방지

가) 공사로 인한 주변 거주자들의 불만을 조기에 해결하도록 한다.

나) 공사용 재료나 그 찌꺼기 또는 도료 등에 의하여 주변 거주자에게 피해를 주지 않 도록 노력해야 한다.

다) 중량물 운반에 의한 소음 진동 방지대책을 수립하여 운반로를 설정하고 다른 통로 를 사용하지 않도록 제한한다.

라) 길이가 긴 부재를 운반하는 차량의 운반대책을 신중히 계획하여 실행하며 대기장소에 관하여도 고려하여 둔다.

라. 안전관리

1) 안전관리

안전은 공장생산, 운반, 조립, 접합 등의 모든 단계에서 모든 작업원에게 해당 된다. 따라서 모든 작업은 그 위험성을 분석하고 대책을 수립하여 수행하여야 하며, 작업원 들에 대하여 정기적으로 안전교육을 실시하도록 한다. 여기에 기술되지 않은 사항은 본 건축공사표준시방서의 규정을 따른다. 현장에서는 다음과 같은 사항을 철저히 지키도록 한다.

가) 조립작업 전에 조립용 지그, 설비의 안전점검을 실시한다.

나) 매일 작업개시 전에 그 날의 작업내용 및 안전에 관한 유의사항을 전체 작업원에 게 주지시킨다.

다) 안전모, 안전화를 착용한다.

라) 비계나 가설손잡이 등이 없는 상태에서 고소작업을 할 때에는 안전망이나 바닥판 에 설치된 훅에 안전벨트의 훅을 걸어서 작업한다.

마) 울타리를 설치하여 불필요한 사람의 접근을 막는다.

바) 감시원, 유도원을 배치하여 작업반경 내에 관계자 이외의 출입을 금지키시고 안전 작업을 기한다.

사) 공사 중 잔존물을 말끔히 청소하고, 작업장 주위를 정리정돈한다.

아) 가설전원, 전기배선을 안전하게 한다.

자) 용접작업시에는 차단시설을 하며, 특수안경 등의 보호장구를 착용한다.

차) 용접작업 부근에는 인화물, 폭발물, 가연물 등을 두지 않는다.

카) 크레인 작업반경 내에 전선 등의 설치를 금한다.

타) 크레인에 의한 부재양중은 가능한 한 수직으로 한다.

파) 양중기 및 양중용 보, 와이어 로프, 버팀대, 훅, 셔클, 아이볼트 등의 상태는 매 일 점검한다.

하) 작업원의 안전 및 기계의 안전을 모두 고려한다.

거) 기타 안전사항은 감독자의 지시에 따른다.

너) 낙하물 방지망 등에 대하여서는 건설교통부제정 건축공사표준시방서 02045.5 (안전시설) 의 규정을 따른다.

2) 도난방지

가) 공사현장 울타리의 출입구는 공사장 출입과 야간경비의 편이성을 고려하여 정한다.

나) 현장출입을 단속하여 현장관리를 철저히 한다.

다) 재료의 야적장이나 가설창고는 항상 정돈하여 둔다.

라) 공사 중 사용되는 철물로의 도난방지를 위한 감시를 한다.

마) 공사장 내의 어두운 곳을 밝게 하고 경비원으로 하여금 규칙적인 순찰을 하게 한다.

3) 화재방지

가) 모닥불 피우기나 흡연은 일정한 장소 이외에는 금한다.

나) 인화성 또는 발화성 재료는 책임 보관하고 경계표시를 한다.

다) 전기기구나 배선의 절연상태를 점검한다.

라) 화재에 대비하여 소화전, 소화기 등을 정비하고 직원들에게 사용법을 주지시킨다.

마) 소화기구는 눈에 잘 띄고 접근이 용이한 곳에 설치한다.

바) 경비원에게 도난방지와 더불어 화재 조기발견 통보의 임무를 부여한다.

3.3 부재의 접합 및 마감

3.3.1. 일반사항

가. 접합부의 시공은 조립식공법에 있어서 가장 중요한 공정 중의 하나로 접합부의 시공상태는 건축물의 강도뿐만 아니라 마감 및 방수성 등의 사용성에 영향을 미치므로 부재 및 조립의 정밀도를 유지하여 순조로운 작업이 되도록 특히 주의하여 시공하여야 한다.

나. 이 장에 기재되지 않은 사항 또는 조립식 부재의 특수성으로 인하여 이 시방대로 시공할 수 없는 사항은 담당원과 합의하여 정하고 그 지시에 따른다.

3.3.2. 접합부의 보강배근

가. 일반사항

접합부의 보강배근은 조립식 구조물의 안전에 중대한 영향을 미치며 불의의 사고가 발생할 경우에 인명 및 재산피해를 최소한으로 줄일 수 있는 최종의 안전수단이므로 특히 주의해서 시공하여야 한다.

나. 가공 및 조립

1) 철근의 가공 및 조립은 3.1.3(철근 및 철망의 배근)을 적용하여 설계도에 따라 시행한다.

2) 접합부 보강배근은 그 이음과 정착이 설계도에 표시된 바와 같이 정확히 시공되어야 한다.

다. 검사

접합부의 배근은 콘크리트 및 모르타르의 충전 전에 철근 및 철망의 종류 및 직경, 이음 및 정착의 위치와 길이 등이 설계도에 표시된 바와 같이 시공되었는가를 검사하고, 청소상태를 점검한 후 후속작업을 수행하여야 한다.

3.3.3. 콘크리트 및 모르타르 충전

가. 일반사항

충전용 콘크리트 및 모르터의 배합, 설계강도 등 재료에 관한 사항은 2.4(접합부 재료 및 품질) 가.항의 규정에 따른다.

나. 거푸집

1) 계단참 및 중간참의 가설 지지대로 사용되는 서포트를 사용에 판재를 붙여 거푸집 으로 사용한다.

2) 서포트의 판재가 수밀하게 벽체 거푸집에 밀착되었는지 확인한다.

3) 거푸집이나 부재의 접합면의 이물질은 모르타르의 충전 전에 완전히 제거되어야 한다. 거푸집이나 부재의 접합면이 살수하여 적당히 습하도록 하지 않으면 접합부가 약하게 되어 접합된 부재가 일체로 작용하지 않는 경우가 있

고, 또한 방수 등에도 좋지 않으므로 접합면은 잘 청소하여 경화된 페이스트나 기름 등이 잔류하지 않도록 한다.

다. 충전용 모르타르 시공

1) 접합부의 콘코리트면, 서포트의 상부 등은 시공 전에 반드시 청소한 후 충분한 습기를 유지하도록 하여야 하며 충실히 충전되어야 한다.

2) 충전용 모르타르는 타설량이 적고 부분적으로 시공되므로 안이한 계획에 의해 시공 하는 경우가 없도록 한다. 이와 같은 곳은 구조상 중요한 개소이며 특히 음향성능 및 방수상 약점이 되기 쉬운 개소이므로 주의깊게 시공해야 한다.

3) 교반 후 30분 이내에 충전하여야 하며 모르타르 충전 약 30분 후 표면마감하여 면을 다듬는다.

4) 비빔이 완료된 모르타르는 작은 용기나 사춤기에 담아 벽체와 경사계단 부재 사이의 공간을 사춤한다.

5) 충전 및 표면 마감 후 모르타르가 어느 정도 경화하면 손상 방지용 보양지 등을 덮 어 보양한다.

라. 검사

1) 관리자는 모르타르의 시공후에도 충전이 불량한 곳은 없는 가 신속히 검사하여야 한 다.

2) 충전이 불량한 곳은 그 시공상태를 세밀히 파악하여 보수 또는 재시공 여부를 결정 하고 보수 또는 재시공하여야 한다.

3) 제거되어야 할 높이조절용 받침이 완전히 제거되었는지, 또는 높이조절용볼트의 너트가 적적히 풀어졌는가를 검사하여야 한다.

3.3.4. 접합부의 방수

가. 일반사항

부재 접합부의 계획과 시공에서는 열거동을 고려하여 최소 줄눈나비치수를 정한다.

나. 방수처리

1) 조립식 공법을 적용한 건물에 있어서 아래와 같은 누수사고의 주요원인이 발생하지 않도록 하여야 한다.

가) 부재의 파손 또는 보수불량

나) 충전용 모르타르의 시공불량

다) 방수처리를 하는 부위의 바탕처리 불량

라) 조립시의 테이프형 시일(seal)재 파손

마) 부재표면의 레이턴스와 콘크리트 표면의 풍화로 인한 박리현상

바) 방수재의 내구성이 낮아 응집파괴가 일어난 경우

사) 설계에서 방수마감의 검토가 불충분하여 방수시공이 어려울 때

2) 조립식 공법에서 접합부의 방수처리를 할 때에는 다음 사항에 대하여 유의하여야 한다.

가) 양호한 품질의 부재를 제조한다.

나) 부재의 균열, 파손 등이 생기지 않도록 콘크리트의 품질관리를 철저히 한다.

다) 부재의 제품검사에서 방수시공부분에 생긴 파손은 현장조립시에 떨어지지 않는 보 수방법으로 보수한다.

라) 접합부의 줄눈나비의 확보 및 접합부의 표면처리는 조립공사의 과정으로 시공하여 야 하며, 필요에 따라서 공사관리자는 철저한 검사를 하도록 한다.

마) 방수시공은 경험있는 시공자가 하도록 한다.

바) 내외장 마감전에 담수를 이용하여 방수효과를 점검한다.

다. 방수재의 종류 및 특성

방수재의 종류는 공사시방에 따르며, 공사시방에 정한 바가 없을 때에는 본 건축공사표 준시방서의 규격에 합격한 것 중 그 특성이 용도에 적합한 것을 사용하여야 한다.

라. 각 부위의 시공 및 검사

방수공사는 각 부위의 특성에 적합한 재료, 시공 및 관리방안을 선정하여 수행하여야 한다.

부록.2

구조성능평가

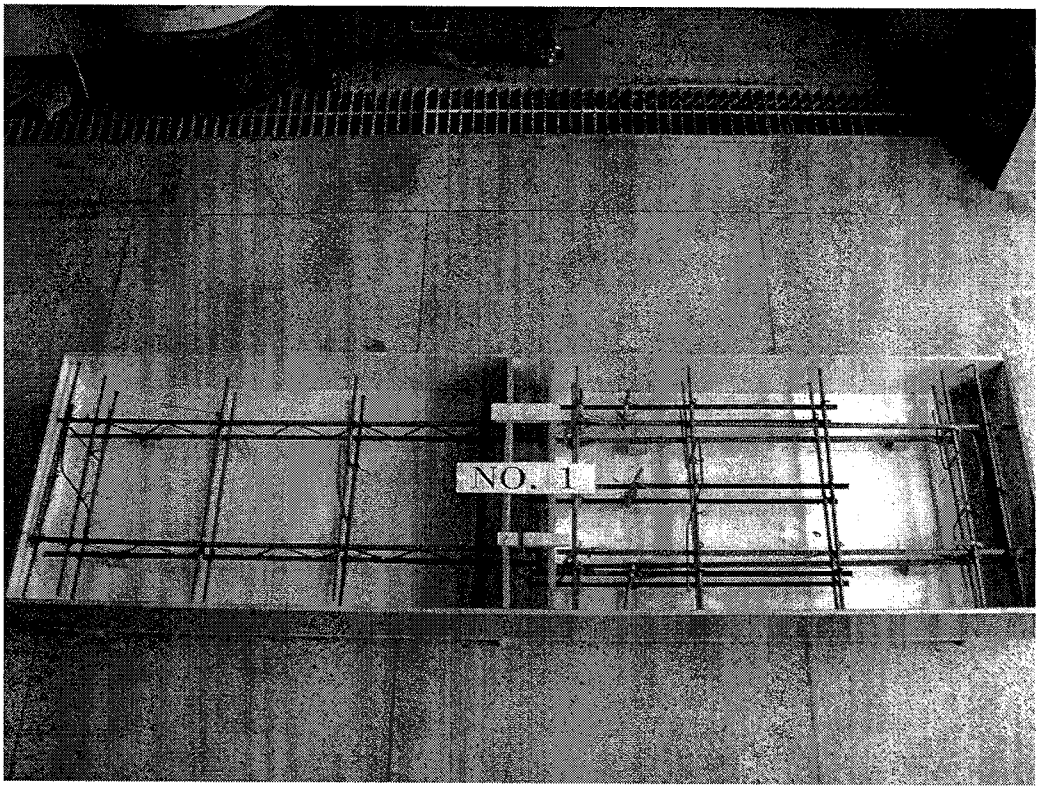


그림 1 NO1 실험체 철근조립

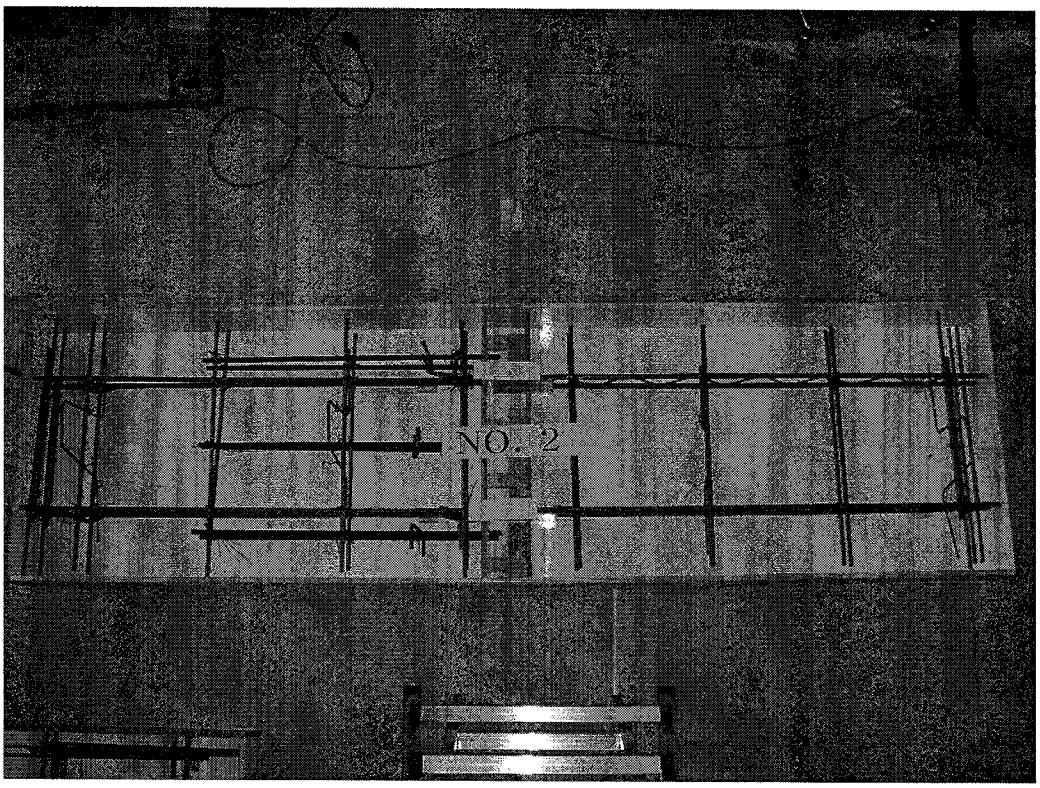


그림 2 NO2 실험체 철근조립

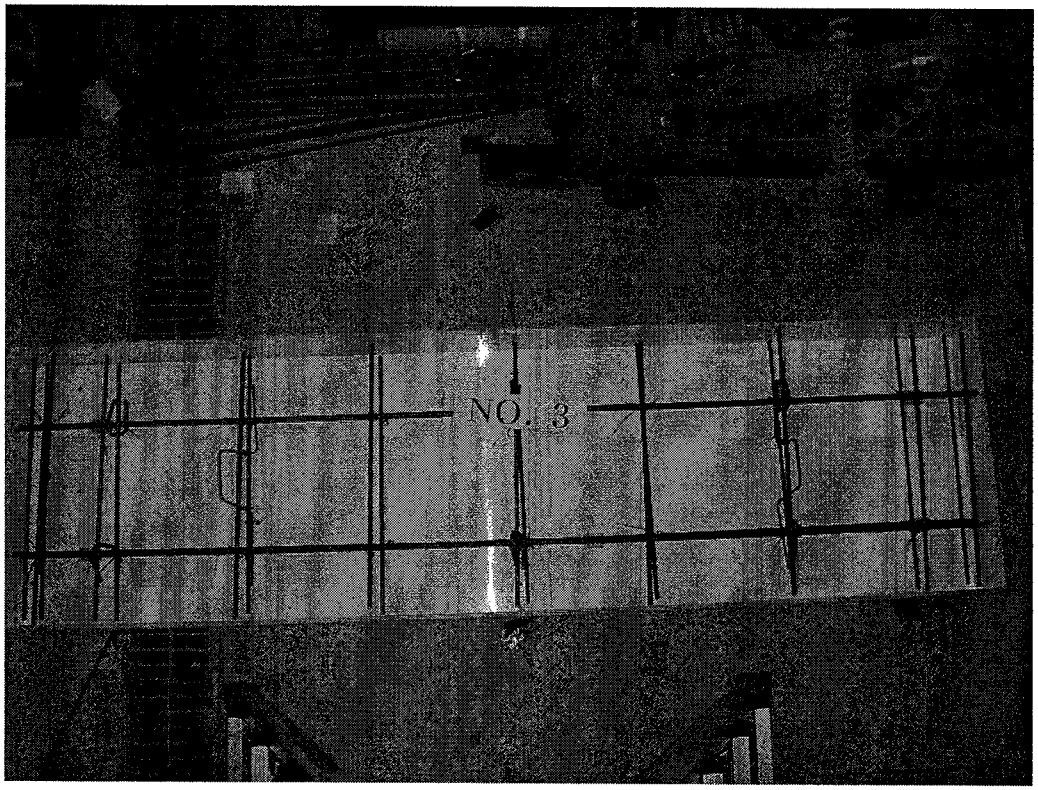


그림 3 NO3 실험체 철근조립

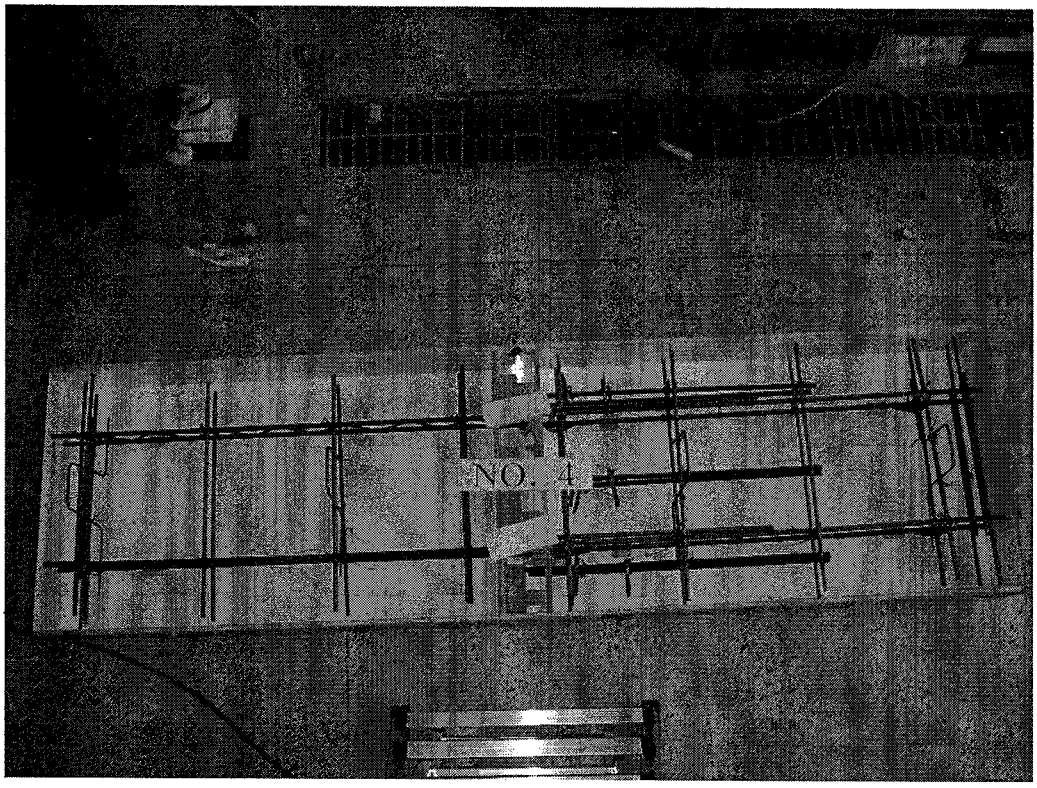


그림 4 NO4 실험체 철근조립

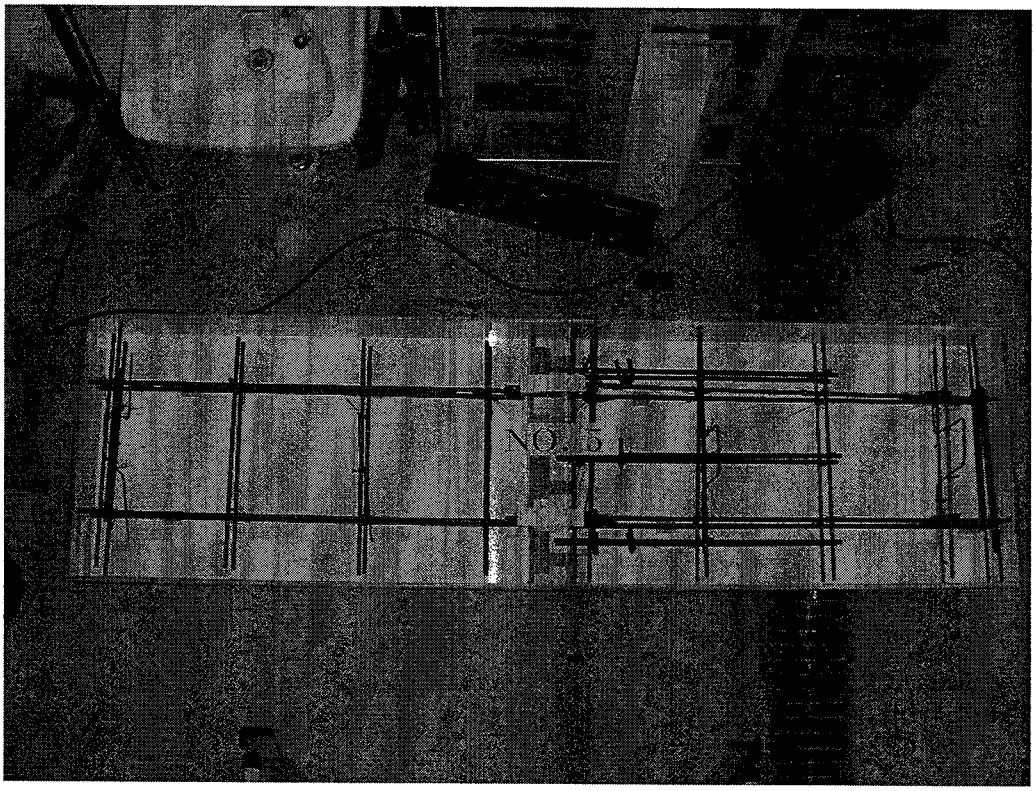


그림 5 NO5 실험체 철근조립



그림 6 실험체 타설 후



그림 7 실험체 타설 후

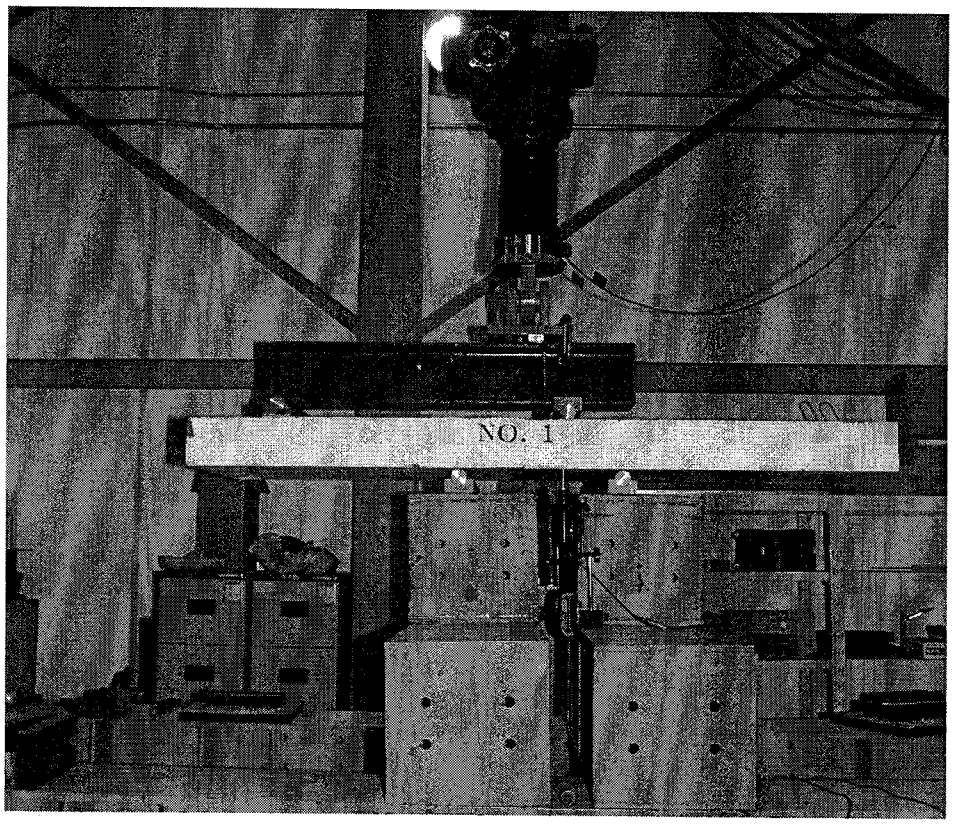


그림 8 NO1 실험체 Setting

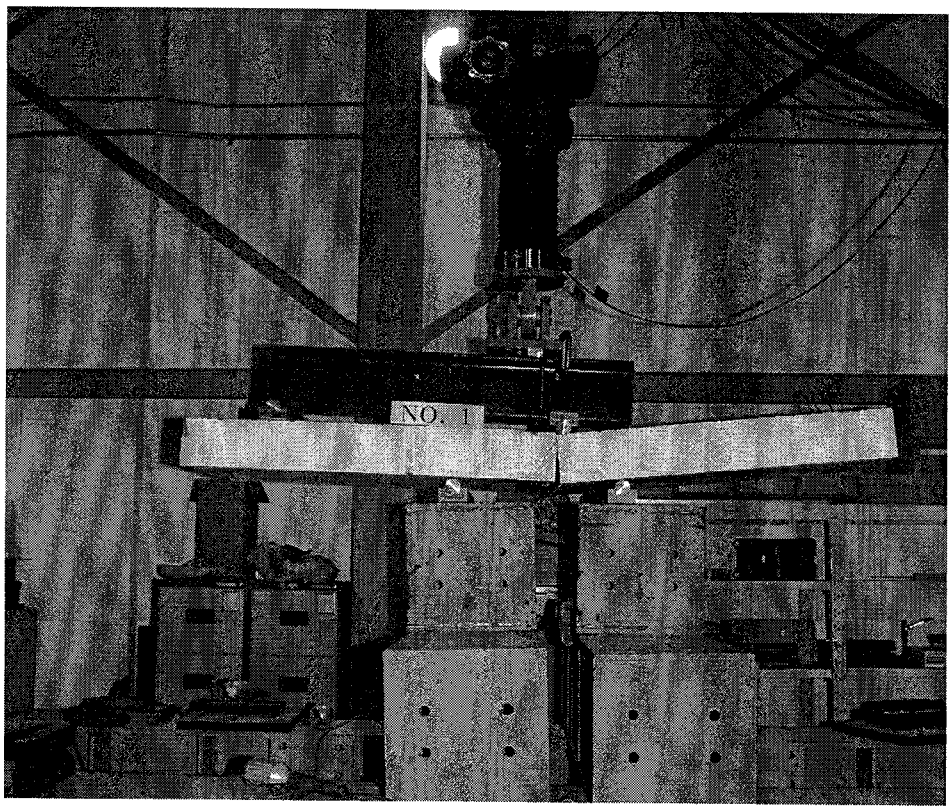


그림 9 NO1 실험체 파괴 후

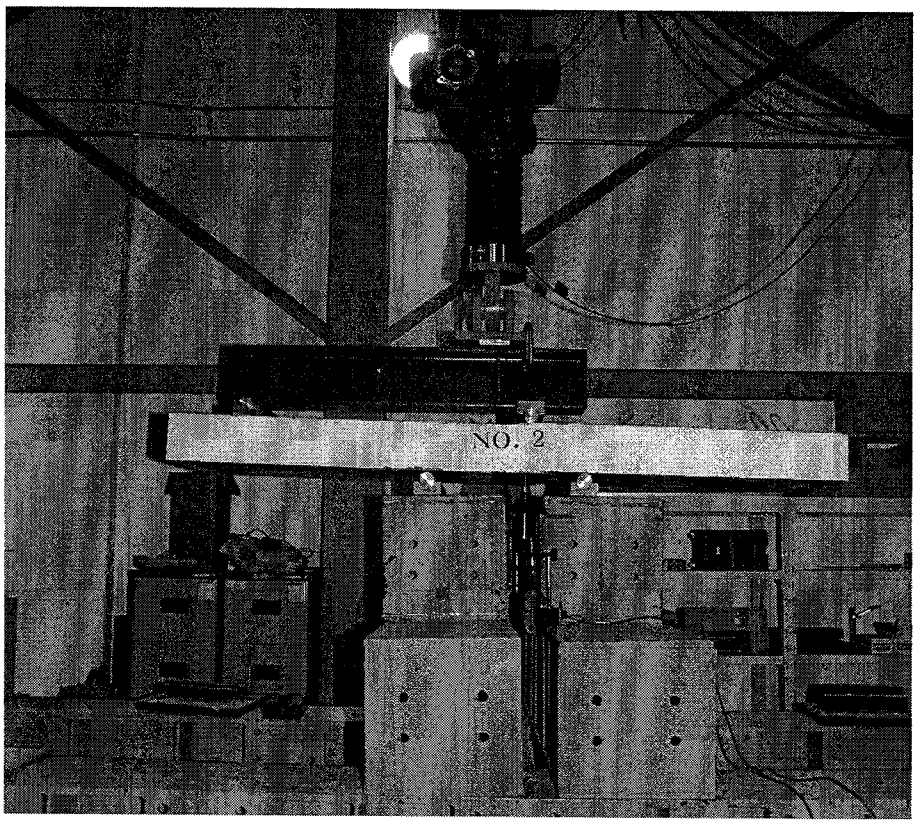


그림 10 NO2 실험체 Setting

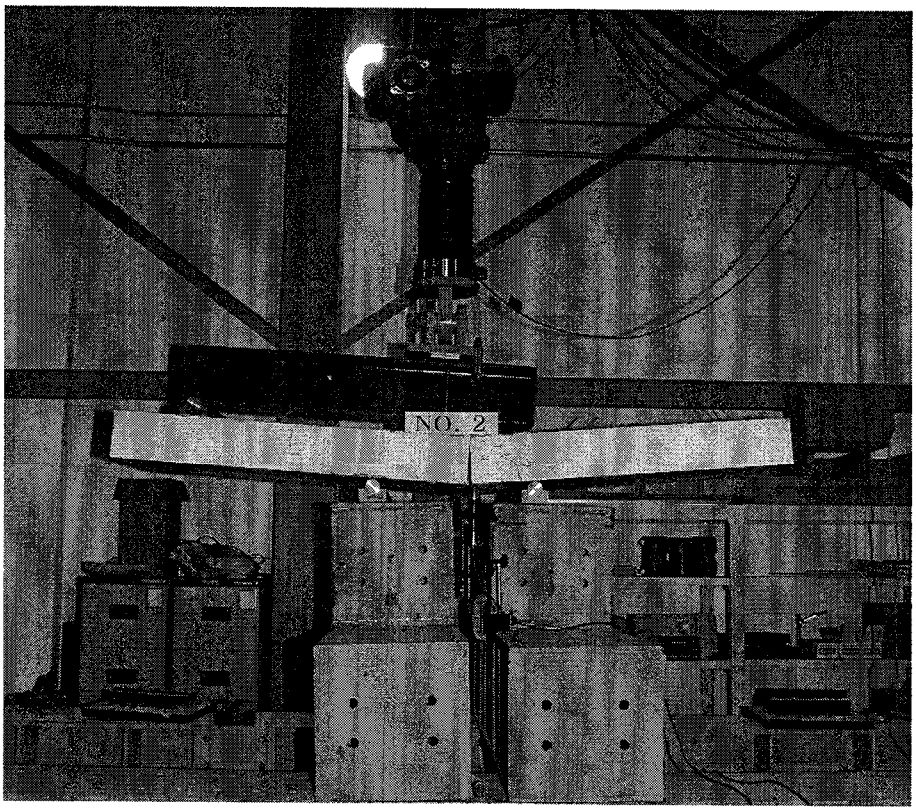


그림 11 NO2 실험체 파괴 후

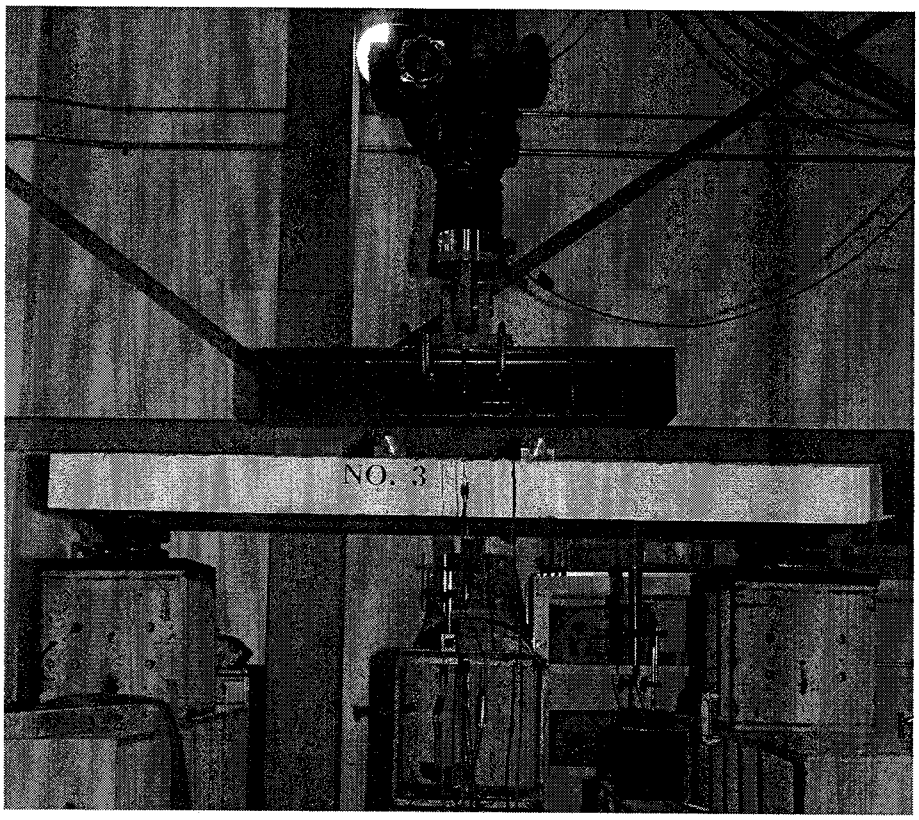


그림 12 NO3 실험체 Setting

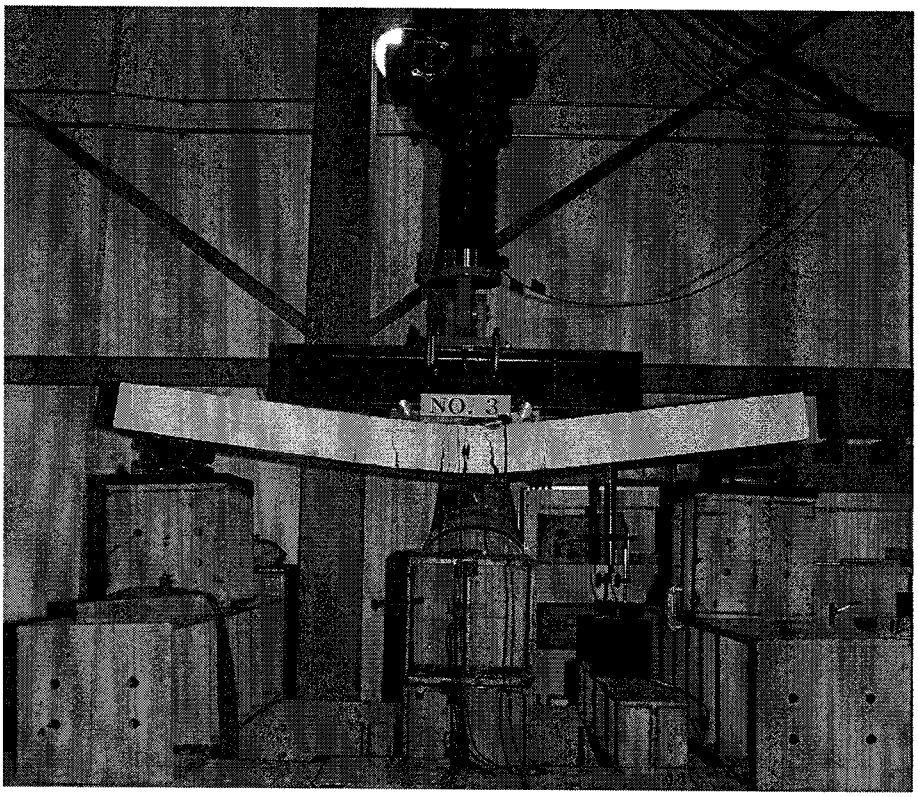


그림 13 NO3 실험체 파괴 후

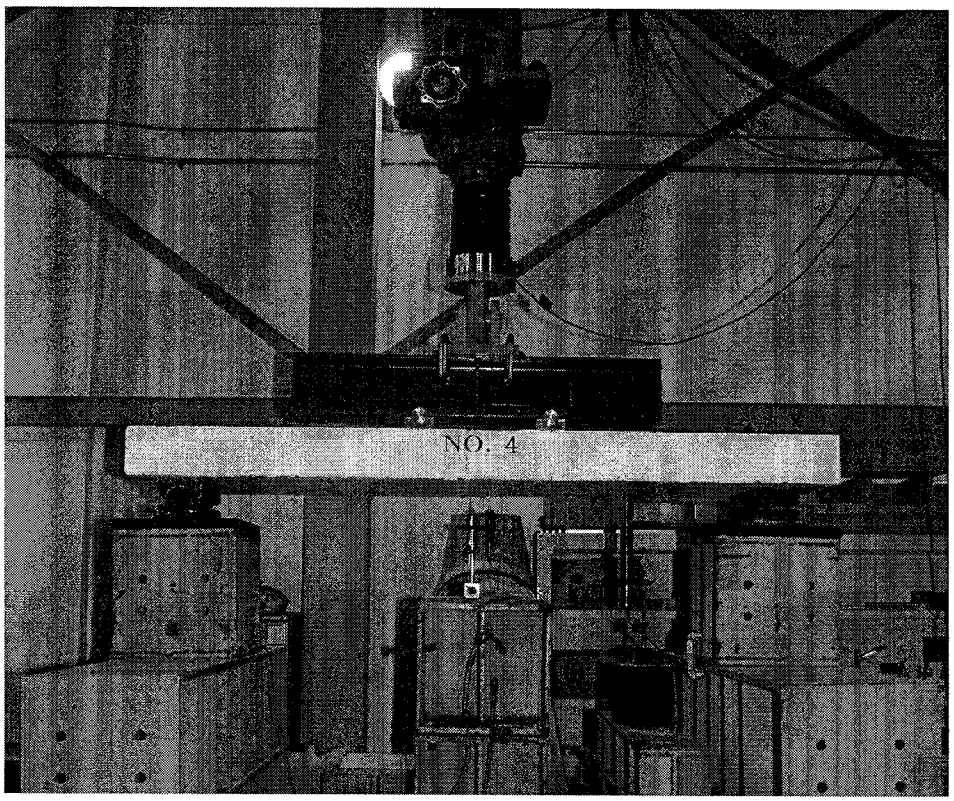


그림 14 NO4 실험체 Setting

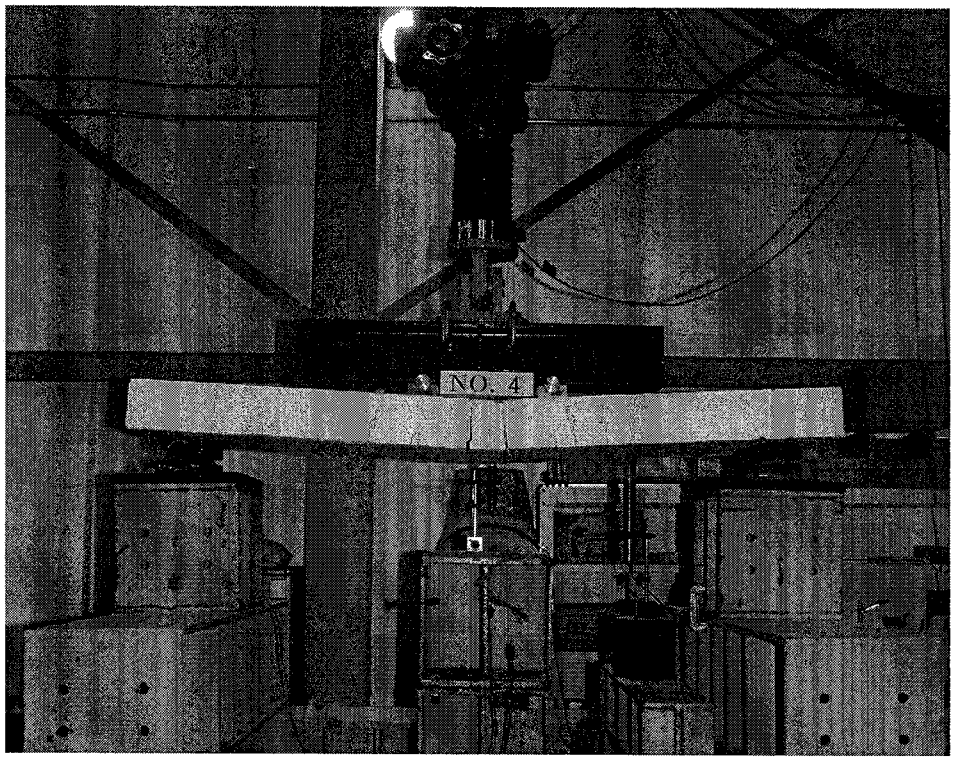


그림 15 NO4 실험체 파괴 후

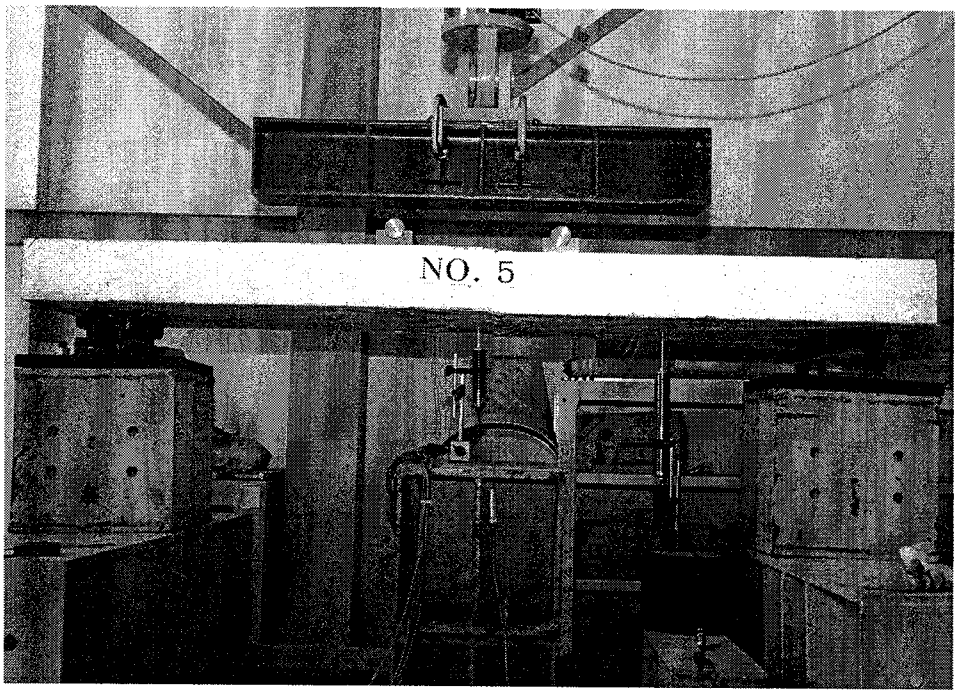


그림 16 NO5 실험체 Setting

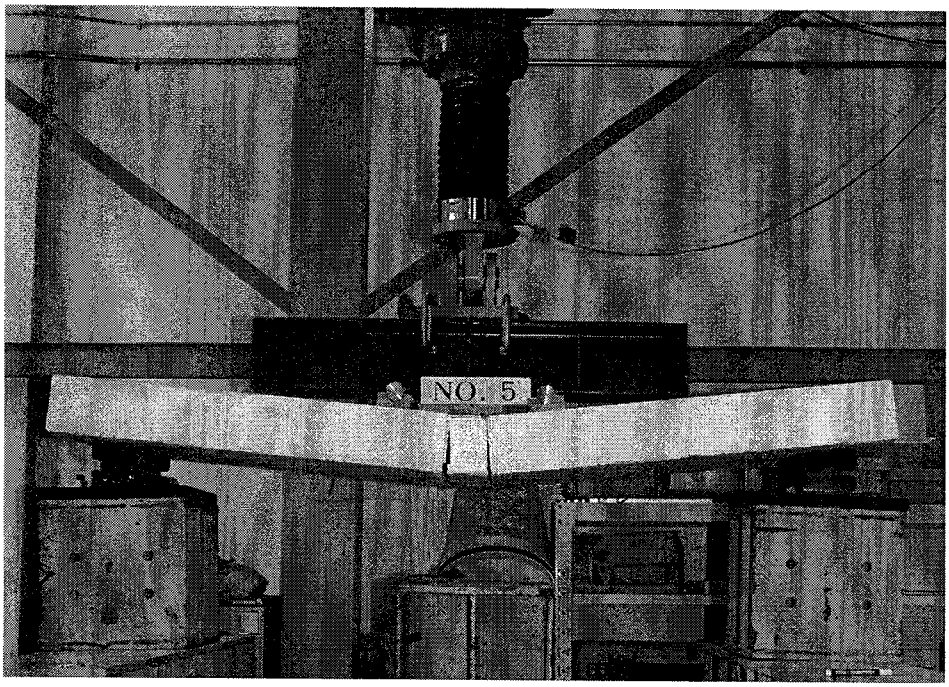
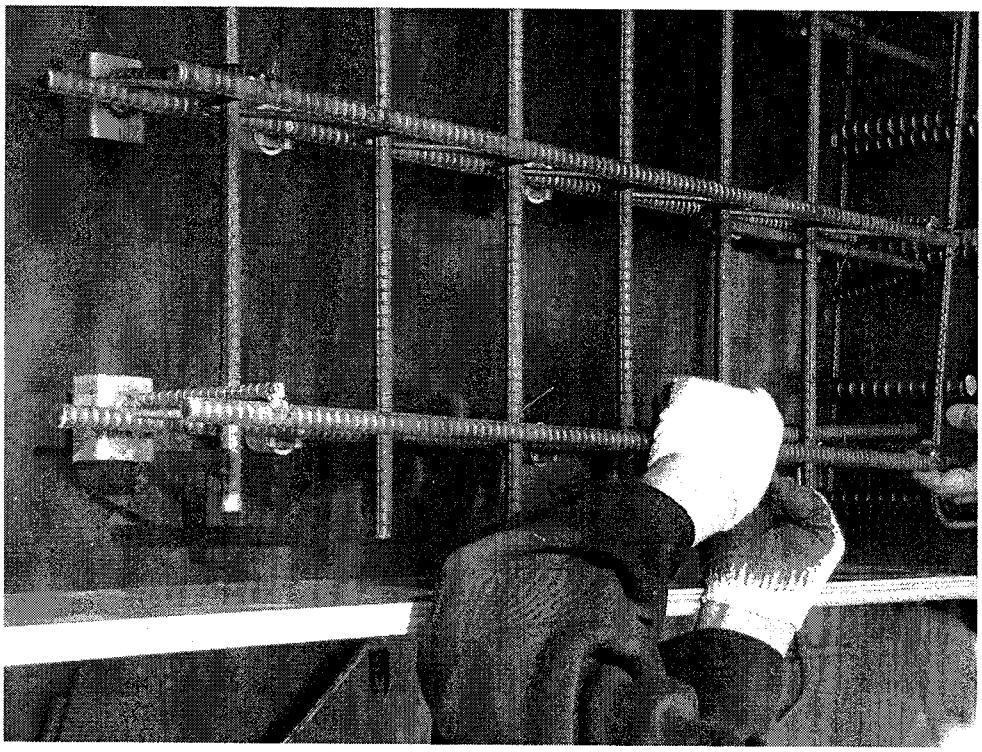
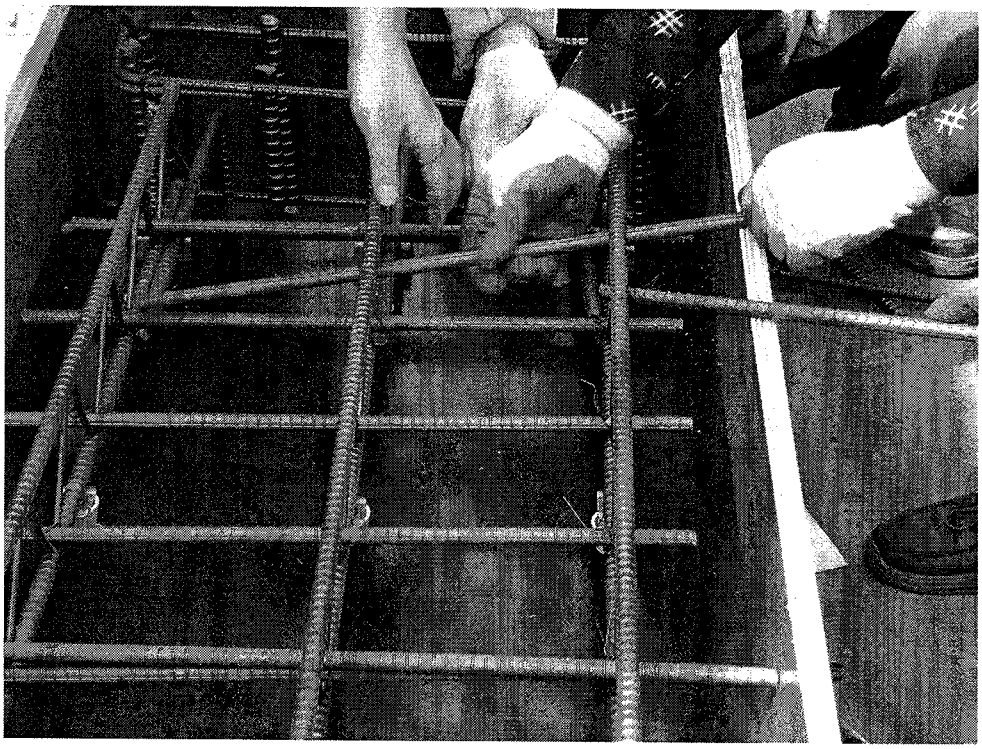


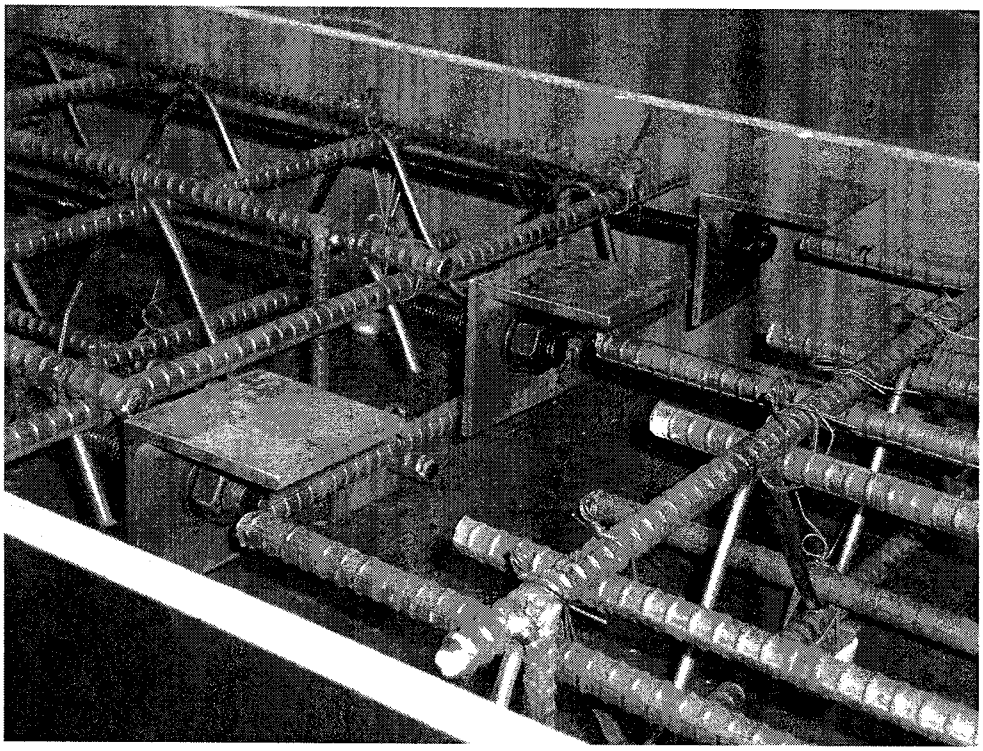
그림 17 NO5 실험체 파괴 후



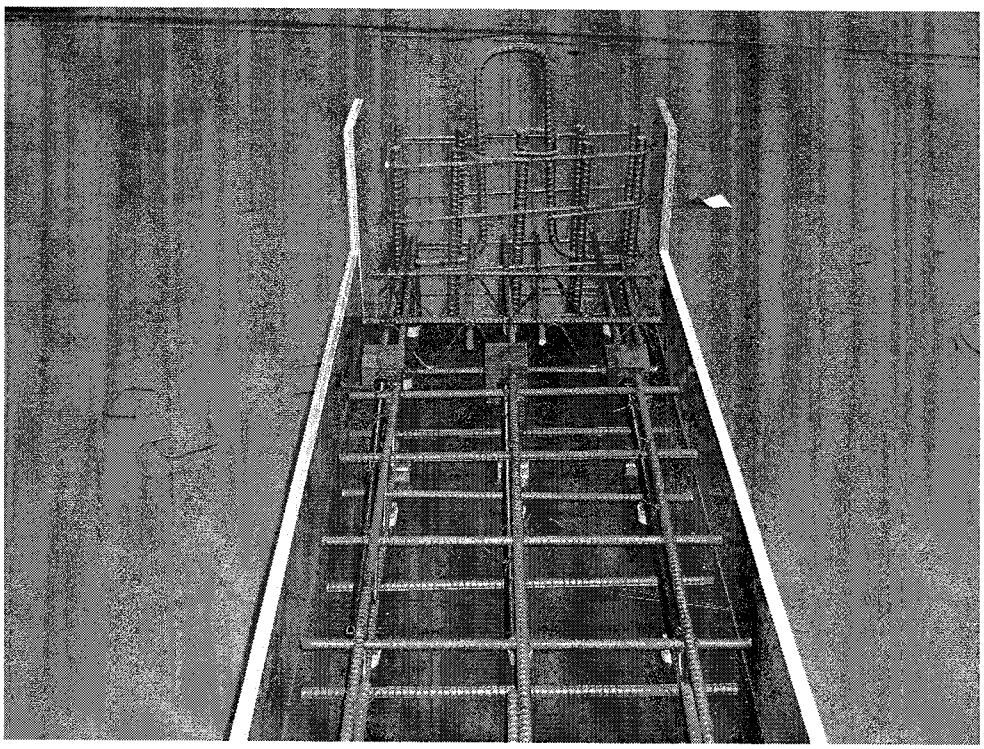
[그림 18] 실험체 현장조립과정



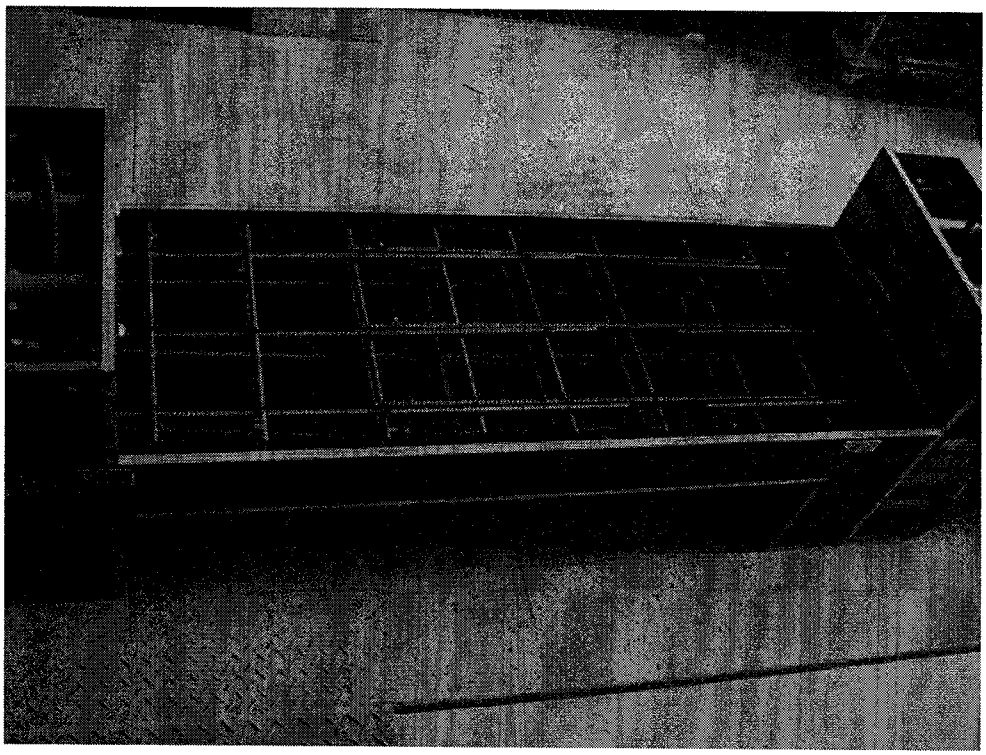
[그림 19] 실험체 현장조립과정



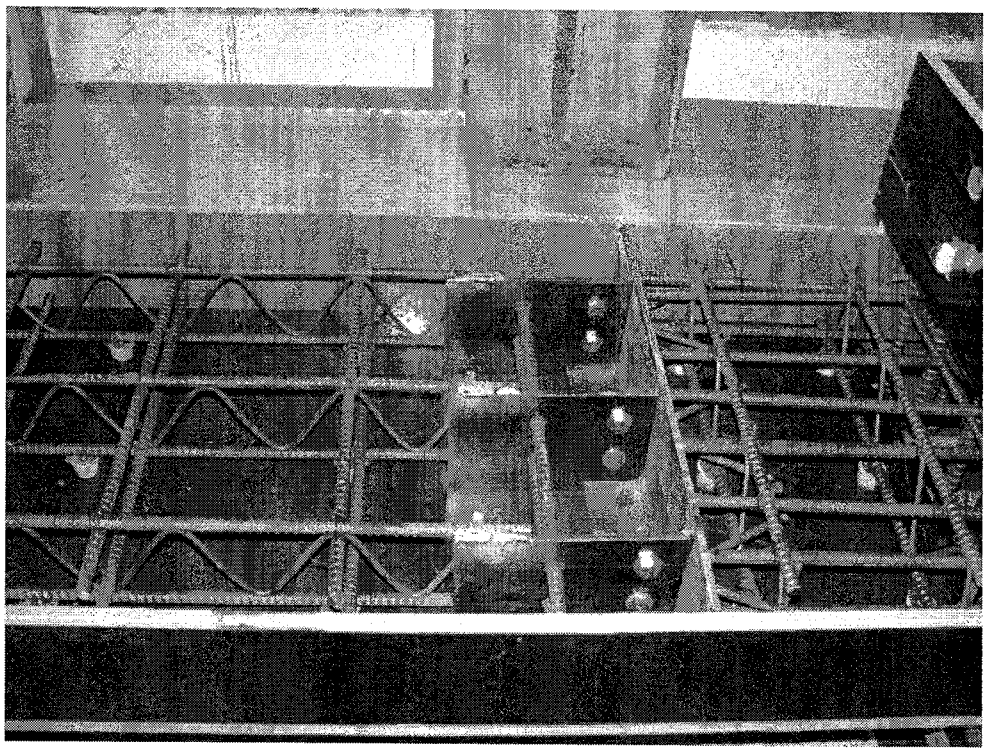
[그림 20] 실험체 현장조립과정



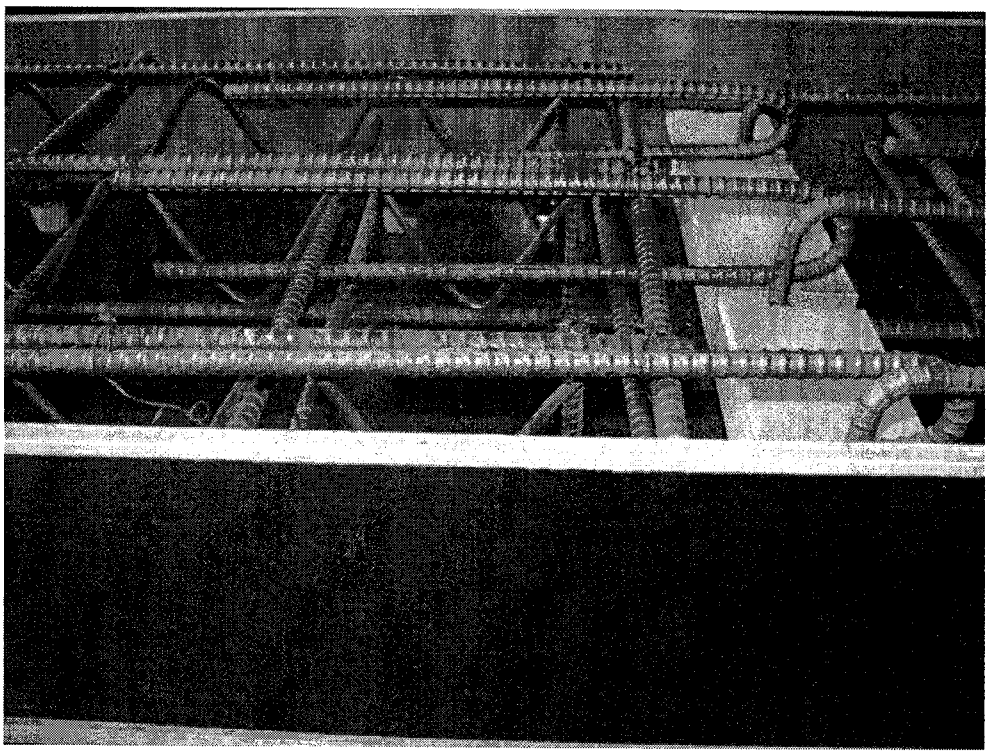
[그림 21] 실험체 현장조립과정



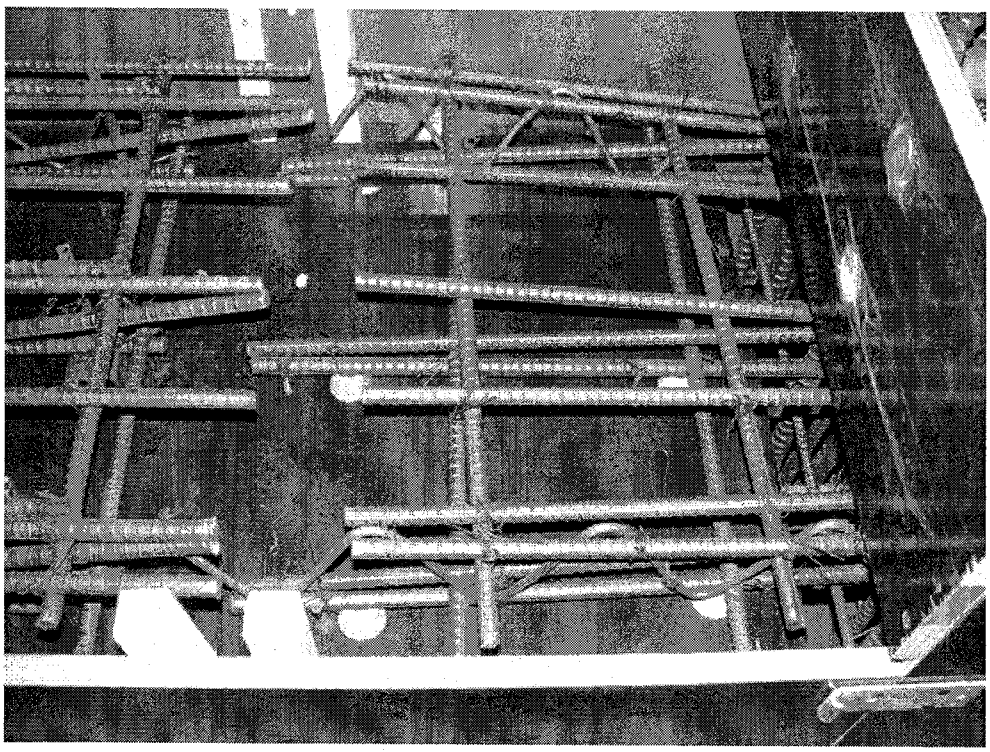
[그림 22] 실험체 반입시 HR-1접합부



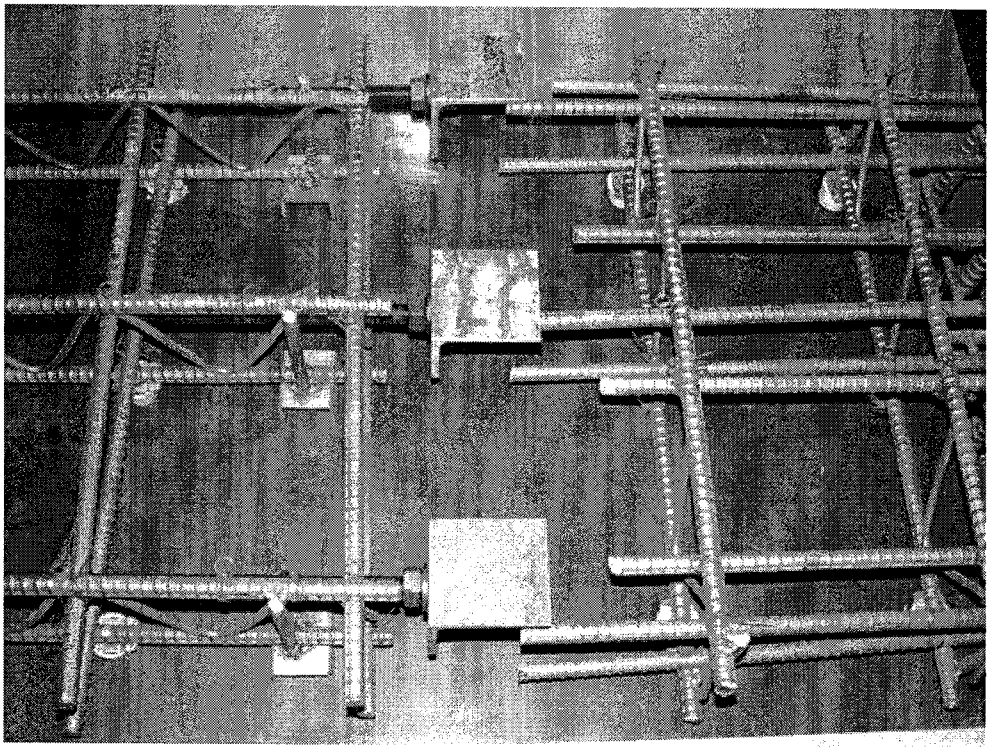
[그림 23] 실험체 반입시 HS-1접합부



[그림 24] 실험체 반입시 HS-2접합부



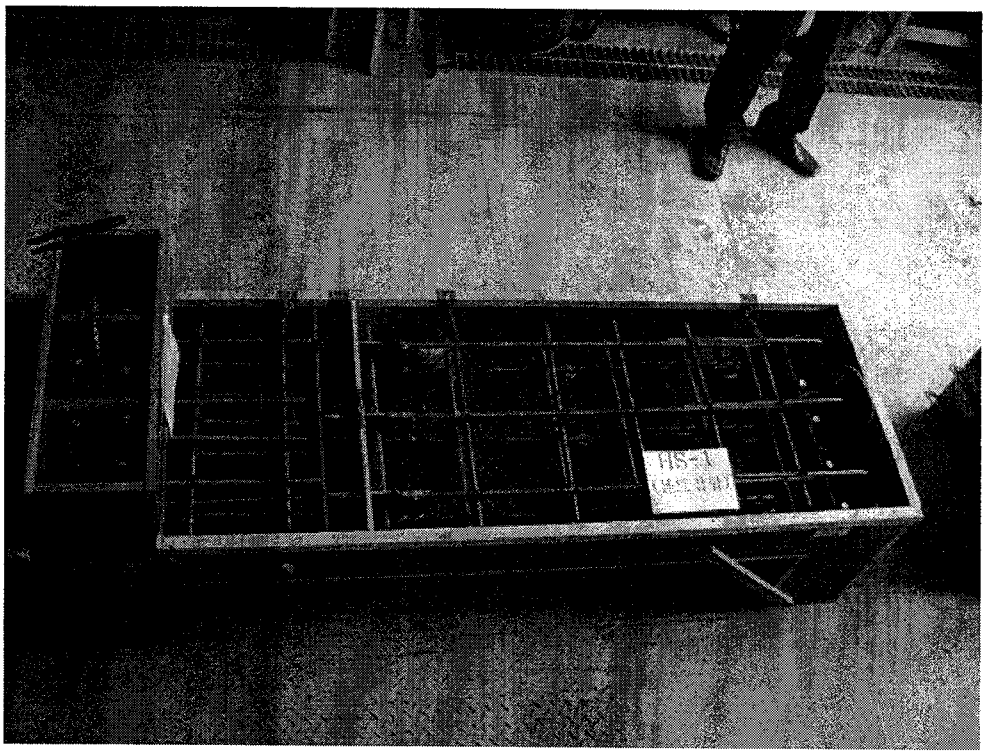
[그림 25] 실험체 반입시 HP-1접합부



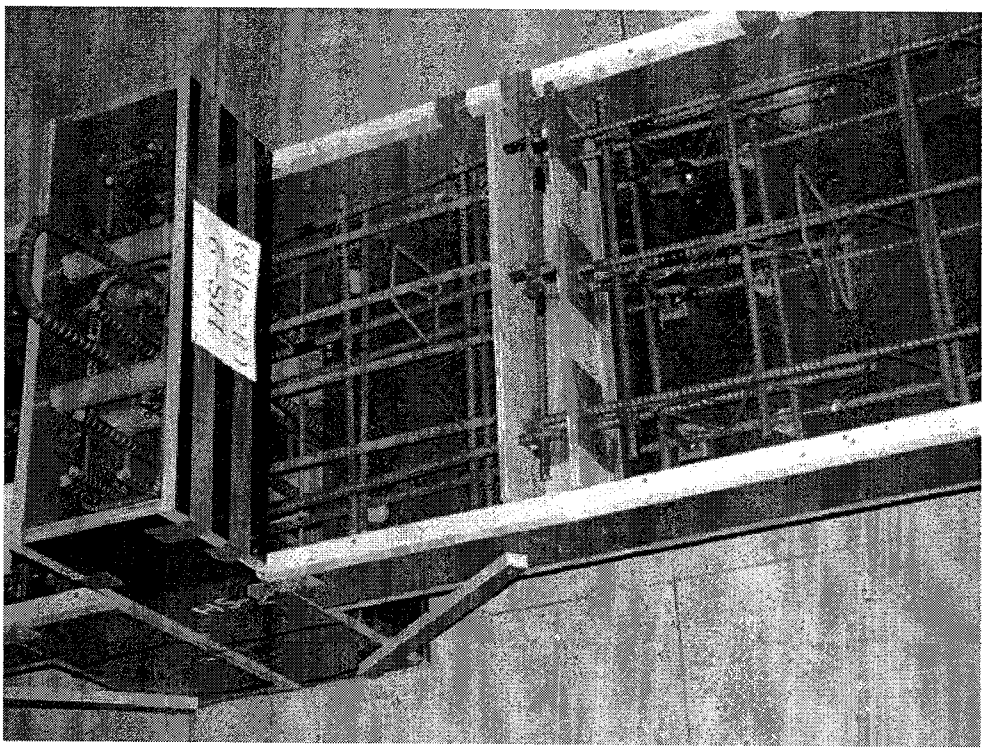
[그림 26] 실험체 반입시 HP-2접합부



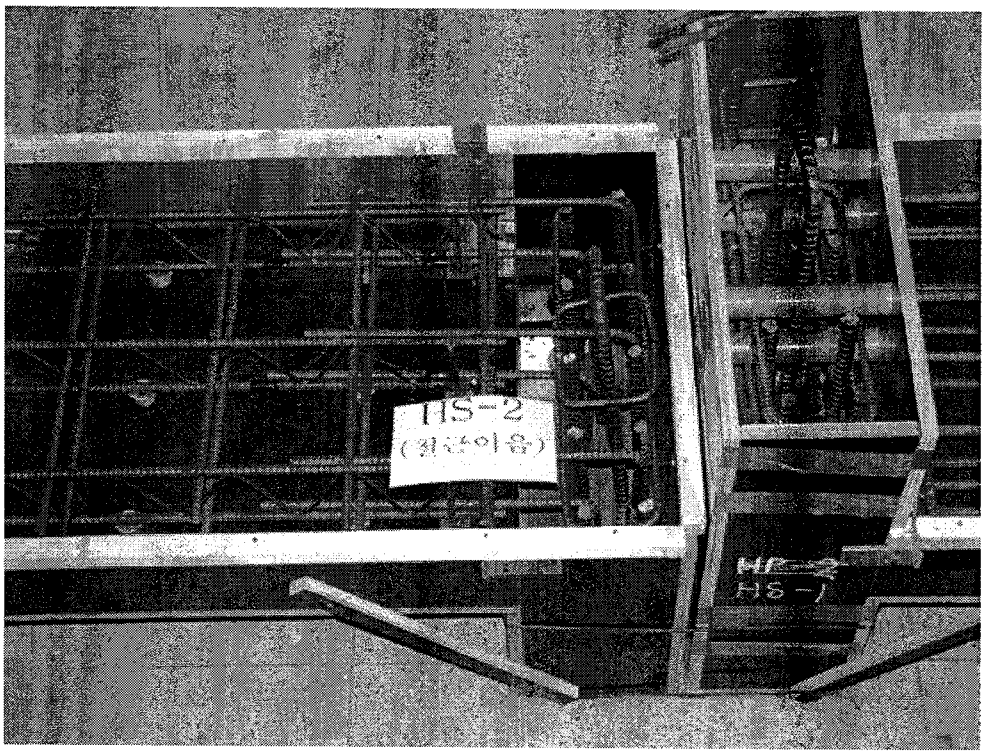
[그림 27] HR-1 게이지 부착사진



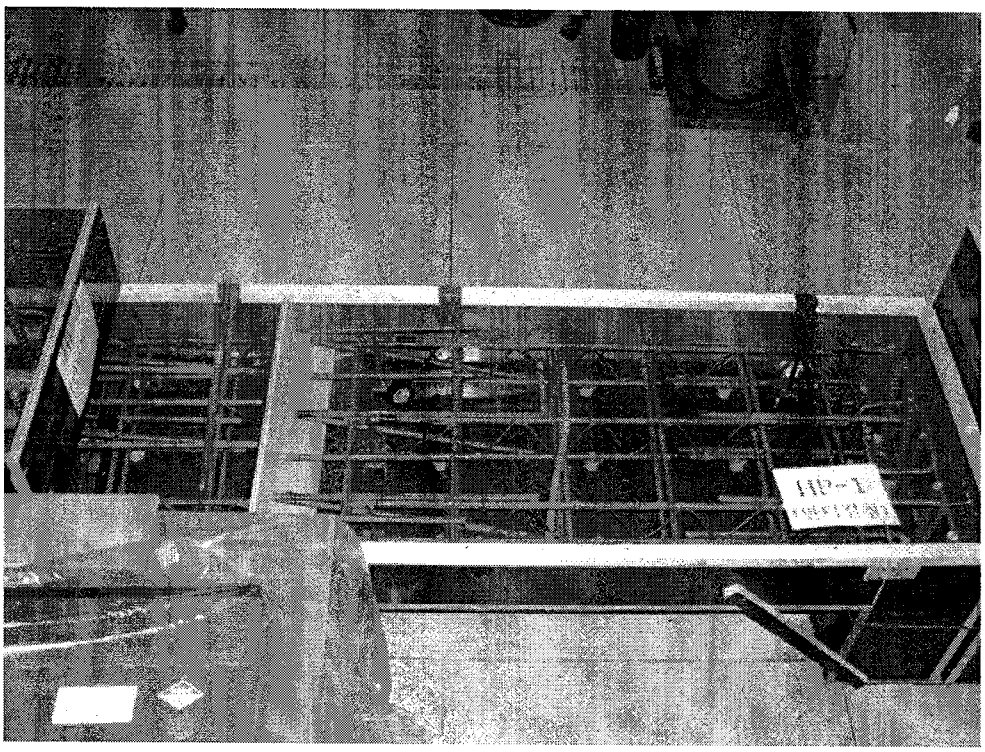
[그림 28] HS-1 게이지 부착사진



[그림 29] HS-2 게이지 부착사진



[그림 30] HS-2 게이지 부착사진



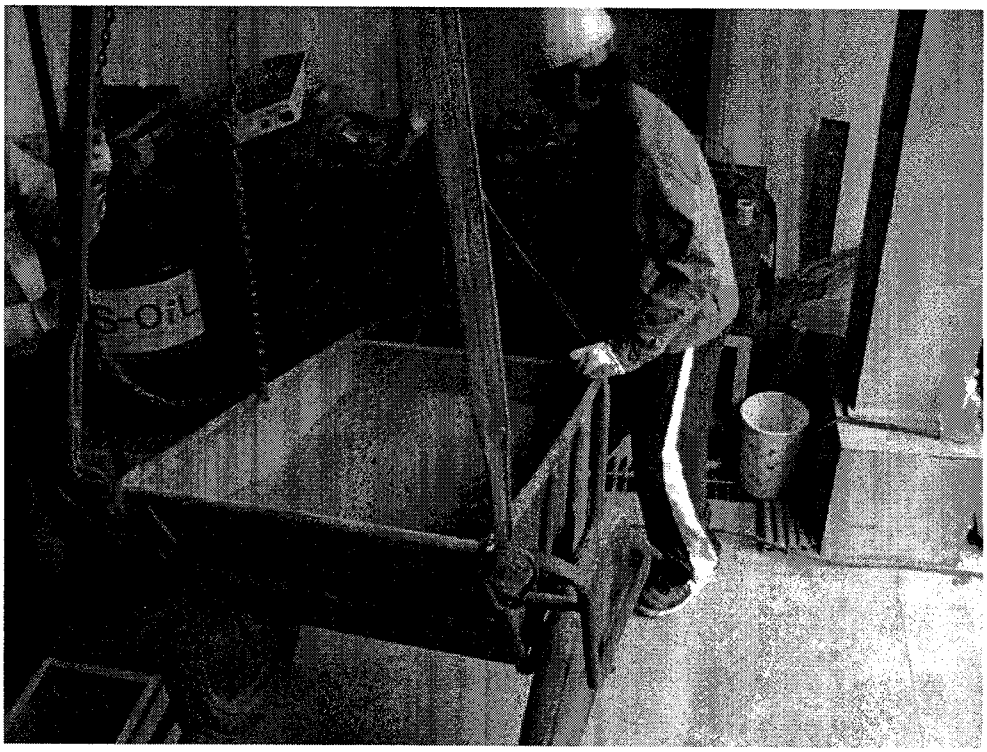
[그림 31] HP-1 게이지 부착사진



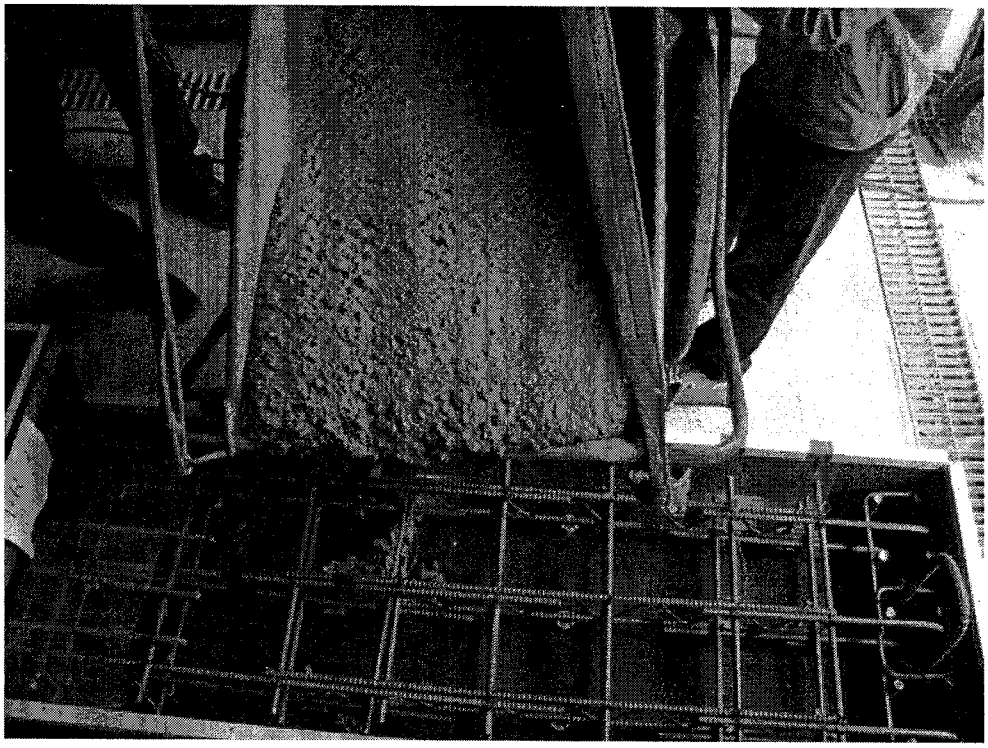
[그림 32] HP-2 게이지 부착사진



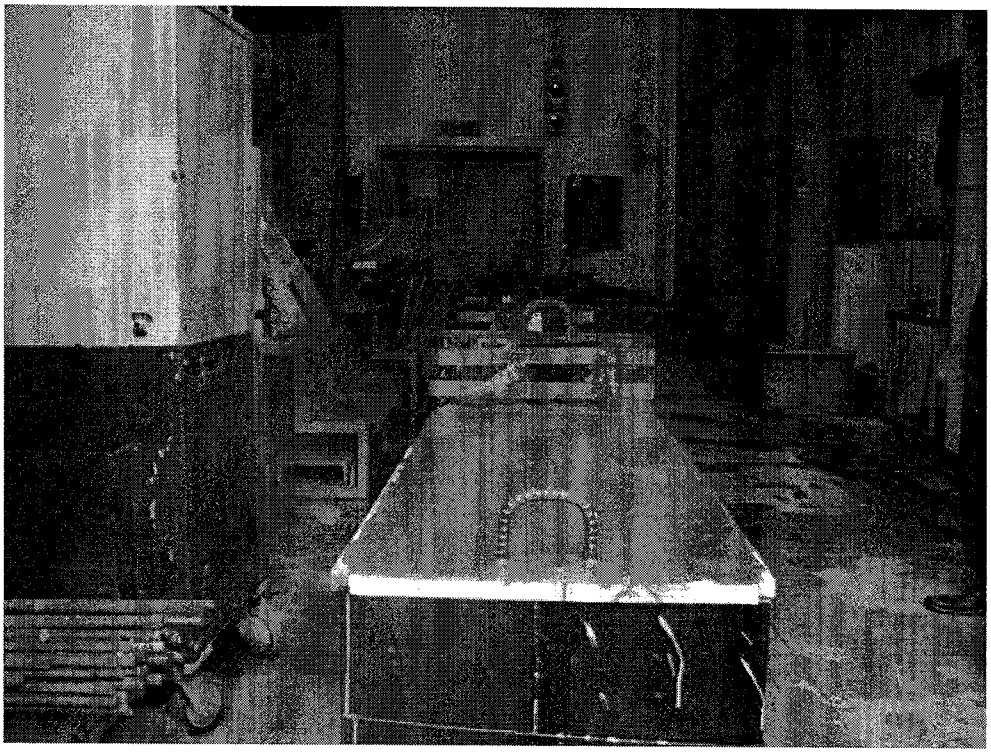
[그림 33] 실험체 타설



[그림 34] 실험체 타설



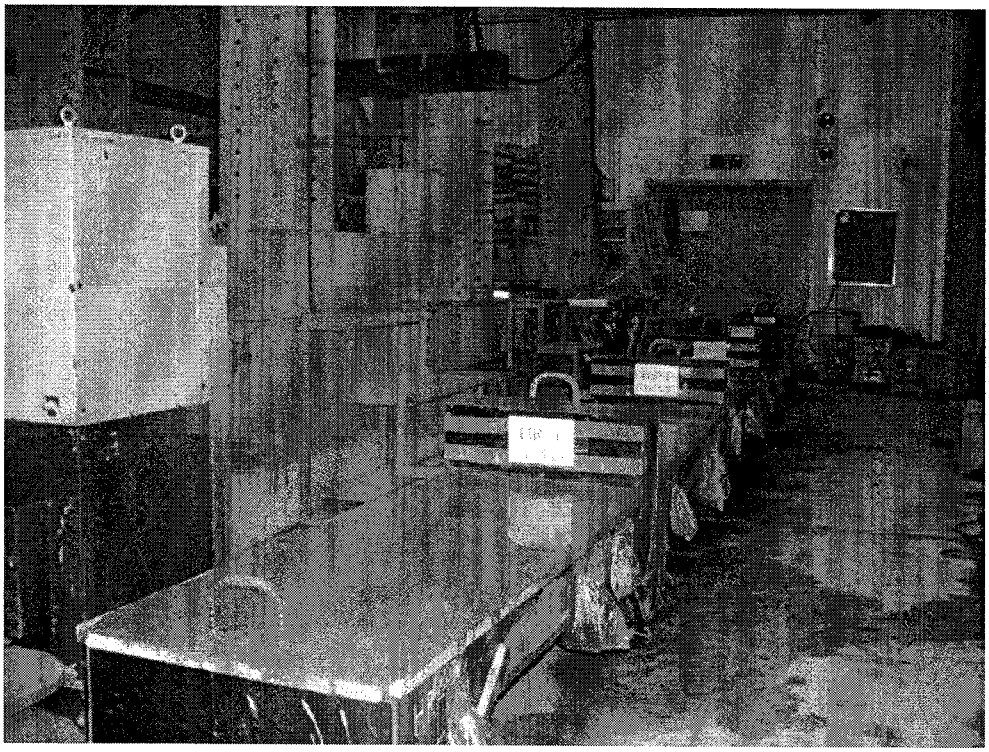
[그림 35] 실험체 타설



[그림 36] 선타설 후 실험체



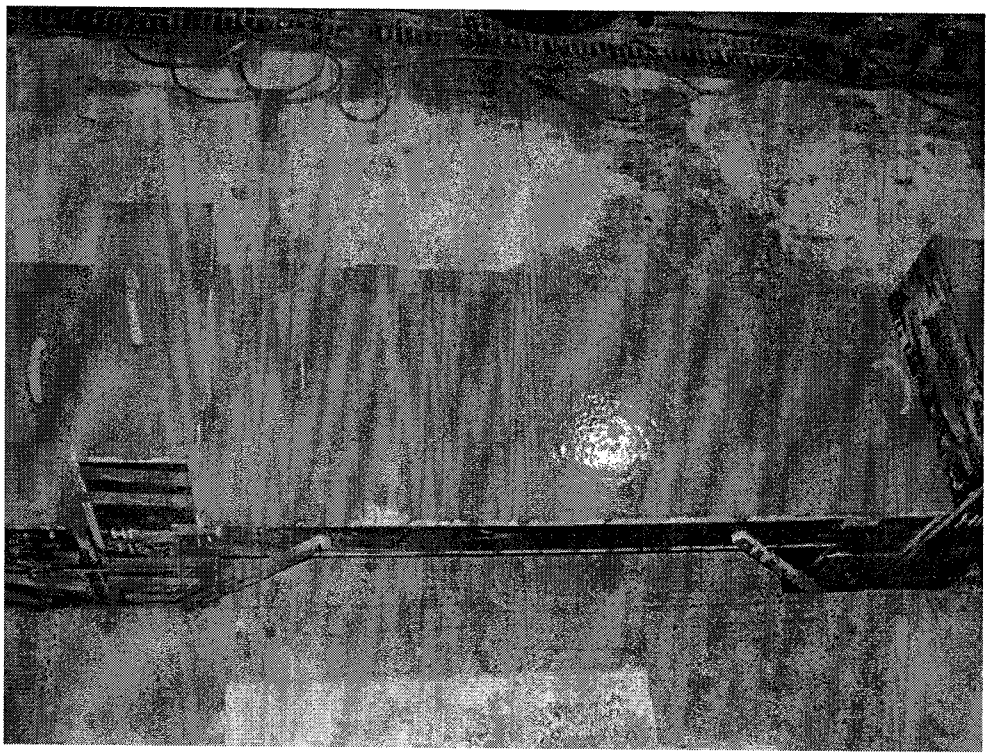
[그림 37] 선타설 후 실험체



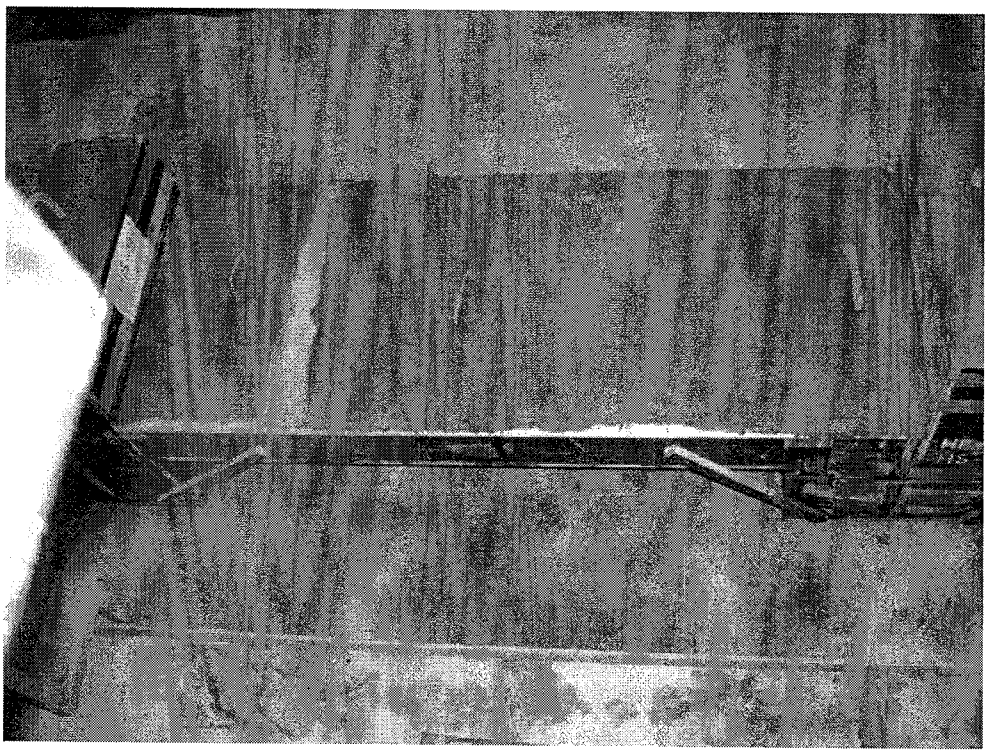
[그림 38] 선타설 후 실험체



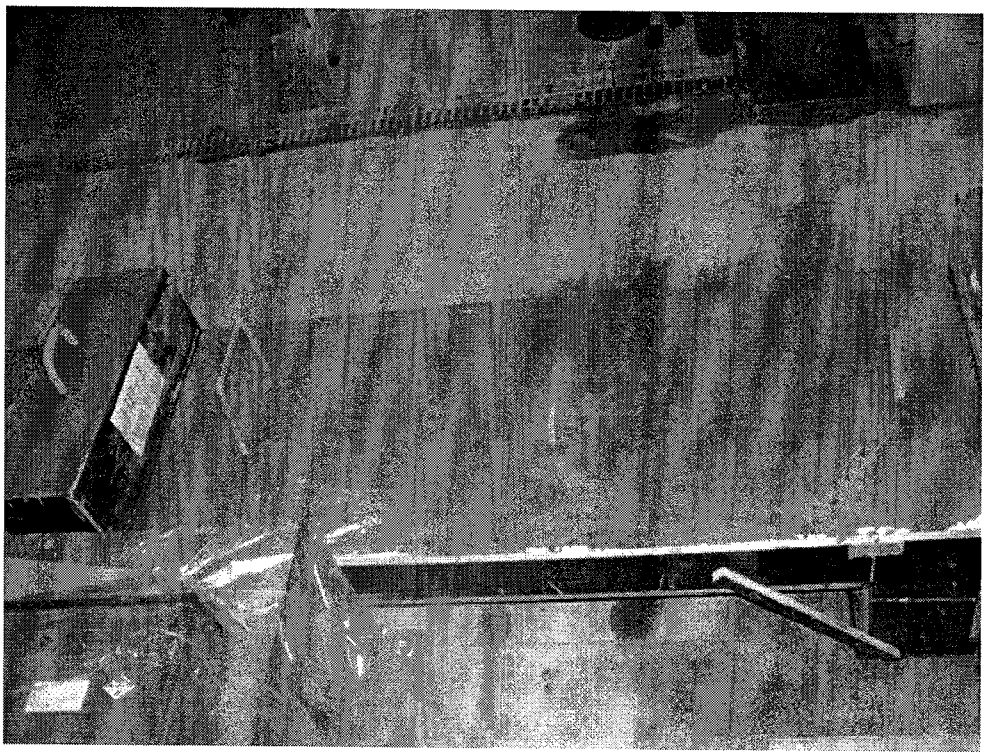
[그림 39] HR-1 실험체 타설



[그림 40] HS-1 실험체 타설후



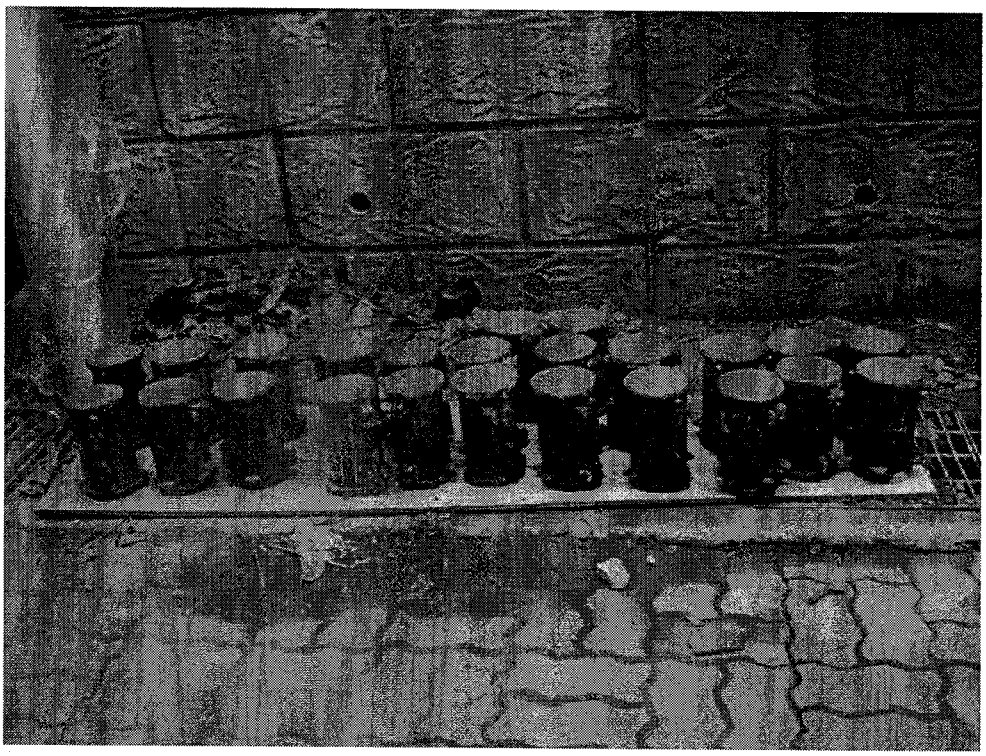
[그림 41] HS-2 실험체 타설후



[그림 42] HP-1 실험체 타설 후



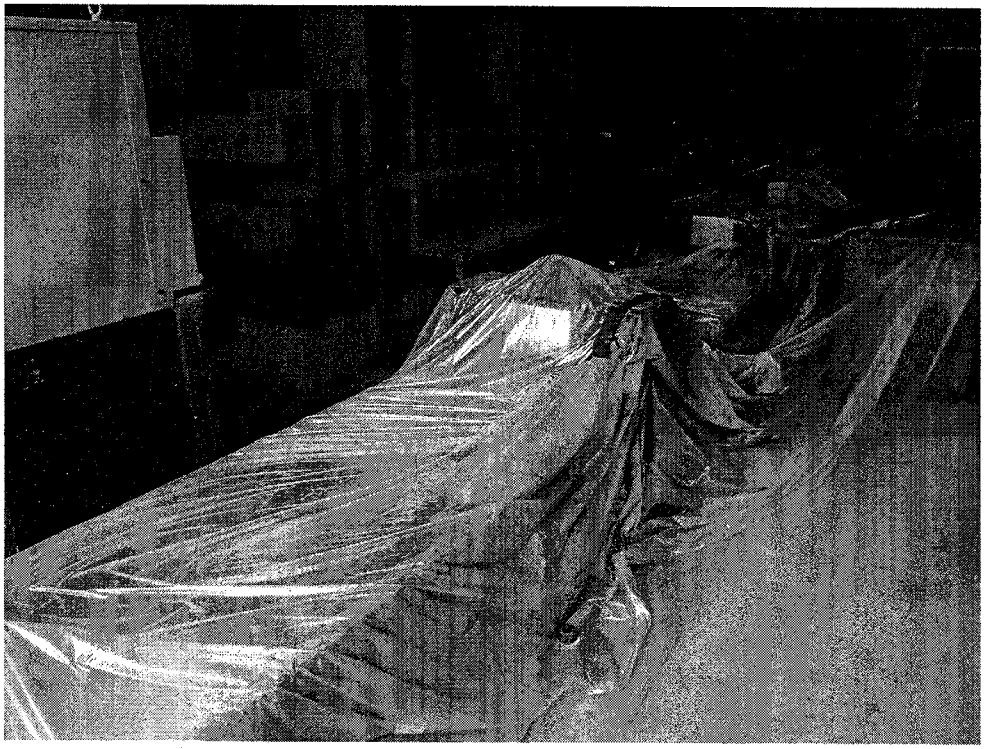
[그림 43] HP-2 실험체 타설 후



[그림 44] 공시체



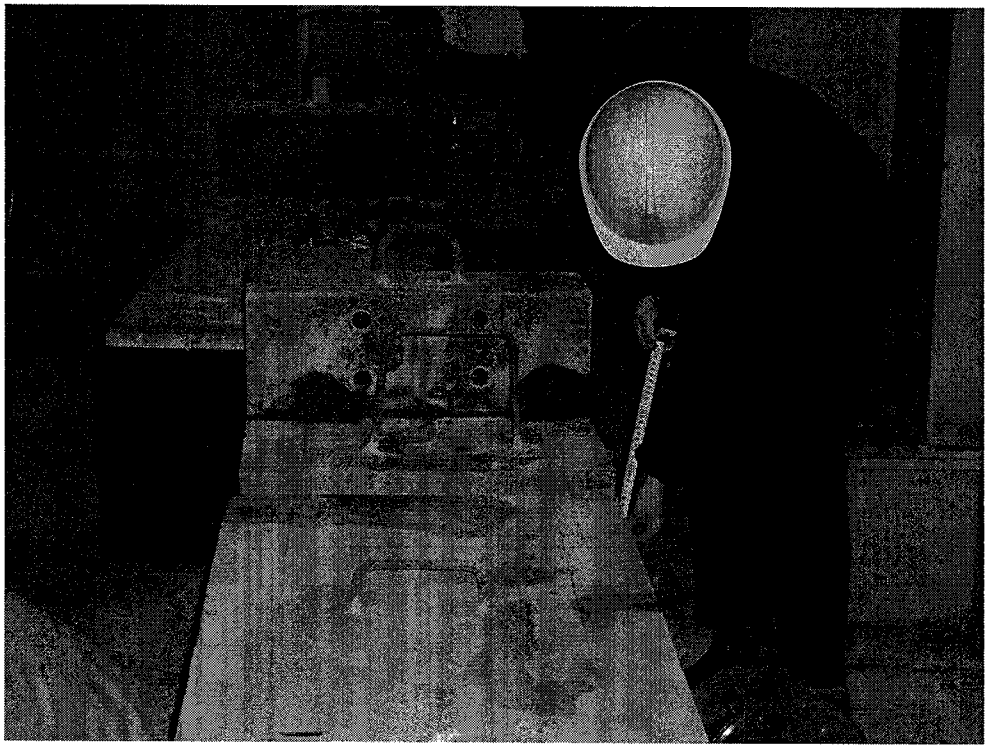
[그림 45] HS-1 접합부 후타설



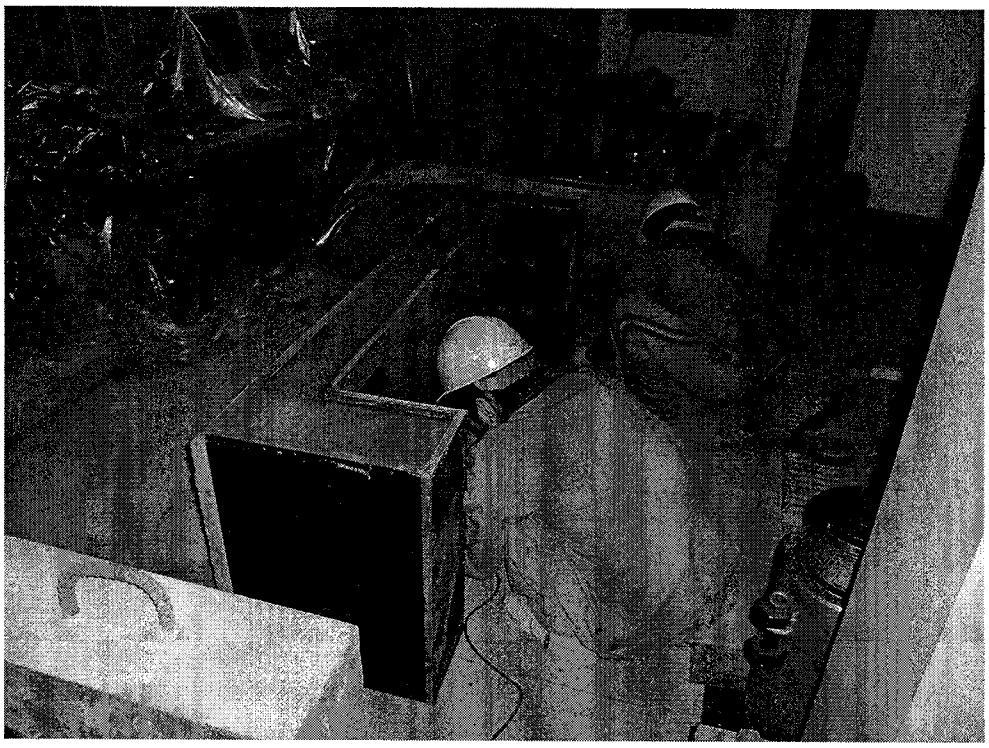
[그림 46] 비닐양생



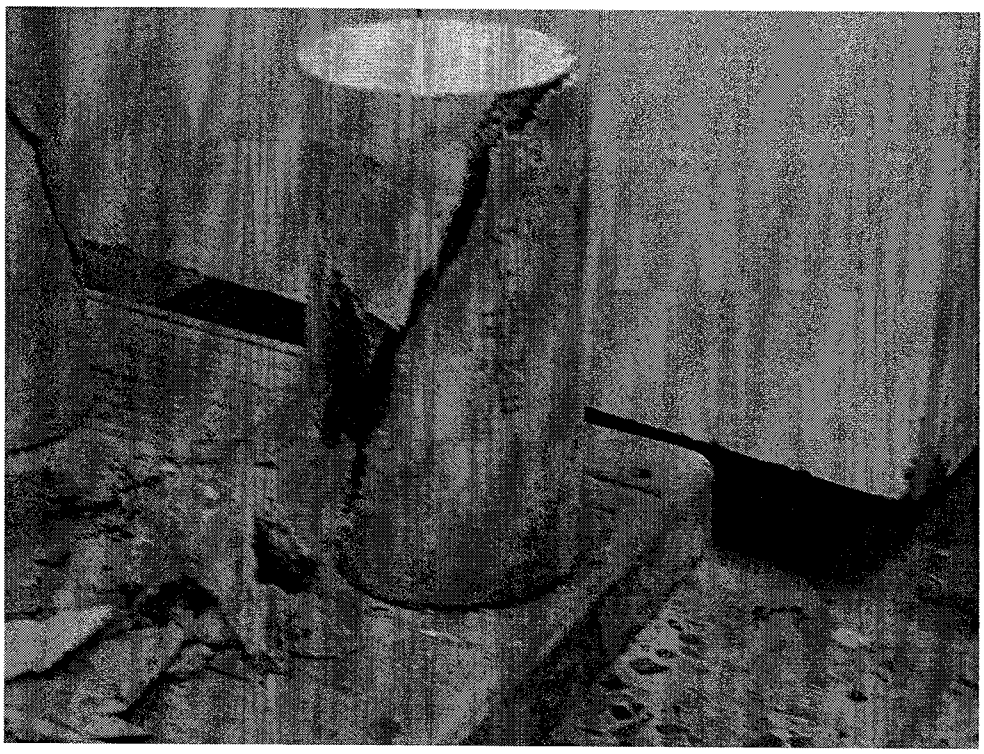
[그림 47] 거푸집 해체



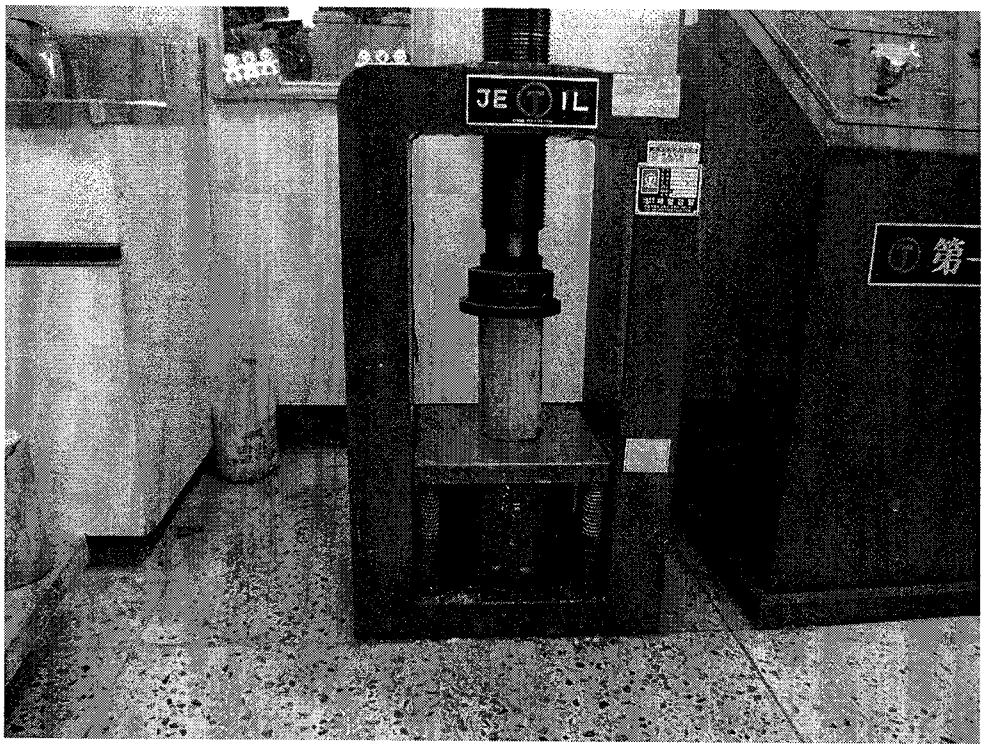
[그림 48] 거푸집 해체후 실험체 실치수 확인



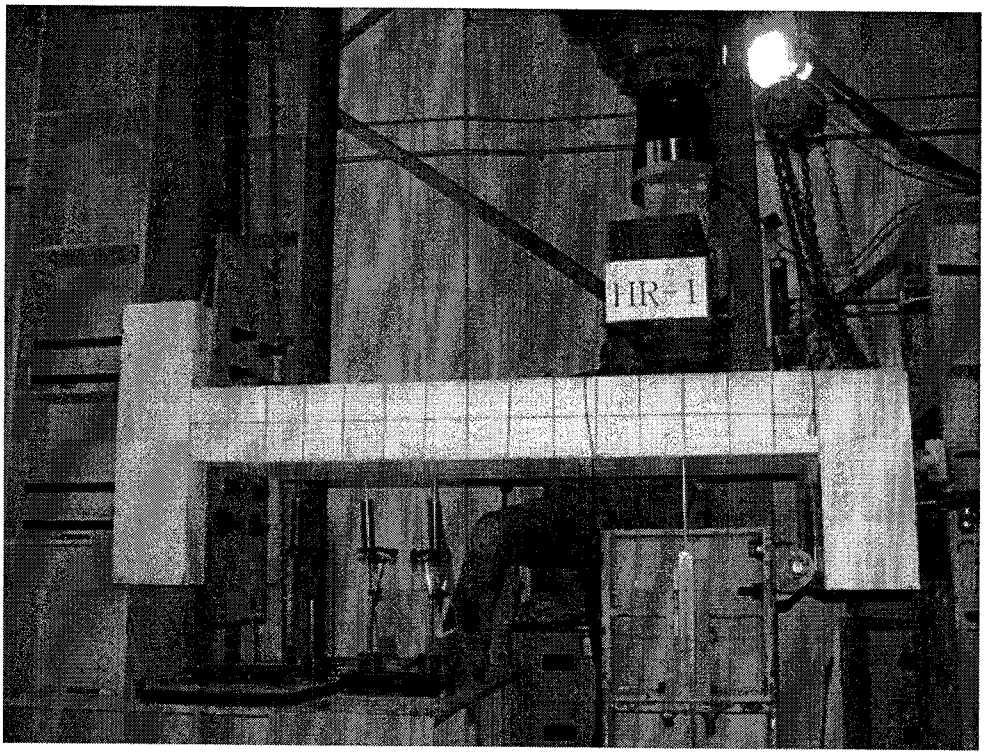
[그림 49] 거푸집 해체 과정



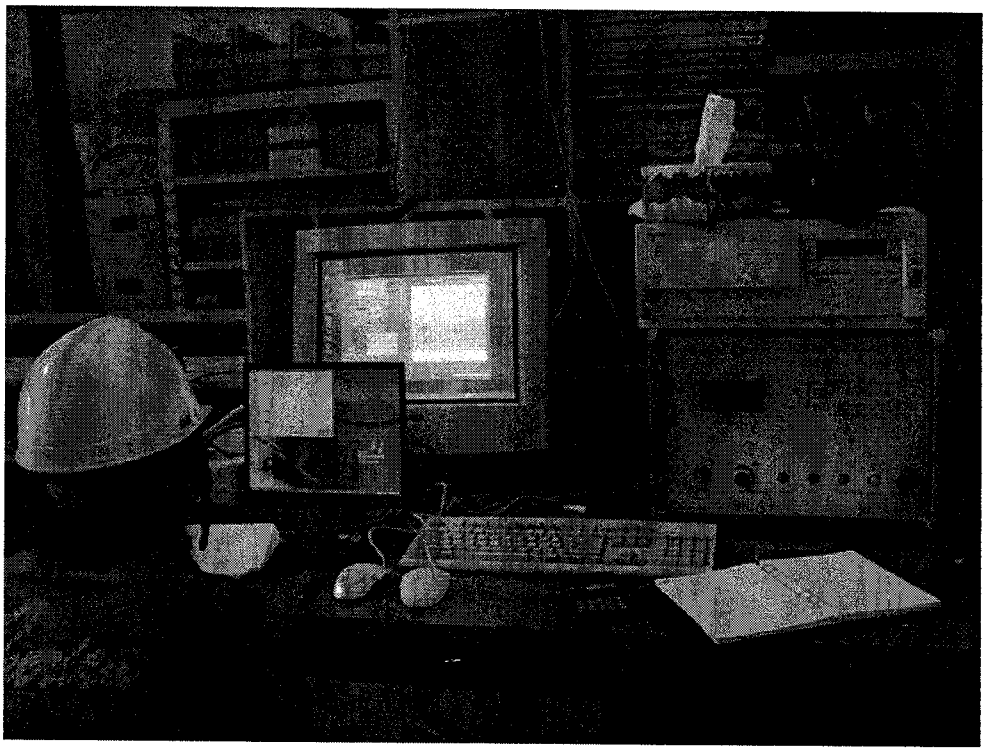
[그림 50] 공시체 Test



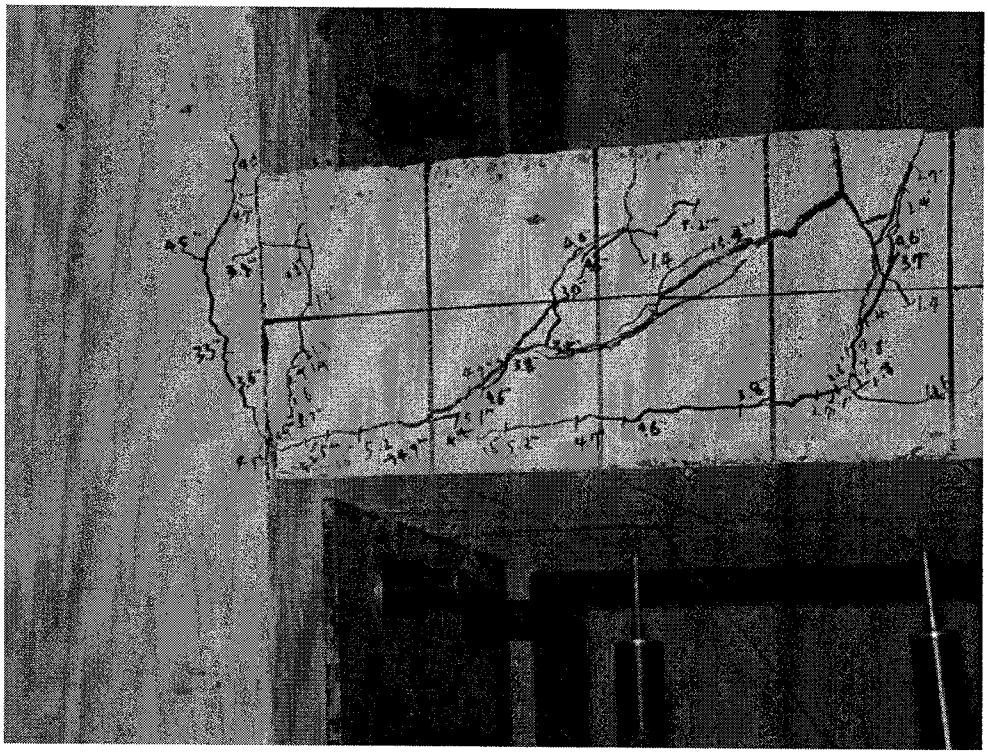
[그림 51] 공시체 Test



[그림 52] 구조성능실험 HR-1 Setting사진



[그림 53] 실험시 측정모습



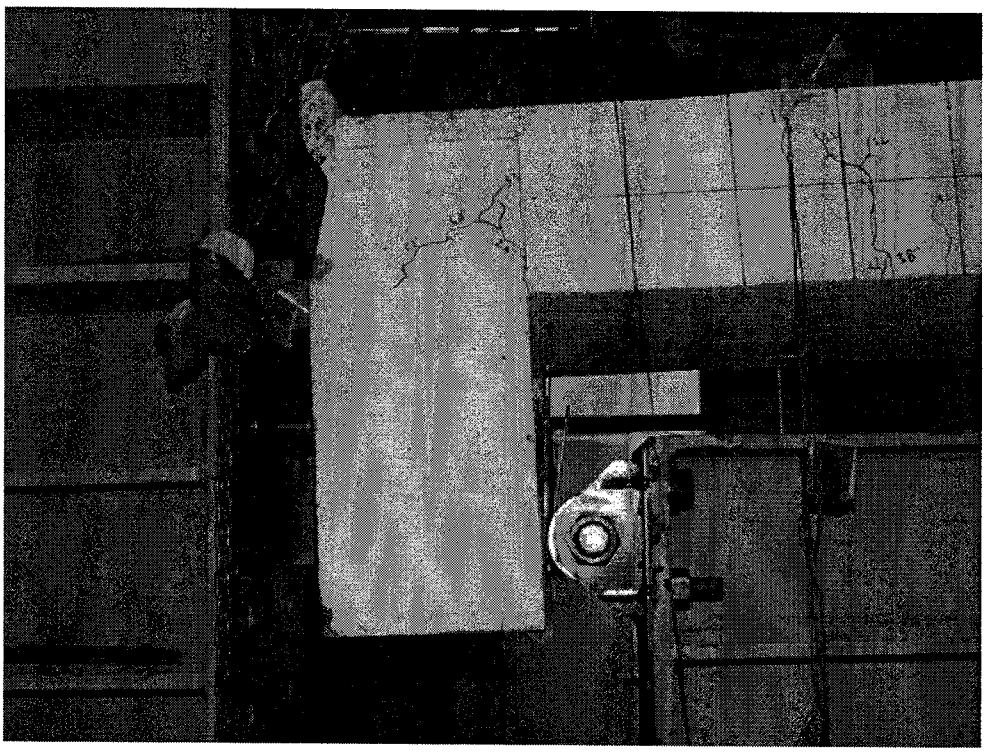
[그림 54] HR-1 실험체 파괴



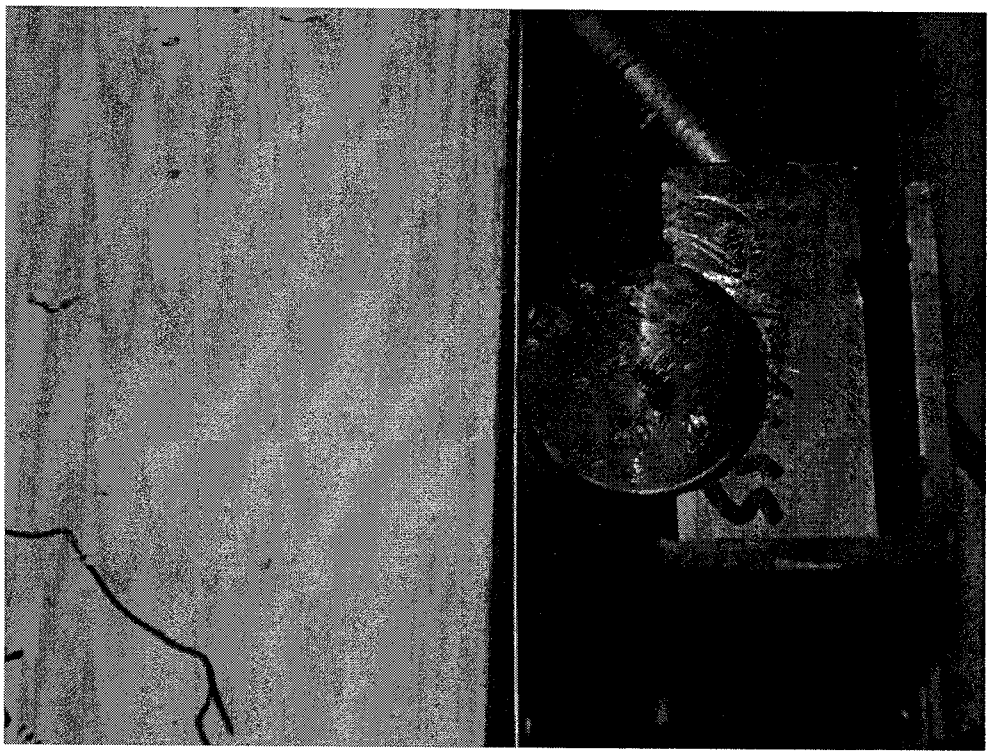
[그림 55] HR-1 실험체 파괴



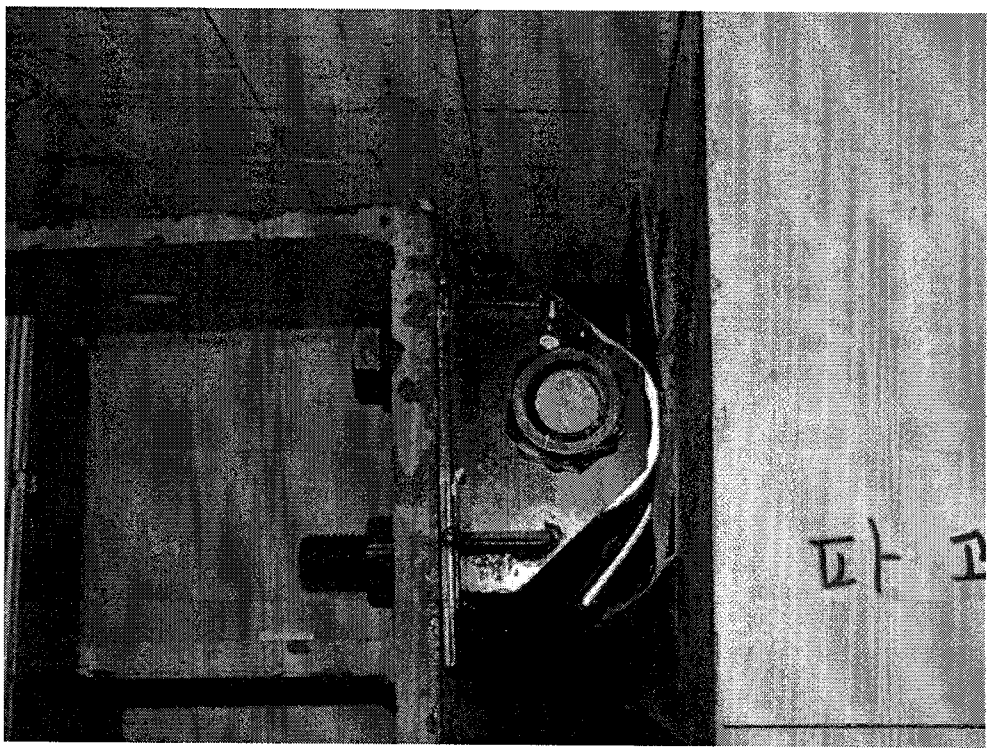
[그림 56] HR-1 실험체 파괴



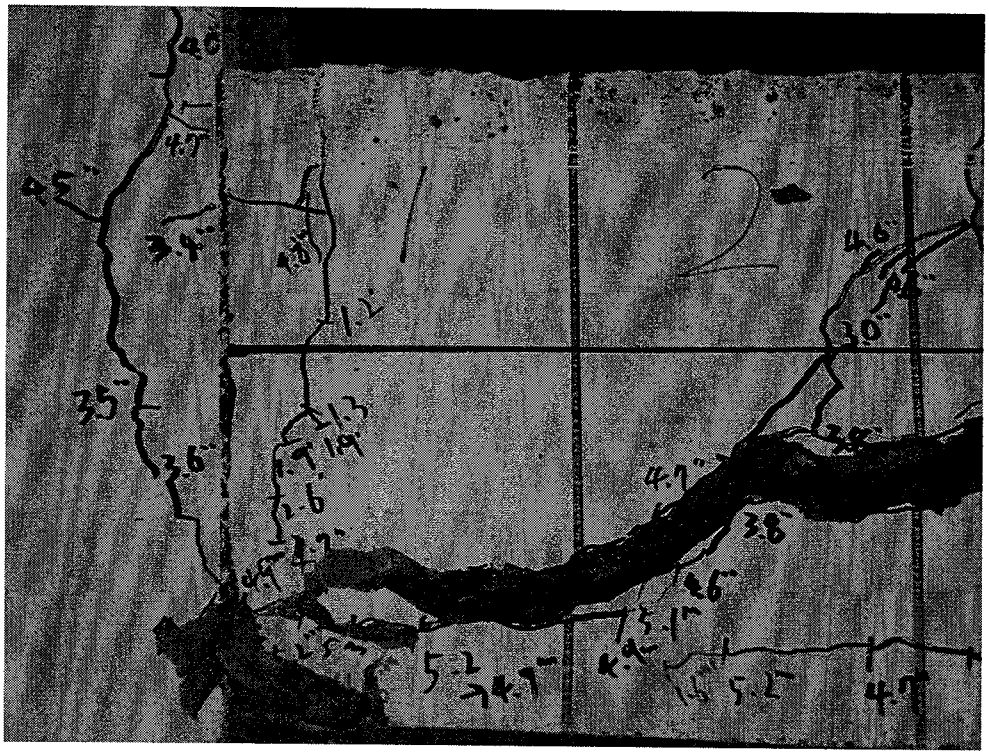
[그림 57] 이동단 Roller부분 상세



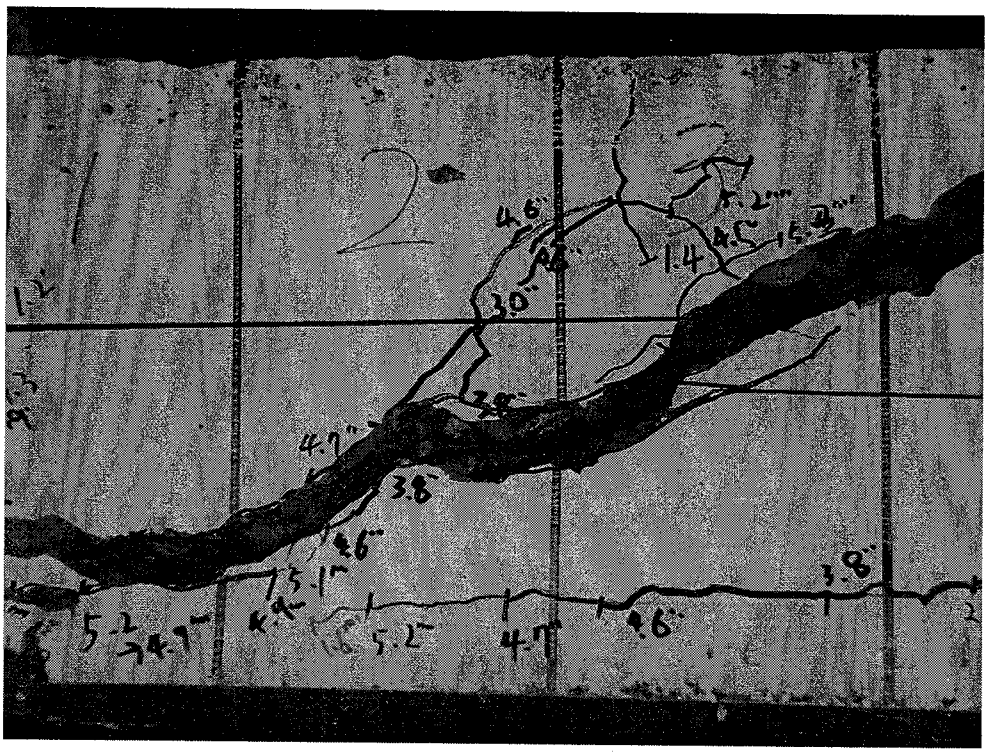
[그림 58] 이동단 outside Roller



[그림 59] 이동단 inside Roller



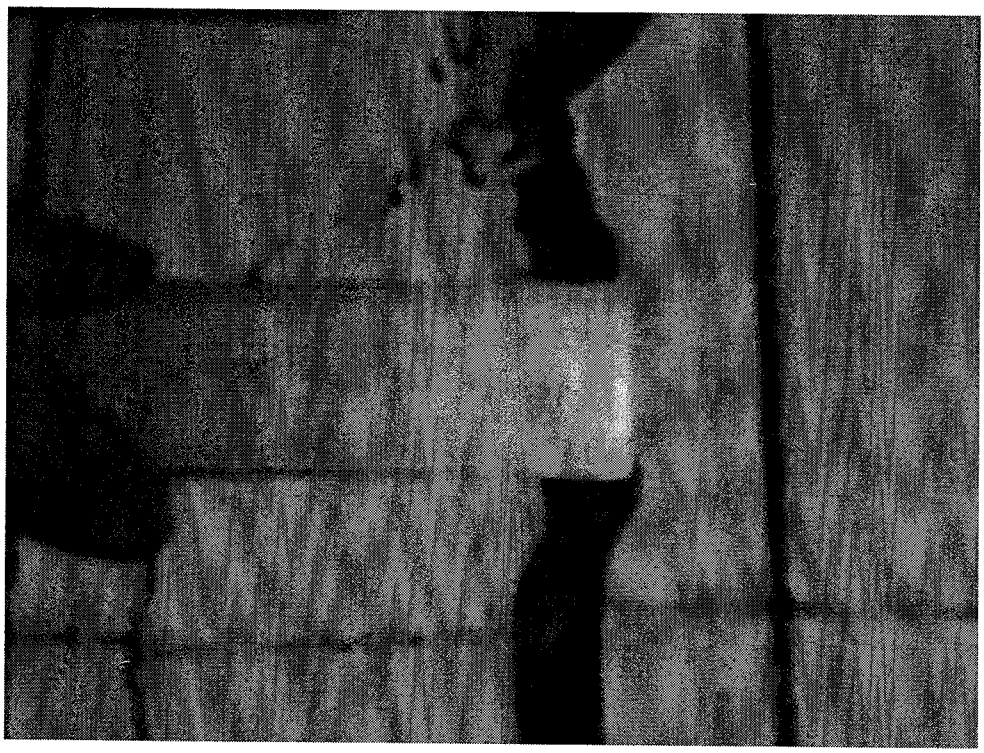
[그림 60] HR-1파괴시의 균열모습



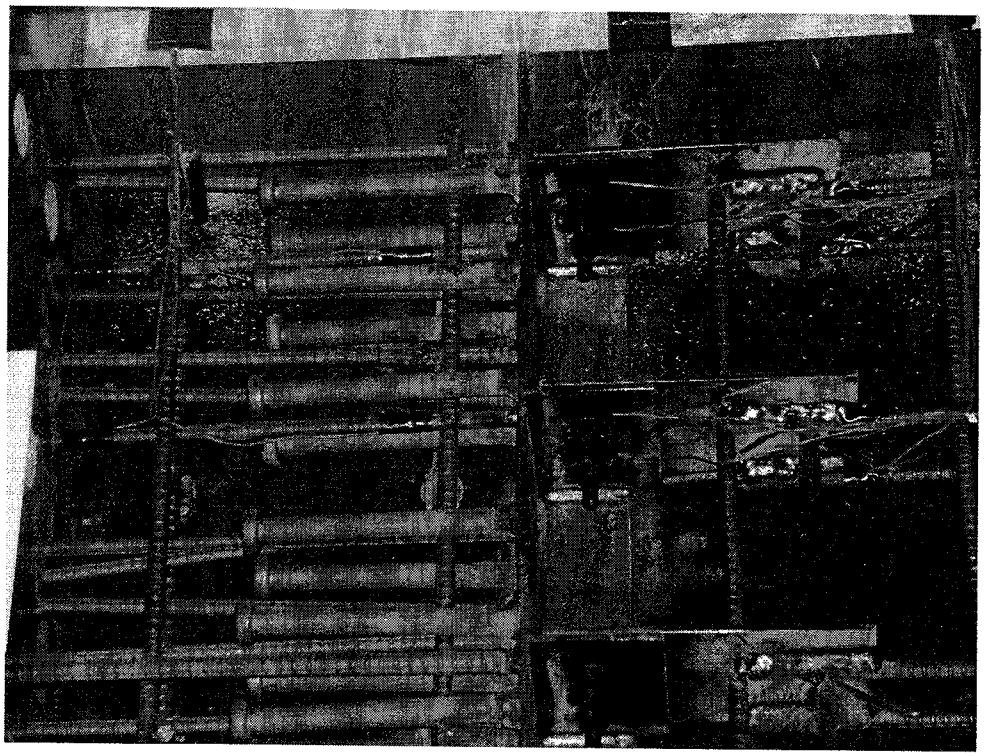
[그림 61] HR-1파괴시의 균열모습



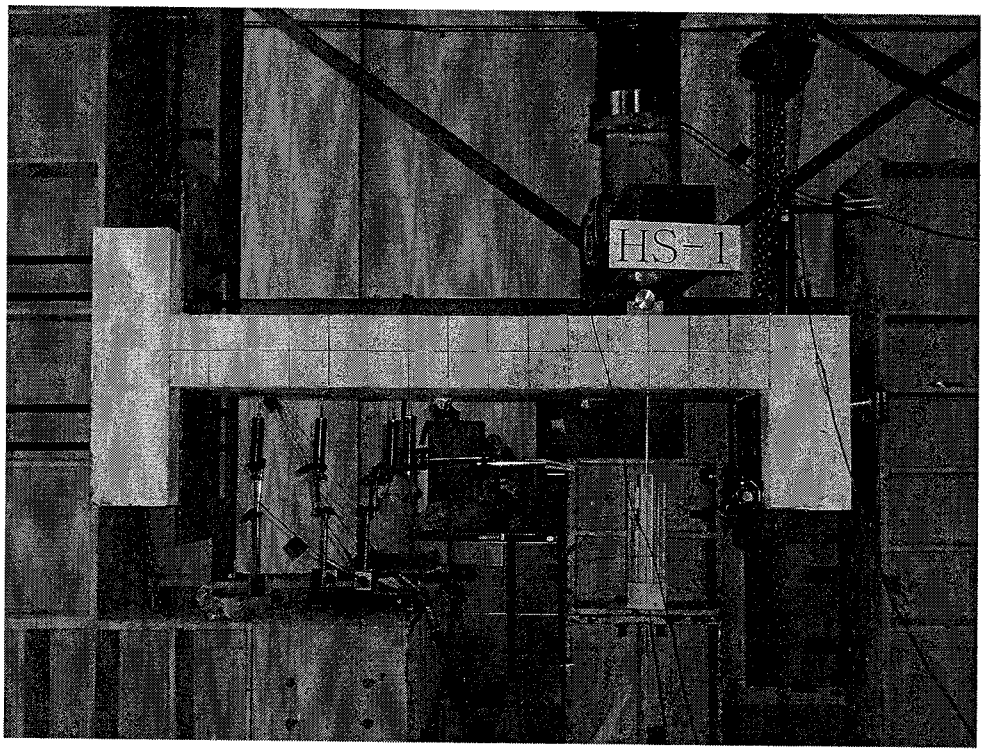
[그림 62] HR-1파괴시의 균열모습



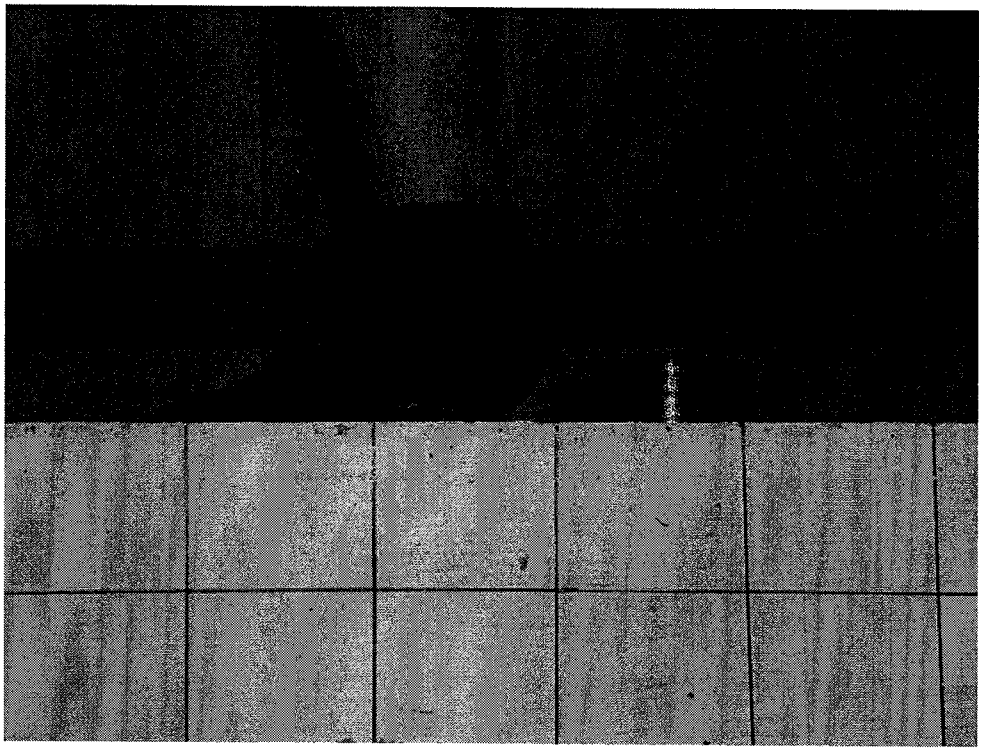
[그림 63] HR-1파괴시의 균열모습



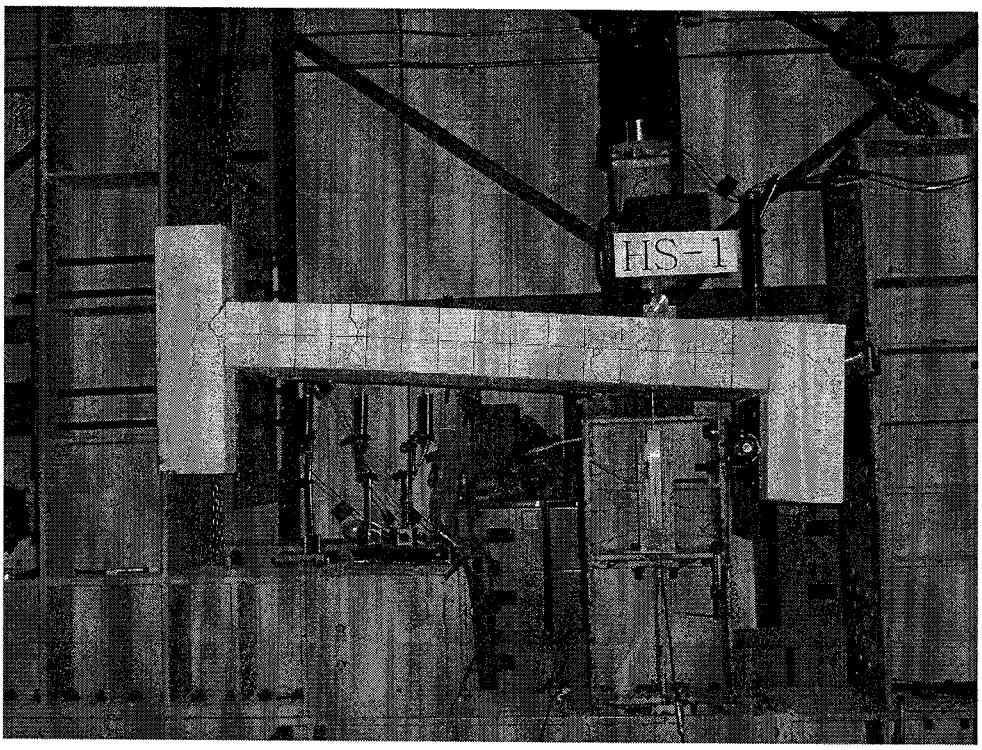
[그림 64] HS-1 실험체 스터드 볼트 보강



[그림 65] HS-1 실험체 Setting사진



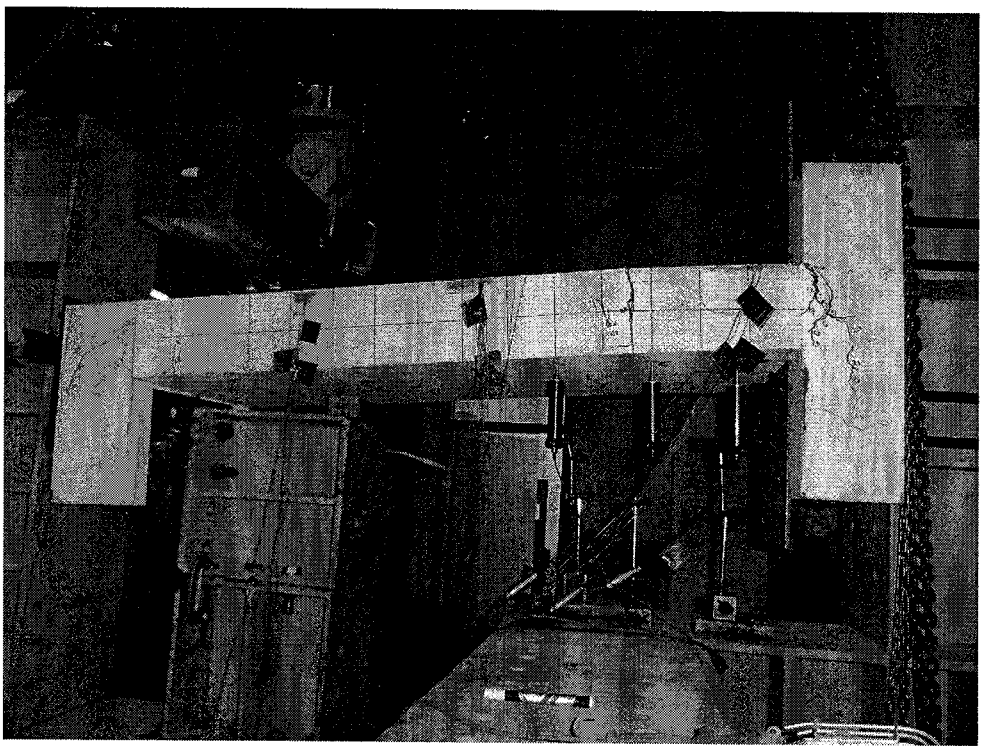
[그림 66] 초기 발 뒷꿈치 가력



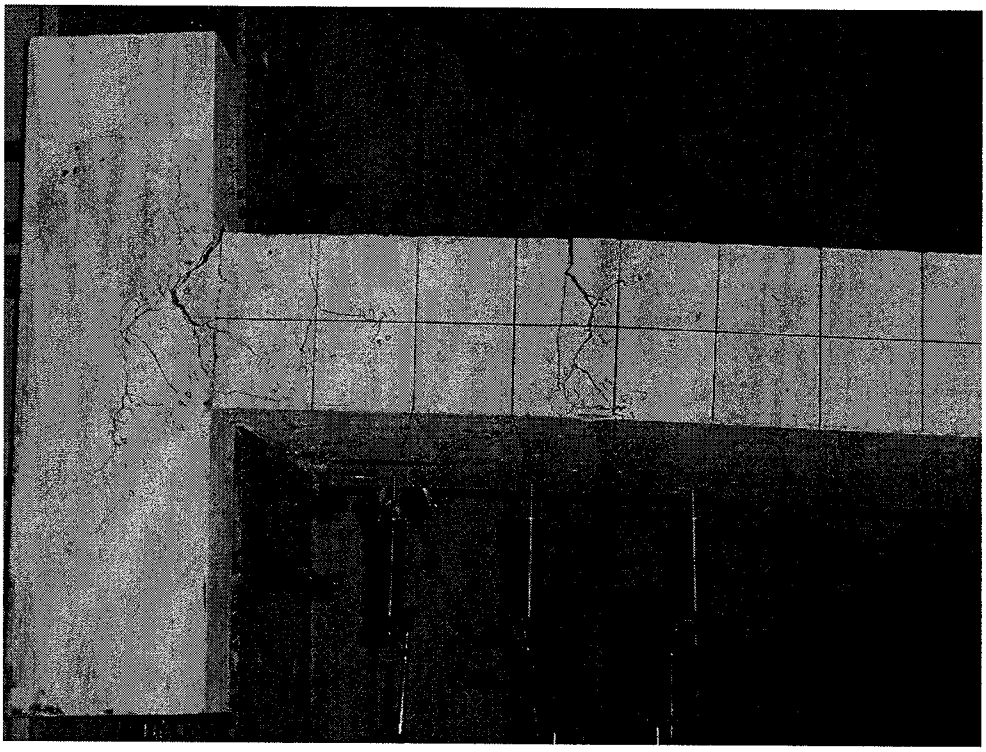
[그림 67] HS-1 실험체 파괴 후



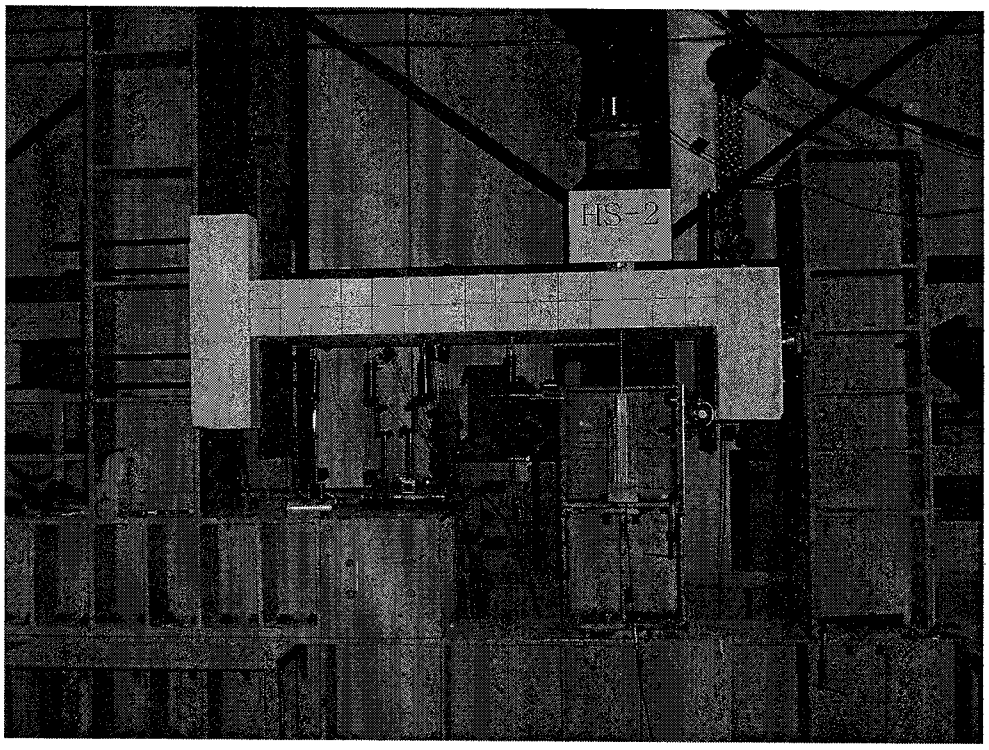
[그림 68] HS-1 실험체 파괴 후



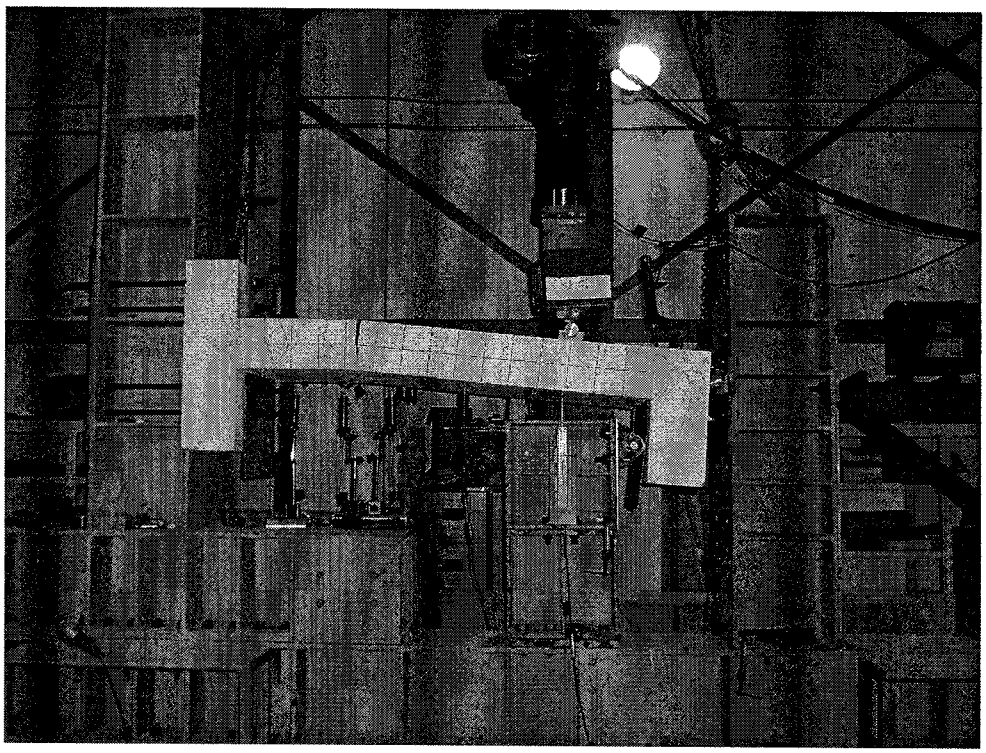
[그림 69] HS-1 실험체 파괴 후



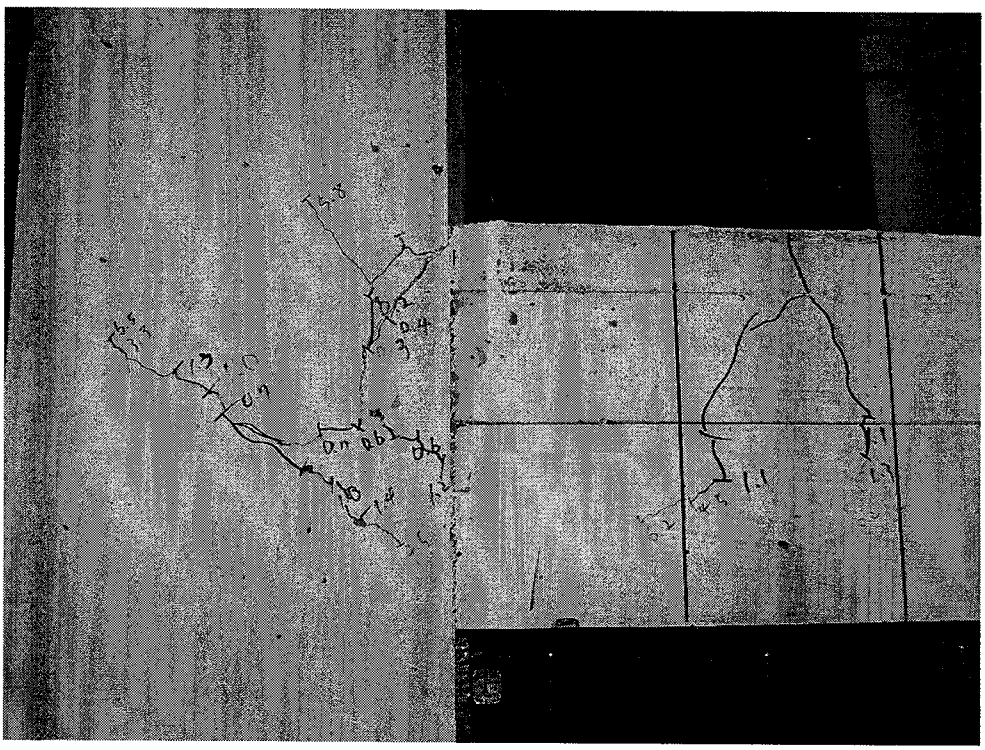
[그림 70] HS-1 실험체 파괴 후



[그림 71] HS-2 실험체 Setting 사진



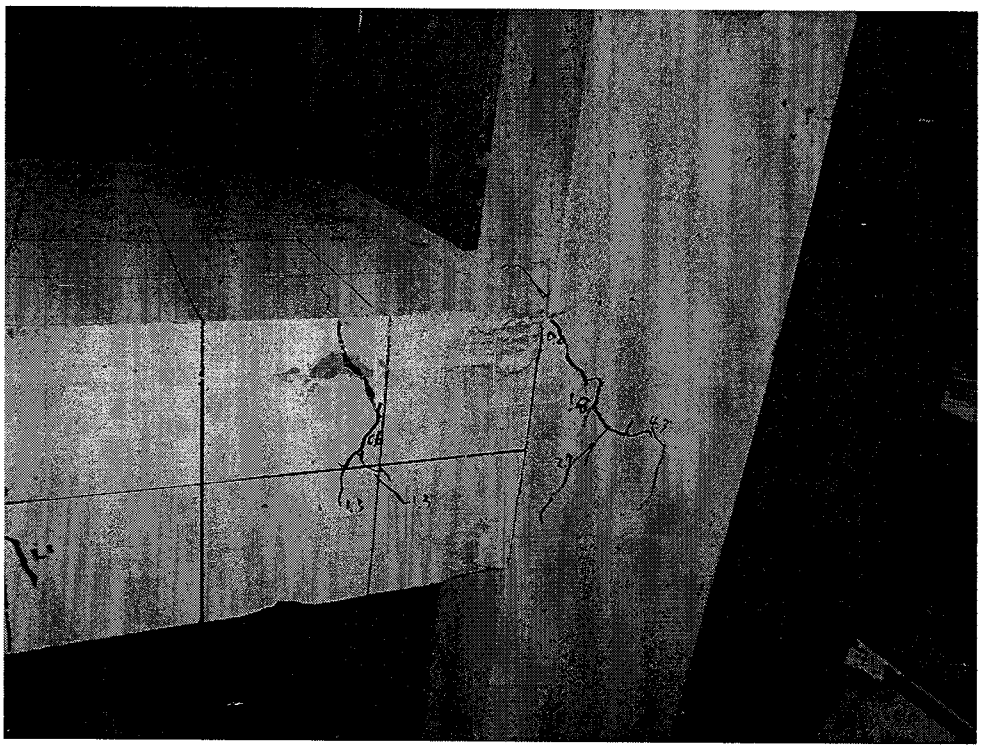
[그림 72] HS-2 실험체 파괴 후



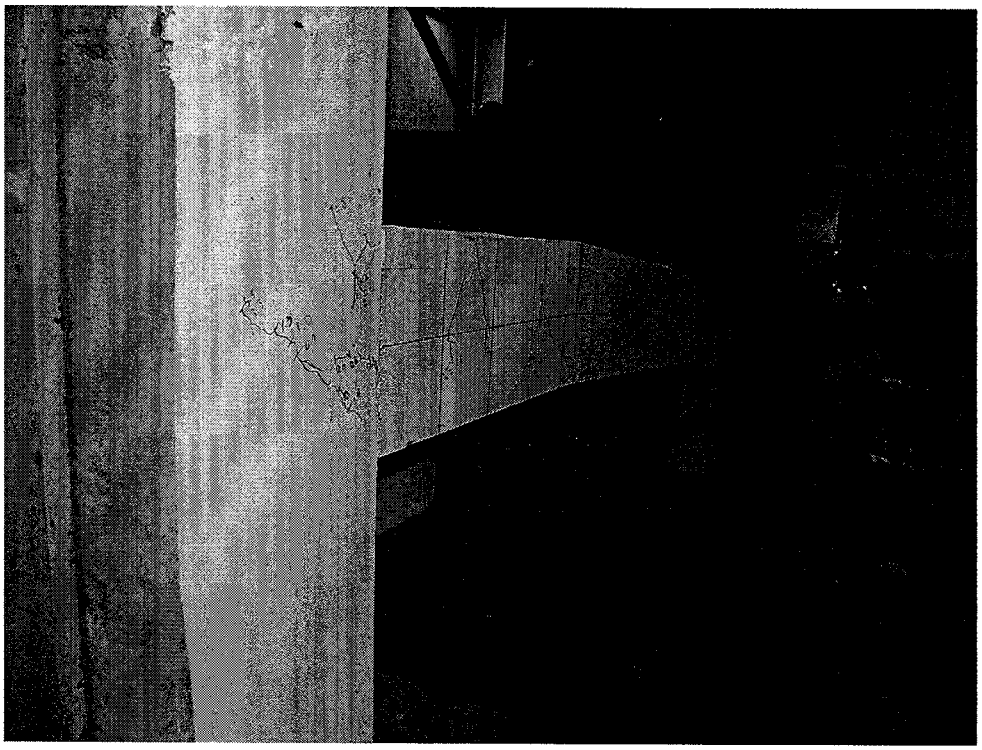
[그림 73] HS-2 실험체 파괴 후 균열상황



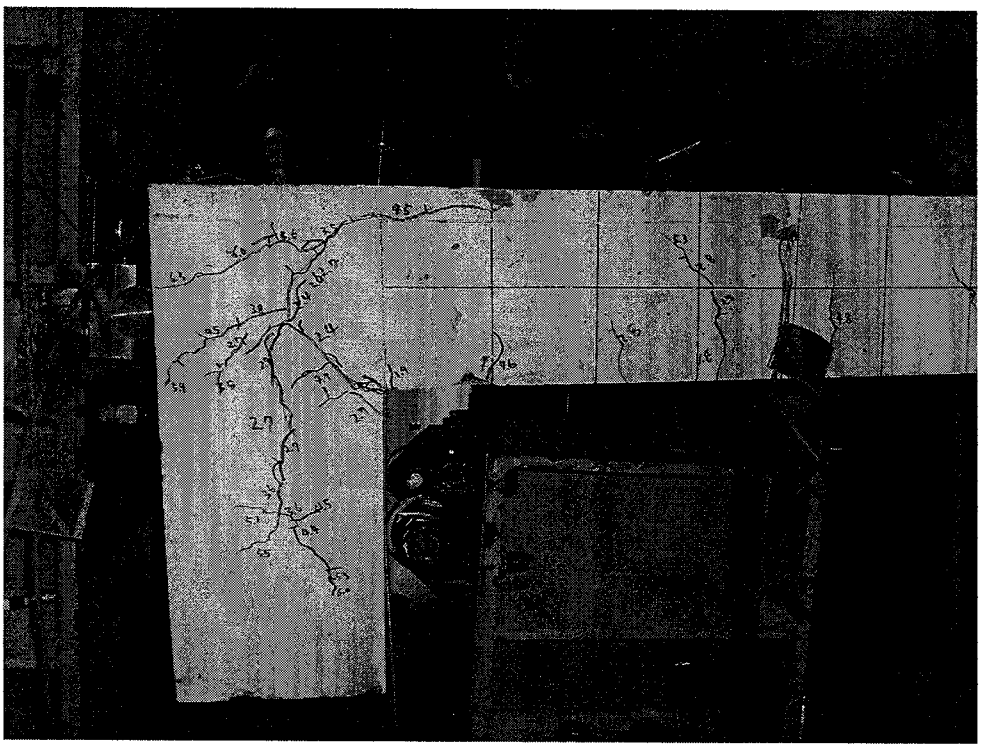
[그림 74] HS-2 실험체 파괴 후 균열상황



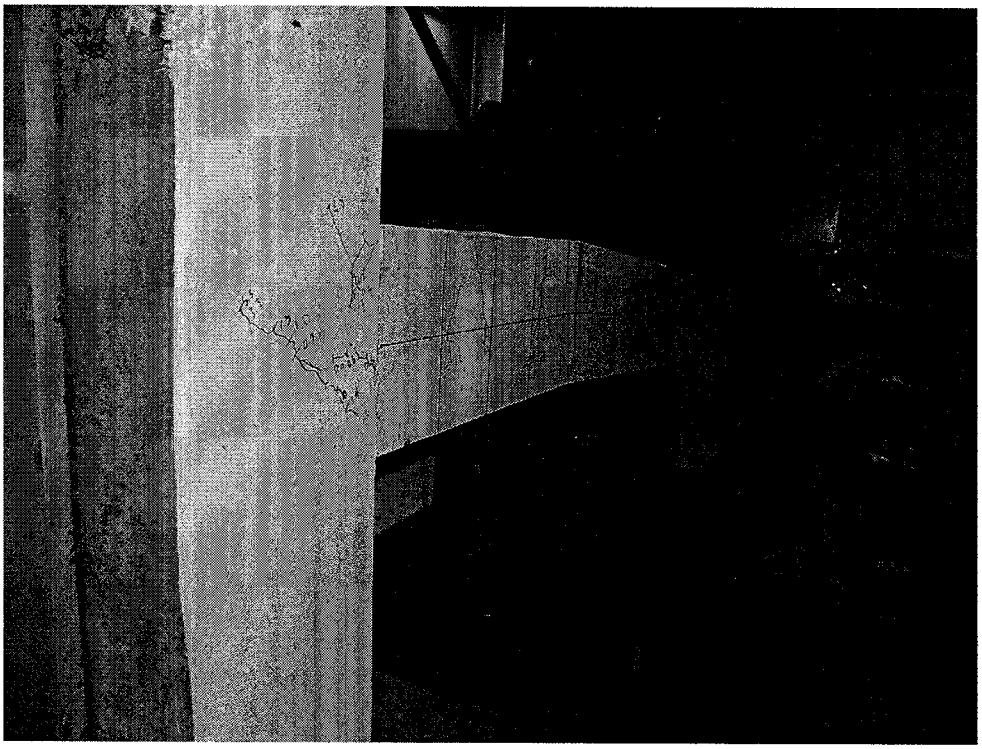
[그림 75] HS-2 실험체 파괴 후 균열상황



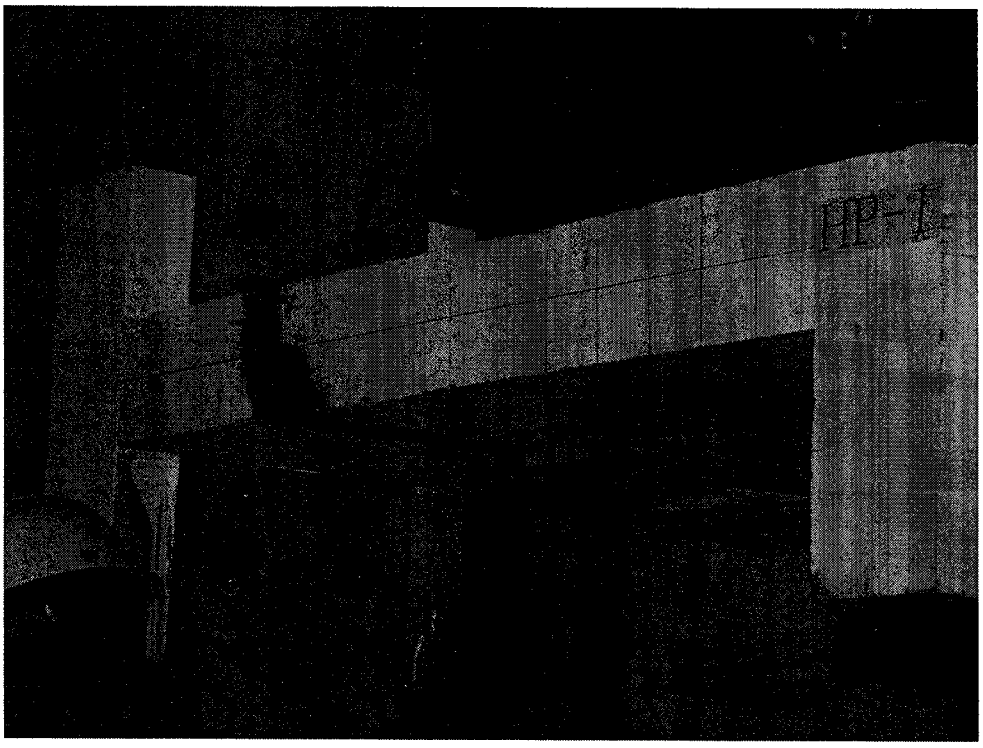
[그림 76] HS-2 실험체 파괴 후 균열상황



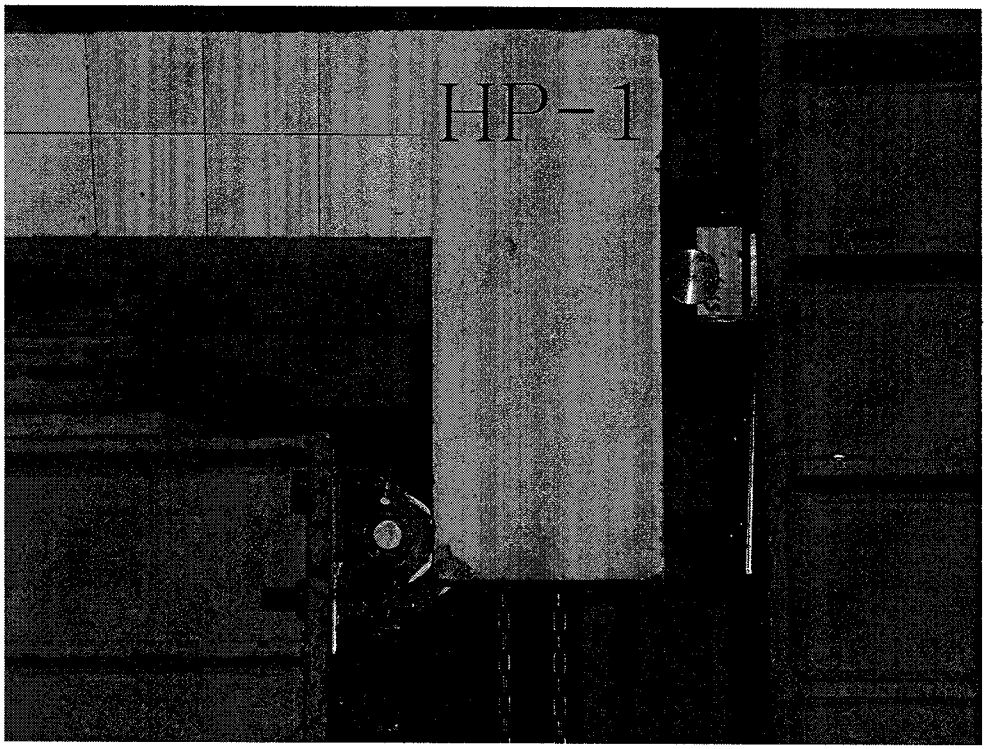
[그림 77] HS-2 실험체 파괴 후 균열상황



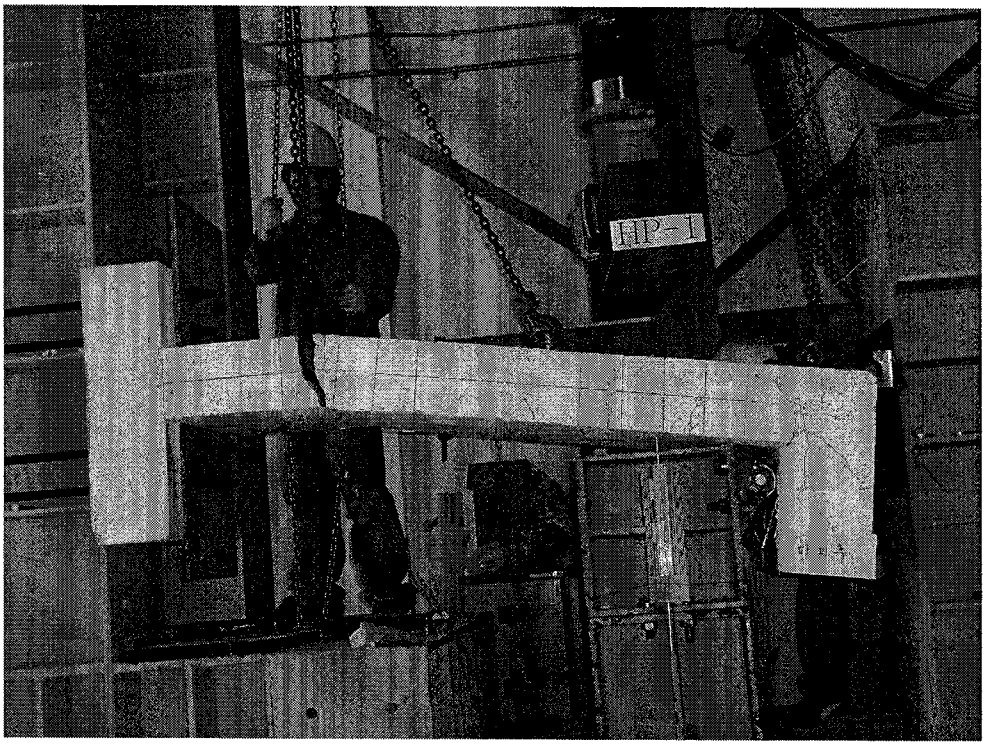
[그림 78] HS-2 실험체 파괴 후



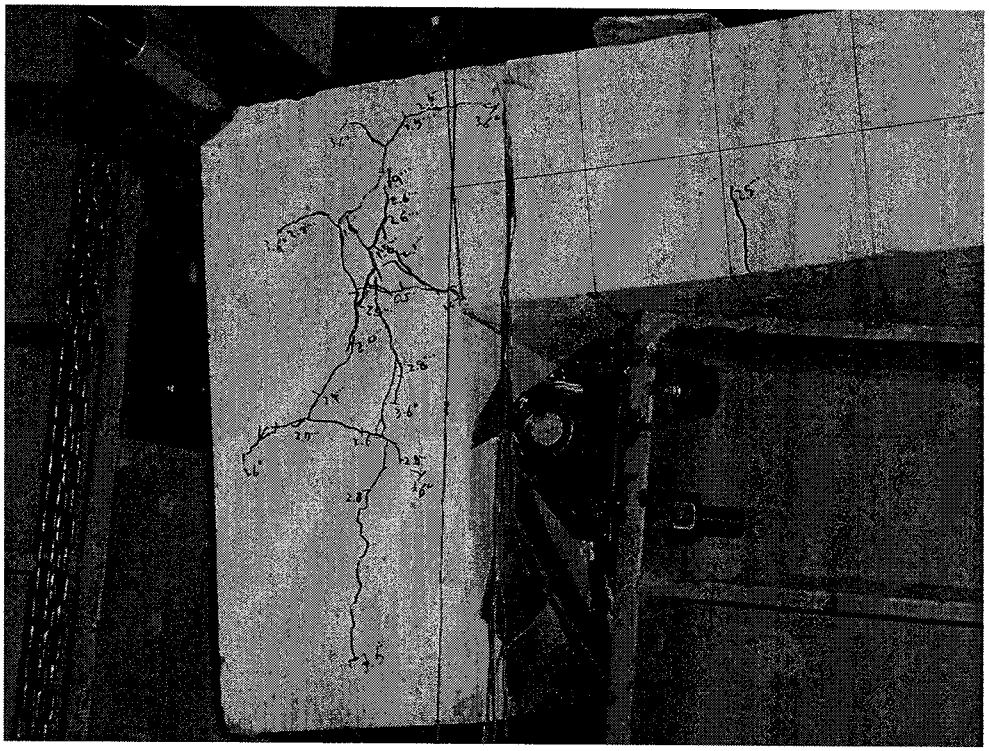
[그림 79] HP-1 실험체 셋팅상황



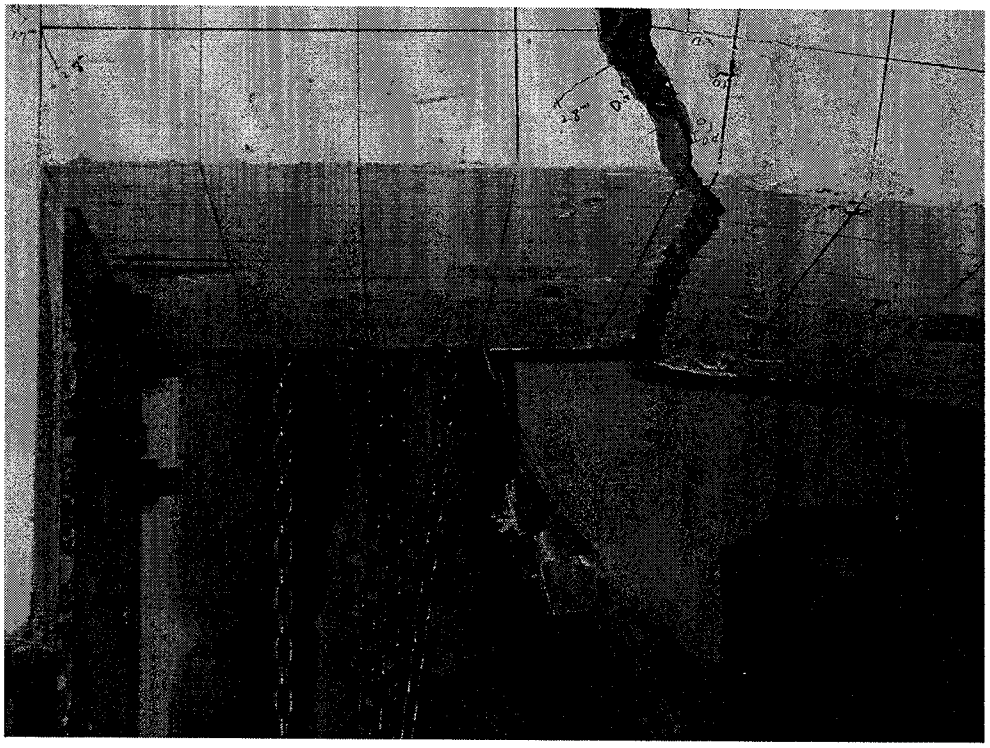
[그림 80] HP-1 실험체 Setting상황



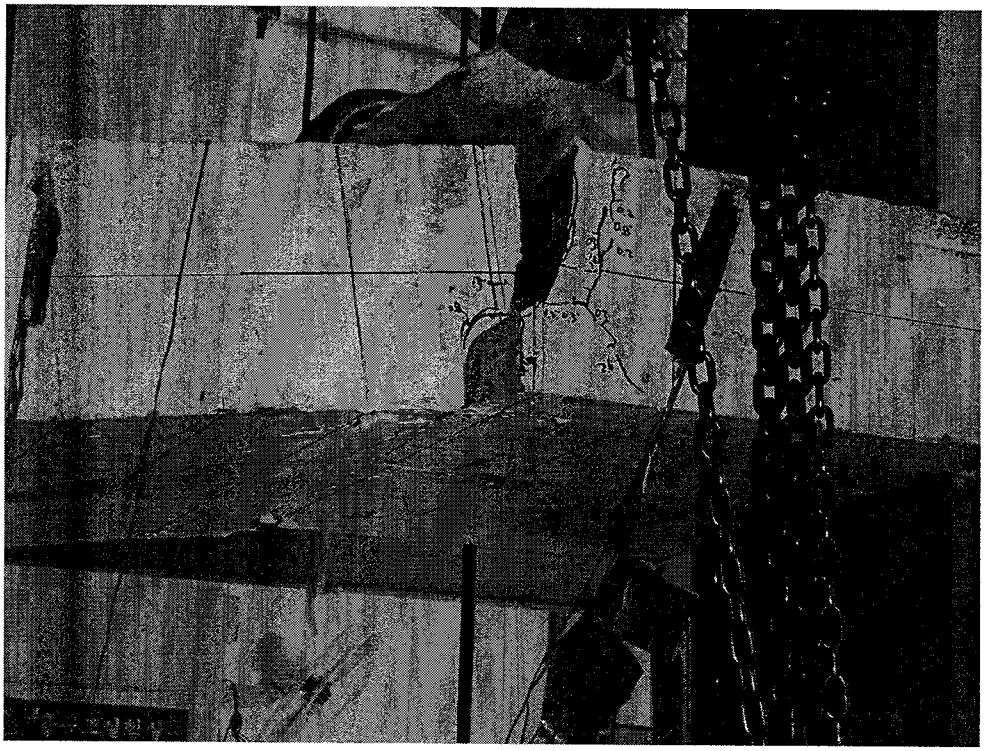
[그림 81] HP-1 실험체 파괴 후



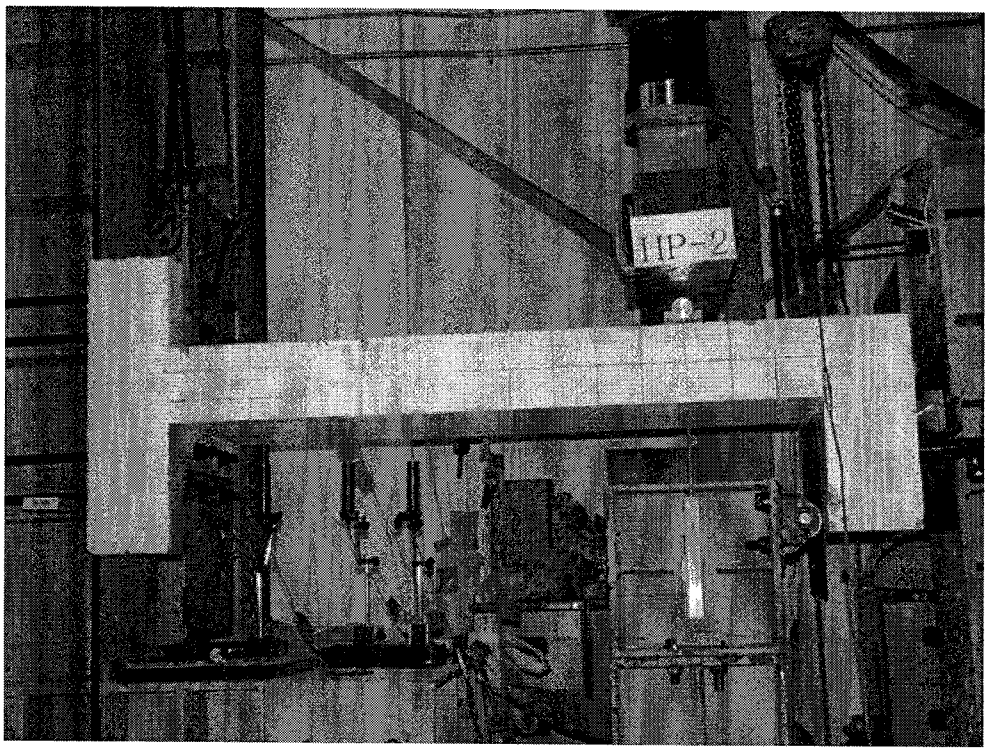
[그림 82] HP-1 실험체 파괴 후



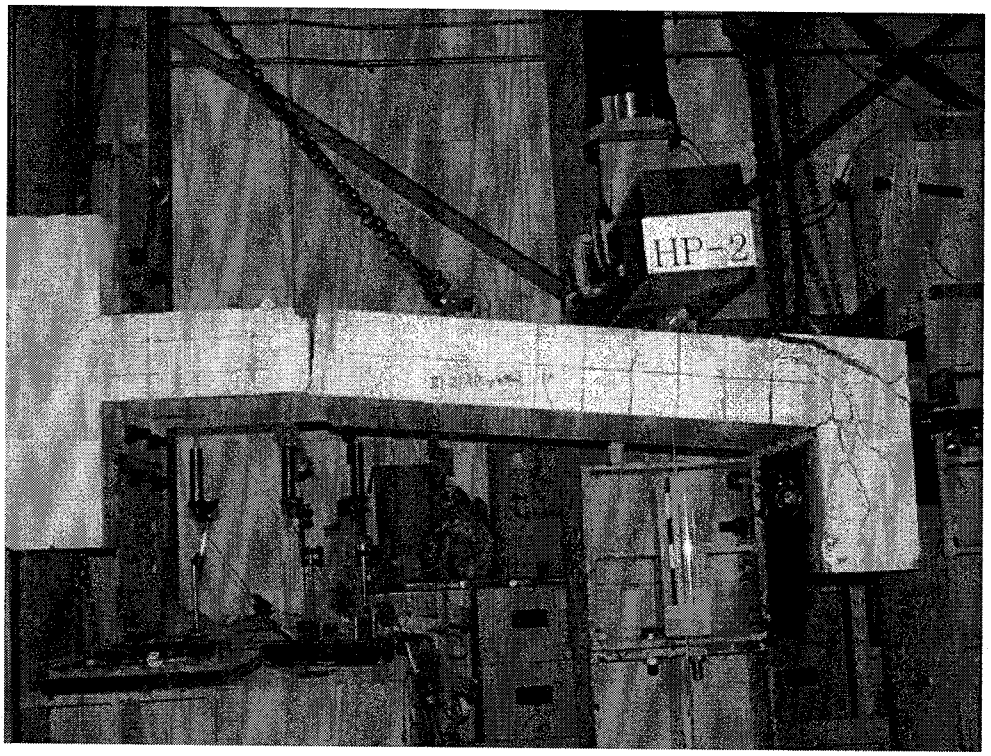
[그림 83] HP-1 실험체 파괴 후



[그림 84] HP-1 실험체 파괴 후



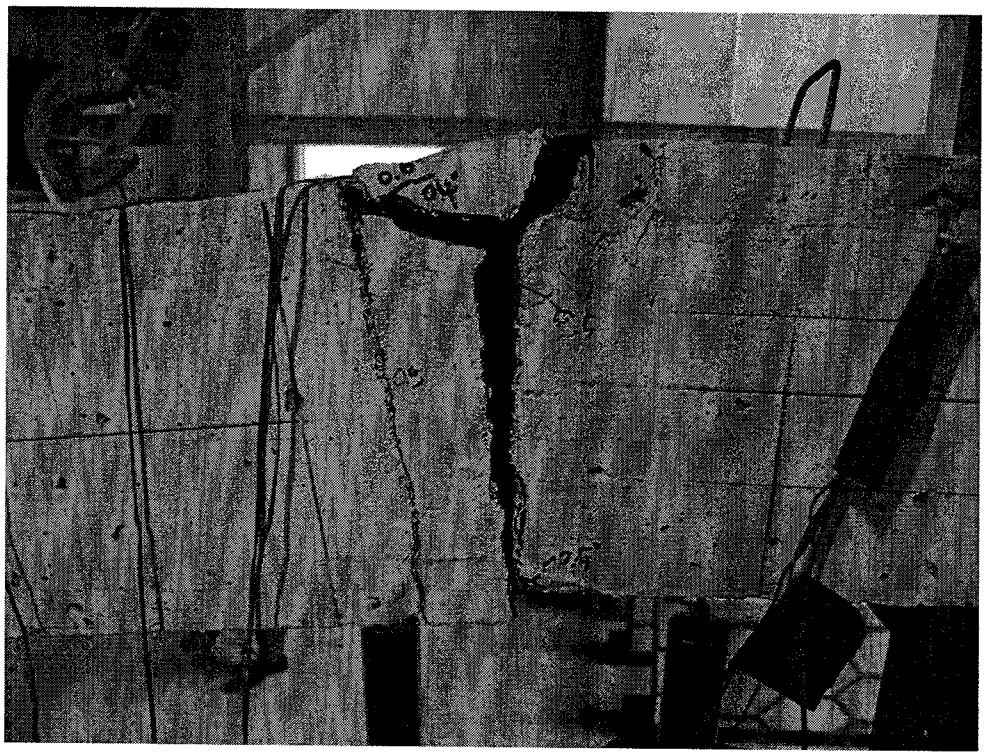
[그림 85] HP-2 실험체 Setting상황



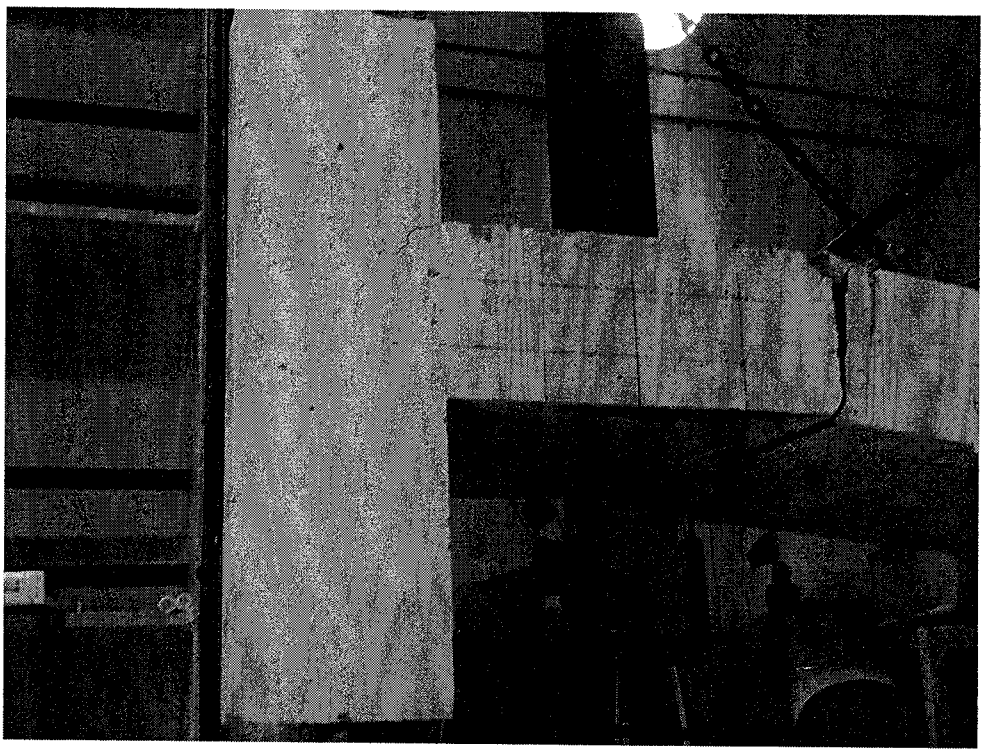
[그림 86] HP-2 실험체 파괴 후



[그림 87] HP-2 실험체 파괴 후



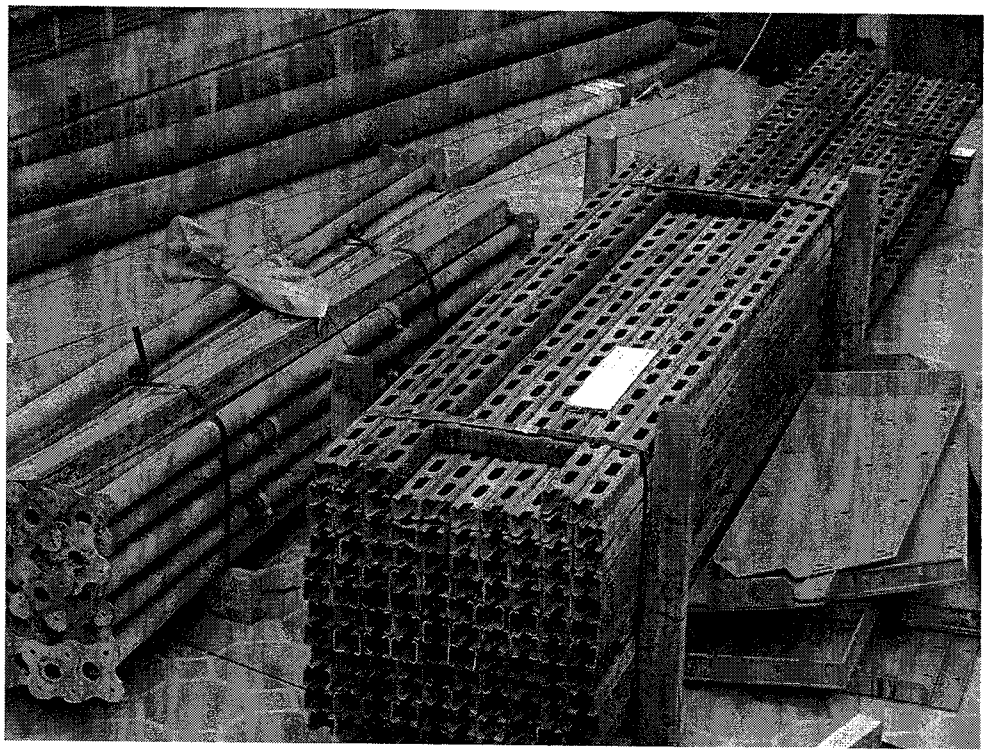
[그림 88] HP-2 실험체 파괴 후



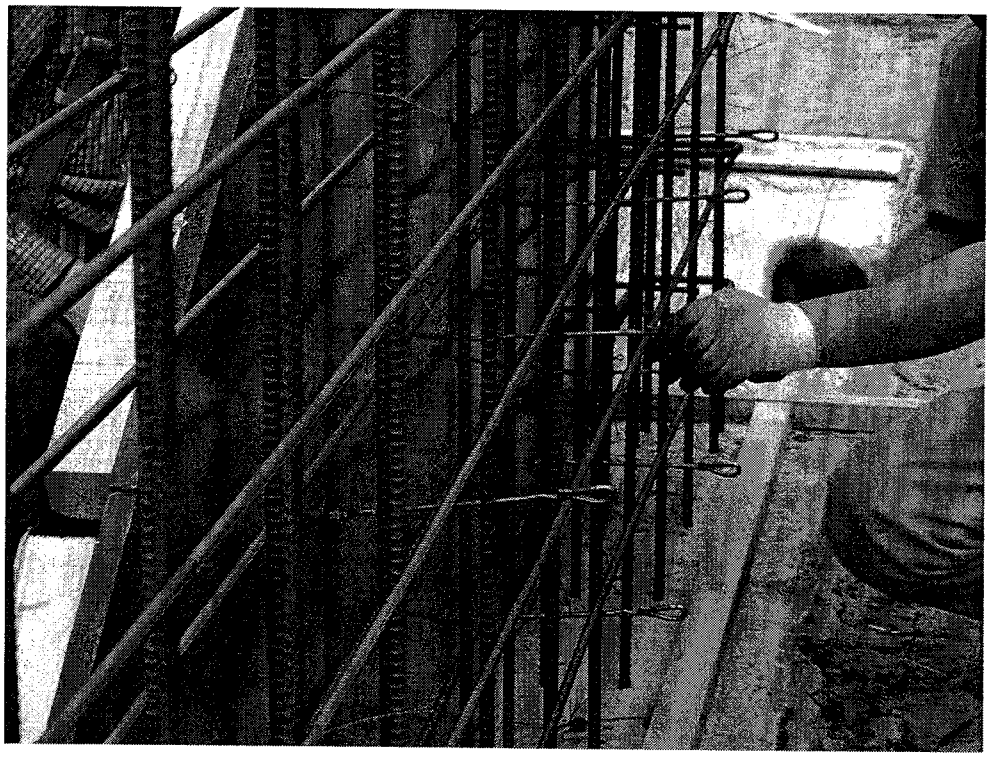
[그림 89] HP-2 실험체 파괴 후



[그림 90] HP-2 실험체 파괴 후



[그림 91] 거푸집 연결철물 및 동바리



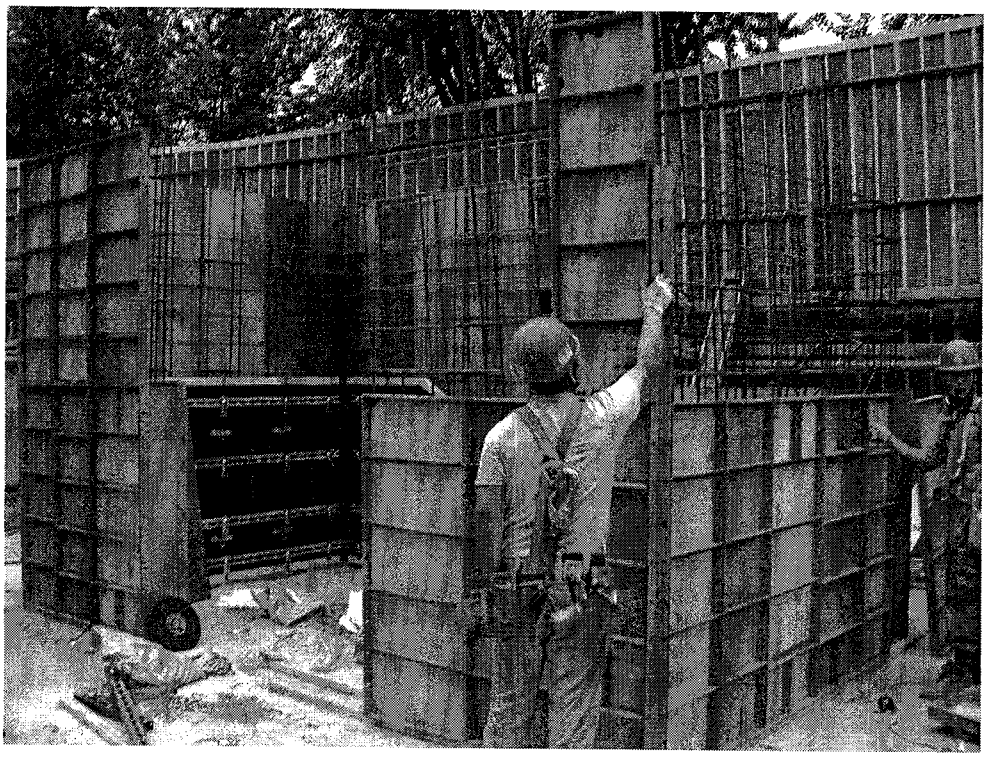
[그림 92] 실험체 철근배근상황



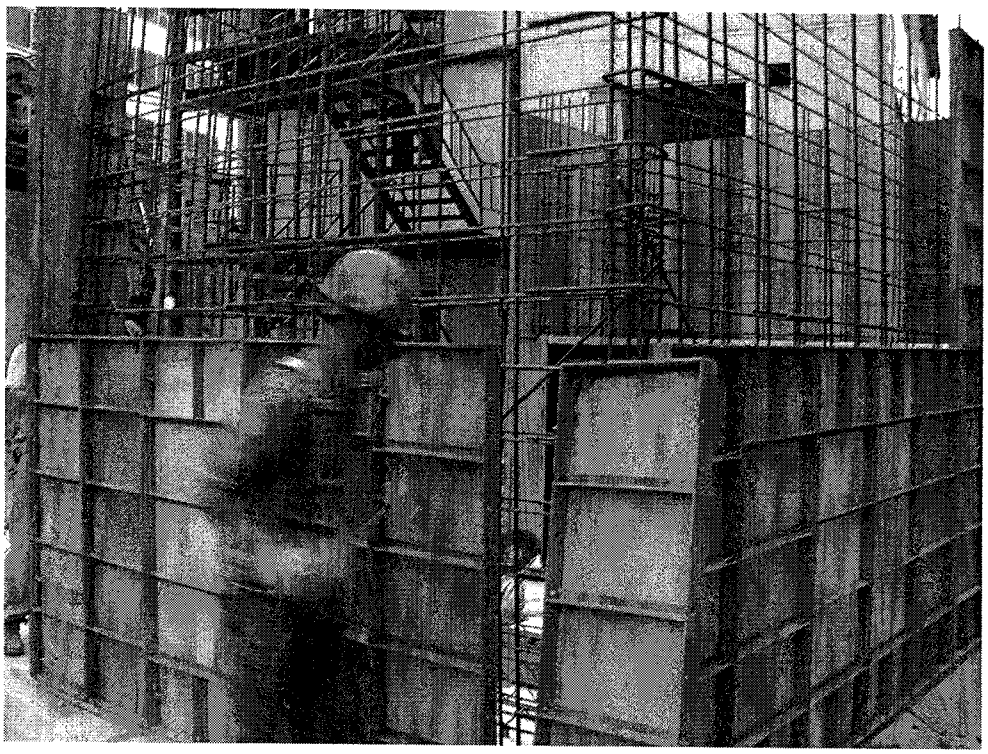
[그림 93] 실험체 철근배근상황

부록.3

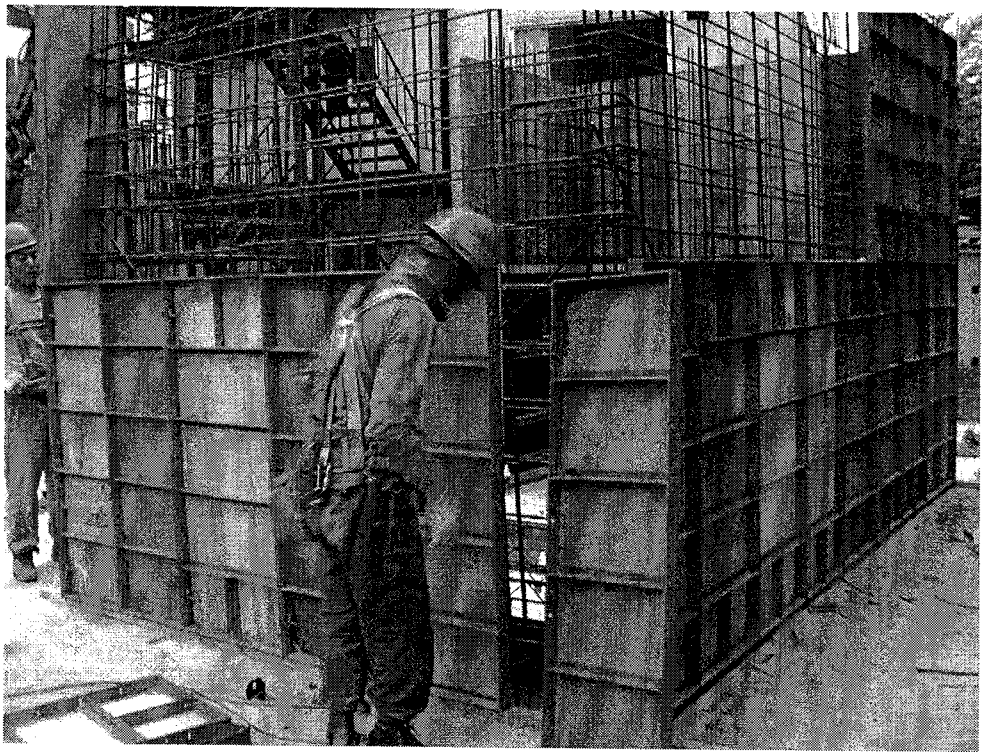
Mock-up Test



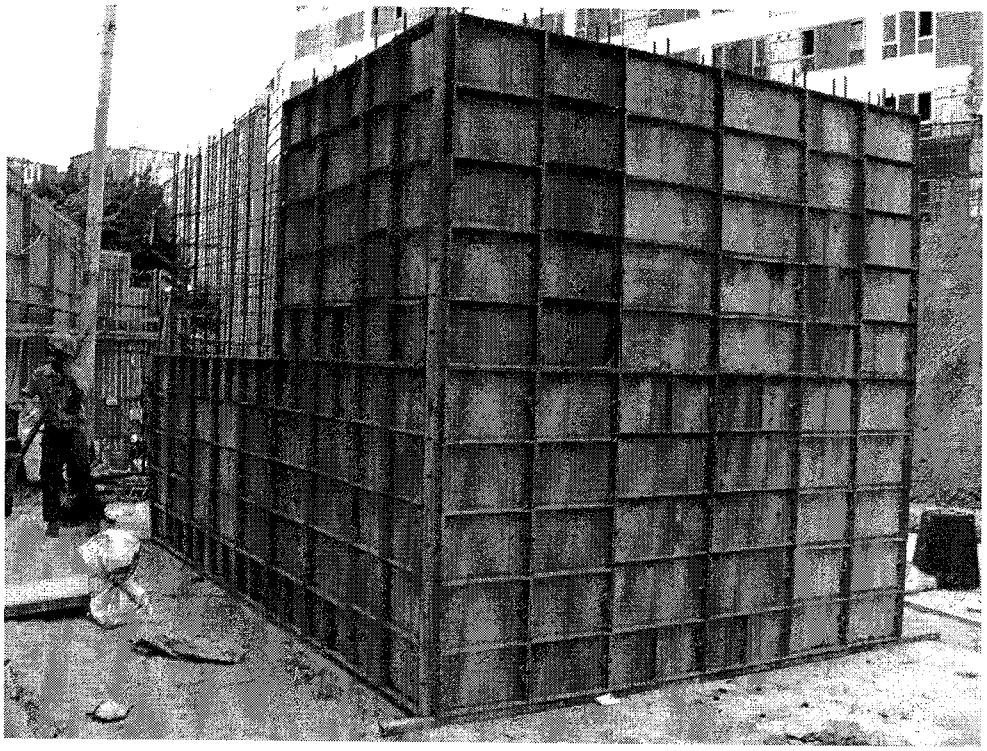
[그림 1] Mock-Up Test 거푸집 설치



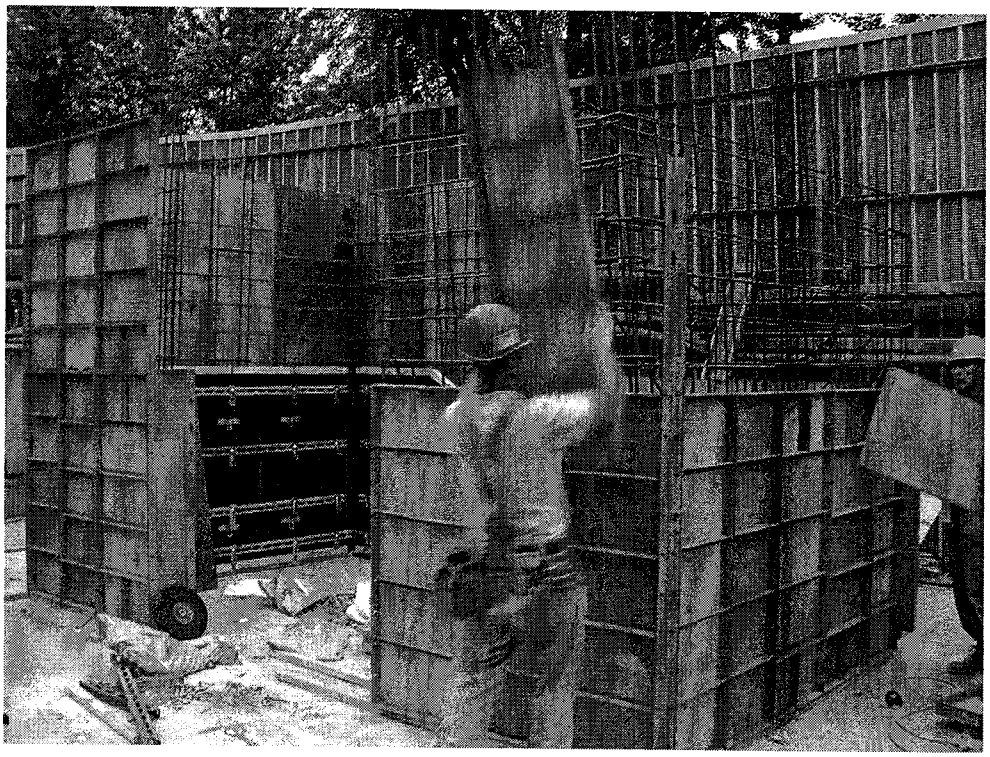
[그림 2] Mock-Up Test 거푸집 설치



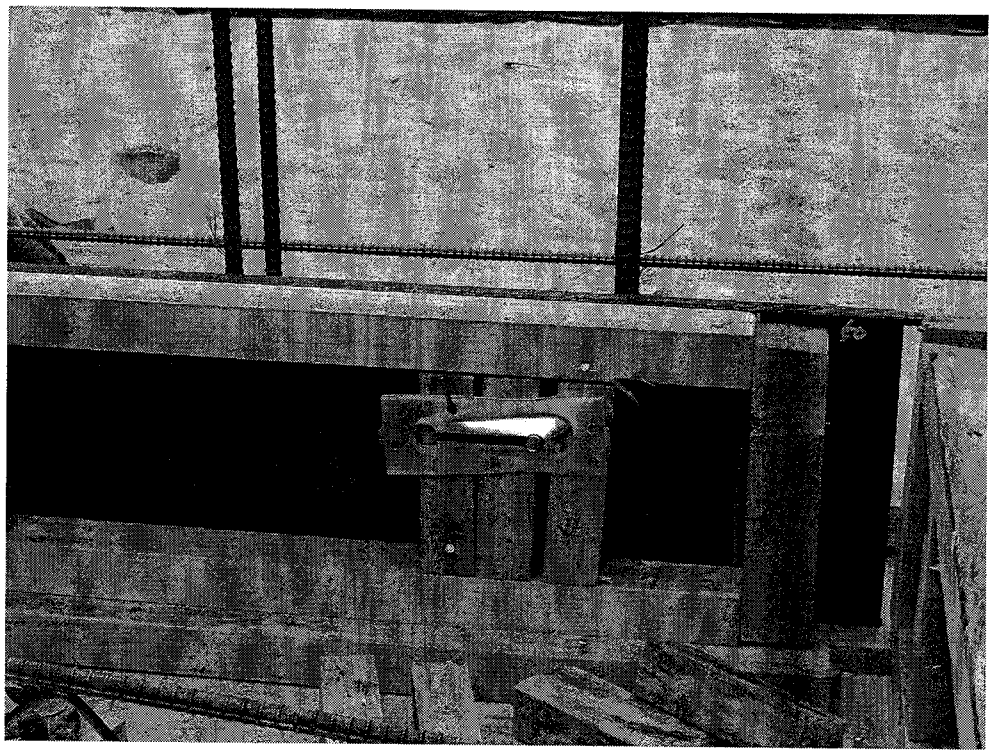
[그림 3] Mock-Up Test 거푸집 설치



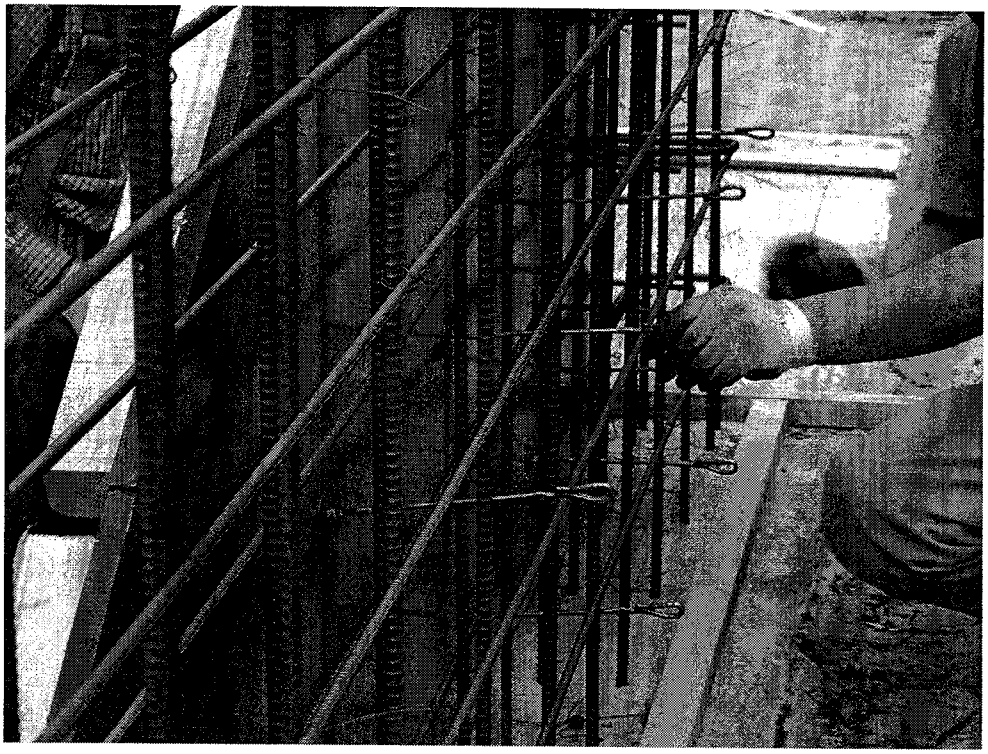
[그림 4] Mock-Up Test 거푸집 설치



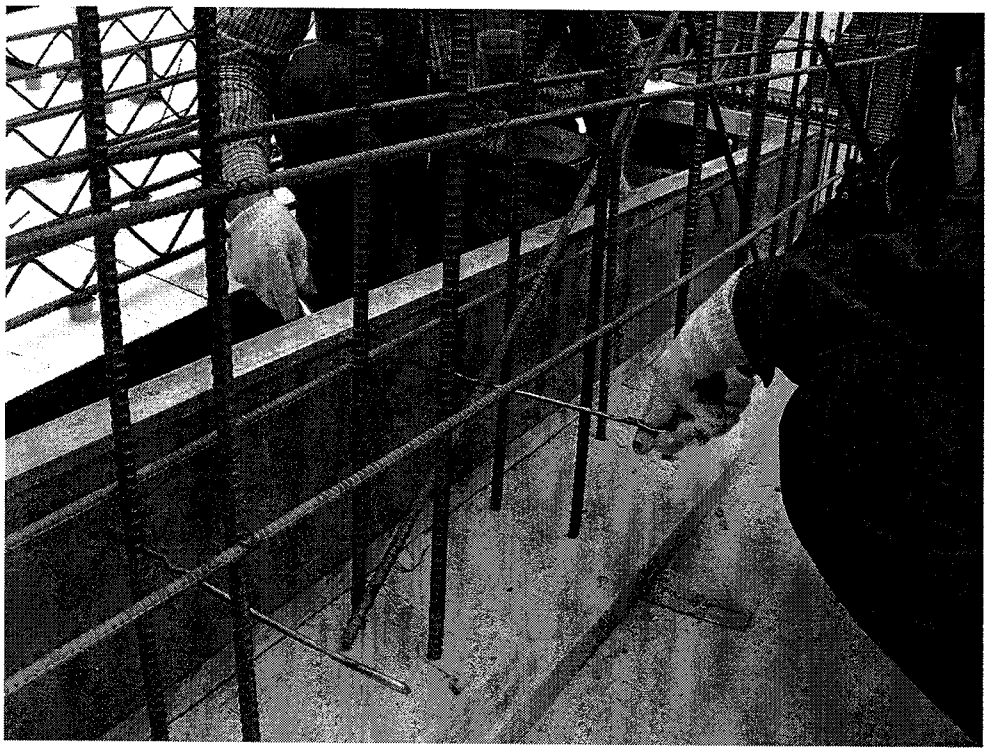
[그림 5] Mock-Up Test 거푸집 설치



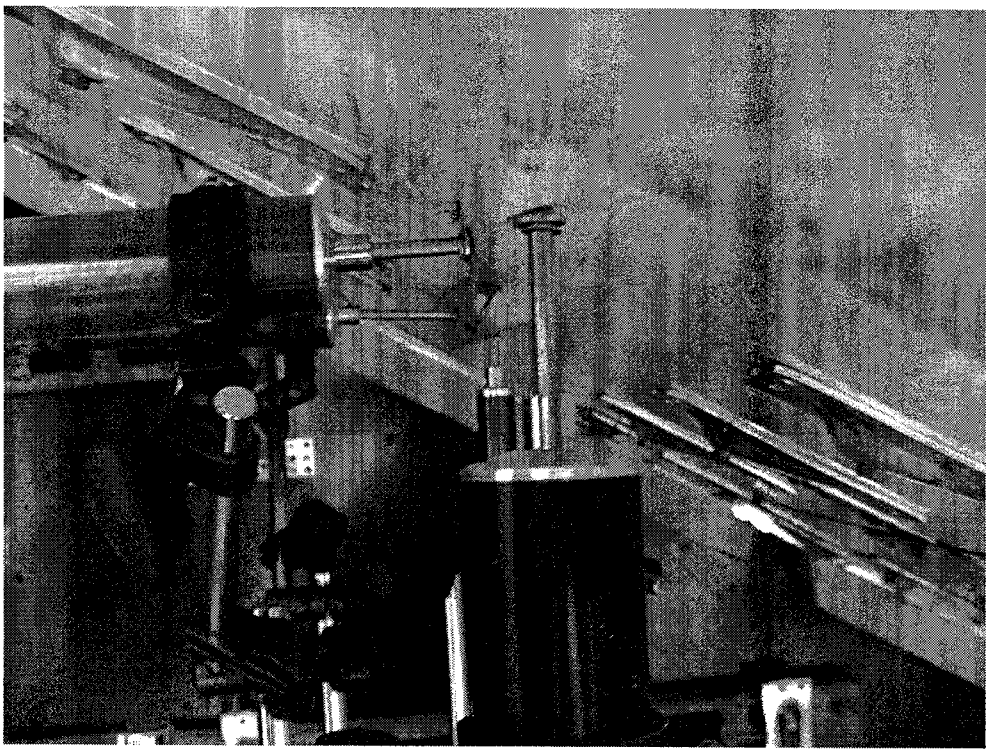
[그림 6] 거푸집 하단부 상세



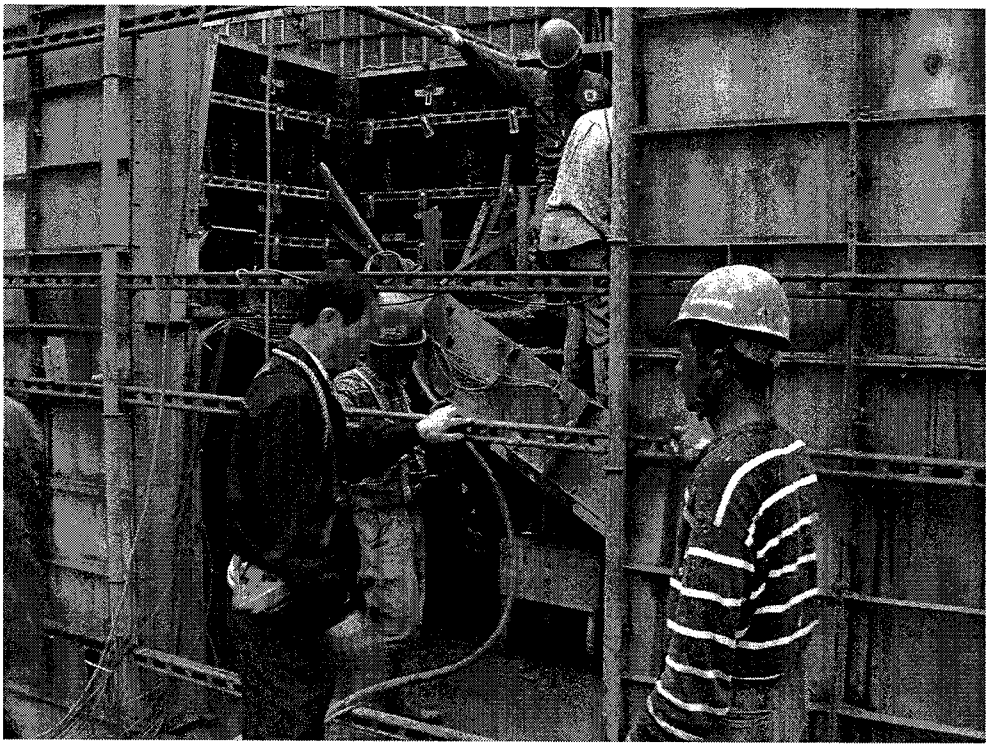
[그림 7] 벽 철근 배근 상황



[그림 8] 실험체 철근배근상황



[그림 9] 경사계단 밑 LVDT3, 4, 5, 6설치상황



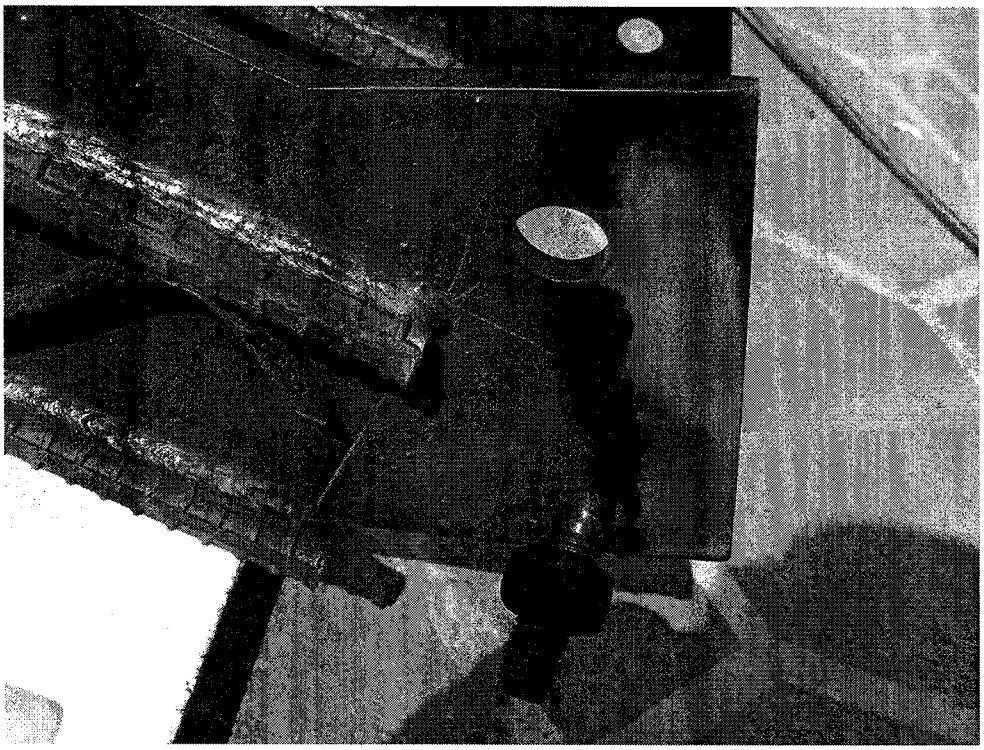
[그림 10] 경사계단부위 타설



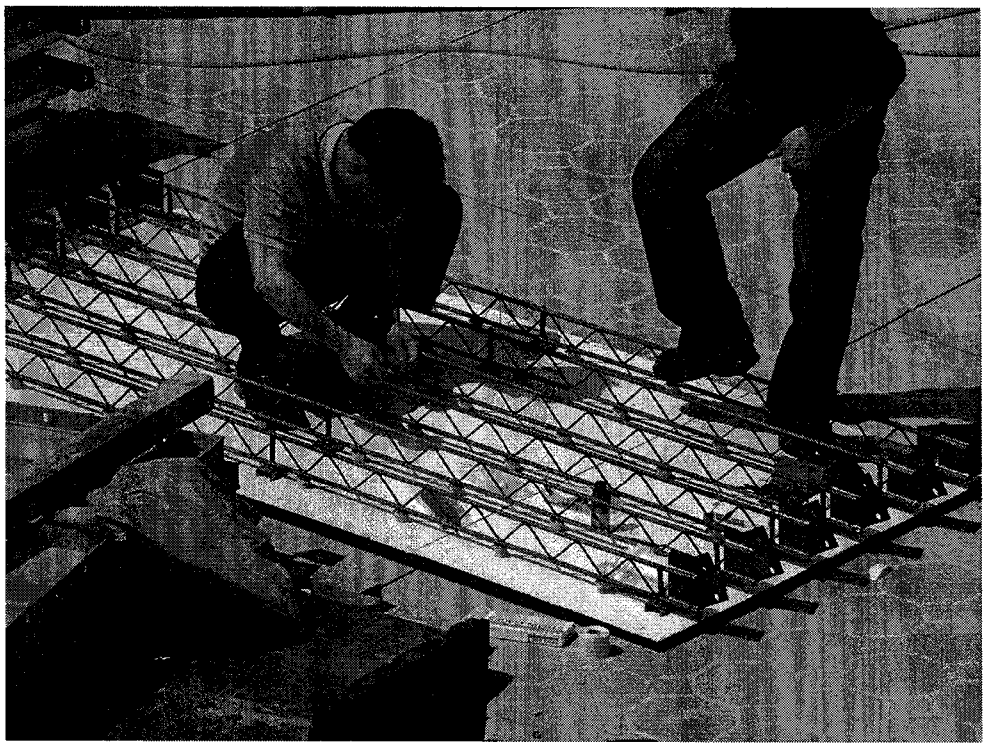
[그림 11] 슬래브 부위 LVDT설치상황



[그림 12] 슬래브 타설



[그림 13] PC계단 접합부 상세



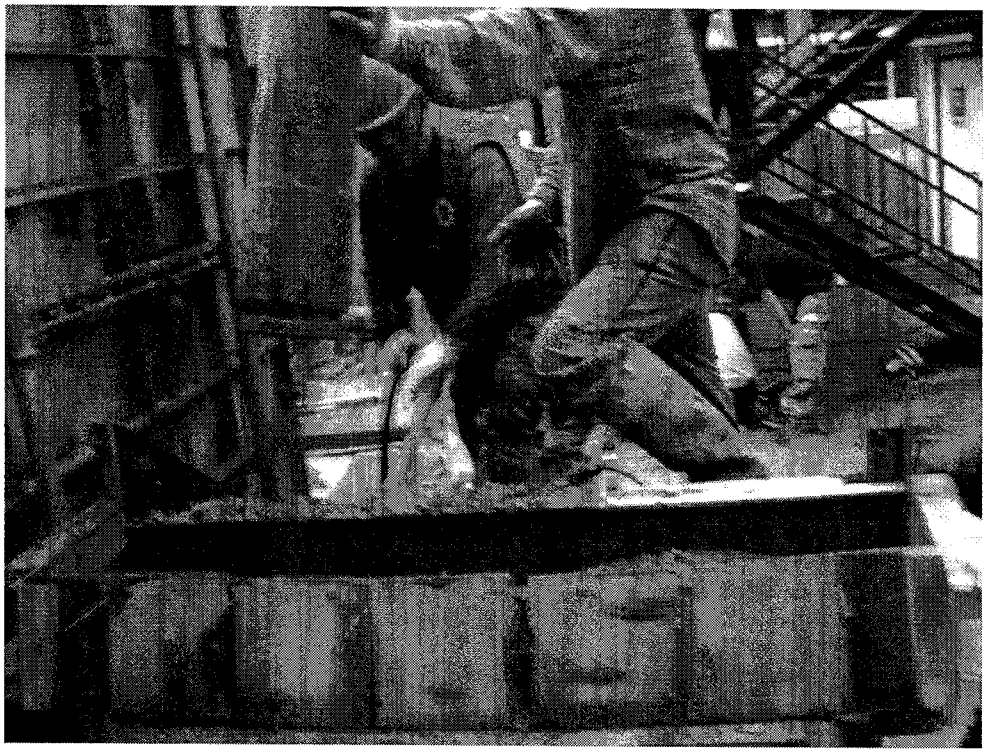
[그림 14] 트러스 철근에 스트레인 게이지 부착



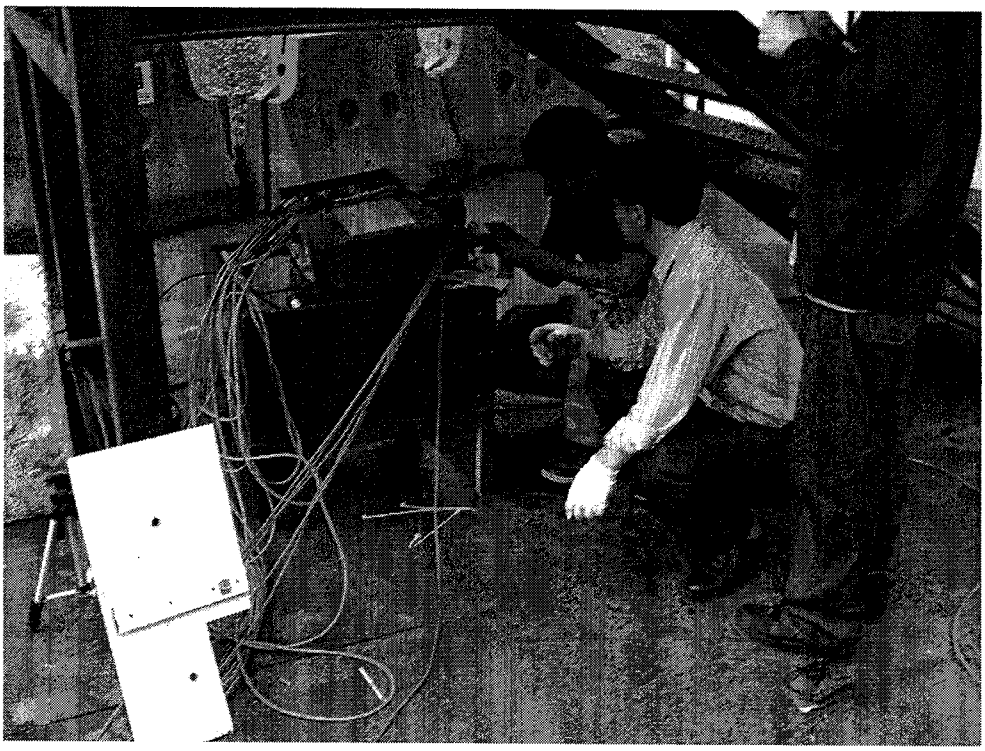
[그림 15] 트러스 철근에 스트레인 게이지 부착



[그림 16] PC계단 타설



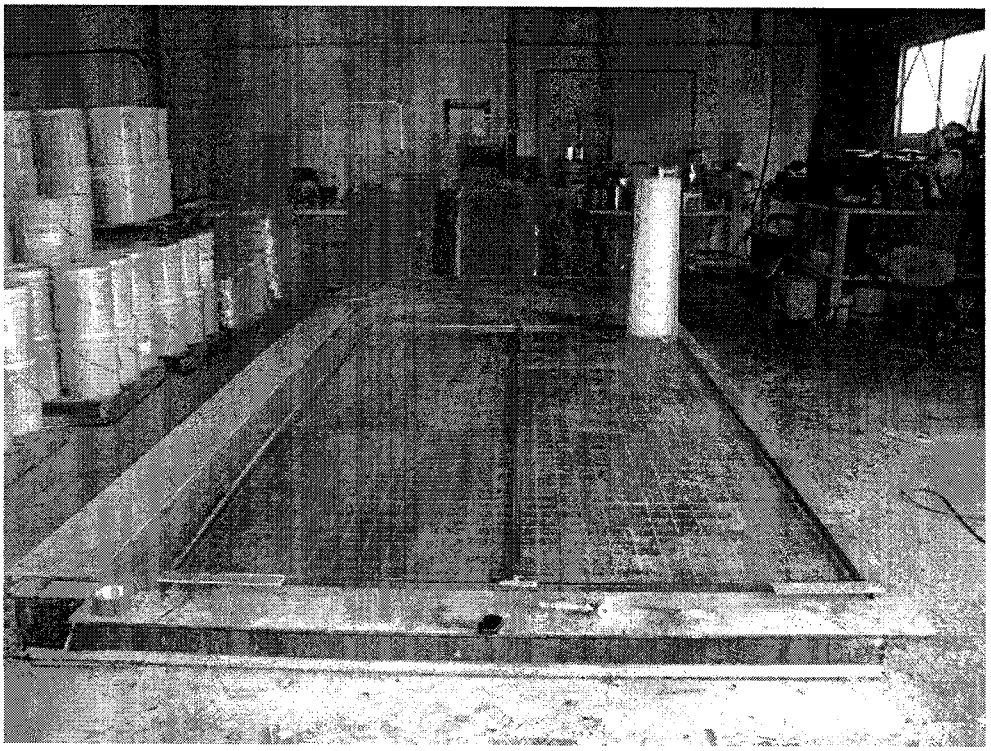
[그림 17] PC계단 타설



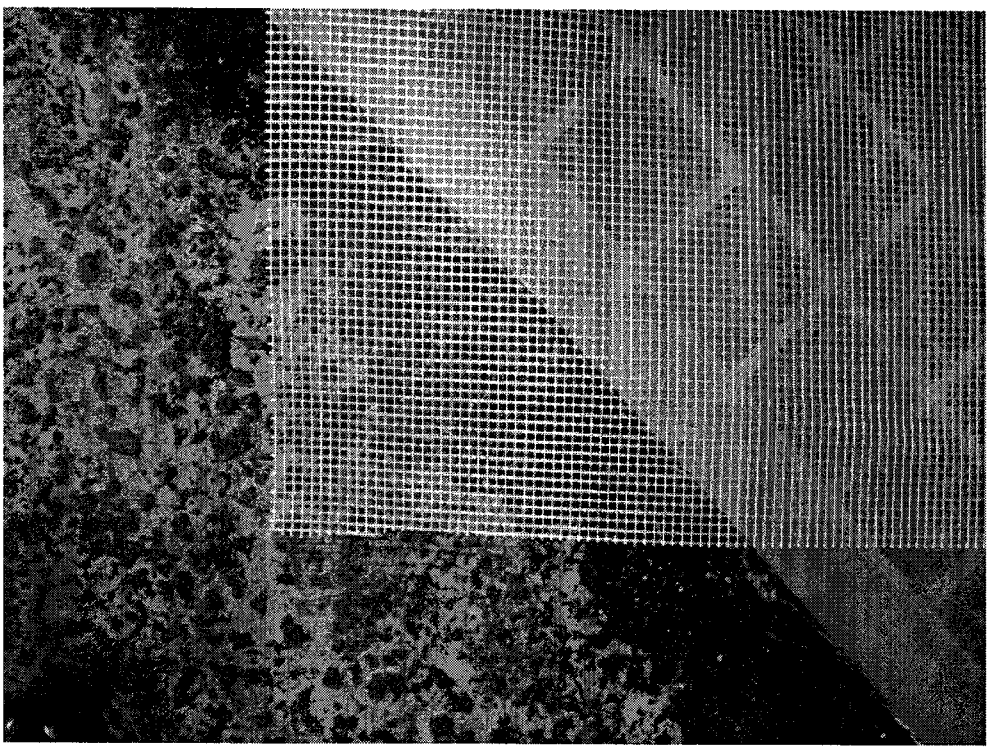
[그림 18] 계측장비 점검

부록.4

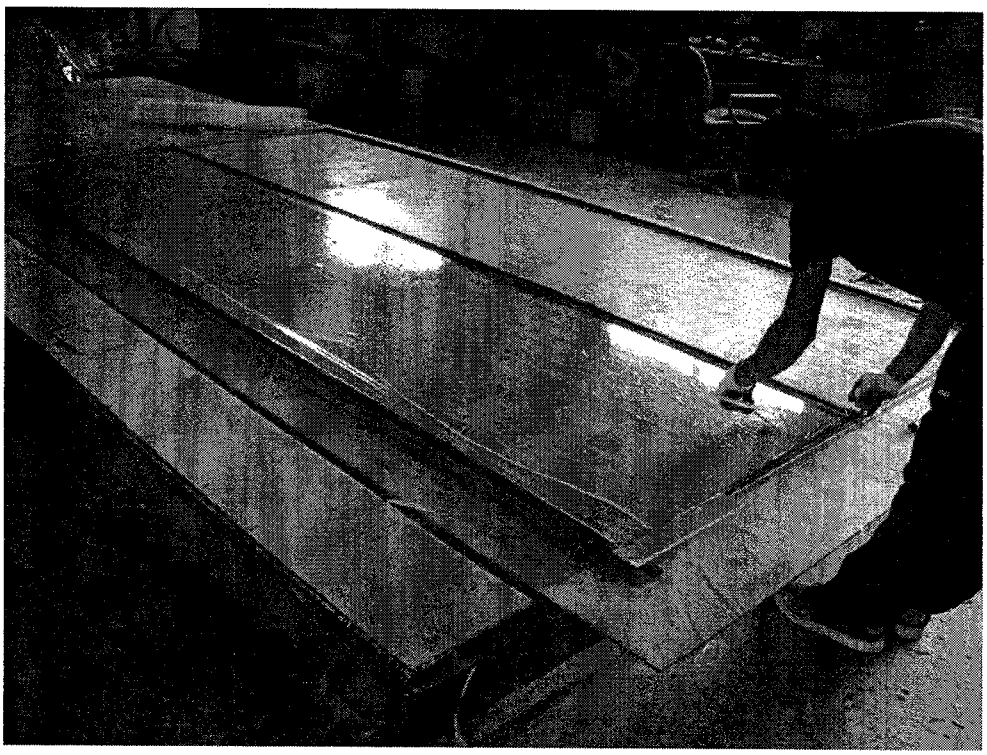
투명 에폭시 판넬제작



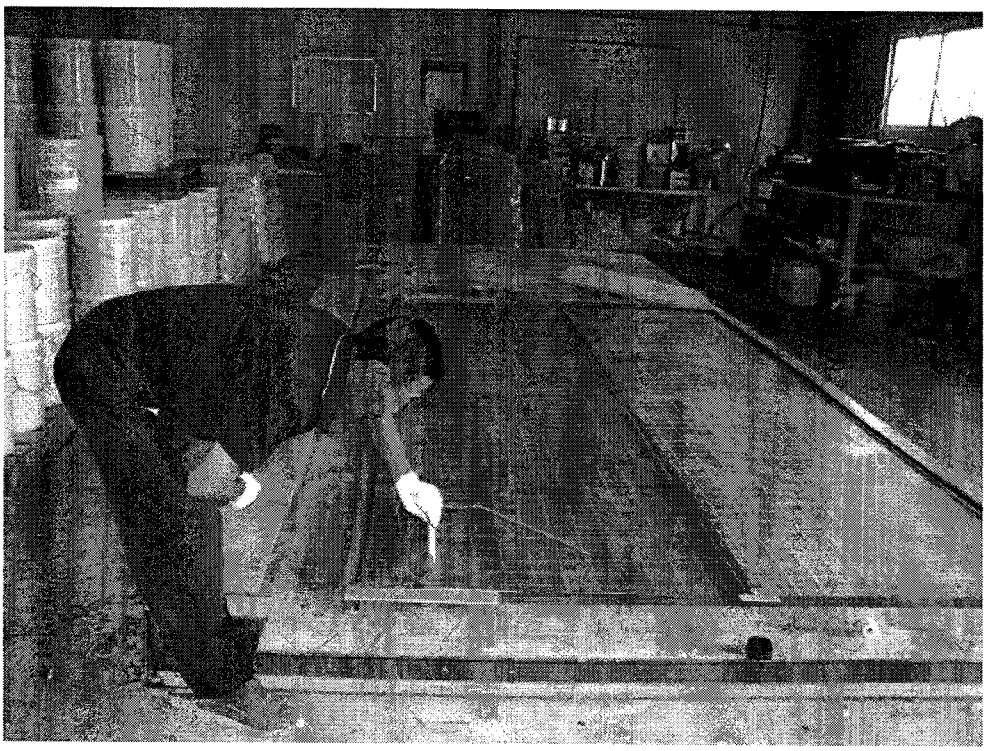
[그림 1] 에폭시 판넬 제작과정



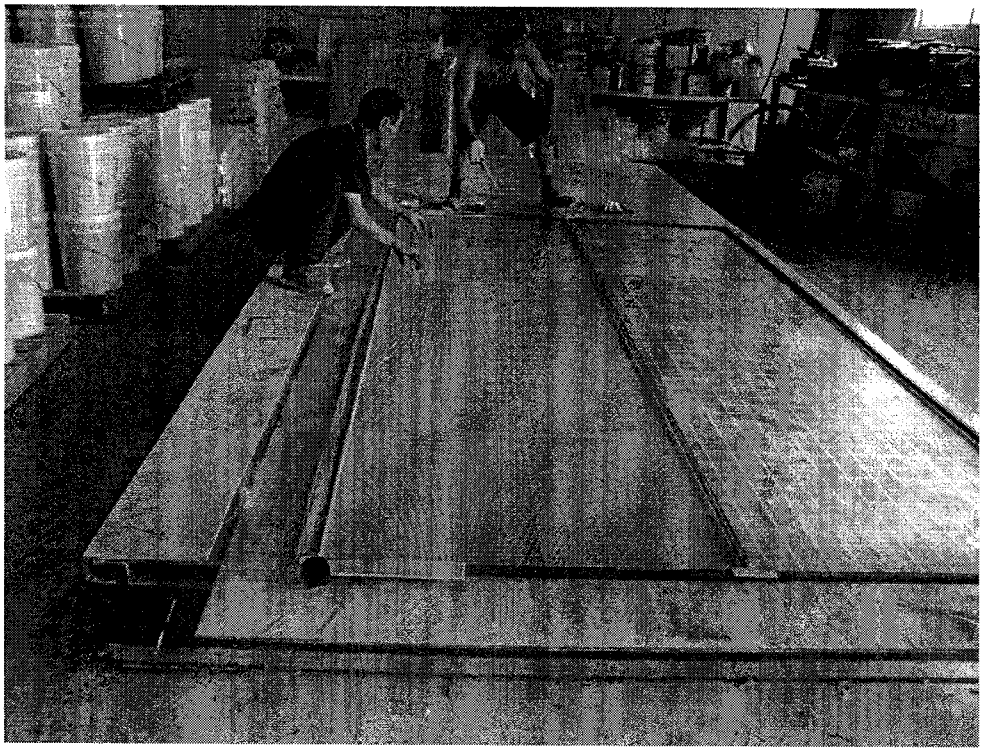
[그림 2] 에폭시 판넬 제작과정



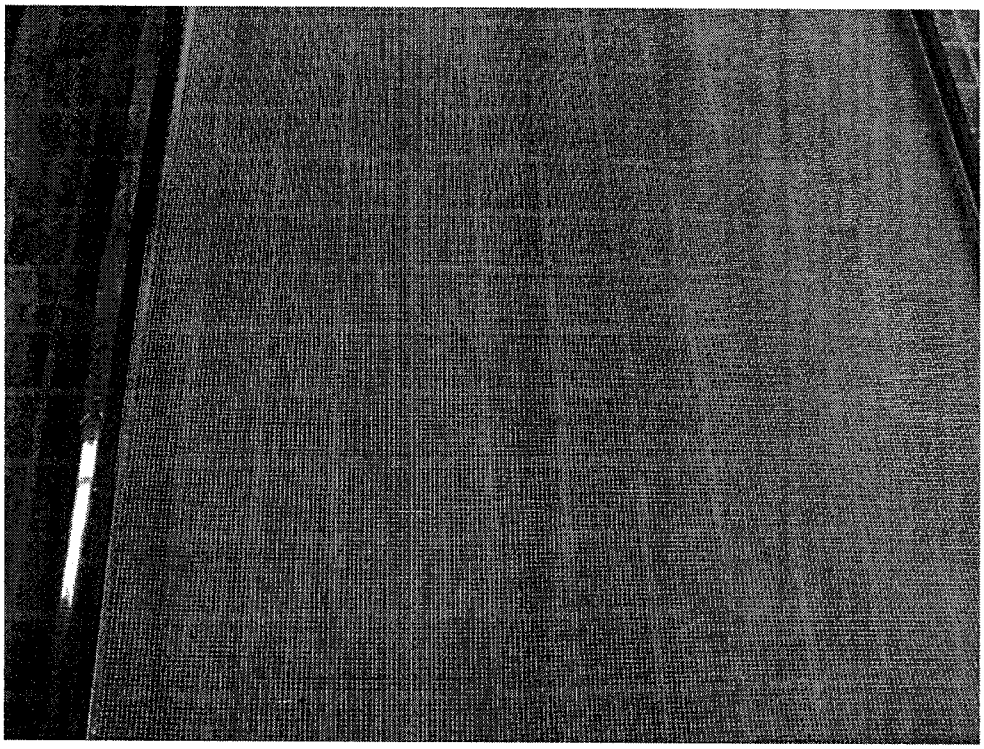
[그림 3] 에폭시 판넬 제작과정



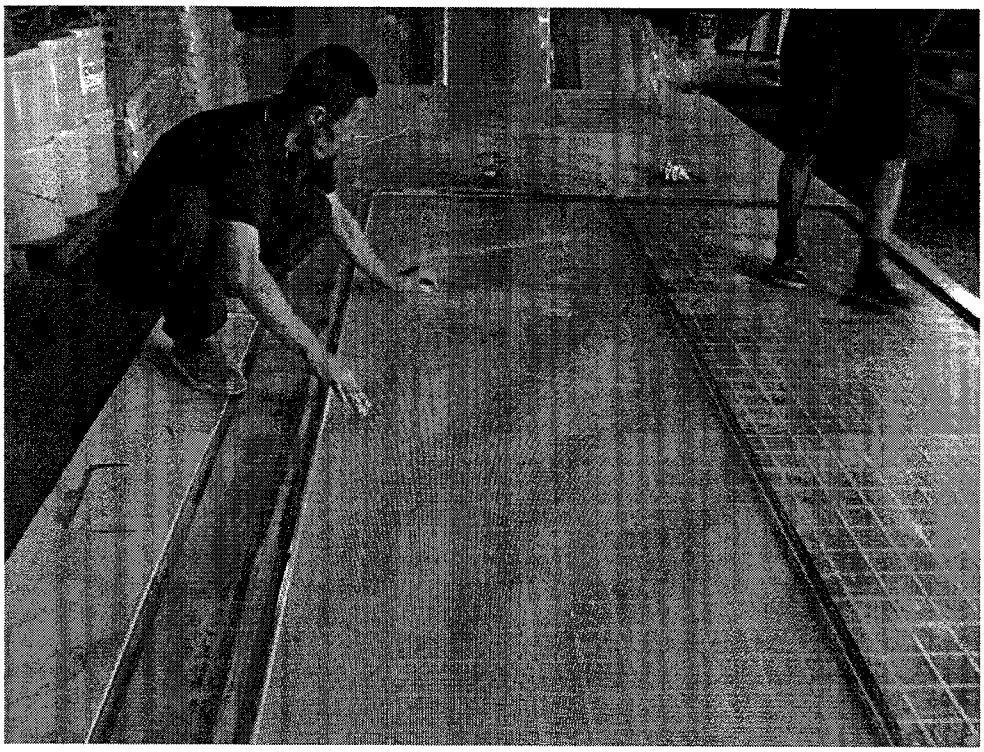
[그림 4] 에폭시 판넬 제작과정



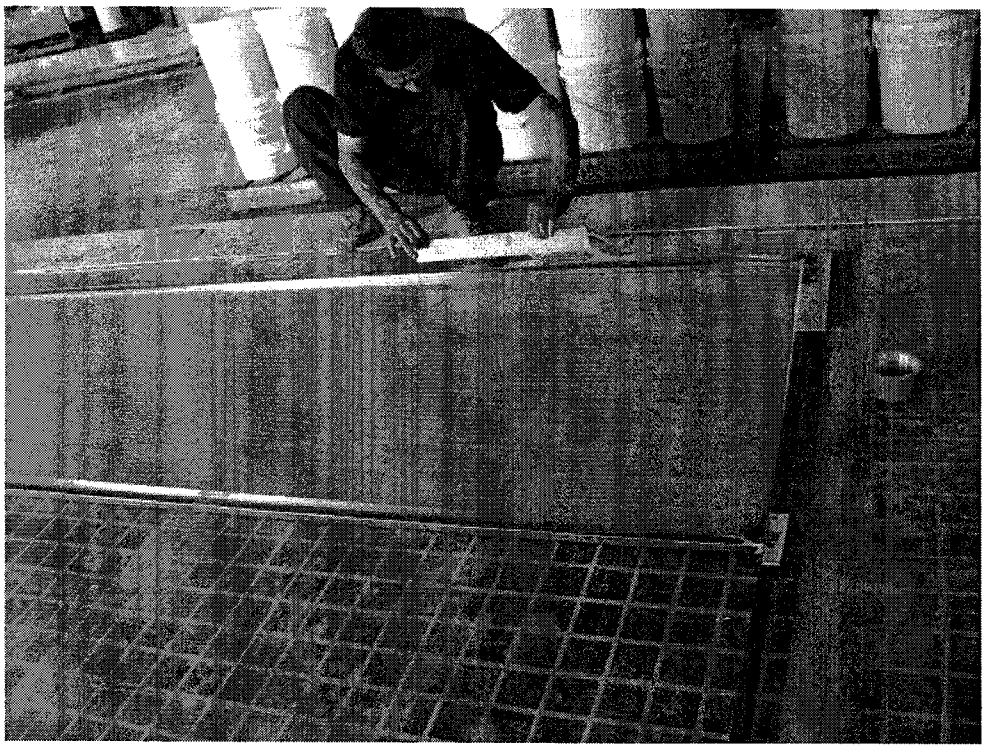
[그림 5] 에폭시 판넬 제작과정



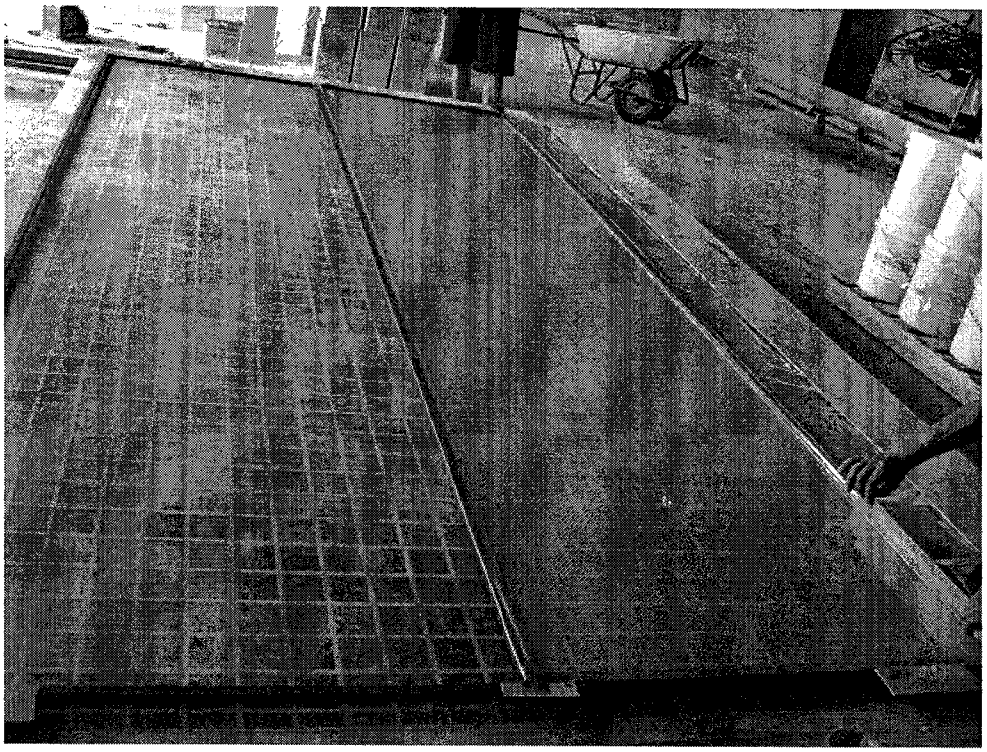
[그림 6] 에폭시 판넬 제작과정



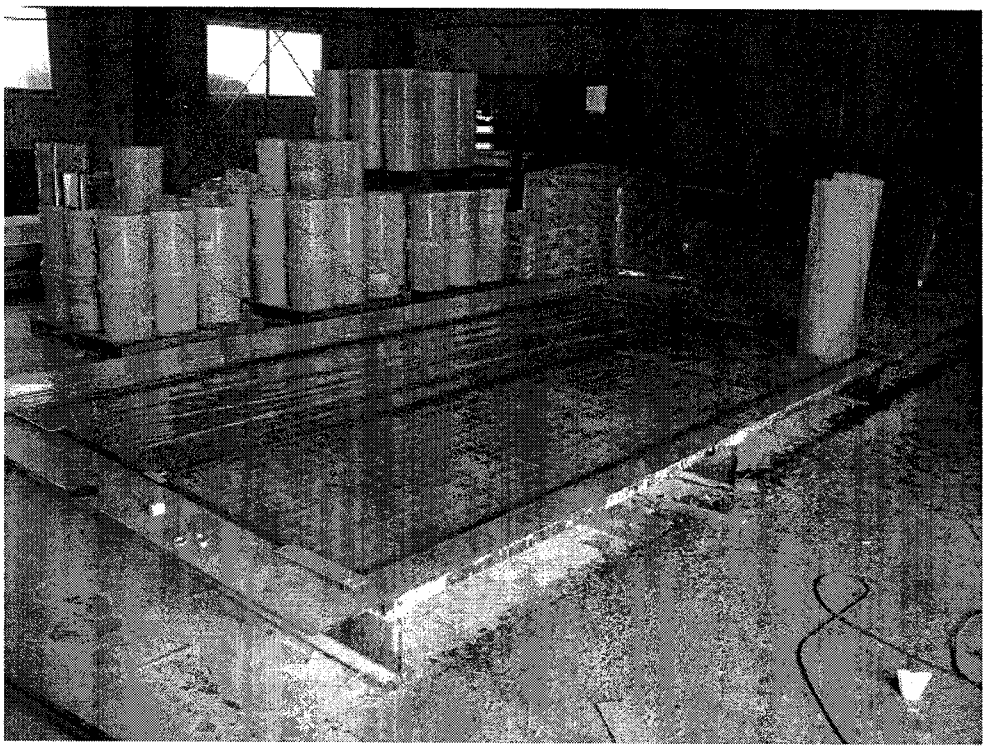
[그림 7] 에폭시 판넬 제작과정



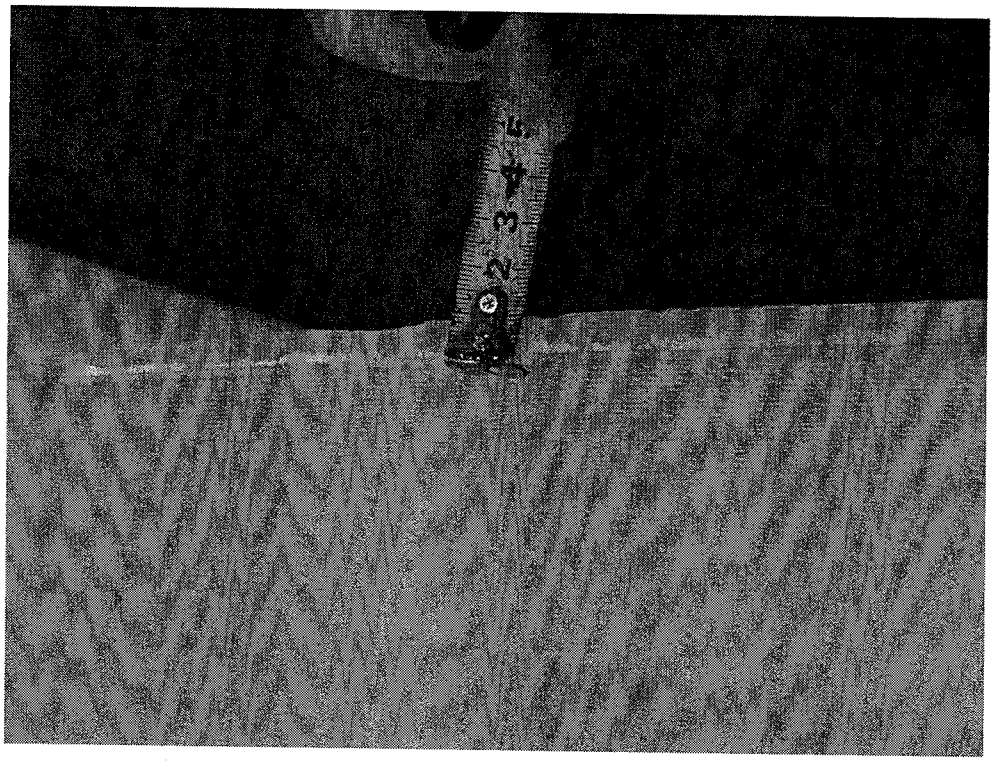
[그림 8] 에폭시 판넬 제작과정



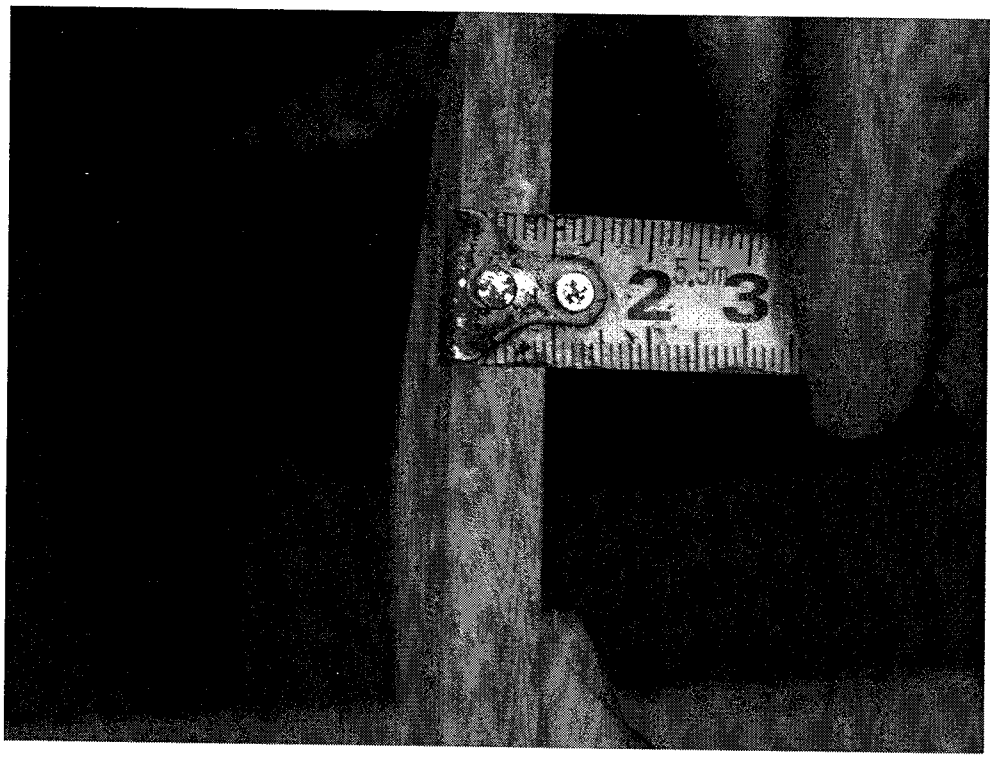
[그림 9] 에폭시 판넬 제작과정



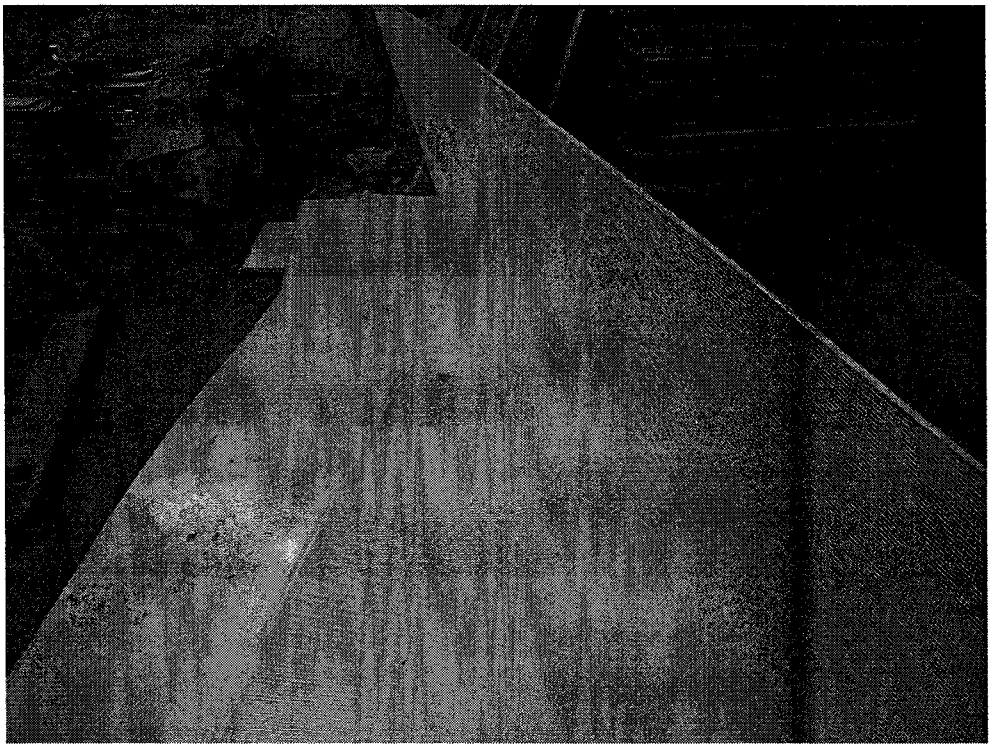
[그림 10] 에폭시 판넬 제작과정



[그림 11] 에폭시 판넬



[그림 12] 에폭시 판넬



[그림 13] 에폭시 판넬

주 의 사 항

1. 본 보고서는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업의 최종(중간) 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 아니됩니다.

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

■ 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031)381-6311
(주) 일호(주관연구기관명) TEL 031)319-1122
서울산업대학교(협동연구기관명) TEL 02)970-6567

R&D/06-건설핵심C03

선시공 조립식 Hi-Form을 이용한 통합 거푸집시스템 공법개발 및 실용화 연구보고서

■ 발행일 / 2008 . 7 . 31.
■ 발행처 / (주) 일호 (주관연구기관명)
(주소)경기도 시흥시 정왕동 1269-5 시화공단2나 310호
TEL : 031)319-1122
■ 인쇄처 / 에이스 문화사
TEL : 02)949-5599