

방폭 유리 파사드를 위한 케이블넷 시스템 개발 최종보고서

2014. 10. 31

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / (주)동양구조안전기술
공동연구기관 / 서울과학기술대학교 산학협력단

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원) 귀하

이 보고서를 "방폭 유리 파사드를 위한 케이블넷 시스템 개발"과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2014. 10.

주관연구기관명 : (주)동양구조안전기술
주관연구책임자 : 정광량
공동연구기관명 : 서울과학기술대학교 산학협력단
공동연구책임자 : 윤성원

• 주관연구기관 연구진	주관 연구책임자 연구원	정광량	(주)동양구조안전기술
		우운택	(주)동양구조안전기술
		이창환	(주)동양구조안전기술
		박종석	(주)동양구조안전기술
		손세욱	(주)동양구조안전기술
		외 4명	
• 공동연구기관 연구진	공동연구책임자 연구원	윤성원	서울과학기술대학교
		옥종호	서울과학기술대학교
		문상덕	서울과학기술대학교
		도기영	서울과학기술대학교
		문상현	서울과학기술대학교
• 참여기업 연구진		박유복	(주)세일비앤씨
		박진석	(주)세일비앤씨
		최원준	(주)세일비앤씨

보 고 서 요 약 서

과제고유번호	12-기축-사업화-10	해 당 단 계 연 구 기 간	2012.8.31~ 2014.7.31	단 계 구 분	최종
연 구 사 업 명	국토교통기술사업화지원사업				
연 구 과 제 명	최 상 위 과 제 명	방폭 유리 파사드를 위한 케이블 넷 시스템 개발			
	단위과제명				
연 구 책 임 자	정 광 량	총연구기간 참 여 연구원수	총 : 17 명 내부 : 명 외부 : 명	총연구비	정부 : 300천원 기업 : 200천원 계 : 500천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	(주)동양구조안전기술		참여기업명	(주)동양구조안전기술 (주)세일비앤시	
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	
- 연구과제의 최종목표 : 방폭 성능을 가진 케이블넷 시작품 제작과 제작된 시작품의 성능 실험을 수행하고 그에 따른 설계메뉴얼과 시공메뉴얼 작성을 목표. 폭발하중을 견디기 위하여 케이블넷 시스템의 연성능력 확보가 중요하므로 외장재의 안정성과 연성능력 확보를 위한 케이블의 적정 스트레스 및 배열에 관한 연구 및 시스템 변형에 자유로운 연결부 개발. - 대테러 가이드라인 확립 : 초고층 및 대공간 구조물의 폭발물 테러 피해경감을 위한 가이드라인 확립 - 대테러 성능 확보 : 방폭 성능 확보를 위한 케이블넷 최적화 및 정착구 개발 케이블 넷 시스템 Mock-up 성능 테스트 - 대테러 시공기술 확립 : 케이블넷 시스템의 제작 및 시공기술 확립					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	케이블넷 시스템, 프리스트레스, 정착구, 커튼월, 폭압			
	영 어	Cablenet system, prestress, Anchor, Curtain Wall, Blast			

요 약 문

I. 제목

- 방폭 유리 파사드를 위한 케이블 넷 시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 본 연구는 최종적으로 방폭성능을 가진 시작품 제작과 제작된 시작품의 방폭성능 실험을 수행하고 그에 따른 설계 매뉴얼과 시공 매뉴얼 작성을 목적으로 함. 폭발 하중에 견디기 위하여 케이블 넷 시스템의 연성 능력 확보가 중요하기 때문에 외장재(유리 파사드)의 안정성과 연성 능력 확보를 위한 케이블의 적정 스트레스 및 배열에 대한 연구가 필요하며 시스템에 변형이 일어날 때 자유자재로 움직일 수 있는 연결부의 개발이 필요함.

III. 연구개발내용

- 초고층 및 대공간 구조물의 폭발물 테러의 피해 경감을 위한 가이드라인 확립.
- 방폭성능 확보를 위한 케이블 정착구/연결부 개발.
- 케이블 넷 시스템 Mock-up 성능 테스트.
- 케이블 넷 시스템의 제작 및 시공기술 지침서 개발.

IV. 연구개발결과의 활용계획

- 사업화 대상 프로젝트인 인천공항 여객터미널의 케이블 넷 월에 본 연구개발의 결과를 적용하고자 함.
- 대테러가이드라인은 서울시와 국토교통부에 건의하여 정책에 반영하고자 함.
- 본 연구과제에서 개발된 케이블 넷 시스템은 국내에 건설되는 초고층 및 대공간 건축물의 파사드에 적용 가능하며, 나아가 해외 시장 개척이 가능함. 해외 시장에 진출하기위해 3차년도에 걸친 연구를 바탕으로 해외 경쟁력을 갖는 설계 및 시공 기술력을 확보함.
- 본 연구과제의 성과를 다양한 기술자들이 활용할 수 있도록 국내의 여러 설계사 및 시공사에 본 최종보고서와 기술자료 배포 및 관련 학회에 적극적으로 참여하여 홍보할 예정임.

목 차

제1장 연구개발 개요	15
제1절 연구개발 개요 및 목적	15
1. 연구개발의 개요	15
2. 연구개발 목적	16
제2절 연구개발의 필요성 및 기대효과	17
1. 연구개발의 필요성	17
2. 기대효과	18
제3절 연구내용 및 범위	19
1. 연구목표 및 범위	19
2. 연구의 내용	20
제4절 국내외 기술개발 현황	22
1. 국내 기술동향	22
2. 국외 기술동향	24
 제2장 대테러가이드라인 개발	 29
제1절 대테러 가이드라인 1차 방어선 가이드라인	29
1. 서론	29
2. 테러 대상으로서의 초고층 빌딩	30
3. 해외 기준분석	35
4. FEMA 455의 건물 Envelope 분석	39
5. 테러예방설계 가이드라인 - 1차 방어선	45
제2절 대테러 가이드라인 테러위험도 평가	51
1. 기초자료조사	51
2. 테러위험도 평가	69
3. 2차 방어선 가이드라인(안)	78
제3절 대테러 가이드라인 3차 방어선	87
1. 건축물의 물리적 특성	87
2. 건축물의 공간구성	89
3. 중앙통제실	91
4. 감시	95
 제3장 케이블 넷 성능 테스트	 103
제1절 케이블 정착구 인장테스트	103
1. 실험체 계획 및 제작	103
2. 실험방법	105
3. 실험결과	106
4. 정착구 성능 개선 및 성능테스트	109
5. 성능 개선 정착구 실험결과	111
제2절 케이블넷 Mock-up 테스트	112

1. 실험체 계획	112
2. 케이블 시공 단계 해석	113
3. 하중 계획	114
4. 해석을 통한 부재강도 검토	114
5. 실험체 제작	116
6. 실험계획	118
7. 실험결과	119
제3절 경제성 평가.	120
제4장 케이블넷 시스템 시공관리 기술	121
제1절 연구방법	121
제2절 일반사항	122
1. 케이블넷의 특징	122
2. 케이블넷 시스템의 종류 및 특징	122
3. 케이블넷 시스템의 구성요소	124
제3절 국내 케이블넷 기준 및 시방서 분석	125
1. 일반사항	125
2. 케이블 구조 설계기준: 한국공간구조학회	125
3. 케이블넷 시스템 국내 시방서	129
제4절 케이블넷 시공 및 설계관련 해외 기준 분석	134
1. 일반사항	134
2. 중국 JG/T 138-2010	134
3. 미국 ASCE/SEI 19-10 내용 분석	160
제5장 최종 연구성과 및 실적	170
제1절 최종연구성과	170
제2절 연구실적	171
1. 특허 실적	171
2. 학술지 게재 실적	171
3. 학술발표대회 실적	171
4. 시제품 제작 실적	171
5. 연구성과 홍보 실적	172
제6장 연구목표 달성 및 효과	173
제1절 연구개발 목표의 연차별 달성도	173
1. 1차년도	173
2. 2차년도	173
3. 3차년도	174
제2절 연구결과의 전체 달성도	175
제3절 연구결과의 기여도 및 기대 효과	176
1. 국내외 시장개척	176

2. 기술적 측면	177
3. 경제, 산업적 측면	177
제7장 연구개발결과의 활용 및 사업화 계획	178
제1절 연구성과의 활용계획	178
제2절 사업화 계획	179

표 목 차

<표 1.1> DOD의 Minimum Antiterrorism Standards for New Buildings	16
<표 2.1> 연구 흐름도	30
<표 2.2> 테러 유형 현황 (1960-2006)	31
<표 2.3 > 1993년 이후 주요 폭발물 테러사례	32
<표 2.4> UFC 3-340-02 적용 항목 중 구조관련부분	36
<표 2.5> PBS-P100 구조관련부분	37
<표 2.6> FEMA 455를 통한 연구범위	38
<표 2.7> 창문지지형태 분류	39
<표 2.8> 창문프레임깊이 분류	40
<표 2.9> 창문의 면적 분류	40
<표 2.10> 유리의 종류 분류	41
<표 2.11> 벽체 타입 분류	42
<표 2.12> 미국 각 주의 비산물 빌딩코드 기준년도	43
<표 2.13> 폭발물의 중량에 따른 이격거리	47
<표 2.14> Consequences 세부평가 항목	54
<표 2.15> Consequences 평가서	55
<표 2.16> Threat Rating 세부평가 항목	56
<표 2.17> Threat Rating 평가서	57
<표 2.18> Vulnerability Rating 세부평가 항목	58
<표 2.19> Vulnerability Rating - Site 평가서	59
<표 2.20> Vulnerability Rating - Architecture 평가서	60
<표 2.21> Vulnerability Rating - Building Envelope 평가서	61
<표 2.22> Vulnerability Rating - Structural Components and Systems 평가서	62
<표 2.23> Vulnerability Rating - Mechanical/Electrical/Plumbing 평가서	63
<표 2.24> Vulnerability Rating - Security 평가서	64
<표 2.25> 시나리오 항목	65
<표 2.26> Rapid Visual Screening 위험도 평가표	67
<표 2.27> Risk Score에 따른 위험도 분류	68
<표 2.28> 평가대상 건물	69
<표 2.29> 평가대상 건물의 전체위험도 및 위험도 분류	70
<표 2.30> Window Support Type의 분류	72
<표 2.31> Window Support Type의 평가	72
<표 2.32> Window Bite Depth 분류	73
<표 2.33> Window Bite Depth의 평가	73
<표 2.34> Total % Window Area 분류	74
<표 2.35> Total % Window Area의 평가	74
<표 2.36> Glass Type 분류	75
<표 2.37> Glass Type의 평가	75
<표 2.38> Wall Type 분류	76

<표 2.39> Wall Type의 평가	76
<표 3.1> 실험체 상세	103
<표 3.2> 실험체 상세	109
<표 3.3> 1,2차 실험결과 비교 (kN)	111
<표 3.4> 기존기술과 케이블넷 월의 경제성 비교	120
<표 4.1> 케이블넷 시스템의 일반적인 특징	122
<표 4.2> 일방향 케이블 멀리언 시스템(1-way Cable Mullion System)	122
<표 4.3> 플랫 케이블 넷(Flat Cable Nets)	123
<표 4.4> 케이블넷 파사드의 구성요소	124
<표 4.5> 프리스트레싱 후의 초기신장	126
<표 4.6> 프리스트레싱 후의 탄성계수	127
<표 4.7> 케이블 재료의 크리프 변형도	127
<표 4.8> 와이어 로프의 선팽창 계수	127
<표 4.9> 케이블넷 공사관련 주요제품 및 재료	130
<표 4.10> CABLE SET의 기계적 성질	131
<표 4.11> CABLE SET 제작 공정	132
<표 4.12> 스파이더 암, 수량, 형상 및 도식	137
<표 4.13> 스파이더 암(arm)수에 따른 형태 구분	140
<표 4.14> 스파이더 암(arm) 형태에 따른 파라미터 표시 방법	141
<표 4.15> 저항력 분항계수	145
<표 4.16> Fitting Reduction Factors	163
<표 4.17> Deflector Reduction Factors	164

그 립 목 차

[그림 1.1] 기술개발 개요	17
[그림 1.2] 기술개발 효과	18
[그림 1.3] 연구목표	19
[그림 1.4] 케이블 넷 시스템의 이론과 테니스라켓 명칭	21
[그림 1.5] 남선알미늄 방폭창	22
[그림 1.6] LG하우시스 방폭창	23
[그림 1.7] 알루텍 방폭창	24
[그림 1.8] KINLONG 방문/세미나	24
[그림 1.9] Routel	25
[그림 1.10] Connector	25
[그림 1.11] Spider	25
[그림 1.12] Galss Clamp	25
[그림 1.13] Tension Rod	25
[그림 1.14] Tension Cable	25
[그림 1.15] 제품 제작 공정	26
[그림 1.16] 『Point supporting device for architectural glass』 표지	27
[그림 1.17] 『Technical code for glass curtain wall engineering』 표지	28
[그림 2.1] 테러유형에 따른 사건발생 현황	31
[그림 2.2] 테러유형에 따른 사망자 발생현황	31
[그림 2.3] 공격방법에 따른 폭발물 테러 분류	33
[그림 2.4] 시설유형별 테러피해 국제 통계	34
[그림 2.5] DOD에서 발표한 UFC 3-340-02	35
[그림 2.6] GSA에서 발표한 PBS-P100	37
[그림 2.7] 창문의 면적 20 ~ 40%의 예	41
[그림 2.8] 창문의 면적 80%이상의 예	41
[그림 2.9] b. Curtain wall의 예	43
[그림 2.10] e. Light Frame 또는 Slender	43
[그림 2.11] 비산물 보호성능을 갖춘 창문	44
[그림 2.12] 건축물과 도로 사이의 이격거리	45
[그림 2.13] 건축물과 도로 사이의 이격거리	46
[그림 2.14] 장애물의 설치위치	49
[그림 2.15] FEMA 426-Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings 2003)	51
[그림 2.16] FEMA 452-Risk Assessment A How-To Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings (2005)	52
[그림 2.17] FEMA 455-Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to Evaluate Terrorism Risks (2009)	53
[그림 2.18] 시나리오 구역 범위	66
[그림 2.19] 비산물 보호성능을 갖춘 창문3)	77

[그림 2.20] 다양한 사용자를 고려한 출입구 계획	78
[그림 2.21] 출입통제 수단의 종류	80
[그림 2.22] 효과적인 차량출입통제 계획	80
[그림 2.23] 차량의 속도를 줄이기 위한 도로계획	81
[그림 2.24] 은폐, 은닉 가능 장소	84
[그림 2.25] 대지 내 지상 차량과 건축물 사이의 이격거리 예시	85
[그림 2.26] 모니터링 각도 및 모니터 배치	92
[그림 2.27] 중앙통제실 장비의 인체공학적 설치	94
[그림 2.28] Electronic Guard Tour System	96
[그림 2.29] 가상순찰	97
[그림 2.30] 침입감지시스템 종류	98
[그림 2.31] 보안조명 종류	101
[그림 3.1] 하중조합	103
[그림 3.2] $\phi 31.5$ 케이블	104
[그림 3.3] $\phi 35.5$ 케이블	104
[그림 3.4] $\phi 45$ 케이블	104
[그림 3.5] 실험체 세팅	105
[그림 3.6] $\phi 31.5$ 하중-변위 그래프	106
[그림 3.7] $\phi 35.5$ 하중-변위 그래프	107
[그림 3.8] $\phi 45$ 하중-변위 그래프	107
[그림 3.9] 실험체의 슬립 현상	108
[그림 3.10] 하중가력장치	109
[그림 3.11] Swaged Type	110
[그림 3.12] Open Socket Type (아연 주입식)	110
[그림 3.13] $\phi 42$ 하중-변위 그래프	111
[그림 3.14] 케이블 규격 상세	112
[그림 3.15] 실험체 계획	113
[그림 3.16] 풍하중 재하 계획	114
[그림 3.17] 케이블과 프레임의 축력	115
[그림 3.18] 케이블과 프레임의 최대 변위	115
[그림 3.19] 실험체 제작도면	116
[그림 3.20] 실험체 제작과정	117
[그림 3.21] 하중재하	118
[그림 3.22] 초기장력 12ton 하중-변위 그래프	119
[그림 3.23] 초기장력 25ton 하중-변위 그래프	119
[그림 3.24] 전경련 케이블 넷 월	120
[그림 4.1] 케이블넷 시스템 시공관리 기술 주요 연구내용	121
[그림 4.2] Cable Mullion System : Juilliard Alice Tully Hall, Entry Wall, New York	123
[그림 4.3] 클램프 형태	124
[그림 4.4] 케이블넷 파사드의 구성요소	124
[그림 4.5] CABLE SET 제품의 형상	130

[그림 4.6] 천공식 루텔 구조(침두식 구형 경첩식 루텔)	134
[그림 4.7] 천공식 루텔 구조(침두식 루텔)	135
[그림 4.8] 천공식 루텔 구조(부두 경첩식 루텔)	135
[그림 4.9] 천공식 루텔 구조(부두식 루텔)	135
[그림 4.10] 협변식 루텔 구조(협변 기둥 경첩식 루텔)	136
[그림 4.11] 협변식 루텔 구조(협변 전체식 루텔)	136
[그림 4.12] 스파이더의 종류 및 구조	136
[그림 4.13] 구형 경첩식 루텔 주요 규격 파라미터 표시도	139
[그림 4.14] 기둥 경첩식 루텔 주요 규격 파라미터 표시도	139
[그림 4.15] 스큐류식 루텔 주요 규격 파라미터 표시도	140
[그림 4.16] 전체식 루텔 주요 규격 파라미터 표시도	140
[그림 4.17] 막대식 유리 클램프	141
[그림 4.18] 줄식 유리 클램프	142
[그림 4.19] 보강식 유리 클램프	142
[그림 4.20] 지지대 침두 사이즈 표시	143
[그림 4.21] 스파이더 바닥 면과 스파이더 구멍 지지 단면의 허가 공차 측정	146
[그림 4.22] 루텔 인장시험 원리 설명도	148
[그림 4.23] 루텔 인장 시험 원리 설명도	150
[그림 4.24] 루텔 인장시험 원리 설명도	151
[그림 4.25] 스파이더 인장 시험원리 설명도	152
[그림 4.26] 보강 스파이더 인장 시험원리 설명도	142
[그림 4.27] 부하-변형 곡선 1	153
[그림 4.28] 부하-변형 곡선2	153
[그림 4.29] 스파이더 압력 시험원리 설명도	154
[그림 4.30] 보강 스파이더 압력 시험 원리 설명도	154
[그림 4.31] 부하-변형 곡선 1	155
[그림 4.32] 부하-변형 곡선2	155
[그림 4.33] 스파이더 압력 시험원리 설명도	156
[그림 4.34] 보강 스파이더 압력 시험 원리 설명도	156
[그림 4.35] 부하-변형 곡선 1	157
[그림 4.36] 부하-변형 곡선2	157
[그림 4.37] 막대 구멍식, 줄식 유리클램프 인장 시험 원리 설명도	158
[그림 4.38] 막대 나사 기둥식 유리 클램프 인장 시험 원리 설명도	158
[그림 4.39] 막대 나사 구멍식 유리 클램프 인장 시험 원리 설명도	159
[그림 4.40] 막대 나사 구멍식 유리 클램프 인장 시험 원리 설명도	159
[그림 4.41] 케이블의 공칭강도(Nominal Strength)	160
[그림 6.1] 인천국제공항 제2여객터미널	176
[그림 7.1] 사업화계획	180

제1장 연구개발 개요

제1절 연구개발 개요 및 목적

1. 연구개발의 개요

2011년 3월 8일 제정이 되어 공포되고 2012년 3월 9일 시행이 된 『초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법』은 50층 이상 또는 높이가 200m이상인 초고층 건축물 또는 지하연계 복합건축물에 대하여 재난 예방 및 피해경감 계획을 수립하고 시행하도록 하는 법령이다. 특히, 특별법의 사전검토 협의내용에는 테러대비 시설설치 및 관리계획이 포함되어 있어 미국의 911 테러 이후 국제적으로 관심이 높아진 테러에 대한 대비계획을 문서화하고 있다.

초고층 건물의 설계 시, 폭발물의 광범위한 위협 및 취약성의 평가 그리고 위험도 분석을 통한 다양한 고려가 이루어져야 한다. 뿐만 아니라 건물과 관련된 잠재적인 위협, 취약성 그리고 위험 등도 고려해야 한다. 일반적인 설계위험은 과거의 이력이나 예상되는 위협을 기초로 하고 있지만, 외부폭발의 경우 차량의 크기에 의해 크게 좌우된다. 또한 내부 폭발의 경우 소량의 폭발물을 서류가방이나 수하물에 숨겨 내부로 반입시켜 상당한 피해를 끼칠 수 있는 내부까지 가져올 수 있다.

폭발하중을 받는 구조물은 하중에 저항할 수 있는 충분한 강성을 지니거나 폭발에너지가 충분히 흡수할 수 있어야 한다. 또한 구조물에 작용하는 하중을 작용 시간의 관점에서 볼 때 폭발하중은 아주 짧은 시간 동안 작용하는 충격압력하중의 일종으로 작용시간이 일반적인 지진의 작용시간에 비해 약 1/1,000 가량 짧고, 작용 크기는 극도로 큰 특징을 가지고 있다.

폭발에는 고온 및 고압의 가스와 함께 폭발물 혹은 구조물의 잔해에 의한 파편, 고온의 열이 방사되며, 그 중에서도 구조물에 높은 온도와 압력으로 작용하게 되는 폭풍파(air blast)가 주요 압력하중으로 고려된다. 폭발물이 바닥이나 혹은 그 근처에서 폭발될 때, 충격파는 반구형으로 방출되고 최대강도의 폭발압력은 폭심지와 거리함수로 감소한다. 입사된 최대압력은 충격파가 확산도중 물체 혹은 구조물과 충돌할 때의 반사율에 의해 증폭된다. 반사율은 충격파의 강도와 충격면의 경사각에 의해 결정된다. 그러나 내부 공간에서 폭발이 발생했을 때, 폭발 부산물이 건물 안에 구속되면서 대기로 방출되어야 하는 준정적 폭발압력을 생산한다. 그러므로 폭발압력의 강도는 폭발물의 무게와 이격거리의 함수이다. 대상 구조물에 매우 인접한 폭약은 구조물의 어느 한 부분에 대하여 강한 충격과 고밀도의 압력을 가하게 된다. 이러한 고강도 압력은 구조재료와 커튼월 등의 건물 외장재를 파괴시킨다.

결국 초고층 구조물과 대공간 구조물은 구조재료와 건물 외장재가 폭발 하중에 저항하도록 설계되어야 한다. 미국방부(DOD - Department of Defence)에서는 건물의 수용인원과 건물의 기능을 기초로 하여 건물이 갖추어야 할 폭발 보호 수준을 지정하고 있다. <표 1-1>은 DOD의 신축 건물에 대한 보호 레벨을 나타낸 것으로 폭발의 양과 폭발의 결과로 구조물의 붕괴나 사망, 부상을 최소화하기 위해 요구되는 보호 수준을 나타내고 있다. GSA와 ISC(Interagency Security Committee) 또한 이 보호수준을 사용하고 있다.

<표 1.1> DOD의 Minimum Antiterrorism Standards for New Buildings

보호레벨	잠재적인 구조손상	잠재적인 문과 유리의 위험	잠재적인 부상
대테러의 기준	심각한 손상. 프레임의 붕괴/ 거대한 파괴.	문과 창문의 파괴와 치명적인 위험을 초래함.	대부분의 인원이 사망.
매우 낮음	심각한 피해: 구조재의 붕괴가 시작하고, 주요구조부재와 부차적인 구조부재의 심각한 변형한다. 하지만 연쇄붕괴와는 다르다.	비구조부재의 붕괴. 문은 실 내부로 날아 들어가, 심각한 위험을 초래 할 것이다.	대부분의 사람들은 심각한 부상을 당한다. 사망자의 숫자는 많지 않을 것이다. (10%-25%)
낮음	보통의 피해 : 보수가 불가능하고, 비구조부재와 이차 구조부재의 심각한 변형과 주요 구조부재의 작은 변형이 시작된다. 연쇄붕괴와는 차이가 있다.	유리는 파손되지만, 벽에서 1m 안이나 그 외의 주요한 파편 위험은 없다. 문은 파손될 것이며, 프레임 밖으로 튕겨나가지만, 적은 위험을 준다.	대부분의 사람들은 심각한 부상을 입는다. 사망자는 적을 것이다.(10% 미만)
보통	경미한 손상 : 보수가 가능하다. 비 구조부재와 이차 구조부재의 경미한 손상과 주요 구조부재는 손상이 없다.	유리는 깨지지만, 창문 프레임이 남아있을 것이다. 문은 프레임에 남아있지만, 다시 사용할 수는 없다.	가벼운 부상을 입지만, 사망의 가능성은 희박하다.
높음	극히 적은 손상, 보수가 가능하다. 주요 구조부재와 이차 구조부재나 비구조부재의 손상은 없다.	유리는 깨지며, 문은 다시 사용 가능할 것이다.	경미한 부상만을 입을 것이다.

2. 연구개발 목적

본 연구는 최종적으로 방폭성능을 가진 시작품 제작과 제작된 시작품의 방폭성능 실험을 수행하고 그에 따른 설계 매뉴얼과 시공 매뉴얼 작성을 목적으로 한다. 폭발 하중에 견디기 위하여 케이블 넷 시스템의 연성 능력 확보가 중요하기 때문에 외장재(유리 파사드)의 안정성과 연성 능력 확보를 위한 케이블의 적정 스트레스 및 배열에 대한 연구가 필요하며 시스템에 변형이 일어날 때 자유자재로 움직일 수 있는 연결부의 개발이 필요하다.

자료수집 및 해석, 설계 매뉴얼 작성과 설계 매뉴얼을 근간으로 정작구 및 연결부 개발과 시공 매뉴얼 작성을 진행하며 이후에 설계와 시공 매뉴얼을 바탕으로 시작품 제작 및 실험이 진행될 것으로 보인다. 케이블 넷 외장재에 대한 시공 사례가 국내에 전무한 상태로 자유 연결부에 대한 자료 수집의 한계가 있으며, 현 단계에서는 이전 보다 강한 방폭성능을 가지는 유리 파사드에 적용되는 케이블 넷 시스템의 개발을 목표로 한다.

또한 유리파사드의 케이블넷 시스템을 사용하는 다중이용시설에 대한 폭발물테러의 피해경감을 위한 가이드라인 개발과 다중이용시설의 차량진입을 저지하기 위한 블라드 개발을 목표로 한다.

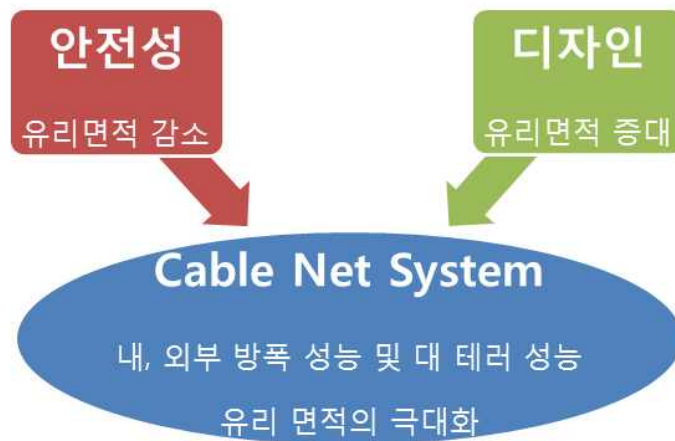
제2절 연구개발의 필요성 및 기대효과

1. 연구개발의 필요성

최근 들어 테러리즘의 대상 범위는 보다 광범위해 지고 있으며, 국내의 테러위험이 지속적으로 증가하고 있다. 2008년부터 국내 방폭창 시장이 형성되었으며, 용산미군기지를 시작으로 그 수요가 급증하고 있다. 현재 방폭창의 대부분의 제품은 외산재에 의존해 왔으며 최근 국내 업체들도 뛰어들고 있는 실정이다. 특히 공공 시설물중의 하나인 공항 구조물 및 고층 건물에 대한 위험도가 증가하고 있으며 이에 따른 외장재의 역할도 중요하게 되었다.

일반적으로 방폭 성능의 안전성을 증가하기 위하여 유리의 사용 면적을 줄이는 방법은 디자인 및 사용성에 문제와 상충하여 이에 대한 대안이 필요 시 되고 있다. 그러나 기존 개발된 대부분의 방폭창은 알루미늄 창호를 이용 강한 접합을 가지고 고정 형태의 구조물이었다. 그러나 대공간 및 초고층 건물에서는 연성지지 형태의 창이 디자인 및 수요성에 유리하다. 그에 따라 케이블 넷 시스템을 사용한 방폭 및 대테러 성능 개선 기술의 개발이 필요하다.

현재 개발된 해외 시공 사례를 보면, 대테러 요구 성능 대비 미미한 수준이며, 적용된 기술은 동적하중이 작용하였을 때 연성적 거동특성에 대한 연구와 이에 대한 기술을 적용한 사례이다. 그러나 대테러 요구 성능에 준하는 안정성을 보유할 수 있는 케이블 넷 시스템을 개발하기 위해서는 기존 기술보다 강한 동적하중에 반응할 수 있는 기술의 확보가 필요하다. 이 기술은 앞으로 지역 랜드마크 건물 및 공공시설, 그리고 초고층 건물에 사용되는 외장재에 중요한 기술로 자리 잡을 것이다.

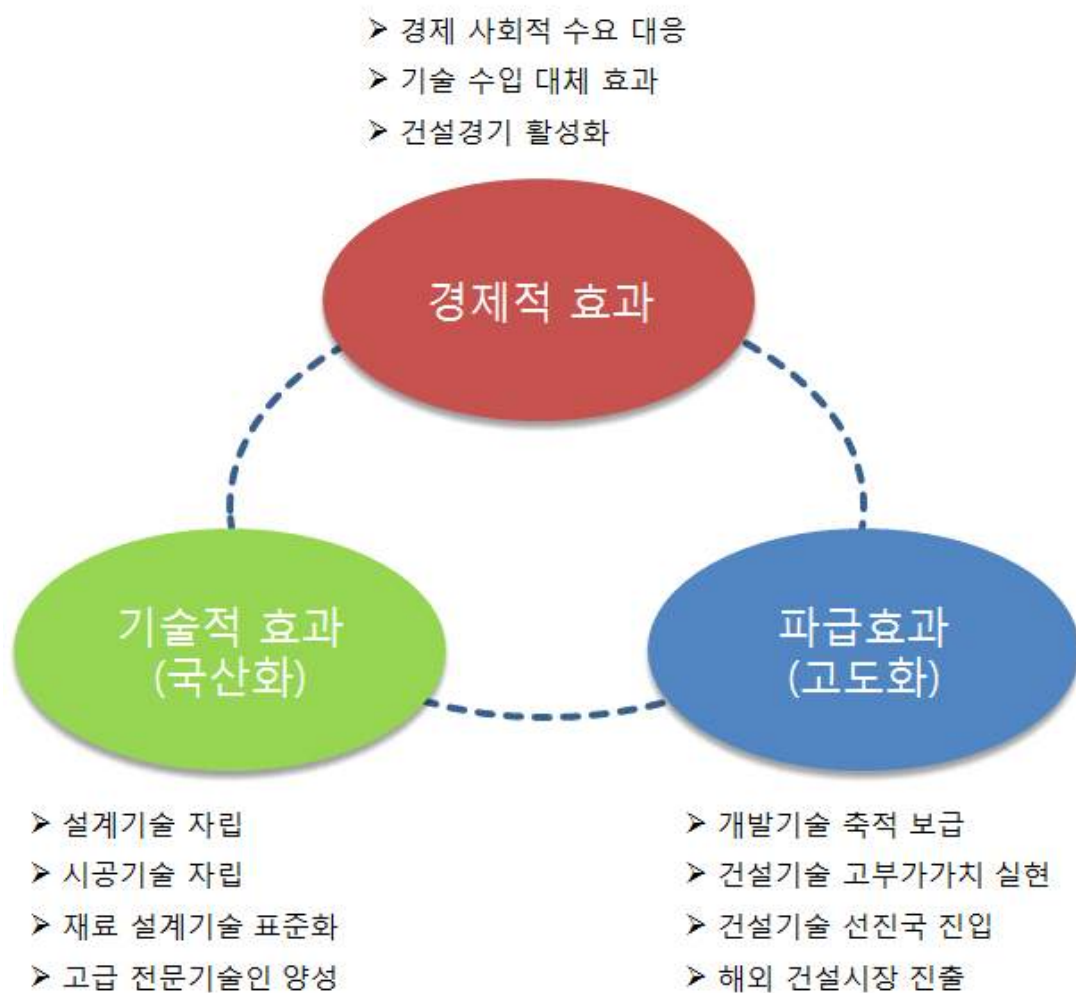


[그림 1.1] 기술개발 개요

2. 기대효과

본 연구의 기대효과는 아래 그림과 같이 크게 기술적, 경제적 효과로 나누어 볼 수 있다. 연구 과제를 수행함으로써 기술적으로 설계 및 시공기술 자립과 파사드에 적용되는 케이블의 재료 및 설계기술 표준화, 고급 전문기술인 양성의 효과가 기대된다. 또한 경제적인 측면에서 현재 국내의 경제, 사회적 수용에 대응이 가능하고 해외 기술에만 의존하던 기술 손질의 대체 효과를 기대할 수 있다. 더불어 침체된 건설경기의 활성화가 기대된다.

이러한 기술적, 경제적 기대효과를 바탕으로 본 연구가 종료된 현재, 국내 케이블 넷을 활용한 파사드 건축 산업은 축적된 개발기술 보급, 고부가가치 창출 뿐만 아니라 해외 건설시장 진출을 통한 건설기술 선진국 진입이 가능하다.

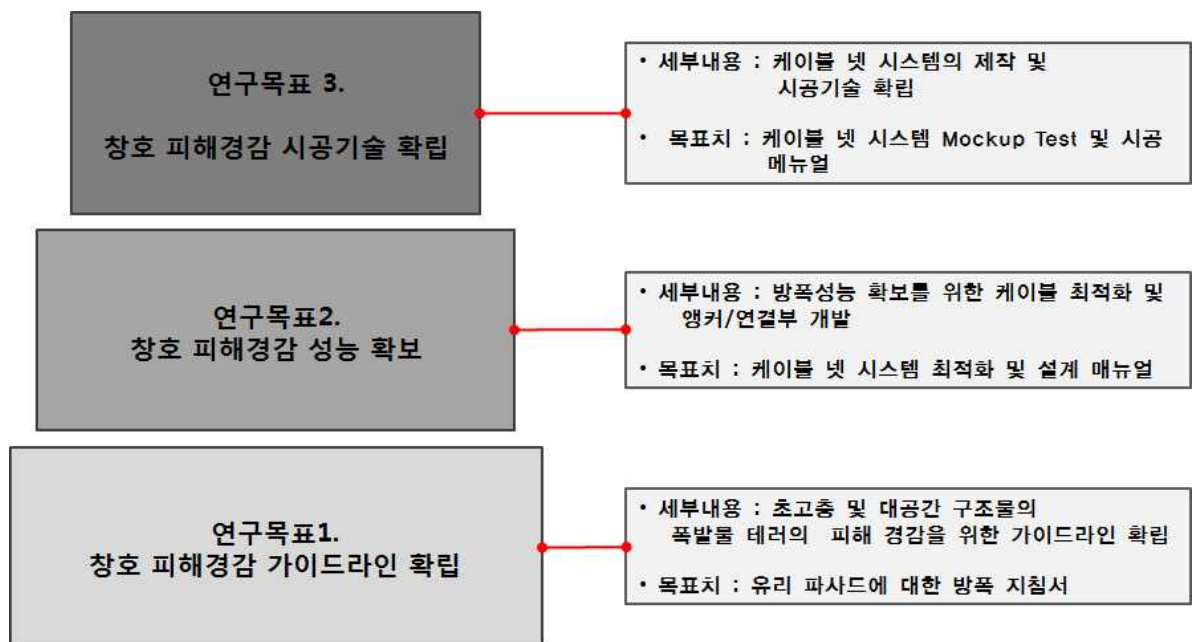


[그림 1.2] 기술개발 효과

제3절 연구내용 및 범위

1. 연구목표 및 범위

- 연구목표 1. 대테러 가이드라인 확립
세부내용. 초고층 및 대공간 구조물의 폭발물 테러의 피해 경감을 위한 가이드라인 확립
성과항목. 국내 표준채택, 표준화활동기반구축
목표치 및 성과물 명칭. 유리 파사드에 대한 방폭 지침서
- 연구목표 2. 대테러 성능 확보
세부내용. 방폭성능 확보를 위한 케이블 최적화 및 정착구/연결부 개발
성과항목. 실용화 및 상용화, 수출입
목표치 및 성과물 명칭. 케이블 넷 시스템 최적화 및 설계 매뉴얼
- 연구목표 3. 대테러 시공기술 확립
세부내용. 케이블 넷 시스템의 제작 및 시공기술 확립
성과지표. 생산성 제고
목표치 및 성과물 명칭. 케이블 넷 시스템의 시공 매뉴얼



[그림 1.3] 연구목표

2. 연구의 내용

- 폭발물 테러에 의한 피해 경감을 위해 구조계획 단계에서 여러 구조요소(적정 스패, Bay, 전이보, 기둥 높이, 기둥의 접근성)에 대한 검토가 필요하며 다음과 같은 개념(연성, 잉여력, Tie 디테일, 질량등)이 요구된다.

- 연성(Ductility)

연성은 건물의 재료, 시스템 혹은 구조물이 비탄성 영역으로 변형함으로써 에너지를 흡수하는 능력이다. 구조물이 허용된 변형 이내에서 붕괴 없이 에너지를 흡수하는 능력은 매우 바람직한 특성이다. 폭발물 테러가 발생 시 부재와 부재사이 접합부에 큰 변형이 발생하는 동안 강성과 같은 저항력을 유지하는 것이 매우 중요하다. 폭발물 테러에 의한 피해를 경감시키기 위해서는 폭발의 영향으로 주요구조요소와 2차 구조요소가 구조적인 붕괴를 발생시키지 않고 탄성한계 이후에도 잘 변형하는 것이 중요하다. 따라서 구조요소와 접합상세에 있어서 연성구조 재료의 사용을 권장하며, 구조부재가 파괴되었을 경우 하중의 재분배를 고려할 때 연성적인 반응을 보이는 능력이 요구된다. 구조시스템 가운데 철근콘크리트 모멘트 골조는 플랫슬래브나, 플랫플레이트 구조보다 더 큰 연성을 가진다. 메탈데크를 이용한 스틸프레임의 연성은 접합상세에 의해 결정된다. 프리텐션 또는 포스트텐션 구조는 비정상 하중형태와 상승하중(load reversal)에 대한 저항력이 거의 없으므로 사용 시 유의해야 한다.

- 잉여력(Redundancy)

잉여력은 폭발하중에 대하여 우수한 성능을 나타내기 위한 기본적인 특성이다. 잉여력으로 인하여 구조부재에 부과되는 높은 요구량을 감소시킬 수 있다. 하나의 접합부 혹은 요소의 파괴가 구조물 전체의 안정성에 나쁜 영향을 미치지 못하도록 잉여 시스템을 제공하는 것이 바람직하다. 만약 잉여시스템이 없다면 구조물이 안정성을 유지하기 위해서 모든 요소가 기능을 유지해야 하는 것이다. 연쇄붕괴를 고려하여 여분의 횡력과 수직력에 견딜 수 있는 구조시스템의 사용을 강력히 권장한다. 잉여력은 더욱 강한 구조로 만들어줄 뿐만 아니라, 구조 요소에 붕괴가 있을 경우에 대체하중경로를 통한 이동을 가능하게 한다. 또한 잉여력은 붕괴를 억제 할 수 있는 가능성을 높여준다. 구조시스템 가운데 철근콘크리트 모멘트 골조는 플랫슬래브나, 플랫플레이트 구조보다 더 큰 잉여력을 가진다.

- Tie 디테일

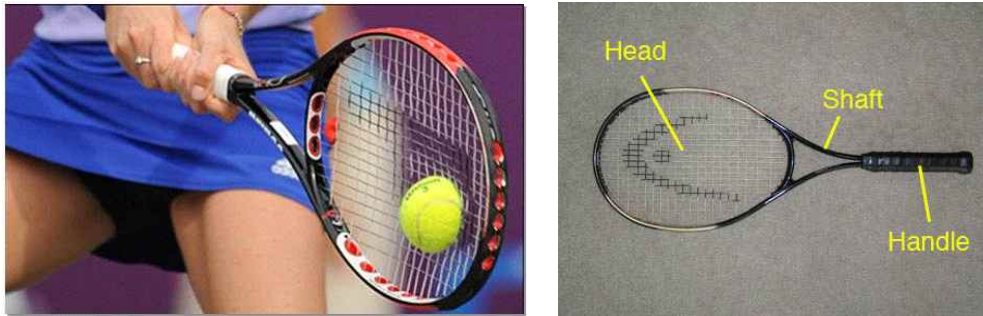
수직방향의 타이결합시스템은 폭발물 테러 등의 재난적사건 중에 하중 재분배능력이 있으므로 폭발물 테러 피해경감을 위해 고려되어야 한다.

- 질량

경량구조는 폭풍파에 낮은 저항을 가지므로 폭풍파 저항에 부적합하고, 콘크리트를 충전하지 않은 스틸데크 지붕 등은 낮은 저항력을 가지므로 부적합하다.9)

- 본 과제에서 개발하고 하는 『방폭 유리 파사드를 위한 케이블 넷 시스템』은 테니스라

켓의 이론과 유사하다. 테니스공이 라켓의 Head 부분에 부딪히면 테니스줄과 Shaft가 변형을 일으키며 에너지를 흡수하고 그 반발력으로 테니스공이 튕겨나가게 된다. 이처럼 외부나 내부에서 발생할 수 있는 폭발 압력이 유리 파사드에 전달이 되면 유리를 지지하고 있는 케이블 넷이 폭발에너지를 흡수하고 그 반발력을 이용하여 에너지를 외부에 전달하게 된다.



[그림 1.4] 케이블 넷 시스템의 이론과 테니스라켓 명칭

제4절 국내외 기술개발 현황

1. 국내 기술동향

방폭창 시장이 본격적으로 형성된 건 남선알미늄, 이진창호가 제품을 선보이기 시작한 2008년부터이다. 이후 2009년 LG하우시스가 알루미늄 창호사업을 강화하면서 방폭창을 개발해 선보였으며 커튼월 업체 알루텍은 지난해 이스라엘 ARPAL Aluminum사와 국내 독점 판매 및 해외 판매에 대한 계약을 체결하면서 국내 시장에 공급하고 있다. 다음은 국내 방폭창 시장에 진출한 업체에 대한 분석이다.

아래에 언급된 업체의 보유 기술은 유리와 알루미늄 틀로 이뤄진 창이 개별적으로 폭발하중을 지지하는 기존 방식이지만 추가 개발 기술은 구조물 전면에 유리 파사드가 설치되고 이를 지지하는 케이블 넷이 테니스라켓과 유사하게 폭발하중에 의한 에너지를 흡수하여 유리 파사드 시스템에 연성을 부여할 수 있다는 차이점이 있다.

- 남선알미늄

기술내용 : 남선알미늄은 2009년 5월 세계 최초 34PSI 폭압 성능을 인정받으며 방폭창 시장에서 활발한 활동 중. 지난 2008년 미국 공인인증을 받은 방폭창은 남선알미늄은 평택 미군기지 이전, 일본 오키나와 미군 기지의 광 이전에 따른 방폭창 사업 수주 활동을 진행.

공법의 원리, 특징 및 기능 : SF, FIX, T&T, PJ, CA, DOOR 용도제품과 폭압등급별 6~34PSI의 군수뇌부, 숙소 등 건물의 성능 충족 가능 제품들이 개발.



[그림 1.5] 남선알미늄 방폭창

- LG하우시스

기술내용 : 폭압 에너지를 대폭 절감할 수 있는 AL Profile 설계를 구현. 하드웨어 부분에서 독일 ROTO사와의 코워킹을 통해 최적의 하드웨어를 설계 적용. 방탄유리는 기존의 방폭 기능에 방탄 기능까지 추가로 확보했으며, GE사와 협의해 구조 실란트 설계를 구조 계산, 안전성을 더욱 강화.

공법의 원리, 특징 및 기능 : UFC 기준 방폭성능 테스트 결과, 6psi와 10psi의 성능을 획득. 미국 AAMA Test를 통해 AW 80~100등급의 성능을 인정. 구조 성능에서도 방폭창호 6종 모두 AAMA 규격 AW Class 기준 PG 80 ~ 100 내풍압성 기준치를 만족.



[그림 1.6] LG하우시스 방폭창

- 국영에스원

기술내용 : 방폭창호 시스템 , 방탄유리, 방범유리, 방화유리, 특수유리 사업뿐만 아니라 System Window 공사, Curtain wall 공사, APG(SPG, TPG, DPG) System, Glass Total Solution과 해외공사 납품도 활발히 진행. 유리종합 컨설팅회사로 방폭창 사업에 있어 가장 활발히 활동하고 있는 업체. 국내 미군부대 FED에 주도적으로 납품해온 USA B-PRO SAFEGUARD와 전략적 제휴를 했으며 그 결과 청와대 지역에 B-PRO의 Bomb blast Protection Window 제품을 납품 시공했으며 최근에는 평택기지에 국내 창호업계 최초로 국내에서 유일하게 가장 큰 규모의 방폭창호 시공현장인 한화건설 미군부대 숙소 공사를 수주해 공사를 완료.

- 이견창호

기술내용 : 지난 2006년부터 국방과학연구소(ADD)와 공동연구(한국 방폭창 기술표준 구축 프로젝트)을 통해 방폭창의 국산화를 위한 개발을 활발히 진행. 방폭창 연구 진입단계부터 미국과 이스라엘 등 방폭창 선진국들이 정한 기술표준을 뛰어넘는 제품개발 및 기술표준을 만들기 위해 美 극동공병단(FED)과 방폭창에 대한 긴밀한 기술 협조체계하에 관련 기술 솔루션을 개발해왔다.

공법의 원리, 특징 및 기능 : 2008년 초 자체 개발한 방폭창에 대해 국내인증 KOLAS (한국교정시험기관인정기구) 인증을 획득하고 2008년 12월 미국 방폭창 전문테스트 업체 ARA(Applied Research Associate. Inc)에서 진행한 테스트에서 10PSI 등급을 획득. 10PSI 등급은 총 2종류 5세트의 방폭창에 대해 18kg의 TNT 폭탄을 15m 앞에서 터뜨렸을 시 폭압을 견딜 수 있는 등급이며, 이는 미 군사시설에서 사용 가능한 6PSI 이상으로 미군기지 이전의 까다로운 요구에 충족하는 등급.

- 알루텍

기술내용: 알루텍은 지난해 세계 최고 방폭창 제조업체인 이스라엘 ARPAL Aluminum(아르팔 알루미늄)사와 국내 독점 판매 및 해외 판매에 대한 계약을 체결, 방폭창 시장에 진입하면서 아르팔사의 뛰어난 기술력과 실적을 바탕으로 개발된 다양한 고성능 방폭용 제품으로 방폭창 시장 공략. 이스라엘에 소재한 아르팔사는 1986년에 설립되어 방폭창, 방탄창, 침입방지창 등에 특화된 창호 업체로 전 세계 30만 곳 이상의 시공실적을 보유하고 있는 세계 최고의 방폭창 업체.

공법의 원리, 특징 및 기능 : 방폭창은 300PSI를 견딜 수 있는 고풍압 등급 제품으로, 방폭력이 매우 우수한 제품.



[그림 1.7] 알루텍 방폭창

2. 국외 기술동향

가. 해외 케이블넷 제작 업체 방문(중국 KINLONG)

- 중국은 2008년 베이징올림픽, 2010년의 상하이 엑스포와 광저우 아시안게임을 준비하면서 최신건설기술을 도입한 새로운 건축물의 메카로 떠오르고 있고, Cable-net 시스템을 적용한 건축물이 국내에 비해 많이 건설되었음.
- 따라서 중국에서 적용된 Cable-net 시스템의 요소기술과 Cable-net 관련 제품의 제작, 생산 방법을 이해하여 본 연구 목적 중 하나인 Cable-net 시스템의 시방서 개발을 위한 기본 연구를 위해 중국 KIN LONG 방문 실시함.
 - 방문일시 : 2013년 02월 25일(월) ~ 02월 28일(목)
 - KIN LONG사는 건축하드웨어(창호철물)에 대한 연구, 제조 및 마케팅을 전문으로 하고 있으며, 기술 및 생산직을 포함하여 5000여명이 종사하고 있고, 100여개 국에 제품을 제공하고 있음.
 - 각 제품의 생산 공정은 제품의 특성, 형태의 다양성으로 대부분 수작업으로 진행되고 있었으며, 생산, 가공, 조립설비를 갖춘 대규모 회사.

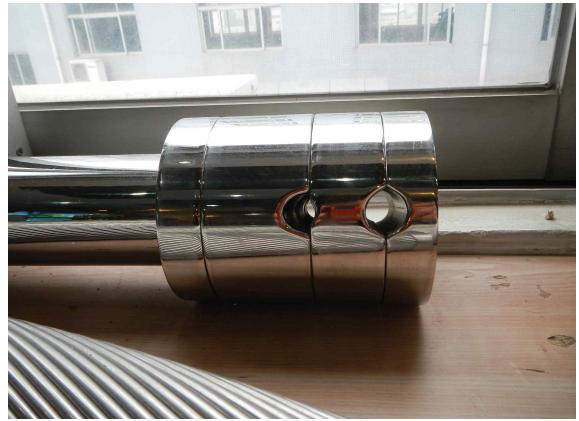


[그림 1.8] KINLONG 방문/세미나

- 또한 전세계 많은 도시의 여러 유명한 랜드마크적인 프로젝트의 문, 창 및 커튼월관련 제품을 공급하고 있음.
- 특히, 케이블넷에 사용되는 Routel, Connector, Spider, Galass Clamp, Strut Bar, Tension Rod, Tension Cable 일체에 대한 생산, 제작 공정을 갖추고 있음.



[그림 1.9] Routel



[그림 1.10] Connector



[그림 1.11] Spider



[그림 1.12] Galass Clamp



[그림 1.13] Tension Rod



[그림 1.14] Tension Cable



(a) 플라스틱 모형 제작



(b) 플라스틱 모형 손질 및 세척



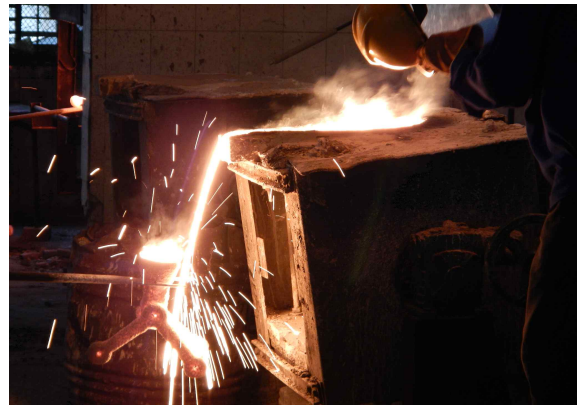
(c) 플라스틱 모형에 외부
샌드뽐칠(주형제작용)



(d) 고온가열(플라스틱 모형 녹임 및
샌드양생)



(e) 주물 주형 완성



(f) 주형에 쇠물 붓기



(g) 주물 마감작업



(h) 완성품

[그림 1.15] 제품 제작 공정

- 견학을 통하여 Cable-net의 제작, 시공에 대한 기초 자료 조사와 추후 과제 수행을 위한 인적 네트워크 구축, 케이블넷 기준이 포함된 중국 커튼월 기준을 수집함.
- 중국의 커튼월 기준은 JGJ102-2003 『Technical code for glass curtain wall engineering』 과 JG/T 138-2010 『Point supporting device for architectural glass』 기준을 사용함.

ICS 91.060
Q 73

JG

中华人民共和国建筑工业行业标准

JG/T 138—2010
代替 JG 138—2001

建筑玻璃点支承装置

Point supporting device for architectural glass

2010-04-14 发布

2010-08-01 实施



中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

[그림 1.16] 중국 JG/T 138-2010 『Point supporting device for architectural glass』 표지

中华人民共和国行业标准

玻璃幕墙工程技术规范

Technical code for glass curtain wall engineering

JGJ 102—2003

J 280—2003

2003 北 京

第 1 页

[그림 1.17] 중국 JGJ 102-2003 『Technical code for glass curtain wall engineering』 표지

제2장 대테러가이드라인 개발

제1절 대테러 가이드라인 1차 방어선 가이드라인

1. 서론

- 냉전의 시대가 종식된 후 세계는 “테러”라는 새로운 위협의 시대를 맞이하고 있음 대표적인 테러의 사례로 언급되는 2001년 9월 11일 발생한 세계무역센터(World Trade Center)에 대한 테러공격으로 쌍둥이 빌딩이 무너지고, 무고한 시민 2,749명이 목숨을 잃었음 이러한 테러의 대상은 기존에 공공건물이나 핵심기반시설 등의 국가시설을 대상으로 발생하였던 반면, 최근 발생하고 있는 테러의 대부분은 불특정 다수의 사람이 모이는 일반 건물로 그 대상이 변해가고 있음¹⁾ 또한 극단적 종교나 이데올로기에 의한 테러리즘으로부터 상대적으로 안전한 국가로 분류된 우리나라도 최근 국제적 위상 및 역할 확대에 따른 이라크, 아프가니스탄 파병 등으로 알카에다와 같은 국제적 테러세력의 위협으로부터 자유롭지 못한 국제상황이 조성되고 있음.
- 이러한 테러의 발생유형 중 폭발물을 이용한 테러가 전체의 56%로 절반 이상을 차지하고 있으며, 폭발물 테러가 건물에서 발생 시 엄청난 인명 및 재산피해를 초래함²⁾ 그 중 초고층 건물에서 발생하는 폭발물 테러는 일반 건물보다 더 높은 위험도를 가짐 이는 건물의 고층화로 인한 단일면적내의 사용자 증가로 폭발물 테러 발생 시 많은 사상자를 유발할 수 있으며, 국가적, 지역적, 랜드마크 역할로 대중매체 등에 널리 알려져 있어 테러를 통한 위협효과를 극대화시킬 수 있기 때문임 또한 초고층 건물은 용도 면에서 업무, 주거시설로서 사용되어지면서 접근이 용이해 국가시설보다 테러의 대상으로서의 위험도가 증가한 원인으로 작용하였음¹⁾ 테러에 의한 불확실한 위협으로부터 유발되는 피해를 최소화하기 위하여, 각국에서는 테러의 피해경감을 위한 연구를 진행하고 있음 이러한 연구는 미국을 중심으로 활발하게 진행되고 있으며, 미국 연방조달청(GSA - General Service Administration)과 미 국방부 (DOD - Department of Defence)에서는 다양한 설계 가이드라인을 발표하였으며, 미국 연방재난관리청(FEMA - Federal Emergency Management Agency)에서는 테러피해 경감을 위한 다양한 지침서를 발표하였음 국내에서는 이경훈(2009)의 국내 다중이용시설의 테러예방설계를 위한 기초연구¹⁾가 발표되었으며, 2010년 4월 “건축물 테러예방 설계 가이드라인⁴⁾”을 발표 시행하고 있음 가이드라인에는 폭발물 테러 경감을 위한 건물외피경계 및 실내공간의 디자인적 요소를 중심으로 한 연구가 진행 되었으며, 폭발물 테러가 발생 시 형성되는 폭발압력과 그에 따른 부재손상 경감을 위한 구조설계에 관한 연구는 아직까지 미흡한 실정임
- 본 연구에서는 FEMA 455 - Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to

1) 이경훈. 국내 다중이용시설의 테러예방설계를 위한 기초연구- 건물외피경계 및 실내공간의 디자인 요소를 중심으로, 테러정책, 제6호 2009

2) 최진태. (2008) 미래 국제 테러 유형과 전망에 관한 연구, 한국경호경비학회지 제 15호, pp. 337~355.

Evaluate Terrorism Risks³⁾를 이용 테러경감 구조설계 가이드라인의 필요성을 확인하였으며, 대상건물이 가지는 위험도를 FEMA 455에서 제시한 기준에 따라 분류하였음 또한 FEMA의 Risk Management Series(426, 427, 452, 455)의 구조시스템 및 구조요소에 관한 항목을 토대로 국내건물에 사용되는 테러경감을 위한 구조설계 가이드를 선정하고자 본 연구를 수행 하였음.

<표 2.1> 연구 흐름도

연구의 배경 및 목적
• 최근 전 세계적으로 폭발물 테러와 초고층건물 증가 • 초고층 건물의 폭발물 테러발생시 많은 피해 발생 • 국내 건물의 폭발물 테러경감을 위한 연구가 미흡
연구의 범위 및 방법
• FEMA 455 분석을 통한 구조시스템 분석 • FEMA의 Risk Management Series를 토대로 국내 고층 초고층 건물의 구조설계 가이드 작성

2. 테러 대상으로서의 초고층 빌딩

가. 시대적 변화에 따른 테러의 유형

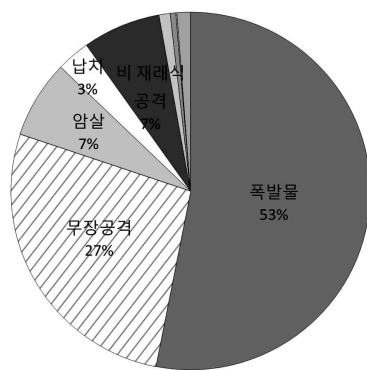
(1) 테러 유형

- 테인 할 수 있듯, 조사가 시작된 1968년부터 2006년까지 발생한 3만2000여건의 테러 사건가운데리스트의 공격 유형은 폭발물 테러, 무장공격, 암살, 납치 등이 있음 <표 2.2>에서 확대 전체의 57%인 1만8000여건이 폭발물을 테러로 조사되었음 이외에도 [그림 2.1과 같이 사망자수 역시 전체의 절반 이상을 차지하고 있음을 알 수 있음 이러한 폭발물 테러가 초고층 빌딩에서 발생 시 폭발에 의한 1차적 피해뿐 아니라 비산파편과 연쇄붕괴 등의 추가적인 피해를 발생시켜 더욱더 많은 사상자를 발생시킬 수 있음

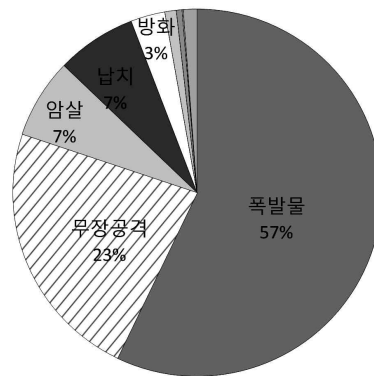
3) Geoff Craghead. (2009) High-Rise Security and Fire Life Safety, Third Edition

<표 2.2> 테러 유형 현황 (1960-2006)

공격 유형	사건 수	부상자 수	사망자 수
폭 발 물	18,115	87,086	24,472
무 장 공 격	7,298	14,267	12,409
암 살	2,361	1,296	3,021
납치 (인질)	2,190	192	1,459
방 화	1,065	332	382
하 이 재 킹	229	376	482
기 타	166	426	152
비(非)재래식 공격	56	2,440	3,004
미 학 인	414	296	565
합 계	32,103	108,920	46,849



[그림 2.1] 테러유형에 따른 사건발생 현황



[그림 2.2] 테러유형에 따른 사망자 발생현황

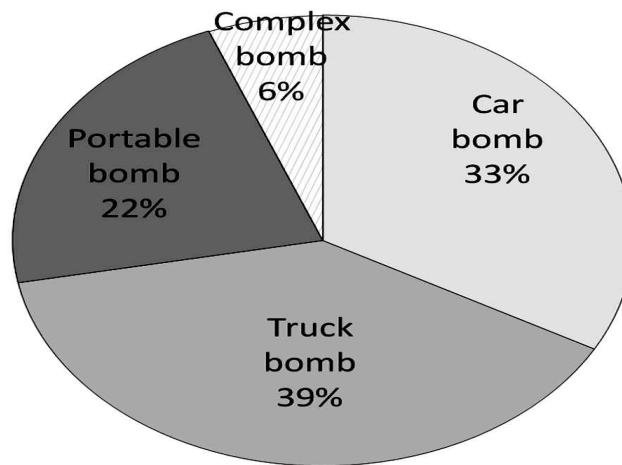
(2) 폭발물 테러

- 폭발물 테러는 폭발물을 이용하여 사람을 살상하거나 건물과 같은 시설물과 비행기 등의 장비를 파괴하는 전술형태를 말함 이러한 폭발물 테러는 대량살상, 대량파괴, 심리적 위협 효과의 극대화를 가져옴 오늘날 대도시의 인구 집중 현상과 복잡성으로 인하여 피해 및 혼란 효과의 극대화를 가져올 수 있음⁴⁾
- <표 2.3>은 1993년 이후 전 세계적으로 일어난 주요 폭발물 테러의 발생장소와 사상자 수를 나타낸 것임 발생장소에서 전체 18건 가운데 72.2%인 총13건이 건물에서 발생하였으며, 그로인한 인명피해 역시 상당한 것으로 나타남³⁾

4) 최진태. (2008) 미래 국제 테러유형과 전망에 관한 연구, 한국경호경비학회지 제 15호, pp. 337~355.

<표 2.3 > 1993년 이후 주요 폭발물 테러사례⁴⁾

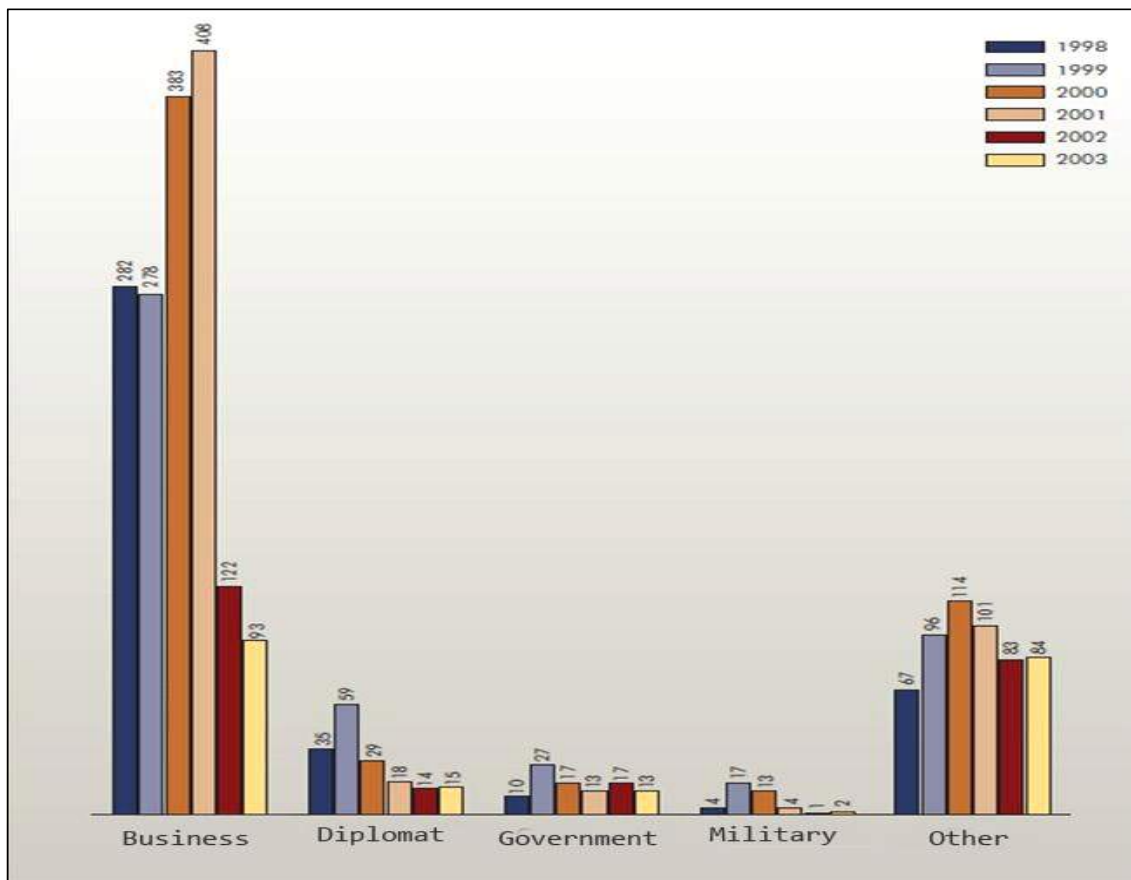
Date	Incident	Means of Attack	Persons Killed/Injured
1993. 2. 26	New York World Trade Center New York	Truck bomb	6 killed, 1,042 injured
1993. 4. 24	Bishopsgate area of London 's financial center, London	Truck bomb	1 killed, 44 injured
1995. 4. 19	Alfred P. Murrah Building Oklahoma City, U.S.	Truck bomb	167 killed, 782 injured
1996. 6 . 25	Khobar Towers, residential military complex, Dhahran, Saudi Arabia	Truck bomb	19 Americans killed, 372 injured
1998. 8. 7	U.S. embassies, Kenya and Tanzania	Truck bomb	224 killed (including 12 Americans), 5,000 injured
2002. 5. 8	Sheraton Hotel, Karachi, Pakistan	Car bomb	14 killed (including 11 French engineers, 3 Pakistanis)
2002. 10. 12	Nightclub, Bali, Indonesia	Car bomb and backpack bomb	202 killed (164 foreign nationals included 88 Australians, 7Americans), 350 injured
2002. 11. 28	Hotel, Mombassa, Kenya	Car bomb	13 killed (including 3 Israelis), 80 injured
2003. 5. 12	Residential compounds, Riyadh, Saudi Arabia	3 car bombs	35 killed (including 9 Americans), nearly 200 injured
2003. 8. 5	JW Marriott Hotel, Jakarta Indonesia	Car bomb	11 killed (including 2Americans), 144 injured
2003. 11. 20	HSBC Bank AS and British embassy, Istanbul, Turkey	2 truck bombs	30 killed, 400 wounded
2004. 3. 11	Commuter trains, Madrid Spain	10 portable Ξ bombs	191 killed, approx. 2,000 injured
2005. 7. 7	London transportation system	4 portable bombs	52 killed, approx. 700 injured
2005. 7. 21	London transportation system	5 portable bombs failed to detonate	1 injury
2006. 6. 11	Commuter trains, Mumbai, India	7 blasts of portable bombs	209 killed and more tan 700 injured
2007. 6. 29	Haymarket nightclub and Cockspur Street, London	2 car bombs before detonation	No fatalities or injuries
2008. 9. 20	Marriott Hotel, Islamabad, Pakistan	Truck bomb	53 killed, more than 250 injured
2008. 12. 26	Taj Mahal Palace and Tower Hotel and the Oberoi Hotel, a train station, a Jewish Center, a movie theater, and a hospital Mumbai, India	Machine guns, hand grenades military-grade explosives	171 killed (including 6 foreigners) and more than 300 injured



[그림 2.3] 공격방법에 따른 폭발물 테러 분류

- [그림 2.3]에서는 1993년 이후 주요 폭발물 테러의 공격방법에 대한 분포도로 전체 18건 가운데 차량을 통한 폭발물 테러는 일반차량을 사용한 폭발물 테러가 전체의 33%, 트럭을 사용한 폭발물 테러가 전체의 39%로 전체 테러가운데 차량을 이용한 폭발물 테러가 전체의 72%로 나타났음 이러한 결과로 비추어 볼 때 인구가 밀집되는 건물을 대상으로 한 폭발물 테러는 인명, 재산에 대한 상당한 피해 뿐 아니라, 심리적인 위협 효과도 크기 때문에 테러리스트의 주된 목표가 되고 있음을 확인할 수 있음 또한 대부분의 폭발물의 운반 도구로 사용되는 자동차는 산업의 발달로 인한 이용의 대중화로 다량의 폭발물을 손쉽게 운반 할 수 있어 폭발물 테러를 가중시키는 주원인을 제공하였음
- 폭발물 테러의 피해는 크게 직접적 피해와 간접적 피해로 나누어 볼 수 있음 직접적 피해는 폭발로 인한 충격파로 외벽 창문, 지붕, 바닥, 기둥 등의 붕괴 및 파손을 말하며, 간접적 피해는 직접적 피해로 인해 다른 건물의 구성요소로 이어지는 연속적 붕괴 과정을 말함

나. 테러대상으로서의 다중이용시설



[그림 2.4] 시설유형별 테러피해 국제 통계

- 미 국무부에서 2003년 발표된 Pattern of global Terrorism 2003의 시설 유형별 테러피해 국제통계에 따르면, 시설 유형별로 분류된 5가지 유형 가운데 업무시설의 테러발생빈도 증가가 다른 유형의 건물의 테러 발생 증가량에 비해 큰 비율을 차지하는 것을 알 수 있음 이는 다른 정부건물보다 일반 업무빌딩의 수가 많은 이유도 있겠지만, 업무시설이 다른 정부시설에 비해 광범위하게 분포하고 있으며, 접근이 용이하다는 점이 작용한 것으로 보임 또한 인구의 밀집과 건축기술의 발달에 따른 업무시설의 고층화로 단일 면적 내의 사용자가 많아져 일반적으로 고층의 빌딩이 아닌 정부시설보다 많은 사상자를 유발시킬 수 있으며, 동시에 테러의 위협으로 인한 위협 효과 또한 극대화시킬 수 있음 이러한 측면에서 볼 때, 일반 빌딩에 비해 상대적으로 인구 밀집도가 높고, 일반인의 접근이 용이하며, 지역의 랜드마크 역할을 하는 초고층 빌딩의 테러위협은 시간이 지날수록 증가할 것으로 예상됨

3. 해외 기준분석

가. 해외기준

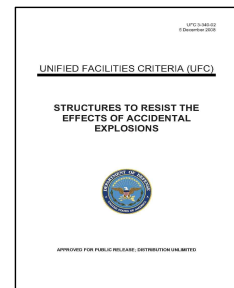
- 폭발물 테러에 의한 피해가 꾸준히 증가하고 있는 가운데, 미국을 중심으로 테러피해 경감을 위한 다양한 연구가 진행되고 있음 미 연방조달청(GSA - General Service Administration)과 미 국방부(DOD - Department of Defence), 미 연방재난관리청(FEMA - Federal Emergency Management Agency)등에서 테러피해의 경감을 위한 다양한 지침서와 가이드라인을 제시하고 있음

(1) 미 국방부(DOD)의 가이드라인

UFC 3-340-02

Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions (2008)

[그림 2.5] DOD에서 발표한 UFC 3-340-02



- 2008년 미국 국방부에서 발표된 UFC 3-340-02⁵⁾는 건물의 보호를 위한 설계 방법으로 시설의 개발, 실험, 저장, 유지 점검, 비무장화, 그리고 폭발물 처리에서 사용되고 있음 이를 통하여 설계절차와 구조 기법을 설정하여 폭발의 확대나 부재의 손상을 막고, 인명과 중요장비의 보호할 수 있음 또한 이 문서는 미국 3개군(Army TM 5-1300, Navy NAVFAC P-397, and Air Force AFR 88-22)에 의해서 이미 공인되었음⁶⁾

5) 국가정보원, 고려대학교.(2009) 다중이용시설에서의 테러예방을 위한 디자인 지침 개발

6) DOD. (2008). Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions, UFC 3-340-02

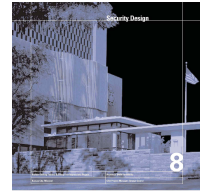
<표 2.4> UFC 3-340-02 적용 항목 중 구조관련부분

1 INTRODUCTION		4.1 BASIS FOR STRUCTURAL DESIGN
		4.2 DYNAMIC STRENGTH OF MATERIALS
		4.3 STATIC PROPERTIES
		4.4 ULTIMATE DYNAMIC STRENGTH OF SLABS
		4.5 DESIGN OF NON-LACED REINFORCED SLABS
2 BLAST, FRAGMENT, AND SHOCK LOADS		4.6 DESIGN OF FLAT SLABS
		4.7 DESIGN OF LACED ELEMENTS
		4.8 COMPOSITE CONSTRUCTION
		4.9 ULTIMATE DYNAMIC STRENGTH OF REINFORCED CONCRETE BEAMS
3 PRINCIPLES OF DYNAMIC ANALYSIS		4.10 DYNAMIC DESIGN OF INTERIOR COLUMNS
		4.11 DYNAMIC DESIGN OF EXTERIOR COLUMNS
		4.12 STRUCTURAL ANALYSIS AND DESIGN FOR BRITTLE MODE RESPONSE
		4.13 STRUCTURAL BEHAVIOR TO PRIMARY FRAGMENT IMPACT
		4.14 CONSTRUCTION DETAILS AND PROCEDURES
4 REINFORCED CONCRETE DESIGN		5.1 STEEL STRUCTURES IN PROTECTIVE DESIGN
		5.2 PROPERTIES OF STRUCTURAL STEEL
		5.3 DYNAMIC RESPONSE OF STEEL STRUCTURES IN THE PLASTIC RANGE
		5.4 DESIGN OF SINGLE SPAN AND CONTINUOUS BEAMS
		5.5 DESIGN OF PLATES
5 STRUCTURAL STEEL DESIGN		5.6 SPECIAL CONSIDERATIONS, BEAMS
		5.7 SPECIAL CONSIDERATIONS, COLD-FORMED STEEL PANELS
		5.8 SPECIAL CONSIDERATIONS, BLAST DOORS
		5.9 COLUMNS AND BEAM COLUMNS
		5.10 FRAME DESIGN
		5.11 CONNECTIONS
		5.12 FRAGMENT PENETRATION
6 SPECIAL CONSIDERATIONS IN EXPLOSIVE FACILITY DESIGN		5.13 TYPICAL DETAILS FOR BLAST-RESISTANT STEEL STRUCTURES

(2) 미 연방조달청(GSA-PBS)의 가이드라인

PBS-P100

The Facilities Standards for the Public Buildings Service (2005)



[그림 2.6] GSA에서 발표한 PBS-P100

- PBS-P100(The Facilities Standards for the Public Buildings Service)을 발간한 PBS(Public Building Service)는 미 연방정부 조달청(GSA, Government Service Administration)소속의 연방정부 지주역할을 하는 곳으로, 건물의 신축과 임대를 통해 연방정부를 대신하여 공간을 취득하고, 국토 전역의 연방자산을 관리하는 일을 담당하는 기관임 PBS-P100에서는 새로운 국가시설 건축 시 활용되는 주요 가이드라인을 9가지 분류해 제시하고 있으며, 그 중 ‘보안설계’에서 테러피해 경감을 위한 구조적가이드라인을 제시하고 있음⁷⁾

<표 2.5> PBS-P100 구조관련부분

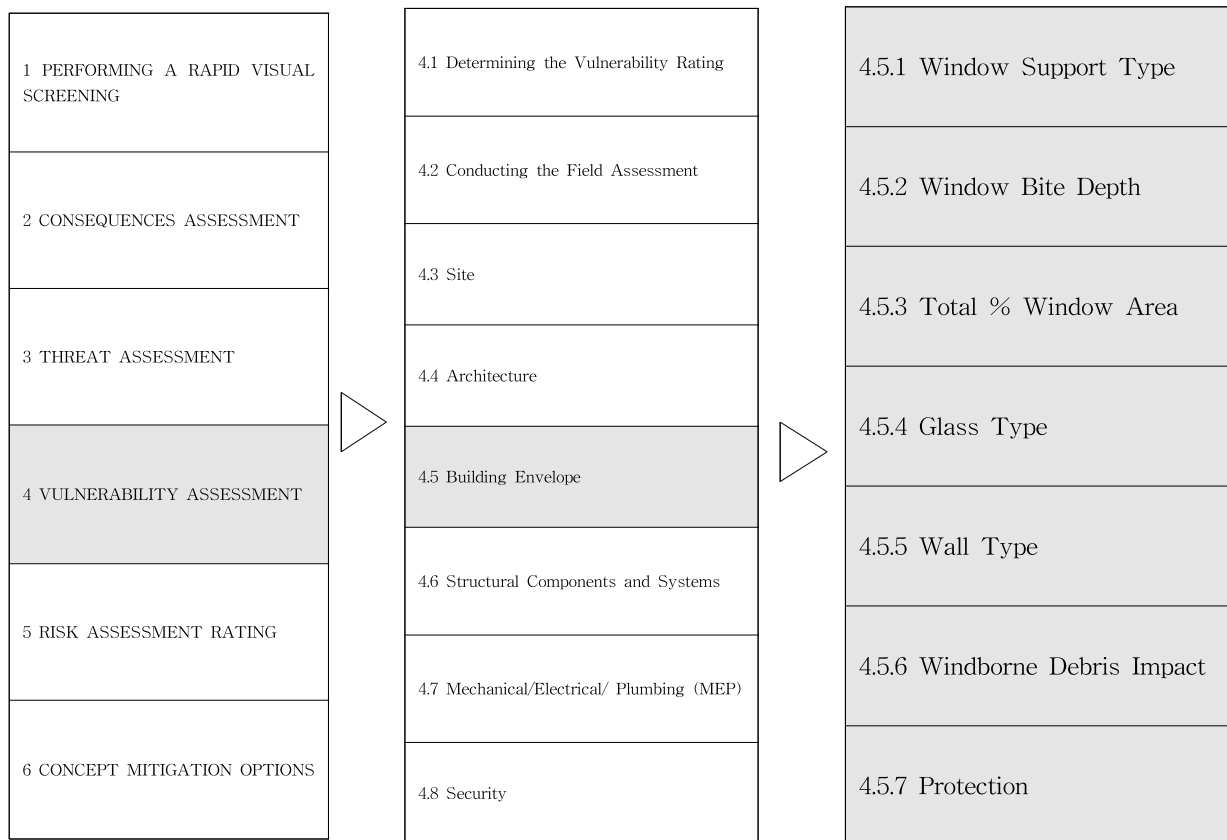
1 General Requirements	8.1 Planning and Cost	➤	8.7.1 General Requirements
2 Site, Landscape and Community Design	8.2 Architecture and Interior Design		
3 Architectural and Interior Design	8.3 Commissioning		
4 Structural Engineering	8.4 New Construction		
5 Mechanical Engineering	8.5 Existing Construction Modernization		
6 Electrical Engineering	8.6 Historic Buildings		
7 Fire Protection & Life Safety	8.7 Structural Engineering		
8 Security Design	8.8 Mechanical Engineering		
9 Design Standards for U.S. Court Facilities	8.9 Electrical Engineering		
	8.10 Fire Protection Engineering		
	8.11 Electronic Security		
	8.12 Parking Security		
	8.13 Submission Requirements		
			8.7.2 Good Engineering Practice Guidelines

7) GSA. (2005). The Facilities Standards for the Public Buildings Service, PBS-P100

(3) 연방 재난관리청 (FEMA)의 가이드라인

- 연방재난관리청 FEMA는 화학약품노출, 댐 붕괴, 지진, 화재, 홍수, 폭염, 허리케인, 산사태, 핵 누출, 테러 등의 광범위한 재난이 발생 시 소집되는 기관이며, 이러한 재난발생으로 인한 피해를 경감하기위한 다양한 매뉴얼을 발간하였음 또한 테러 피해 경감을 위해 Risk Management Series를 발표했음 그 중 폭발물 테러 경감을 위한 구조설계와 관련 있는 지침서를 대상으로 분석하였음 2003년 건물에 대한 테러공격의 피해경감 방안에 대한 매뉴얼⁸⁾인 FEMA 426이 발간되었으며, 같은 해 상업건물의 테러공격에 대한 피해경감을 위한 설계입문서인 FEMA 427⁹⁾을 발간하였음 또한 2005년에는 테러공격 피해경감을 위한 위험도 평가 매뉴얼¹⁰⁾과 2009년 테러리즘 위험도 평가를 위한 RVS핸드북¹¹⁾ 등이 발간되었음 각각의 매뉴얼 들은 테러리스트의 위협과 무기 그리고 건물의 피해 등의 테러의 원인이 되는 부분과, 이를 경감하기위한 다양한 가이드를 다루고 있음

<표 2.6> FEMA 455를 통한 연구범위



8) FEMA. (2003) FEMA 426-Reference Mannaul to Mitigate Potential Terrist Attacks Against Buildings

9) FEMA. (2003) FEMA 427-Primer for Design of Commercial Buildings to Mitigate Terrorist Attacks

10) FEMA. (2005) FEMA 452-Risk Assessment: A How-To Guide to Mitigate Potential Terrist Attacks

11) FEMA. (2009) FEMA 455-Handbook for Rapid Visual Screening of buildings to Evaluate Terrorism Risks

4. FEMA 455의 건물 Envelope 분석

가. Building Envelope

- FEMA 455에서는 건물의 외피를 창문지지형태, 창문프레임깊이, 창문면적의 비율, 유리형태, 벽 형태, 충격파에 의한 먼지 영향 보호성능으로 각각 분류하고 있음 건물의 피의 취약성을 평가하여 건물 설계 시 반영하게 하고 있음

(1) 창문지지형태(Window Support Type)

- FEMA 455는 창문지지형태에 따라 5단계로 분류하여 취약성을 평가하고 있음 <표 2.7>는 각각의 형태의 예를 들어 분류하였음, 창문의 형태에 따라 a.b.c.d.e 의 5단계로 분류되며, 분류 가운데 창문이 없는 형태가 가장 안전하며, 프레임이나 케이블처럼 소재가 얇은 재질은 폭발물 발생 시 위험하다는 것을 알 수 있음

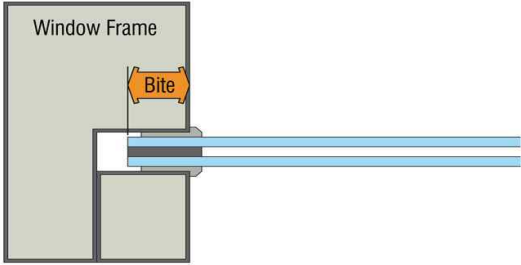
<표 2.7> 창문지지형태 분류¹¹⁾

				
a. No Windows	b. Punched	c. Glass and Metal Framing	d. Ribbon	e. Point Supported
안전  위험				

(2) 창문프레임 깊이(Window Bite Depth)

- Bite는 창문 유리의 깊이를 의미함 FEMA 455에서는 대형 유리창 또는 초고층 건물의 유리 등 창문이 고정창인 경우에 안전하다고 분류하였음 <표 2.8>는 창문프레임의 깊이 에 대한 그림과 분류 단계임 a는 1.27cm 이상, b는 1.27cm 미만으로 분류할 수 있음

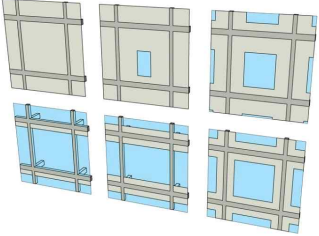
<표 2.8> 창문프레임깊이 분류¹¹⁾

	
a. $\geq 1.27\text{cm}$ (More than or equal to 0.5 in)	b. $< 1.27\text{cm}$ (Less than 0.5 in)

(3) 창문의 면적(Total % Window Area)

- 건물에서 창문의 면적이 차지하는 백분율(%)로 위험도를 분류하고 있음 폭발물 테러 시 벽은 거주자를 보호하는 역할을 하지만, 유리는 건물 거주자에게 심각한 위험을 제공함 <표 2.9>은 창문의 면적을 5단계로 분류하였음 창문의 면적이 20%미만일 때 가장 안전하며, 80%이상일 때 폭발물 테러 발생 시 위험하다는 것을 알 수 있음[그림 2.7, 그림 2.8] 참조

<표 2.9> 창문의 면적 분류¹¹⁾

 Example estimates: Top row (from left to right): Option a: $< 20\%$ Option b: 25% Option c: 40% Bottom row: Option e: 80% Option d: 75% Option c: 55%	a. $< 20\%$ (less than 20%)	안전 ↓ 위험
	b. 20 ~ 40% (Greater than or equal to 20%, less than 40%)	
	c. 40 ~ 60% (Greater than or equal to 40%, less than 60%)	
	d. 60 ~ 80% (Greater e than or equal to 60%, less than 80%)	
	e. $> 80\%$ (Greater than or equal to 80%)	



[그림 2.7] 창문의 면적 20 ~ 40%의 예



[그림 2.8] 창문의 면적 80%이상의 예

(4) 유리의 종류(Glass Type)

- 건물의 유리의 종류에 따라 위험도를 반영함 <표 2.10>처럼 5종류로 분류항목 중에서 접합유리(Laminated glass)는 두 장의 유리 사이에 접착성이 강한 합성수지 필름을 넣어 압착시킨 유리로서, 내관통성이 일반 유리의 3.5배 정도이며, 폭발물 테러 발생 시에도 날아 흩어지는 유리 파편에 의한 피해를 막아주고, 내부의 거주자가 외부로 튕겨 나가는 것을 방지해 줌 안전유리(Security glass)는 유리에 안전강화를 위해 유리가 깨져도 파편이 흩어지지 않도록 두 장의 유리사이에 투명플라스틱을 끼워 접합한 유리임 위험성이 높은 투명한 판유리(Annealed glass)는 매우 우수한 투시성과 반사성, 채광성이 우수하여 주택, 일반 건축물, 오피스 빌딩, 쇼 케이스 등에 주된 용도로 사용되고 있음 하지만, 열에 의한 깨짐이 쉽게 발생되어 폭발물 테러 발생 시 위험한 유리로 분류하고 있음

<표 2.10> 유리의 종류 분류¹¹⁾

A	접합유리 (Laminated glass)	안전 ↓ 위험
B	안전유리 (Security glass)	
C	강화유리 (Tempered glass)	
D	배강도유리 & 반강화유리 (Heat strengthened glass)	
E	투명한 판유리(Annealed glass)	

(5) 벽 타입(Wall Type)

- FEMA 455에서 벽 타입을 <표 2.11>처럼 5종류로 분류하였음 현장 타설 콘크리트가 위험도가 낮은 이유는 화재 시에 우수한 내화성능 때문임 위험도가 높은 벽체로는 경량 프레임 또는 얇은 조적벽이 있음

<표 2.11> 벽체 타입 분류¹¹⁾

A	현장타설 철근콘크리트 (Cast-in-Place Reinforced Concrete)	안전 ↓
B	커튼월 (Curtain wall)	
C	프리캐스트, 강화 조적벽 (Precast Panels/Reinforced Masonry)	
D	두꺼운 비보강 조적벽 (Massive Unreinforced Masonry)	
E	경량프레임 또는 얇은 조적벽 (Light Frame or Slender Unreinforced Masonry)	위험



[그림 2.9] b. Curtain wall의 예



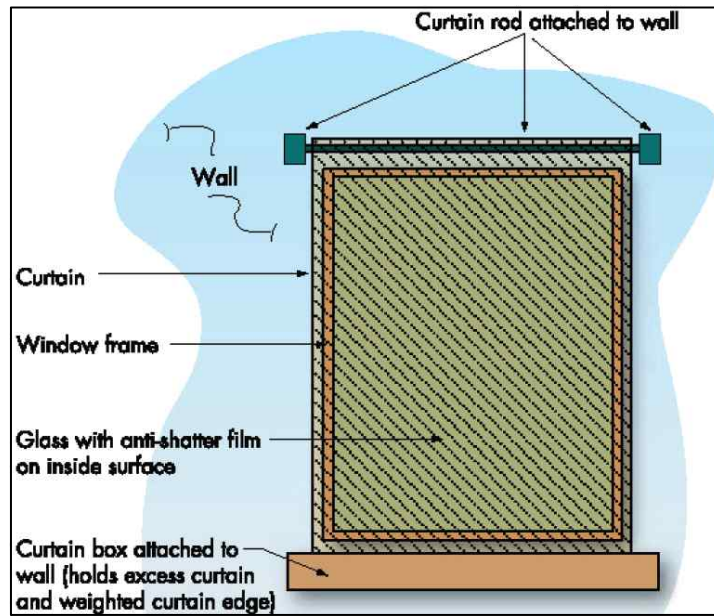
[그림 2.10] e. Light Frame 또는 Slender Unreinforced Masonry의 예

(6) 충격파에 의한 비산물 보호성능 (Windborne Debris Impact Protection)

- 이 항목은 폭발로 인해 발생하는 비산물로부터 충격을 보호하기 위한 빌딩코드를 만족하고 있는지의 여부를 판단하는 항목임 옵션에는 미국 각 주에 대하여 빌딩코드를 적용한 년도를 표시하여 해당건물이 기준년도 이후에 건설되었는지를 판단할 수 있도록 하고 있음 <표 2.12>는 미국 각 주에 적용된, 비산물 충격을 보호하기 위한 빌딩코드 설립년도를 나타낸 것임 해당건물이 비산물 보호성능을 지니고 있는지 파악하기 힘든 경우에 <표 2.12>를 토대로 기준년도 이후에 지어졌는지 여부를 통하여 판단하도록 하고 있음 또한, 빌딩코드가 없는 지역에 대해서는 [그림 2.11]과 같이 비산물 보호성능을 지닌 창문의 사용여부를 통하여 판단

<표 2.12> 미국 각 주의 비산물 빌딩코드 기준년도¹¹⁾

State	Locality	Bench-mark Year
ALABAMA	City of Mobile, and possibly some smaller communities	2001
CONNECTICUT	The jurisdictions of East Lyme, North Stonington, Ledyard, Old Lyme, New London, and Stonington	2007
DELAWARE	Sussex County East of the canal (in lieu of one mile from the coast)	2005
FLORIDA	Panhandle: one mile inland from the coast; in all other counties except Dade, Broward, and Palm Beach County: at least 5 miles inland from the coast	2002
LOUISIANA	City of New Orleans	2003
MARYLAND	Worcester County (excluding Ocean City) within 1 mile of the Atlantic	2003
MASSACHUSETTS	Within one mile from the coast except Boston	2005
NEW JERSEY	Within one mile from the coast	2003
NEW YORK	All of Long Island East of Riverhead, and within one mile from the North and South coasts of Long Island (except possibly NYC)	2003
NORTH CAROLINA	1,500 feet inland from Atlantic Ocean	2006
RHODE ISLAND	South of highway US 1 from the Connecticut border to Sanderstown (about midway on the south coast), including Block Island	2004
SOUTH CAROLINA	All counties seaward of the 120 mph Windspeed contour	2005
TEXAS	All areas seaward of the Intercoastal Waterway (mostly Barrier Islands)	1998
VIRGINIA	Within one mile from the coast, excluding Chesapeake Bay	2005



[그림 2.11] 비산물 보호성능을 갖춘 창문¹¹⁾

- [그림 2.11]와 같이 비산물 보호성능을 갖추기 위해서는 창문 위쪽에 커튼을 부착할 수 있는 막대가 벽에 부착되어 있어야 하며, 창문유리의 내부표면에 유리가 산산 조각나는 것을 방지하도록 보호필름으로 코팅이 되어 있어야 함 또한, 과중한 커튼의 무게를 지탱할 수 있도록 커튼박스가 창문하단 벽에 부착되어 있어야 함 국내의 경우에는 비산물 보호성능과 관련된 코드가 없기 때문에 [그림2.11]를 토대로 보호성능을 지닌 창문의 사용 여부를 기준으로 하여 판단해야 함

5. 테러예방설계 가이드라인 - 1차 방어선

- 대지경계에 형성하는 방어선으로, 대지경계 주변의 상황 및 특성을 의미함 대지외부의 도로로부터 건축물 사이의 이격거리, 건축물과 도로 사이에 설치하는 장애물의 종류와 설치위치 등을 포함

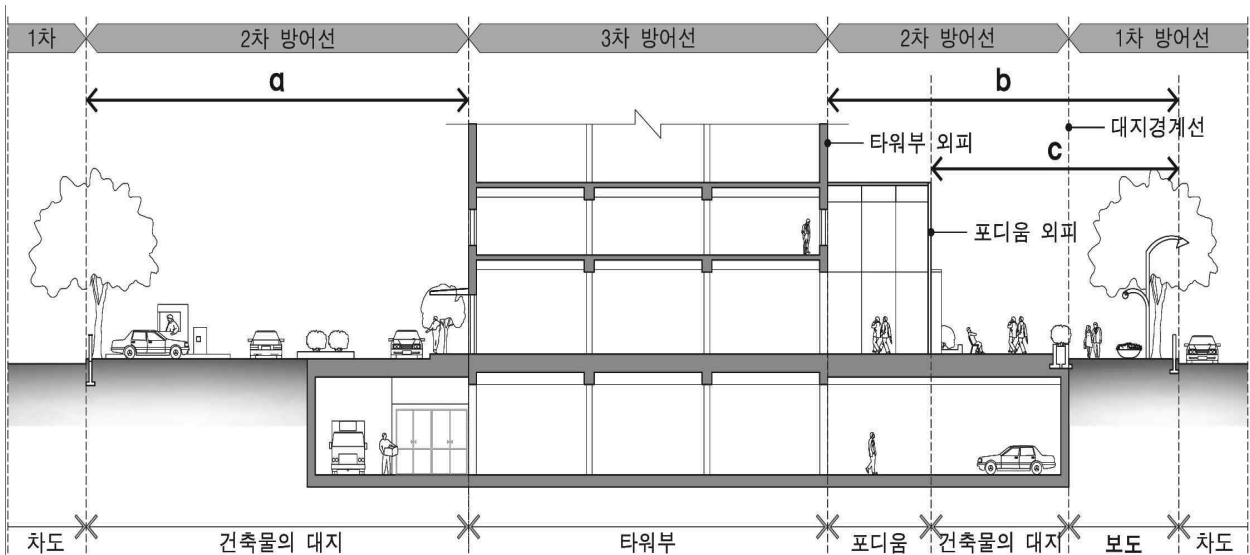
(1) 건축물과의 이격

- 대지경계에 위치하는 잠재적인 위험요소와 건축물 사이의 이격거리 및 공간적 분리 정도를 의미하며, 건축물과 도로 사이의 이격거리, 차량유형별 출입구 분리 정도, 노변주차 허용정도가 이에 해당

나. 건축물과 도로 사이의 이격거리

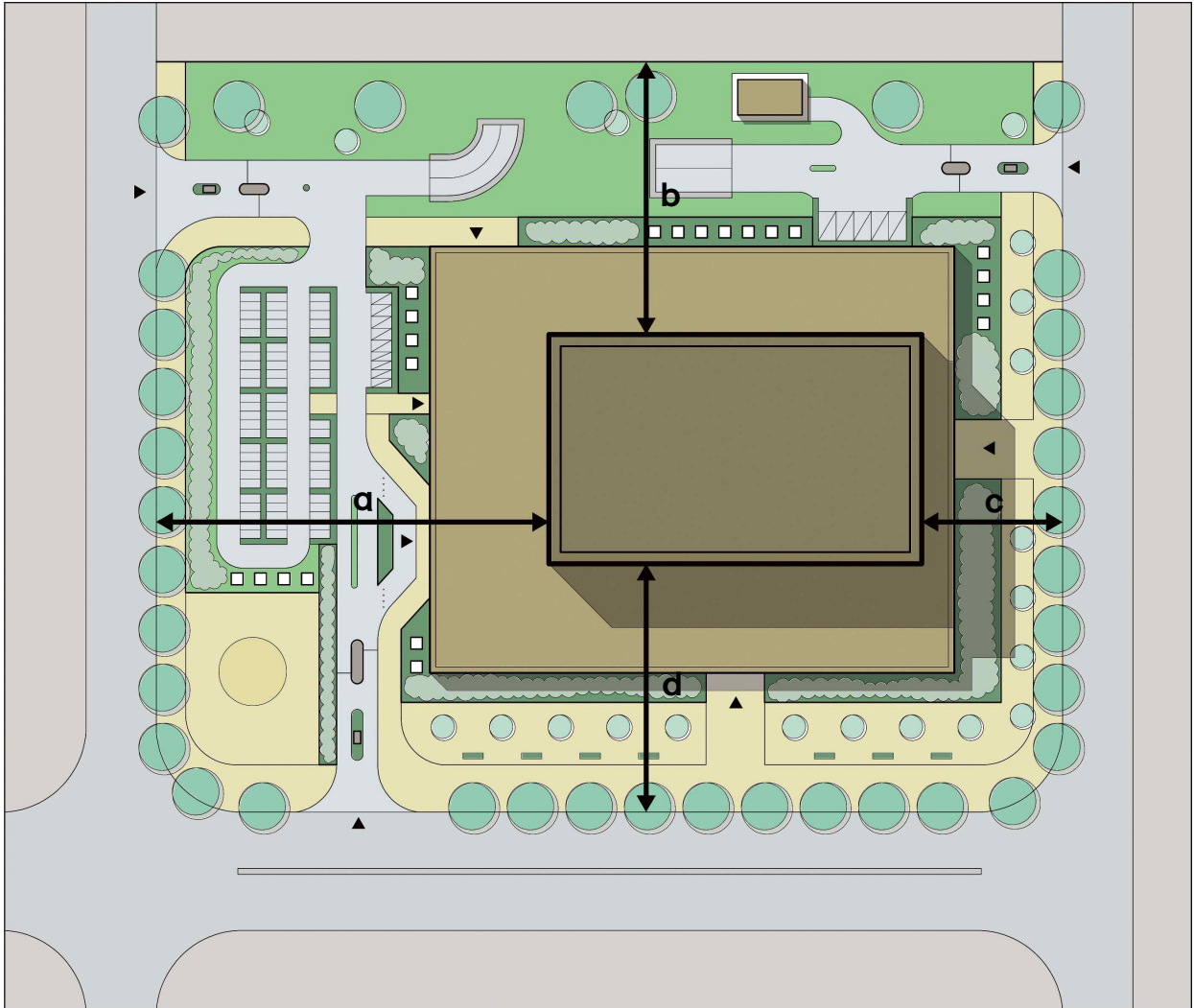
(1) 항목의 정의

- 건축물의 타워부 외피로부터 가장 가까운 대지외부의 도로경계선까지의 거리를 의미함 건축물 하부에 포디움이 설치되어 있는 경우에도 포디움 외피가 아닌 타워부 외피를 기준으로 거리를 산정하는데, 이는 포디움 구조체의 피해가 초고층 건축물 구조 전체에 주는 영향이 상대적으로 크지 않기 때문
- [그림2.12]에서 건축물과 도로 사이의 이격거리는 'b'에 해당함 왜냐하면, 'c'의 경우 타워부 외피가 아닌 포디움 외피로부터 도로까지의 거리를 측정한 것이고, 타워부 외피로부터 도로끝까지의 거리를 측정한 'a'와 'b'중 'b'가 더 거리가 짧기 때문



[그림 2.12] 건축물과 도로 사이의 이격거리

- [그림 2.13] 에서 건축물과 도로 사이의 이격거리는 ‘c’에 해당함 왜냐하면, ‘b’의 경우 대지경계선이 도로와 맞닿아 있지 않아 건축물과 도로 사이의 이격거리에 해당하지 않고, 건축물 타워부 외피에서 대지외부의 도로경계선까지의 거리를 측정한 ‘a’, ‘c’. ‘d’ 중 ‘c’의 거리가 가장 짧기 때문



[그림 2.13] 건축물과 도로 사이의 이격거리

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 폭발에 의해 발생하는 압력은 거리에 비례하여 급격히 감소하기 때문에 건축물의 외피와 잠재적인 위험요소 사이의 이격거리는 폭발물 테러 피해경감에 매우 중요한 요소로 작용함 따라서, 건축물과 위험요소 사이의 거리를 증가시키는 것이 가장 단순하면서도 효과적인 폭발물 테러 대응설계기법이라 할 수 있음 또한 일반적으로 건축물과 위험요소 사이의 거리가 가까워질수록 방폭설계에 소요되는 비용이 증가
- <표 2.13>은 각 폭발물의 중량에 따라, 보강 또는 강화되지 않은 건축물이 붕괴되지 않고 견디기 위해 확보해야 하는 폭발물로부터의 이격거리와, 개방공간에서 폭발에 의한 파편의 피해를 피하기 위해 개인이 확보해야 하는 이격거리를 보여줌

<표 2.13> 폭발물의 중량에 따른 이격거리

폭발물의 운송수단	폭발물의 중량 (kg-TNT)	건축물과 폭발물 사이의 이격거리	개방공간에서의 개인과 폭발물 사이의 이격거리
Pipe Bomb	2.3kg	21m	2569m
Suicide Belt	4.5kg	27m	330m
Suicide Vest	9kg	34m	415m
Briefcase/Suitcase Bomb	23kg	46m	564m
Compact Sedan	227kg	98m	457m
Sedan	454kg	122m	534m
Passenger/Cargo Van	1,814kg	195m	838m
Small Moving Van/Delivery Truck	4,536kg	263m	1,143m
Moving Van/Water Truck	13,608kg	375m	1,982m
Semitrailer	27,216kg	475m	2,134m

- 폭발물의 중량: 각 운송수단에 적재할 수 있는 폭발물의 최대량을 의미
- 건축물과 폭발물 사이의 이격거리: 보강, 강화되지 않은 건축구조체가 폭발에 의해 심각한 피해를 입거나 붕괴되지 않고 버틸 수 있는 최소이격거리를 의미
- 개방공간에서의 개인과 폭발물 사이의 이격거리: 개방된 공간에 있어서, 폭발에 의해 발생한 파편의 피해를 입지 않기 위한 최소이격거리를 의미
- 건축물에 영향을 주는 폭발압력의 크기는 폭발물의 중량과, 폭발물과 건축물 사이의 이격거리에 의해 결정
- 건축물과 위험요소 사이에 확보해야 하는 이격거리는 폭발물의 중량 및 건축물에 작용하는 폭발압에 따라 달라질 수 있기 때문에 예측하기가 매우 어려움 일반적으로, 구조적으로 강화된 건축물의 경우, 위험요소로부터 건축물 타워부 외피까지의 거리를 최소 25m 이상 확보하는 것이 권장됨 이는 일반 세단(Sedan)에 적재된 폭발물을 기준으로 건축물이 약 4psi의 폭발압을 받게 되는 이격거리임
- 요구되는 이격거리를 확보하지 못한 부분에 대해서는 방폭설계, 옹벽설치 등의 추가적인 보완책을 통해 강화, 보강하여야 함

다. 차량유형별 출입구 분리정도

(1) 항목의 정의

- 대지 경계선에 설치된 차량출입구에 대한 차량유형별 출입구의 분리정도를 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 대지 경계선에 설치된 차량출입구를 VIP, 직원, 일반방문객, 화물차량 등 방문차량의 방문목적별로 분리하는 것을 권장함 VIP 및 직원은 별도의 신원 확인이 요구되지 않는 차량에 속하고, 일반방문객은 신원확인, 화물차량은 운전자의 신원확인 및 화물에 대한 검사가 요구
- 차량의 출입구를 분리하게 되면 위험 발생 시 차량별로 출입구의 통제가 효율적으로 이루어질 수 있음

라. 노변주차 허용정도

(1) 항목의 정의

- 건축물의 대지경계선에 인접한 모든 도로의 노변주차공간 유무, 그리고 주차공간이 있을 경우 차량의 인가여부 및 차종별(승용차와 그 외의 차량으로 구분함) 주차제한 정도를 의미

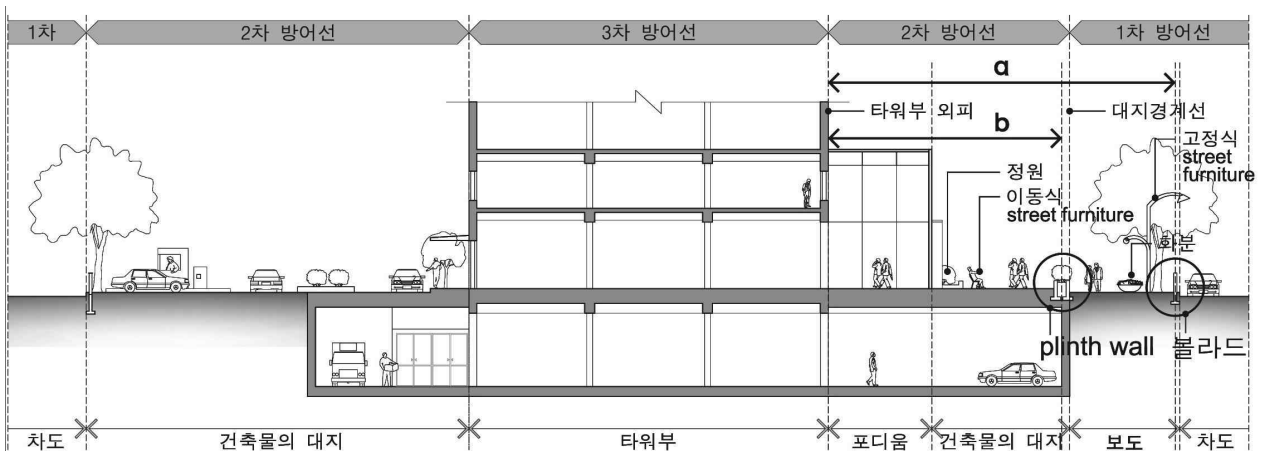
(2) 항목의 내용 및 중요성

- 노변주차를 제한하면 잠재적인 위험으로부터 건물을 보호할 수 있음
- 도심에서는 노변주차나 지하주차가 필요하거나, 노변주차공간의 설치가 불가피한 경우가 발생하기도 함 그러한 경우에는, 사람이 밀집한 구역의 노변주차를 제한하고, 회사 소유차량이나 주요 직원의 차량 등 인가된 차량만을 주차할 수 있도록 조치할 필요가 있음
- 노변주차공간에 허가된 차량만 주차가 가능하도록 통제하기 위해서, 노변주차공간이 감시자나 CCTV를 통해 실시간 파악되어야 하고, 허가되지 않은 차량의 주차가 즉시 제지될 수 있도록 관리시스템이 갖추어져야 함 또한 안내표지판 등을 통하여 노변주차공간이 관리되고 있음을 이용자에게 알리도록 함
- 침입저지 : 대지경계선을 뚫고 침입하려는 의도에 대한 대지경계선 장애물의 방호성능 및 감시 정도를 의미하며, 장애물 설치위치, 장애물의 종류, 대지경계 감시 정도가 이에 해당

마. 장애물 설치위치

(1) 항목의 정의

- 차량출입구를 제외한 대지경계선 중, 타워부 외피와 가장 가까운 대지경계와 타워부 사이에 차량을 저지하기 위해 설치된 장애물의 위치로, 건축물의 타워부 외피로부터 해당 장애물까지의 거리를 의미
- 장애물이 다중으로 설치되어 있을 경우에는 저항성능이 우수한 장애물 중 건축물로부터 가장 먼 곳에 설치된 것을 기준으로 측정함 [그림2.14]에서 타워부 외피와 대지경계 사이에 설치된 다양한 장애물(정원, 이동식 street furniture, plinth wall, 화분, 블라드, 고정식 street furniture) 중 차량을 저지할 수 있는 장애물은 plinth wall과 블라드라 할 수 있음
장애물의 설치위치는 타워부 외피로부터 각 장애물까지의 거리 'a', 라 할 수 있음
장애물의 설치위치는 타워부 외피로부터 각 장애물까지의 거리 'a', 'b' 중 거리가 더 먼 'a'가 해당



[그림 2.14] 장애물의 설치위치

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 차량이 대지경계의 차량출입구가 아닌 다른 부분을 이용하여 건축물로 돌진 또는 접근하는 것을 막기 위해 건축물과 대지외부 도로 사이에 차량을 저지할 수 있는 장애물을 설치하도록 계획함 이 장애물의 위치는 가능한 건물에서부터 멀리 이격시켜 건축물과 잠재적인 위협 사이의 이격거리를 최대한 확보
- 건축물이 대지경계에 인접하여 이격거리가 충분하지 못한 경우에는, 관할기관과의 논의를 통해 보행로를 도로쪽으로 확장하거나 도로선형을 조절하는 등의 대안을 마련해야함

바. 장애물 종류

(1) 항목의 정의

- 대지경계선 또는 대지경계선과 외부 도로 사이를 따라 설치된 차량장애물의 종류(옹벽, 블라드, plinth wall, 수공간, 플랜터, street furniture, 화분, 식재분리대, 정원 등)를 의미

하며, 장애물은 돌진하는 차량에 대한 저항성능(고정상태 유지, 움직임, 저지하지 못함)을 기준으로 분류

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 장애물은 차량이 대지경계의 차량출입구가 아닌 다른 부분을 이용하여 건축물로 돌진하는 것을 저지할 수 있도록 계획되어야 하며, 예상되는 충격의 크기를 고려하여 장애물의 종류와 강도를 결정함
- 가동식 블라드를 사용하여 비상 시 응급차량의 접근이 허용될 수 있도록 장애물의 배치를 결정해야 하고, 위험수준이 허락하는 경우에 한해 차량의 충돌을 저지하기 위해 낮은 벽체나 지형을 이용한 낮은 둔덕을 설치할 수 있음
- 물리적 장애물을 형성하는 요소는 자연적인 것과 인공적인 것으로 구분할 수 있는데, 자연적인 장애물에는 강, 호수, 배수로, 경사가 급한 지형, 산, 황무지, 식재 등 차량이 가로지르기 곤란한 형태의 것이 있고, 인공적인 것에는 울타리, 벽체, 건물, 블라드, 식재대, 분수 등이 있음 물리적 장애물이 필요한 경우에는 인공적인 것보다는 부드럽고 자연적인 장애물을 형성하기 위해 조경을 사용하는 것을 고려
- 다양한 장애물을 조합하여 설치하되, 구간별 대지경계에 요구되는 보안수준과 장애물의 저지성능을 고려하여 장애물을 배치해야 함
- 차량을 건물 정면에 위치시키거나 접근로 상에 걸쳐서 위치시킬 경우에는 주차된 차량도 일시적인 장애물로 사용될 수 있음

사. 대지경계 감시 정도

(1) 항목의 정의

- 대지경계선 전체에 대한 감시의 여부와 범위를 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

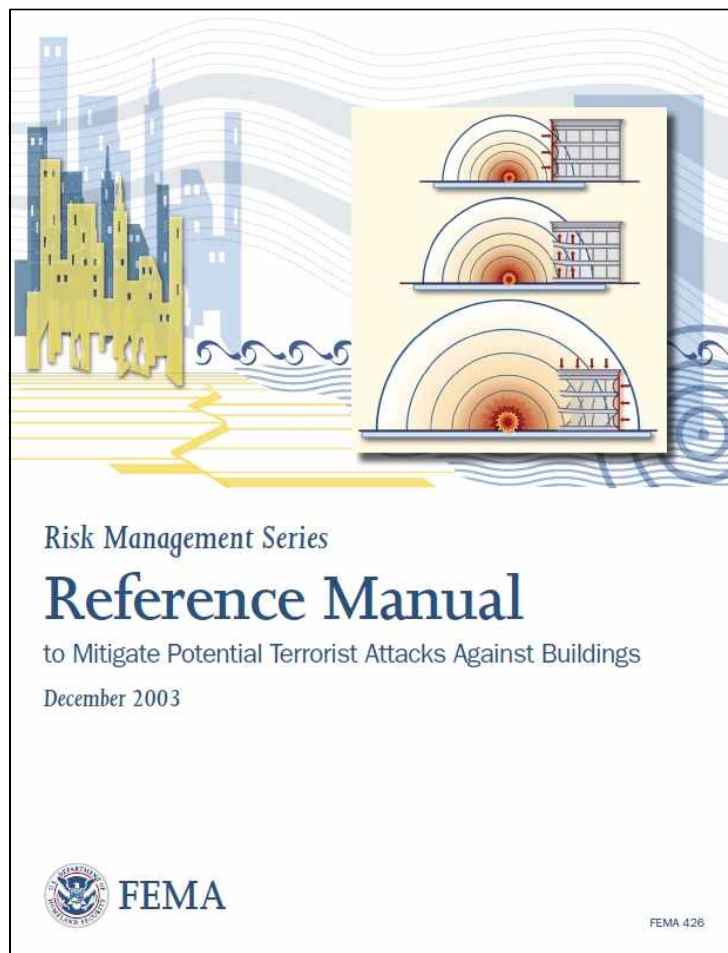
- 대지경계선 전체가 감시자에 의해 직접 또는 CCTV 등으로 실시간 감시되어야 하며, 사각지대가 없도록 감시자가 머무는 공간과 CCTV의 설치 위치를 계획하여야 함
- 감시자와 감시대상 사이에 시선을 방해하는 식재, 울타리, 표지판 등의 장애물이 설치되지 않도록 주의해야 함 만약 설치되어 있다면 별도의 CCTV를 설치하여 사각지대가 생기지 않도록 함
- 대지경계선에 옹벽이 설치된 경우 장애물 안팎으로 감시가 이루어 질 수 있도록 감시자의 위치 또는 CCTV설치를 계획하여야 함
- 특히 대지경계선 중 인적이 드물어 자연적인 감시가 이루어지지 어려운 장소에 대해서는 실시간 감시가 이루어질 수 있도록 계획해야 함

제2절 대테러 가이드라인 테러위험도 평가

1. 기초자료조사

가. 해외문헌조사

- 폭발물 테러에 관련하여 미연방재난관리청에서는 2002년부터 가이드라인을 발간하고 있음
2002년에는 지진발생시 건물의 잠재적 피해 평가에 대한 지침서의 개정판이 발간되었음
또한 2003년 FEMA 426¹²⁾에서 건물에 대한 테러공격의 피해경감 방안에 대한 매뉴얼이 발간되었음

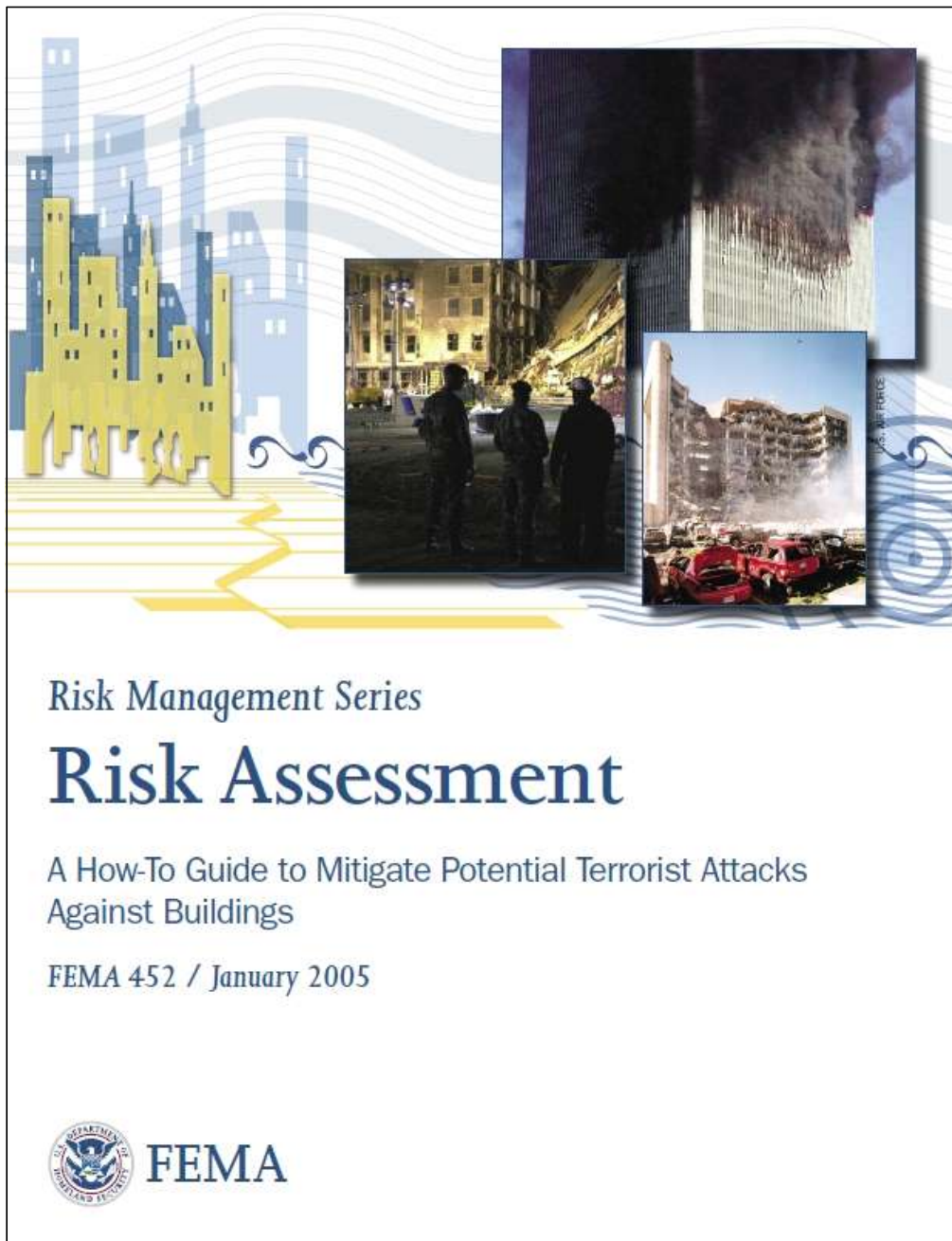


[그림 2.15] FEMA 426-Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings 2003)²⁾

- 2005년에는 FEMA 452¹³⁾에서 테러공격의 피해경감을 위한 위험도평가에 대한 매뉴얼이 발간되었음.

12) FEMA 426 (2003), Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings

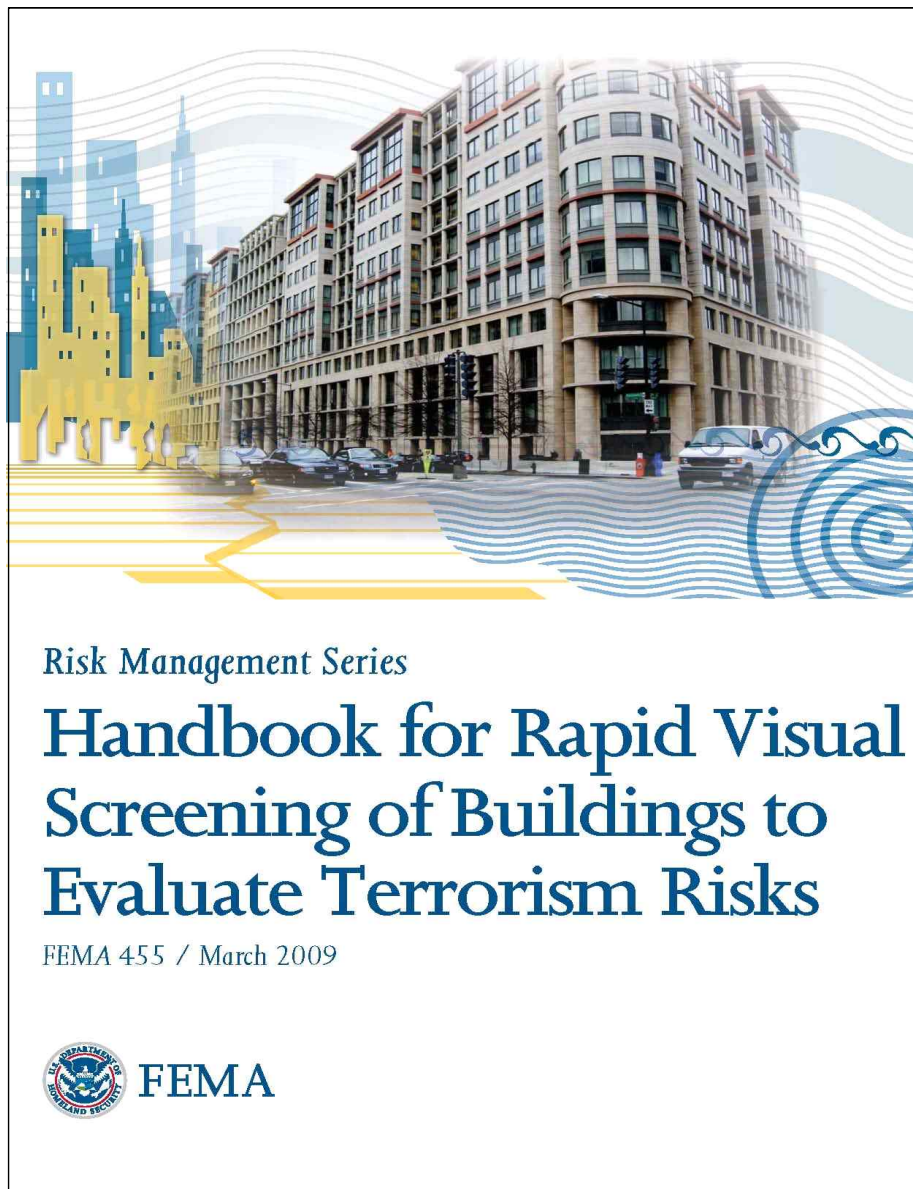
13) FEMA 452. (2005), Risk Assessment A How-To Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings



[그림 2.16] FEMA 452-Risk Assessment A How-To Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings (2005)

- 이러한 기존의 연구에 기초하여 2009년에 FEMA 455에서 테러리즘 위험도를 평가하기 위한 RVS 핸드북이 발간되었음. 특히 FEMA 455¹⁴⁾의 RVS(Rapid Visual Screening)는 테러의 발생 시 건물이 가지는 위험도를 신속하고 효과적으로 평가 할 수 있는 지침을 제공하였음 분석을 통한 평가는 짧은 시간동안 가능하며, 건물의 최대이용 시간에 맞추어 위험도를 평가하고, 가장 높은 위험도 항목을 적용하여 평가하고 있음

14) FEMA 455. (2009), Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to Evaluate Terrorism Risks



[그림 2.17] FEMA 455-Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to Evaluate Terrorism Risks (2009)

나. Rapid Visual Screening

- FEMA 455-Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to Evaluate Terrorism Risks에서는 도심 및 부도심에 위치하고 있는 일반적인 상업건물 (Commercial building)에 대한 테러 공격의 위험도를 평가하기 위해서 개발되었으며, 전 지역에 위치하고 있는 기존 모든 건물 유형에 적용이 가능함 또한 단일 건물에 대한 위험도를 평가할 수 있으며, 더 나아가 위험관리 활동에 대한 방법으로 전 지역에 위치한 건물의 상대적인 위험도를 식별하는데 사용할 수 있음

(1) Rapid Visual Screening 평가항목

- FEMA 455의 RVS(Rapid Visual Screening)의 평가항목은 C (Consequences), T (Threat Rating), V (Vulnerability Rating)의 3개의 항목으로 구성되며, 각각 6~8개의 세부 항목으로 구성되어있음
- Consequences는 『테러가 발생 했을 때 건물 운영의 중요관점에서 건축주와 주변지역에 미치는 위험도』를 의미
- 평가항목은 ① 건물 주변지역의 인구밀도와 토지이용, ② 건물 내부의 거주인원, ③ 테러 발생 시 건물의 대체비용, ④ 역사적 가치 및 문화재 등록 유무, ⑤ 테러발생 후 업무의 연속성, ⑥ 인명피해 및 건물의 붕괴로 인한 경제적 영향 등 6개의 항목으로 구성되며, <표 2.14>과 같음 <표 2.15>는 Consequences의 평가항목에 따른 평가지표¹⁵⁾

<표 2.14> Consequences 세부평가 항목

Consequences	Locality Type	평가대상 건물 주변지역의 인구밀도와 토지이용
	Number of Occupants	내부의 거주자의 인원을 나타내며, 평가대상 건물의 연면적을 인원수로 환산
	Replacement Value	평가대상 건물의 용도를 구별하여, 연면적을 비용으로 환산
	On Historic Registry	역사적인 가치 및 문화재 등록 유무
	Business Continuity	테러발생 후 업무활동의 회복상태
	Physical Loss Impact	인명피해 및 평가대상 건물 붕괴로 인한 경제적 영향

15) 송진영 (2012) Rapid Visual Screening을 통한 국내 건축물의 테러위험도 분석, 서울과학기술대학교, 석사논문

<표 2.15> Consequences 평가서

BUILDING CHARACTERISTICS		ATTRIBUTE OPTIONS					CONSEQUENCES RATING FOR GIVEN Threat SCENARIO											
		a.	b.	c.	d.	e.	Internal		Explosive			CBR						
							Int t r u s i o n	E x p l o s i v e	CBR	Z o n e I	Z o n e II	Z o n e III	Z o n e I	Z o n e II	Z o n e III			
C O N S E Q U E N C E S	1.1 Locality Type	Rural / suburban	Semi-urban / Lt. Industrial	Industrial	Urban	도심												
		0.06	0.46	0.53	0.58	0.63												
		0.04	0.32	0.37	0.40	0.43												
		0.17	1.23	1.41	1.55	14.67												
		0.04	0.32	0.37	0.40	0.43												
	0.17	1.23	1.41	1.55	1.67													
	1.2 Number of Occupants	<200	≥200 - <400	≥400 - <600	≥600 - <800	≥ 800 - <1,000												
		0.25	1.21	1.52	1.74	1.92												
		0.17	0.84	1.06	1.21	1.33												
		0.33	1.61	2.03	2.32	2.55												
		0.17	0.84	1.06	1.21	1.33												
		0.33	1.61	2.03	2.32	2.55												
		≥1,000 - <2,000	≥2,000 - <4,000	≥4,000 - <6,000	≥6,000 - <8,000	≥ 8,000 - <1,000												
		1.98	2.09	2.19	2.28	2.37												
		1.38	1.46	1.53	1.59	1.65												
		2.65	2.79	2.92	3.05	3.16												
		1.38	1.46	1.53	1.59	1.65												
		2.65	2.79	2.92	3.05	3.16												
		≥10,000 - <20,000	≥20,000 - <40,000	≥40,000 - <60,000	≥60,000 - <80,000	≥ 80,000												
		2.41	2.44	2.48	2.48	2.50												
		1.68	1.69	1.71	1.72	1.74												
		3.22	3.25	3.28	3.31	3.33												
		1.68	1.69	1.71	1.72	1.74												
		3.22	3.25	3.28	3.31	3.33												
		1.3 Replacement Value	<\$20 M	≥\$20 M - <\$40 M	≥\$40 M - <\$60 M	≥\$60 M - <\$80 M	≥\$80 M - <\$100 M											
			0.13	0.60	0.76	0.87	0.96											
			0.13	0.63	0.79	0.91	1.00											
			0.08	0.40	0.51	0.58	0.64											
			0.13	0.63	0.79	0.91	1.00											
			0.08	0.40	0.51	0.58	0.64											
			≥\$100 M - <\$200 M	≥\$200 M - <\$400 M	≥\$400 M - <\$600 M	≥\$600 M - <\$800 M	≥\$800 M - <\$1 B											
	0.99		1.05	1.10	1.14	1.18												
	1.04		1.09	1.14	1.19	OW1.24												
	0.66		0.70	0.73	0.76	0.79												
	10.4		1.09	1.14	1.19	1.24												
	0.66		0.70	0.73	0.76	0.79												
	≥\$1 B - <\$2 B		≥\$2 B - <\$4 B	≥\$4 B - <\$6 B	≥\$6 B - <\$8 B	≥\$8 B												
	1.21		1.22	1.23	1.24	1.25												
	1.26		1.27	1.28	1.29	1.30												
	0.80		0.81	0.82	0.83	0.83												
	1.26		1.27	1.28	1.29	1.30												
	0.50		0.81	0.82	0.83	0.83												
	1.4 On Historic Registry		No	Yes														
			0.25	2.50														
			0.04	0.43														
			0.08	0.83														
			0.04	0.43														
	1.5 Business Continuity		Very High	High	Moderate	Low	Very Low											
			0.13	0.92	1.05	1.16	1.25											
		0.09	0.64	0.73	0.81	0.87												
		0.17	1.23	1.41	1.55	1.57												
		0.09	0.64	0.73	0.81	0.87												
	1.6 Physical Loss Impact	Local	Statewide	Regional	National	International												
		0.19	1.38	1.58	1.74	1.88												
		0.52	3.84	4.40	4.84	5.22												
		0.17	1.23	1.41	1.55	1.67												
		0.52	3.84	4.40	4.84	5.22												
	0.17	1.23	1.41	1.55	1.67													
	A. 1 TOTAL RATING FOR CONSEQUENCES (C) : Sum values in for Consequences and enter in column C on Risk Scoring Worksheet																	

- Threat Rating은 『테러리스트가 평가대상 건물을 공격할 가능성』을 의미함 세부평가 항목은 ① 사용용도, ② 사용자 수, ③ 주변지역의 인구밀도, ④ 가시성 및 상징성, ⑤ 위험구역 밀도, ⑥ 대상건물의 접근성, ⑦ 잠재적인 테러대상으로서 가능성 등 7개의 세부 항목으로 구성되어 있으며, <표2.16>와 같음 <표2.17>는 Threat Rating의 평가항목에 따른 평가지표

<표 2.16> Threat Rating 세부평가 항목

Threat Rating	Occupancy Use	사용용도에 따른 평가대상 건물의 위험도 분류
	Number of Occupants	내부의 거주자 인원을 나타내며, 평가대상 건물의 연면적을 인원수로 환산
	Site Population Density	Peak Time의 평가대상 건물 주변의 인구밀집 정도
	Visibility/Symbolic Value	지역 또는 국가적으로 중요성 및 가시성의 정도
	Target Density	평가대상 건물 주변지역의 잠재적인 테러 가능성이 있는 시설 및 건물 밀집도
	Overall Site Accessibility	평가대상 건물의 접근 가능성
	Target Potential	목표대상이 될 수 있는 잠재성

- Vulnerability Rating은 『건축적인 요소 및 구조적 요소로서 테러에 대한 취약성 평가』를 의미함 세부평가항목은 ① 대지의 특징, ② 대상건물의 특징, ③ 대상건물의 외피의 특징, ④ 구조적 구성 및 방식, ⑤ 기계·전기·배관 시스템, ⑥ 보안시스템 등 6개의 소 항목으로 구성되어 있으며, 각각의 소 항목은 다시 6~8개의 세부 항목으로 분류되며, <표 2.18>과 같음 <표 2.14~24>은 Vulnerability Rating의 평가항목에 따른 평가지표

<표 2.17> Threat Rating 평가서

BUILDING CHARACTERISTICS			ATTRIBUTE OPTIONS					Threat RATING FOR GIVEN Threat SCENARIO									
								Internal			Explosive			CBR			
			a.	b.	c.	d.	e.	Internal	Explosive	CBR	Zone I	Zone II	Zone III	Zone I	Zone II	Zone III	
2.1 Occupancy Use	Occupancy Group I		Occupancy Group II	Occupancy Group III													
	0.14		1.13	1.4													
	0.11		0.89	1.1													
2.2 Number of Occupants	<200		≥200 – <400	≥400 – <600	≥600 – <800	≥ 800 – <1,000											
	0.14		0.68	0.85	0.97	1.07											
	0.11		0.53	0.67	0.77	0.84											
	≥1,000 – <2,000		≥2,000 – <4,000	≥4,000 – <6,000	≥6,000 – <8,000	≥ 8,000 – <1,0000											
	1.11		1.17	1.23	1.28	1.3											
	0.87		0.92	0.96	1.00	1.04											
	≥10,000 – <20,000		≥20,000 – <40,000	≥40,000 – <60,000	≥60,000 – <80,000	≥ 80,000											
	1.35		1.36	1.38	1.39	1.4											
	1.06		1.07	1.08	1.09	1.1											
	2.3 Site Population Density (per sq ft)	Very Low (1/10000)		Low (1/1000)	Moderate (1/400)	High (1/40)	Very High (1/10)										
0.11		0.81	0.93	1.02	1.1												
0.30		2.21	2.53	2.78	3.0												
2.4 Visibility / Symbolic	Very Low		Low	Moderate	High	Very High											
	0.29		2.14	2.45	2.69	2.9											
	0.24		1.77	2.02	2.23	2.4											
2.5 Target Density	2.5.1 Zone I (< 100 ft)	0	1	2	3	≥4											
		0.12	0.88	1.01	1.11	1.2											
	2.5.2 Zone II (≥100 – <300 ft)	0	1 – 3	4 – 6	7 – 9	≥10											
		0.30	2.21	2.53	2.78	3.0											
	2.5.3 Zone III (≥300 – ≤ 1000 ft)	0	1 – 6	7 – 12	13 – 19	≥20											
		0.80	5.89	6.75	7.43	8.0											
2.6 Overall Site Accessibility	Inaccessible		Accessible														
	0.14		1.4														
	0.05		0.6														
2.7 Target Potential	2.7.1 Facility	No	Yes														
		0.15	1.45														
		0.13	1.25														
		0.20	2														
		0.10	1														
	2.7.2 Facility Type	No	Yes														
		0.15	1.46														
		0.13	1.25														
		0.20	2														
		0.10	1														
T. 1 TOTAL Threat RATING (T) : Sum values for each Threat Scenario in column T on Risk Scoring Worksheet																	

<표 2.18> Vulnerability Rating 세부평가 항목

Vulnerability Rating	Site	Distance to Unsecured Vehicles	위험이 될 수 있는 차량과 평가대상 건물의 파사드 사이의 최단거리
		Perimeter Boundary	차량의 접근을 차단할 수 있는 평가대상 건물 주변의 경계상태
		Unobstructed View	잠재적인 범죄 행위에 대하여 시각적 방해 없이 주변을 감시할 수 있는 최단거리
		Unsecured Underground Access	주변 또는 지하층을 통하여 평가대상 건물에 접근할 수 있는 가능성
		Storage of Hazardous Materials	위험물질을 저장하고 있는 시설로서 거주자에게 높은 위험요소를 제공 하는 정도
		Collateral Underground, Adjacent Structures	평가대상 건물에서 통제할 수 없는 인접 건축물
	Architecture	Building Height	평가대상 건물 높이에 따른 분류
		Ratio of Total Area / Footprint Area	평가대상 건물 1층 바닥의 면적에 평가대상 건물 전체면적의 비율
		Building Configuration	평가대상 건물의 형태
		Overhang	2층 이상의 돌출부 또는 오픈공간의 유무
		Lobby, Retail Location	1층 공공공간의 로비 및 소매점 위치
		Loading Dock, Mail Screening Location	수화물 및 우편물 취급 장소
		Vehicular Penetration of Exterior Envelope	고속주행 차량이 평가대상 건물과 충돌할 가능성
		Garage Location	주차장의 위치에 따른 위험도 분류
	Building Envelope	Window Support Type	외부 창과 외피 및 구조의 결합 방식
		Window Bite Depth	외부 창 프레임과 유리창의 연결 깊이
		Total Percent Window Area	평가대상 건물 외피의 유리(창) 비율
		Glass Type	유리창의 유리의 타입
		Wall Type	평가대상 건물 지지하기 위한 외피의 형태
		Windborne Debris Impact protection	Windborne Debris(유리 파편에 의한 영향)기준 적용 유무
	Structural Components and Systems	Structural System	평가대상 건물의 구조방식
		Number of Bays in the Short Building Direction	평가대상 건물의 단 방향 bay의 수
		Column Spacing	기둥 또는 내력벽 사이의 최장거리
		Column Height	가장 취약한 부분의 기둥높이
		Publicly Accessible Column	공공공간에 위치한 대중이 접근이 가능한 기둥의 형태
		Transfer Girder Conditions	전이 보의 유무 및 하중지지 형태
		Structural Enhancements and Weaknesses	평가대상 건물의 구조적 안정성
	MEP (Mechanical, Electrical, Plumbing Systems)	Primary External Air-Intake Conditions	외부공기 흡입구의 높이
		Return Air-Intake Systems	공기분배 덕트의 형식 및 접근 가능성
		Internal Air Distribution System	실내공기 분배방식
		Critical Utilities Located Close to High Risk Areas	높은 위험이 있는 곳에 인접해있는 중요 시설
	Security	Internal Threat -Intrusion, Explosion, CBR	내부 위험 - 침입, 폭발, CBR
		External Threat (Zone I) -Explosive, CBR	외부 위험 - 침입, CBR

<표 2.19> Vulnerability Rating - Site 평가서

BUILDING CHARACTERISTICS		ATTRIBUTE OPTIONS					VULNERABILITY RATING FOR GIVEN Threat SCENARIO									
							Internal			Explosive			CBR			
		a.	b.	c.	d.	e.	Int r u s i o n	E x p l o s i v e	C B R	Z o n e I	Z o n e II	Z o n e III	Z o n e IV	Z o n e V	Z o n e VI	
SITE	3.1 Distance to Unsecured Vehicles (ft)	≥ 75	≥50 - <75	≥25 - <50	≥5 - <25	<5										
		0.06	0.45	0.53	0.55	0.63										
	3.2 Perimeter Boundary	Continuous Anti-Ram Barriers	Effective Anti-Ram Design	Well- Integrated CPTED	Ornamental , Temp, or Anti-Climb Barriers	No Security / Discontinu ous										
		0.03	0.22	0.25	0.28	0.30										
		0.01	0.08	0.09	0.10	0.11										
		0.03	0.23	0.26	0.29	0.31										
		0.02	0.15	0.17	0.19	0.2										
	3.3 Unobstructed View (ft)	≥ 30	≥20 - <30	≥10 - <20	≥5 - < 10	< 5										
		0.08	0.45	0.51	0.57	0.51										
		0.01	0.08	0.09	0.10	0.11										
		0.02	0.12	0.13	0.15	0.15										
		0.02	0.15	0.17	0.19	0.2										
	3.4 Unsecured Underground Access	None	Utility Tunnel or Culvert to Site	Utility Tunnel to Bldg.	Pedestrian Tunnel to Bldg.											
		0.24	1.77	2.13	2.4											
		0.09	0.63	0.76	0.86											
	3.5 Storage of Hazardous Materials	None	Low	Moderate	High											
		0.08	0.45	0.54	0.61											
		0.04	0.32	0.38	0.43											
		0.02	0.12	0.14	0.15											
		0.01	0.06	0.07	0.08											
	3.6 Collateral Underground / Adjacent Structures	None	Small	Medium	Major	Significan t										
		0.10	0.72	0.63	0.91	0.98										
		0.09	0.67	0.77	0.84	0.91										
T. 1 TOTAL FOR VULNERABILITY RATING (V) : Sum values in each column and enter on time V.1 on Vulnerability Assessment Rating (Part V)s																

<표 2.20> Vulnerability Rating - Architecture 평가서

BUILDING CHARACTERISTICS		ATTRIBUTE OPTIONS					VULNERABILITY RATING FOR GIVEN Threat SCENARIO								
							Internal			Explosive			CBR		
		a.	b.	c.	d.	e.	Int er na l Z o n e	E x p l o s i v e Z o n e	C B R Z o n e	Z o n e	Z o n e	Z o n e			
Architectural Features	4.1 Building Height (ft)	<20 (1 flr)	≥20 – <50 (2-3 flr)	≥50 – <100 (4-8 flr)	≥100 – <150 (9-12 flr)	≥100 – <150 (9-12 flr)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.02	0.10	0.13	0.15	0.16	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.01	0.07	0.09	0.11	0.12	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.02	0.09	0.12	0.13	0.15	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.07	0.41	0.52	0.59	0.65	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		≥200 – <500 (16-40 flr)	≥500 – <800 (41-60 flr)	≥800 – <1000 (61-80 flr)	≥1000 – <1500 (81-120 flr)	≥1500 (≥121 flr)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.16	0.17	0.17	0.17	0.176	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.12	0.12	0.12	0.13	0.128	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.67	0.68	0.68	0.71	0.72	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	4.2 Ratio of Total Area / Footprint Area	<10	≥10 – <30	≥30 – <50	≥50 – <100	≥100	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.00	0.03	0.04	0.04	0.044	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.00	0.02	0.03	0.03	0.032	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.00	0.03	0.03	0.04	0.04	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.02	0.13	0.15	0.17	0.18	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	4.3 Building Configuration	Circular Convex	Box	Re-entrant Corners	Concave	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.01	0.08	0.10	0.11	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.03	0.23	0.28	0.31	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	4.4 Overhang (ft)	None	<5	≥5 – <10	≥10 – <15	≥15	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.03	0.23	0.20	0.23	0.31	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.02	0.12	0.13	0.15	0.16	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	4.5 Lobby/Retail Location (In relation to main building footprint)	Detached	External & Separated	External but not Separated	Within Footprint	Adjacent to Occupied Areas	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.04	0.32	0.36	0.40	0.43	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	4.6 Loading Dock and/or Mail	Offsite / None	Exterior to Building	At Perimeter & Separated	Adjacent to Assets	Under Building	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.04	0.32	0.36	0.40	0.43	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.01	0.06	0.07	0.07	0.08	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	4.7 Vehicular Penetration of Exterior Envelope	No	Yes	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		0.06	0.63	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4.8 Garage Location	None	Adjacent & Above Grand	Adjacent to Critical Utilities	Adjacent to Occupied Areas	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	0.04	0.32	0.38	0.43	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	0.07	0.52	0.63	0.71	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	0.01	0.06	0.07	0.08	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
V.1 SUB-TOTAL FOR VULNERABILITY RATING (V) : Sum values in each column and enter on line V.1 on Vulnerability Assessment Rating (Part V)						*	*	*	*	*	*	*	*	*	

<표 2.21> Vulnerability Rating – Building Envelope 평가서

BUILDING CHARACTERISTICS		ATTRIBUTE OPTIONS					VULNERABILITY RATING FOR GIVEN Threat SCENARIO								
							Internal			Explosive			CBR		
		a.	b.	c.	d.	e.	I n t r u s i o n	E x p l o s i v e	C B R	Z o n e I	Z o n e II	Z o n e III	Z o n e I	Z o n e II	Z o n e III
B U I L D I N G E N V E L O P E	5.1 Window Support Type	No Windows	Punched	Glass & Metal Framing	Ribbon	Point Supported									
		0.06	0.46	0.53	0.58	0.63									
		0.13	0.96	1.10	1.21	1.3									
	5.2 Window Bite Depth	≥0.5 0.96 in.	<0.5 in.												
		0.03	0.31												
		0.07	0.67												
	5.3 Total % Window Area	<20	≥20 – <40	≥40 – <60	≥60 – <80	≥80									
		0.03	0.22	0.25	0.28	0.3									
		0.07	0.49	0.57	0.62	0.67									
		0.13	0.96	1.10	1.21	1.3									
		0.05	0.37	0.42	0.46	0.5									
	5.4 Glass Type	Laminated Glass	Security Film	Tempered Glass	Heat Strengthened Glass	Annealed Glass									
		0.03	0.23	0.26	0.29	0.31									
		0.06	0.46	0.53	0.58	0.63									
		0.13	0.96	1.10	1.21	1.3									
	5.5 Wall type	Cast-in-place Reinforced Concrete	Curtain Wall	Precast or Reinforced Masonry	Massive Unreinforced Masonry	Lt. Frame or Slender Unreinforced Masonry									
		0.03	0.23	0.26	0.29	0.31									
		0.07	0.49	0.57	0.62	0.67									
		0.03	0.22	0.25	0.8	0.3									
	5.6 Windborne Debris Impact Protection	Post Benchmark Year	All other												
		0.02	0.16												
		0.03	0.31												
		0.07	0.57												
V.2 SUB-TOTAL FOR VULNERABILITY RATING (V) : Sum values in each column and enter on line V.2 on Vulnerability Assessment Rating (Part V)															

<표 2.22> Vulnerability Rating – Structural Components and Systems 평가서

BUILDING CHARACTERISTICS		ATTRIBUTE OPTIONS					VULNERABILITY RATING FOR GIVEN Threat SCENARIO								
							Internal			Explosive			CBR		
		a.	b.	c.	d.	e.	I n t r u s i o n	E x p l o s i v e	C B R	Z o n e I	Z o n e II	Z o n e III	Z o n e I	Z o n e II	Z o n e III
S T R U C T U R A L C O M P O N E N T S A N D S Y S T E M S	6.1 Structural System	Reinf Conc Shear Wall or Bundled Tubes	Braced Exterior Frame	Frame w/Core or Precast	Tilt-up or Frame w/infill or Reinf. Masonry or Belt Truss	Lt. Metal Frame or Brick or Timber									
		0.04	0.32	0.36	0.40	0.43									
		0.03	0.23	0.26	0.29	0.31									
		0.07	0.49	0.57	0.62	0.67									
	6.2 Number of Bays in Short Building Direction	≥5	≥3 - <5	<3											
		0.04	0.35	0.43											
		0.03	0.27	0.33											
	6.3 Column Spacing (ft)	<15	≥15 - <25	≥25 - <40	≥40 - <60	≥60									
		0.04	0.32	0.36	0.40	0.43									
		0.03	0.24	0.28	0.31	0.33									
	6.4 Column Height (ft)	<12	≥12 - <24	≥24 - <36	≥36										
		0.04	0.32	0.38	0.43										
		0.03	0.24	0.29	0.33										
	6.5 Publicly Accessible Column	None	Yes, Massive	Yes, Slender											
		0.04	0.35	0.43											
		0.03	0.27	0.33											
	6.6 Transfer Girder Conditions	None	Int. Girder Sup. 1 column	Int. Girder Sup. 1 column	Ext. Girder Supporting 1 column	Ext. Girder Supporting 1 column									
		0.09	0.63	0.73	0.80	0.86									
		0.06	0.46	0.53	0.58	0.63									
		0.13	0.96	1.10	1.21	1.3									
		0.07	0.51	0.58	0.64	0.69									
	6.7 Structural Enhancements & Weaknesses	Hardened	Robust	None	Marginal	Sub-standard									
		0.09	0.63	0.73	0.80	0.86									
		0.06	0.46	0.53	0.56	0.63									
		0.10	0.77	0.88	0.97	1.04									
		0.11	0.81	0.93	1.02	1.1									
V.3 SUB-TOTAL FOR VULNERABILITY RATING (V) : Sum values in each column and enter on line V.3 on Vulnerability Assessment Rating (Part V)															

<표 2.23> Vulnerability Rating – Mechanical/Electrical/Plumbing 평가서

BUILDING CHARACTERISTICS		ATTRIBUTE OPTIONS					VULNERABILITY RATING FOR GIVEN Threat SCENARIO								
							Internal			Explosive			CBR		
		a.	b.	c.	d.	e.	I n t r u s i o n	E x p l o s i v e	C B R	Z o n e I	Z o n e II	Z o n e III	Z o n e I	Z o n e II	Z o n e III
M E C H A N I C A L / E L E C T R I C A L / P L U M B I N G S Y S T E M S	7.1 Primary External Air Intake Conditions	>30 ft or Roof	>10 – ≤30 ft	>0 – ≤10 ft	Ground Level	Below Grade									
		0.03	0.24	0.27	0.30	0.32									
		0.37	2.73	3.12	3.43	3.7									
		0.62	4.57	5.23	5.76	6.2									
		0.53	3.91	4.47	4.92	5.3									
	7.2 Return Air Intake System	Ducted Secured	Ducted Accessible	Unducted	Subject to Buoyancy										
		0.12	0.85	1.02	1.15										
		0.15	1.09	1.31	1.48										
		0.30	2.21	2.66	3.00										
	7.3 Internal Air Distribution System	High Risk Separated	Multi-Zoned/Single System Ducted	Single System/Unducted											
		0.12	0.93	1.15											
	7.4 Critical Utilities Located Close to High Risk Areas	No	Yes												
		0.04	0.43												
		0.02	0.16												
V.4 SUB-TOTAL FOR VULNERABILITY RATING (V) : Sum values in each column and enter on line V.4 on Vulnerability Assessment Rating (Part V)															

<표 2.24> Vulnerability Rating – Security 평가서

BUILDING CHARACTERISTICS				ATTRIBUTE OPTIONS					VULNERABILITY RATING FOR GIVEN Threat SCENARIO									
									Internal			Explosive			CBR			
				a.	b.	c.	d.	e.	Internal Threat Scenario	Explosive	CBR	Zone I	Zone II	Zone III	Zone I	Zone II	Zone III	
SECURITY	8.1 Internal Threat	8.1.1 Internal Threat Scenario	8.1.1.1 Number of Detection Systems	≥3 Systems	2 Systems	1 Systems	None											
				0.12	0.90	1.08	1.216											
			8.1.1.2 Overall Security Effectiveness	Highly Effective	Effective	Meets Min. Requirement s	Ineffective	No Security										
				0.49	3.58	4.10	4.52	4.864										
		8.1.2 Explosive Threat Scenario	8.1.2.2 Number of Detection Systems	≥3 Systems	2 Systems	1 Systems	None											
				0.05	0.39	0.48	0.536											
			8.1.2.2 Overall Security Effectiveness	Highly Effective	Effective	Meets Min. Requirement s	Ineffective	No Security										
				0.21	1.58	1.81	1.969	2.144										
		8.1.3 CBR	8.1.3.1 Number of Detection Systems	≥3 Systems	2 Systems	1 Systems	None											
				0.09	0.65	0.78	0.884											
			8.1.3.2 Overall Security Effectiveness	Highly Effective	Effective	Meets Min. Requirement s	Ineffective	No Security										
				0.35	2.61	2.89	3.28	3.536										
	8.2 Zone 1 Threat	8.2.1 Explosive Threat Scenario	8.2.1.1 Number of Detection Systems	≥3 Systems	2 Systems	1 Systems	None											
				0.03	0.22	0.26	0.294											
			8.2.1.2 Overall Security Effectiveness	Highly Effective	Effective	Meets Min. Requirement s	Ineffective	No Security										
				0.12	0.87	0.99	1.09	1.176										
		8.2.2 CBR	8.2.2.1 Number of Detection Systems	≥3 Systems	2 Systems	1 Systems	None											
				0.07	0.53	0.64	0.724											
			8.2.2.2 Overall Security Effectiveness	Highly Effective	Effective	Meets Min. Requirement s	Ineffective	No Security										
				0.29	2.13	2.44	2.69	2.896										
V.0 SUB-TOTAL FOR VULNERABILITY RATING (V) : Sum values in each column and enter here																		
V.1 SUB-TOTAL FOR VULNERABILITY RATING (V) : Enter values for each column from line V.1 on Vulnerability Assessment Rating (Part I)																		
V.2 SUB-TOTAL FOR VULNERABILITY RATING (V) : Enter values for each column from line V.2 on Vulnerability Assessment Rating (Part II)																		
V.3 SUB-TOTAL FOR VULNERABILITY RATING (V) : Enter values for each column from line V.3 on Vulnerability Assessment Rating (Part III)																		
V.4 SUB-TOTAL FOR VULNERABILITY RATING (V) : Enter values for each column from line V.4 on Vulnerability Assessment Rating (Part IV)																		
V.5 TOTAL VULNERABILITY RATING (V) : Sum values from lines V.0, V.1, V.2, V.3, and V.4 and enter total for each Threat Scenario in column V on Risk Scoring Worksheet																		

(2) 시나리오 평가항목¹⁶⁾¹⁷⁾

- 테러위험도가 높은 건물과 테러위험도가 낮은 건물의 평가결과를 분석하기 위해서 Internal Attack, External Explosive, External CBR(Chemical, Biological, Radiological)의 세 종류 시나리오로 분류되며, 9개의 시나리오로 구분하고 있음 시나리오 항목은 <표 2.25>와 같음

<표 2.25> 시나리오 항목¹⁶⁾¹⁷⁾

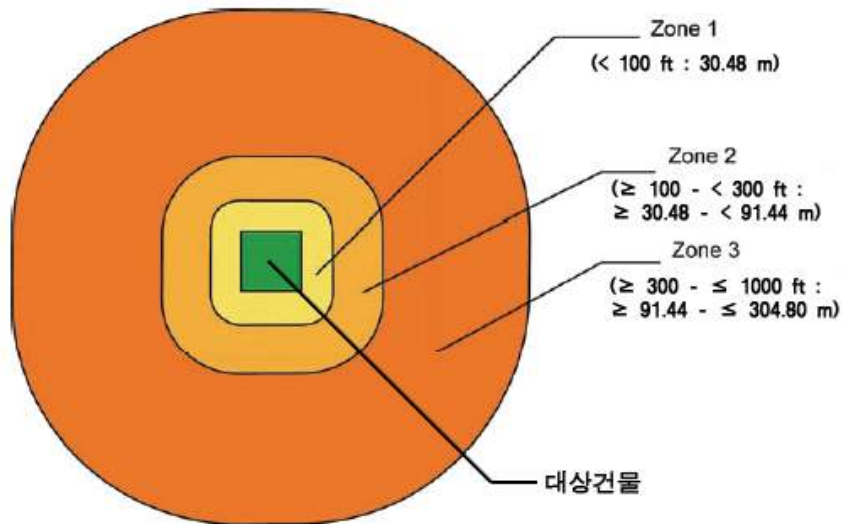
유 형	시 나 리 오
Internal Attack	Other Internal Attack (Intrusion)
	Internal Explosive Attack
	Internal CBR Release
External Explosive Attack	External Zone I Explosive Attack
	External Zone II Explosive Attack
	External Zone III Explosive Attack
External CBR Release	External Zone I CBR Release
	External Zone II CBR Release
	External Zone III CBR Release

- 위협 유형에 따른 시나리오 항목은 <표2.25>와 같이 9개의 시나리오에 의해 평가를 진행
- 내부 공격(Internal Attack)은 폭발과 화생방이나 다른 공격방법을 통한 공격을 목적으로 개인이나 사람들이 내부로 침입하는 것 또는 무기나 위협이 건물 외부로부터 내부로의 유입을 의미함
- 건물 내부의 테러에 대한 위협을 평가하는 Internal Attack은 내부 침입에 의한 Other Internal Attack(Intrusion)과 내부 폭발에 의한 Internal Explosive Attack 그리고 건물 내부의 화생방에 의한 Internal CBR Attack 로 분류
- 또한 건물 외부의 테러에 대한 위협은 테러의 직접적인 대상이 되거나 간접적인 대상이 될 수 있는 사항을 고려한 것으로서 External Explosive Attack과 External CBR Release 은 대상건물로부터의 거리에 따라 Zone I, Zone II, 그리고 Zone III로 분류되어 짐

16) 지정환, 윤성원. (2011). "Rapid Visual Screening을 통한 국내 고층건물의 테러위험도 분석", 한국공간구조학회논문집 제 11권 제2호, PP.55~62,

17) FEMA. (2009), "FEMA 455 - Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to Evaluate Terrorism Risks"

- 테러 공격이 발생하였을 때를 가정하여 [그림2.18]와 같이 시나리오 따른 구역의 정의를 보면 Zone I은 대상건물 외피로부터 100 feet(30.48 meter) 미만, Zone II는 100 feet(30.48 meter)이상 300ft(91.44 meter)미만, 그리고 Zone III는 300 feet(91.44 meter)이상 1000ft(304.80 meter)미만으로 분류됨



[그림 2.18] 시나리오 구역 범위

- 시나리오 구역 범위의 거리에 따른 위험도는 다음과 같음
- Zone I 범위는 인명피해(사망·부상자), 손상, 업무의 중단의 관점에서 치명적인 영향을 줄 수 있는 거리
- Zone II 범위는 인명피해(사망·부상자), 손상, 업무의 중단의 관점에서 중간 정도의 위험 수준의 영향을 줄 수 있는 거리
- Zone III 범위는 인명피해(사망·부상자), 손상, 업무의 중단의 관점에서 경미한 위험 수준의 영향을 줄 수 있는 거리

(3) Rapid Visual Screening 평가방법

- 테러 공격에 의한 평가대상 건물의 위험도는 시나리오의 세 가지 평가 요소인 Consequences, Threat Rating, 그리고 Vulnerability Rating 평가항목의 결과에 따른 영향으로 정의되어 짐
- Consequences, Threat Rating, Vulnerability Rating을 국내 실정에 맞게 일부 옵션항목을 <표2.26>와 같이 수정하여 국내 실정에 맞게 테러위험도 평가를 하였다.

<표 2.26> 국내실정에 맞는 RVS 평가표

			위험도 지수 4941 저위험도										
Building Characteristics			Attribute Options		Vulnerability rating for given threat scenario								
			Internal			Explosive			CBR				
			Intrusion	Explosive	CBR	Zone I	Zone II	Zone III	Zone I	Zone II	Zone III		
Consequences	1. Consequences	1.1 지역형태	할입도시	5	0.63	0.43	1.67	0.43	0.43	0.43	1.67	1.67	
		1.2 거주자 수	4,000 ~ 6,000	8	2.19	1.53	2.92	1.53	1.53	2.92	2.92		
		1.3 대피비율	100 ~ 200	6	0.99	1.04	0.66	1.04	1.04	0.66	0.66		
		1.4 문화재 등록	No	1	0.25	0.04	0.08	0.04	0.04	0.04	0.08		
		1.5 사업 지속성	없음	2	0.92	0.64	1.23	0.64	0.64	0.64	1.23		
		1.6 물리적 손실 영향	국가적	4	1.74	4.84	1.55	4.84	4.84	1.55	1.55		
합계				6.72	8.52	8.11	8.52	8.52	8.52	8.11	8.11		
Threat Rating	2. Threat Rating	2.1 거주 용도	거주 그룹 B	3	1.4	1.4	1.4	1.1	0	0	1.1	0	
		2.2 거주자 수	4,000 ~ 6,000	8	1.23	1.23	1.23	0.96	0	0	0.96	0	
		2.3 인구 밀도	매우 높음 (1/0.9)	5	0	0	0	1.1	3	0	1.1	3	
		2.4 가시성 / 상징성	보통	3	2.45	2.45	2.45	2.02	0	0	2.02	0	
		2.5.1 Zone I (< 30m)	1	2	0	0	0	0.88	0	0	0.88	0	
		2.5.2 Zone II (≥ 30m - < 91m)	7 ~ 9	4	0	0	0	0	2.78	0	0	2.78	
		2.5.3 Zone III (≥ 91m - ≤ 305m)	7 ~ 12	3	0	0	0	0	6.75	0	0	6.75	
		2.6 현장 접근가능성	제한 가능	2	1.4	1.4	1.4	0.6	0	0	0.6	0	
		2.7.1 시설	Yes	2	1.45	1.45	1.45	1.25	2	1	1.25	2	
		2.7.2 시설 형태	Yes	2	1.45	1.45	1.45	1.25	2	1	1.25	2	
합계				9.38	9.38	9.38	9.16	9.78	8.75	9.16	9.78		
Vulnerability Rating	3. Site	3.1 보안되지 않은 자형과의 거리	≥ 7.6m ~ < 15.2m	3	0	0	0	0.53	0	0	0	0	
		3.2 주변 경계	장식적 / 임시적인 / 침투를 막는 장애물	4	0.28	0.1	0.1	0.29	0	0	0.19	0	
		3.3 시야 방해	≥ 1.5m ~ < 3.0m	4	0.57	0.1	0.1	0.15	0	0	0.19	0	
		3.4 보안되지 않은 지하 접근성	없음	1	0.24	0.09	0.09	0	0	0	0	0	
		3.5 위험물질 저장소	없음	1	0.6	0.04	0	0.02	0.01	0	0	0	
		3.6 부수적인 지하시설물 / 연결된 구조물	없음	1	0	0	0	0.1	0.09	0	0	0	
		합계		1.69	0.33	0.29	1.09	0.1	0	0.38	0	0	
4. Architecture	4. Architecture	4.1 건물높이	60.96m ~ 152.4m (16~40개층)	6	0	0.16	0	0.12	0.12	0	0.15	0.15	
		4.2 중면적 / 1층 바닥면적 비율	30 ~ 50	3	0	0.04	0	0.03	0.03	0	0.03	0.15	
		4.3 건물 형상	시간형	2	0	0	0	0.08	0.08	0.23	0	0	
		4.4 돌출부	없음	1	0	0	0.03	0.02	0	0	0	0	
		4.5 로비 / 소매점위치 (건물의 주요 바닥면과 관련하여)	사용 공간과 인접해 있음	5	0	0.43						0	
		4.6 하역장	건물 지하에 있음	5	0	0.43						0	
		4.7 건물 외부의 자랑보행로	Yes	2	0	0						0	
		4.8 자고 위치	사용공간 인접해 있음	4	0	0.43						0	

RVS 평가 결과

국내 실정에 맞도록 일부 옵션 항목 수정

RVS 평가 결과

국내 실정에 맞도록
일부 옵션 항목 수정

- FEMA 455-Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to Evaluate Terrorism Risks의 평가방법으로 대상건물의 평가를 통한 9개의 시나리오에 대한 Ci(Consequences), Ti(Threat Rating), Vi(Vulnerability Rating) 값을 식 (1)에 적용하여 전체위험도(Total Risk) R값을 산정

$$R = 7.227 \sqrt[10]{\sum_{n=1}^9 (C_i \times T_i \times V_i)^{10}} \quad (1)$$

C_i = Consequences for scenario i

T_i = Threat rating for scenario i

V_i = Vulnerability rating for scenario i

- 식 (1)을 통하여 산정된 R(Total Risk)값은 $9 < R \leq 9000$ 의 범위를 가지고 있음
- R(Total Risk)값을 기준으로 FEMA 455-Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to Evaluate Terrorism Risks에서는 평가대상 건물이 가지는 전체테러위험도 단계를 R(Total Risk)의 범위에 따라 $9 < R \leq 3,006$ 의 범위를 저 위험도, $3,006 < R \leq 6,003$ 의 범위를 중 위험도, 그리고 $6,003 < R \leq 9,000$ 의 범위를 고 위험도로 분류하고 있으며, <표 2.27>와 같음

<표 2.27> Risk Score에 따른 위험도 분류

위험도 분류	위험도 범위
저 위험도	$9 < R \leq 3,006$
중 위험도	$3,006 < R \leq 6,003$
고 위험도	$6,003 < R \leq 9,000$

2. 테러위험도 평가

가. FEMA 455의 RVS 시스템을 통한 테러위험도 평가

(1) 평가대상건물

- FEMA 455-Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to Evaluate Terrorism Risks을 통하여 국내 건축물 24동에 대한 폭발물 테러위험도 평가를 실시하였고 그에 따른 결과에서 구조시스템의 Envelope의 위험도요인을 분석하였음 FEMA 455에서는 건물의 외피에 관련된 창문지지형태, 창문프레임깊이, 창문면적의 비율, 유리형태, 벽 형태, 충격파에 의한 먼지 영향 보호성능을 평가
- 평가대상 건물은 <표 2.28>과 같으며, 건물은 높이의 순으로 분류

<표 2.28> 평가대상 건물

건물높이	순서	구조시스템	지역	사용용도
200m이상	A	RC·SRC	도심	복합시설
	B	RC·SRC	부도심	복합시설
	C	RC·SRC	도심	주거시설
	D	SRC	도심	업무시설
	E	RC	부도심	복합시설
	F	RC·SRC	도심	업무시설
	G	RC·SRC	도심	업무시설
150~200m	H	RC·SRC	도심	업무시설
	I	RC·SRC	도심	복합시설
	J	SRC	부도심	복합시설
	K	RC·SRC	도심	업무시설
100~150m	L	SRC	도심	업무시설
	M	SRC	도심	복합시설
	N	RC	도심	업무시설
	O	RC·SRC	도심	복합시설
	P	RC·SRC	도심	업무시설
	Q	RC·SRC	도심	업무시설
	R	SRC	도심	업무시설
	S	RC·SRC	도심	복합시설
50~100m	T	RC·SRC	도심	복합시설
	U	RC·SRC	도심	업무시설
	V	SRC	도심	복합시설
50m미만	W	RC	도심	업무시설
	Y	RC	도심	복합시설

(2) RVS를 통한 테러위험도 평가결과

- FEMA 455-Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to Evaluate Terrorism Risks을 평가항목을 적용하고 식 (1)을 통하여 산정된 테러에 대한 전체위험도(Total Risk)는 평가대상 건물의 높이에 따라 A 건물에서 Y건물까지 나열하였으며, 평가 결과는 <표 2.29>와 같음

<표 2.29> 평가대상 건물의 전체위험도 및 위험도 분류

높이별 분류	평가대상 건물		Total Risk	External Blast	External CBR	Internal Blast	Internal CBR	Internal Intrusion	위험도 분류
			9,000	3,000	3,000	1,000	1,000	1,000	
200m이상	A 건물	Total Risk	6,053	1,708	1,353	716	810	536	고 위험도
		%	67	57	45	72	81	54	
	B 건물	Total Risk	5,542	1,794	1,133	667	697	621	중 위험도
		%	62	60	38	67	70	62	
	C 건물	Total Risk	5,075	1,855	1,080	544	543	397	중 위험도
		%	56	62	36	54	54	40	
	D 건물	Total Risk	4,834	1,315	1,762	477	535	300	중 위험도
		%	54	44	59	48	53	30	
	E 건물	Total Risk	5,467	1,578	1,837	583	702	488	중 위험도
		%	61	53	61	58	70	49	
	F 건물	Total Risk	6,001	1,633	2,200	583	626	497	중 위험도
		%	67	54	73	58	63	50	
	G 건물	Total Risk	5,250	1,829	1,124	615	617	574	중 위험도
		%	58	61	37	61	62	57	
150~200m	H 건물	Total Risk	5,456	1,702	1,694	630	684	617	중 위험도
		%	61	57	56	63	68	62	
	I 건물	Total Risk	5,240	1,589	1,636	582	674	579	중 위험도
		%	58	53	55	58	67	58	
	J 건물	Total Risk	5,155	1,421	1,693	586	663	523	중 위험도
		%	57	47	56	59	66	52	
	K 건물	Total Risk	4,941	1,410	1,789	477	561	338	중 위험도
		%	55	47	60	48	56	34	
100~150m	L 건물	Total Risk	5,274	1,522	1,917	520	577	337	중 위험도
		%	59	51	64	52	58	34	
	M 건물	Total Risk	4,772	1,236	1,419	579	626	441	중 위험도
		%	53	41	47	58	63	44	
	N 건물	Total Risk	4,452	1,024	1,628	397	505	337	중 위험도
		%	49	34	54	40	50	34	
	O 건물	Total Risk	4,133	1,214	1,417	481	503	367	중 위험도
		%	46	40	47	48	50	37	

100 ~ 150m	P 건물	Total Risk	4,129	1,361	1,124	435	542	361	중 위험도
		%	46	45	37	43	54	36	
	Q 건물	Total Risk	4,512	1,368	1,463	523	565	486	중 위험도
		%	50	46	49	52	56	49	
	R 건물	Total Risk	3,661	1,089	1,294	391	430	353	중 위험도
		%	41	36	43	39	43	35	
50 ~ 100m	T 건물	Total Risk	3,362	954	1,186	366	404	298	중 위험도
		%	37	32	40	37	40	30	
	U 건물	Total Risk	3,308	939	1,209	293	358	207	중 위험도
		%	37	31	40	29	36	21	
	V 건물	Total Risk	2,339	381	870	88	172	89	저 위험도
		%	26	13	29	9	17	9	
50m미만	W 건물	Total Risk	3,572	1,121	1,294	325	352	214	중 위험도
		%	40	37	43	32	35	21	
	Y 건물	Total Risk	1,968	358	726	117	207	164	저 위험도
		%	22	12	24	12	21	16	

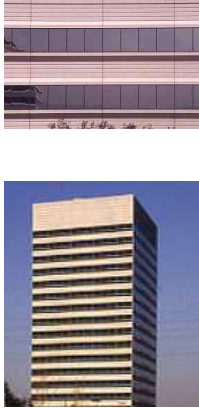
- 전체위험도 평가결과는 평가대상 건물 24동 중에서 2동은 저(Low) 위험도($9 < R \leq 3,006$)로 평가되었으며, 1동은 고(High) 위험도($6,003 < R \leq 9,000$)로 평가되었음 나머지 21동의 전체위험도는 중(Medium) 위험도($3,006 < R \leq 6,003$)로 나타났음 국내 도심 또는 부도심에 위치한 건물을 대상으로 테러가 발생하였을 경우 위험도가 높으며 일반적으로 건물의 높이가 높아질수록 테러에 대한 전체위험도가 높은 것으로 나타남

나. Building Envelope 위험도 요인 분석

(1) 창문지지형태(Window Support Type)^{16) 17)}

- FEMA 455는 창문지지형태에 따라 <표2.30>과 같이 5단계로 분류하여 취약성을 평가하고 있음 창문이 없는 형태가 가장 안전하며, 프레임이나 케이블처럼 소재가 얇은 재질은 폭발물 발생 시 위험함3) <표2.31>는 국내 건축물 24개동에 대한 평가 값이며 24개동 중 13동이 Glass and Metal Framing으로 가장 많이 설계되었음 그 다음은 9개동이 Ribbon의 형태로 설계되었음

<표 2.30> Window Support Type의 분류^{16) 17)}

				
a. No Windows	b. Punched	c. Glass and Metal Framing	d. Ribbon	e. Point Supported
안전 ➔ 위험				

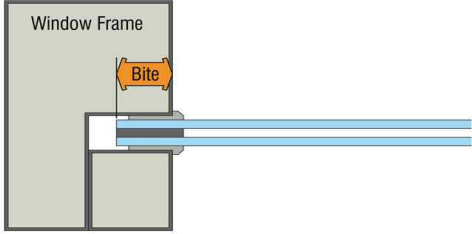
<표 2.31> Window Support Type의 평가

평가대상 건물	단계	Internal			Explosive			CBR		
		Intrusion	Explosive	CBR	Zone I	Zone II	Zone III	Zone I	Zone II	Zone III
A 건물	c				0.53	1.1	1.1			
B 건물	d				0.58	1.21	1.21			
C 건물	d				0.58	1.21	1.21			
D 건물	d				0.58	1.21	1.21			
E 건물	d				0.58	1.21	1.21			
F 건물	c				0.53	1.1	1.1			
G 건물	d				0.58	1.21	1.21			
H 건물	d				0.58	1.21	1.21			
I 건물	d				0.58	1.21	1.21			
J 건물	c				0.53	1.1	1.1			
K 건물	c				0.53	1.1	1.1			
L 건물	d				0.58	1.21	1.21			
M 건물	c				0.53	1.1	1.1			
N 건물	c				0.53	1.1	1.1			
O 건물	d				0.58	1.21	1.21			
P 건물	e				0.63	1.3	1.3			
Q 건물	c				0.53	1.1	1.1			
R 건물	c				0.53	1.1	1.1			
S 건물	c				0.53	1.1	1.1			
T 건물	c				0.53	1.1	1.1			
U 건물	c				0.53	1.1	1.1			
V 건물	c				0.53	1.1	1.1			
W 건물	c				0.53	1.1	1.1			
Y 건물	b				0.46	0.96	0.96			
평균					0.55	1.14	1.14			

(2) 창문프레임 깊이(Window Bite Depth)¹⁶⁾¹⁷⁾

- 창문 유리의 깊이를 의미, FEMA 455에서는 대형 유리창 또는 초고층 건물의 유리 등 창문이 고정창인 경우에 안전하다고 분류하였음 <표 2.32>는 창문프레임의 깊이에 대한 그림과 분류 단계임 <표 2.33>은 국내 건축물 24개동을 평가한 결과임

<표 2.32> Window Bite Depth 분류¹⁶⁾¹⁷⁾

	a. $\geq 1.27\text{cm}$ (More than or equal to 0.5 in)
	b. $< 1.27\text{cm}$ (Less than 0.5 in)

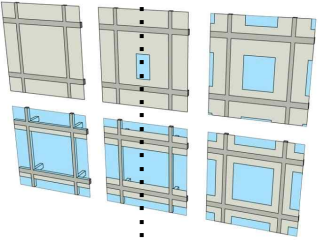
<표 2.33> Window Bite Depth의 평가

평가대상 건물	단계	Internal			Explosive			CBR		
		Intrusion	Explosive	CBR	Zone I	Zone II	Zone III	Zone I	Zone II	Zone III
A 건물	a				0.03	0.07	0.07			
B 건물	a				0.03	0.07	0.07			
C 건물	a				0.03	0.07	0.07			
D 건물	a				0.03	0.07	0.07			
E 건물	a				0.03	0.07	0.07			
F 건물	a				0.03	0.07	0.07			
G 건물	a				0.03	0.07	0.07			
H 건물	a				0.03	0.07	0.07			
I 건물	a				0.03	0.07	0.07			
J 건물	a				0.03	0.07	0.07			
K 건물	a				0.03	0.07	0.07			
L 건물	a				0.03	0.07	0.07			
M 건물	a				0.03	0.07	0.07			
N 건물	a				0.03	0.07	0.07			
O 건물	a				0.03	0.07	0.07			
P 건물	a				0.03	0.07	0.07			
Q 건물	a				0.03	0.07	0.07			
R 건물	a				0.03	0.07	0.07			
S 건물	a				0.03	0.07	0.07			
T 건물	a				0.03	0.07	0.07			
U 건물	a				0.03	0.07	0.07			
V 건물	a				0.03	0.07	0.07			
W 건물	a				0.03	0.07	0.07			
Y 건물	a				0.03	0.07	0.07			
평균					0.03	0.07	0.07			

(3) 창문의 면적(Total % Window Area)^{16) 17)}

- 폭발물 테러 시 벽은 거주자를 보호하는 역할을 하지만, 유리는 건물 거주자에게 심각한 위험을 제공 <표2.34>과 같이 창문의 면적은 5단계로 분류하며 창문의 면적이 20%미만 일 때 가장 안전하고 80%이상일 때 폭발물 테러 발생 시 위험하다는 것을 알 수 있음 <표2.35>은 평가 결과

<표 2.34> Total % Window Area 분류^{16) 17)}

 Example estimates: Top row (from left to right): Option a: < 20% Option b: 25% Option c: 40% Bottom row: Option e: 80% Option d: 75% Option c: 55%	a. < 20% (less than 20%)	안전 ↓ 위험
	b. 20 ~ 40% (Greater than or equal to 20%, less than 40%)	
	c. 40 ~ 60% (Greater than or equal to 40%, less than 60%)	
	d. 60 ~ 80% (Greater e than or equal to 60%, less than 80%)	
	e. > 80% (Greater than or equal to 80%)	

<표 2.35> Total % Window Area의 평가

평가대상 건물	단계	Internal			Explosive			CBR		
		Intrusion	Explosive	CBR	Zone I	Zone II	Zone III	Zone I	Zone II	Zone III
A 건물	e				0.3	0.67	1.3	0.3	0.3	0.5
B 건물	e				0.3	0.67	1.3	0.3	0.3	0.5
C 건물	e				0.3	0.67	1.3	0.3	0.3	0.5
D 건물	e				0.3	0.67	1.3	0.3	0.3	0.5
E 건물	d				0.28	0.62	1.21	0.28	0.28	0.46
F 건물	c				0.25	0.57	1.1	0.25	0.25	0.42
G 건물	e				0.3	0.67	1.3	0.3	0.3	0.5
H 건물	e				0.3	0.67	1.3	0.3	0.3	0.5
I 건물	d				0.28	0.62	1.21	0.28	0.28	0.46
J 건물	c				0.25	0.57	1.1	0.25	0.25	0.42
K 건물	e				0.3	0.67	1.3	0.3	0.3	0.5
L 건물	e				0.3	0.67	1.3	0.3	0.3	0.5
M 건물	c				0.25	0.57	1.1	0.25	0.25	0.42
N 건물	b				0.22	0.49	0.96	0.22	0.22	0.37
O 건물	d				0.28	0.62	1.21	0.28	0.28	0.46
P 건물	e				0.3	0.67	1.3	0.3	0.3	0.5
Q 건물	d				0.28	0.62	1.21	0.28	0.28	0.46
R 건물	d				0.28	0.62	1.21	0.28	0.28	0.46
S 건물	e				0.3	0.67	1.3	0.3	0.3	0.5
T 건물	e				0.3	0.67	1.3	0.3	0.3	0.5
U 건물	c				0.25	0.57	1.1	0.25	0.25	0.42
V 건물	c				0.25	0.57	1.1	0.25	0.25	0.42
W 건물	d				0.28	0.62	1.21	0.28	0.28	0.46
Y 건물	b				0.22	0.49	0.96	0.22	0.22	0.37
평균					0.28	0.62	1.21	0.28	0.28	0.46

(4) 유리의 종류(Glass Type)^{16) 17)}

- 건물의 유리의 종류에 따라 위험도를 반영함 <표2.36>와 같이 항목을 구분하며 접합유리(Laminated glass)는 두 장의 유리 사이에 접착성이 강한 합성수지 필름을 넣어 압착시킨 유리로서, 내관통성이 일반 유리의 3.5배 정도임 폭발물 테러 발생 시에도 날아 흩어지는 유리 파편에 의한 피해를 막아주고, 내부의 거주자가 외부로 튕겨 나가는 것을 방지해 줌<표2.37>은 국내 건축물 24개동에 평가 결과임

<표 2.36> Glass Type 분류^{16) 17)}

a	접합유리 (Laminated glass)	안전 ↓ 위험
b	안전유리 (Security glass)	
c	강화유리 (Tempered glass)	
d	배강도유리 & 반강화유리 (Heat strengthened glass)	
e	투명한 판유리(Annealed glass)	

<표 2.37> Glass Type의 평가

평가대상 건물	단계	Internal			Explosive			CBR		
		Intrusion	Explosive	CBR	Zone I	Zone II	Zone III	Zone I	Zone II	Zone III
A 건물	a				0.03	0.06	0.13			
B 건물	a				0.03	0.06	0.13			
C 건물	a				0.03	0.06	0.13			
D 건물	a				0.03	0.06	0.13			
E 건물	a				0.03	0.06	0.13			
F 건물	a				0.03	0.06	0.13			
G 건물	a				0.03	0.06	0.13			
H 건물	a				0.03	0.06	0.13			
I 건물	a				0.03	0.06	0.13			
J 건물	a				0.03	0.06	0.13			
K 건물	a				0.03	0.06	0.13			
L 건물	a				0.03	0.06	0.13			
M 건물	a				0.03	0.06	0.13			
N 건물	a				0.03	0.06	0.13			
O 건물	a				0.03	0.06	0.13			
P 건물	a				0.03	0.06	0.13			
Q 건물	a				0.03	0.06	0.13			
R 건물	a				0.03	0.06	0.13			
S 건물	a				0.03	0.06	0.13			
T 건물	a				0.03	0.06	0.13			
U 건물	a				0.03	0.06	0.13			
V 건물	a				0.03	0.06	0.13			
W 건물	a				0.03	0.06	0.13			
Y 건물	a				0.03	0.06	0.13			
평균					0.03	0.06	0.13			

(5) 벽 타입(Wall Type)^{16) 17)}

- FEMA 455에서 벽 타입을 <표2.38>처럼 5종류로 분류하였음 현장 타설 콘크리트가 위험도가 낮은 이유는 화재 시에 우수한 내화성능 때문임 위험도가 높은 벽체로는 경량 프레임 또는 얇은 조적벽이 있음 <표2.39>은 국내 건축물 24개동에 평가 결과임

<표 2.38> Wall Type 분류^{16) 17)}

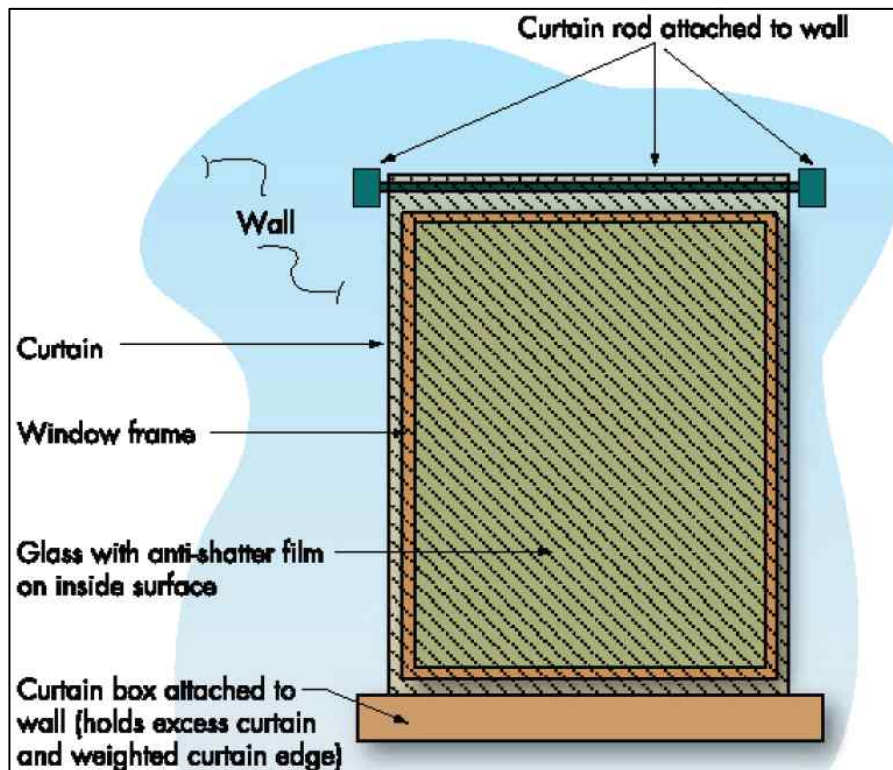
A	현장타설 철근콘크리트 (Cast-in-Place Reinforced Concrete)	안전 ↓ 위험
B	커튼월 (Curtain wall)	
C	프리캐스트, 강화 조적벽 (Precast Panels/Reinforced Masonry)	
D	두꺼운 비보강 조적벽 (Massive Unreinforced Masonry)	
E	경량프레임 또는 얇은 조적벽 (Light Frame or Slender Unreinforced Masonry)	

<표 2.39> Wall Type의 평가

평가대상 건물	단계	Internal			Explosive			CBR		
		Intrusion	Explosive	CBR	Zone I	Zone II	Zone III	Zone I	Zone II	Zone III
A 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
B 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
C 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
D 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
E 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
F 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
G 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
H 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
I 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
J 건물	a				0.03	0.07	0.07	0.03	0.03	0.03
K 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
L 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
M 건물	a				0.03	0.07	0.07	0.03	0.03	0.03
N 건물	a				0.03	0.07	0.07	0.03	0.03	0.03
O 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
P 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
Q 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
R 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
S 건물	a				0.03	0.07	0.07	0.03	0.03	0.03
T 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
U 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
V 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
W 건물	b				0.23	0.49	0.49	0.22	0.22	0.22
Y 건물	a				0.03	0.07	0.07	0.03	0.03	0.03
평균					0.19	0.40	0.40	0.18	0.18	0.18

(6) 충격파에 의한 비산물 보호성능 (Windborne Debris Impact Protection)

- 이 항목은 폭발로 인해 발생하는 비산물로부터 충격을 보호하기 위한 빌딩코드를 만족하고 있는지의 여부를 판단하는 항목임 옵션에는 미국 각 주에 대하여 빌딩코드를 적용한 년도를 표시하여 해당건물이 기준년도 이후에 건설되었는지를 판단할 수 있도록 하고 있음 빌딩코드가 없는 지역에 대해서는 [그림2.19]과 같이 비산물 보호성능을 지닌 창문의 사용여부를 통하여 판단함 [그림2.19]과 같이 비산물 보호성능을 갖추기 위해서는 창문 위쪽에 커튼을 부착할 수 있는 막대가 벽에 부착되어 있어야 하며, 창문유리의 내부 표면에 유리가 산산 조각나는 것을 방지하도록 보호필름으로 코팅이 되어 있어야 함 또한, 과중한 커튼의 무게를 지탱할 수 있도록 커튼박스가 창문하단 벽에 부착되어 있어야 함 국내의 경우에는 비산물 보호성능과 관련된 코드가 없기 때문에 [그림2.19]를 토대로 보호성능을 지닌 창문의 사용여부를 기준으로 하여 판단해야 함



[그림 2.19] 비산물 보호성능을 갖춘 창문3)

3. 2차 방어선 가이드라인(안)

가. 방어선의 개념

- 대지경계, 혹은 대지 내부로의 접근통제지점으로부터 건축물이나 주요자산 사이에 형성하는 방어선을 의미
- 출입통제 : 대지 내부로의 차량출입을 통제하기 위한 출입구의 위치 및 통제수단의 종류를 의미

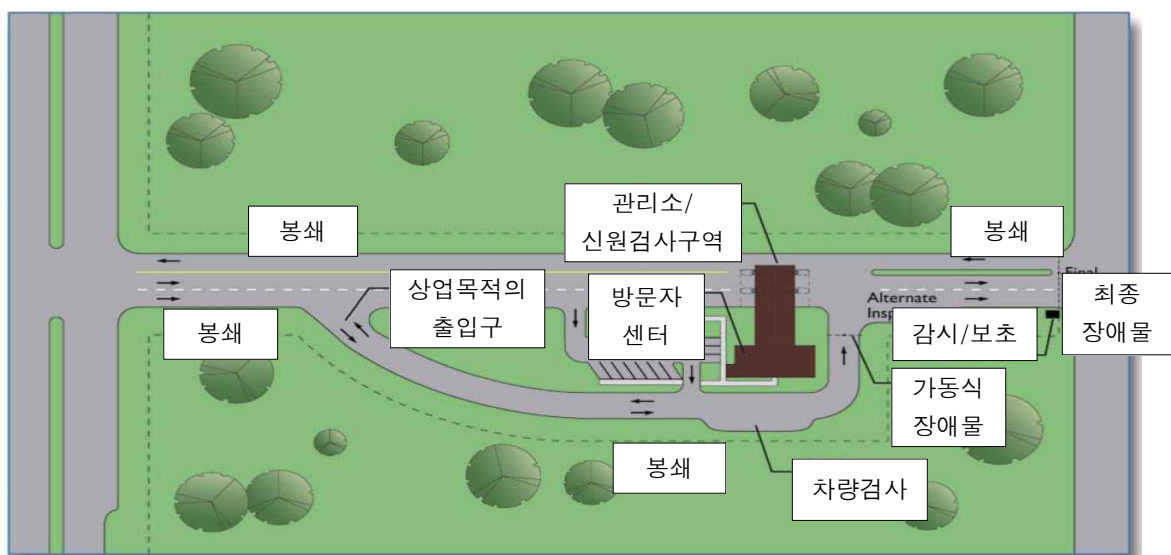
나. 출입통제지점 위치

(1) 항목의 정의

- 대지로 진입하는 차량의 통제지점 위치를 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 출입통제 지점위치는 대지로 접근하는 차량에 대하여 통제, 검사, 저지를 하는 위치를 말하며, 건축물과 이격거리를 최대로 하기 위해 대지경계에 가까운 곳에 설치하는 것이 바람직함
- 차량출입통제지점을 대지 내부에 설치하는 경우에는, 차량이 통제지점을 거치지 않고 대지내부의 공간으로 이동, 접근할 수 없도록 계획하는 것이 바람직함
- 차량출입통제지점의 위치는 통제지점에서의 차량 감속방법, 정차된 차량행렬로 인한 교통영향 등도 고려하여 결정함



[그림 2.20] 다양한 사용자를 고려한 출입구 계획

다. 출입통제 수단의 종류

(1) 항목의 정의

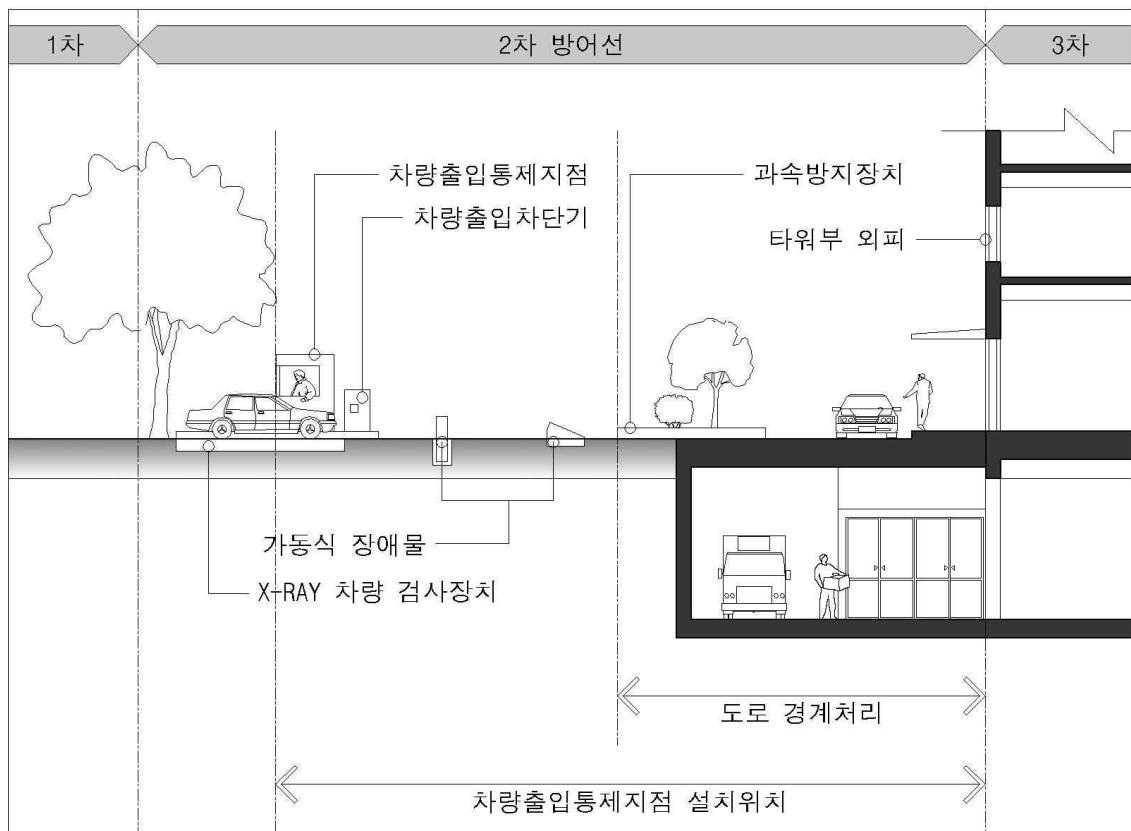
- 대지로 진입하는 차량을 인력과 설비를 이용하여, 통제, 검사, 저지하는 수단의 종류를 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 차량의 통제수단은 차량의 진입을 통제하고, 모든 차량이나 의심차량에 대해 검사를 실시하며, 통제에 따르지 않고 무단진입을 시도하는 차량을 효과적으로 저지할 수 있도록 계획함
- 보안요원이나 경비원이 직접 통제와 검사를 하거나 기계적인 설비를 이용하여 검사 및 저지하도록 계획함
- 출입허가를 위해 정차한 차량의 행렬을 고려하여 진입도록을 계획하고, 의심차량을 검사하기 위한 공간을 마련하며, 출입허가를 받지 못한 차량이 회차할 수 있는 공간을 설치함
- 차량을 검문할 경우 차량이 검문을 받지 않고 검문지역을 빠져나가거나, 앞차에 바짝 붙어 통과할 수 없도록 계획함
- 출입통제지점의 조명은 운전자가 경비실을 명확히 식별할 수 있도록 설치해야 하며, 보안요원이 운전자와 차량을 명확히 볼 수 있도록 계획함
- 차량접근통제센터에는 투시형 장비(X-Ray), 가동식 장애물, CCTV, 차량속도저감장치 등을 설치함
- 통제 및 검사를 무시하고 건축물로 돌진하는 차량에 대해서는 이동식 차량저지 시스템을 이용할 수 있음 이러한 장치들은 다양한 차량의 충격정도에 대해 각각 저항할 수 있는 제품으로 생산되어 있으며, 종류에는 Crash beam, Crash gate, Surface mounted Plate system, retractable bollard, Sally port, Mobile Wedge Barriers, Rising Wedge Barriers, Turntable Vehicle Barrier 등이 있음



[그림 2.21] 출입통제 수단의 종류



[그림 2.22] 효과적인 차량출입통제 계획

- 이동통제 : 건축물의 승하차공간이나 하역장, 주차구역으로 이동하는 차량의 과속 및 도로이탈 주행을 방지하기 위한 수단과 고위험시설(변전기, 유류저장고 등)로의 접근 통제 정도를 의미

라. 과속방지장치 설치정도

(1) 항목의 정의

- 건축물의 하역장, 주차구역, 승하차공간으로 연결된 도로를 주행하는 차량의 이동속도를 줄일 수 있는 장치를 설치하거나 도로의 형태를 계획하는 것을 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 폭발물 차량에 의한 피해정도는 차량의 무게와 속도에 비례하며, 이 중 속도의 영향이 더 큼 따라서 가동식 블라드를 이용하여 건축물로 돌진하는 차량을 저지하거나, 도로형태 혹은 속도저감장치를 이용하여 건축물로 돌진하는 차량이 가속할 수 있는 구간이 없도록 계획하는 것이 바람직함
- 차량의 속도를 줄이는 장치 및 계획기법으로는 순환형 및 곡선형태 도로계획, 과속방지턱 설치, 도로 바닥마감재의 재질 선택 등이 있음
- 도로가 건축물과 만나는 부분에는 건축물에 대해 차량이 수직이 아닌 비스듬한 방향으로 접근하도록 도로를 계획하거나 환상교차로를 설치하여 차량이 충분한 속도로 주행할 수 없도록 함
- 차량의 충돌을 저지하기 위해 낮은 벽체나 지형을 이용한 낮은 둔덕을 설치할 수 있으며, 테라스형 조경, 분수, 조각, 계단, 순환도로, 식재대, 가로수 등을 이용하여 차량이 빠른 속도로 건물에 접근할 수 없도록 할 수 있음



[그림 2.23] 차량의 속도를 줄이기 위한 도로계획

- 침입저지 : 대지경계선을 뚫고 침입하려는 의도에 대한 대지경계선 장애물의 방호성능 및 감시 정도를 의미하며, 장애물 설치위치, 장애물의 종류, 대지경계 감시 정도가 이에 해당함

마. 도로경계 처리방식

(1) 항목의 정의

- 차량이 대지 내부의 도로경계를 넘어서 건축물로 돌진할 수 없도록 설치한 도로경계 처리방식을 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 건축물로 돌진하는 차량이 도로가 아닌 공간을 이용하여 건축물로 이동, 접근할 수 없도록 계획함
- 차량이 도로경계 장애물을 뚫고 돌진하려는 경우에는 장애물이 움직이지 않거나 적게 이동하여 차량을 저지할 수 있어야 하므로 강도가 높은 장애물을 설치할수록 효과적임
- 장애물을 설치할 때는, 보행자 흐름을 방해하지 않도록 볼라드, 말뚝, 쇠사슬 등을 계획하며, 볼라드, 울타리, 가로등 등의 조경요소는 각각의 특성과 시각적으로 복잡성을 감소시키기 위해 도로를 따라 일관적이고 규칙적인 패턴으로 계획해야 함
- 차량이 직선으로 접근하는 지점이 없고 위험수준이 낮은 부분에서는 지표면 위에 설치된 식재대나 조경요소 등이 보다 효과적임 건물 주위의 지표면 위에 형성된 식재대는 차량의 범퍼 높이로 설치하여 차량의 충격에 저항하게 함 식재대는 충돌의 충격으로 움직일 수 있으며, 움직임을 줄이기 위해서는 식재대 하부를 지표면보다 아래에 설치하거나, 바닥면을 거칠게 마감할 수 있음

바. 주요 위험시설로의 접근 가능성

(1) 항목의 정의

- 대지의 건축물 외부공간에 위치한 주요 위험시설로의 외부인의 접근에 대한 감시 및 통제 정도를 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 주요 위험 시설은 일상 시 본 건물을 지원하는 설비가 있는 시설로서, 폭발에 의한 직접적인 피해가 발생할 경우에는 건물의 기능 및 거주자의 안전에 심각한 문제가 발생할 수 있으므로, 보행자나 차량이 접근할 수 없도록 위치를 계획하고 통제와 감시를 할 수 있도록 계획하는 것이 바람직함
- 주요 위험시설은 흡배기설비, 연료 시스템, 급수장치, 전화 배선 및 개폐기, UPS 시스템, 비상전력의 배전기 등이 있으며, 가능한 한 지하에 외부인이나 차량이 접근을 차단할 수 있는 위치에 설치함
- 공급시스템은 폭발에 노출되지 않도록 설치하고 보호함 중요한 공급설비에 대한 안내표지판의 설치는 최소화하며, 비인가자의 출입을 통제하기 위해 울타리를 설치함 울타리는

동작감지센서나 CCTV 등의 추가적인 보안 시스템에 의해 그 효과가 증대될 수 있으며, 인위적으로 파손되거나 비, 바람 등에 인해 부식될 수 있으므로, 최소한 일주일 간격으로 점검되고 관리되어야 함 울타리에 인접한 안과 밖의 부분은 주기적으로 관리하여 시선을 차단하는 장애물이 없도록 함

- 공급시스템은 하역장, 전면 출입구, 주차공간으로부터 15m 이상 이격시켜 설치함
- 석유, 휘발유, 윤활유 등의 저장탱크와 운용시설은 다른 건축물에 비해 낮은 위치에 설치함 연료저장탱크는 건축물에서부터 30m 이상 이격시켜 설치하며, 하역장, 출입구, 주차공간으로부터 가능한 한 멀리 떨어진 위치에 설치하는 것이 바람직함
- 대지경계를 관통하는 모든 공급설비는 감시, 밀폐, 보안 관리하여 비인가자가 사용할 수 없도록 함 관리상의 이유로 접근이 필요한 경우에는 칸막이, 창살, 격자 등과 같은 장치를 설치하여 접근을 통제할 수 있도록 함
- 전기, 수도, 통신을 위한 터널, 통로, 맨홀, 배수로 등을 통한 대지로의 접근은 없도록 하며, 접근 지점의 덮개는 보안 관리함 0.25m 이상의 직경의 구멍을 덮는 맨홀에는 자물쇠, 용접, 볼트 등의 잠금장치를 설치함 잠금장치는 부식에 저항능력이 있는 것이어야 함 높은 보안수준이 요구되는 경우에는, 침입자가 맨홀 덮개를 인위적으로 냉각시킨 후에 충격을 주어 파괴하려는 의도에 저항할 수 있도록 계획할 필요가 있음

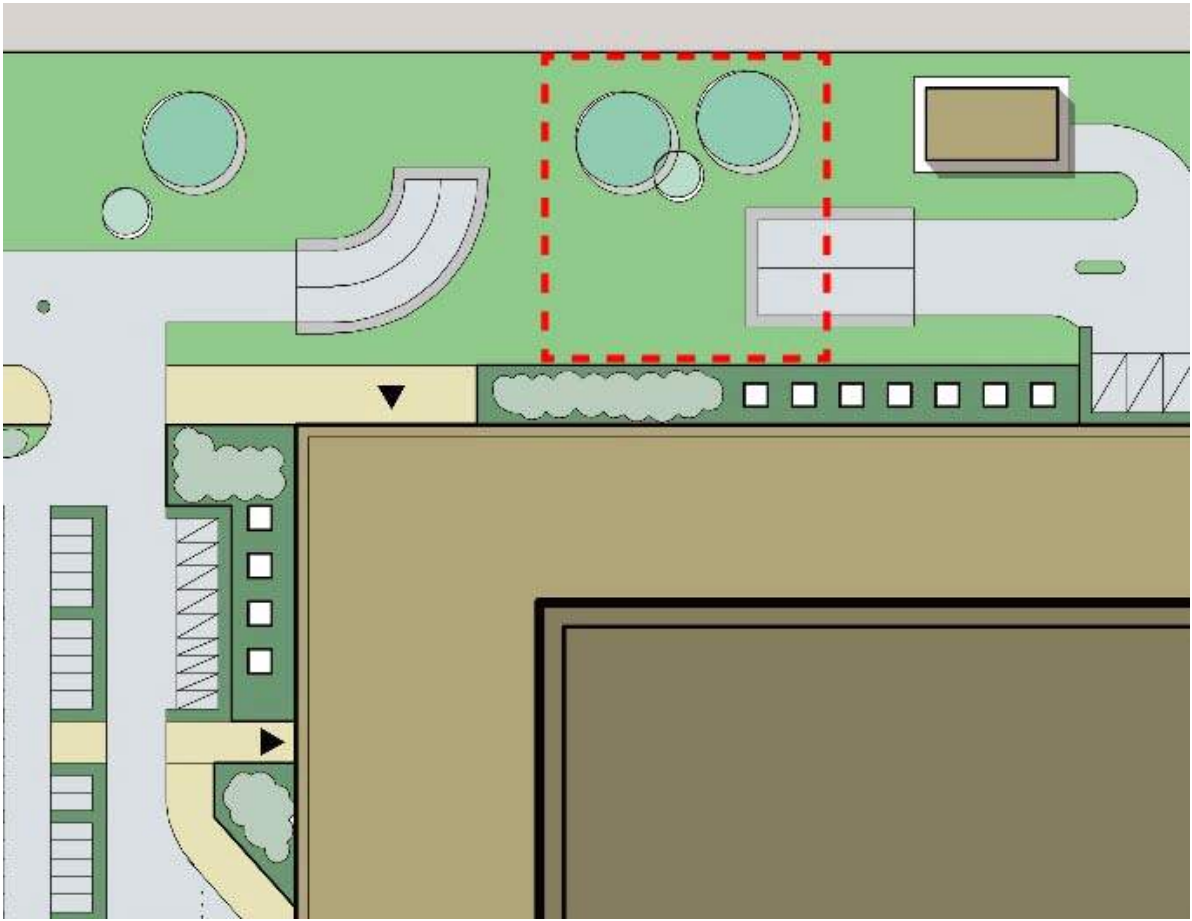
사. 은폐/은닉장소의 감시정도

(1) 항목의 정의

- 은폐, 은닉 가능 장소 제공 여부와 감시 및 통제가 이루어지는 정도를 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 은폐, 은닉이 가능한 장소가 생기지 않도록 계획하는 것이 바람직하며, 은폐, 은닉이 가능한 장소의 설치가 불가피할 경우 보행자에 의한 자연적 감시, 보안요원에 의한 조직적 감시, CCTV를 이용한 기계적 감시가 이루어지도록 계획함
- 보안조명은 모든 대지 및 건물의 조명과 대지 경계에 적용되어야 하며, 야간이나 어두운 상황에서 보안요원이 시각적으로 감시하거나 CCTV로 모니터링이 가능하도록 해야 함 조명의 유지관리비용은 다른 보안 설비에 비해서 낮은 편이며, 침입자의 은폐나 기습의 기회를 감소시켜 필요한 보안요원의 수도 감소시킬 수 있음
- 출입통제구역에는, 최소한 40 lux 이상의 밝기를 유지하여 보행자 및 보안요원에게 적합한 조명을 제공하도록 계획함



[그림 2.24] 은폐, 은닉 가능 장소

- 공간분리 : 대지 내부의 주행, 또는 주차 중인 차량과 건축물 사이의 이격거리, 지하주차장 설치 위치 및 차량유형에 따른 주차공간 분리

아. 대지 내 지상차량과 건축물 사이의 이격거리

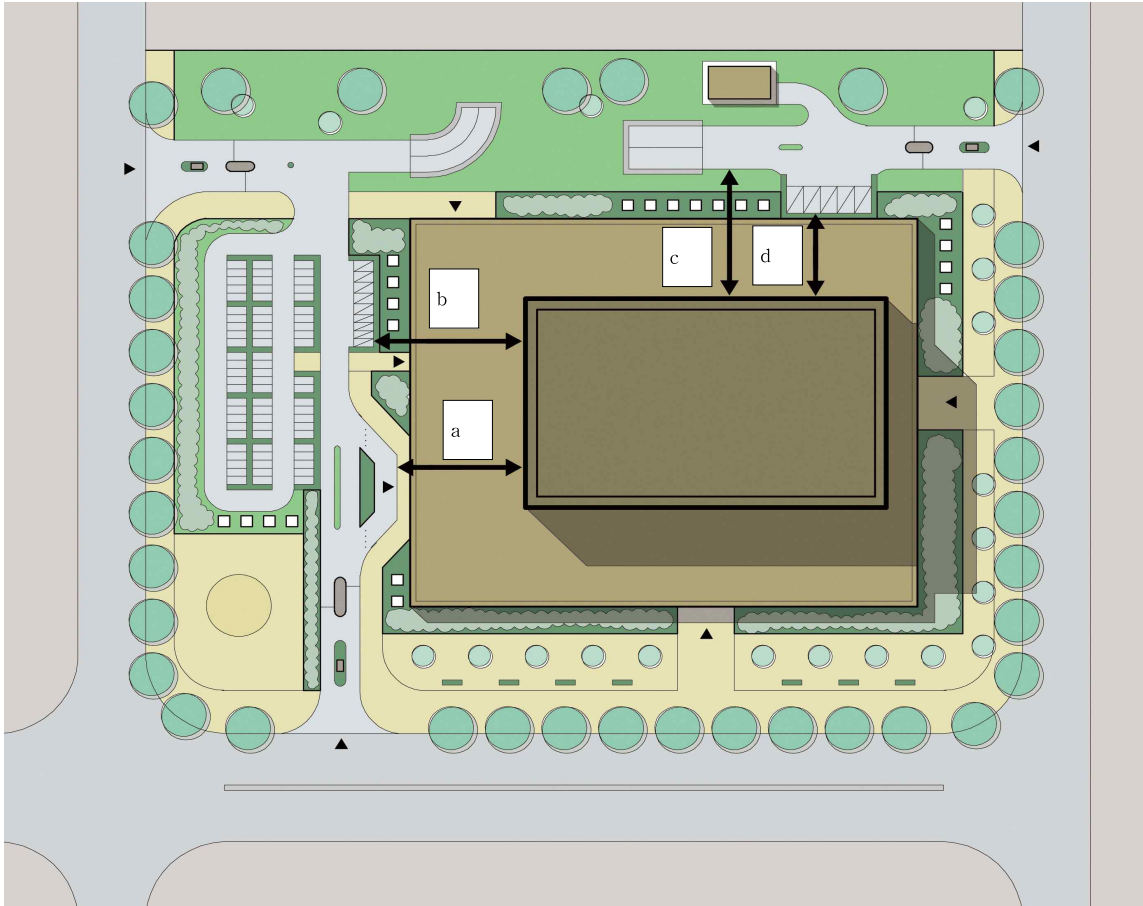
(1) 항목의 정의

- 승하차 공간과 하역장, 주차장 출입구를 제외한 대지내 도로 및 지상주차공간과 건축물 사이의 이격거리를 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 승하차 공간과 하역장, 주차장 출입구를 제외한 건축물로 접근하는 대지내의 도로와 지상주차공간과 건축물의 사이에는 충분한 이격거리를 확보하도록 계획함
- 이격거리 확보가 곤란한 경우에는 방폭설계, 옹벽설치, 조경식재 등의 보완책을 고려할 필요가 있음
- 지상 주차는 가능한 한 건물에서 먼 거리로 이격시키며, 테러 위험수준이 높은 건축물의 경우에는 대지 밖에 별도의 주차공간을 계획함
- 대지 내에 지상주차가 제공될 경우에는 건물 거주자만 이 공간을 사용할 수 있도록 하거

- 나, 건물에 인접한 모든 차량을 검사하는 등의 예방책을 강구함
- 이격거리 예시[그림2.25]
 - a(승하차 공간)과 d(하역장 주차공간)을 제외한 b와 c의 거리 중에서 최단거리인 c를 의미함



[그림 2.25] 대지 내 지상 차량과 건축물 사이의 이격거리 예시

자. 지하주차장 위치 및 주차제한 여부

(1) 항목의 정의

- 지하주차장 설치여부 및 지하주차장과 건축물 타워부와의 위치 관계와 출입제한 유형을 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 일반적으로 지하주차장은 설치하지 않고 건축물과 이격시켜 설치하는 것이 바람직함 고 위험 건축물에 지하주차를 계획할 경우에는 건축물의 바로 아래보다는 건물에 인접한 광장 하부나 건축물 경계 밖에 위치하도록 계획
- 지하주차장으로 진입하는 차량에 대하여 차량 높이를 제한하는 장애물 등을 이용하여 주차장을 이용하는 차량의 크기를 제한하고, 지하주차장 내에서도 차량의 높이를 제한함으로써 차량 크기에 따라서 주차구역을 분리하여 지정

제3절 대테러 가이드라인 3차 방어선

- 건축물 자체에 형성하는 방어선으로, 건축물 형태와 외피 등의 물리적 특성과 보안구역 및 방문객공간 등의 공간 구성의 특성을 의미

1. 건축물의 물리적 특성

- 건축물 형태, 외피 종류, 구조부재 노출 정도 등 물리적 특성

가. 건축물 형태

(1) 항목의 정의

- 폭발압의 증폭 및 해소에 영향을 줄 수 있는 건축물 타워부의 평면, 단면형태를 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 건물 외부계획의 초점은 테러공격을 예방하거나 지연시키는 것이라기보다는 폭발의 영향을 경감시키는 것
- 건물의 형상은 폭발에 의한 구조체의 피해 정도에 영향을 줌 요철이 있는 부분과 상부의 돌출된 구조물은 폭발의 충격파를 가두게 되어 효과를 증폭시킴
- 표면이 원형인 건물이 편평한 표면의 건물에 비해 폭발로 인한 압력을 적게 받음
- 곡면의 표면을 사용할 경우에는 오목한 형상보다는 볼록한 형상을 사용하는 것이 바람직함
- 일반적으로 단순한 기하학적 형태로 계획하고 장식은 최소화하는 것이 바람직함 장식을 사용할 경우에는, 벽돌, 돌, 금속보다는 목재나 플라스틱 등의 가벼운 재료를 사용하여 폭발이 발생할 경우에 비산물로서 작용할 수 있는 가능성을 줄임
- 흙은 폭발물 공격의 영향을 감소시키는 데 매우 효과적일 수 있음 흙으로 덮은 벽체나 지붕은 군사시설에서도 매우 효과적인 것으로 밝혀졌음
- 실내정원이나 아트리움은 건축물 외부에 취약한 개구부를 설치하지 않은 채 빛을 유입하고 자연적인 환경을 조성하는 방안

나. 저층부 외피 구성방식

(1) 항목의 정의

- 차량이용공간에 면한 건축물 저층부의 개구부의 유무 및 유리지지방식, 즉 창호가 건축물의 외피와 구조에 결속되어 있는 형태를 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 건축물의 창과 벽체시스템은 폭발 시 발생하는 폭발압 및 비산물로부터 보호될 수 있는 시스템이어야 함

- 창호시스템의 폭발저항성능이 창호를 지지하는 벽체의 폭발저항성능보다 우수할 경우, 외부폭발에 대해 벽체전체가 실내로 비산될 수도 있으므로, 창호시스템의 저항성능은 벽체보다 우수하게 계획하지 않는 것이 바람직함
- 건축물 외피에 대한 가이드라인은 Web Site(www.wbdg.org)에서, 유지관리에 대한 가이드라인은 National Institute of Building Sciences(NIBS)에서 추가적인 정보를 제공하고 있음

다. 저층부 외피 유리 종류

(1) 항목의 정의

- 차량이용공간에 면한 타워부 저층의 개구부에 설치된 유리의 종류를 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 모든 창을 대규모 폭발에 저항하도록 계획하는 것은 불가능하기 때문에, 부상을 줄이기 위하여 위험한 유리파편의 양을 줄이도록 계획하는 것이 바람직함 중요한 것은 폭발이 발생한 경우 유리의 파괴여부가 아니라 유리파편에 의해 거주자가 입게 되는 피해의 정도임 유리는 파괴되어도 창틀에 매달려 있도록 하거나, 비산물이 창으로부터 3-10ft의 거리에 떨어지도록 계획
- 일반적인 강화유리는 낮은 압력과 충격에 의해 파괴되며 폭발 시에는 유리 파편으로 인한 많은 부상의 원인이 됨
- 창문의 수와 크기를 줄임 건물 외부에서 폭발이 발생할 경우 폭발압력이 크게 작용하는 저층부에 설치하는 창을 제한함
- 내부에 아트리움을 설치하여 창문이 외부가 아닌 내부에 접하도록 함
- 고층창을 이용하여 거주자의 키보다 높은 곳, 천장과 가까운 위치에 창을 설치
- 폭발압력을 감소시키기 위하여 가로에 접한 창문의 각도를 조절함

라. 주요 구조부재 노출

(1) 항목의 정의

- 차량이 접근 가능한 곳에 위치한 기둥 등의 주요 구조부재가 노출된 정도를 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 차량이 접근 가능한 곳에 노출된 주요구조부재는 폭발의 직접적인 영향을 받아 건축물의 구조에 심각한 피해를 야기할 수 있으므로, 가능한 한 노출시키지 않는 것이 바람직함
- massive, slender는 기둥의 세장비 1:5를 기준으로 판단

마. 내부 폭발압 해소성능

(1) 항목의 정의

- 실내에서 발생한 폭발압이 최대한 신속하게 배출되도록 하여 실내의 거주자와 건축구조에 대한 피해를 줄일 수 있는 공간계획을 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 실내공간에서 폭발물테러가 발생할 경우에는 직접적인 폭발압과 비산물 이외에도, 밀폐된 공간 내에서 증폭된 폭발압에 의해 더욱 심각한 피해가 발생할 수 있음
- 상하부 보이드 공간, 천창, 고측창, 실외로 개방될 수 있는 창과 창틀 등을 설치하여 실내에서 발생한 폭발압이 신속하게 배출되어 해소될 수 있도록 계획하는 것이 중요함

2. 건축물의 공간구성

- 방문객, 직원, 보안관리자, 배송물 등을 위한 공간의 분리 정도를 의미

가. 우편 및 하역장 위치

(1) 항목의 정의

- 외부로부터 유입되는 우편, 배송물을 하역하거나 검사하는 공간과 건축물과의 위치관계를 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 검사되지 않은 폭발물이 건물 내부로 배송되는 것은 매우 위험한 상황이며, 따라서 배송물을 취급하는 공간은 고위험 공간으로 고려할 필요가 있음
- 하역장의 위치는 건축물 주요 구조체의 외곽선, 보안구역, 거주자 점유공간 등과의 위치관계를 고려하여 결정하는 것이 바람직함
- 하역장은 전기, 수도 등의 설비실 및 서비스 출입구로부터 모든 방향으로 50ft 이상 이격시켜 분리
- 하역장은 폭발이 인접한 구역으로 전파되지 않도록, 그리고 폭발압력을 건축물의 외부로 방출할 수 있도록 계획
- 대형차량의 진입을 억제하기 위하여 출입 가능한 차량의 높이를 제한
- 하역장의 벽체와 천장에는 심각한 구조적 피해가 발생할 수도 있음 그러나 하역장에 인접한 다른 구역에는 심각한 구조적 피해나 붕괴가 발생해서는 안됨
- 배송을 위한 별도의 출입구를 명확히 표시하는 표지판을 설치

나. 배송물 검사방법

(1) 항목의 정의

- 외부로부터 유입되는 우편, 배송물에 대한 검사방법을 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 우편, 배송물이 검사를 통과하지 않고 외부로부터 건물내부로 유입되는 것은 매우 위험하므로, 배송물에 대한 검사를 실시하도록 계획할 필요가 있음

다. 조닝에 따른 출입통제 정도

(1) 항목의 정의

- 보안구역, 방문객 구역 등 사용자 및 실의 성격에 따라 경로를 분리하고 출입을 통제하는 정도를 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 직원, 보안담당자, 방문객 등 사용자의 유형에 따라 접근, 사용할 수 있는 공간을 명확히 분리하고 출입을 통제하는 것이 잠재적인 테러 위험을 경감하는 데 효과적임
- 방문객이 의도적으로, 혹은 우연히 보안구역이나 직원전용 공간으로 접근할 수 없도록 공간과 경로를 분리하고 출입을 통제할 수 있도록 계획
- 비상 시 탈출을 위해 사용되는 경로는 평상시에는 잠긴 상태를 유지하고, 비상시에는 피난방향으로 개방되도록 계획

라. 보안구역 분리정도

(1) 항목의 정의

- 중앙통제실, 기계실 등의 보안이 요구되는 실과 방문객 이용공간과의 시각적, 공간적 분리정도를 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 보안이 요구되는 실의 존재 및 위치는 일반방문객이 쉽게 인식할 수 없도록 시각적, 공간적으로 분리하는 것이 바람직하며, 보안구역에 대한 안내시스템은 설치하지 않거나 최소화하는 것이 바람직함

마. 보안구역 분리정도

(1) 항목의 정의

- 중앙통제실, 기계실 등의 보안이 요구되는 실과 방문객 이용공간과의 시각적, 공간적 분리정도를 의미

(2) 항목의 내용 및 중요성

- 보안이 요구되는 실의 존재 및 위치는 일반방문객이 쉽게 인식할 수 없도록 시각적, 공간적으로 분리하는 것이 바람직하며, 보안구역에 대한 안내시스템은 설치하지 않거나 최소화하는 것이 바람직함

3. 중앙통제실

가. 고려사항

- 건축물 보안통제시설의 형식은 ①각 구역에 분산 설치된 모니터링 장치, ②로비에 설치된 개방형 데스크, ③별도의 위치에 분리되어 설치된 중앙통제실 등으로 구분할 수 있으며, 보안 관리와 커뮤니케이션을 위한 모니터링은 주로 메인로비의 개방형 데스크나 독립된 중앙통제실에서 이루어짐
- 로비에 설치된 개방형 데스크에 모니터링 시스템이 설치된 경우, 보안요원은 CCTV 모니터링을 수행하면서, 동시에 건물에 출입하는 보행자를 감시하고 잦은 민원이나 문의를 처리해야 하므로, 모니터링 업무에 집중하기가 어려울 수 있음 또한, 보안통제시설에는 복잡하고 정교한 장치들이 사용되기 때문에 혼선이나 단순한 훼손에도 큰 피해가 발생할 수 있음
- 별도의 중앙통제실을 설치, 운영하는 것은 추가적인 비용이 발생하지만, 충분한 보안관리가 요구되는 고위험 건물에서는 별도의 보안통제실을 설치하여 24시간 통제가 가능하도록 하며 다른 용도로 사용하지 않도록 계획하는 것이 바람직함
- 중앙통제실 계획에는 다음과 같은 사항을 고려할 필요가 있음

필요한 장치의 수용과 배치, 그리고 장래 장치의 추가와 확장을 고려하여 실의 규모와 형태를 계획함

높은 수준의 보안이 요구되는 경우 출입문은 항상 잠긴 상태를 유지하도록 하고, 출입문 반대편에 보안요원이 업무를 보는 실의 출입구를 설치하여 직원들의 눈에 잘 띄도록 하며, 출입요청자의 출입허용여부를 확인할 수 있도록 함 출입문은 외부의 공격으로부터 45분정도 저항할 수 있도록 계획함

실내에 설치하는 창은 인위적인 손상이나 파괴에 견딜 수 있는 구조로 설치하며, 가능한 경우 방탄유리를 설치함 실외에 면한 창은 가능한 한 최소한으로 설치함 외기에 면한 창을 전혀 설치하지 않고, 외부에서 봤을 때 중앙통제실의 존재를 인식하지 못하도록 계획할 수도 있음

필요한 경우 유리창 하단에 작은 창구를 설치할 수 있는데, 이는 열쇠나 출입카드와 같은 작은 물품을 전달하기 위한 것임

보안요원은 한정된 공간 내에서 오랜 시간동안 지루한 작업을 계속 수행하게 되는데, 이 과정

에서 발생하는 스트레스와 피로를 줄이고 작업에 집중할 수 있도록 소음, 마감, 의자, 테이블, 조명, 실내공기 및 온도, 장비의 레이아웃 등을 고려함

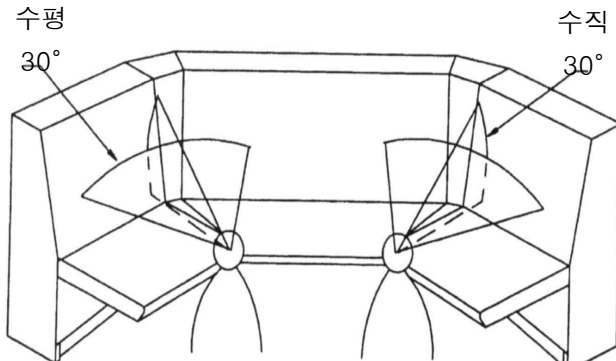
방문객에게 노출되는 중앙통제실의 외관과 구성장비의 수준, 유지관리 수준, 보안요원의 직무 행태 등은 해당건축물의 보안 수준을 간접적으로 알리고 신뢰를 주는 수단이 될 수 있으므로 이에 대한 고려도 필요함

중앙통제실의 위치에 대한 정보를 알려주는 사인 및 표지를 최소화하여 외부인이 쉽게 인식할 수 없도록 함

나. 구성장비

(1) CCTV 모니터링 시스템

- 보안요원의 모니터링 권장각도는 수직 45°, 수평 30°임 모니터는 크기와 수와 따라 다양한 위치와 형태로 설치될 수 있으나, 모니터와 감시자의 시선이 직각을 이룰 수 있도록 부채꼴 형태로 배치하되, 모니터에 신호를 보내는 카메라가 설치된 위치 관계를 반영하여 효율적으로 배치함
- 보안요원의 모니터링에서 중요한 것은 근무시간 동안 지속적으로 경계를 유지하고 효율적으로 주시하는 것이나, 이는 결코 쉬운 일이 아님 일반적으로 개인이 효율적으로 주시하고 동시에 판단할 수 있는 장면의 수는 4개를 한계로 보고 있으며, 경계를 유지한 상태로 지속적으로 주시하는 시간은 1시간이 한계로 알려져 있음 이를 해결하기 위해서는 보안요원의 수를 충분히 확보하고 1시간 이내의 간격으로 교대를 하는 것이 바람직하나, 보안요원의 훈련과 운영의 시간적, 경제적인 문제로 인해 적용이 쉽지 않음



[그림 2.26] 모니터링 각도 및 모니터 배치

- 따라서 다양한 자동화 시스템을 도입하여 보안 모니터링을 용이하게 하고, 보안요원 스스로가 스트레스와 피로를 줄일 수 있도록 하여 화면에 집중할 수 있도록 함
- 하나의 모니터에 하나 이상의 화면을 출력하는 방법을 고려할 수 있음 하나의 모니터에 2, 4, 9, 16, 32개의 화면을 동시에 출력할 수 있는데, 동시에 너무 많은 이미지를 출력하면 각각의 화면의 크기가 작아지고 해상도가 떨어져 식별이 어려움
- 비디오 스위치의 도입을 고려할 수 있음 비디오 스위치는 여러 카메라에서 촬영하는 화상을 하나 이상의 모니터에 전환하여 표시해주는 장치로, 모니터의 이미지를 수동 혹은 자동으로 순차적으로 전환할 수 있음
- 응급상황이 발생한 경우, 상황 발생지점에 설치된 카메라의 영상을 자동적으로 모니터에 출력하는 방안을 고려할 수 있음 예를 들어, 자석감지기, 동작감지기 등에 의해 침입이

감지될 경우, 경보시스템이 작동하고 자동적으로 침입지점 인근에 설치된 카메라를 통해 지정된 모니터에 영상을 출력하도록 할 수 있음

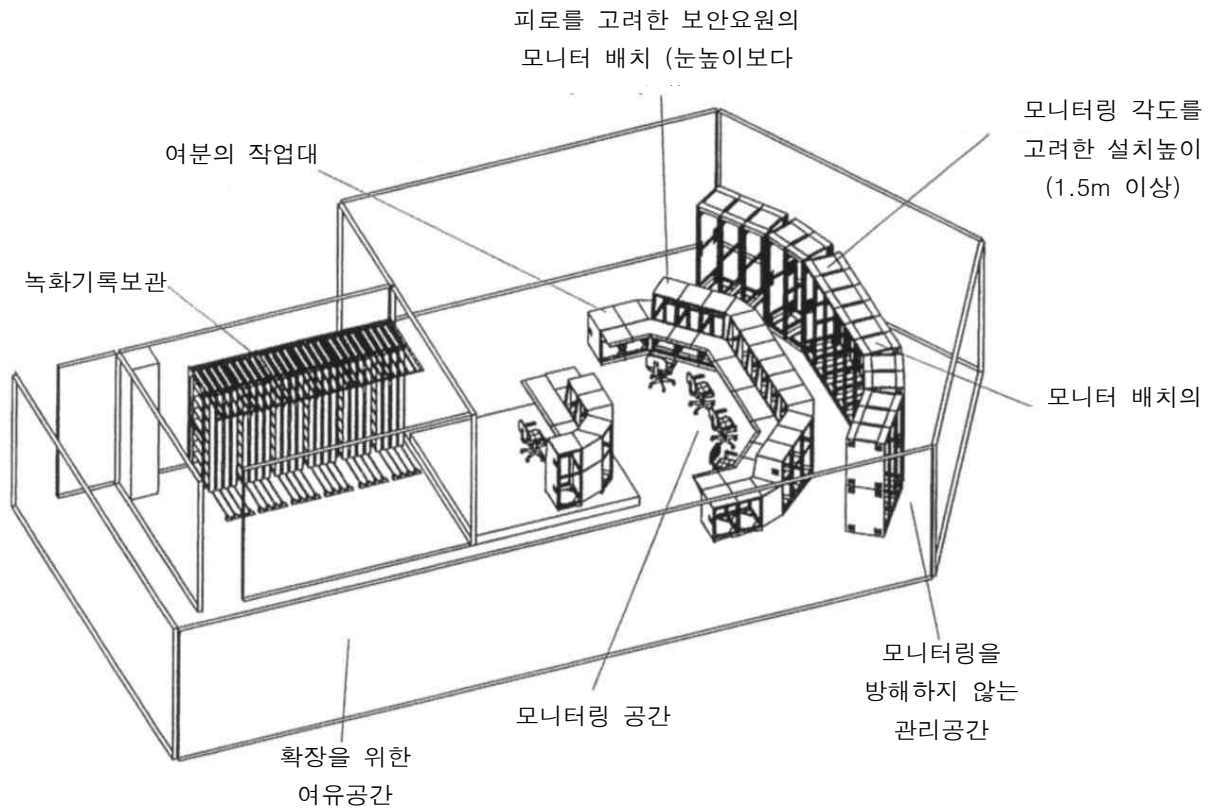
- 비디오 분석장치의 도입을 고려할 수 있음 이것은 다양한 디지털 이미지의 정보를 추출하여 분석하는 장치인데, 특정 장소를 어슬렁거리는 행위, 제한된 장소에 특정물체를 유기하는 행위, 무단으로 주정차하는 행위 등을 자동적으로 인식하여 화면에 표시하고 경보를 작동시켜, 보안요원 과 해당 차량 및 보행자에게 알릴 수 있음

(2) 엘리베이터 모니터링 및 제어 시스템

- 중앙통제실에는 엘리베이터의 운행상태를 나타내는 장치를 설치함
- 용도별 엘리베이터를 구분하여 표시함
- 엘리베이터의 번호와 현재 위치한 층, 운행방향 및 운행상태, 출입문의 개폐상태, 사용자의 탑승여부 등을 표시하도록 함
- 시건장치나 컴퓨터를 이용하여 보안요원이 특정 엘리베이터를 선택하여 원격으로 조작할 수 있도록 함

(3) 이외에도 중앙통제실에는 다음과 같은 시스템을 설치할 필요가 있음

- 지문인식, 홍채인식, 카드리더기 등의 중앙통제실 출입시스템
- 건물과 엘리베이터의 열쇠 및 열쇠관리 시스템
- 건물의 조명조절 시스템
- 계단실의 출입문 모니터링 및 제어 시스템
- 전화, 인터콤, 방송설비 등의 통신시스템
- 경보시스템
- 무단침입감지장치 모니터링 시스템
- 화재감지장치, 스프링클러 모니터링 시스템



[그림 2.27] 중앙통제실 장비의 인체공학적 설치

다. 운영

- 중앙통제실의 핵심 역할은 주요 공간에 대한 모니터링과 커뮤니케이션, 경보시스템 관리, 경보발생 위치의 정보 관리임
- 보안관리팀의 중요한 역할 중의 하나는 건물 보안시스템과 설비의 작동상태를 정상적으로 유지하는 것 이는 단순한 통신시스템 문제에서부터 건물운영과 관련된 사항, 보안시스템 업체에 대한 서비스 요청, 시스템 전문가 채용 등의 책무와 관련이 있음 시스템의 운영 및 관리 매뉴얼을 보관하고 작동 상태를 기록할 필요가 있음
- 시스템과 설비가 낙후되어 사용이 어려워지면 해당 시스템을 업그레이드하거나 교체해야 함 보안시스템이 설치된 이후에 해당 건축물의 보안요구가 변할 수 있으므로, 시스템의 업그레이드는 이러한 요구를 다시 평가하고 보다 종합적이고 효율적인 시스템을 구축하는 기회가 됨
- 중앙통제실에서 공중파 등의 TV 프로그램을 시청하는 것을 허락할 수 있음 이는 TV를 통해 건물 주변의 상황, 커뮤니티에 대한 정보를 알 수 있기 때문이며, 사건이 발생하거나 예상될 때, TV를 시청하도록 할 수 있음

4. 감시

가. 사용자 보호감시

- 건물 내의 인원은 자신과 자신이 가지고 있는 자산에 대해 보호와 감시를 받아야 함 건물 사용자는 건물과 거주영역 내외부의 모든 이동절차에 있어 확인과 보호를 받아야 함

(2) 건물 외부

- 건물외부에 대한 경호는 일반적으로 보안요원에 의해 업무시간 이후에 이루어짐 영업 종료 후 직원, 특히 여성직원은 주차장과 같은 감시가 잘 되지 않는 공간으로의 경호를 요청할 수 있음 건물의 운영방침에는 경호의 방법, 시간, 장소 등을 명시함 대지 밖까지 경호하는 것은 권장되지 않음

(3) 건물 내부

- 건축물의 유지관리 공간, 개보수 공사가 진행 중인 공간으로 접근할 필요가 있는 사람에 대해서는 건물관리자나 보안요원이 함께 수행함
- 건축물에 대한 점검과 관리를 수행하는 감독관의 명단을 작성하여 보관하되, 보안요원은 감독관이 건물로 진입하기 전에 그들의 신원에 대해 숙지할 필요가 있음 감독관이 시설 내에 있는 한 항상 그들과 함께 수행해야 함
- 보안요원은 건물관리직원이 건물 내부의 쓰레기를 치우고 처리하는 동안에도 함께 수행하여, 주요자산을 손상시키거나 훔치지 못하도록 함

(4) 거주구역

- 일반적으로 외판원, 상인, 배달원 등의 방문객은 거주구역 내에서 보안요원의 수행을 받아야 함 보안요원은 방문객이 거주구역 내에 있는 동안 계속 경호를 수행하거나, 방문의 목적지까지만 경호를 수행할 수 있는데, 이는 시설의 용도, 운영방침, 보안요원의 가용인원 등에 따라 달라짐

나. 순찰

- 순찰을 실시하면 경비요원의 존재가 눈에 띄게 되어 하나의 장애물과 같은 효과를 가져오며, 거주자와 방문객에게 안전의 느낌을 줌

(1) 장소와 시간

- 순찰의 대상 장소와 시간은 다음과 같은 사항을 고려하여 결정

건물 내부에 거주인원이 그리 많지 않은 영업개시 후 약 한 시간 동안, 공용공간과 거주공간을 대상으로 순찰을 실시

업무종료 후, 건물을 폐쇄한 후에는 거주층을 대상으로 순찰을 실시하여, 출입문이 제대로 잠겨 있는지, 침입의 흔적은 없는지, 의심스러운 사람은 없는지, 평상시와 다른 부분은 없는지 확인함

모든 공용공간과 유지관리공간 등을 대상으로 순찰을 계속 실시함 장애물, 위험물질, 분실물, 누수, 손상, 조명, 침입의 흔적, 수상한 자의 유무 등을 감시
주차구역에 대해서는 계속하여 순찰을 실시하여, 수상한 차량과 위험상황에 대한 감시를 실시함
거주층과 주차구역의 모든 계단실에 순찰본부를 설치하여 해당 층을 완벽하게 순찰하는 거점으로 활용하도록 함
건축물의 용도에 따라 상가, 정원 등의 공간에 대해서도 순찰을 실시

(2) 순찰의 주안점

- 순찰자와 보안관리자 사이에는 의사소통수단을 마련
- 가능한 한, 일상적인 순찰의 경로는 무작위로 변경하여 예측이 어려운 형태로 계획함
방금 순찰을 실시한 위치를 다른 팀이 바로 이어서 순찰하는 시스템도 효과적임
- 주의를 기울여 의심하는 시선으로 순찰하며, 평상시와 조금이라도 다르게 보이는 것은 반드시 확인
- 어두운 곳에서는 손전등과 같은 도구를 활용

(3) 순찰 운영수단

- Electronic Guard Tour System

각 순찰지점에 다양한 형태와 크기의 접촉 혹은 비접촉식 센서를 설치하고, 순찰 중인 보안요원이 소지한 카드나 장치를 이용하여 날짜, 시간, 순찰지점의 위치와 고유번호 등의 정보를 기록
이 시스템은 순찰요원에게 책임감과 자부심을 고양할 뿐만 아니라, 기록된 정보의 모니터링을 통해 각 순찰활동 및 순찰경로의 효율성을 정확히 파악할 수 있도록 함
사건이 발생할 경우 대략적인 발생시간을 파악할 수 있으며, 사고와 관련된 가치 있는 증거를 확보할 수도 있음



[그림 2.28] Electronic Guard Tour System

- 이동수단

순찰에는 도보, 차량, 카트, 자전거 등의 이동수단을 이용
시설의 용도, 규모, 순찰구역의 특성, 순찰요원의 평균이동거리, 순찰요원 이동성능의 증가에 따른 순찰효율의 변화, 순찰 중 보안사고 지점으로의 이동시간 등과 같은 요인을 고려하여 이동수단을 결정

- 가상순찰

특정 시간, 특정 구역에 대해서는 순찰요원이 직접 그 공간에 가지 않고 중앙통제실에서 순찰이 가능한 가상순찰 시스템을 고려할 수 있음
디지털 녹화장치를 이용하여 일정 간격으로 설치된 많은 카메라의 영상을 일련의 순서에 따라 화면에 출력할 수 있음

가상순찰은 모든 카메라의 영상을 항상 녹화되도록 하지 않음으로써 비용 감축을 가능하게 하며, 가장 취약하거나 위험한 공간을 모니터링 하는 데 시간적인 융통성을 제공



[그림 2.29] 가상순찰

다. 침입감지

(1) 침입감지시스템

- 침입감지시스템은 건물의 경계, 공용공간, 운영공간 등 실내공간 중 높은 수준의 보안이 필요한 장소에 사용됨
- 경보시스템을 이용하여 범죄의도를 억제하고 침입행위를 적발하며, 시건장치와 장애물을 이용하여 침입을 지연시키고 침입사실을 사람들에게 알리고 대처하도록 함
- 침입이 감지되면 해당 지점에는 음향경보가 작동하며, 중앙통제실로 신호를 전송하여 보안요원이 대응할 수 있도록 하고, 대지 외부의 관리자에게 신호를 전송하여 관련 기관에 알릴 수 있도록 함
- 침입경보가 작동하면 중앙통제실의 보안요원은 경보가 작동한 원인을 직접 조사하거나 관할기관에 침입발생을 보고

(2) 침입감지시스템 종류

- 장소별로 설치, 적용할 수 있는 침입감지시스템의 종류는 다음과 같음
- 거주구역의 바닥

Pressure mat or pad detector(압력감지패드): 일정 크기 이상의 압력이 가해지면 작동하는 시스템

- 출입문(외부출입문, 계단실 출입문, 보안구역 출입문 등)

Magnetic contact switch (자성스위치): 출입문과 문틀에 부착된 자석을 이용하여 자기장의 변화에 의해 작동하는 시스템

Electrical switch (전기스위치): 출입문과 문틀에 부착된 센서를 이용하여 전기흐름의 변화에 의해 작동하는 시스템

- HVAC 흡배입구

Break-Wire system (단선감지시스템): 스크린이나 +자 형태로 배열된 전선을 이용하여 단선에 의해 작동하는 시스템

- 건물외부

Photoelectric detector (광전식 감지기): 눈에 보이지 않는 광선을 이용하여 광선의 흐름이 방해

를 받으면 작동하는 시스템

- 이외의 주요공간 및 주요자산

Vibration detector (진동 감지기), Acoustic detector (음파 감지기): 마이크로 폰을 사용하여 진동이나 소리를 감지하여 작동하는 시스템으로, 특정 공간에서 발생하는 진동과 소음에 의해 침입을 감지하며, 위협에 처한 사람이 외치는 소리를 감지하는 데 사용할 수도 있음

Video motion detector (비디오 동작 감지기): CCTV 카메라에 설치하는 경보시스템으로, 움직임에 의한 장면변화에 의해 경보가 작동하고 자동으로 기록되는 시스템으로, 차량이나 사람이 비정상적으로 특정 공간에 진입하는 것을 감지할 수 있음

Capacitance detector (전자기 감지기): 전자기장을 이용하여 특정 물체 근처의 전자기장 변화에 의해 작동하는 시스템



압력 감지 패드



무선 진동 감지기



광전식 감지기

[그림 2.30] 침입감지시스템 종류

라. CCTV 시스템

- CCTV는 전체적인 보안 프로그램에서 기본적인 요소이며, 초고층 건축물에서 물리적 장애물, 시건장치 시스템, 조명, 침입감지 시스템, 인터콤, 출입통제 장치 등과 결합하여 다양하게 사용

(1) 모니터

- 보안요원의 효과적인 모니터링 수행을 위해서 다양한 형식의 디스플레이를 고려할 수 있음
- 도면이나 지도 위에 깜박이는 표시를 하거나, 행위가 발생한 지점에 행위의 성격에 따라 색채를 이용하여 아이콘과 텍스트로 표시하는 등의 방식을 이용하면 보안요원의 반응시간을 단축시키고 준비된 대응절차를 효과적으로 수행할 수 있음
- CCTV 모니터에는 카메라 번호, 카메라 위치, 날짜, 시간 등을 표시할 수 있음 또한 CCTV 시스템에 경보시스템이 포함되어 있다면, 각 카메라가 설치된 지점의 경보상태도 표시할 수 있음

- 다수의 모니터를 배치함에 있어서는, CCTV가 설치된 위치를 고려하여 모니터링이 연속적으로 이루어질 수 있도록 배치함 예를 들어, 복도에 설치된 CCTV의 경우, 모니터를 CCTV의 설치위치와 유사하게 수직이나 수평 방향으로 배치하여 연속적으로 모니터링 할 수 있도록 함 하역장, 주차장의 각 층, 건물 로비, 엘리베이터 내부, 주출입층의 계단실 출입문 등의 공간을 보여주는 모니터도 연속적으로 모니터링 할 수 있도록 배치

(2) 건축물에서의 카메라 설치위치

- 보행자가 이용하는 건물 출입구

건물의 모든 출입구, 특히 원격으로 제어되는 출입문에 설치함

원격으로 제어하는 출입문의 경우, 보안요원이 모니터를 통해 출입을 요청하는 사람의 신원을 확인하고 출입문 개방여부를 결정하는 것이 매우 중요함

건물 출입구에 카드를 사용하는 경우에도 인가자 바로 뒤에 붙어서 몰래 진입하려는 시도를 모니터링 하는 데 효과적

- 보행자 출구(주출입층의 계단실 출입문)

동작감지시스템과 결합된 카메라는 계단실 내에서 동작이 감지되었을 때, 보안요원이 쉽게 해당 모니터에 주의를 기울일 수 있도록 하며 실시간으로 영상을 저장함 이러한 시스템은 계단실 내에서의 비인가자의 행동을 감지하는 데 효과적

카메라와 동일한 위치에 설치된 양방향 통신시스템은 중앙통제실과의 의사소통에 효과적

- 엘리베이터 내부(방문객, 서비스, 비상 엘리베이터)

엘리베이터 내부에 눈에 잘 띄는 위치에 설치된 카메라는 사람과 자산에 대한 범죄를 예방할 수도 있음

- 건물 내부의 주요 출입문

건물 로비와 접수대, 보안 체크포인트 등 해당 시설의 근무자가 건물로 들어가는 위치, 그리고 엘리베이터 환승이 이루어지는 층에 설치

- 공용시설로의 통로 및 복도

탁아시설, 세탁실, 자동판매기, 피트니스 센터, 사우나, 수영장 등의 공용공간으로 연결된 통로 및 복도에 설치

- 그 외의 보안에 민감한 구역

건물 경계, 인접한 가로, 모든 엘리베이터 홀, 옥상층과 연결된 계단실 출입문, 쓰레기 집하장, 실외로 노출된 HVAC 흡배기구, 기계실, 접근제한구역 등에 설치

카메라와 동작감지기를 결합하여 설치하면, 모니터링 하는 보안요원의 주의를 집중시킬 수 있음

- 은밀한 감시가 필요한 구역

은밀한 감시가 필요한 지역에 카메라를 눈에 잘 띄지 않도록 설치하여 불법적인 행동을 모니터링 할 수 있도록 함

비상조명 시스템이나 비상출구 안내표지 내부, 혹은 시계나 장식품 뒤, 스프링클러나 공기청정기 내부 등에 설치할 수 있음

이러한 카메라는 개인이 숨을 수 있는 공간이 없는 곳에 설치

(3) 주차장에서의 카메라 설치위치

- 보행자 출입구

- 보행자가 접근하는 주차장 출입구에 설치
- 주출입층으로 연결된 출구
 - 동작감지시스템과 결합된 카메라는 계단실 내에서 동작이 감지되었을 때, 보안요원이 쉽게 해당 모니터에 주의를 기울일 수 있도록 하며 실시간으로 영상을 저장함 이러한 시스템은 계단실 내에서의 비인가자의 행동을 감지하는 데 효과적
 - 카메라와 동일한 위치에 설치된 양방향 통신시스템은 중앙통제실과의 의사소통에 효과적
- 엘리베이터 내부(방문객, 서비스, 비상 엘리베이터)
 - 엘리베이터 내부에 눈에 잘 띄는 위치에 설치된 카메라는 사람과 자산에 대한 범죄를 예방할 수도 있음
- 지하주차장의 주요출입구
 - 지하주차장과 타워부 사이의 엘리베이터 환승이 이루어지는 층에 설치
- 주차장의 차량 출입구
 - 차량 출입을 통제하는 장치가 원격으로 제어될 경우, 카메라를 통해 차량과 운전자를 확인하고 출입문을 개방하는 것이 매우 중요
 - 대부분의 주차장, 특히 지하 주차장의 모든 출입구에는 카메라와 녹화장치를 설치하여 출입하는 모든 차량의 번호판과 운전자의 얼굴을 모니터링 하고 기록
- 그 외의 보안에 민감한 구역
 - 주차장 경계, 인접한 가로, 주차요원 부스, 주차요금 징수기, 주차장 내 인터콤 설치위치, 엘리베이터 홀, 지상층과 연결된 계단실 출입문, 실외로 노출된 HVAC 흡배기구, 엘리베이터 기계실 등의 구역에 설치
 - 카메라와 동작감지기를 결합하여 설치하면, 모니터링 하는 보안요원의 주의를 집중시킬 수 있음
- 은밀한 감시가 필요한 구역
 - 은밀한 감시가 필요한 지역에 카메라를 눈에 잘 띄지 않도록 설치하여 불법적인 행동을 모니터링 할 수 있도록 함
 - 비상조명 시스템이나 비상출구 안내표지 내부, 혹은 시계나 장식품 뒤, 스프링클러나 공기청정기 내부 등에 설치할 수 있음

마. 조명시스템

(1) 조명시스템

- 보안조명은 야간이나 어두운 상황에서 보안요원이 시각적으로 감시가 가능하도록 배치함 이는 지속적이거나 일시적인 염탐의 의도를 실질적으로, 심리적으로 저지함
- 조명의 유지관리비용은 비교적 낮은 편이며, 침입자의 은폐나 기습의 기회를 감소시켜 필요한 보안요원의 수도 감소시킬 수 있음
- 조명의 밝기는 45lx 이상으로 12m~23m 떨어진 위치에서 사람의 얼굴이 식별 가능하여야 하며, 그림자나 눈부심이 적게 발생하도록 설치
- 조명은 CCTV, 감시 및 순찰 프로그램과의 관계를 고려하여 배치
- 출입통제지점의 조명은 운전자가 경비실을 명확히 식별할 수 있도록 설치해야 하며, 보안요원이 운전자와 차량을 명확히 볼 수 있도록 계획

(2) 조명시스템 종류

- 연속조명(Continuous Lighting)

가장 일반적인 보안조명 시스템 지정된 구역 내에 연속적으로 고정 설치된 많은 조명이 원뿔형태의 빛을 겹쳐 조명하는 방식, 연속조명을 적용하는 데 중요한 두 가지 방식은 눈부신 빛을 투사하는 것과 조명을 제어하는 것

보안 조명의 눈부신 투사 방법은 통제 구역에 대해 많은 조명을 집중 투사하는 것 이는 침입자가 보안 구역 내를 들여다 볼 수 없도록 함과 동시에 침입자가 쉽게 발각되도록 하는 강력한 제지수단임 보안요원은 상대적으로 어두운 곳에 위치함으로써 보호되며, 상당히 먼 거리에서도 침입자를 식별할 수 있음 이 방식은 눈부신 빛이 주변 영역을 가로질러 인접한 기능에 방해가 될 수 있는 경우에는 사용해서는 안됨

조명제어는 고속도로 주변과 같이 조명구역이 대지경계 외곽에 제한되는 경우에 매우 적합함 제어되는 조명에 있어, 조명이 비춰지는 긴 영역의 폭은 특정한 요구에 부합하도록 조절, 제어되어야 함 이 방식은 보안요원을 조명하거나 그의 그림자를 만들 수 있음

- 대기조명(Standby Lighting)

연속조명과 유사한 배치를 사용함 빛이 연속적으로 이어지지는 않지만, 보안요원이나 경보시스템에 의해 수상한 행동이 감지되었을 때 자동, 혹은 수동으로 조명이 켜지는 시스템

- 이동조명(Movable Lighting)

이동조명은 수동으로 조작할 수 있는 움직이는 서치라이트로 구성되며, 야간이나 필요한 경우에 사용할 수 있음 일반적으로 연속조명이나 대기조명을 보완하는 수단으로 사용

- 비상조명(Emergency Lighting)

상기한 모든 조명 시스템에 중복 사용되는 예비전력 조명시스템임 일반적인 시스템의 작동이 불가능한 상태나 전력공급 시스템이 손상된 경우에 한하여 사용함 고정식 혹은 이동식 발전기나 배터리 등의 전력공급에 의존함 조명을 위해 적절한 비상/예비 전력을 고려할 필요가 있음



[그림 2.31] 보안조명 종류

참 고 문 헌

- 1) 이경훈. 국내 다중이용시설의 테러예방설계를 위한 기초연구- 건물외피경계 및 실내공간의 디자인 요소를 중심으로, 테러정책, 제6호 2009
- 2) 최진태. (2008) 미래 국제 테러 유형과 전망에 관한 연구, 한국경호경비학회지 제 15호, pp. 337~355.
- 3) Geoff Craghead. (2009) High-Rise Security and Fire Life Safety, Third Edition
- 4) 최진태. (2008) 미래 국제 테러유형과 전망에 관한 연구, 한국경호경비학회지 제 15호, pp. 337~355.
- 5) 국가정보원, 고려대학교.(2009) 다중이용시설에서의 테러예방을 위한 디자인 지침 개발
- 6) DOD. (2008). Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions, UFC 3-340-02
- 7) GSA. (2005). The Facilities Standards for the Public Buildings Service, PBS-P100
- 8) FEMA. (2003) FEMA 426-Reference Mannaul to Mitigate Potential Terrist Attacks Against Buildings
- 9) FEMA. (2003) FEMA 427-Primer for Design of Commercial Buildings to Mitigate Terrorist Attacks
- 10) FEMA. (2005) FEMA 452-Risk Assessment: A How-To Guide to Mitigate Potential Terrist Attacks
- 11) FEMA. (2009) FEMA 455-Handbook for Rapid Visual Screening of buildings to Evaluate Terrorism Risks
- 12) FEMA 426 (2003), Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings
- 13) FEMA 452. (2005), Risk Assessment A How-To Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings
- 14) FEMA 455. (2009), Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to Evaluate Terrorism Risks
- 15) 송진영 (2012) Rapid Visual Screening을 통한 국내 건축물의 테러위험도 분석, 서울과학기술대학교, 석사논문
- 16) 지정환, 윤성원. (2011). “Rapid Visual Screening을 통한 국내 고층건물의 테러위험도 분석”, 한국공간구조학회논문집 제 11권 제2호, PP.55~62,
- 17) FEMA. (2009), "FEMA 455 - Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to Evaluate Terrorism Risks"

제3장 케이블 넷 성능 테스트

제1절 케이블 정착구 인장테스트

1. 실험체 계획 및 제작

- 케이블과 정착구의 압착강도와 정착구의 구조성능을 파악하기 위하여 다음과 같이 실험체를 계획.

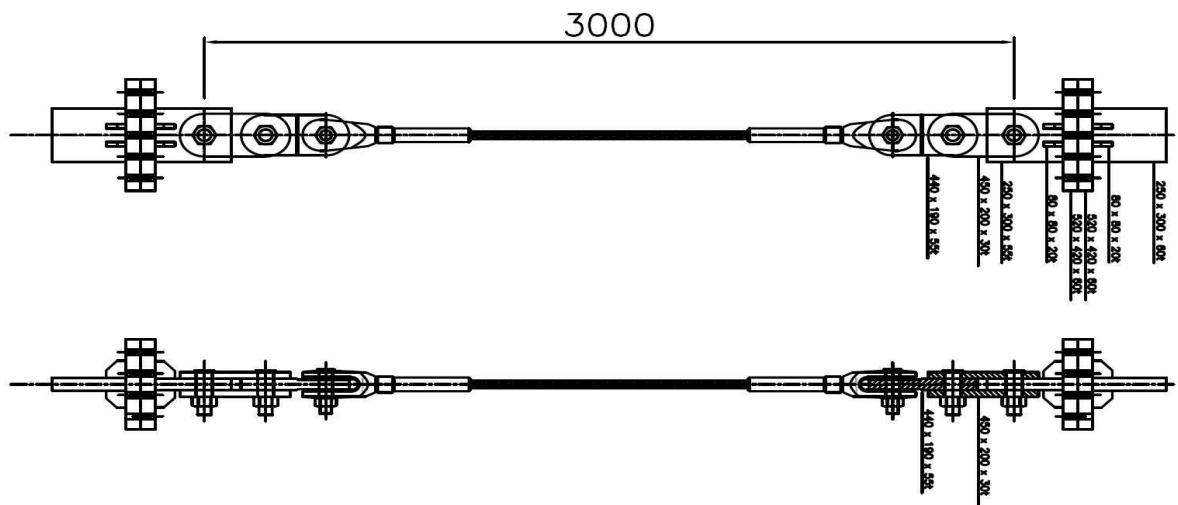
<표 3.1> 실험체 상세

로프지름 (mm)	외층 소선경 (mm)	계산 단면적 (mm ²)	파단하중 kN (ton)	단위중량 (kg/m)	비고
31.5	4.50	595	902(92)	4.87	1x37 Spiral Cable
35.5	5.08	756	1150(117)	6.19	
45	5.04	1230	1830(187)	10.0	1x61 Spiral Cable

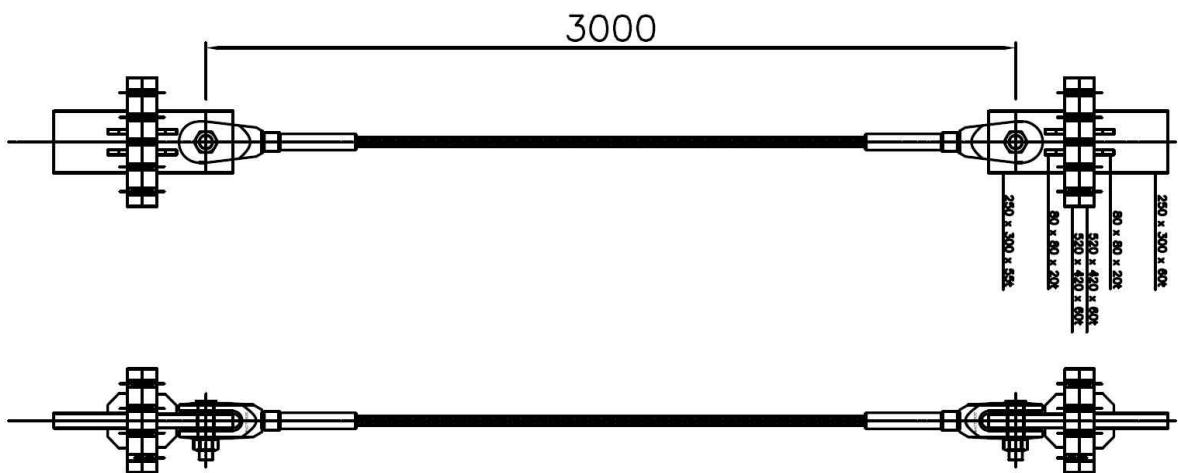
- 실험체의 형태는 다음 그림과 같으며 세일비앤시에서 제작하여 포항산업과학연구원 구조실험동에서 실험함. 본 실험에 사용된 실험시설은 최대용량 3000kN UTM을 이용하여 인장테스트를 수행함.



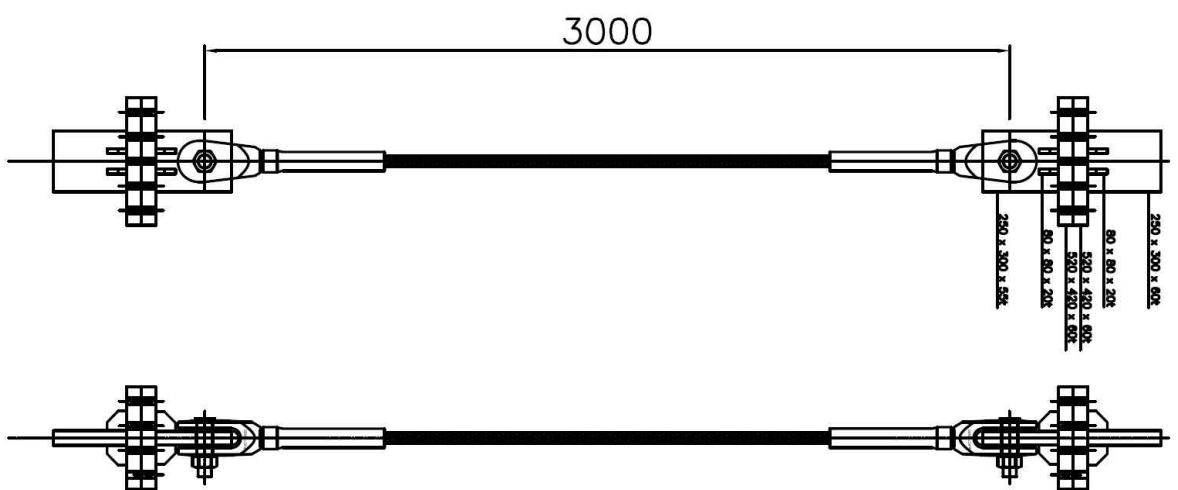
[그림 3.1] 하중조합



[그림 3.2] $\phi 31.5$ 케이블



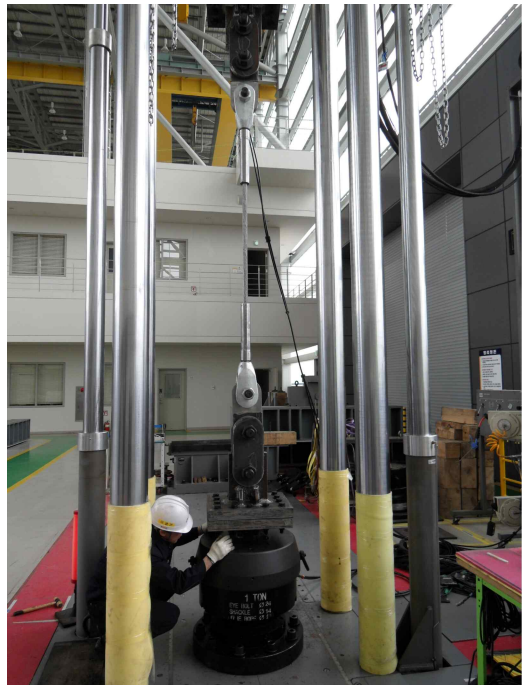
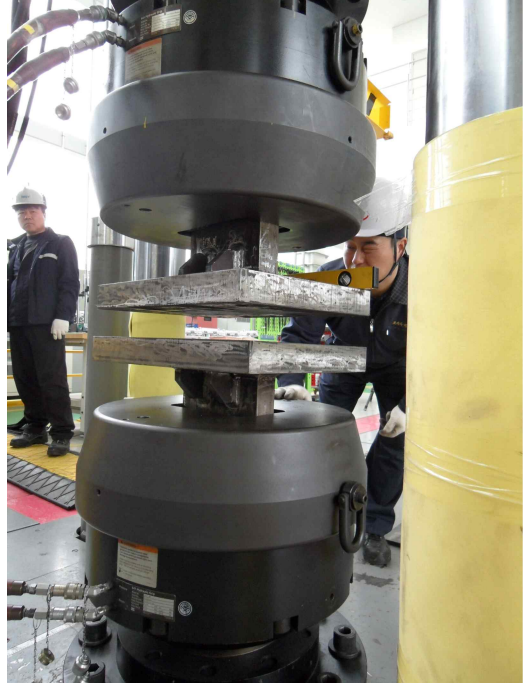
[그림 3.3] $\phi 35.5$ 케이블



[그림 3.4] $\phi 45$ 케이블

2. 실험방법

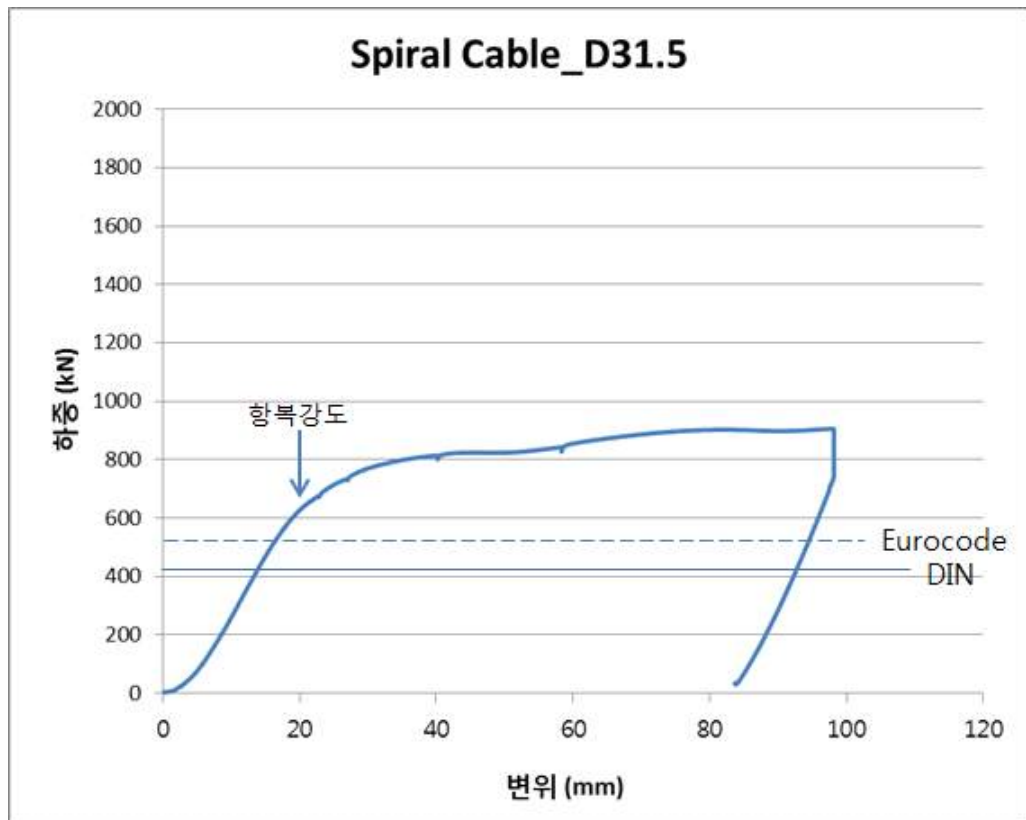
- 실험체는 UTM에 세팅된 지그에 연결하여 가력하였으며, 실험체에 시간당 가력하여 하중-변위를 실시간 모니터링하여 하중이 더 이상 증가하지 않는 시점까지 실험을 수행함.



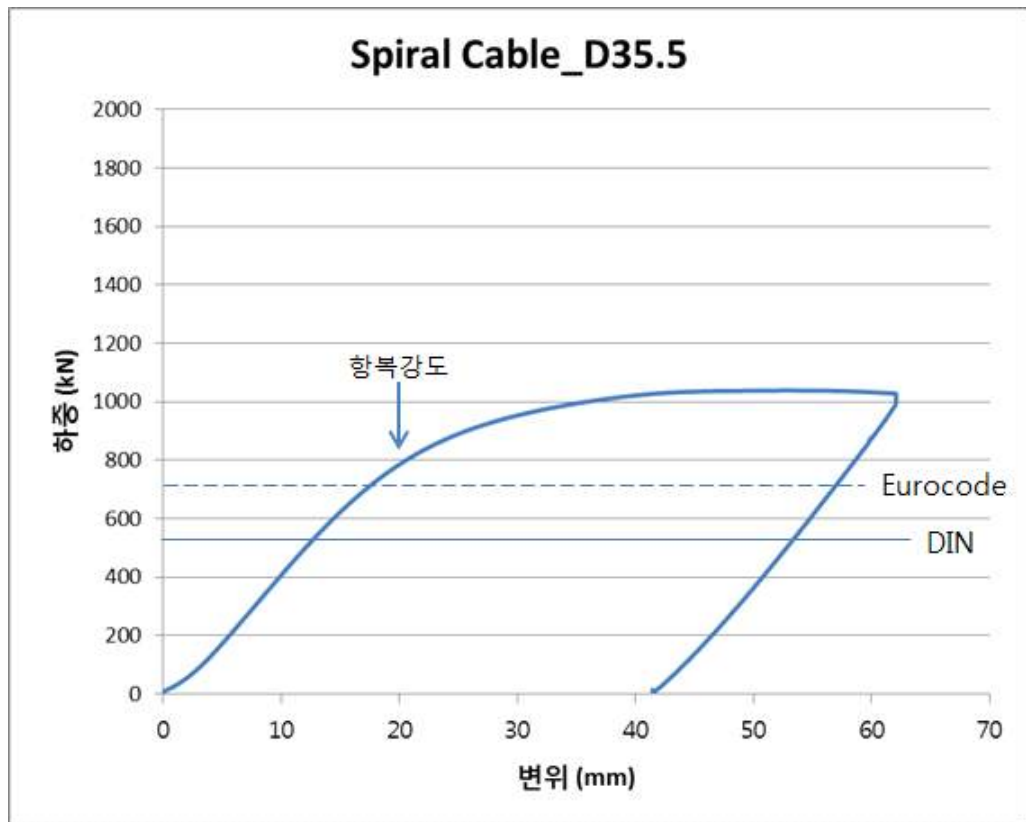
[그림 3.5] 실험체 세팅

3. 실험결과

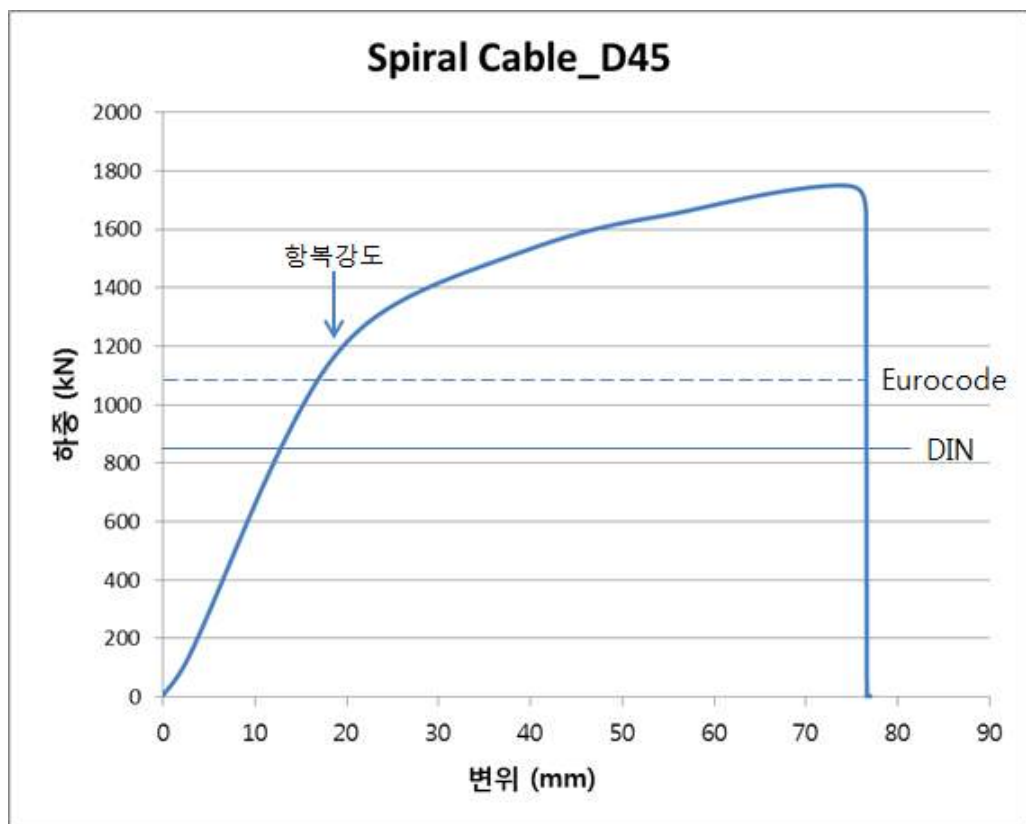
- 케이블과 정착구의 인장테스트 결과 하중-변위 곡선은 다음 그림과 같이 나타남. 케이블 거동의 특성상 뚜렷한 항복점 없이 바로 파단하기 때문에 일반적 부재설계보다 더 높은 안전율을 고려하여 설계함. Eurocode에서는 파단강도의 0.6를 설계강도로, DIN 은 파단강도의 0.45를 설계강도로 제시. 세 실험체 모두 부재가 파단하기 전에 부재의 항복으로 볼 수 있는 스웨이징부의 슬립 현상이 발생하며 하중의 증가보다 변위가 급격히 늘어남. 세 실험체 모두 슬립은 설계강도 이상에서 발생이 되어 현장 적용에는 문제가 없으나 제품의 보다 높은 신뢰성을 위해 스웨이징 방법을 개선하여 케이블과 정착구의 압착강도를 높일 필요가 있음. 추후 차년도 2차 실험을 통하여 개선된 케이블 정착구의 성능을 검증할 예정이다.
- 특이사항으로 $\phi 45$ 실험체가 실험 종료 하중을 제거하기 직전 파단현상이 발생함.



[그림 3.6] $\phi 31.5$ 하중-변위 그래프



[그림 3.7] $\phi 35.5$ 하중-변위 그래프



[그림 3.8] $\phi 45$ 하중-변위 그래프



[그림 3.9] 실험체의 슬립 현상

4. 정착구 성능 개선 및 성능테스트

- 1차 인장테스트 결과에 대한 보강실험으로 동일한 $\phi 42$ 의 Swaged Type 케이블과 아연 주입을 한 Open Socket type 케이블을 테스트 함. Swaged Type은 기존 정착구와 케이블의 압착을 더 강하게 개선한 제품이고 Open Socket type은 케이블과 정착구에 아연을 주입하여 개선한 제품.

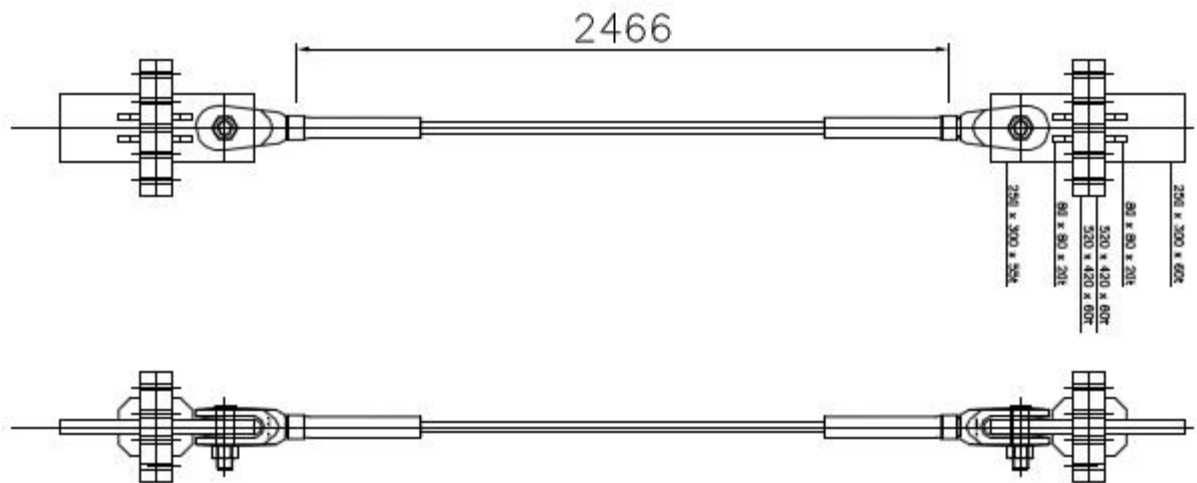
<표 3.2> 실험체 상세

로프지름 (mm)	외층 소선경 (mm)	계산 단면적 (mm ²)	파단하중 kN (ton)	비고	
42	4.66	1042	1820(186)	1x61 Spiral Cable	Swaged type
42	4.66	1042	1820(186)		Open Socket Type (아연주입)

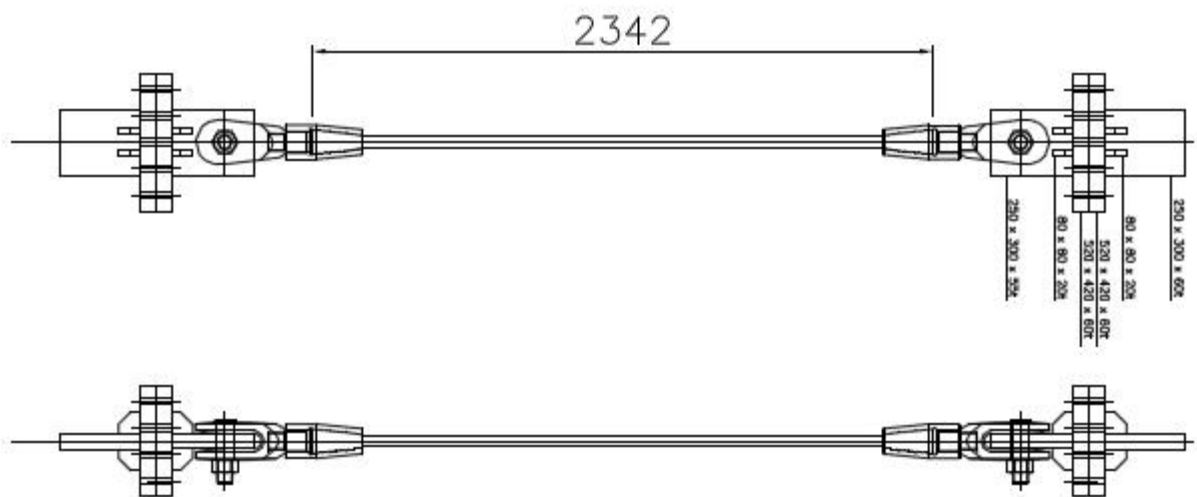
- 실험체의 형태는 다음 그림과 같으며 세일비앤시에서 제작하여 포항산업과학연구원 구조실험동에서 실험함. 본 실험에 사용된 실험시설은 최대용량 3000kN UTM을 이용하여 인장테스트를 수행함.



[그림 3.10] 하중가력장치



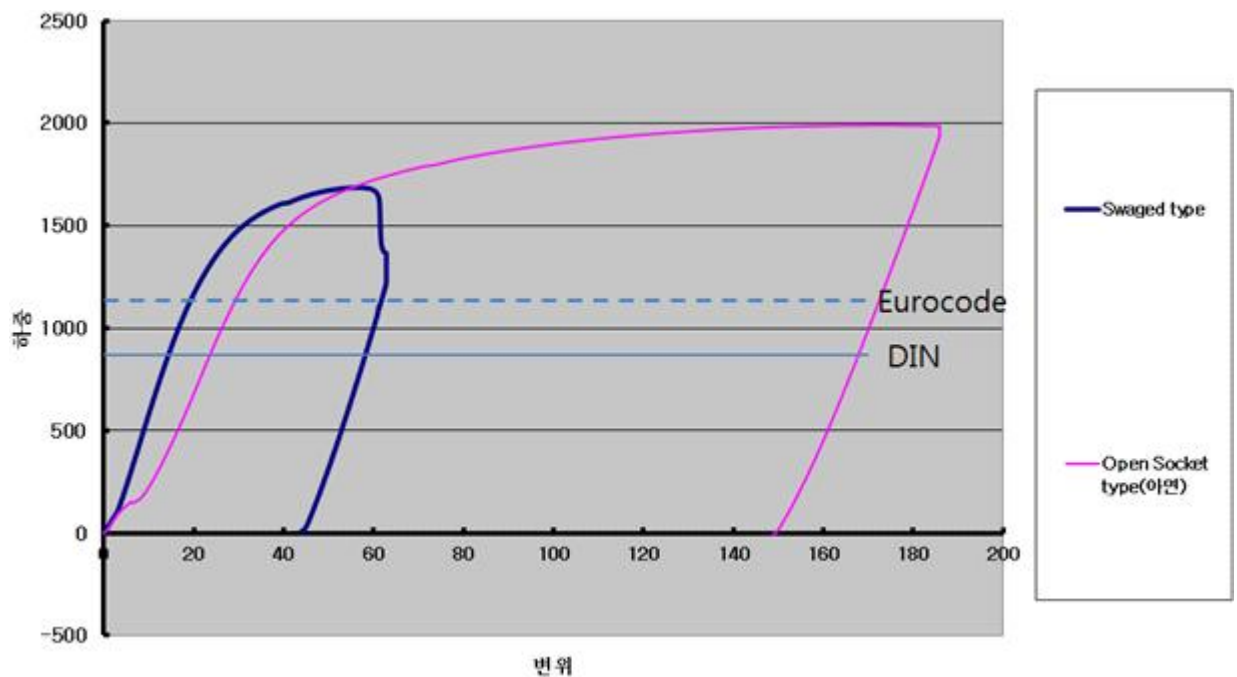
[그림 3.11] Swaged Type



[그림 3.12] Open Socket Type (아연 주입식)

5. 성능 개선 정착구 실험결과

- 케이블과 정착구의 인장테스트 결과 하중-변위 곡선은 다음 그림과 같이 나타남. 케이블 거동의 특성상 뚜렷한 항복점 없이 바로 파단하기 때문에 일반적 부재설계보다 더 높은 안전율을 고려하여 설계함. Eurocode에서는 파단강도의 0.6를 설계강도로, DIN 은 파단 강도의 0.45를 설계강도로 제시함. 두 실험체 모두 Eurocode와 DIN이 제시하는 기준을 만족함.



[그림 3.13] $\phi 42$ 하중-변위 그래프

<표 3.3> 1,2차 실험결과 비교 (kN)

		1차실험(ϕ 45)	2차실험 (ϕ 42)		비고
		Swaging	Swaging	Open Socket	
설계값	Eurocode	1253	1092		
	DIN	940	819		
실험값		1190	1420	1500	15%이상의 성능 향상

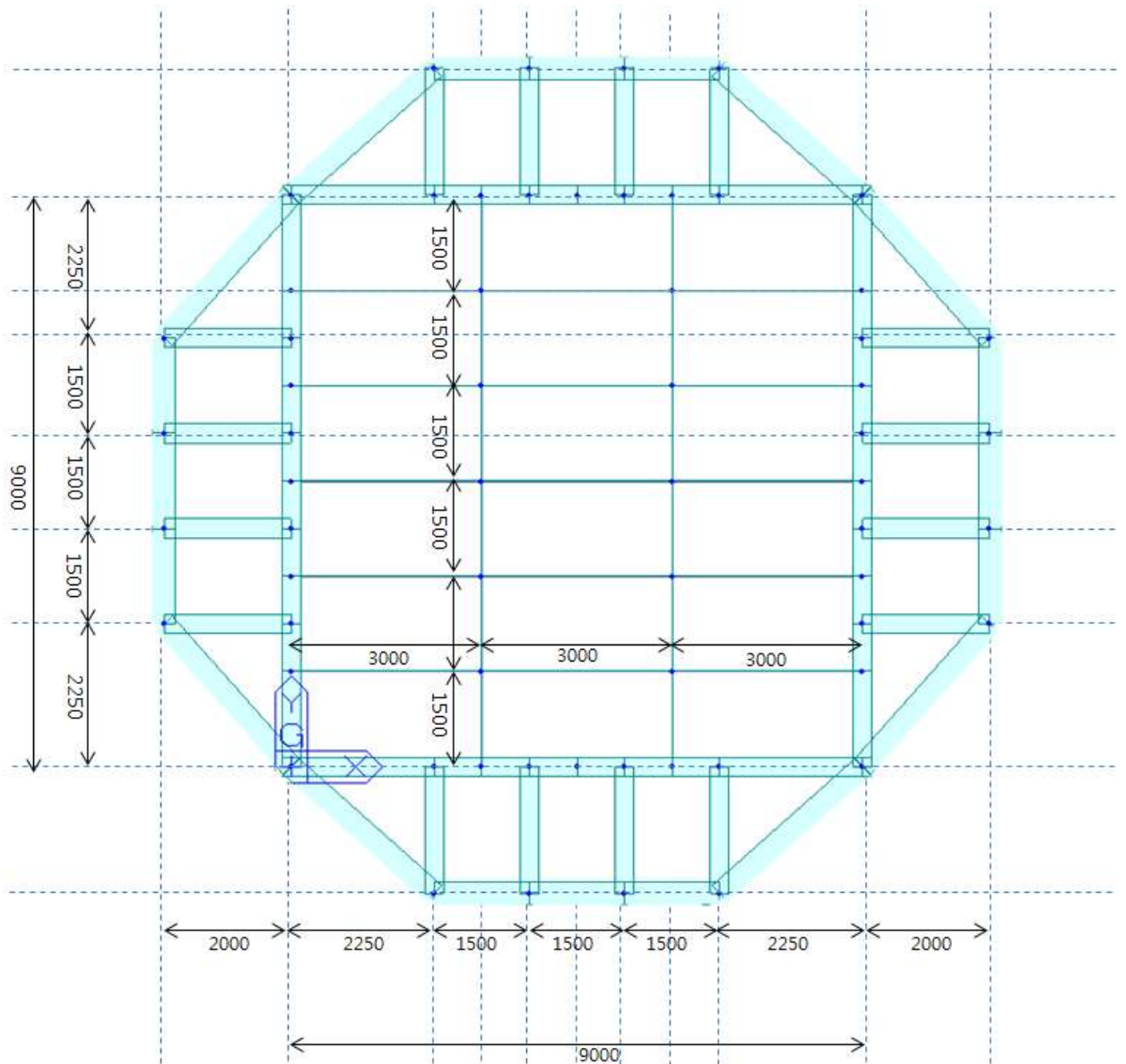
제2절 케이블넷 Mock-up 테스트

1. 실험체 계획

- 케이블 넷의 Mock-up 제작을 위하여 케이블넷 시스템의 다음과 같은 구조적 특징을 고려하여 실험체를 계획.
 - 케이블 구조는 주요 거동을 흡수하여 구조체, 유리, 웨더실에 손상을 주지 않도록 설계되어지며, 탄성이 뛰어나. 또한, 처짐 범위 내에서 여러번 변형이 되어도 스틸, 알루미늄에 영구적인 변형이나 파손이 발생하지 않음.
 - 평면(flat) 케이블 구조의 일반적인 처짐은 $L/40 \sim L/50$ 범위.
 - 케이블 시스템은 일반적으로 케이블을 교차부분과 꼭짓점을 고정하기 위한 클램프 구성물이 필요함.
 - 케이블 클램프는 최대 설계하중시 클램프에 정착되는 케이블이 움직이지 않도록 충분한 조임 하중을 제공할 수 있도록 설계 되어야 하고, 케이블 구조와 유리 시스템을 고정시키는 역할을 함.
- 이에 따라 Mock-up 시험체의 스펙은 현재 진행중인 인천공항 파사드 케이블넷을 목표로 여기에 쓰일 고강도 케이블과 케이블 정착구의 성능을 테스트할 수 있도록 계획.
- 실험체는 9000x9000 정사각 메인프레임에 3000mm 간격으로 수직케이블, 1500mm 간격으로 수평케이블이 들어감. 또한 케이블에 도입하는 텐션에 의한 메인프레임의 변형에 저항하기 위해 메인프레임 바깥쪽으로 보조 트러스를 보강하여 프레임의 변형에 대한 강성을 증가시킴. 실험체에 사용되는 수직 수평 케이블은 인천공항에 적용될 예정인 $\phi 45$ 1960MPa 고강도케이블을 사용함.

		1X61 Spiral Cable 1X(1+6+12+18+24)					
Nominal strand dia. (mm)	Outside strand dia. (mm)	Metallic cross area (mm ²)	Min. breaking load kN (ton)				Weight (kg/m)
			ST1470	ST1570	ST1670	ST1960	
28	3,14	474	633 (64,5)	674 (68,7)	709 (72,3)	809 (82,5)	3,89
30	3,36	545	726 (74,1)	773 (78,9)	814 (83,0)	929 (94,7)	4,46
31,5	3,53	600	801 (81,6)	853 (86,9)	897 (91,5)	1024 (104)	4,92
33,5	3,75	679	906 (92,3)	964 (98,3)	1010 (103)	1158 (118)	5,56
35,5	3,98	762	1020 (104)	1080 (110)	1140 (116)	1300 (133)	6,25
37,5	4,20	851	1130 (116)	1210 (123)	1270 (130)	1451 (148)	6,97
40	4,48	968	1290 (132)	1370 (140)	1450 (147)	1651 (168)	7,93
42	4,66	1042	1393 (142)	1480 (151)	1559 (159)	1820 (186)	8,75
45	5,04	1230	1630 (167)	1740 (177)	1830 (187)	2089 (213)	10,0

[그림 3.14] 케이블 규격 상세



[그림 3.15] 실험체 계획

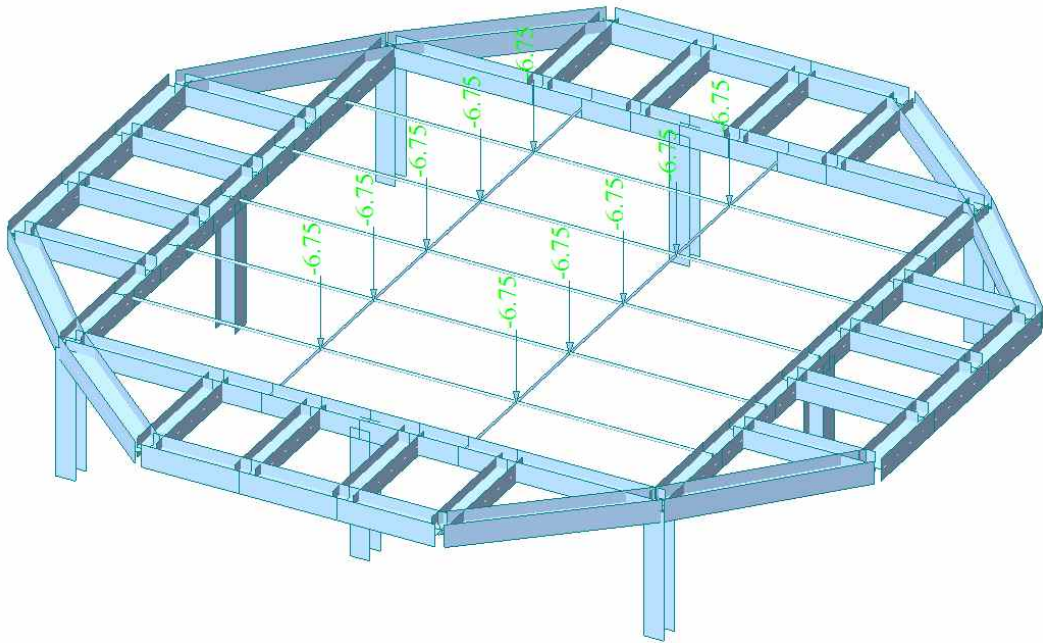
- 실험체에 적용하는 하중은 실험체의 자중과 대상 타겟 지역의 풍하중 1.5kN/m^2 을 적용함. 또한 케이블넷 시스템은 케이블 특성상 케이블에 일정한 장력이 도입이 되어야 시스템의 강성이 발현되기 때문에 케이블 설치시 일정한 프리텐션을 걸어줌. 프리텐션은 일반적으로 케이블이 갖는 파단하중의 5~10% 값으로 정하는데 이 실험에서는 수직케이블이 시스템 전체의 메인 부재로써 25ton, 수평케이블에 12ton의 프리텐션을 적용함.

2. 케이블 시공 단계 해석

- 케이블넷의 특성상 시공단계에서도 케이블 하나하나의 설치 단계별로 검토가 필요. 케이블을 하나씩 설치하면서 인장력을 주면 이전에 설치한 케이블의 장력에 손실이 생기므로 케이블 설치시 한번에 초기장력을 적용하는 것이 아니라 케이블을 하나씩 설치하며 이전 단계에서 설치한 케이블의 장력에 대한 체크도 병행하면서 진행해야하며 해석상에서도 이를 고려하여 단계별 해석을 수행.

3. 하중 계획

- 케이블넷 Mock-up 실험체의 크기 때문에 직접적인 풍하중 재현이 힘든 여건이므로 실험체를 눕히는 형태로 제작하여 수직과 수평케이블이 만나는 절점에서 풍하중을 절점하중으로 치환하여 하중을 작용하도록 함. 이 실험체에는 수직케이블과 수평케이블이 만나는 10개의 절점이 있으며 각 절점이 분담하는 면적 4.5m²에 작용하는 풍하중 6.75kN이 각 절점에서의 풍하중으로 작용하는 것으로 해석을 수행함.



[그림 3.16] 풍하중 재하 계획

4. 해석을 통한 부재강도 검토

- 케이블넷 Mock-up 실험체를 MIDAS-GEN 해석틀을 이용하여 위의 하중조건을 입력하여 케이블과 프레임의 변형과 각 부재에 작용하는 부재력을 검토함.

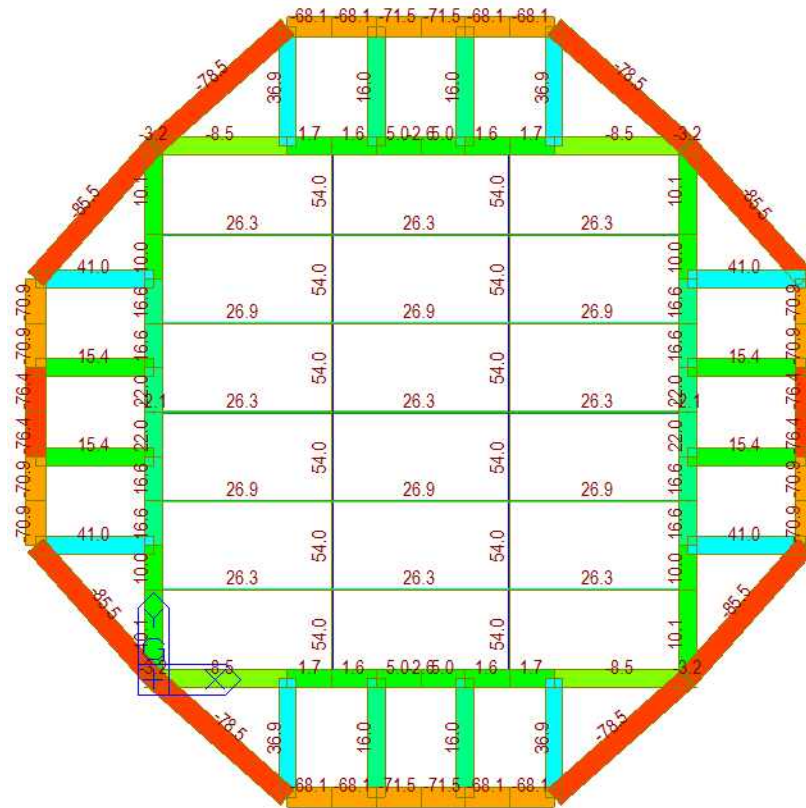
해석결과

케이블에서의 최대 인장력 54tonf

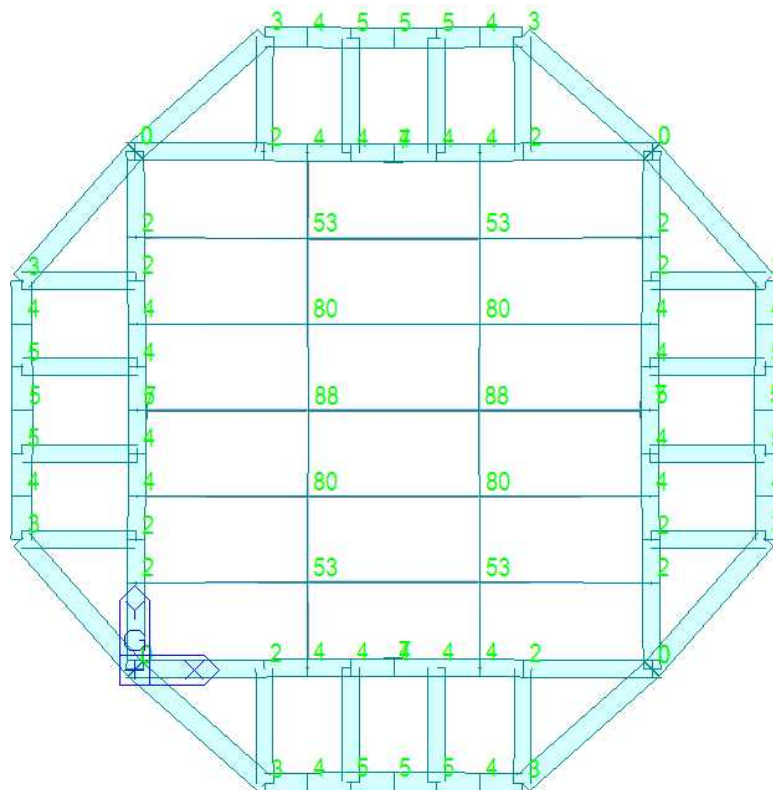
최대 변위는 88mm 발생할 것으로 예상됨.

따라서 설계에 사용된 케이블은 $\phi 45$ ST1960의 설계강도는 파단강도 213ton 의 60%인 128ton이며 해석상의 최대 인장력은 설계강도의 50% 정도로 강도 검토를 만족.

또, 이 실험체의 케이블 변위 제한기준은 $9000/60$ 인 150mm이며 해석상의 최대변위는 88mm 이므로 케이블의 변형 조건도 만족.



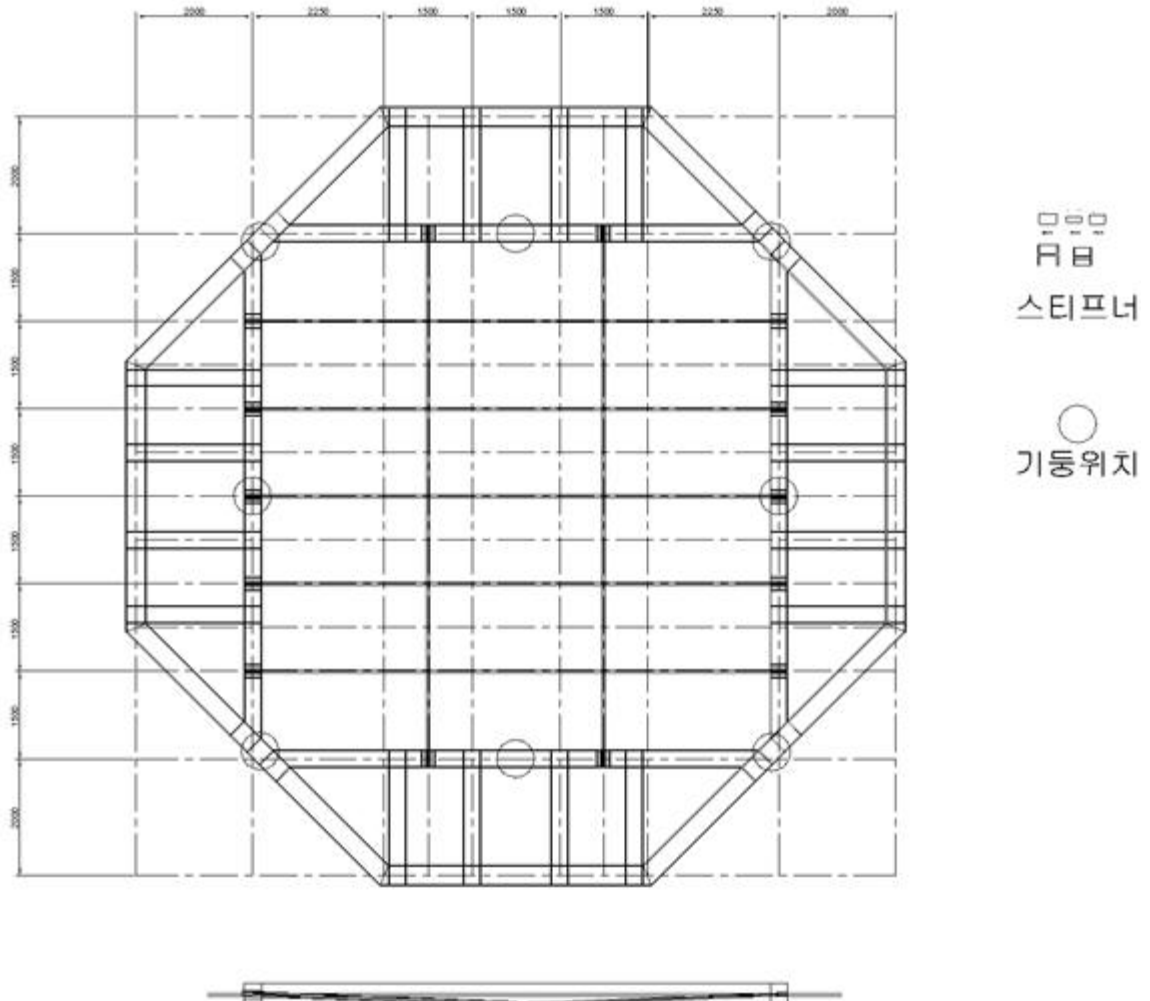
[그림 3.17] 케이블과 프레임의 축력



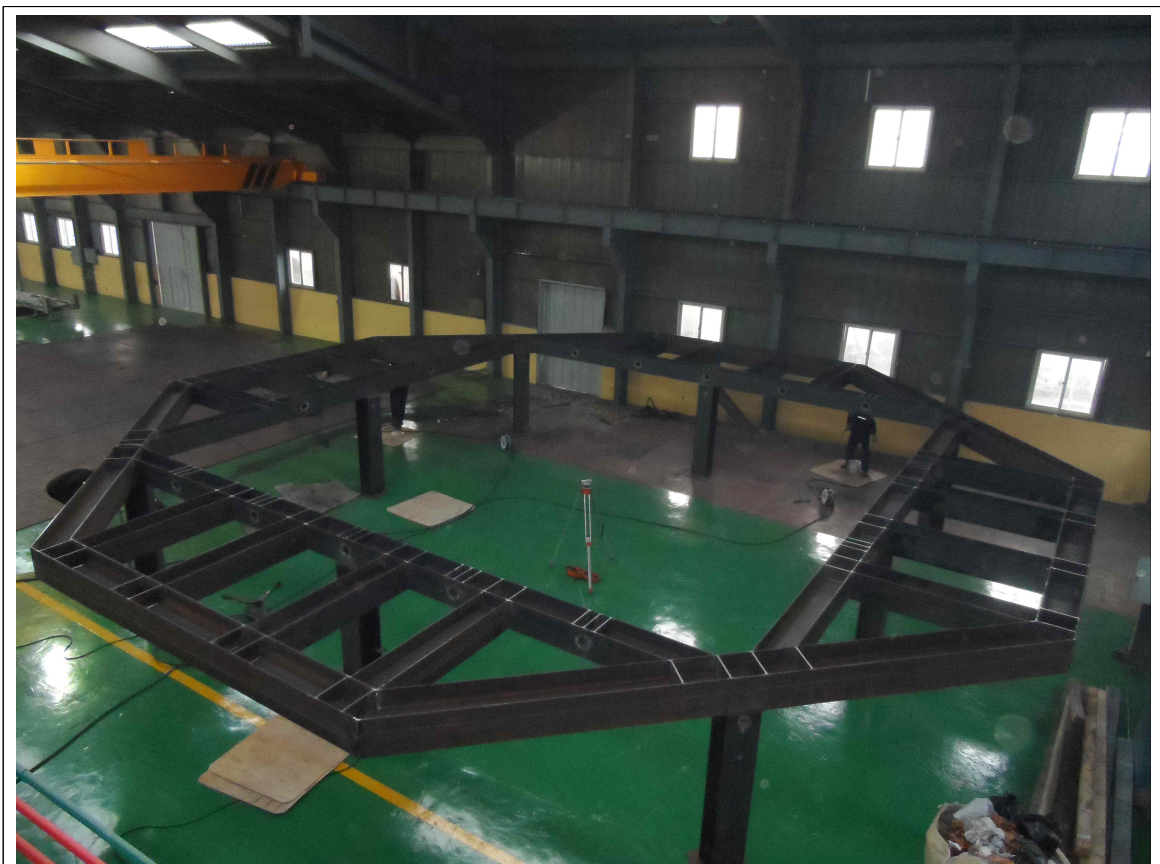
[그림 3.18] 케이블과 프레임의 최대 변위

5. 실험체 제작

- 해석결과를 바탕으로 케이블넷 제작도면을 작성하여 Mock-up 실험체를 제작하였으며 각각의 부재와 스티프너는 용접 접합을 함.



[그림 3.19] 실험체 제작도면



[그림 3.20] 실험체 제작과정

6. 실험계획

가. 초기장력

- 일반적으로 케이블 구조물에서 케이블을 설치할 때 초기장력은 파단하중의 5~10%를 적용함. 이번 실험에서는 초기장력을 5%일 때와 10%일 때 두 번의 경우를 계획함. 5%의 경우 수직케이블에 120kN 수평케이블에 60kN, 10%의 경우는 수직케이블에 240kN 수평케이블에 120kN의 초기장력을 적용.

나. 하중재하 방법

- 실험체에 적용하는 하중은 실험체의 자중과 대상 타켓 지역의 설계속도압 1.5kN/m^2 을 적용함. 케이블넷 실험체의 크기 때문에 직접적인 풍하중 재현이 힘든 여건이므로 실험체를 눕히는 형태로 제작하여 수직과 수평케이블이 만나는 절점에서 풍하중을 절점하중으로 치환한 하중을 작용하도록 함. 이 실험체에는 수직케이블과 수평케이블이 만나는 10개의 절점이 있으며 하나의 절점이 분담하는 면적 4.5m^2 에 작용하는 6.75kN ($\approx 700\text{kg}$)이 각 절점에서의 작용하는 풍하중임. 실험에서는 700kg 을 5단계로 나누어 140kg , 280kg , 420kg , 560kg , 700kg 점진적으로 하중을 증가시키며 각 단계의 실험체 변형을 측정함.

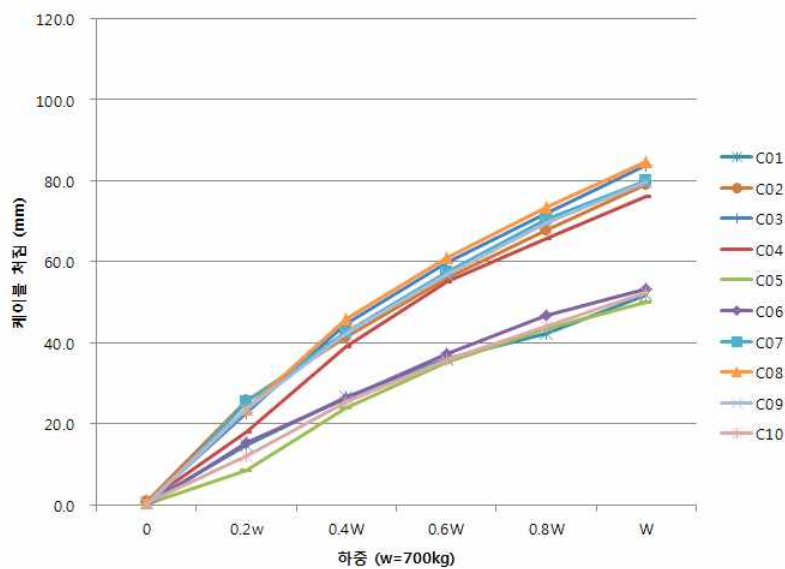


[그림 3.21] 하중재하

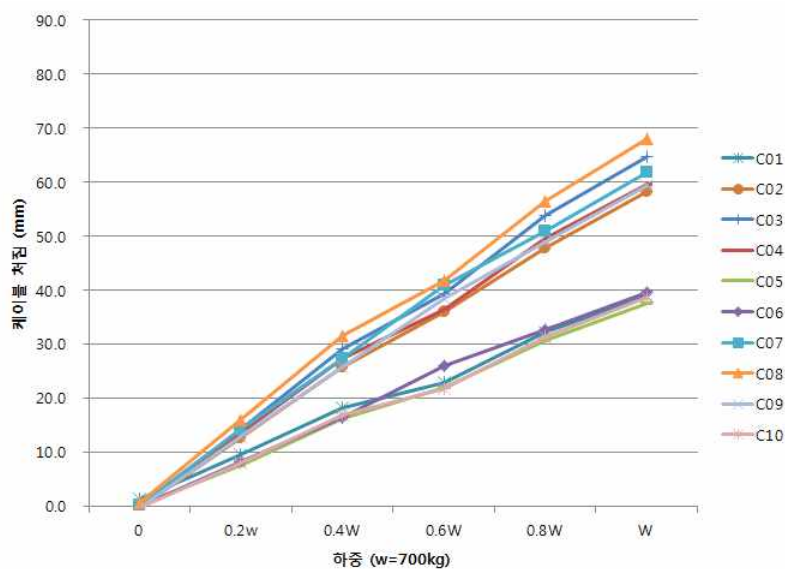
7. 실험결과

가. 케이블의 처짐

- 실험에서 케이블의 처짐은 3번과 8번 노드 즉, 그리드 중앙에 위치한 곳에서 최대 처짐이 발생함. 초기장력을 5%로 긴장한 실험에서 최대 84mm의 처짐이 발생하고 초기장력을 10%로 늘린 두 번째 실험에서의 최대 처짐은 68mm의 처짐이 발생함. 이것은 실험체의 설계 단계에서 예상했던 모델링 해석상의 결과인 108mm, 80mm 보다 다소 작게 나옴. 케이블의 처짐에 대한 기준은 아직 국내의 건축기준에 명시된 것은 없으나 외국의 설계사례나 기준을 보면 $L/60$ 을 많이 사용함. 이 실험에서의 처짐 기준은 150mm이 되며 $\varnothing 45$ 고강도케이블의 성능은 이를 충분히 만족함.



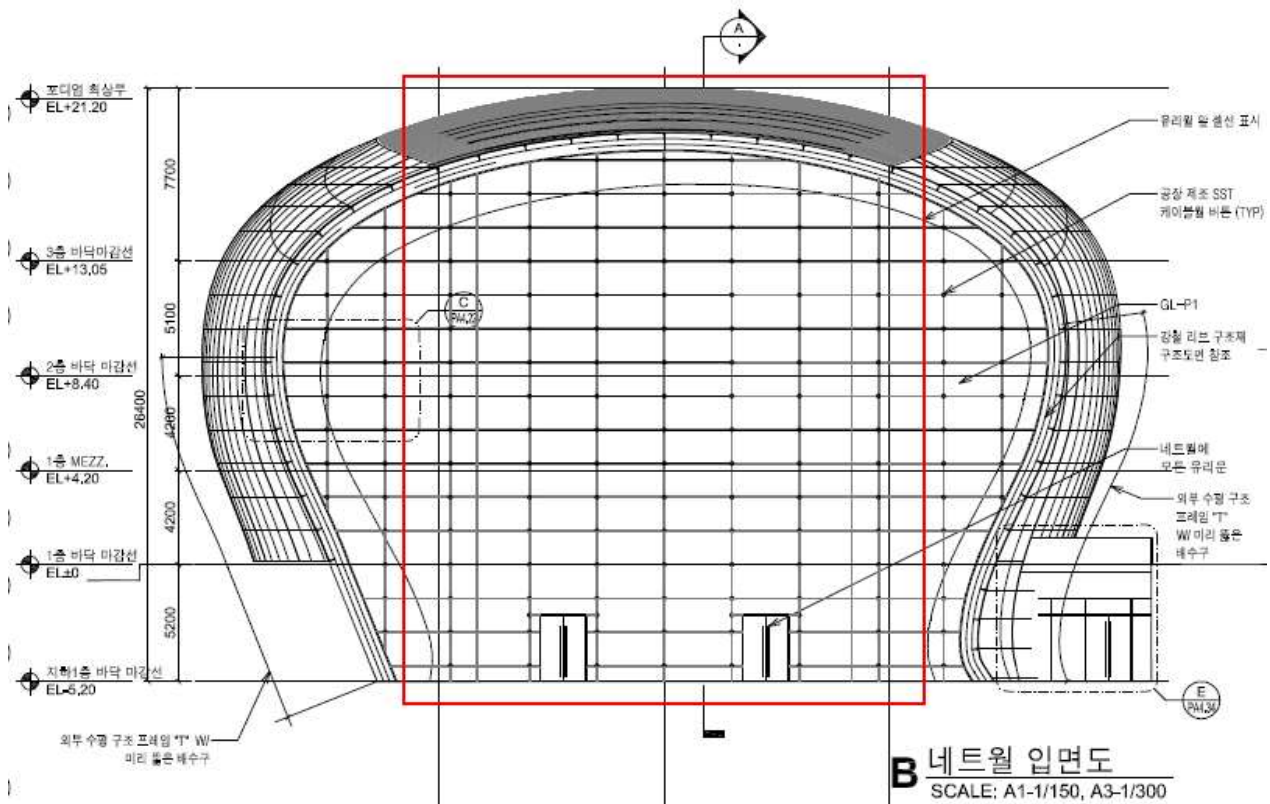
[그림 3.22] 초기장력 12ton 하중-변위 그래프



[그림 3.23] 초기장력 25ton 하중-변위 그래프

제3절 경제성 평가.

- 전경련 신축회관에 시공된 케이블넷 월 기준으로 Steel Frame 으로 설계할 경우를 비교함.



[그림 3.24] 전경련 케이블 넷 월

<표 3.4> 기존기술과 케이블넷 월의 경제성 비교

연번	Steel Frame	Cablenet Wall	
물량	ss400 26tonf 소요	φ24 cable 600m 소요	
시공비	65만원 / m ²	80만원 / m ²	

- 같은 대상 건물을 케이블 넷월과 일반 스틸 프레임으로 설계하여 비교 하였을 때 단순 시공비로는 케이블 넷 시스템이 약 20%정도 더 소요되나 디자인적 요소나 시스템의 안전성 면에서 건축주에게 그 이상의 효과를 제공하기에 사업상이 있다고 판단됨.

제4장 케이블넷 시스템 시공관리 기술

제1절 연구방법

- 현재 국내의 케이블넷 관련 기술 국내 시공사례의 부족, 전문가 부족으로 상당부분 해외 기술력에 의존하고 있는 실정임.
- 알루미늄 및 스틸 커튼월에 대한 국내의 전문가는 케이블넷 시스템에 비하여 많이 양성되어있어서 국내외적으로 활동범위를 넓히고 있으나, 건축물의 외장재로 사용되는 케이블넷 파사드 전문가 또한 부족함.
- 또한, 국내의 건축관련 기준 및 시방서 부재와 케이블의 제조기술, 실험데이터의 부족은 국내 실정에 맞는 시공관리기술을 개발하기에는 많은 어려움이 있음.
- 따라서 본 연구에서는 케이블 넷 시스템의 시공시 시공자, 감리자가 활용할 수 있는 시공관리시 참고할수 있도록, 국내외 케이블넷 시방서 및 관련 기준을 고찰함.
- 연구의 방법으로는 2절 일반사항에서 케이블넷 시스템에 대한 이해를 고양시키기 위해 케이블넷 시스템의 특징과 종류, 일반적인 케이블넷 시스템의 구성 요소를 분석.
- 3절에서는 국내에서 사용되고 있는 특기시방서를 수집하여 구성내용을 고찰하였으며, 또한 2009년에 한국공간구조학회에서 제정한 「케이블 구조 설계기준 및 해설」의 주요내용을 고찰하였으며,
- 4절에서는 케이블넷 산업이 국내보다 발달한 중국, 미국의 케이블넷 시스템 관련 기준을 고찰하였음.
- 이상의 내용은 케이블넷 시스템 설계자, 시공자, 감리자가 전반적인 내용에 대한 이해를 통해 다각적인 검토사항을 선택적으로 선별하여 사용하므로서 활용도가 높을것으로 판단됨.

일반사항	국내케이블넷 기준 및 시방서 분석	해외 케이블넷 관련 기준 분석
◆ 케이블넷 특징 ◆ 케이블넷 시스템의 종류 및 특징 ◆ 케이블넷 시스템의 구성요소	◆ 케이블 구조설계기준 ◆ 케이블넷 시스템 국내 시방서	◆ 중국 JG/T 138-2010 ◆ 미국 ASCE/SEI 19-10 ◆ 케이블넷 시스템 구성물의 각종 시험 방법

[그림 4.1] 케이블넷 시스템 시공관리 기술 주요 연구내용

제2절 일반사항

1. 케이블넷의 특징

- 인장케이블 시스템은 Frei Otto에 의해 1960년대에 소개가 되었으며, 초기에는 경험에 의해 설계되어 설치되었으나, 최근에는 컴퓨터의 발달로 여러 가지 형태의 해석과 분석이 가능하게 되었음.
- 이러한 케이블 넷 시스템은 높은 투명성(가시성)과 탄력성이 좋아 높은 처짐이 발생하여도, 기존 프레임 시스템과는 다르게 구조물 자체에 손상이 없는 특징이 있으나, 케이블 설치시 프리스트레스를 가하기 위해 복잡한 시스템과 설치기술이 필요함.

<표 4.1> 케이블넷 시스템의 일반적인 특징

▪ 높은 투명성.
▪ 평면, 곡면, 이중 곡면 형태가 가능함.
▪ 케이블 구조는 일반적으로 기하학적인 탄력성과 높은 처짐을 갖는 특징이 있음.
▪ 일반적인 처짐 범위는 $L/40 \sim L/50$
▪ 처짐을 제어하기 위해서 설계와 설치시 프리스트레스에 대한 고려가 중요함
▪ 프리스트레스 하중으로 인한 큰 반력 발생
▪ 프리텐션 설치시 정교한 잭킹(jacking) 시스템과 복잡한 설치 기술 필요
▪ 공사비 고가

2. 케이블넷 시스템의 종류 및 특징

가. 케이블 멀리언 시스템(Cable Mullion System)

- 케이블 멀리언 시스템은 케이블을 상부와 하부에 수직으로 인장을 주어 1방향으로 거동하게 하는 시스템으로, 적절한 프리스트레스가 확보되면 케이블은 유리의 처짐을 지지하게 됨.
- 글레이징 간격을 작게 하면 케이블 요소가 차지하는 비중이 커지므로 각각의 케이블에는 낮은 프리스트레스가 필요하며, 높은 프리스트레스 하중을 적용할 경우 처짐에 대한 조정이 요구되지만 상대적인 간편함 때문에 케이블 멀리언 시스템은 증가 하고 있음.

<표 4.2> 일방향 케이블 멀리언 시스템(1-way Cable Mullion System)

▪ 가장 최소의 케이블로 가장 투명한 케이블 시스템
▪ 간단하거나 복잡한 설계가 가능
▪ 기하학적으로 간단함
▪ 케이블 시스템중 간단함.
▪ 평면 형태의 시스템은 가장 유연하고 큰 처짐 발생
▪ 처짐은 $L/35$ 이하
▪ 장스팬의 경우 높은 프리스트레스 하중과 높은 반력 발생
▪ 간단한 floor to floor 스펠에 사용



[그림 4.2] Cable Mullion System : Juilliard Alice Tully Hall, Entry Wall, New York

나. 플랫 케이블 넷(Flat Cable Nets)

- 멀리언 시스템에 수평 케이블을 추가하여 그물 모양의 망을 만드는 시스템으로 다음과 같은 특징이 있음.
- 장 스패 구조물에서 수평 케이블의 추가로 처짐 제어가 용이하며, 적절한 거리의 스패를 유지하면 케이블에 작용하는 프리스트레스를 감소시킬 수 있음.

<표 4.3> 플랫 케이블 넷(Flat Cable Nets)

▪ 플랫 케이블 넷은 기하학적으로 간단하며, 일반적으로 직각의 그리드(Grid)를 이룸
▪ 케이블 멀리언 시스템 보다 처짐을 감소시킬수 있음.
▪ 일반적인 처짐범위는 $L/40 \sim L/50$
▪ 1방향 케이블 시스템 보다 프리스트레스 하중과 반력이 작게 할수 있음.
▪ 복잡한 재료, 구성품, 제작, 설치로 인한 비용 증가

다. 구조적 특징

- 케이블 구조는 주요 거동을 흡수하여 구조체, 유리, 웨더실에 손상을 주지 않도록 설계되어지며, 탄성이 뛰어남.
- 또한, 처짐 범위 내에서 여러번 변형이 되어도 스틸, 알루미늄에 영구적인 변형이나 파손이 발생하지 않음.
- 평면(flat) 케이블 구조의 일반적인 처짐 $L/40 \sim L/50$ 범위이며, 경우에 따라서는 $L/35$ 처짐 제한을 두는 사례도 있었음.(Alice Tully Hall)

- 케이블 시스템은 일반적으로 케이블을 교차부분과 꼭짓점을 고정하기 위한 클램프 구성물이 필요 함.
- 케이블 클램프는 최대 설계하중시 클램프에 정착되는 케이블이 움직이지 않도록 충분한 조임 하중을 제공할수 있도록 설계 되어야 하고, 케이블 구조와 유리 시스템을 고정시키는 역할을 함.



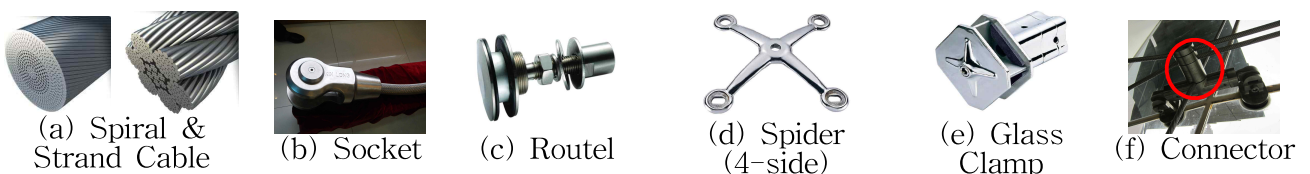
[그림 4.3] 클램프 형태

3. 케이블넷 시스템의 구성요소

- 케이블넷 파사드의 구성요소는 <표 4.4>와 같이 구조적 거동을 하는 케이블 부분과 유리부와 연결되는 D.P.G.(Dot Pointed Glazing)부분으로 나눌수 있으며,
- D.P.G 부분은 방식에 따라 <표 4.4>와 [그림 4.4]와 같이 Routel, Spider, Galass Clamp, Strut Bar, Connector등 여러 가지 구성 요소가 있음.

<표 4.4> 케이블넷 파사드의 구성요소

구분		내용
케이블 부분	Tension cable	• 강선을 나선모양으로 만든 spiral cable과 spiral cable 여러개를 나선모양으로 만든 strand cable이 있음.
	Socket	• 케이블을 정착구에 연결하기 위한 부재로 케이블과 스웨이징 (swaging)을 통하여 고정시킴.
D.P.G 부분.	Routel	• 유리 하중을 구조부재(cable)에 전달하기 위한 것으로 유리에 구멍을 가공하여 고정.
	Spider	• 유리 하중을 구조부재에 전달하기 위한 것으로 고정하는 유리 개수에 따라 1~4면지지 스파이더가 있음.
	Glass clamp	• 유리 하중을 구조부재에 전달하기 위한 것으로 유리에 구멍을 가공하지 않고 유를 고정시킴.
	Connector	• Routel 또는 Spider를 케이블과 연결시키는 부재.



[그림 4.4] 케이블넷 파사드의 구성요소

제3절 국내 케이블넷 기준 및 시방서 분석

1. 일반사항

- 국내의 케이블구조는 주로 체육시설, 집회장, 전시장, 공장 그리고 다목적 홀등 다양한 대공간 구조물에 이용되었음.
- 케이블 구조는 교차하는 케이블들로 곡면을 형성하는 케이블 넷구조, 케이블끼리 보를 형성하는 케이블 거더, 보나 아치를 이용해서 이루어지는 케이블 복합구조, 텐세그리티 구조, 막과 함께 이용하는 케이블막 복합구조등 다양한 모양으로 사용되고 있음.¹⁸⁾
- 최근에는 케이블구조의 양호한 개방감으로 건축물의 외장 부분에 케이블 구조를 적용하는 사례가 증가 하고 있음.
- 하지만, 건축물의 외장부분에 케이블 구조에 유리를 부착하는 시스템에 대한 국내 기준은 전무한 실정이며, 현재 토목, 교량, 대공간 구성에 적용할 수 있는 설계기준만 제정되어 있음.
- 따라서 본 절에서는 한국공간구조학회에서 제정한 「케이블구조 설계기준 및 해설」과 국내 케이블 공사시 사용되고 있는 공사시방서를 조사함.
- 케이블 구조 설계기준의 구성내용은 총칙, 구조계획, 케이블 재료, 하중, 구조설계, 구조해석, 접합부 상세설계, 지지구조로 총 8장으로 구성되었으며, 세부내용은 다음과 같음.

2. 케이블 구조 설계기준: 한국공간구조학회

가. 총칙

(1) 일반

- 이 기준은 케이블이 구조용 부재로 사용되는 건축구조물의 구조설계에 있어서 구조물의 안전성과 기능을 확보하기 위한 기본적인 고려사항임.

(2) 적용범위

- 이 기준은 케이블이 구조용 재료로 사용되는 건축물에 있어서 케이블 부재 및 주변부의 설계에 적용.

(3) 구조계획

- 구조계획에서는 케이블의 재료특성을 고려하여 가정할 수 있는 모든 하중에 대하여 충분한 강도와 강성을 확보.
- 또한 케이블 재료의 역할과 거동은 각각의 구조형식에 따라서 달라진다는 사실에 충분히 유의하여 계획.

(4) 케이블 재료

- 품질 및 종류
 - 케이블 재료는, KS D 3509(피아노 선재), KS D 3556(피아노 선), KS D 3510(경강선), KS D 3559(경강 선재), KS D 3514(와이어 로프) 및 KS D 7002(PC 강선 및 PC 강연선)

18) 한국공간구조학회, 케이블구조 설계기준 및 해설, 2009

규격에 맞는 선재를 냉간 가공한 소선을 사용함을 원칙으로 하고, 다음 종류를 표준으로 함.

- 구조용 스탠드 로프
- 구조용 스파이럴 로프
- 구조용 록 코일 로프
- 구조용 평행선 스트랜드
- 피복 평행선 스트랜드
- PC 강연선

○ 기계적 성질

- 파단하중: 케이블 재료의 파단하중을 구하는 방법은 KS D 3514의 기준에 따름. 단, PC 강선 및 강연선은 KS D 7002에 따름.
- 초기신장: 케이블 재료에 대한 프리스트레싱 후의 초기신장의 크기는 <표 4.5>에서 제시된 값을 표준으로 함.

<표 4.5> 프리스트레싱 후의 초기신장

케이블 재료	초기신장(%)
구조용 스트랜드 로프	0.1 - 0.2
구조용 스파이럴 로프 구조용 록 코일 로프	0.05 - 0.1
평행선 스트랜드* 피복 평행선 스트랜드* PC 강연선(7 가닥 꼬임, 19 가닥 꼬임)*	0

*프리스트레싱의 효과를 갖는 열처리에 의해 초기신장을 제거하는 효과를 가지므로 프리스트레싱은 필요하지 않음.

- 탄성계수: 케이블 재료의 탄성계수는 시험결과에 의해 구하는 것을 원칙으로 하며, 시험을 하지 않은 경우, 케이블 재료의 프리스트레싱 후의 탄성계수는 <표 4.6>의 값으로 가정할 수 있음.

<표 4.6> 프리스트레싱 후의 탄성계수

케이블 재료	탄성계수(N/mm ²)
구조용 스트랜드 로프	140,000
구조용 스파이럴 로프 구조용 록 코일 로프	160,000
평행연 스트랜드* 피복 평행연 스트랜드*	200,000
PC 강연선(7 가닥 꼬임, 19 가닥 꼬임)*	190,000

*프리스트레싱의 효과를 갖는 열처리에 의해 초기신장을 제거하는 효과를 가지므로 프리스트레싱은 필요하지 않음

- 크리프: 케이블 재료의 크리프 변형은 <표 4.7>에서 제시된 값을 표준으로 함.

<표 4.7> 케이블 재료의 크리프 변형도

케이블 재료	크리프 변형도	응력 수준
구조용 스트랜드 로프	0.025	장기 허용 인장력 이하 단기 허용인장력은 장기의 1.33배로 함.
구조용 스파이럴 로프 구조용 록 코일 코프	0.015	
평행연 스트랜드 피복 평행연 스트랜드 PC 강연선	0.007	

- 선팅창계수: 케이블 재료의 선팅창 계수는 $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 를 기준으로 함

<표 4.8> 와이어 로프의 선팅창 계수

공시 로프	측정온도의 범위(°C)	선팅창 계수($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
6 x 9Φ 12mm 탄소함유량 : 0.55%	19.1 - 77.5	11.4
	19.1 - 80.0	11.3
	19.1 - 80.4	11.5
	19.1 - 81.5	11.4

(5) 하중

- 케이블 구조의 설계에 고려하는 하중은 국토해양부령 「건축물의 구조기준 등에 관한 규칙」 및 대한건축학회 「건축물 하중기준 및 해설」을 표준으로 함. 케이블 구조의 형식, 구법, 시공법 등에 따라 특별히 발생하는 하중은 실제 상황을 고려하여 적절히 산정.

(6) 구조설계

- 허용인장력

- 장기허용인장력: 케이블 재료의 장기허용인장력은 파단 하중의 1/3을 기준으로 함.
- 단기허용인장력: 케이블 재료의 단기허용인장력은 장기허용인장력에 1.33을 곱한 값으로 함.
- 구조물의 형상의 설정
 - 케이블 구조의 설계형상은 고정하중에 대해 각 케이블이 목표로 하는 장력(초기장력)상태에서 평형이 되도록 설정.
- 초기장력의 설정
 - 케이블 구조에서 각 케이블의 초기장력은 구조물에 필요한 강성을 확보하고, 외력변화 등에 의한 케이블의 장력손실에 따른 불안정 현상이 발생하지 않도록 설정.
- 변형에 대한 고려
 - 외력과 지점이동 등에 의해 발생하는 케이블의 변형이 구조물의 사용성 및 안전성에 손상이 가지 않도록 하여야 함.
- 시공법에 대한 고려
 - 케이블 구조에서는 필요에 따라 시공방법과 시공순서를 고려한 설계를 하여야 함.
 - 특히 장력도입방법, 도입순서에 대해서는 구조물의 형상 및 구조적 특성을 고려하여 충분히 검토하고, 시공상황을 고려한 시공과정 해석 등과 같은 적절한 조치를 하여야 함.
- 설계 시 유의하여야 할 기타사항
 - 케이블의 구조 설계 시에는 현장실정에 맞도록 다음과 같은 항목에 대하여 검토.
 - ◆ 바람에 의한 진동
 - ◆ 케이블 부재 및 정착부재의 크리프, 이완의 영향
 - ◆ 피로
 - ◆ 온도 변화에 의한 영향

(7) 구조해석

- 케이블 부재에 대한 해석상의 가정
 - 케이블 부재는 원칙적으로 인장력에만 저항하는 선형 탄성부재로 가정.
- 구조모델
 - 구조해석은 경계조건을 포함한 구조모델을 적절히 설정한 후 수행.
- 해석의 내용과 방법
 - 해석의 내용과 방법은 구조형식, 구법, 시공법을 고려하여 실제 상황에 따라 설정하고 기하학적 비선형해석, 시공과정해석 등을 수행.
- 초기형상해석
 - 구조물의 형상이 케이블의 장력분포와 깊은 관계가 있으므로 초기형상해석을 수행.

(8) 접합부 상세 설계

- 케이블 단부
 - 단부의 정착방식: 케이블의 단부는 정착방식에 따라 마찰형, 압착형, 썬기형으로 구분되며 케이블의 장력을 정착부에 충분히 전달할 수 있도록 함.

- 단부 정착철물의 성능: 케이블의 단부 정착철물은 케이블과 일체화 되어야 하며, 케이블과의 완전한 결합, 피로 성능, 외부환경에 의한 충분한 내구성을 유지.
- 케이블 교차부
 - 케이블의 교차부는 케이블의 손상이 생기지 않도록 적절한 교점 정착철구를 사용하여 케이블 상호간의 힘의 전달을 확실히 하도록 하여야 함.
- 케이블 굴곡부
 - 케이블의 굴곡부는 힘과 측압에 의한 강도저하를 고려하여 적절한 곡률을 갖는 정착철물로 지지.
- 정착부
 - 정착부는 케이블의 장력을 원활하고 확실하게 지지구조에 전달할 수 있는 구조로 하고, 케이블의 변형에 충분히 대응할 수 있어야 함.
 - 또한 2차 응력이나 케이블의 가절 및 장력 도입방법 등을 충분히 고려.
- 마감재
 - 케이블에 마감재를 부착하는 경우 부착철물의 구조는 마감재에 가해지는 외력을 케이블에 원활하고 정확하게 전달할 수 있는 것으로 함.
 - 또한 마감재 및 부착철물은 케이블의 변형에 지장이 없도록 해야 하며, 케이블에 손상을 주지 않는 구조로 하여야 함.
- 케이블의 방식과 방청
 - 케이블 및 접합부 상세 설계에 있어서는 방식성능에 관해 충분히 검토.
 - 또한 케이블이 손상을 입을 가능성이 있는 경우에는 방청성능 확보에 특별한 주의를 요할 것.
- 내화피복
 - 케이블재료 및 접합부재 등이 직접 화염에 노출될 위험이 있는 경우는 이들 재료의 고온상태의 특성을 충분히 고려한 내화피복 필요.
- (9) 지지구조
 - 지지구조는 케이블의 인장력을 원화하고 확실히 처리할 수 있는 구조로 하고, 적절한 강도와 강성을 확보.
 - 또한 케이블 구조와 지지구조는 서로 영향을 미칠 수 있으므로 이를 충분히 고려하여 설계하여야 함.

3. 케이블넷 시스템 국내 시방서

가. 일반사항

- 국내의 케이블넷 관련 표준시방서는 현재 없는 실정으로 본 연구에서는 국내 케이블 제조업체에서 제작한 특기시방서를 조사함.
- 제조업체에서 작성한 시방서로 자사의 제품사용에 관한 내용과 제작, 설치, 장력조정사

항에 관한 내용으로 구성되어 있음.

나. 국내 제조업체의 케이블넷 시방서 내용

(1) 일반사항

○ 적용범위

- 본 특기 시방서는 ○○확장공사 NET WALL 구조재용 △△19)CABLE SET 제품에 대한 제작 및 설치에 관한 사항을 규정 함.

○ 주요제품 및 재료

<표 4.9> 케이블넷 공사관련 주요제품 및 재료

NO.	품 명	재 질	표면처리	비 고
1	SPIRAL STRAND CABLE	1960N/mm ²	용융아연도금	
2	SWAGED SOCKET	△△460	“	
3	STUD BOLT	△△460	“	
4	TURNBUCKLE	△△460	“	
5	CLEVIS END	△△460	“	
6	PIN SET	△△930	“	

○ 제품의 형상

- CABLE SET 제품의 형상



[그림 4.5] CABLE SET 제품의 형상

○ 제작 계획서 및 도면

- CABLE SET의 제작은 전문 제조업체가 제출하고 발주자 및 감리단이 승인한 제작 계획서에 따른 절차 및 제작도면에 따라 수행.
- 이 제작 도면은 CABLE SET의 상세 관련사항을 포함하여야 함.

19) 제조사의 제품명을 익명 처리함.

(2) 제작사항

○ 일반사항

- 제작 방법 및 검사, 취급 등에 대해서는 별도의 공급원 승인 요청서, 제작 절차서를 제출하여 발주자 및 감리단의 승인을 득하여야 함.
- CABLE SET의 제작 및 검사는 설치 시점 이전에 완료되어야 하며 각 공정 검사계획에 따라 검사되어야 함.
- 제작에 관계된 서류는 모두 문서화하여 보관 할 것.
- 제작 공정 중에 발생 및 발견된 불합격품에 대해서는 제조사의 관리 절차에 따라 처리.

○ 시험 및 품질관리

- 재료규격
 - ◆ 기계적 성질 시험: 본 공사에 적용된 CABLE SET의 기계적 성질 시험은 아래 규정에 적합한지를 확인.

<표 4.10> CABLE SET의 기계적 성질

구 분	기계적 성질			비 고
SPIRAL STRAND CABLE	Min.breaking load 1820kN			
ASS'Y류	항복점 N/mm ²	인장강도 N/mm ²	연신률 %	
SEMALLOY460	Min. 460	Min. 690	Min. 20	
SEMALLOY930	Min. 930	Min. 1080	Min. 5	PIN SET만 적용

- ◆ 화학성분시험: 제조사가 규정하고 있는 화학성분은 원자재 MAKER에서 발행한 MILL SHEET로 확인. (원소재 입고 시 MILL SHEET 참조)
- ◆ CABLE SET 제작 공정

<표 4.11> CABLE SET 제작 공정

공정 번호	공정명	작업내용	관리항목항목	비고
1	원자재 입고	Cable 입고	외관	
2	검사	제품구성, 굵기	굵기	
3	절단	원자재검사	절단 길이 확인	
4	Cable삽입	Socket에 Cable 삽입	삽입깊이 확인	
5	압착	Cable 압착	압착압력 확인	
6	검사	최종외관 및 치수	치수 및 외관	
7	포장·출하	제품식별	충격방지식별 TAG	

- 품질관리

◆ 치수검사

- ① 직접측정, 기타의 방법에 따라 시행하며 치수는 도면에 의하여 검사.
- ② 나사의 치수는 KS B0201미터보통나사(3급수나사)에 따라야 하고 그 등급은 KS B02011(미터보통 나사의 허용한계 치수 및 공차)의 7H와 8g에 따름.
- ③ 기타 부재인 FITTING류의 치수검사는 발주수량의 100%를 실시.
- ④ 치수의 허용오차 기준은 제작사의 DIMENSION TOLERANCE를 적용.

◆ 외관검사

- ① 관리가 용이하도록 적당한 방법으로 포장.
- ② 출하 전 수량, 포장상태, Marking상태 등을 최종 확인하고 Tag를 부착.
- ③ 최종 공장출하 검사는 발주자에서 입회하여 시행하고 그 결과가 반영된 후 현장에 반입되어야 함.

(3) 설치

○ 주의사항

- 안전 장비와 안전망, 안전 발판 등은 설치 및 장력조정 작업을 위해 작업 범위에 맞게 적절한 위치에 설치.
- 모든 작업원 및 현장 관계자는 설치 및 장력조정 작업 시 안전 보호구를 필히 착용하여 관련 작업에 임하여야 함.
- 안전작업을 위한 비계틀의 지지 상태를 작업 전 확인 점검.
(설치 및 장력조정작업 시 공간 확보 및 발판 상태 확인)
- 설치 및 장력조정작업에 임하는 작업자 모두 안전띠를 착용 후 고정물체에 안전 고리를 체결한 후 작업을 실시.

○ 설치절차

- 설치 전 CABLE SET의 무게 등을 고려하여 사용 크레인 용량을 결정하며 LUG PLATE의 설치 및 용접작업이 완료 되어야 함.

- 상부 연결된 LUG PLATE의 PIN HOLE에 CLEVIS END를 끼워 연결한 후 PIN으로 체결한 후 조립.
- 하부 LUG PLATE의 체결도 같은 방법으로 체결 조립하여야 함. 단 CABLE SET의 TURNBUCKLE의 위치는 하부에 위치.

(4) 장력조정

○ 일반사항

- 장력조정작업은 경험 있는 기술자와 전용공구를 보유한 전문건설업체에서 해당 시방서에 따른 구조 계산된 장력값 설정, 또는 적정위치에 고정되도록 조정 하여야 함.
- 이 공사의 책임이 있는 전문건설업체는 구조설계서에 제시된 최종장력을 도입하기 위하여 부재별 장력도입순서, 단계별 장력도입값을 결정하고 그 계획서를 구조설계자와 감리원의 승인을 받은 후 작업을 진행.
- 장력도입시 시공단계별 해석이 필요할 경우 발주자는 전문엔지니어링사 또는 구조기술사에 의뢰하여 케이블 전문건설업체 장력조정 계획의 적정성을 검토할 수 있음.

○ 장력조정작업 전 확인사항

- PIN의 체결상태를 확인.
- CABLE 조립상태 및 이상여부 확인.

○ 장력조정작업

- CABLE SET의 장력조정순서는 각 LINE별로 진행을 하며, 각 CABLE SET에 걸리는 장력값은 작업자가 숙지하여야 하며 장력 조정작업 시 위험요소에 대한 예방 및 보호장구를 착용하여 작업을 실시.
- CABLE SET의 TURNBUCKLE에 인장 JIG를 SETTING하여 조정작업을 실시.
- 기준에 따른 최종 장력을 확인하고 PRE-LOADING SHEET에 기록하여 감리단 및 시공사에 제출.

제4절 케이블넷 시공 및 설계관련 해외 기준 분석

1. 일반사항

- 케이블넷 월은 국내에서만 아니라 해외에서 적용이 더 활발하지만 정확히 「케이블넷 월」이라는 용어를 사용한 기준보다는 Point Fixing Glazing(또는 Point Supporting device), Steel Cable Structure등의 명칭을 사용한 기준이 있음.
- 본 연구에서는 중국의 JG/T 138-2010²⁰⁾에 해당하는 건축용 점지지장치(Point Supporting device for architectural glass) 기준과 미국 ASCE/SEI 19-10(Structural Application of Steel Cables for Buildings)고찰함.

2. 중국 JG/T 138-2010

가. 용어의 정의

(1) 점 지지 장치(point supporting device)²¹⁾

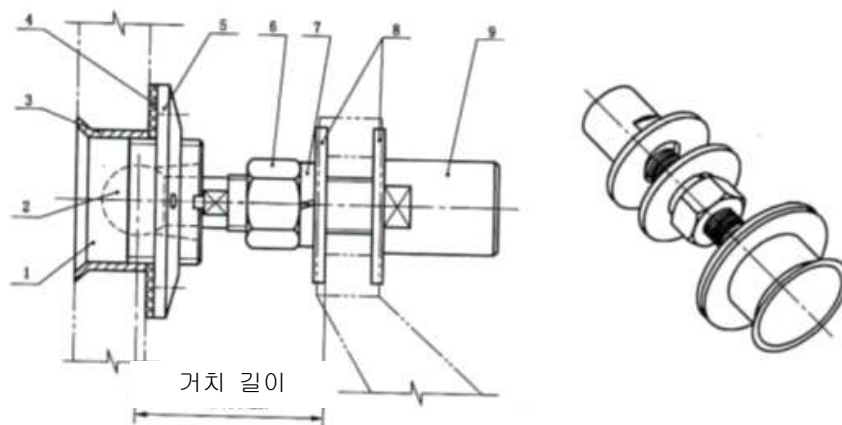
- 점 연결 방식으로 유리판을 지지 및 고정하고 또한 유리면이 받는 부하 혹은 작용하는 부속부하의 전달.

(2) 루텔 (routel)

- 스파이더 혹은 지지구조에 고정되어 직접 유리판을 체결하는 것으로 지지하게 하고 또한 부하를 전달하거나 작용하게 하는 부속.

(3) 거치 길이(cantilever length)

- 루텔 유리지지된 곳에서 루텔 지지까지의 거리를 말하며, 유리의 천공(타공)여부에 따라서 천공하는 방식을 천공식 루텔, 천공하지 않고 지지하는 방식을 협변식 루텔에 따라 거치길이를 측정하는 방식이 다름.

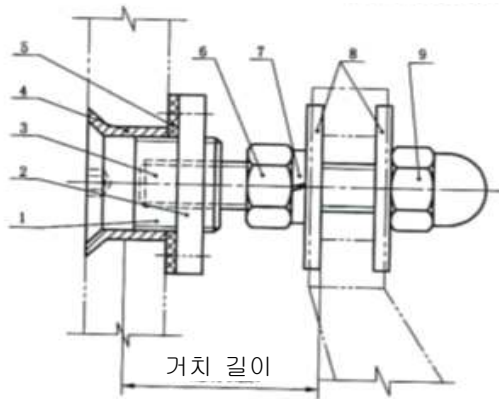


- | | | | | |
|--------|--------------|------------|---------------|-------------|
| 1. 지지대 | 2. 구형 지지 스크류 | 3. 케이스 | 4. 와셔 | 5. 지지대 후 협판 |
| 6. 너트 | 7. 스프링 와셔 | 8. 편심 와셔 편 | 9.이형 상감 형상 너트 | |

[그림 4.6] 천공식 루텔 구조(침두식 구형 경첩식 루텔)

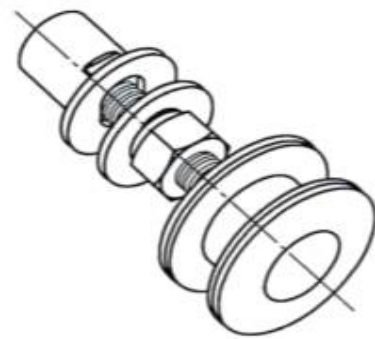
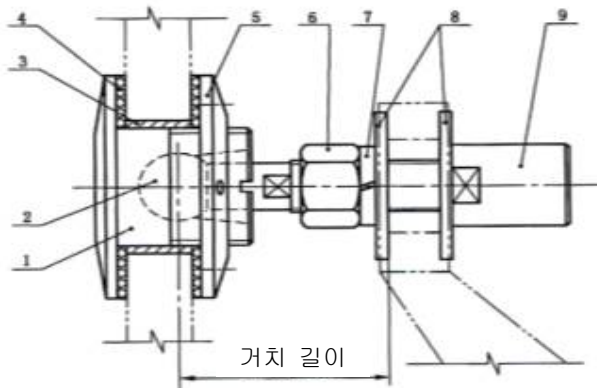
20) China, JG/T 138-2010, Point supporting device for architectural glass, 2010

21) 점 지지 장치는 스파이더 헤드와 후크세트(유리 고정 판)로 구성되거나 혹은 유리의 클램프(clamp)를 말함



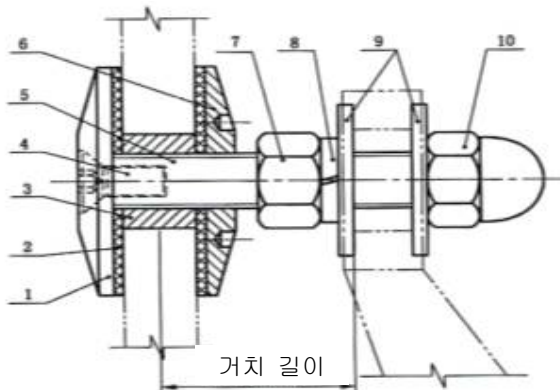
1. 지지대 2. 구형 지지 스크류 3. 케이스 4. 와셔 5. 지지대 후 협판
6. 너트 7. 스프링 와셔 8. 편심 와셔 편 9. 덮개형 너트

[그림 4.7] 천공식 루텔 구조(침두식 루텔)



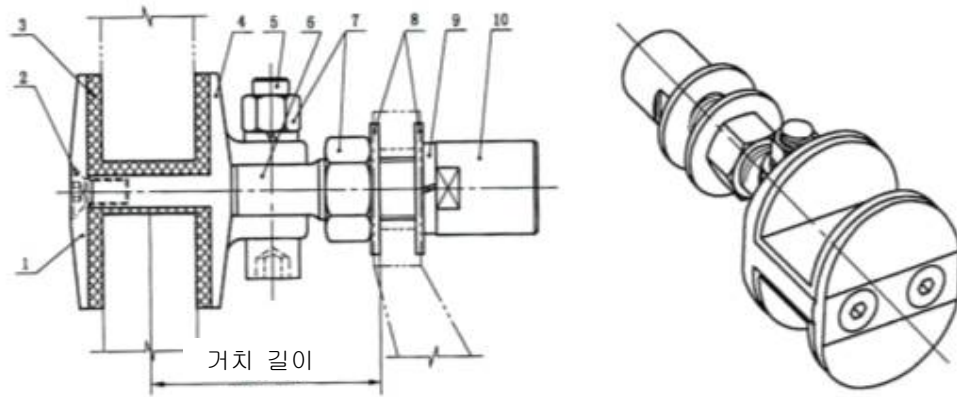
1. 협판지지대 2. 구형 지지 스크류 3. 케이스 4. 와셔 5. 후 협판
6. 너트 7. 스프링 와셔 8. 편심 와셔 편 9. 덮개형 너트

[그림 4.8] 천공식 루텔 구조(부두 경첩식 루텔)



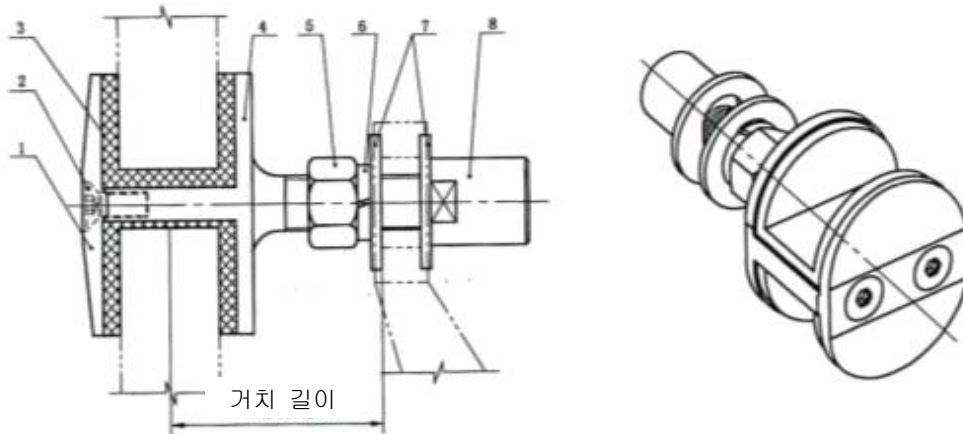
1. 전 협판 2. 와셔편 3. 케이스 4. 전 협판 고정 나사 5. 지지 스크류
6. 후 협판 7. 너트 8. 스프링 와셔 9. 편심 와셔 10. 덮개형 너트

[그림 4.9] 천공식 루텔 구조(부두식 루텔)



1. 전 험판 2. 현판 고정 나사 3. 와셔 4. 험판지지대 5. 기동경첩 볼트
6. 활동 스crew 7. 너트 8. 편심 와셔 9. 스프링 와셔 10. 이형 상감 형상 너트

[그림 4.10] 험변식 루텔 구조(험변 기동 경첩식 루텔)

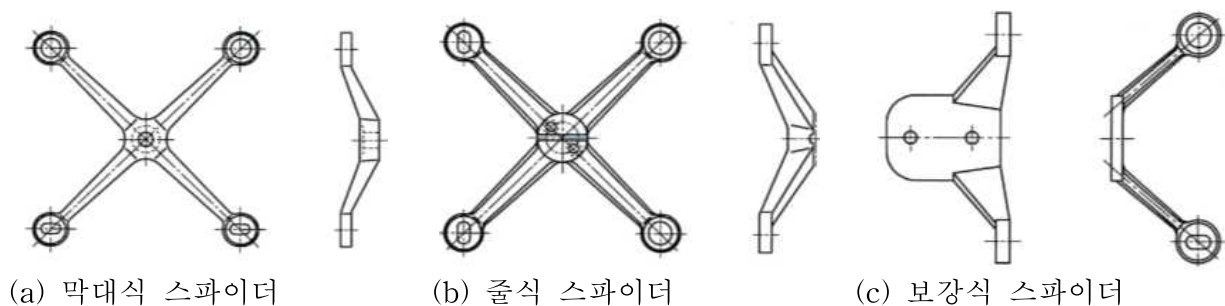


1. 전 험판 2. 현판 고정 나사 3. 와셔 4. 험판지지대 5. 볼트
6. 스프링 와셔 7. 편심 와셔 8. 이형 상감 형상 너트

[그림 4.11] 험변식 루텔 구조(험변 전체식 루텔)

(4) 스파이더(spider)

○ 지대에 고정되어 루텔을 지지하고 부하를 전달하거나 작용하게 하는 구성 부품.



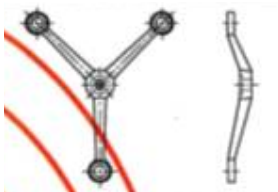
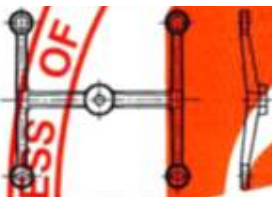
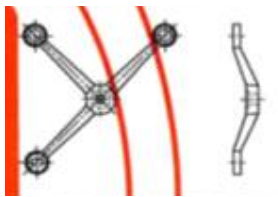
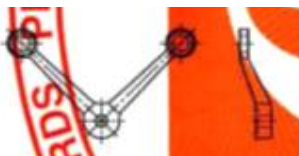
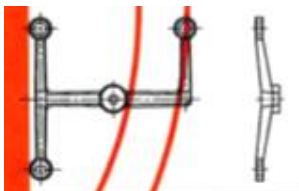
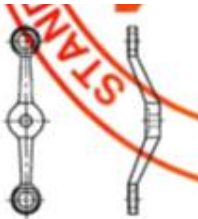
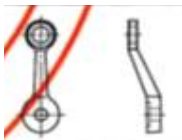
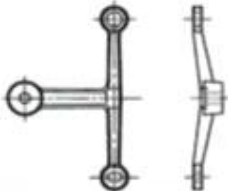
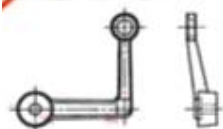
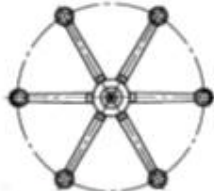
(a) 막대식 스파이더

(b) 줄식 스파이더

(c) 보강식 스파이더

[그림 4.12] 스파이더의 종류 및 구조

<표 4.12> 스파이더 암, 수량, 형상 및 도식

암 갯수	형상	도식	암 갯수	형상	도식
4암	X형		3암	Y형	
	H형			T형	
2암	V형		2암	H형	
	I형			I형	
	T형			T형	
			여러암	D형	

(5) 유리 클램프(glass clamp)

- 지지 구조부품에 고정되어 직접 유리평면 방향에 고정 체결되고 또한 그 부하를 전달하거나 작용하게 하는 부속.

나. 루텔 세부내용

(1) 초기 이동위치(initial displacement)

- 루텔압의 력시험 할 때 일정한 예비 부하를 가한 후 지지대와 스크류사이에 발생하는 상대 위치 이동치.

(2) 루텔이 축방향 인장력을 받는 부하 능력(Load bearing capability of routel against axial tension)

- 루텔이 지지하는 유리평면 방향에 수직인 인장력 작용 하에서 루텔은 벌브(bulb)가 지지하지 않아, 스크류의 이탈, 절단, 나사 산 파괴 혹은 지지대 협판 등의 망가짐이 없을 때 받쳐주는 최대의 축방향 인장력.

(3) 루텔이 압력을 받는 부하 능력(Load bearing capability of routel against compression)

- 루텔이 지지하는 유리평면 방향에 평행되는 압력 하에서 벌브(bulb)가 지지하지 않아 스크류의 변형, 지지대 변형, 나사 산 파괴 혹은 지지대 협판 등의 망가짐이 있을 때 받쳐주는 최대의 축방향 압력.

(4) 루텔이 휨을 받는 부하 능력 Load bearing capability of routel against bending

- 루텔이 지지하는 유리평면 방향에 평행되는 방향의 부하작용 하에서 루텔 스크류가 지속적으로 1mm 레디얼 벤딩 잔여 변형을 지지하지 못할 때 받쳐주는 작용력.

다. 스파이더 세부내용

(1) 스파이더가 축방향 인장력을 받는 부하 능력Load bearing capability of spider against axial tension

- 스파이더가 지지하는 유리평면 방향에 수직되는 방향의 인장력 작용 하에서 스파이더가 계속 지지하는 과도변형을 지속적으로 받지 못할 경우 최대 인장력.

(2) 스파이더가 압력을 받는 부하 능력Load bearing capability of spider against axial compression

- 스파이더가 지지하는 유리평면 방향에 수직되는 압력 하에서 스파이더가 계속 지지하지 못하는 과도변형이 나타날 때 받을 수 있는 최대 압력.

(3) 스파이더가 벤딩을 받는 부하 능력 Load bearing capability of spider against bending

- 스파이더가 지지하는 유리평면 방향에 평행되는 방향의 부하작용 하에서 스파이더가 지속적으로 받는 1mm 변형을 적응하지 못할 때 받쳐주는 작용력.

라. 클램프 세부내용

(1) 유리 클램프가 축방향 인장력을 받는 부하 능력Load bearing capability of glass clamp against axial tension

- 유리 클램프가 지지하는 유리평면 방향에 수직되는 방향의 인장력 작용 하에서 유리 클램프의 앞 협판이 계속 지지하는 것을 적응하지 못해 생기는 축방향 위치 이동, 혹은 협판의 스크류 고정과 클램프 연결 을 못하여 생기는 파괴 등의 망가짐이 있을 때 받쳐주

는 최대 인장력.

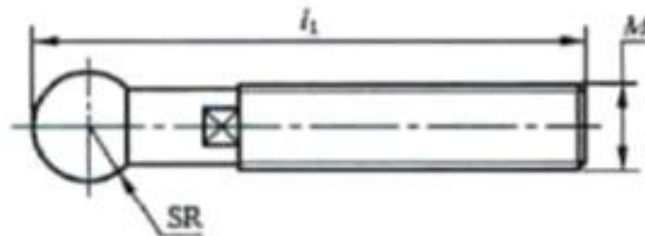
(2) 유리 클램프가 힘을 받는 부하 능력Load bearing capability of glass clamp against bending

- 유리 클램프가 지지하는 유리평면 방향에 수직되는 방향부하 작용 하에서, 유리 클램프가 2mm의 변형이 나타날 때 받을 수 있는 작용력.

마. 분류, 명명과 표기

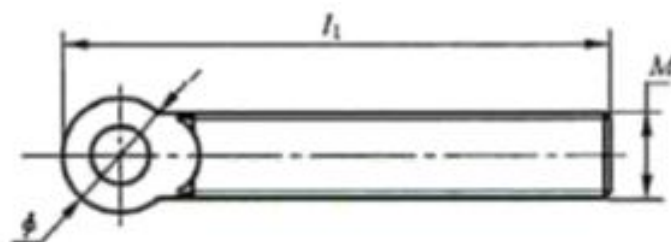
(1) 루텔

- 유리를 집어 고정하는 방식은 천공(구멍 뚫기)식과 비 천공식으로 나누며, 천공식은 침두(헤드가 가라앉은)식과 부두(헤드가 뜬)식으로 나뉘고, 비 천공식은 협변(옆을 집는) 방식을 말함.(용어의 정의 참조)
- 구형 경첩식 루텔: 구형 헤드 반지름SR, 구형 헤드지지 스크류 나사산 직경M, 구형 헤드지지 스크류 길이 l_1 로 표기.



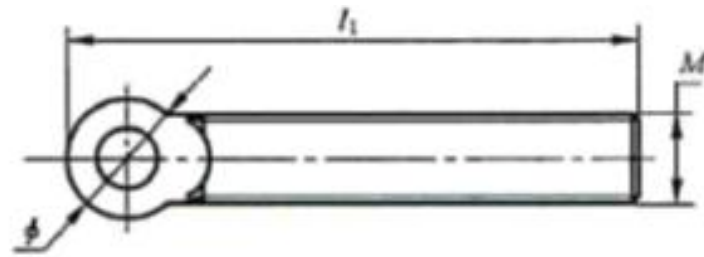
[그림 4.13] 구형 경첩식 루텔 주요 규격 파라미터 표시도

- 기둥 경첩식 루텔: 루즈 조인트(loose joint) 스크류 기둥 경첩 헤드 직경 ϕ , 루즈 조인트 스크류 나사산 직경 M, 루즈 조인트 스크류 길이 l_1 로 표기.



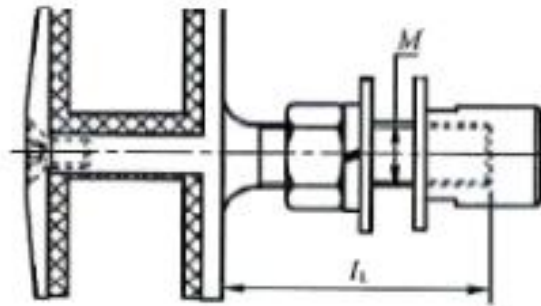
[그림 4.14] 기둥 경첩식 루텔 주요 규격 파라미터 표시도

○ 스크류식 루텔: 지지 스크류 나사산 직경 M , 지지 스크류 길이 l_1 로 표기.



[그림 4.15] 스크류식 루텔 주요 규격 파라미터 표시도

○ 전체식 루텔: 지지 스크류 나사산 직경 M , 지지 스크류 길이 l_1 (스크류 끝 부분에서 지지대 내부 표면의 거리)로 표기.



[그림 4.16] 전체식 루텔 주요 규격 파라미터 표시도

(2) 스파이더

○ 용도에 따라 막대식, 줄식과 보강식으로 구분되며 구조는 그림 00참조.

○ 스파이더 암(arm) 수량과 형식은 <표 4.13>과 같이 5가지로 나뉘고, 형태는 <표 4.12>와 같음.

<표 4.13> 스파이더 암(arm)수에 따른 형태 구분

암 수량	형태
4구	X형, H형
3구	Y형, T형, H형
2구	V형, I형, T형
1구	I형, .H형
여러구	D형(5구 이상)

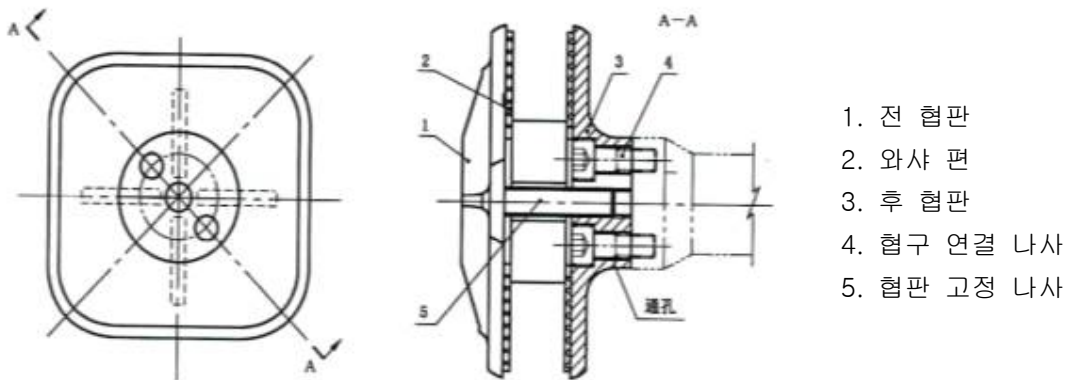
○ 스파이더 암 주요 규격 파라미터 표시방법

<표 4.14> 스파이더 암(arm) 형태에 따른 파라미터 표시 방법

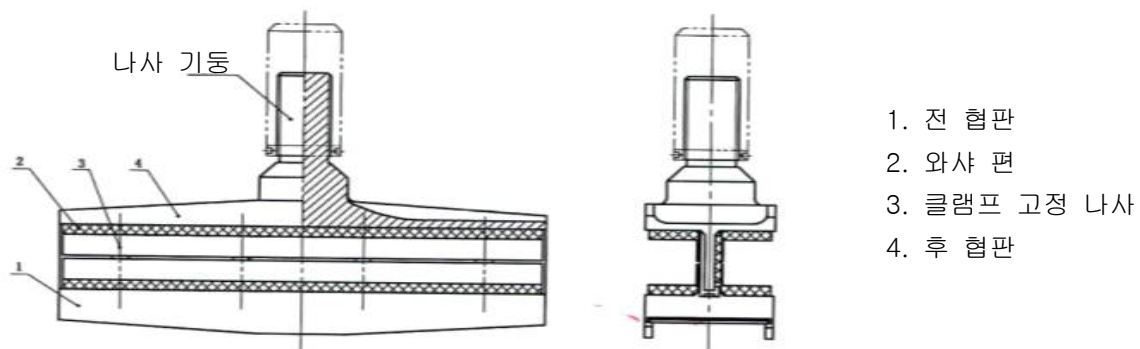
암형태	표현 방법	비고
등거리 스파이더 암	인접한 스파이더 구멍 중심거리로 표시	X형 4구, Y형 3구, D형
비등거리 스파이더 암	인접한 스파이더 구멍 중심거리의 최대치와 최소치로 표시	X형 4구, H형 4구, Y형 3구, T형 3구, H형 3구, D형
V형	인접한 스파이더 구멍 중심거리로 표시	2구
I형	인접한 스파이더 구멍 중심거리로 표시	2구
T형	인접한 스파이더 구멍 중심거리와 지지대 구멍과 중심거리 표시	2구
1구	지지대 구멍과 스파이더 구멍 중심거리	-

(3) 유리 클램프(Glass Clamp)

- 용도에 따라 막대식, 줄식과 보강식으로 나뉘며, 막대식은 유리 클램프와 지지대부속의 나무산 연결 구조방식으로 구멍 통과식, 나사 기둥식 그리고 나사구멍식으로 나뉜.

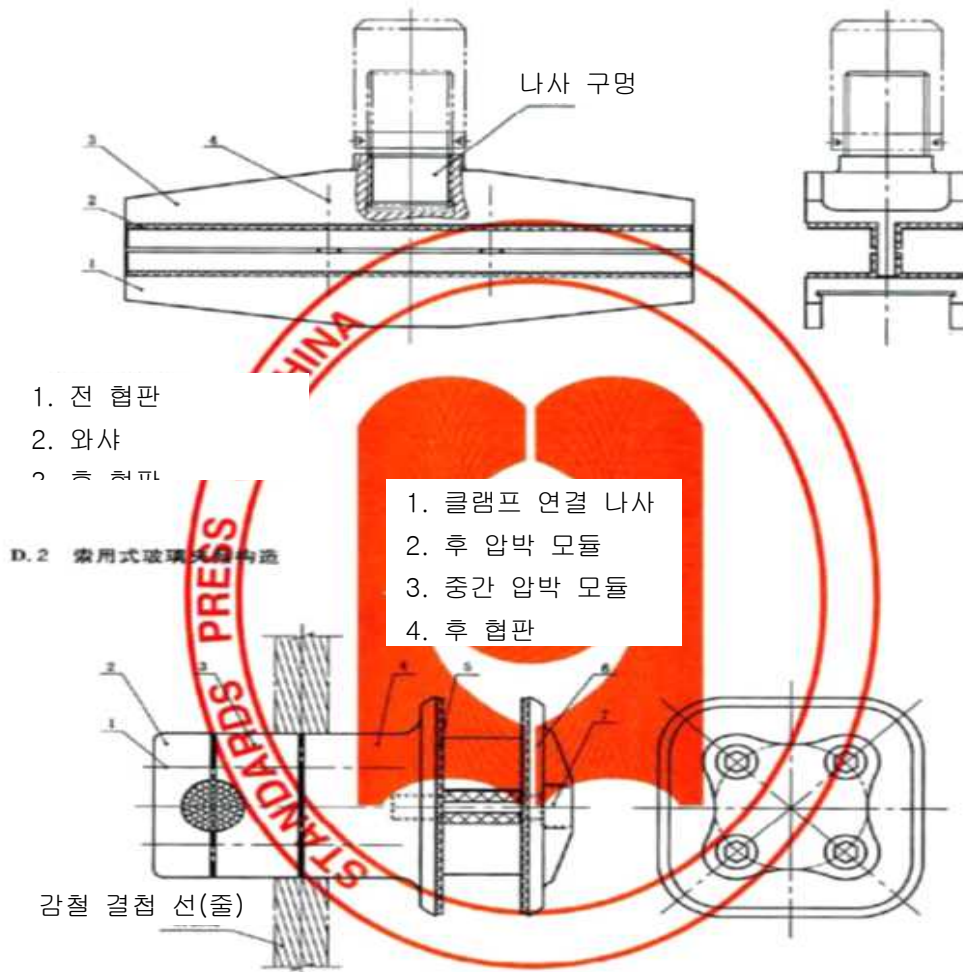


(a) 막대구멍 통과식 유리 클램프



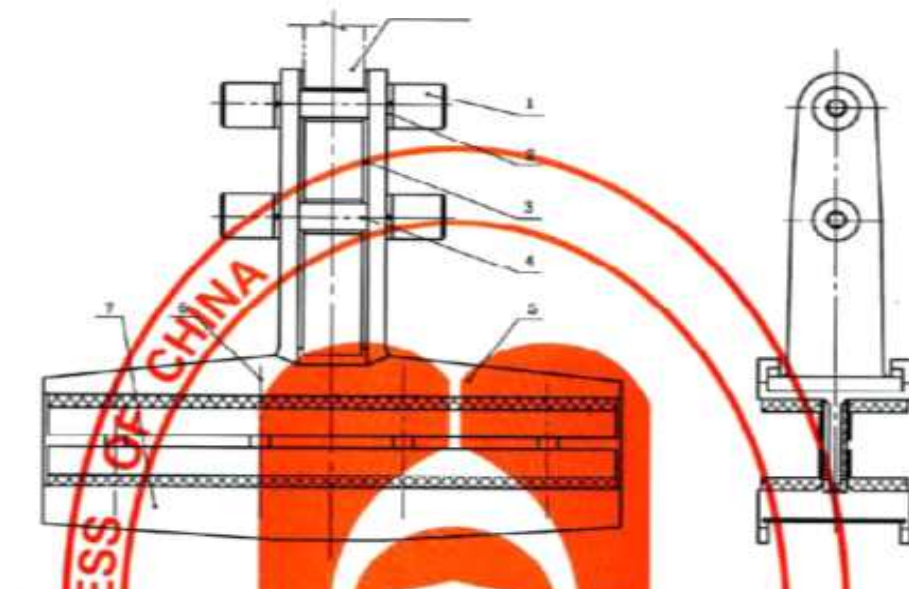
(b) 막대 나사 구멍식 유리 클램프

[그림 4.17] 막대식 유리 클램프



[그림 4.18] 줄식 유리 클램프

유리 보강(재)



[그림 4.19] 보강식 유리 클램프

바. 요구조건

(1) 재료

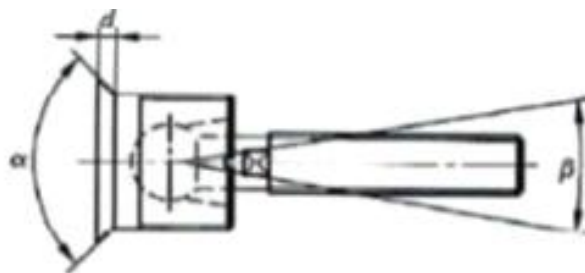
- 점 지지 장식 금속 부품 재질은 오스테나이트(austenite)계 스테인리스강을 채택
- 실내 사용 스테인리스 재료의 니켈 함량은 8%보다 작으면 안 되고, 실외용 혹은 환경이 나쁜 실내에서 사용할 경우 스테인리스의 니켈 함량은 10%보다 작으면 안되며 모두 용체화 처리(solution treatment)
- 점지지식 장치와 유리 사이에는 탄성 재료의 케이스와 와셔를 설치해야하고 상용하는 재료는 커튼월(curtain wall)의 설계 사용 연한 내에 기능(효능)이 떨어지지 않을 것.
- 케이스와 와셔의 재질은 경도치가 8HW 보다 크지 않은 알루미늄 재질을 사용해야 하고 또한 두께도 1mm보다 작으면 안됨.

(2) 외관

- 제품 표면은 매끄럽고 평탄해야 하며 버르(burr), 울퉁불퉁한 가장자리, 움푹 파인 부분, 심각한 스크래치, 육안으로 보이는 균열 그리고 녹 등의 결함이 없을 것.

(3) 사이즈 및 허용 공차

- 나무 산의 기본 사이즈는 GB/T 196의 규정에 부합되어야 하고 나무 산 직경과 나사 거리는 GB/T 193 규정에 부합되어야 하며, 나사 산 공차 등급은 GB/T 197-2003의 7H/6g 보다 낮으면 안되고 나사 산의 매칭은 원활하고 신뢰성이 있어야 하며 또한 양호한 호환성이 있어야 함.
- 사이즈 공차를 표기하지 않은 줄식과 각도 공차가 GB/T 1804-2000인 중(간) m급 제품의 형상과 위치 공차는 GB/T 1184-1996 중(간)K급 보다 낮지 않을 것.
- 침두식 루텔 지지대 침두 추각 α 각은 $(90 \pm 0.5)^\circ$ 를 만족시켜야 하고 또한 두께도 d 도 4mm보다 작으면 안됨.(그림 참조)



[그림 4.20] 지지대 침두 사이즈 표시

(4) 표면 내부식 성능

- 제품 표면의 내부식 성능은 GB/T 10125 --1997규정의 중성염무 시험 1000h 10급의 요구조건을 만족시켜야 하고, 특수한 요구 조건이 있을 경우 표면에 도장 등의 믿을만 한 내 부식 처리를 할 수 있음

(5) 주조 품질

- 주조 품질과 성능은 GB/T 2100과 GB/T 6414의 규정에 부합되어야 함

사. 역학성능

(1) 루텔의 역학성능

○ 루텔의 인장 부하 능력

- 한 세트의 루텔 시험 샘플의 인장 시험에 실패 현상이 생길 때의 최소 인장력 치를 루텔 인장 부하 능력의 대표 수치로 함.
- 한 세트의 루텔 시험 샘플의 압력 시험에 실패 현상이 생길 때의 최소 압력 치를 루텔 압력 부하 능력의 대표 수치로 함.
- 한 세트의 루텔 시험 샘플의 굴곡 시험에 1mm레디얼 방향 잔여 변형이 생길 때의 최소 작용력 치를 루텔 굴곡 부하 능력의 대표 수치로 함.

(2) 스파이더 역학 성능

○ 스파이더 인장 부하 능력

- 한 세트의 스파이더 인장 시험 샘플에 계속 지지할 수 없는 과도 변형(스파이더에 소성 변형이 생긴 후 부하의 양이 증가 됨과 변형의 증가 됨의 비율 치가 항수(항정 상수)로 가는 추세 일 때)이 생길 때 받는 최소 인장력 치를 스파이더 인장 부하 능력의 대표 수치로 함.

○ 스파이더 압력 부하 능력

- 한 세트의 스파이더 압력 시험 샘플에 계속 지지할 수 없는 과도 변형(스파이더에 소성 변형이 생긴 후 부하의 양이 증가 됨과 변형의 증가 됨의 비율 치가 항수(항정 상수)로 가는 추세 일 때)이 생길 때 받는 최소 압력 치를 스파이더 압력 부하 능력의 대표 수치로 함.
- 한 세트의 스파이더 시험 샘플의 굴곡시험에 1mm 변형이 생길 때의 최소 작용력 치를 스파이더 굴곡 부하 능력의 대표 수치로 함.

(3) 유리클램프의 역학성능

- 한 세트의 유리 클램프 샘플의 인장 시험에 전 협판에 2mm의 축향 이동이 생기거나 혹은 협판 고정 나사와 클램프 연결 나사 나사산 연결이 파괴 되는 등 실패 현상이 생길 때 받는 최소 인장력 수치를 유리 클램프 인장 부하 능력의 대표 수치로 함.
- 한 세트의 유리 클램프 샘플의 굴곡 시험에 2mm의 변형이 생길 때 받는 최소 작용력 수치를 유리 클램프 굴곡 부하 능력의 대표 수치로 함.

(4) 역학 성능의 설계 선택

- 점 지지 장치의 역학 성능 설계 선택은 다음과 같이 할수 있음.

$$SE \leq R \quad (\text{식.1})$$

여기서, SE: 작용하는 효능 설계치

R: 저항력 설계치

- 점지지 장치 지지능력 설계치는 다음 식을 채택하여 확정할수 있음.

$$f_t = F_t / \gamma R \quad (\text{식.2})$$

여기서, F_t : 부하능력 대표치

γR : 저항력 분항계수

f_t : 부하 능력 설계치

- 저항력 분항 계수는 점 지지 장치의 서로 다른 부속품이 서로 다른 힘을 받는 상태 하에서 효력을 잃는 형식의 특징에 따라 최소 저항력 분항 계수의 건의 치임 설계를 선택할 때 점 지지 장치 응용의 서로 다른 신뢰도 요구조건에 따라 확정해야 함.

<표 4.15> 저항력 분항계수

부품 명칭	힘 받는 상태	저항력 분항 계수
루텔	인장력 받음	5.0
	압력 받음	
	굴곡력 받음	
스파이더	인장력 받음	1.5
	압력 받음	
	굴곡력 받음	
유리 클램프	인장력 받음	1.2
	굴곡력 받음	2.0

아. 시험방법

(1) 재료

- 강철 재료 화학 성분과 역학 성능 검사는 적합한 규정에 따라 진행하고, 제조과정에서 재료가 변경되는 역학 성능은 완제품에 대하여 역학 성능 시험을 진행.

(2) 외관

- 자연 광선의 조건 하에서 샘플 거리400mm~500mm인 곳에서 육안 시험으로 검사.

(3) 외관사이즈 및 허가 공차

○ 기계 가공 사이즈

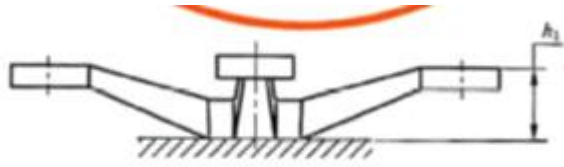
- 나사산 검사는 적합한 규정에 따라야 하며, 사이즈 공차는 정밀도가 0.02mm인 버니어 캘리퍼 (vernier calliper)로 검사.

○ 주조 사이즈

- 인접한 스파이더 구멍 중심 거리, 스파이더 상대 지지대 구멍 위치, 스파이더 직경과 스파이더 암 단면적 사이즈는 정도가 0.02 mm인 버니어 캘리퍼 (vernier calliper)로 검사.

○ 스파이더 바닥 면과 스파이더 구멍 지지 단면의 허가 공차는 다음의 방법으로 검사.

- [그림 4.21]에 보이듯이 스파이더를 검사대 위에 놓고 검사대를 기준명으로 하여 버니어 캘리퍼로 여러 번 다른 스파이더 구멍의 지지 단면 높이h1을 측정하여 최대 치를 공차 근사 수치로 함.(도면 설계 사이즈-h1).



[그림 4.21] 스파이더 바닥 면과 스파이더 구멍 지지 단면의
허가 공차 측정

- 표면 내부식 성능과 주조품질 검사를 실시하며, 이때 적합한 기준에 따라 진행.

자. 검사

(1) 출고 검사

- 출고검사 항목은 공급자와 수요자 쌍방의 협의에 따라 확정.

(2) 출고 검사로트와 샘플 규칙

- 같은 로트의 원재료, 동일한 규격의 모델은 실제 납품양 1000개를 한 로트로 하고 1000개가 안 되는 것은 한 로트로 계산.

(3) 샘플링 방법과 판정 규칙

- 외관
 - 외관은 전수 검사 실시.
 - 제품 표면은 매끄럽고 평탄해야 하며, 버르(Burr), 울퉁불퉁한 가장자리, 움푹 파인 부분, 심각한 스크래치, 육안으로 보이는 균열 그리고 녹 등의 결함이 없도록 함.

(4) 모델 검사

- 모델 검사는 외관, 사이즈 및 허용공차, 표면 내부식 성능, 주조품질, 역학성능에 규정한 항목을 모두 포함하여야 함.

(5) 검사 시기

- 신제품 혹은 기존 제품이 공장을 바꾸어 생산하여 감정을 할 경우
- 정식으로 모델을 정한 후 구조, 재료, 공정에 큰 변화가 생겨 제품의 성능에 영향을 미칠 경우
- 정상 생산할 경우 매년 1번의 모델 검사를 함
- 반년 혹은 반년 이상의 생산 중지 상황에서 다시 생산할 경우
- 출고 검사 후 전 로트 모델 검사결과와 비교적 큰 차이가 있을 경우
- 국가 품질 감독 기구 혹은 계약에서 검사를 요구할 경우.

(6) 검사로트 규칙

- 동일한 로트 원재료, 동일한 규격 모델, 임이의 공장 검사 합격한 로트의 제품들은 하나의 모델 검사 로트로 함.

(7) 표면 내부식 성능과 주조 품질

- 매 로트에서 임의로 3개의 제품을 취해 검사를 진행하고 검사결과가 전부 합격이면 이

모델 검사의 합격을 판정

- 만약 그 중 1 항목이 불합격 하면 다시 6개의 제품을 취해 불합격 항목(샘플 총 수량의 두 배)에 대하여 다시 검사를 진행
- 검사 결과가 전부 합격이면 이 모델 검사를 합격으로 하며, 만약 1건 이라도 불합격한 제품이 나오면 이 모델 검사는 불합격 처리함.

(8) 역학 성능

- 매 로트에서 임의로 5개의 제품을 취해 규정에 따라 검사를 하고 그 역학 성능 수치를 확정.

(9) 제품 표시, 제품 합격증, 제품 사용 설명서

○ 제품 표시

- 제품은 상표 혹은 제조업체 상표 등의 영구적인 표시가 있어야 함

○ 제품 합격증

- 모든 납품 로트에는 제품 합격증이 있어야 하고 제품 합격증 규정에 부합되어야 하며 또한 다음의 내용이 있어야 함.

- a) 제품 명칭, 상표 및 표기,
- b) 제품 형식 검사의 역학 성능 지표,
- c) 제품 로트, 주요 규격 파라미터(참수),
- d) 제품에 사용된 재료 제품번호 및 표면 처리 종류,
- e) 제조 년월일, 검사 날짜, 출고 날짜, 검사자 서명 및 제조 회사의 품질 검사 직인,
- f) 품질 인증 등의 기타 표지,
- g) 제조 회사 명칭, 주소 및 품질 문제 접수 부분 연락 전화번호,
- h) 사용자 명칭 및 주소

○ 제품 사용 설명서

- 모든 제품의 출고 검사 혹은 납품 로트에는 규정에 적합한 제품 설명서가 있어야 하고, 제품 사용 설명서에는 간결하게 만들고 또 그림, 표, 사진 등으로 사용자가 편리하게 알아 볼 수 있도록 해야 함.

- 제품 사용 설명서에는 다음 내용이 있어야 함.

- a) 주요 규격 파라미터(참수),
- b) 모델(형식) 검사의 부하 능력 수치,
- c) 설치 요구 조건, 보호 조치 및 기타 필요한 정보.

(10) 포장, 운송 및 저장

○ 포장

- 제품은 부식 작용이 없는 포장 재료로 포장해야 함.
- 제품 포장 상자의 잘 보이는 곳에 다음의 내용을 표기해야 함.

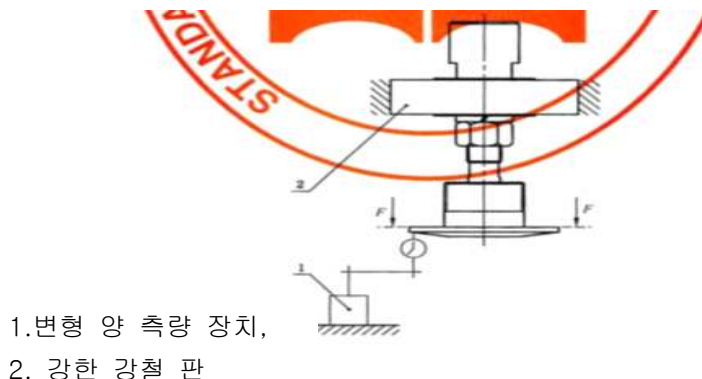
- a) 제품 명칭, 상표 및 모델 번호,
- b) 제조회사 명칭, 주소,
- c) 생산 년월일 혹은 로트 번호,

- d) 검사합격 표기,
- e) 제품 표준 번호
- 포장 상자는 튼튼해야 하고 정상적인 운송 과정에서 파손되지 않도록 하며, 상자 내부의 제품이 서로 부딪히는 않도록 함.
- 운송 및 저장
 - 제품의 운송 과정 중에는 가볍게 내리고 충격을 방지해야 하며 활성 화학 부식 물질과 혼합해서 운송하며, 제품은 청결하고, 건조하며, 통풍이 잘 되고 부식성이 있는 매개 물질이 없는 곳에 저장.

차. 구조 시험방법

(1) 루텔의 인장시험 방법

- 설비 및 측정기구
 - 만능 시험기계 혹은 데이터 수집 기능이 있는 전자 시험기계.
 - 변형 양 측정 장치는 다이얼 게이지(dialgaze) 혹은 기타 정밀 측정 장치를 사용.
 - 강한 강판.
- 샘플링
 - 매 세트의 샘플링 5개.
 - 샘플링 규격은 실물을 기준으로 하고 샘플의 힘 받는 면은 평평하고 평행해야 함.
- 시험 환경
 - 샘플은 15~30도 온도 범위, 25%~75% 상대 습도의 환경에 두거나 시험해야 함.
- 시험 순서 및 시험 결과 처리
 - 루텔을 제품 설계의 최대 거치 암(arm) 길이, 그림 29과 같이 고정시킨 후 예비로 0.2kN의 부하를 주어 설치 간격을 배제.
 - [그림 4.22]에 보이는 부하 방향으로 0.5 kN/s의 속도로 균일하게 부하를 주어, 실패 될 때까지 부하를 가하고, 시험 데이터를 기록하고 또한 부하-변형 곡선도를 그림. 실패할 때 대응되는 부하치가 이 시험의 인장 부하 능력이 됨.
 - 상술한 순서로 모든 세트에 대하여 시험을 진행한 후에 시험 결과를 총계 처리하여 이 조에서 최소치를 이 루텔 인장 부하 능력 F_{tb} 로 함.



[그림 4.22] 루텔 인장시험 원리 설명도

○ 시험보고

- 시험보고는 다음의 내용이 포함되어야 함.
 - a) 측정 근거 및 시험 설비,
 - b) 샘플의 주요 설치 사이즈,
 - c) 샘플의 규격, 재료, 형상 및 구조, 표면 처리 상황 및 기타 정보,
 - d) 가한 속도,
 - e) 각 샘플의 실패된 자세한 상황과 인장력을 받은 부하 능력,
 - f) 시험 일자,
 - g) 검사인원 서명.

(2) 루텔의 압력시험 방법

○ 설비 및 측정기구

- 만능 시험기계 혹은 데이터 수집 기능이 있는 전자 시험기계.
- 변형 양 측정 장치는 다이얼 게이지(dialgage) 혹은 기타 정밀 측정 장치를 사용.
- 강한 강판.

○ 샘플링

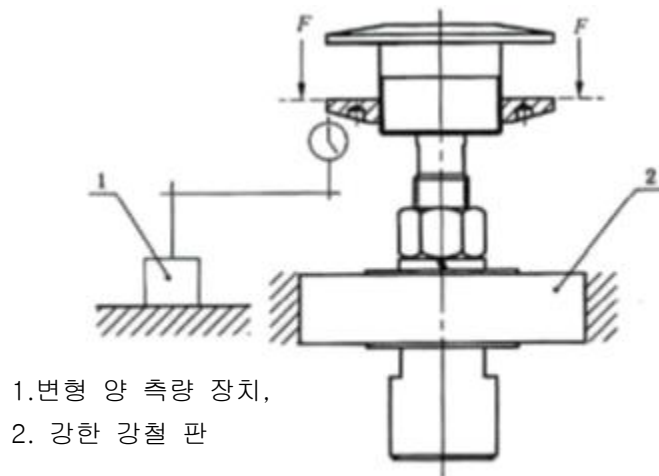
- 매 세트의 샘플링 5개.
- 샘플링 규격은 실물을 기준으로 하고 샘플의 힘 받는 면은 평평하고 평행해야 함.

○ 시험 환경

- 샘플은 15~30도 온도 범위, 25%~75% 상대 습도의 환경에 두거나 시험해야 함.

○ 시험 순서 및 시험 결과 처리

- 루텔를 제품 설계의 최대 거치 암(arm) 길이, 그림 G.1과 같이 고정시킨 후 예비로 0.2kN 의 부하를 주어 설치 간격을 배제.
- [그림 4.23]에 보이는 부하 방향으로 0.2kN/s 의 속도로 균일하게 부하를 주고, 가해질 때 부하가 1 kN이 될 때, 그 초기 이동위치가 0.8mm 보다 크면, 이 샘플은 불합격이므로 시험을 중지
- 만약 초기 이동위치가 0.8mm 보다 작으면, 계속 실패할 때 까지 부하를 가하고, 시험 데이터를 기록하고 또한 부하-변형 곡선도를 작성. 실패할 때 대응되는 부하치가 이 시험의 압력 부하 능력으로 함.
- 상술한 순서로 모든 세트에 대하여 시험을 진행한 후에 시험 결과를 총계 처리하여 이 조에서 최소치를 이 루텔 인장 부하 능력 F_{cb} 로 함.



[그림 4.23] 루텔 인장 시험 원리 설명도

○ 시험보고

- 시험보고는 다음의 내용이 포함되어야 함.
 - a) 측정 근거 및 시험 설비,
 - b) 샘플의 주요 설치 사이즈,
 - c) 샘플의 규격, 재료, 형상 및 구조, 표면 처리 상황 및 기타 정보,
 - d) 가한 속도,
 - e) 각 샘플의 실패된 자세한 상황과 인장력을 받은 부하 능력,
 - f) 시험 일자,
 - g) 검사인원 서명.

(3) 루텔의 굴곡 시험 방법

○ 설비 및 측량기구

- 만능 시험기계 혹은 데이터 수집 기능이 있는 전자 시험기계.
- 변형 양 측량 장치는 다이얼 게이지(dialgauge) 혹은 기타 정밀 측량 장치를 사용.
- 강한 강판.

○ 샘플링

- 매 세트의 샘플링 5개.
- 샘플링 규격은 실물을 기준으로 하고 샘플의 힘 받는 면은 평평하고 평행해야 함.

○ 시험 환경

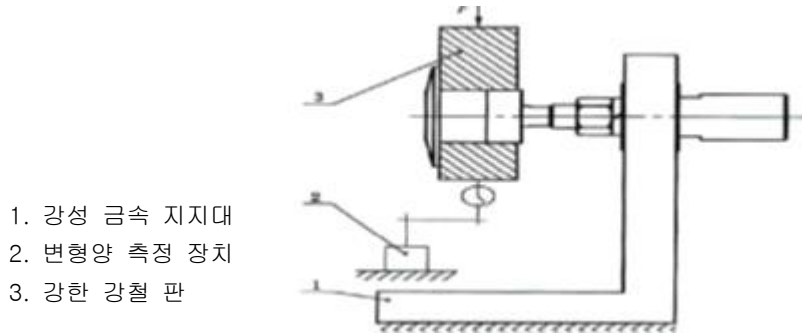
- 샘플은 15~30도 온도 범위, 25%~75% 상대 습도의 환경에 두거나 시험해야 함.

○ 시험 순서 및 시험 결과 처리

- 루텔을 제품 설계의 최대 거치 암(arm) 길이, 그림 31과 같이 고정시킨 후 예비로 0.2kN의 부하를 주어 설치 간격을 배치.
- [그림 4.24]에 보이는 부하 방향으로 0.2kN/s의 속도로 균일하게 매 번 0.3 Kn의 부하를

주어 단계적으로 증가시키고, 매 번 부하를 가한 후 영점에 맞춘.

- 그리고 계속 부하를 가하여 잔여 변형량에 도달되거나 혹은 1mm가 초과할 때 까지 부하를 가력하고, 시험 데이터를 기록하고 또한 부하-변형 곡선도를 작성. 잔여 변형량 $\delta f=1\text{mm}$ 일 때 대응되는 부하치를 이 시험의 굴곡 부하 능력으로 함.
- 상술한 순서로 모든 세트에 대하여 시험을 진행한 후에 시험 결과를 총계 처리하여 이 조에서 최소치를 이 루텔 굴곡 부하 능력 F_{mb} 로 함.



[그림 4.24] 루텔 인장시험 원리 설명도

○ 시험보고

- 시험보고는 다음의 내용이 포함되어야 함.
 - a) 측정 근거 및 시험 설비,
 - b) 샘플의 주요 설치 사이즈,
 - c) 샘플의 규격, 재료, 형상 및 구조, 표면 처리 상황 및 기타 정보,
 - d) 가한 속도,
 - e) 각 샘플의 실효된 자세한 상황과 인장력을 받은 부하 능력,
 - f) 시험 일자,
 - g) 검사인원 서명.

(4) 스파이더 인장 시험 방법

○ 설비 및 측량기구

- 만능 시험기계 혹은 데이터 수집 기능이 있는 전자 시험기계.
- 변형 양 측량 장치는 다이얼 게이지(dialgage) 혹은 기타 정밀 측량 장치를 사용.
- 강한 강판.

○ 샘플링

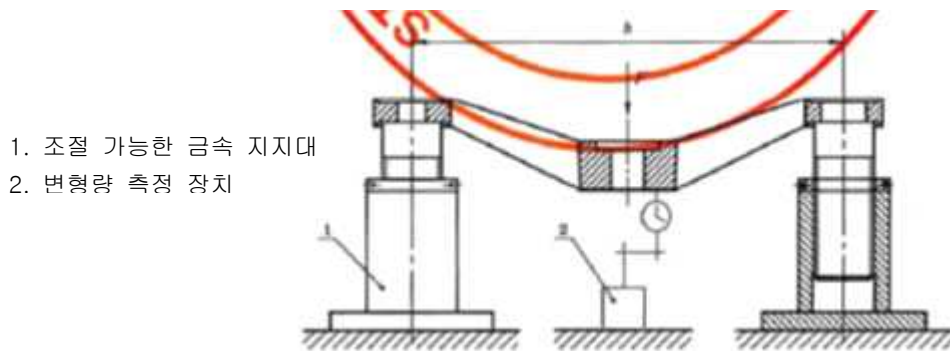
- 매 세트의 샘플링 5개.
- 샘플링 규격은 실물을 기준으로 하고 샘플의 힘 받는 면은 평평하고 평행해야 함.

○ 시험 환경

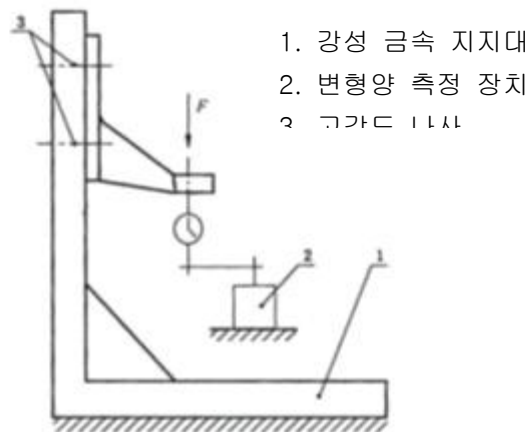
- 샘플은 15~30도 온도 범위, 25%~75% 상대 습도의 환경에 두거나 시험해야 함.

○ 시험 순서 및 시험 결과 처리

- 스파이더를 [그림 4.25]에 보이는 것 처럼 고정 시킨 후 예비로 0.5kN 의 부하를 주어 설치 간격을 배치.
- [그림 4.25]에 보이는 부하 방향으로 0.2kN/s 의 속도로 균일하게 부하를 주고, 변형량이 $h/12$ 가 될 때, 시험 데이터를 기록하고 또한 부하-변형 곡선도를 작성.
- 상술한 순서로 모든 세트에 대하여 시험을 진행한 후에 시험 결과를 총계 처리함.
- 보강용 스파이더는 [그림 4.26]에 보이는 것과 같이 고정하고 그림에 표시된 부하 방향으로 한 조의 보강 스파이더 인장 시험을 상술한 순서로 완성시키고 또한 시험결과를 처리.



[그림 4.25] 스파이더 인장 시험원리 설명도

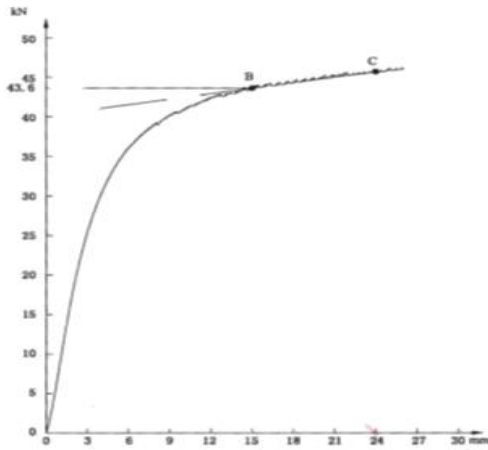


[그림 4.26] 보강 스파이더 인장 시험원리 설명도

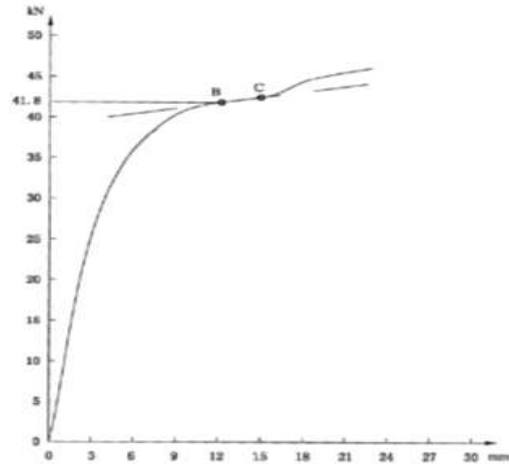
- 순서 시험 결과로 [그림 4.27] “부하 - 변형 곡선1”을 얻으며, 곡선 상에서 임의로 변형량 $h/12$ 에 접근하는 점 C를 취하고 C점을 통해 접선을 만들어 부하 증량과 변형량의 비율이 항수(항정 상수)의 시작점 B로 가는 추세를 파악.
- 이때 접촉점(point of tangency) B에 대응하는 부하치가 이 샘플의 인장 부하 능력이 됨 BC구간에 뚜렷한 톱니 곡선이 출현하므로 절선은 톱니곡선 중에서 제일 낮은 점으로 확정하여 하고, 한 세트의 시험결과를 구한 후에 이 세트 중의 최소치를 이 스파이더

인장 부하 능력 F_u 로 결정.

- 곡선도에 [그림 4.28]에 보이는 상황이 나타날 때 그 절선은 그림에 설명하는 방법으로 결정.



[그림 4.27] 부하-변형 곡선 1



[그림 4.28] 부하-변형 곡선2

○ 시험보고

- 시험보고는 다음의 내용이 포함되어야 함.
 - a) 측정 근거 및 시험 설비,
 - b) 샘플의 주요 설치 사이즈,
 - c) 샘플의 규격, 재료, 형상 및 구조, 표면 처리 상황 및 기타 정보,
 - d) 가한 속도,
 - e) 각 샘플의 실패된 자세한 상황과 인장력을 받은 부하 능력,
 - f) 시험 일자,
 - g) 검사인원 서명.

(5) 스파이더 압력 시험 방법

○ 설비 및 측량기구

- 만능 시험기계 혹은 데이터 수집 기능이 있는 전자 시험기계.
- 변형 양 측량 장치는 다이얼 게이지(dialgaze) 혹은 기타 정밀 측량 장치를 사용.
- 조절할 수 있는 금속 지지대. 이 지지대는 지지 높이를 조절할 수 있고 또 그림36과 같이 스파이더 시험 과정 중의 변형에 적응하는 기능이 있어야 함.
- 그림 37과 같은 강성 금속 지지대

○ 샘플링

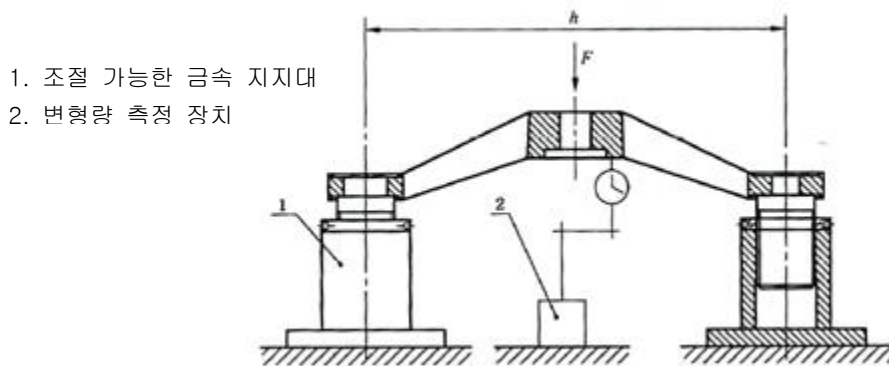
- 매 세트의 샘플링 5개.
- 샘플링 규격은 실물을 기준으로 하고 샘플의 힘 받는 면은 평평하고 평행해야 함.

○ 시험 환경

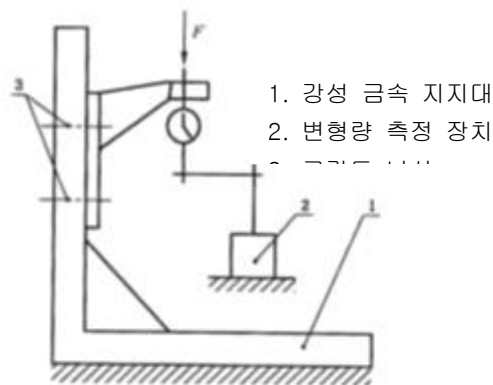
- 샘플은 15~30도 온도 범위, 25%~75% 상대 습도의 환경에 두거나 시험해야 함.

○ 시험 순서 및 시험 결과 처리

- 스파이더를 [그림 4.29]에 보이는 것 처럼 고정 시킨 후 예비로 0.5kN 의 부하를 주어 설치 간격을 배치.
- [그림 4.29]에 보이는 부하 방향으로 0.2kN/s 의 속도로 균일하게 부하를 주고, 변형량이 $h/12$ 가 될 때, 시험 데이터를 기록하고 또한 부하-변형 곡선도를 작성.
- 상술한 순서로 모든 세트에 대하여 시험을 진행한 후에 시험 결과를 총계 처리함.
- 보강용 스파이더는 [그림 4.30]에 보이는 것과 같이 고정하고 그림에 표시된 부하 방향으로 한 조의 보강 스파이더 인장 시험을 상술한 순서로 완성시키고 또한 시험결과를 처리.



[그림 4.29] 스파이더 압력 시험원리 설명도

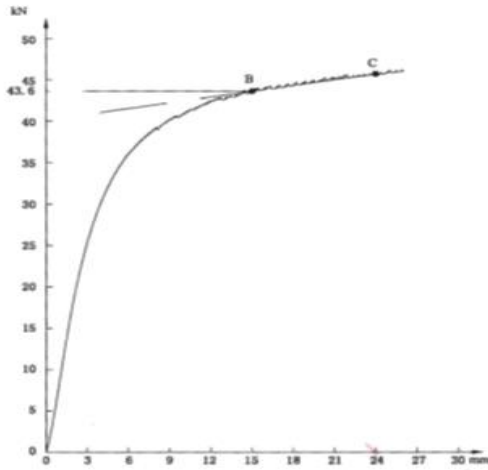


[그림 4.30] 보강 스파이더 압력 시험 원리 설명도

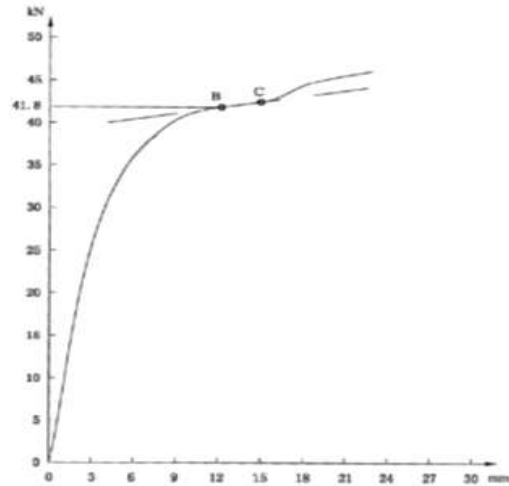
- 시험 결과로 [그림 4.31]“부하 - 변형 곡선1”을 얻으며, 곡선 상에서 임의로 변형량 $h/12$ 에 접근하는 점 C를 취하고 C점을 통해 접선을 만들어 부하 증량과 변형량의 비율이 항수(항정 상수)의 시작점 B로 가는 추세를 파악.
- 이때 접촉점(point of tangency) B에 대응하는 부하치가 이 샘플의 인장 부하 능력이 됨 BC구간에 뚜렷한 톱니 곡선이 출현하므로 절선은 톱니곡선 중에서 제일 낮은 점으로

확정하여 하고, 한 세트의 시험결과를 구한 후에 이 세트 중의 최소치를 이 스파이더 인장 부하 능력 F_{cz} 로 결정.

- 곡선도에 [그림 4.31]에 보이는 상황이 나타날 때 그 절선은 그림에 설명하는 방법으로 결정.



[그림 4.31] 부하-변형 곡선 1



[그림 4.32] 부하-변형 곡선2

○ 시험보고

- 시험보고는 다음의 내용이 포함되어야 함.
 - a) 측정 근거 및 시험 설비,
 - b) 샘플의 주요 설치 사이즈,
 - c) 샘플의 규격, 재료, 형상 및 구조, 표면 처리 상황 및 기타 정보,
 - d) 가한 속도,
 - e) 각 샘플의 실패된 자세한 상황과 인장력을 받은 부하 능력,
 - f) 시험 일자,
 - g) 검사인원 서명.

(6) 스파이더 굴곡 시험 방법

○ 설비 및 측정기구

- 만능 시험기계 혹은 데이터 수집 기능이 있는 전자 시험기계.
- 변형 양 측정 장치는 다이얼 게이지(dialgauge) 혹은 기타 정밀 측정 장치를 사용.
- 강성 금속 지지대(그림

○ 샘플링

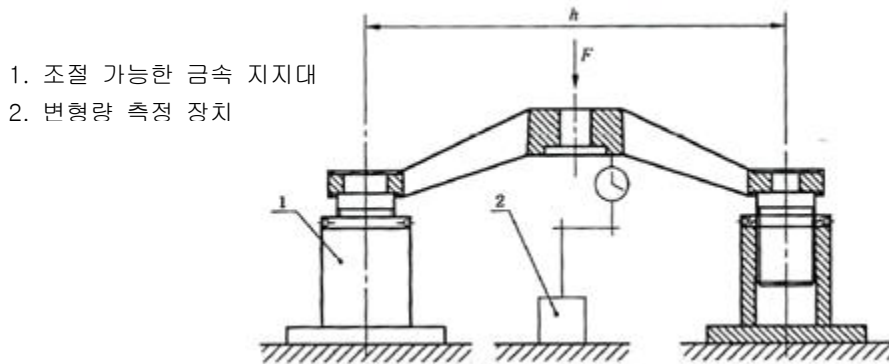
- 매 세트의 샘플링 5개.
- 샘플링 규격은 실물을 기준으로 하고 샘플의 힘 받는 면은 평평하고 평행해야 함.

○ 시험 환경

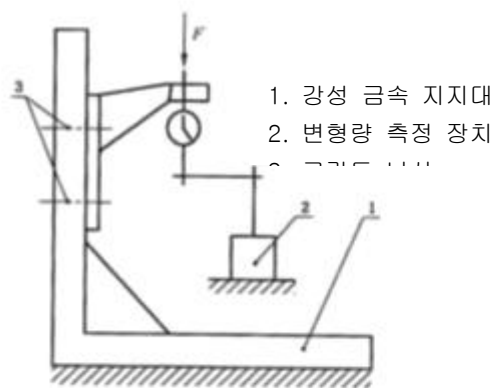
- 샘플은 15~30도 온도 범위, 25%~75% 상대 습도의 환경에 두거나 시험해야 함.

○ 시험 순서 및 시험 결과 처리

- 스파이더를 [그림 4.33]에 보이는 것 처럼 고정 시킨 후 예비로 0.5kN 의 부하를 주어 설치 간격을 배치.
- [그림 4.33]에 보이는 부하 방향으로 0.2kN/s 의 속도로 균일하게 부하를 주어 변형량에 도달되거나 혹은 1mm가 초과할 때 까지 부하를 줌 시험 데이터를 기록하고 또한 부하-변형 곡선도를 그림 잔여 변형량 $\delta t=1\text{mm}$ 일 때 대응되는 부하치를 이 시험의 굴곡 부하 능력으로 함
- 상술한 순서로 모든 세트에 대하여 시험을 진행한 후에 시험 결과를 총계 처리함.
- 보강용 스파이더는 [그림 4.34]에 보이는 것과 같이 고정하고 그림에 표시된 부하 방향으로 한 조의 보강 스파이더 인장 시험을 상술한 순서로 완성시키고 또한 시험결과를 처리.



[그림 4.33] 스파이더 압력 시험원리 설명도

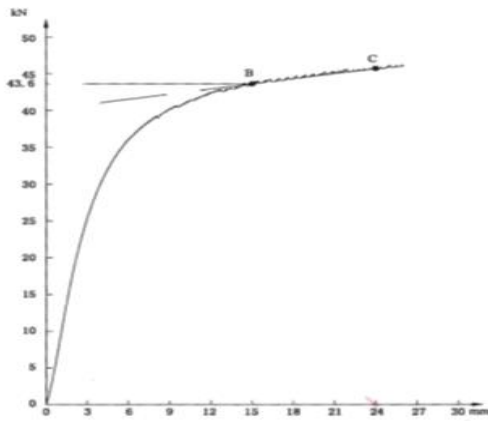


[그림 4.34] 보강 스파이더 압력 시험 원리 설명도

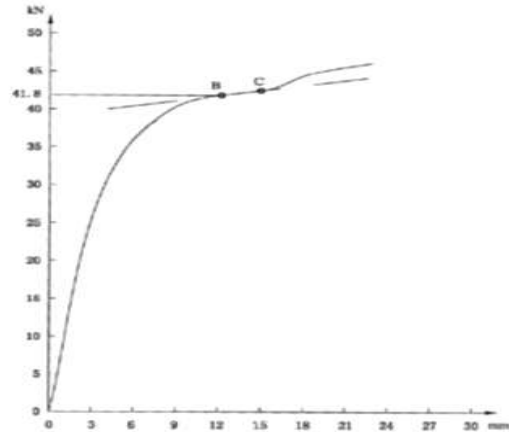
- 시험 결과로 [그림 4.35]“부하 - 변형 곡선1”을 얻으며, 곡선 상에서 임의로 변형량 $h/12$ 에 접근하는 점 C를 취하고 C점을 통해 접선을 만들어 부하 증량과 변형량의 비율이 항수(항정 상수)의 시작점 B로 가는 추세를 파악.
- 이때 접촉점(point of tangency) B에 대응하는 부하치가 이 샘플의 인장 부하 능력이 됨

BC구간에 뚜렷한 톱니 곡선이 출현하므로 절선은 톱니곡선 중에서 제일 낮은 점으로 확정하여 하고, 한 세트의 시험결과를 구한 후에 이 세트 중의 최소치를 이 스파이더 인장 부하 능력 F_{cz} 로 결정.

- 곡선도에 [그림 4.35]에 보이는 상황이 나타날 때 그 절선은 그림에 설명하는 방법으로 결정.



[그림 4.35] 부하-변형 곡선 1



[그림 4.36] 부하-변형 곡선2

○ 시험보고

- 시험보고는 다음의 내용이 포함되어야 함.
 - a) 측정 근거 및 시험 설비,
 - b) 샘플의 주요 설치 사이즈,
 - c) 샘플의 규격, 재료, 형상 및 구조, 표면 처리 상황 및 기타 정보,
 - d) 가한 속도,
 - e) 각 샘플의 실패된 자세한 상황과 인장력을 받은 부하 능력,
 - f) 시험 일자,
 - g) 검사인원 서명.

(7) 유리클램프 인장 시험 방법

○ 설비 및 측정기구

- 만능 시험기계 혹은 데이터 수집 기능이 있는 전자 시험기계.
- 변형 양 측정 장치는 다이얼 게이지(dialgagge) 혹은 기타 정밀 측정 장치를 사용.

○ 샘플링

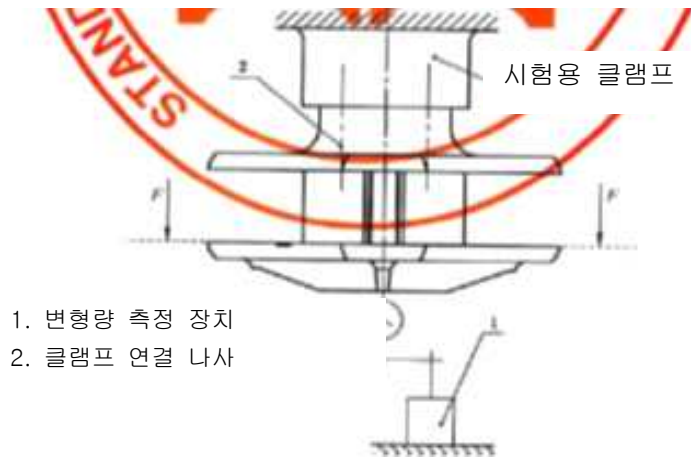
- 매 세트의 샘플링 5개.
- 샘플링 규격은 실물을 기준으로 하고 샘플의 힘 받는 면은 평평하고 평행해야 함.

○ 시험 환경

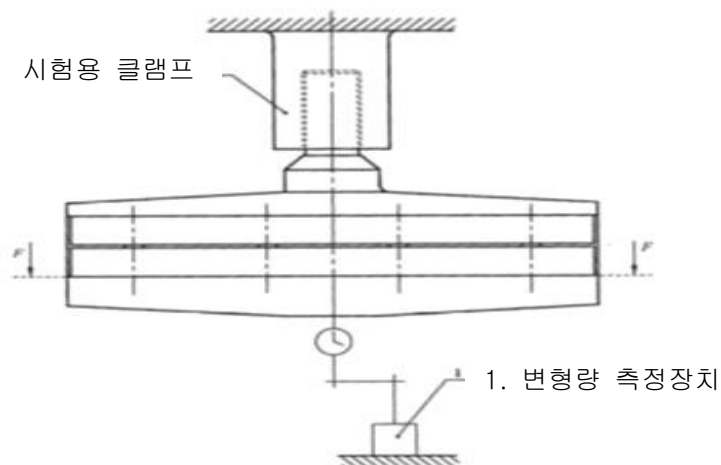
- 샘플은 15~30도 온도 범위, 25%~75% 상대 습도의 환경에 두거나 시험해야 함.

○ 시험 순서 및 시험 결과 처리

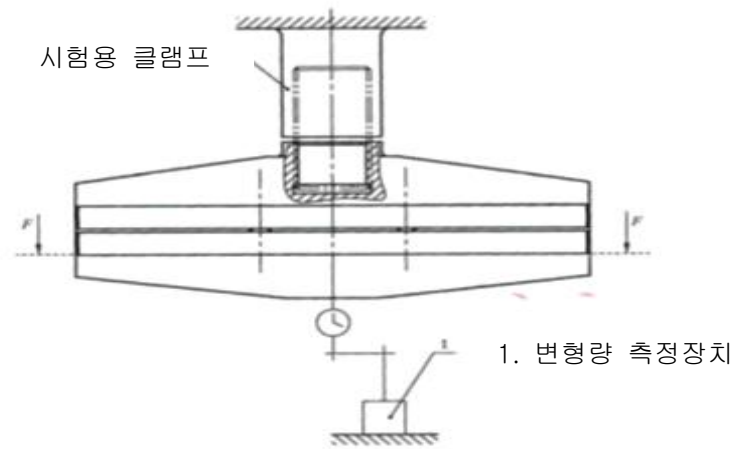
- 유리 클램프를 대응하는 시험 원리 설명도 [그림 4.37], [그림 4.38]와 같이 고정한 후 예비로 1kN 의 부하를 주어 설치 간격을 배치.
- [그림 4.37]에 보이는 부하 방향으로 0.2kN/s 의 속도로 균일하게 부하를 주어 전협판 축방향이 2mm가 되거나 혹은 실패될때까지 가력하고, 시험 데이터를 기록하고 또한 부하-변형 곡선도 작성. 전 협판에 2mm의 축방향 이동 혹은 실패할 때 대응되는 부하치가 이 시험의 인장 부하능력으로 산정.
- 상술한 순서로 모든 세트에 대하여 시험을 진행한 후에 시험 결과를 총계 처리하여 이 조에서 최소치를 이 유리 클램프 인장 부하 능력 F_{tj} 로 산정함.
- 보강용 스파이더는 그림37에 보이는 것과 같이 고정하고 그림에 표시된 부하 방향으로 한 조의 보강 스파이더 인장 시험을 상술한 순서로 완성시키고 또한 시험결과를 처리.



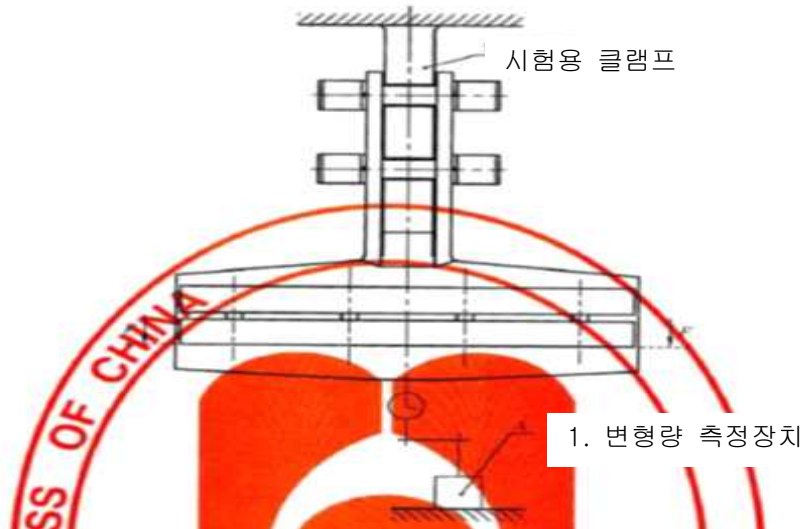
[그림 4.37] 막대 구멍식, 줄식 유리클램프 인장 시험 원리 설명도



[그림 4.38] 막대 나사 기동식 유리 클램프 인장 시험 원리 설명도



[그림 4.39] 막대 나사 구멍식 유리 클램프 인장 시험 원리 설명도



[그림 4.40] 막대 나사 구멍식 유리 클램프 인장 시험 원리 설명도

○ 시험보고

- 시험보고는 다음의 내용이 포함되어야 함.

- 측정 근거 및 시험 설비,
- 샘플의 주요 설치 사이즈,
- 샘플의 규격, 재료, 형상 및 구조, 표면 처리 상황 및 기타 정보,
- 가한 속도,
- 각 샘플의 실효된 자세한 상황과 인장력을 받은 부하 능력,
- 시험 일자,
- 검사인원 서명.

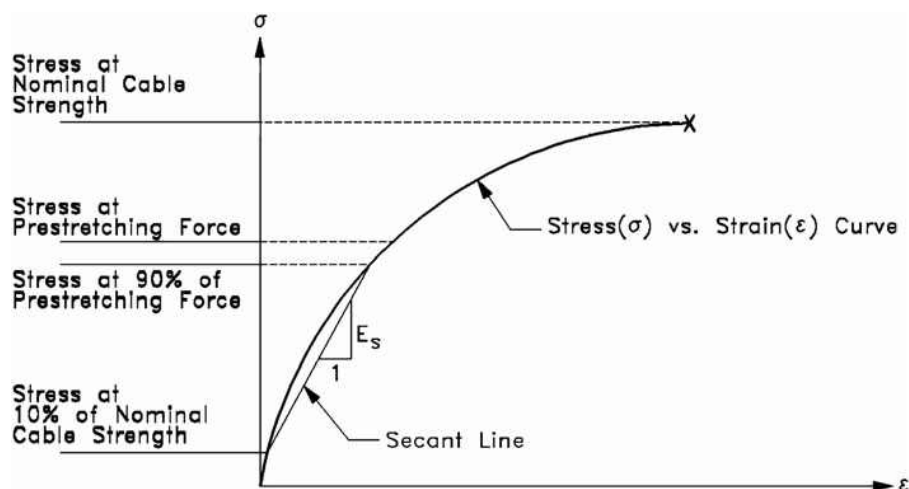
3. 미국 ASCE/SEI 19-10 내용 분석

가. 일반사항

- ASCE/SEI 19-10기준에는 일반사항, 시공계획서, 설계고려사항, 케이블재료, 케이블 사양, 프리스트레스, 시공, 보호도장(Coating), 포장·운송·하역, 설치, 검사항목에 대한 규정을 하고 있으며, 세부 내용은 다음과 같음.
- 본 기준은 지붕, 바닥, 커트월, 네트(net)구조에 적용할 수 있으며, 차량용 교량의 케이블에는 적용되지 않음.

나. 용어정의

- (1) 앵커리지(Anchorage)
 - 케이블의 끝부분의 구조적 연결
- (2) 케이블(Cable)
 - 유연성이 있는 인장 부재, 스트랜드 또는 로프
- (3) 클램프(Clamp)
 - 마찰에 의해 힘을 전달하는 케이블 장치
- (4) 댐퍼(Damper)
 - 케이블 구조에 설치하여 동적하중에 대한 구조적 반응을 할수 있는 능동 또는 수동장치
- (5) 디플렉터(Deflector)
 - 그루브 케이블의 각도 변화를 형성하는데 사용. 새들이라고 함.
- (6) 피팅(Fitting)
 - 케이블이나 케이블의 구성요소에 부착되거나 지원하는데 사용되는 액세서리.
- (7) 그레이드(Grade)
 - 공칭 케이블 강도 또는 와이어 금속성분에 의한 케이블을 분류하는 등급.
- (8) 공칭케이블강도(Nominal Cable Strength)
 - ASTM이나 기타 적용가능한 기준에 따른 케이블 힘의 단위



[그림 4.41] 케이블의 공칭강도(Nominal Strength)

(9) 프리스트레싱(Prestressing)

- 케이블 설치시 적용하는 인장

(10) 프리스트레칭(Prestretching)

- 구조적 신축성을 최소화하기 위하여 소정의 프로그램에 따라 나선형으로 꼬인 케이블의 인장

(11) 프리스트레칭 힘(Prestretching Force)

- 프리스트레칭하는 특정 기간동안 케이블에 한번 또는 그 이상 적용하는 인장력

(12) 스트랜드(Strand)

- 나선형 축을 중심으로 비틀는 복수의 와이어 가닥

(13) 터미네이션(Termination)

- 엔드피팅(end fitting)이라고도하는 장치로, 케이블에 작용하는 인장을 케이블을 지지하는 앵커에 전달하기 위해 부착하는 장치

다. 계약서류(Contract Document)

(1) 시공도면

- 시공도면은 케이블의 수평, 수직 위치를 나타내야 하며, 작용하중, 온도영향을 고려한 접속(결합)부위를 나타내야 함.
- 설치에 필요한 프리스트레싱이 표시되어야 함.
- 선택과 구매가 가능하도록 터미네이션, 피팅, 앵커리지등을 상세히 표현하거나 충분한 데이터를 제공해야 함.
- 구조부재를 지지하기 위한 필수적인 캠버, 초기 수직이 아닌 기둥은 도면에 표기되어야 함.

(2) 계약 사양(Contract Specification)

- 제안된 각각의 케이블 구조를 위해 계약사양은 케이블의 지름(크기), 케이블형태, 와이어 코팅, 케이블등급, 프리스트레칭 요구사항과 적용가능한 재료 또는 시험방법을 계약사양에 나타내야 함.
- 만약 추가적인 케이블 설계가 요구된다면, 계약사양에 포함시켜야 함.
- 케이블의 길이와 지름을 측정할 때 필요한 장력이 표시되어야 함.
- 케이블의 설계나 설치를 위한 필요한 케이블과 피팅 제조 공차가 주어져야 함.
- 계약서류에는 시스템의 최종 형상과 프리스트레스 하중에 대한 설치 허용오차를 명시하여야 함.
- 계약사양은 현장 도면 및 보고서를 포함하여 다른 모든 필요한 제출서류를 확인하여야 함.

(3) 시공상세도(Shop Drawing)

- 케이블 및 제조에 대한 도면은 계약서류에 나타난 조건을 반영하여야 함.
- 모든 케이블 및 피팅의 제조 및 준비절차 뿐만아니라 정확한 위치, 재료, 크기, 길이를 표

시하여야 함.

- 기존에 작성된 계약서류에서 대체 또는 변경사항을 승인 할 경우, 대체부재 또는 피팅는 하중과 환경은 계약서류에 적합하도록 상세하게 하여야 함.
- 상세도면의 일부로 주요순서, 절차 및 설치 방법에 대한 별개의 설치 도면이 준비되어야 함.
- 설치도면은 설치 해석을 수행한 결과를 첨부해야 함.
- 상세도면과 시험보고서는 담당자에게 승인을 받아야 함.

라. 설계고려사항

(1) 설계 기본사항

- 마스트(mast)와 스트럿(struts)을 포함한 케이블 시스템은 설계하중에 대하여 모든부재가 허용력을 초과하지 않고 지지할 수 있도록 안전하게 설계되어야 함.
- 구조물의 사용성에 영향을 미치지 않도록 변위를 제한하기 위하여 충분한 강성 발휘를 할수 있도록 설계되어야 함.

○ 구조적 상태

- 마스트와 스트럿이 있는 케이블 시스템을 포함한 건물의 완벽한 구조 시스템은 구조적 여분과 견고함을 최대화할 수 있게 구성하여야함.
- 하나의 국부적인 부재의 파손이나 고장으로 구조물의 많은 부분에 붕괴 또는 위험한 상태를 초래하지 않아야 함.

○ 부재의 교체

- 케이블과 스트럿은 교체가 가능하도록 설계되어야 함.

(2) 설계하중

○ 하중

- 적용 가능한 기준이 없을 경우 설계하중은 「ASCE/SEI 7-10, Minimum Design Loads for Building and Other Structure」에 주어진 하중을 사용.
- 추가적인 하중 조항은 각각의 케이블 및 전체 케이블구조에 대한 공기 역학적 효과, 수 치동적해석 방법이나 풍동실험(Wind tunnel tests)에 따른 바람에 의한 구조진동 및 피로효과, 크리프 영향등을 고려하여 하여야 함.

○ 하중조합

- 하중의 영향을 받는 케이블 장력(T_n)은 다음과 같은 하중 조합에 따라 계산되어야 함.

$$T1 = D + P$$

$$T2 = D + P + L$$

$$T3 = D + P + (Lr \text{ or } S \text{ or } R)$$

$$T4 = D + P + 0.75 L + 0.75 (Lr \text{ or } S \text{ or } R)$$

$$T5 = D + P + (0.6 W \text{ or } 0.7 E)$$

$$T6a = D + P + 0.75 L + 0.75 (0.6 W) + 0.75 (Lr \text{ or } S \text{ or } R)$$

$$T6b = D + P + 0.75 L + 0.75 (0.7 E) + 0.75 S$$

$$T7 = 0.6 D + P + 0.6 W$$

$$T8 = 0.6 D + P + 0.7 E$$

$$T9 = C + D, L, P, W$$

D : 구조물 자중과 영구적인 형태에 의한 고정하중

P : 프리스트레스 하중

L : 사용자와 이동가능한 장비에 의한 활하중

Lr: 지붕 활하중

S : 적설하중

R : 강수하중(rain load)

W : 풍하중

E : 지진하중

C : 시공중 케이블의 설치 또는 일시적인 하중

(3) 케이블 강도

○ 설계강도

- 각각의 케이블 설계강도(Sd)는 $2.2T_n$ 보다 크거나 같아야 함. (하중조합은 T1~ T9)
- 케이블의 설계강도(Sd)는 일반적으로 다음보다 작아야 함.

$$S_d = S_n \times N_f \quad \text{또는} \quad S_d = S_n \times N_d$$

S_n : 공칭 케이블 강도

N_f : 피팅 감소 계수

N_d : 디플렉터 저감계수 (디플렉터가 없는 경우 $N_d = 1$)

■ 피팅감소계수

- 케이블에서 피팅으로 장력을 전달할 때 엔드피팅에서 발생하는 허용력의 저감을 위해 다음 표의 계수를 적용하여야 함.

<표 4.16> Fitting Reduction Factors

Type of Termination	Fitting Reduction Factor N_f	
	Rope	Strand
Poured socket (zinc, zinc-aluminum-mischmetal alloy, or resin)	1.00	1.00
Swaged socket	1.00 ^a	0.90 ^b

^aRegular lay ropes only. Verify with manufacturer for sizes over 2 in. (51 mm).

^bConfirm with manufacturer.

■ 디플렉션 감소계수

- 새들(saddle)위의 케이블의 곡률 때문에 허용력의 감소를 계산하기 위해 표에 주어진 계수를 적용.
- 표는 각각의 새들에 작용하는 활하중이 케이블의 디플렉션 각도를 스트랜드에서는 2도미만, 로프에서는 4도미만 일 때 적용.
- 예상보다 큰 디플렉션 각의 변화를 위해, 디플렉션 감소 계수는 승인된 방법에 의해 결정됨.
- 표는 새들에 의해 제한된 곡률 유도임.

<표 4.17> Deflector Reduction Factors

Ratio: Saddle Radius to Rope Diameter	Ratio: Saddle Radius to Strand Diameter	Deflector Reduction Factor N_d
15 and over	20 and over	1.0
14	19	0.95
13	18	0.90
12	17	0.85
11	16	0.80
10 minimum	15 minimum	0.75

■ 상승온도 영향(elevated temperature effect)

- 온도가 200°F(93°C)이상일 때 상승온도 영향 가능성과 케이블의 기계적 영향, 물리적 특성 그리고 엔드피팅은 설계단계에서 고려되어야 함.
- 온도가 200°F(93°C)이상일 때 공칭케이블강도(Sn), 케이블의 탄성계수(Es)는 계산시 적절하게 감소시켜야 함.

■ 피로강도(fatigue strength)

- 케이블이 반복적인 변동 하중, 바람이나 비 또는 다란 동적 효과로 인한 진동하에 있을 경우 발생하는 피로 때문에 케이블 강도 감소 가능성을 평가해야 함.
- 반복적인 인장과 일반 인장 또는 휨과 인장을 받는 것을 고려해야 함.

■ 크리프 효과(creep effect)

- 프리스트레치된 케이블의 크리프, 또는 장기연신율을 평가하여야 함.

○ 엔드피팅(end fitting)

- 피팅은 명시된 공칭케이블 강도보다 큰 극한강도로 개발되어야 함.
- 또한, 피팅 자체에 걸쳐 계산되어진 평균 응력으로 설계된 피팅은 피팅 재료의 정적 인장하중의 항복응력 미만이 되도록 설계하여야 함.

- 맞춤 설계되어진 로프 또는 스트랜드에 명시된 공칭강도 정적 장력은 같아야 함.
- 핀과 접촉되는 선, 나사산의 뿌리부분과 같이 응력집중으로 국부적인 항복은 장력이 작용하는 케이블에는 허용됨.
- 특별한 상황에서는 과설계된 케이블은 통상적인 크기의 피팅을 제거하거나 통상적으로 케이블은 과설계된 피팅으로 제거할수 있음.
- 이러한 설계는 어셈블러 또는 피팅 제조업자 적합한 피팅 케이블과 피팅 스트레스에 관하여 제공한 데이터에 기초로 함.

마. 구조해석

(1) 일반 고려사항

- 케이블 시스템은 일반적으로 비선형 거동을 나타냄.
- 따라서 케이블 시스템 설계의 기본은 비선형을 고려하여 해석하여야 함.
- 구조해석은 다른 기준에 의해 언급한 사항 외에 다음 사항을 고려하여 수행하여야 함.
 - 케이블의 탄성 신축과 지지구조의 변형은 설계에 고려되어야 함.
 - 만약 케이블 변위의 크기가 대체구조의 기하학에 기초로한 평형방정식과 같다고 결정된 경우 비선형 해석을 수행하여야 함.

(2) 서비스 가용성(Serviceability)

- 구조설계의 초기단계에서 소유자, 설계자 및 엔지니어는 케이블 수리 및 교체에 대한 요구를 포함한 케이블 시스템 보수요구사항을 확립.
- (현지)지역의 조레가 고려되어야 함.
- 수치해석은 처짐과 진동이 동시에 작용할 경우 서비스가용성이 요구된다는 것을 입증하기 위해 수행.

(3) 진동

- 설계시 동적하중 영향에 대한 개별 케이블의 응력, 피로, 처짐과 구조물 전체 대해 고려해야 함.

(4) 처짐

- 케이블은 분배되어야 함 적용된 하중, 온도변화, 케이블 스트레치에 의한 최대 처짐은 요구사항을 반영하여 케이블에 배분되어야 함.

(5) 조립해석(erection analysis)

- 구조해석은 제안되었거나 필수적인 절차를 고려하여 수행하여야 함.
- Should deviations be made in the suggested erection procedure, the erector shall have an independent professional engineer experienced in cable-system erection perform an erection analysis to match the revised methods, equipment, and sequence.

바. 피팅(Fitting)

(1) 재료

○ 피팅 재료를 선정할 때, 케이블 및 피팅 재료의 호환성이 고려되어야 함.

○ 호환성은 열팽창과 부식성이 포함되어야 함.

(2) 검사(Inspection)

○ 표준소켓은 제업체의 품질관리 시험을 실시하여야 함.

○ 특수 소켓은 추가적인 검사 및 피팅의 보증하중(proof load)이 명시되어야 함.

(3) 엔드피팅(End Fitting)

- 엔드피팅은 먼지나 습기가 발생하는 곳에 위치하거나 가급적 접근 가능해야 함.

- 먼지, 습기가 축적되는 피팅에 들어가는 케이블 부위의 추가적인 부식 방지가 제공되어야 함.

○ 수지 주입 피팅(Resin-Poured Fittings)

- 열경화성 수지 소켓에 사용되는 수지는 적합한 특성과 경화, 재생 조건 모두에 대한 특징을 가져야 함.

- 사용온도 범위를 포함한 수지의 사용을 위해서 수지특성(유효기간 포함)과 주의사항의 승인은 수지 제조업체에서 제공하는 데이터를 기반으로 하여야 함.

- 소켓은 수지소켓을 위해서 특별히 설계되어야 함.

○ 스웨이지 피팅(Swage Fittings)

- 스웨이지 피팅은 <표 4.15>에 제공하는 강도의 요건을 충족 시켜야 함.

(4) 새들과 클램프

○ 새들과 클램프 설계시 고려되어야할 요소는 다음과 같음.

- 베어링 압력

- 케이블 압밀

- 휨 각도

- 마찰

- 홈 형상

○ 케이블과 접촉하는 새들 및 클램프의 모든 표면은 돌출부, 날카로운 모서리, 가장자리가 없어야 함.

○ 새들의 곡선 접촉면은 케이블의 휨 상태에서 새들 홈 단부에 접촉되지 않도록 충분하도록 길이를 연장시킴.

사. 보호코팅

(1) 일반사항

○ 대기에 노출된 케이블은 스테인레스 스틸 와이어를 제외하고, ASTM A586 및 A603에 정의된 A등급 이상의 내식성을 가져야 함.

○ B, C등급의 아연코팅이나 이와 동등한 코팅으로 승인할 경우 심각한 환경 노출을 고려하여야 함.

- 방화코팅은 부식 방지 코팅으로 간주하지 않음.

(2) 부식방지

- 기본적인 내식성은 모든 케이블 시스템에 제공하여야 함.
- 최소한 스테인레스 와이어를 제외한 각각의 개별 카본 스틸 케이블 와이어는 아연 또는 아연-알루미늄-미슈메탈과 도금하여야 함.
- 필요한 도금 두께를 지정할 때 노출중인 케이블을 고려하여야 함.
- 클램프와 새들의 케이블 종단부와 케이블 홈과 스테인레스 스틸 케이블용 스테인레스는 아연도금하여야 함.

(3) 방화조치

- 케이블 어셈블리는 관할당국의 화재 방지 기준 및 코드에 의해 보호되어야 함.
- 내화 등급 및 화재 테스트
 - 케이블 어셈블리의 내화평가는 ASTM E119 또는 아래에 설명된 대체 방법에 규정된 시험 방법에 따라 결정되어야 함.
 - 내화 평가 어셈블리의 한 부분에 테스트 되지 않은 케이블 어셈블 리가 포함된 경우, 어셈블리의 내화 등급이 감소하지 않음을 보여줄수 있는 충분한 데이터가 있어야 함.

아. 제작, 운송, 집화(receiving)

(1) 소켓팅

- 소켓은 승인된 방법으로 부착하여야 함.
- 수지 소켓팅의 경우, 주변 온도 및 케이블과 피팅의 온도에 관한 수지 제조자의 권고사항을 엄격히 준수해야 함.

(2) 어셈블리의 보증하중

- 계약문서에 필요한 경우, 부착된 어셈블리는 소켓팅의 무결성을 검증하기 위해 지정된 장력을 가력해서 증명해야 함.

(3) 케이블 길이 측정

- 케이블의 길이 측정은 계약문서에 지정된 케이블 장력하에서 프리스트레칭 후에 이루어져야 함.

(4) 선적(운송)

- 케이블 어셈블리는 릴 또는 코일로 선적해야 함.
- 로프는 릴이나 코일을 로프 지름의 25배 미만으로 하여 손상이 가지 않도록 함.
- 작은 릴, 코일 직경은 케이블 제조 업체와 운송 관행의 수용과 협의후 승인을 받아야 함.
- 운송 및 작업중 케이블과 코팅은 손상되지 않도록 최대한 주의를 기울여야 함.

(5) 집화

- 재료의 영수증은 현장에 제공되는 모든 구조재료의 증명 문서로 사용됨.

자. 설치

(1) 설치절차

- 건설계약문서는 제안된 구조에 대한 권장 설치 절차를 제시하여야 함.
- 설치 절차는 구조설계 중에 설치 순서에 대한 모든 가정 사항을 반영하여야 함.
- 계약문서에 다른 사항이 명시되어 있지 않으며, 계약자는 권장 설치 절차를 따르거나 승인된 대체 설치 절차를 따라야 함.
- 시공자는 설치 및 작업활동 기간 동안 기간별 설치절차 및 장비에 대한 실행 계획서를 제출하고, 위험관리 계획을 수립하여야 함.

(2) 케이블 설치

- 케이블과 코팅의 손상을 방지하기 위하여 설치 하는 동안 주의를 기울여야 함.
- 케이블은 마킹, 보호코팅, 케이블 어셈블리의 손상을 주는 굽힘, 와이어 꼬임이 않도록 하고 어떤 곳에서든지 끌지 않도록 함.

(3) 중간 피팅

- 중간 새들과 클램프는 케이블이 손상되지 않는 방법으로 부착할 것.
- 피팅은 케이블이 꼬이지 않도록 배치하여야 하며, 부착된 구조부재에 의해 힘이 전달되도록 설계할 것.

차. 건설 후 고려사항 및 점검

(1) 일반사항

- 구조케이블 요소와 연관된 구성요소는 구조물의 수명동안 검사 및 유지관리 하여야 함.
- 검사 절차는 관련 기술자에 의해 개발되어야 하고, 구조 유지관리 매뉴얼을 소유자가 보 유지 할 수 있도록 포함할 것.

(2) 유지보수시 주의사항

- 유지보수는 케이블을 유지할수 있도록 하여야하고, 그 구성요소가 의도한 대로 작동할수 있도록 할 것.

(3) 정기검사

- 모든 케이블과 관련 요소들은 물리적, 기능적 상태를 검토하기 위해 2년 주기로 정기검사를 수행하고, 초기 승인된 설치에서 변경된 사항을 확인할 것.
- 이러한 정기 검사는 지상 또는 다른 접근 통로 또는 플랫폼에서 주로 육안 검사로 수행할수 있음.
- 모든 케이블 요소가 검사되어야 하며, 접근이 불가능한 요소는 쌍안경을 이용하여 검사할 수 있음.
- 정기검사는 승인되었거나 또는 설치전 검사 상태에서 벗어난 큰 손상 또는 상태를 검측할 수 있는 수준으로 할 것.
- 이러한 조건은 케이블 부식 및 케이블 코팅 시스템의 주용한 손상, 바람의 진동에 의한 손상등을 포함할수 있으나, 강제하지는 않음.

(4) 정밀검사

- 모든 케이블 및 관련 요소는 6년마다 정밀 검사를 받아야 함.
- 정밀검사의 목적은 정기검사시 검출되지 않은 결함을 식별하기 위한 것임.
- 정밀 검사는 가까운 거리에서 수행되어야 하며, 일반적으로 리프트, 크레인, 버킷트럭, 로프 또는 공중작업 플랫폼 같은 장치가 필요함.
- 정밀 검사를 위해 케이블의 표본을 선정하여 기존의 보호코팅, 케이블 가이드, 커프스, 또는 재킷을 제할하여야 함.
- 정기검사와 정밀검사가 같은해에 예정된 경우 정밀검사를 정기검사로 대체할 수 있음.
- 예약되지 않은 정밀검사는 일상적인 검사 결과를 보증할수 있음.
- 정밀검사 부식이나 연마 중 단부 피팅 주조균열, 케이블 와이어 균열이나 파손, 케이블 슬립 또는 와이어 단면의 손실등을 검사할 수 있는 수준으로 할 것.
- 종종 엔드피팅 근처의 개별 와이어는 피로의 원인으로 파손될 수 있음.

(5) 긴급검사

- 긴급검사는 비정상적인 환경, 폭풍, 인재, 화재등으로 구조적 손상이 발생했을 때 실시하는 예정되지 않은 검사를 말함.
- 엔지니어의 재량에 따라 비파괴 검사 또는 케이블을 제거하여 실험실 테스트를 할수 있음.

(6) 특별 검사 및 시험

- 열화, 환경조건 및 케이블의 수명등 이전의 검사 결과에 따라 하나이상의 케이블을 제거, 시험, 교체등을 고려하여야 함.
- 제거하기로 한 케이블은 일반적으로 열화 또는 구조적으로 가장 취약한 부분에 위치한 것을 선택.
- 제거된 케이블의 시험 방법은 엔지니어의 재량에 따름.

(7) 검사 결과

- 모든 검사 및 후속조치 결과는 유지보수설명서에 기술하여야 함.

제5장 최종 연구성과 및 실적

제1절 최종연구성과

연구목표	내용
대테러 가이드라인 확립	- 초고층 및 대공간 구조물의 폭발물 테러의 피해 경감을 위한 가이드라인 수립 - 기초 자료 조사 - 1차 방어선 가이드라인 제시 - 2차 방어선 가이드라인 제시 - 3차 가이드라인 제시 및 완결
대테러 성능 확보	- 방폭성능 확보를 위한 케이블 정착구 개발 (스웨이징타입, 아연 주입식 오픈소켓 타입) - 정착구 성능개선 제품 개발 및 실험 - 기존의 1차 실험에서 발생한 slip 현상 개선 및 성능기준 만족 - 케이블 넷 프레임 설계 및 해석을 바탕으로 실험 결과 예측 - 9000x9000 케이블 넷 Mock-up 실험체 설계 및 제작 - 케이블 넷 Mock-up 성능 평가 수행 - 케이블 넷 시스템 최적화
대테러 시공기술 확립	- 케이블 일반사항 - 각국의 케이블 설계 기준 조사 - 시방서 개발 및 CM감리지침 개발

제2절 연구실적

1. 특허 실적

연번	특허명칭	출원 및 등록번호	출원 및 등록일	비고
1	재떨이 기능을 갖는 블라드	10-2013-0074610	2013.06.27	출원
2	오물처리봉투가 내장된 블라드	10-2013-007611	2013.06.27	출원

2. 학술지 게재 실적

연번	학술지명	논문명	게재년월
1	한국공간구조학회지	RVS에 의한 폭발물테러 위험도 곡선	2013

3. 학술발표대회 실적

연번	학술지명	논문명	게재년월
1	대한건축학회	케이블 넷 시스템의 하중 재하 실험	2014.4
2	대한건축학회	인장실험을 통한 구조용 케이블의 정착 타입별 성능평가에 관한 연구	2014.4
3	한국건축시공학회	케이블넷을 이용한 파사드 시스템의 시공관리를 위한 기초 연구	2013.5
4	한국건축시공학회	케이블넷 파사드의 시공관리를 위한 하중재하 Mock-Up 시험	2014.5
5	대한건축학회	RVS의 시나리오를 통한 국내건물의 테러위험도와 높이별 상관관계	2013.4

4. 시제품 제작 실적

연번	명칭	이용분야	출시(예정)일
1	스웨이징 타입 정착구	성능테스트	2013.7
2	오픈소켓 타입 정착구	성능테스트	2013.7
3	9000x9000 케이블넷	성능테스트	2014.2

5. 연구성과 홍보 실적

연번	연구성과 홍보내용	장소	일시	비고
1	2014 국토교통기술대전	COEX	2014.5.21.~5.23	전시회
2	기술홍보 (전우구조)	부산 세일비앤씨	2014.4	설명회
3	기술홍보 (해성기공)	부산 세일비앤씨	2014.5	설명회
4	기술홍보 (유아산업)	부산 세일비앤씨	2014.5	설명회
5	기술홍보 (포스코건설)	부산 세일비앤씨	2014.6	설명회

제6장 연구목표 달성 및 효과

제1절 연구개발 목표의 연차별 달성도

1. 1차년도

목표	내용	달성도
케이블 설계 매뉴얼 작성	- 케이블 일반사항 - 각국의 케이블 설계 기준 조사	100%
정착구 및 연결부 개발	- 정착구 제작 및 실험 - 스웨이징 타입 정착구 성능 기준을 만족시킴.	100%
대테러 가이드라인 1차	- 기초 자료 조사 - 1차 방어선 가이드라인 제시	100%

2. 2차년도

목표	내용	달성도
대테러 가이드라인 2차	- 2차 방어선 가이드라인 제시	100%
정착구 및 케이블 성능개선	- 정착구 성능개선 제품 개발 및 실험 - 기존의 1차 실험에서 발생한 slip 현상 개선 및 성능기준 만족	100%
케이블 넷 시제품 제작	- 케이블 넷 프레임 설계 및 해석을 바탕으로 실험 결과 예측 - 케이블 넷 Mock-up 설계 및 제작	100%

3. 3차년도

목표	내용	달성도
대테러 가이드라인 완결	- 3차가이드라인 제시 및 완결	100%
케이블넷 시공관리 기술	- 케이블넷 시스템 관련 기준 분석 - 시방서 개발 및 CM감리지침 개발을 위한 기초자료	100%
케이블 최적화	- 케이블 넷 Mock-up 성능 평가 수행 - 케이블 넷 시스템 최적화	100%
경제성 평가	- 사업화를 위한 기존 기술대비 경제성 데이터	100%

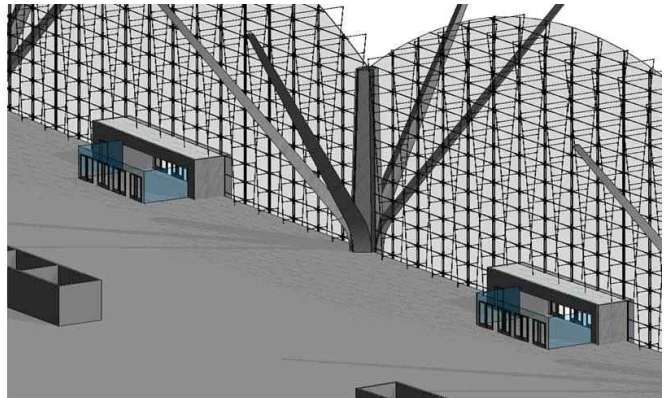
제2절 연구결과의 전체 달성도

목표	내용	달성도
대테러 가이드라인 확립	- 기초 자료 조사 - 1차 방어선 가이드라인 제시 - 2차 방어선 가이드라인 제시 - 3차가이드라인 제시 및 완결	100%
대테러 성능 확보	- 정착구 제작 및 실험 - 정착구 성능개선 제품 개발 및 실험 - 기존의 1차 실험에서 발생한 slip 현상 개선 및 성능기준 만족 - 케이블 넷 프레임 설계 및 해석을 바탕으로 실험 결과 예측 - 케이블 넷 Mock-up 설계 및 제작 - 케이블 넷 Mock-up 성능 평가 수행 - 케이블 넷 시스템 최적화	100%
대테러 시공기술 확립	- 케이블 일반사항 - 중국, 미국의 케이블 설계 기준 조사 - 시방서 개발 및 CM감리지침 개발을 위한 기초자료	100%

제3절 연구결과의 기여도 및 기대 효과

1. 국내외 시장개척

- 최근 들어 테러리즘의 대상 범위는 보다 광범위해 지고 있으며, 국내의 테러위험이 지속적으로 증가함. 2008년부터 국내 방폭창 시장이 형성되었으며, 용산미군기지를 시작으로 그 수요가 급증하는 중임. 현재 방폭창의 대부분의 제품은 외산재에 의존해 왔으며 최근 국내 업체들도 뛰어들고 있는 실정. 특히 공공 시설물중의 하나인 공항 구조물 및 고층 건물에 대한 위험도가 증가하고 있으며 이에 따른 외장재의 역할도 중요함.
- 2008년 전경련 회관 신축 프로젝트에 케이블 넷의 설계 및 시공기술의 대부분을 해외 기술에 의존하여 막대한 국내 자본이 해외로 유출되었으며 이에 따라 본 연구개발의 필요성을 인식하고 2010년 이 연구과제를 시작하게 됨. 연구과제의 시작 당시 인천공항의 제2여객터미널에 케이블 넷 시스템을 적용이 논의 되었으며 따라서 이 연구과제의 사업화 진행방향도 인천공항의 케이블 넷에 적용될 시스템 성능 개발에 초점을 맞추게 됨.
- 본 과제에서 3차년도에 걸쳐 수행한 연구는 선진기술을 국산화하고 수입 대체 효과가 기대되며 나아가 선진국과 경쟁 가능한 기술력은 해외 건설시장 특히 공항건설과 같은 대규모 해외시장 개척도 가능하다고 판단됨.



인천국제공항 제2여객터미널 Ticketing Hall

- 설계업체 : 미정

- Cable Net 면적 : 전경련회관의 10배 이상

⇒ 설계기술의 확보로 기술의 국산화

⇒ 사업화에 따른 매출 예상

[그림 6.1] 인천국제공항 제2여객터미널

2. 기술적 측면

본 연구의 기여도 및 기대효과를 기술적 측면에서 기술하면 다음과 같이 요약함.

- 미래 지향적인 구조시스템 설계 기술 자립
- 케이블 넷 시스템에 관한 체계적 분석 및 정리를 통하여 목적에 맞는 합리적인 시스템 선택 가능
- Mock-up 프로젝트 수행으로 케이블 넷 시스템 설계 경험 및 능력 축적
- 관련 기술 국내 보유로 일관된 설계-시공-유지관리 시스템 구축시 요소기술 제공 가능
- 접합부 설계 기술 및 케이블 접합부 개발에 의한 케이블 구조물의 국제 경쟁력 제고가 가능
- 적절한 기술로 공기단축과 공사비 절감을 꾀할 수 있음
- 케이블넷 관련 프로젝트에 활용할 수 있는 D/B 구축
- 기술자립과 이를 수행할 수 있는 인재 양성을 통해 미래형 구조물의 수요 증대 효과
- 케이블 넷 시스템의 설계지침서 및 설계기준 수립
- 케이블넷 시스템의 설계 및 시공 실무 경험 및 기술 축적

3. 경제, 산업적 측면

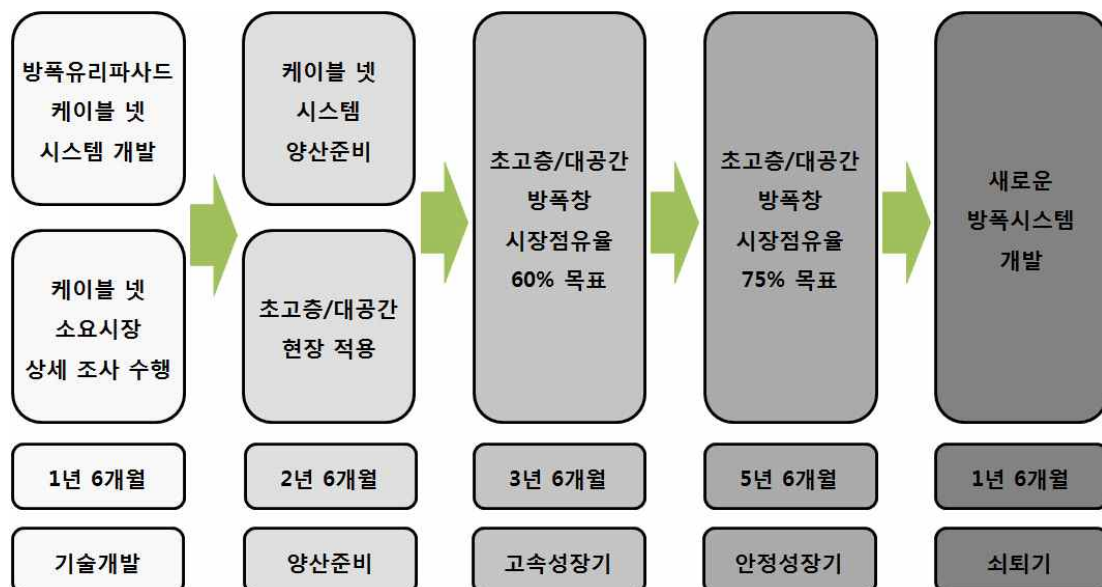
본 연구의 기여도 및 기대효과를 경제, 산업적 측면에서 기술하면 다음과 같이 요약함.

- 경제 문화적 수준 향상에 대응하는 파사드 건축물 수요증가 예상
- 국내 보유로 관련 기술 비용 대체 효과 기대
- 케이블 넷 건설 기술의 국산화로 사업 추진 수월성 예상
- 케이블 넷 관련 프로젝트 기본 설계시 외국 의존도 해소
- 선진기술에 의한 국내시장 잠식을 미연에 방지
- 건설시장확대로 건설경기 회복에 기여

제7장 연구개발결과의 활용 및 사업화계획

제1절 연구성과의 활용계획

- 본 연구과제에서 개발된 케이블 넷 시스템은 국내에 건설되는 초고층 및 대공간 건축물의 파사드에 적용 가능하며, 나아가 해외 시장 개척이 가능함. 해외 시장에 진출하기 위해 3차년도에 걸친 연구를 바탕으로 해외 경쟁력을 갖는 설계 및 시공 기술력을 확보함.
- 빌딩의 고내구화, 고기능화, 고품질화 등을 기본개념으로 수요자의 다양한 라이프스타일 및 라이프사이클 등의 변화에 능동적으로 대응할 수 있는 새로운 개념으로서 수요 계층별 특성을 고려한 내구성 및 가변성을 갖는 다양한 파사드 표준모델, 설계지침 및 매뉴얼 등으로 활용.
- 유리 파사드의 유지관리 및 리모델링분야에서 주택과 주택을 구성하는 건축구성재를 대상으로 수립한 내구계획(SLP, Service Life Planning)을 바탕으로 빌딩 유지관리의 최적화, 향후 빌딩 리모델링의 용이성 등을 적극 확보할 수 있는 새로운 유지관리 설계 · 시공지침 및 매뉴얼로 활용.
- 『초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법』이 2011년 3월 공포되고, 2012년 3월부터 시행되었으며 50층 이상 또는 높이가 200m이상인 초고층 건축물 또는 지하연계 복합건축물에 대하여 테러대비 계획을 수립이 의무화 됨. 이에 따라 케이블 넷 시스템은 적용되어 정부가 추진하고 있는 정책 방향과도 부합하여 활용 가능.
- 본 연구과제의 성과를 다양한 기술자들이 활용할 수 있도록 국내의 여러 설계사 및 시공사에 본 최종보고서와 기술자료 배포 및 관련 학회에 적극적으로 참여하여 홍보할 예정임.
- 연구기간 동안 참여한 기업 및 학교의 다양한 의견 수렴과 홍보를 통해 활용도를 높이며 각 분야의 전문가 및 실무자들의 의견 수렴과 다양한 분야에 적용하여 신뢰성을 입증.



[그림 7.1] 사업화계획

제2절 사업화계획

1. 목표시장의 정의 및 시장규모

방폭창 시장이 본격적으로 형성된 건 남선알미늄, 이진창호가 제품을 선보이기 시작한 2008년부터이다. 이후 2009년 LG하우시스가 알루미늄 창호사업을 강화하면서 방폭창을 개발해 선보였으며 커튼월 업체 알루텍은 지난해 이스라엘 ARPAL Aluminum사와 국내 독점 판매 및 해외 판매에 대한 계약을 체결하면서 국내 시장에 공급하고 있다.

처음에는 방폭창 시장 규모를 약 3,000억으로 파악 했지만 국산화 작업으로 인한 제품가격 하락으로 인한 경쟁심화, 용산미군기지 이전 사업 시장상황에 따른 변수 등이 가미되면서 현재 미군기지 관련 방폭창 시장 금액은 많게 잡아 약 2,000억 정도로 보고 있다.

2. 기술 수요 및 현장적용 가능성

국내에서는 『초고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법』이 2011년 3월 8일 제정/공표되어 2012년 3월 9일 시행되고 있다. 여기서 50층 이상 또는 높이가 200m이상인 초고층 건축물 또는 지하연계 복합건축물이 대상이 되며 현재 서울시 관내의 초고층 및 지하연계 복합건축물은 134동이며, 사용 중인 건물은 118동(초고층 15동, 지하연계복합 103동), 공사 중 또는 허가 중인 건물은 16동이 있다.

(주)동양구조안전기술에서는 여러 초고층 건물 및 지하연계 복합건축물 구조설계에 참여를 하고 있으며 여기에 케이블 넷을 적용한 방폭 유리 파사드 시스템을 현장 적용할 계획이다.

3. 사업화 계획

(1) 개발기술의 생산특성

- 핵심원재료 : 케이블 (High tension tie bar sets)

고려재강을 통하여 케이블 수급, 가격변동 거의 없음

1개월 이내 재료투입 가능

- 핵심원재료 : 고기능 유리 (로이유리, 진공유리, 복합유리 등)

KCC, 한글라스 KAC 등을 통하여 유리 수급, 가격변동 거의 없음

2개월 이내 재료투입 가능

(2) 기존 자원 활용정도

- 케이블 (High tension tie bar sets)

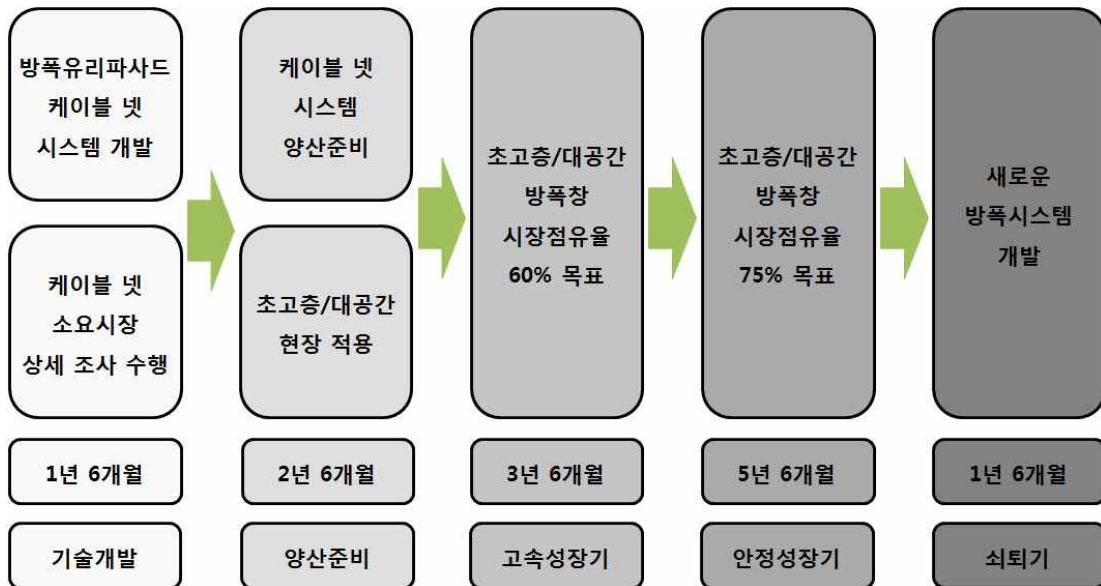
기존 생산라인(설비포함)을 100% 활용 가능

- 고기능 유리 (로이유리, 진공유리, 복합유리 등)

기존에 생산되고 있는 고기능 유리 100% 활용 가능

(3) 최종제품의 제품경쟁력 수준

방폭창은 생명과 보안에 직결된 필수 제품인데도 불구하고 국내에서는 인증기관이 없을 뿐만 아니라 수요가 그리 많지 않아 전량 수입에 의존해 왔었다. 하지만 본 기술이 개발되면 전 세계적으로 방폭창을 생산하는 업체는 이스라엘의 '아르팔'과 미국의 '그라함' 등의 업체와 대등한 제품경쟁력을 확보할 것으로 보인다.



[그림 7.2] 사업화계획

4. 연도별 판매전략

기술수명주기		판매전략	㉠동양구조안전기술	㉡세일비앤시
고속 성장기	2015년	- 양산 제품의 카탈로그 작성 - 신문, 인터넷 등의 매체를 통하여 건축주 및 시공사에게 소개 - 신제품 전시회	- 국내 구조설계 적용 - 구조설계 기술 및 가격 경쟁력 확보 - 매출액 : 2억 이상 예상	- 케이블 제작 및 시공 - 가격 경쟁력 확보 - 매출액 : 3억 이상 예상
	2016년	- ㉠동양구조안전기술에서 수행하는 구조물의 현장 적용 - 매출 상승	- 국내 구조설계 적용 - 설계 주도권 확보 - 매출액 : 5억 이상 예상	- 케이블 제작 및 시공 - 시공기술 주도권 확보 - 매출액 : 10억 이상 예상
	2017년	- 현장 적용 수행 - 매출 상승 - 현장 요구사항 반영 및 현장에서 발생하는 문제점 보완	- 국내 구조설계 적용 - 구조설계기술 보완 - 매출액 : 6억 이상 예상	- 케이블 제작 및 시공 - 제작/시공기술 보완 - 매출액 : 12억 이상 예상
	2018년	- 현장 적용 및 기술 이전 준비 - 매출 상승 - 현장 요구사항 반영 및 현장에서 발생하는 문제점 보완	- 국내 구조설계 적용 - 기술이전준비 - 매출액 : 7억 이상 예상	- 케이블 제작 및 시공 - 기술이전준비 - 매출액 : 13억 이상 예상
안정 성장기	2019년	- 현장 적용 및 기술 이전 수행 - 매출 안정 - 방폭 유리 파사드의 신기술연구 수행	- 국내 구조설계 적용 - 신기술 개발 - 매출액 : 5억 이상 예상	- 케이블 제작 및 시공 - 신기술 개발 - 매출액 : 15억 이상 예상

참고문헌

- 이경훈. 국내 다중이용시설의 테러예방설계를 위한 기초연구- 건물외피경계 및 실내공간의 디자인 요소를 중심으로, 테러정책, 제6호 2009
- 최진태. (2008) 미래 국제 테러 유형과 전망에 관한 연구, 한국경호경비학회지 제 15호, pp. 337~355.
- 최진태. (2008) 미래 국제 테러유형과 전망에 관한 연구, 한국경호경비학회지 제 15호, pp. 337~355.
- 국가정보원, 고려대학교.(2009) 다중이용시설에서의 테러예방을 위한 디자인 지침 개발
- 송진영 (2012) Rapid Visual Screening을 통한 국내 건축물의 테러위험도 분석, 서울과학기술대학교, 석사논문
- 지정환, 윤성원. (2011). “Rapid Visual Screening을 통한 국내 고층건물의 테러위험도 분석”, 한국공간구조학회논문집 제 11권 제2호, PP.55~62,
- 한국공간구조학회, 케이블구조 설계기준 및 해설, 2009
- Geoff Craghead. (2009) High-Rise Security and Fire Life Safety, Third Edition
- DOD. (2008). Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions, UFC 3-340-02
- GSA. (2005). The Facilities Standards for the Public Buildings Service, PBS-P100
- FEMA. (2009), "FEMA 455 - Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to Evaluate Terrorism Risks"
- FEMA. (2003) FEMA 426-Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings
- FEMA. (2003) FEMA 427-Primer for Design of Commercial Buildings to Mitigate Terrorist Attacks
- FEMA. (2005) FEMA 452-Risk Assessment: A How-To Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks
- FEMA. (2009) FEMA 455-Handbook for Rapid Visual Screening of buildings to Evaluate Terrorism Risks
- FEMA 426 (2003), Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings
- FEMA 452. (2005), Risk Assessment A How-To Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings

FEMA 455. (2009), Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to Evaluate Terrorism Risks

China, JG/T 138-2010, Point supporting device for architectural glass, 2010

ASCE Standard, Structural Application of Steel Cables for Buildings, ASCE/SEI 19-10

Peter Rice, Hugh Dutton, Structural Glass, E&FN SPON, 1997

Ulrich Knaack, Tillmann Klein, Marcel Bilow, Thomas Auer, Facade Principle of Construction, 2007

Mic Patterson, Structural Glass Facades and Enclosures, Wiley, 2011

Wong Wan Sie, Analysis and Design of Curtain Wall Systems for High Rise Buildings, Dissertation, University of Southern Queensland Faculty of Engineering and Surveying, 2007