

엘리베이터 피트 내부 작업발판 설치 모형 연구

1995. 12. 31



한국산업안전공단
KOREA INDUSTRIAL SAFETY CORPORATION
산업안전연구원
INDUSTRIAL SAFETY RESEARCH INSTITUTE

제 출 문

한국 산업안전공단 이사장 귀하

본 보고서를 “95 산업안전 연구사업”의 일환으로 수행한 “엘리베이터 피트 내부 작업발판 설치 모형 연구”의 최종보고서로 제출합니다.

1995. 12. 31

주관연구부서 : 산업안전연구원

토목건축연구실

연구수행자 : 선임연구원 최순주

목 차

제 1 장 서 론	7
1. 연구의 배경과 목적	7
2. 연구기간	9
3. 연구방법 및 범위	9
제 2 장 엘리베이터 피트 내부 작업발판.....	12
1. 엘리베이터 피트	12
2. 내부 작업발판	16
3. 안전 작업발판	17
제 3 장 재해사례와 붕괴재해	20
1. 재해사례.....	20
2. 재해사례 분석	21
3. 붕괴재해 특성	27
제 4 장 작업발판 설치 계획과 현장실태	29
1. 계획 실태조사	29
2. 현장 실태조사	36
3. 실태조사 비교 분석.....	41

제 5 장 피트 내부 작업발판 설계지침(안)	43
1. 작업발판 지지구조	43
2. 작업발판 재료규격과 하중산정 및 설계지침(안)	46
3. 작업발판 안전성 평가 사례	57
 제 6 장 결 론.....	65
참고문헌	66
부록1. 중대재해 사례 속보 93-24호.....	68
부록2. 엘리베이터 피트 관련 재해사례.....	70
부록3. 피트 내부 작업발판 계획실태.....	74
부록4. 피트 내부 작업발판 설치실태 조사표	76
부록5. 엘리베이터 피트 내부 작업발판 설치실태	78
부록6. 발판 구성부재의 지지구조별 결속실태	81

표 목 차

(표-1) 승용승강기 설치대상 건축물	12
(표-2) 승강기 설치 기준	13
(표-3) 비상용 승강기 설치기준	14
(표-4) 년도별 피트 작업발판 붕괴	21
(표-5) 피트 재해자 작업위치	22
(표-6) 피트 내부 재해	22
(표-7) 근로자 측면 재해원인	23
(표-8) 안전시설 측면 재해원인	24
(표-9) 피트 내부 작업발판 재해현황	25
(표-10) 작업발판 지지구조별 재해	26
(표-11) 작업별 붕괴 재해현황	26
(표-12) 조사대상 건축물 용도	29
(표-13) 작업발판 지지구조 계획	30
(표-14) 강관 비계 작업발판 구성부재	31
(표-15) 슬리브 매입구조 작업발판 구성부재	34
(표-16) 철근 매입구조 작업발판 구성부재	35
(표-17) 작업발판 지지구조	37
(표-18) 작업발판 재료	37
(표-19) 사용합판의 두께	38
(표-20) 장선과 멍에재의 재질과 규격	38

(표-21) 비계구조 구성부재 결속상태	39
(표-22) 슬리브 구조 구성부재 결속 상태	40
(표-23) 지지구조 비교	41
(표-24) 작업발판의 대표적인 부재규격	42
(표-25) 지지구조별 재해유무와 건설현장 선호도	46
(표-26) 합판의 단면성능	47
(표-27) 미송각재의 허용응력 기준	48
(표-28) 미송각재의 단면성능	48
(표-29) 강관파이프의 단면성능	49
(표-30) 각형강관의 단면성능	49
(표-31) 철선의 규격 및 허용하중.....	51
(표-32) 못의 허용뽑힘 하중	51
(표-33) 고정하중 산정에 필요한 단위 중량	52
(표-34) 적재하중 산정에 필요한 단위 중량	53
(표-35) 일시적 하중의 산정 기준.....	54
(표-36) 하중과 지지조건 및 안전성 검토	56
(표-37) 피트 내부 강관 비계 구조 제한	58
(표-38) 작업발판 가정	58
(표-39) 고정하중.....	59
(표-40) 적재하중.....	60

그 림 목 차

(그림-1) 연구흐름도	10
(그림-2) 피트의 배치	15
(그림-3) 안전 작업 발판 구조	19
(그림-4) 피트 내부 작업발판 설계순서	55

여 백

제 1 장 서 론

1. 연구의 배경과 목적

가. 연구의 배경

현대 건축물이 고층화되어짐에 따라 사용자의 이동과 화물의 운반 그리고 화재 발생 등의 비상시에 피난을 목적으로 승강기를 설치하여 사용하고 있다. 사용자에게 많은 편의를 제공하는 승강기는 당해 건축물의 구획된 공간인 엘리베이터 피트(이하 “피트”라 한다) 내부에 설치하게 된다. 그러나 건축물의 피트의 시공 과정에서는 많은 위험 작업이 수반되고 있으며, 피트 구축에 사용하기 위해 설치하는 가시설물인 피트 내부 작업발판에서 재해가 빈발하고 있는 실정이다. 특히 피트내부 작업발판 붕괴재해는 '92년도 한국산업안전공단(이하 “공단”이라 한다)에서 직접 조사한 건설업 중대재해 379건중 14건이 작업발판의 설치 및 구조 불량에 기인하여 재해가 발생하였다.

따라서, 공단에서는 피트 내부 작업발판 붕괴재해와 같은 유사·동종재해의 예방을 위하여 팩시밀리(FAX)를 통한 중대재해 속보를 활용하여 현대건설(주)외 77개 건설업체 안전관리부서장과 재해예방 유관기관 및 언론매체에 알려 관련직원 및 산하현장과 협력업체의 교육을 통하여 동종재해 예방을 위한 노력을 당부하였다. 이와 동시에 붕괴의 우려가 없는 안전한 구조의 작업발판 설치 모델 3종을 제안하는 등 재해예방을 위하여 적극 대처하였다. 그러나 공단에서 제안한 3종의 작업발판 구조는 현재 건설현장에서 설치하는 작업발판 지지구조중 비교적

안전이 확보되었다고 판단된 지지구조를 모델로 제시하여 설치·사용을 권장하였으나 계속해서 동종재해는 발생하고 있다.

따라서 작업발판 지지구조의 안전성에 대한 역학적 검증이 필요하며, 검증을 통해 붕괴의 우려가 없는 안전작업발판의 설계를 위해서는 작업발판에 작용하는 하중조건 과 구성재료에 대한 단면성능 등의 안전작업발판 설계를 위한 기초자료의 정리가 요구되고 있다.

나. 연구목적

피트 내부에 설치하는 작업발판 설치 구조는 연구의 배경에서 서술한 바와 같이 공단에서 붕괴의 우려가 없는 안전작업발판 구조 3종을 제안하였다.

그러나 기 제안된 안전 작업발판 구조는 지지구조의 형상은 제안하였으나 작업발판 지지 구조의 구성부재 각각에 대한 재료규격과 배치간격 등은 전혀 제시되어 있지 않은 실정으로, 이는 건설현장에서 작업하는 근로자 자신의 경험에 의해 기 제안된 지지구조와 형태로서 적당히 조립할 수 있는 우려가 있다.

따라서 본 연구에서는 재해사례의 분석을 통하여 재해다발 지지구조를 도출하여 위험 지지구조의 조립 및 설치를 억제시키고, 실태조사를 통하여 피트 내부 작업발판 지지구조의 구성 부재에 대한 사용 재료를 파악하여 재료규격과 허용응력 등을 정리하여 현장 실정에 적합한 설계지침과, 건설현장의 작업조건에 따라 안전작업에 필요한 작업발판의 설계 기초자료를 제공하여 현장에서 가장 선호도가 높은 지지구조에 제시된 설계기초자료 적용시킨 안전성 평가사례를 예시하여 활용케 함으로써 향후 피트 내부 작업발판 붕괴재해의 감소에 기여함을 목적으로 한다.

2. 연구기간

본 연구의 연구기간은 1995. 1. 1부터 1995. 12. 31까지 수행하였다.

3. 연구방법 및 범위

가. 연구방법

승강기 설치를 하여 피트의 구축에 소요되는 붕괴의 우려가 없는 피트 내부 안전 작업발판의 안전성 검토에 필요한 설계기초자료를 제공하여, 현장 기술자가 당해 현장의 작업여건에 따라 안전성을 검토한 다음 작업발판을 설치 함으로써, 피트 내부 작업발판 붕괴재해 예방의 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 연구 방법으로 진행하였다.

첫째, '93년도 부터 공단에서 직접 조사하여 분석한 중대재해 속보중 피트내부 작업발판 붕괴재해 사례를 발굴, 재해유발 지지구조, 하중상태, 사용재료, 재해특성등을 분석하였다.

둘째, 건설현장에서 작성한 유해위험방지계획서를 조사 분석하여 피트 내부 작업발판의 설치 유형을 도출하고, 지지구조 각각의 구성재료, 부재배치간격, 결속 방법 등에 대한 계획단계에서의 문제점을 도출하였다.

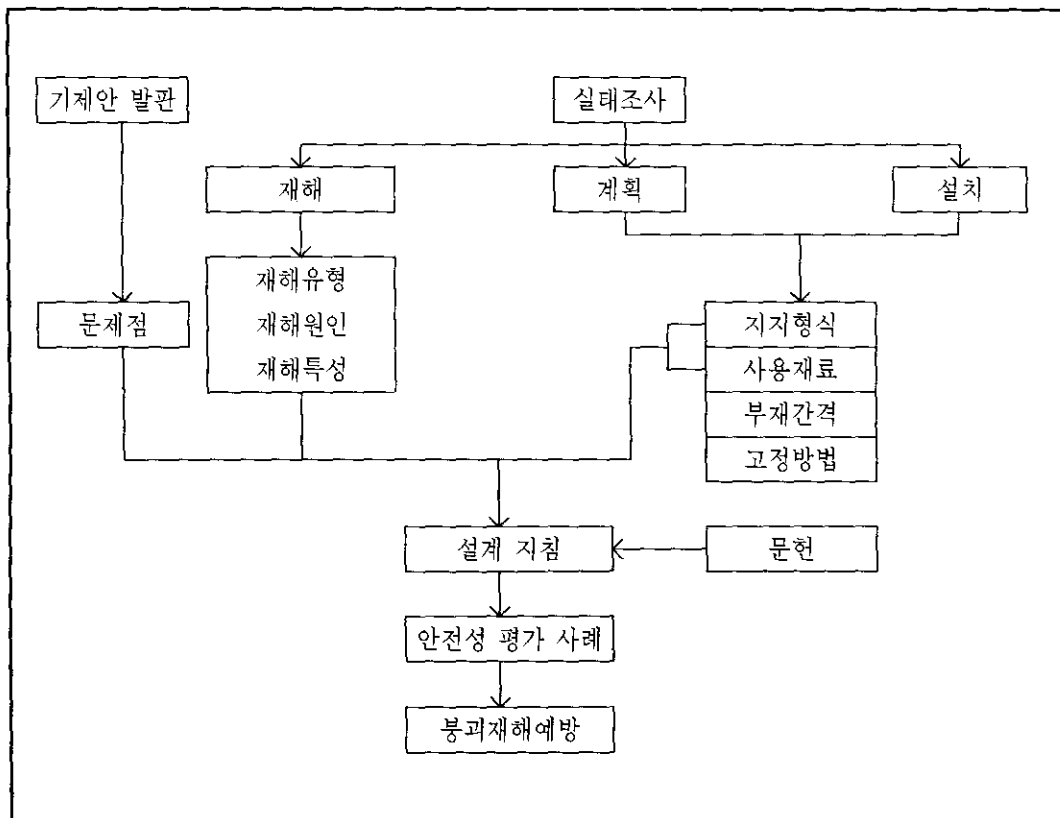
셋째, 건설현장에서 가장 많이 조립하고 있는 피트내부 작업발판 구조에 대하여 현장 실태조사를 근거하여 작업발판에 작용하는 하중과 사용재료, 부재배치간

격, 결속방법 등을 분석하여 문제점을 도출하였다.

넷째, 피트 내부 작업발판 설치 계획상의 문제점과 설치 실태조사 분석에서 도출된 문제점을 해결하기 위한 대책으로서 하중산정, 재료규격과 허용응력등의 설계기초자료를 제시하고, 구조설계 지침(안)을 제안하였다.

다섯째, 실태조사에서 파악한 피트 내부 작업발판 지지구조로서 현장에서 가장 설치 및 사용 빈도가 높은 지지구조에 대하여 제안된 설계지침을 적용하여 작업발판의 안전성 검토 사례를 제시하였다.

상기의 내용을 정리한 연구 흐름도(그림-1)는 다음과 같다.



(그림-1) 연구흐름도

나. 연구범위

건축물 시공과정에서의 피트 용벽 구축에 사용되는 가설구조물인 작업발판 붕괴 재해 예방을 위하여 본 연구에서는 재해사례를 분석하여 이제까지 재해를 발생시킨 작업발판 구조의 문제점을 파악하고, 현장에서 공사 착공전 계획한 작업발판 설치계획서 및 현장에서 주로 사용하고 있는 지지구조의 설치실태를 조사 분석하여 구조적 문제점을 해결할 수 있는 대책으로서, 현장에서 사용하고 있는 재료 규격에 따른 허용응력, 고려해야 할 하중산정기준 및 안전한 구조의 작업발판 설계 지침(안)을 제시하여, 현장에서 주로 사용하는 작업발판 지지구조에 작업발판 설계 지침 및 아파트 엘리베이터 피트 내부에 설치하는 피트 작업발판의 안전성 검토 사례의 예시까지를 연구의 범위로 설정하였다.

제 2 장 엘리베이터 피트 내부 작업발판

1. 엘리베이터 피트

엘리베이터 피트(Elevator Pit)는 건축물이 고층화·대형화·지하화 되어짐에 따라 사람이나 화물을 수직으로 수송하기 위한 통로로서 승강기와 비상시의 피난을 위한 비상용 승강기 설치를 위한 설치공간이다.

승강기 설치기준은 건설부령이 정한 기준에 따라 승용승강기와 비상용 승강기로 구분되며, 승용승강기의 경우 설치대상 건축물(표-1)은 연면적 2000m²이상이므로 6층 이상인 건축물이며, 이중 4대 이상의 승용승강기를 설치하는 근린 공공시설, 의료시설, 연면적 5000m²이상인 판매시설, ...등은 1대이상의 승용승강기를 지체 부자유자가 이용할 수 있도록 건설부령이 정하는 기준에 따라 설치하여야 한다. 또한 승강기 설치기준(표-2)은 건축물의 용도와 6층이상의 거실 면적의 합계에 따라 결정된다.

(표-1) 설치대상 건축물

설치해야 할 건축물	설치하지 않아도 되는 건축물
연면적이 2,000m ² 이상으로 6층이상인 건축물	6층인 건축물로서 각층의 거실 용도에 쓰이는 바닥면적 300m ² 마다 1이상의 직통계단이 설치된 경우

(표-2) 승강기 설치기준

건축물의 용도	6층 이상의 거실바닥면적의 합계(Am ²)	
	3,000m ² 이하	3,00m ² 초과
의료시설·관람집회시설· 판매시설	2대	2대 + $\frac{A-3,000m^2}{2,000m^2}$ (대)
전시시설·위락시설·숙박 시설·업무시설	1대	1대 + $\frac{A-3,000m^2}{2,000m^2}$ (대)
교육연구시설·공동주택· 노유자시설·기타	1대	1대 + $\frac{A-3,000m^2}{2,000m^2}$ (대)

(주) 탑승인원에 따라 8인승을 기준으로 하며, 16인승 이상은 2대로 본다.

또한, 비상용 승강기의 설치기준(표-3)은 높이 31m를 넘는 건축물에 2대 이상 설치할 때에는 화재시 소화활동에 지장이 없도록 일정 간격을 두고 설치하여야 한다.

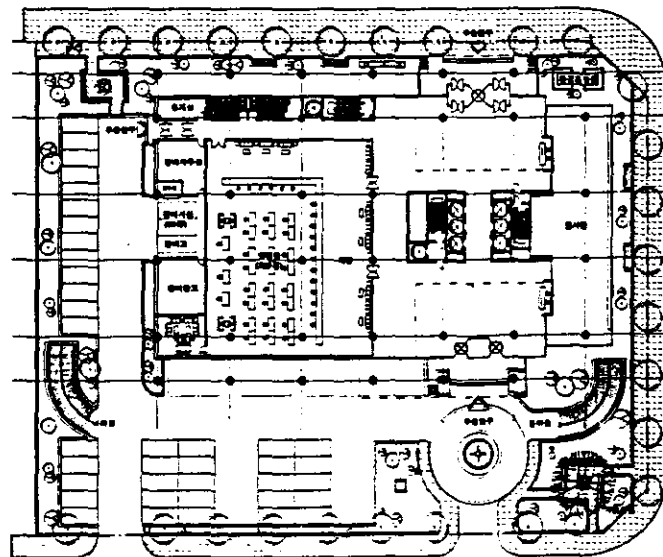
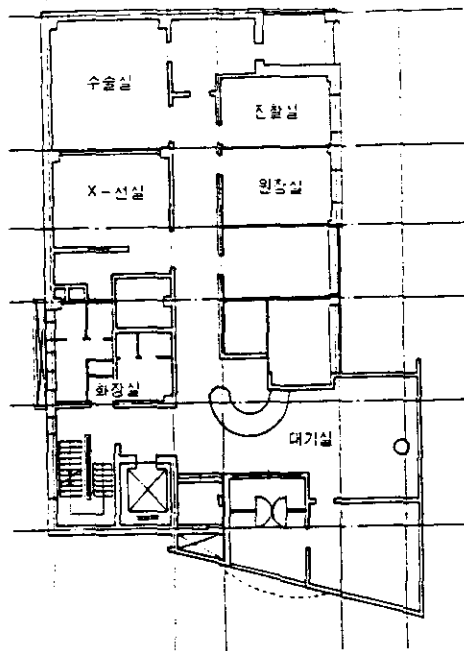
다만, 높이 31m를 넘는 각층 부분에 있어서

1. 그 부분이 거실이 아닌 경우
2. 그 부분의 바닥면적의 합계가 500m² 이하인 경우
3. 그 부분의 층수가 4개층 이하로서, 거실의 바닥면적 200m²(불연내장인 경우 500m²)이내마다 방화구획한 경우에는 예외로 규정되어 있다.

(표-3) 비상용 승강기 설치기준

높이 31m를 넘는 각층의 바닥면적중 최대 바닥면적($A\text{m}^2$)	설 치 대 수
$1,500\text{m}^2$ 이하	1대
$1,500\text{m}^2$ 초과	$1\text{대} + \frac{A-1,500\text{m}^2}{3,00\text{m}^2}$ (대)

승강기 설치대수는 당해 건축물의 용도와 6층이상의 거실바닥 면적의 합계에 따라 결정되며, 결국 승강기 설치대수는 피트의 크기를 결정하는 주요한 요소가 된다. 또한, 승강기의 설치는 그 건축물의 기능적인 요소를 극대화 시키기 위하여 건축계획에서 Core System으로 하나의 피트 속에 여러대의 승강기를 설치하는 것이 일반적이다. 최근 국내에서 시공중이거나 완공되어 사용중인 건축물의 피트 내부에 승강기 설치대수는 공동주택의 경우 1대 또는 2대를 배치하고 있으며, 일반 건축물의 경우 1대에서 8대까지 배치하고 있다. 실례로서 승강기 설치를 위한 피트의 크기는 현재 능곡지구 주택공사에서 시공중인 설계도면을 참고하면 승강기 1대 설치를 위한 피트의 크기는 2860×2800 으로 설계되어 있으며, 승강기 2대 설치를 위한 피트의 크기는 4800×2800 으로 설계되어 있다. 그러나 피트의 크기는 약간씩 차이가 있으며 승강기 제작업체의 사양과 설계자의 승강기 배치 계획에 따라 다양하다.(그림-2) 따라서 피트의 구축에 필요한 가설 구조물인 작업발판 구조는 피트의 크기에 따라 적절한 구조형식을 선정하여야 한다.



(그림-2) 피트의 배치

2. 내부 작업발판

피트 내부에 설치하는 작업발판은 오래전 부터 붕괴 및 추락재해가 빈번히 발생하는 기인물이었다. 이러한 재해를 예방하고자 공단에서는 중대재해사례 속보를 통한 안전의식 고취와 안전점검 등을 통한 지속적인 홍보와 개선방법의 지도 결과 및 업계의 자구적 노력의 결과로서 재해 감소효과를 가져왔다. 그러나 영세 건설현장과 안전의식이 결여된 건설현장에서는 아직도 불안정한 지지구조에 부적절한 재료를 이용하여 작업발판을 조립하여 사용하고 있어 붕괴재해 발생의 우려가 항상 존재한다.

현재 건설현장에서 피트 내부 작업발판 구조의 설치 유형을 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 강관비계를 조립하여 작업발판 설치
- 2) 거푸집 작업시 매입한 Sleeve에 강관 파이프를 수평으로 연결하여 작업발판 설치
- 3) 거푸집 작업시 매입한 Sleeve나 Cone 구멍을 활용하여 Bracket을 설치하여 작업발판 설치
- 4) Cone 구멍을 활용하여 철근 또는 앵커볼트를 관통시켜 돌출시키고 그 상부에 작업발판 설치
- 5) 피트 옹벽에 미리 매입해 놓은 철근 상부에 작업발판 설치
- 6) 미리 매입해 놓은 철근에 강관 파이프 또는 파이프를 써포트를 끼우고 그 상부에 작업발판 설치
- 7) 바닥 철근 배근시 피트 내부에 바닥 철근을 배근하여 그 상부에 작업 발판

설치.

- 8) 유러폼 긴결재인 FLAT TIE상부에 작업발판 설치 하거나 FLAT TIE에 강관 파이프 또는 파이프 씨포트를 끼워 그 상부에 작업발판 설치
- 9) 거푸집 지보공인 파이프 씨포트를 옹벽 사이에 수평으로 걸어 놓고 그 상부에 작업발판 설치
- 10) 피트 내부 작업발판 설치를 위한 전용 강관틀 비계로서 작업발판 설치
- 11) 피트 내부 전용 작업발판 설치
- 12) GANG FORM과 같이 거푸집에 일체로 작업발판을 설치하는 등의 여러가지 유형이 있다.

그러나 본 연구의 연구대상 범위는 현장에서 설치하는 작업발판 구조로 국한 하였다. 그 이유는 전용 작업발판의 경우 제조 회사에의 사양이 각기 다르기 때문이다. 따라서 상기의 많은 유형중 본 연구 대상의 작업발판 구조는 1)~9)까지는 된다.

3. 안전 작업발판

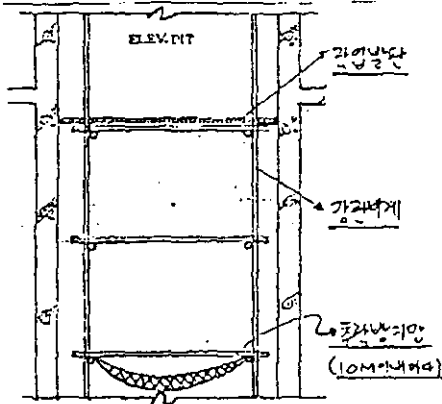
Flat Tie를 이용하여 작업발판을 조립한 구조에서 '92년 공단에서 조사한 건설업 중대재해 379건중 14건이 동일한 형태의 붕괴 재해가 발생하였으며, '93. 3. 5 ○○건설(주)가 시공하는 해운 2차 아파트 신축공사 현장에서 피트 내부에 설치한 작업발판에서 붕괴 재해가 발생하자 중대재해사태속보 제 93-24호(부록-1)를 이용 78개 건설업체와 유관기관, 언론 매체 등에 알려 경각심을 고취 시키고자 하였다.

또한 피트내부 작업발판 설치시에는 발판 붕괴의 우려가 없는 안전한 구조로 설치토록 권장 하였으며 그 설치 모형으로 비계발판 설치구조, 슬리브 매입구조 철근 매입구조 형식의 제안이 안전 작업발판 구조의 시초라 할 수 있다. 그 이후 여러종류의 기술자료 및 홍보자료에 철근 매입구조는 배제되고 Bracket을 이용한 구조형태가 많이 나타나고 있다.

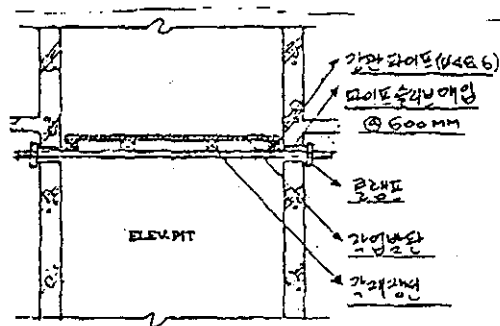
그러나 기 제안된 안전 작업발판 구조(그림-3)는 단지 지지구조의 형태만 제시한 것이며, 그 구조를 구성하는 재료에 대한 규격, 부재의 배치간격, 결속방법에 대한 언급이 전혀 없으며, 피트의 크기 변화에 대응에는 한계가 있다.

이는 결국 건설현장 근로자에게 형태만 제시하게 됨으로써, 이를 직접 조립 설치하는 근로자들이 작업발판 구성 재료의 선정과 부재배치 간격 등이 이들의 경험에 의해 결정될 가능성을 배제할 수 없다. 또한 건설현장에서 작성 제출하는 유해위험방지계획서 심사서류에서도 재료 규격과 부재 간격, 고정 방법 등에 대하여 거의 제시하지 않고 있으며, 자신들이 시공하는 건축물의 피트 크기에 따라 적절한 작업발판 지지구조를 선정하여 계획을 수립하여야 함에도 기 제안된 작업발판 구조 형태를 복사하여 계획을 수립 하는데 더욱 문제가 있다.

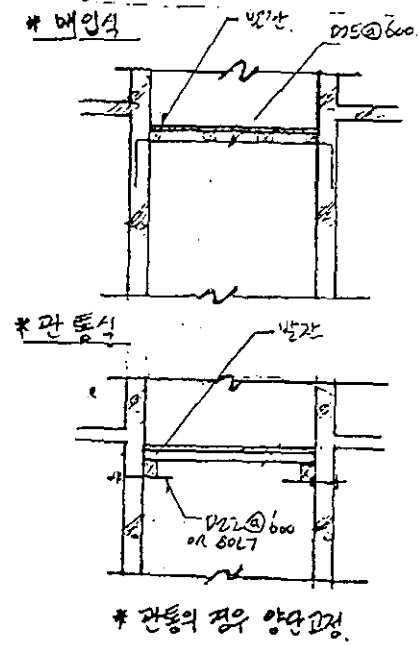
(제1안) 비계발판 설치구조



(제2안) 슬리브 매입구조



(제3안) 철근 매입 구조



(그림-3) 안전 작업발판 구조

제 3 장 재해사례와 붕괴재해

1. 재해사례

엘리베이터 피트 재해사례는 공단에서 직접 조사하여 작성한 건설중대재해 조사 보고서를 공단에서 요약 정리하여 건설업체의 안전관리부서장 및 재해예방 유관기관 과 언론사 등에 93년도부터 송부한 중대재해사례 속보 자료에서 재해사례를 발굴하였다(부록-2).

피트 관련 재해가 연속적으로 발생하자 공단에서는 재해속보 93-24호를 기해 피트내부 작업발판 붕괴재해가 92년도에도 14건이 발생하였음을 알리고, 유사 동종재해 예방의 목적을 위하여 붕괴의 우려가 없는 3종 4가지 형태의 안전작업 발판 지지구조를 제시하여 건설현장에 전파하였다. 그러나 93년도에도 동종재해가 감소하지 않고 연속 4건이 발생하자 별도의 속보(93. 4. 8)를 통하여 피트 내부 작업발판 설치를 속보자료 93-24호에서 제안한 지지구조로써 조립할 것을 당부하면서, “FAX 속보 및 추락재해방지 모델 등을 통해 수차에 걸쳐 예방대책을 제시한 바 있으나 예방조치의 미흡으로 동종재해가 다발하는 것으로 사료되어 그 예방대책을 재송부 하오니 산하현장에 대하여 엄격히 준수하도록 조치하여 이후 동종재해가 발생하지 않도록 노력하여 주시기 바랍니다”라고 송부하였다.

이는 피트 내부 작업발판 붕괴재해가 얼마나 심각한 문제였음을 보여주는 사례라 할 수 있으며, 피트 관련 년도별 재해건수와 공단에서 직접조사한 건설중대재해건수는 다음과 같다(표-4). 단, 이 자료에서 '92년도 재해는 내부 작업발판

붕괴 재해 건수만을 대상으로 한 것이지 피트외부에서 피트내부로 추락재해나 승강기 설치 및 시운전중의 추락 및 현착재해는 제외한 수치이다.

(표-4) 년도별 피트 작업발판 재해 붕괴

구 분 \ 년 도	계	'92	'93	'94
중대재해	1158	379	361	418
피트재해	36	14	15	7
구 성 비	3.1	3.69	4.15	1.67

표-4에서 보는 바와 같이 3년동안 피트 재해건수는 3퍼센트 정도에 불과하지만, 실제 피트와 유사한 작업장소인 지하철 공사에서의 환기구, 건축물 공사에서의 Dry Area, 공사중의 작업발판 붕괴 재해를 포함하면, 실제 재해건수는 이보다 훨씬 많을 것으로 사료된다.

그러나 공단 및 업계의 자구 노력 및 거푸집공사의 신공법 도입등으로 '94년도 재해가 상당히 감소되어 바람직한 현상을 보이고 있으나 영세 건설업체에서는 아직도 안전의식 결여 및 관리조직의 미비에 의해 재해가 빈발하고 있는 실정이다.

2. 재해사례 분석

엘리베이터 피트 관련 재해사례 36건에서 재해자의 위치(표-5)를 분석한 결과 피트 내부 작업자 재해와 피트 외부 작업자 재해로 대별할 수 있으며, 내부에서 발생한 재해의 대부분은 작업발판 설치구조 불량에서 재해가 기인한 것이다. 또한 외부에서 작업중 피트 내부로 추락한 재해는 안전난간 미설치에 기인한 재

해와, 안전난간을 설치 하였더라도 간이 작업대를 이용한 작업중 피트 내부로 추락하여 발생한 재해가 많았다. 간이작업대 상부에서의 작업중 발생하는 추락 재해는, 결국 표준 안전 난간의 높이가 간이작업대 높이 만큼 낮아지게 되므로, 이러한 간이 작업대 상부 작업시 표준 안전 난간의 높이는 근로자의 작업위치로 부터 표준안전난간 높이 만큼 반드시 조절하여야 한다. 그리고 골조공사 완료후 승강기 설치 및 시운전 도중 발생하는 재해도 상당수 발생하고 있으므로, 승강기 설치공사에서의 안전대책 마련이 요청된다.

(표-5) 피트 재해자 작업위치

구 분	계	재해자 작업위치	
		내 부	외 부
재해건수	36	30	6
백 분 율	100	83	17

피트관련 재해중 피트 내부 재해 30건에서 재해 유형(표-6)을 분석한 결과 작업발판 구조 불량에 의한 붕괴 재해는 21건으로서 70%이며, 작업발판 설치 및 해체와 승강기 설치 및 검사 작업 등에서 8건의 추락 재해가 발생하였으며, 승강기 작동검사 중 발생한 협착재해 1건이 있었다. 이는 피트 내부에서 발생하는 재해의 주된 원인은 작업발판의 불안정한 구조에 기인하고 있음을 입증하고 있다.

(표-6) 피트 내부 재해 유형

구 분	계	붕 괴	추 락			협 착
			설치·해체	승강기	기 타	
재해건수	30	21	4	3	1	1
구 성 비	100	70	14	10	3	3

엘리베이터 피트 관련 재해조사 보고서에서는 재해원인으로서 재해건당 1가지 원인에서 4가지 원인을 재해발생의 원인으로 들고 있다. 이는 건설재해의 재해원인이 복합적 원인에 의해 발생하고 있으며 또한 재해원인을 근로자 과실과 관리적 측면, 그리고 안전시설 미비와 작업방법 불량 등의 다양한 재해원인을 제시하고 있다.

이들 재해 원인을 근로자와, 안전시설 측면 등의 관점에서 재해원인을 정리하면 다음과 같다.

근로자 측면에서의 재해원인(표-7)으로는 안전대 미착용이 11건으로서 가장 많고, 개인보호구 미착용 및 착용상태 불량이 4건, 안전의식 결여 2건 등을 재해원인으로 보고 있다. 그러나 안전대 미착용은 안전대 부착시설의 설치 유무와 밀접한 관련이 있으며, 이는 결국 안전시설의 하나인 안전대 부착시설 미설치 및 미비가 7건이나 되고 있어 근로자 만의 책임이 아니라 건설업체에도 책임이 있다. 즉 안전대 부착 시설의 설비는 설치하지 않으면서 안전대 지급만 하면 된다는 사고의 전환이 요구된다.

(표-7) 근로자 측면 재해원인

재 해 원 인	건 수	계
안전대 미착용	11	17
개인보호구 미착용 및 착용상태 불량	4	
안전의식 결여	2	

관리적 측면에서의 재해원인은 위험작업에 안전담당자를 지정하여 감독을 하여야 하나, 안전담당자 미지정 원인이 4건이 있었으며, 이는 건축공사의 대부분이 협력회사에 의해 시공되므로 협력회사의 영세성과 관리 조직의 불비에서 나타나

는 결과라 사료된다.

작업적 측면에서 보면 작업순서를 무시하는 등의 원인이 4건, 과다적치와, 거푸집 조립불량을 재해 원인으로 각각 2건 있었다. 이는 근로자 개인적 측면에서의 안전의식 결여가 작업방법 불량이나 과다적치 작업에 관련이 있으며, 안전 담당자 미 배치에 의한 관리감독 소홀에 기인하는 것으로 사료된다.

안전시설 측면에서의 재해원인(표-8)은 36건의 재해사례에서 총 52건의 재해 원인 중, 작업발판에 관련된 재해원인이 28건으로서 거의 모든 피트 관련 재해의 원인이었으며, 추락재해 방호시설인 방망의 미설치 및 설치불량이 11건 이었다. 그러나 방망은 단순 추락재해 발생시 방호는 가능하지만 붕괴재해 발생시에는 방망에 의한 재해 예방은 실제 불가능 하다. 그리고 안전대 부착시설 미설치 및 미비가 7건이었으며, 이는 근로자가 안전대를 착용하지 않는 하나의 이유로도 사료되며, 실제 붕괴재해시 근로자를 보호할 수 있는 유일한 대책이기도 하다.

(표-8) 안전시설 측면 재해원인

재 해 원 인	건 수	계
작업발판 미설치	2	52
작업발판 설치불량	26	
안전대 부착시설 미설치	6	
안전대 부착시설 미비	2	
안전난간 미설치	5	
방망 미설치	9	
방망 설치불량	2	
비계 및 벽연결 조립 불량	1	

(표-8)에서 보면 안전난간 미설치에 의한 재해원인으로 5건을 들고 있으나, 안전난간은 피트 외부 작업자를 위한 재해방지 시설이지 피트 내부에서 발생하는 붕괴재해 예방을 위한 안전 시설은 아니다.

따라서, 피트 내부 작업발판 붕괴재해 발생시에는 결국 작업발판 지지구조의 안전성이 최우선적으로 선행 되어야 하며, 그 다음 피트내부 작업자가 사용할 수 있는 안전대 부착시설의 설치 및 안전대 착용과 작업발판의 설치·해체시 단순 추락재해 방호 시설인 방망의 설치로서 재해를 예방할 수 있다.

다시 말해서 피트내부 작업자 재해감소를 위한 방호시설은 안전한 작업발판, 안전대 부착시설 및 안전대 사용 그리고 설치 및 해체 작업에서의 추락방지를 위한 방망의 설치로서 재해의 예방이 가능하다.

(표-9) 피트내부 작업발판 재해

지지구조		재해현황			
지 지 물	구성부재	작 업	유형	전수	계
FLAT TIE	장선→발판	거푸집 해체	붕괴	15	17
	멍에→장선→발판	콘크리트 타설	붕괴	1	
	P.S→발판	작업발판 해체	붕괴	1	
FLAT TIE+지보공	멍에→작업발판→지보공	콘크리트 타설	붕괴	1	1
철근(관통형)	멍에→장선→발판	콘크리트 타설	붕괴	1	3
		작업발판 해체	전도	1	
		거푸집 조립	붕괴	1	
지보공	멍에→장선→발판	콘크리트 타설	붕괴	1 1	2
FORM TIE BOLT	장선→발판	콘크리트 타설	붕괴	1	2
	P.S→발판	거푸집 해체	붕괴	1	
기성품	작업발판	작업발판 조립	전도	1	1

이들 26건의 재해를 유발시킨 작업발판 지지구조의 지지물을 분석한 결과(표-10) 거푸집 간격 및 긴결재인 FLAT TIE를 이용한 구조에서 65.4%의 재해가 발생하였으며, 철근 관통형 구조에서도 11.5%를 점유하고 있다. 또한 FORM TIE BOLT와 지보공 구조에서 각각 7.8%, 그리고 비계 및 피트 내부 전용 작업발판으로 시판되고 있는 기성제품에서도 설치작업중 1건의 재해가 발생하였다. 상기의 결과에서 나타난 바와 같이 피트 내부 작업발판을 지지하는 최종 지지물이 유러폼(Euro Form)의 긴결재인 FLAT TIE를 이용하여 피트내부 작업발판의 설치는 근절되어야 한다.

(표-10) 작업발판 지지구조별 재해

구조 구분	계	FLAT TIE	FLAT TIE + 지보공	철근관통	FORM TIE	지보공	기성품
재해건수	25	17	1	3	2	1	1
구성비	100	65.4	3.7	11.5	7.8	3.7	3.7

(표-10)에서 나타난 바와 같이 작업발판에 걸리는 하중을 최종적으로 지지하는 지지물은 다양하며, 지지물 위에 조립하는 작업발판 구조 역시 표-9에서 보는 바와 같이 다양하다. 즉 수평으로 설치된 Pipe Support위에 바로 작업발판을 설치하는가 하면, 지지물 위에 멍에→장선→발판 순으로 설치하거나, 장선→발판 순으로 설치하고 있다.

92년도에 발생한 14건의 붕괴재해는 재해조사보고서가 없기 때문에 어느 작업중 재해가 발생하였는지 파악이 곤란하지만, 모두 거푸집 해체작업에서의 과다적하에 의한 작업이라 단언하기는 어렵다. 따라서 작업별 재해분석에서는 92년도에

발생한 재해 14건을 제외한 11건의 재해를 대상으로 분석한 결과 (표-11)를 보면, 콘크리트 타설작업에서의 재해가 45.4%이며, 거푸집 작업과 작업발판의 조립 해체 작업에서의 재해는 각각 26.3%이었다. 또한 거푸집작업 재해를 세분화 하면 조립보다는 해체작업에서 재해가 많았으며, 작업발판 관련 작업에서도 해체 작업에서 조립작업보다 더 재해가 발생하고 있어 조립보다는 해체 작업이 보다 위험작업으로 분석되었다.

(표- 11) 작업별 붕괴 재해현황

작업명 구 분	콘크리트 타설	거푸집		작업발판	
		조립	해체	조립	해체
재해건수	5	1	2	1	2

이는 결국 작업발판 지지구조와 구성부재의 재료에 대한 결함이 가장 큰 원인을 재해 분석을 통해 입증되었다. 그러나 실제 재해속보의 자료를 가지고는 작업발판을 구성하고 있는 어느 부재의 결함에 의해 재해가 발생하였는가에 대한 판단이 어려운 실정이며, 사용부재의 규격과 부재간의 배치간격에 대해 알 수 없으며 구성부재의 결속재료 와 방법에 대해서도 거의 파악을 할 수 없었다.

3. 붕괴 재해 특성

피트 내부 작업발판 붕괴 재해는 지지구조 결함과 작업발판 결함으로 대별할 수 있다. 지지구조 자체에 의한 결함으로 발생하는 붕괴 재해는 작업발판 설치 용도가 아닌 바닥 거푸집 지보공을 이용한 구조 또는 거푸집 긴결재인 FLAT

TIE 또는 FLAT TIE BOLT를 이용하여 작업발판을 설치함으로써 불안정한 지구구조 결함에 의해 재해가 발생하는 근원적 문제가 있으나 이들 재료는 작업발판 설치를 위한 재료가 아니라 타작업 전용재료이다. 따라서 이는 안전의식 결여에 의한 인재로서 건설 현장에서 타용도의 재료를 활용하여 작업발판을 설치해서는 안된다.

피트 내부 작업발판 붕괴 재해의 특성은

첫째, 거푸집 해체 작업에서의 과다 적치에 의한 적재 하중의 증가.

둘째, 거푸집 조립 불량으로 콘크리트 타설 작업에서의 누출 콘크리트에 의한 일시적 하중의 증가.

셋째, 결함이 있는 재료의 사용에 의해 붕괴재해가 발생하고 있다.

따라서 피트 내부 작업발판 붕괴 재해는 재료적 결함에서 발생하는 재해와 일시적 하중 증가에 의해 발생되므로 작업발판 구성 재료에 대한 규격과 안전성 평가에 필요한 단면의 제성능에 대한 설계자료가 요구되며, 일시적 하중 증가에 대한 안전성 확보를 위하여 작업발판에 작용하는 하중의 종류와 크기에 대한 하중 산정 기준의 제시가 요구된다.

제 4 장 작업발판 계획과 현장 실태

1. 계획실태 조사

피트 내부 작업발판 설치 계획에 대한 실태조사는 당해 공사를 시행함에 있어 공사기간에 발생할 우려가 있는 유해·위험작업에서의 재해방지를 목적으로 공사 착공 30일 이전에 건설현장에서 직접계획하여 작성한 유해·위험방지계획서를 근거로 조사 하였다.

조사대상 현장은 한국산업안전공단 서울북부기술지도원에 접수된 계획서에서 승강기가 설치되는 건축물 공사의 유해·위험방지계획서중 50개 건설현장의 피트 내부 작업발판 설치계획(부록-3)을 무작위로 추출하여 조사대상으로 하였다. 조사대상 건축물의 용도(표-12)는 주거용 건축물인 아파트 건설현장이 86%이며, 주상복합, 오피스 병원등 다양하였다.

(표-12) 조사대상 건축물 용도

용 도 구 분	계	아파트	주상복합	오피스	병원	숙박시설	상가
건 수	50	43	1	2	2	2	1
구 성 비	100	86	2	4	4	4	2

승강기를 분산하여 설치하는 건축물인 경우 당해 건축물에서 가장 많은 승강기가 설치되는 피트로 한정하여 조사하였다. 그 결과 아파트에서는 피트 1개소에 1

대 승강기를 설치하는 것이 일반적이나, 곤도라 설치 사용에서의 위험을 방지하고자 화물전용 승강기를 포함하여 2대의 승강기를 피트 1개소에 설치하는 사례도 있었다. 주거용을 제외한 용도의 건축물에서는 건축물의 연면적 등에 따라 건축법령에서 정하고 있는 승강기를 설치하여야 하므로, 피트 1개소에 1대에서 5대의 승강기를 설치하고 있으며, 동일한 건물에서 승강기를 분산 설치하는 경우에는 피트당 승강기를 1대 또는 2대 이상의 승강기를 분산 배치한다. 이는 동일 건물내에 크기가 서로 다른 피트를 건설하여야 하며, 이러한 사실은 사용중이거나 시공중인 건축물에서 쉽게 찾아볼 수 있으며, 피트에 설치할 승강기의 탑승인원 즉 승강기 용량과 피트의 크기에 영향을 준다. 따라서 유해위험방지계획 수립시 피트의 크기에 따라 적절히 대응할 수 있는 계획을 건설현장에서는 수립이 요구된다.

작업발판 지지구조 계획(표-13)을 보면 50개 건설현장이 조사 대상이었음에도 작업발판 구조 계획에서는 57건의 지지구조로서 계획하고 있었다. 50개 건설현장 중 4개 현장이 지지구조에 대한 계획을 수립하지 않았으므로 실제로는 50개 이하의 지지구조 계획이 되어야 하지만 동일 현장에서 2이상의 지지구조로 계획을 수립하였기 때문이다. 그러나 2이상의 지지구조 계획이 피트의 크기에 대응하는 지지구조 계획 수립이 아니라, 공단에서 제시한 안전작업발판 설치구조 3가지(강관 비계, Sleeve매입, 브라켓 또는 철근매입)에 대한 자료를 복사하여 제출한 것으로 건설현장에서 안전계획 수립이 형식적 행정 절차로 간주하는 경향이 크다.

(표-13) 작업발판 지지구조 계획

구조 구분	계	강 관 비 계	Sleeve	Bracket	철 근		기타	미지정
					매입	관통		
건 수	57	23	21	5	1	1	2	4
구성비	100	40.4	36.8	8.8	3.5		3.5	7

작업발판 지지구조의 구성부재는 대부분 지지물(비계띠장, 멍에, 브라켓)→장선→발판의 순으로 구성하고 있다. 따라서 작업발판 구성부재의 재질, 규격, 조립간격, 결속방법 등은 작업발판의 안전성을 확보하는데 매우 중요하다.

그러나 대부분의 건설현장에서는 이들 부재에 대한 재료규격, 조립간격, 결속방법에 대해서는 대부분 계획되어 있지 않다. 실제 붕괴재해의 경우 지지구조의 전체가 붕괴되어 발생한다기 보다는 구성부재의 결함과 일시적 하중 증가에 기인하고 있으므로, 재해예방을 위해서는 사용 재료에 대한 단면 성능은 물론 결함이 없는 재료의 사용은 매우 중요하다.

따라서 건설현장에서 계획한 각각의 지지구조에 따른 계획 실태는 다음과 같다.

강관비계 구조로서 계획한 건설현장은 조사대상 50개 건설현장중 23개 건설현장에서 강관비계 지지구조로서 계획을 수립하였으며, 강관비계에서의 작업발판 구성부재(표-14)의 조립간격과 재질에서 비계 기둥간격의 보방향 과 띠장방향 간격에 대해서는 파악이 어렵고, 장선재는 90×90의 각재를 450밀리미터 간격으로 배치하고 있으며, 발판재는 두께 12밀리미터의 합판으로 계획하고 있다. 결속 재료로서는 비계 띠장과 장선재의 결속은 칠선을 사용하고 있으나 그 간격은 알 수 없다. 또한 장선재와 발판재의 결속은 못으로 계획한 현장이 1곳 있을 뿐 타 현장에서는 언급이 없으며, 6개 현장에서는 작업발판 구조로서 강관비계 구조 형태를 제시 하였으나 타구성부재의 규격에 대해서는 언급이 없다. 또한 피트 내부에 비계를 조립하는 경우에는 거꾸집 조립등의 후속작업을 위한 피트 옹벽과 발판사이의 틈간격이 반드시 있어야 하나, 틈간격에 대한 계획 등이 누락되어 있다.

상기의 내용을 미루어 유해 위험방지 계획서의 작성이 건설 현장에서 형식 또는 행정상의 번거로운 과정으로 치부하는 것이 아닌가 사료된다.

(표-14) 강관비계 작업발판 구성부재

연 번	비 계				장 선			발 판		결 속	
	기 동		띠 장	옹 벽	재 질	규 격	간 격	재 질	두 게	비 계 + 장 선	장 선 + 발 판
	보 방 향 간 격	띠 장 방 향 간 격	높 이	툼 간 격							
3					각 재	90×90		합 판	12		
4					각 재			합 판	12		
5	1700	1200		200- 300							
6								합 판	12		
14					각 재	90×90	4개	합 판			
15								합 판	12		
19					각 재	90×90	450		12	철 선	
27										철 선 #10	못
31				250							
33											
35	2200- 2400	2800			각 재	90×90	450	합 판	12	철 선	
38								합 판			
39	3개	3개								철 선	
45											
46											
48										철 선	
49								합 판			

* 연번 6, 28, 36, 40, 44, 47은 구성부재에 대한 언급이 없음.

Sleeve 매입구조로 계획한 현장은 조사대상 현장 50개중 현장에서 21개 현장
에서 계획하고 있으며, 구성부재(표-15)의 재질, 규격, 간격 또는 두께 및 결속

방법에 대한 계획을 조사하였다.

구성 부재는 멩에→장선→발판의 구조로서 구성되어 있으며 거푸집 작업시 매입하는 Sleeve의 매입간격은 600에서 부터 1100mm간격으로 배치하고 있으나 대부분 600간격으로 계획하고 있다. 강관 파이프 삽입을 위한 Sleeve의 직경이 $\phi 40$ 으로 계획하고 있는 현장도 있으나 $\phi 40$ 의 Sleeve 직경은 실제 조립에 사용하는 파이프 직경보다 작아 문제가 있다. 왜냐하면 Sleeve 매입구조의 경우 비계용 강관파이프(Steel Pipe)를 Sleeve에 끼워 조립하기 위해 거푸집 조립 작업시 미리 매입해 놓는 PVC판이다. 따라서 강관파이프의 직경이 $\phi 48.6$ 이기 때문에 비계용 강관파이프를 이용한 조립은 불가능하다. 따라서 $\phi 40$ 이하의 강봉 또는 강관, 철근 등을 사용할 수 밖에 없다. 정선재는 90×90 의 각재를 466에서 800mm간격으로 배치하고 있으나 대부분이 Sleeve 간격과 동일한 600간격으로 배치하고 있으며, 작업발판은 두께 12~15밀리미터의 합판으로 계획되어 있지만 실제 대부분의 건설 현장에서 12mm의 합판을 사용하고 있다. 또한 멩에와 장선, 장선과 발판의 결속 재료와 방법 및 간격에 대해서는 전혀 언급되어 있지 않다. 이는 조립·해체 작업시 전도에 의한 추락재해가 발생할 우려가 있다.

(표-15) 슬리브 매입구조 작업발판 구성부재

연번	Sleeve		명에		장 선		작업발판		결 속			비 고
	규격	간격	재질	재질	규격	간격	재질	두께	명에	명에 + 장선	장선 + 발판	
1	φ50	600	S·P				안전발판					
7							합판	15				
8	φ40	1100	S·P	각재	90×90	466	합판	12				
10		600	S·P	각재	90×90	600						
11	φ65- 75	4개		각재	90×90	4개	합판					돌출길이 10cm
17		600	S·P									
25		4개		각재	90×90	600						
30		600		각재		600		12				
32		600		각재		600		12				
34		600		각재	90×90	600	합판	12				
42		600		각재	90×90	600		12				
50		800		각재	90×90	800		12				

* 연번 16, 18, 20, 24, 28, 44, 46, 47은 작업발판 지지구조만 선정하였을 뿐 구성부재에 대한 언급 없음.

브라켓구조로서 계획한 현장은 6개 현장이 있으며, 구성부재에 대해서는 거의 전현장이 언급이 없다. 즉, 6개 현장중 5개현장에서는 구성부재의 각각에 대한 재질, 규격, 결속방법등에 대한 언급이 전혀 없으며, 부록-3에서의 연번 13번 건설현장에서 피트 크기 2800×2600에 6개의 Bracket을 조립하고 장선과 명에 재로 목재인 각재로서 계획하고 있다.

철근 매입구조로서 계획한 현장은 3개현장이 있으며, 구성부재(표-16)는 매입 철근 직경 22mm 이상을 매립하고 매입간격은 600mm이며, 명에재로서 27×27

의 각재 사용으로 계획하고 있다.

(표-16) 철근매입 구조 작업발판 구성부재

연번	매입철근		명 에			장 선			결 속			비 고
	직경	간격	재질	규격	간격	재질	규격	간격	철근+ 명에	명에+ 장선	장선+ 발판	
37	D27	600										돌출길이 200
43	φ22	용벽당3개 용벽2개				각재	27×27					
49	D22	충당 2개										비계구조 보조재

그러나 상기의 Bracket 구조와 철근 매입구조에서는 합판 한장의 크기(3×6 또는 4×8)를 고려할 때 명에와 정선재가 없는 구조로서는 작업발판을 설치할 수 없다. 현장에서 계획한 작업발판 설치 실태조사 결과 도출된 문제점은 다음과 같다.

가. 건설현장에서의 안전계획 수립이 형식에 지나치고 있다.

나. 대부분의 건설현장에서 선호하는 작업발판 지지구조는 강관비계와 Sleeve 구조이며 지지구조→장선→발판으로 구성되고, 주로 사용하는 구성부재의 재질과 규격으로서 발판재는 두께 12mm의 합판, 장선 및 명에재는 90×90 각재이며, 배치간격은 강관비계에서는 450, 슬리브 구조에서는 600이었다.

다. Bracket 구조나 철근매입 구조에서는 명에→장선→발판재로 구성되어야 하나 명에에 대한 계획이 없으며, 각각의 구성부재에 대한 재질과 규격 등을 알 수 없다.

2. 현장실태 조사

건설 현장에서 피트 내부 작업발판의 설치 실태조사를 위하여 실태조사표(부록-4)를 작성하여 직접조사 와 위탁조사를 병행하였다. 위탁조사는 공단의 전국 지방 기술지도원의 지도부장회의에서 조사 목적과 조사 개요 및 내용들을 설명한 다음, 수도권 소재(서울남부, 북부, 인천, 수원)기술지도원 건설지도부에서 수행하는 유해위험방지계획 확인검사 업무 수행시 당해 현장에 의뢰하여 피트 내부 설치 실태조사표(부록-5)에 따라 지지구조, 피트크기, 피트당 승강기 설치대수, 지지구조의 구성부재 등에 대하여 조사 하였다. 실제 조사대상 현장을 유해위험방지 계획서 계획 실태 조사대상 현장으로 국한하는 것이 타당하다고 사료되나, 연구기간 및 조사인력의 부족 등으로 지도원에서 수행하는 유해위험방지계획 확인검사 현장을 조사 대상으로 하였다. 그러나 현장에서의 조립실태 조사에는 계획수립 현장에 대한 설치실태의 비교는 할 수 없으나, 최근 건설현장의 작업발판 설치실태 현황조사에는 특별한 문제는 없다고 사료된다.

전술하 바와 같이 건설지도부 확인검사 일정에 따라 실태조사를 한 결과 1개월 기간 동안 4개 지도원의 확인검사 일정에 따라 조사한 현장수는 32개 건설현장 (연구자 직접조사 포함)의 피트 내부 작업발판 설치실태를 조사하였다.

작업발판 지지구조의 설치실태(표-17)를 조사한 결과 비계구조로서 설치한 현장이 72%이며, 슬리브 구조가 12.5%이며, 브라켓 구조, 철근매입 구조, FLAT TIE 및 기타 순으로 설치하고 있었다. 이는 결국 피트 내부 작업발판 구조로서 비계구조를 선호하는 것으로 조사 되었다.

(표-17) 작업발판 지지구조 설치 실태

구 분 지지구조	현 장 수	구 성 비
비 계	23	71.9
슬 리 브	4	12.5
브 라 켓	2	6.3
철 근 매 입	1	3.1
FLAT TIE	1	3.1
기 타	1	3.1

피트당 승강기 설치대수는 피트의 크기를 파악하기 위하여 조사하였으나, 조사 대상 현장 32개소중 5개를 제외한 27개 현장이 주거용 건축물인 아파트인 관계로 대부분 피트당 1대의 승강기를 설치하고 있으나, 아파트 구조에서도 2대의 승강기를 설치하는 경우도 있었다.

피트내부 지지구조의 구성부재중 발판재료 (표-18)는 목재인 합판이 대부분이나 합판 패널과 유러폼 등이 있으며, 합판의 규격은 900×1800mm 또는 1200×2400mm 이며 두께는 12mm 이었다.

(표-18) 작업발판 재료

구 분	합 판	패 널	유 러 폼	무 응 답
크 기	900×1800 1200×2400	—	—	—
두 께	9~24	650	—	—
건 수	29	1	1	1
구 성 비	90.625	3.125	3.125	3.125

상기 표에서 상부하중의 지지에는 합판의 크기 보다는 두께가 중요한 변수이므로 발판재료로서 합판을 사용하는 28개 현장에서의 사용 합판의 두께는 대부분 12mm 두께의 합판을 사용하는 현장이 79.3%로서 가장 많았다.(표-19)

(표-19) 사용합판의 두께

단위 : mm

구분 \ 두께	계	9	12	15	18	24
건 수	29	1	23	3	1	1
구성비	99.5	3.45	79.3	10.3	3.45	3.45

지지구조의 구성부재인 장선과 멍에(참조 부록5)부재의 재질과 단면규격 및 배치 간격에 대하여 조사한 결과 멍에재를 사용하지 않은 현장이 많이 있었다.

따라서 본 연구에서는 장선과 멍에재에 대하여 구분하지 않고 전체 32개 조사 현장중 장선과 멍에재로 사용중인 재료에 대하여 재질과 단면 규격을 조사한 결과 설치간격은 200mm에서 부터 2600mm까지 다양하여 공통 인자의 추출에 문제가 있다. 결국 장선·멍에재의 재질과 규격(표-20)에서 보면 목재인 각재와 강재인 강관파이프, 각형강관의 대표적인 단면규격에 대하여 기술하였다.

(표-20) 장선·멍에재의 재질과 규격

구분 \ 재질	계	각재	강관파이프	각형강관	기타	무응답
규격	—	90×90	φ48.6	45×45	ㄱ형강	—
건수	48	21	13	8	1	5
구성비	100	43.7	27.1	15.7	2.1	10.4

상기의 장선·멍에재의 재질중 각재를 많이 사용하는 이유는 새로운 재료의 구득없이, 거푸집 조립에서 사용하는 각재를 활용할 수 있기 때문으로 사료되며, 강관 파이프의 사용이 많은 이유는 강관 비제용 파이프를 장선·멍에재로 사용하는 이유도 새로운 재료를 구득하지 않고 현장 재료를 활용할 수 있기 때문으로 사료된다.

지지구조에 대한 구성부재의 결속에 대한 조사는 결속재료와 결속간격의 파악을 위함에 있었으나, 조사결과 결속간격에 대한 응답이 거의 없었다. 따라서 지지구조에 따라 구성부재에 차이가 있으며, 전반적으로 멍에와 장선부재의 재질이 상이한 경우가 많으므로 결속재료는 철선과 못을 주로 사용하고 있으나, 부재간 고정을 하지 않는 경우도 상당수 있어 전도에 의한 재해발생의 우려가 있다.

비계구조의 구성부재 결속상태(표-21)에서는 발판과 장선 및 장선과 멍에 사이는 철선과 못으로 고정하고 있으며, 멍에와 띠장은 철선으로 고정하고 있다. 장선과 멍에사이 결속에 대해 무응답이 많은 이유는 비계구조에서 비계띠장→장선→발판의 형태를 갖는 구조가 많기 때문으로 사료된다.

(표-21) 비계구조 구성부재 결속 상태

구 분 결속재료	발판과 장선	장선과 멍에	멍에와 띠장
철 선	11	7	10
못	8	8	—
미 고 정	5	3	1
기 타	—	1	3
무 응 답	—	5	—

슬리브 구조에서의 구성부재 결속상태(표-22)에서는 부재간 결속이 철선으로 이루어 지고 있다. 이것은 슬리브 구조의 경우 띠장재는 강관파이프를 사용하고 있기 때문에 띠장과 멍에는 철선으로 결속할 수 밖에 없으며, 멍에재를 각재를 사용하는 경우 멍에 및 장선, 장선과 멍에는 못으로 결속이 가능하나 슬리브 구조의 일반적 형태가 띠장→(멍에·장선)→발판의 형태로서 멍에·장선재를 설치하지 않는 경우가 많기 때문으로 사료된다. 그러나 멍에와 띠장간 못으로 고정한다는 것은 실제 있을 수 없는 일이나 못으로 계획한 현장도 있었다.

(표-22) 슬리브구조 구성부재 결속 상태

구 분 결속재료	발판과 장선	장선과 멍에	멍에와 띠장
철 선	4	3	3
못	—	—	1
미 고 정	—	1	
기 타	—	—	1

타구조(브라켓, FLAT TIE, 철근매입)에서는 조사 현장수가 적고, 최근 작업 발판 지지구조로서 이용하는 경우가 적어 부재간 결속상태의 파악이 어려운 점은 있으나, 브라켓구조에서의 발판과 장선의 결속재료는 철선이 1건, 무응답이 1건 있으며 장선과 멍에, 멍에와 띠장간의 결속은 조사 할 수 없었다. FLAT TIE구조에서는 발판과 장선, 멍에와 띠장(FLAT TIE)을 미고정한다는 응답이 있었으며, 철근매입 구조에서 발판과 장선의 결속은 철선을 사용하고 있으며, 타부재의 결속상태는 조사할 수 없었다.

3. 실태조사 비교 분석

실태조사 비교 분석은 시공전 수립하는 계획수립 실태와 시공과정에서 실제로 설치한 피트 내부 작업발판의 설치실태 비교 분석하여 작업발판을 구성하고 있는 이 구성재료의 재료규격 등을 조사하여 작업발판 지지구조에 대한 안전성 평가에 필요한 설계기초 자료인 부재성능을 작성하기 위함이다.

지지구조에 대한 비교결과(표-23) 계획단계에서는 비계구조, Sleeve 매입구조, Bracket 구조의 순으로 계획을 수립하고 있으나, 실제 시공단계에서는 조사 현장의 72%가 비계구조로 조립하고 있었으며, 슬리브 매입구조는 12.5%로서, 대부분 비계구조를 선호하고 있다. 그 이유는 슬리브 매입구조의 경우 거푸집 작업에서 슬리브를 매입하고 콘크리트 타설후 거푸집을 탈형한 다음 작업발판을 조립하여, 사용후 작업발판을 해체하면 Sleeve 매입으로 생성된 Sleeve 구멍을 충전하여야 하며, 건축물 완공후 충전한 슬리브 구멍에서의 누수, 결로 및 소음 등의 하자요인이 발생할 가능성이 있기 때문으로 사료된다. 또한 Bracket구조의 경우도 외부비계용 Bracket을 주로 사용하기 때문에 취급이 용이하지 않고 거푸집 작업시 Sleeve매입구조와 마찬가지로 Sleeve를 매입하여야 하는 등의 작업공정이 복잡하기 때문이라 사료된다.

(표-23) 지지구조 비교

구 조 \ 단 계	계 획		시 공	
	현 장 수	구 성 비	현 장 수	구 성 비
비 계	23	43.4	23	72
Sleeve	21	39.6	4	12.5
Bracket	5	9.4	2	6.2
철 근	2	3.8	1	3.1
가 타	2	3.8	2	6.2
계	53	100	32	100

발판구조의 대표적인 사용부재(표-24)는 계획과 설치실태 조사분석결과 발판은 목재인 두께 12mm이며, 900×1800mm크기의 합판으로 계획하고 실제 사용하고 있다. 장선과 멍에의 부재는 목재로서 구형단면의 90×90mm 각재와 45×45mm의 각재로 계획하고 시공하고 있으나 실측결과 단면이 약간 부족하며, 간혹 각형강관을 사용하는 현장도 있었다. 그러나 대부분의 건설현장에서는 멍에재를 설치하지 않고 장선과 발판으로 조립하고 있다.

부재간 결속관계는 계획단계에서는 파악할 수 없고, 설치실태 조사에서도 미고정 조립현장이 많이 있으나, 주로 철선과 못 2종류를 사용하고 있다.

발판구조의 구성부재간의 배치간격은 발판의 경우 대부분 틈이 없이 밀실하게 설치하고 있으나, 장선의 경우 일정한 간격으로 배치하지 않고 무작위로 배치하고 있어 문제가 되고 있다.

(표-24) 작업발판의 대표적인 부재규격

부재명	재질	규격	간격	비고
발판	합판	900×1800×12	밀실	—
장선	각재	90×90 45×45	무질서	파악 곤란
	각형강관	50×50×2.3		
결속재료	철선	#8-18	—	파악 곤란
	못	—		미결속이 다수

또한 작업발판 상부에 투입되는 근로자는 보통 거푸집 작업이 3인이 1개조로 운영되고 있는 것으로 조사 되었다.

제 5 장 피트 내부 작업발판 설계지침(안)

1. 작업발판 지지구조

피트내부 작업발판 모형을 제시하기 위하여, 건설현장에서 사용하는 지지구조의 형태는 다양하다. 그러나 재해사례 분석에서 재해 빈도가 높고, 거푸집 긴결재인 FLAT TIE를 이용하여 설치하는 작업발판 구조 와 거푸집 지보공(동바리) Pipe Support를 사용한 작업발판 지지구조는 재해다발 지지구조로서 이미 안전 작업발판이 될 수 없다.

따라서 작업발판 모형은 공단에서 기 제안한 안전작업발판구조(중대재해 속보 제93-24호)와 브라켓 구조에 대하여 안전성, 작업성, 경제성에 대한 비교·검토는 재해사례와 실태조사에 기초하여 검토하면 다음과 같다.

가. 안전성

작업발판 지지구조에 대한 안전성은 비교대상 5가지 구조에서 철근 관통형 구조를 제외하면 문제가 없다. 그 이유는 3년동안 발생한 피트내부 작업발판 붕괴 재해 사례에서 1건의 재해도 발생하지 않았기 때문이다. 그러나 건설현장에서의 선호도는 계획단계에서 비계구조와 Sleeve 구조가 비슷한 분포를 보이고 있어 이들 2가지 구조가 타구조에 비해 안전성이 우수한 것으로 사료된다.

나. 작업성

작업성은 곧 시공성을 의미하며, 아무리 안전한 구조라 하더라도 시공과정이 복잡하고 완공후 또는 사용중에 하자 발생의 우려가 있는 구조는 작업성이 좋다고 할 수 없다.

일반적으로 비계구조는 설치 및 해체작업에 다소 문제가 있으며, Sleeve 매입 구조는 시공과정이 복잡하고 구조물 완공후에도 결로, 누수, 소음 등의 하자가 발생할 우려가 있다. 철근구조는 피트 웅벽 주근에 매입하는 매입형과 합판거푸집 간결재인 FLAT TIE BOLT 삽입자리인 CONC 구멍을 이용한 관통형이 있으며, 매입형은 웅벽 철근 배근시 주근에 정착시켜야 하고 거푸집에 손상을 주며 거푸집 해체작업 등에 의해 매입철근이 변형될 수 있으며 작업공정은 간단하지만 2건의 붕괴재해가 발생하였다. 또한 Bracket 구조는 Sleeve 매입구조와 같이 시공과정이 복잡하다. 슬리브, 철근의 관통 및 매입구조, 브라켓 구조는 피트의 크기에 유동적 대응이 곤란한 등 모든 지지구조에 결함이 있는 것으로 사료된다.

따라서 작업성에 대한 평가는 건설현장에서 가장 많이 설치를 계획하고 사용하는 지지구조가 타구조와 비교하여 상대적으로 작업성이 우수하다고 사료된다. 즉 많은 건설회사가 선호한다는 것은 결국 안전성, 작업성, 경제성을 고려한 결과라 사료된다.

따라서 실태조사 분석 결과에서 나타난 바와 같이 계획단계에서는 비계구조와 Sleeve 매입 구조로 계획한 건설현장이 비슷하지만 실제 설치현황은 비계구조로 조립하여 사용하고 있어 비계구조의 작업성이 우수한 것으로 사료된다.

다. 경제성

경제적 측면에서는 재료적인 면에서는 브라켓구조는 새로운 재료를 구득하여야 하기 때문에 재료 구입비가 필요하고, 철근 매입형은 거푸집 재료에 손상을 주기 때문에 경제적이지 못하다. 또한 시공과정이 복잡한 Sleeve구조 역시 품이 많이 들기 때문에 경제성이 우수하다고 할 수 없으며, 추후 하자 발생시 추가 비용 부담의 우려가 있으며, 비계구조 역시 설치·해체시 품이 많이 들기 때문에 우수하다고 할 수 없다.

라. 비교 검토

따라서 상기의 안전성, 작업성, 경제성에 대하여 4종(5형태) 지지구조에 대하여 안전성은 재해사례가 없는 구조, 작업성과 경제성은 계획 및 설치실태에서의 건설현장의 선호도가 가장 높은 지지구조를 모델로 선정하여도 무리가 없다고 사료된다. 그러나 본 연구의 궁극적 목적이 붕괴재해예방을 위한 안전작업발판 설치모형을 검토하여 설계기초자료의 제공에 있으므로 피트 관련 재해 36건중 붕괴재해 24건만을 대상으로 하였으며, 건설현장의 선호도에서는 전술한 5개 형태의 지지구조에 국한하였으므로 기타 구조를 제외한 대상현장은 계획단계에서는 51개, 시공단계에서는 30개 건설현장이 된다. 그러나 건설현장 선호 지지구조는 건설현장 1곳에서 2-3가지 지지구조 유형을 계획하였기 때문에 실질적 선호도라 단언하기에는 문제가 있어 참고사항으로 하고 실제 설치대상을 비교 대상으로 하였다.

비교결과(표-25) 비계구조는 재해사례가 없을 뿐만 아니라 건설현장 선호도에서 시공과정에서 77%가 선호하고 있으며, 피트의 크기에 따른 대응이 가능하고 안전성, 작업성, 경제성 모두가 타 구조에 비해 우수하다 할 수 있다.

(표-25) 지지구조별 재해유무와 건설현장 선호도

구 분		재 해 사 례		건설현장 선호도			
		유	무	시 공		계 획	
				건 수	구성비	건 수	구성비
비 계			0	23	76.7	23	45.1
Sleeve			0	4	13.3	21	41.1
Bracket			0	2	6.7	5	9.8
철 근	매입		0	1	3.3	2	3.9
	관통	0					
계				30	100	51	100

2. 작업발판 재료규격과 하중산정 및 설계지침

가. 구성재료

작업발판을 구성하고 있는 부재는 지지구조에 따라 약간 차이는 있으나 지지구조(지지철물)상부에 멍에→장선→발판 순으로 부재를 배치하거나, 멍에부재 없이 장선→발판 순으로 부재를 배치한다. 그러나 설치실태 조사 결과 비계구조와 슬리브 매입구조에서는 장선과 발판으로 조립하고 있으며, 철근과 브라켓 구조에서는 설치 사용 현상이 적어 구성부재 파악이 곤란 하였지만, 멍에 부재없이 발판을 설치할 수 없으므로 멍에→장선→발판으로 구성된다.

(1) 구성재료의 단면성능

실제 건설현장에서 설치 사용하고 있는 발판 구성부재 각각의 재료에 대하여 재료규격에 따른 단면성능을 조사하여 안전성 평가에 활용하기 위하여 현장 사용 재료를 중심으로 피트 내부 작업발판 구조의 구성부재 각각에 대하여 제안하면 다음과 같다.

(가) 발판

발판재료는 두께 12mm이고, 900×1800mm 크기의 합판을 주로 사용하고 있으며, 일부 현장에서는 기둥이나 보부재의 측압에 저항하기 위해 제작한 합판 패널 거푸집을 이용하거나 유리폼을 사용하기도 한다. 그러나 합판을 주로 사용하므로 합판에 대한 허용휨 응력도와 탄성계수 등의 단면성능에 대한 체계수는 다음과 같다.(표-26)

(표-26) 합판의 단면성능

성 능 재 료	규 격 (mm)	fb(kg/cm ²)		E(kg/cm ²)		I (cm ⁴)	Z (cm ³)
		0°	90°	0°	90°		
합 판	900×1800×12	240	120	7×10 ⁴	2×10 ⁴	0.144	0.24

0도는 섬유방향, 90도는 섬유 직각방향

f_b : 허용휨 응력도(kg/cm²)

E : 탄성계수(kg/cm²)

I : 단면2차 모멘트(cm⁴)

Z : 단면계수(cm³)

(나) 장선·멍에

장선재는 미송각재를 주로 사용하고 있으나, 강관 파이프와 각형강관을 사용하는 현장도 다수 있다.

1) 미송각재

미송 각재의 단면규격은 90×90의 구형 단면을 사용한다고 응답하고 있으나, 실제 건설현장에서 사용하는 각재의 단면을 실측한 결과 84×84의 단면규격을 갖고 있어 단면 성능에 문제가 있다. 또한 목재는 수종과 함수율 등에 따라 허용 휨 응력은 크게 차이가 있으며, 국내의 콘크리트 표준시방서와 건축법 구조기준 규칙의 기준이 상이함은 물론 각국의 표준(표-27)이 커다란 편차를 보이고 있다. 그러나 멩에 및 장선재는 전용과 웅이 등의 결합 요인이 항상 상존하기 때문에 ACI기준을 준용하는 것이 바람직 하다고 사료된다.

(표-27) 미송각재의 허용응력 기준(kg/cm²)

국 명	기 준	휨	압축	전 단	영계수
한 국	콘크리트 표준시방서	135	120	10.5	—
	건축법 구조기준 규칙	90	80	7.0	—
미 국	ACI	60	65	8.0	80,000
일 본	건축기준법 시행령	95	75	8.0	—
	노동안전위생규칙	135	120	10.5	70,000
영 국	BS	60	25	13.1	47,000

따라서 미송각재의 허용응력은 ACI 기준을 준용하고, 실제 현장에 유통하고 있는 부재단면에 대하여 단면성능을 산정하였다.(표-28)

(표-28) 미송각재의 단면성능

성능 재료	규격 (mm)	fb (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	I (cm ⁴)	Z (cm ²)
각 재	84×84	60	80	8×10 ⁴	414	98.78

fs : 허용전단 응력도(kg/cm²)

2) 강관파이프

강관파이프는 비계용으로 부재이지만 일부 현장에서 부재성능이 균일하고 강성이 좋아 일부 현장에서 장선재로 사용하고 있다. 강관파이프의 규격은 KS F8002(강관비계)에 규정되어 있으며 강관에 사용되는 재료는 KS F 3566(일반구조용 탄소강관)의 제4종에 규정한 것이며, 가설기자재 성능검정 시험에 합격한 제품이 유통되고 있으므로 가설기자재 성능검정 합격규격을 준용하였다.(표-29)

(표-29) 강관파이프의 단면성능

성능 재료	외경 (mm)	두께 (mm)	fb (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	I (cm ⁴)	Z (cm ³)
강관파이프	48.6	2.4	2400	2.1×10^6	9.32	3.83

3) 각형강관

각형강관은 강관파이프보다 취급이 용이하고, 목재보다 경량으로 잔재가 거의 없으며 전용성 등의 많은 장점이 있으나, 인식부족 등으로 사용 빈도는 활발하지 않다. 각형 강관에 대한 규격은 KS D 3568(일반구조용 각형강관)에 규정되어 있지만 가설재료로서 규정되어 있지는 않다. 그러나 일부 현장에서 장선·멍에재로 활용하고 있으며 전술한 장점이 있어 사용이 증가 될 것으로 사료된다. 그러나 가설자재로는 규정되어 있지 않아 강도 및 두께의 종류가 다양하여 장선·멍에재로 사용할 때에는 재질과 허용응력에 대해 반드시 확인이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 일반적으로 장선·멍에로 사용하는 각형강관에 대한 단면성능(표-30)은 다음과 같다.

(표-30) 각형강관의 단면성능

성능 재료	외경 (mm)	두께 (mm)	fb (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	I (cm ⁴)	Z (cm ³)
강관파이프	48.6	2.4	2400	2.1×10^6	9.32	3.83

(다) 결속재료의 성능

발판의 각 구성부재의 결속에는 철선과 못을 주로 사용하고 있으며, 결속하고자 하는 재료의 재질이 강재와 목재이거나 강재와 강재인 경우 즉 재질이 상이한 때에는 철선을 사용하며, 결속하고자 하는 재료의 재질이 모두 목재인 경우에는 못을 사용한다.

결국 비계구조로서 작업발판을 설치할 때에 장선재는 재질에 상관없이 철선으로 체결하고 있으며, 장선재를 목재로 사용하였다면 발판과의 체결은 못을 사용하지만, 정선재를 강관파이프나 각형강관을 사용한 경우에는 합판에 구멍을 뚫고 철선으로 체결하게 된다. 그러나 작업발판에서의 결속재는 상부하중 작용시 장선 또는 발판재의 전도를 방지하는 용도로 주로 사용하기 때문에 결속재의 내력은 일반적으로 무시한다. 그러나 피트 내부 작업발판 붕괴재해의 특성상 등변분포 또는 집중하중이 작용하여 재해가 발생하는 특성이 있다.

예를들어 집중하중이 작용하는 경우 첫째 하중의 작용선 상에 있는 부재를 결속한 철선은 긴결이 풀리거나 파단되어 재해발생의 우려가 있으며, 둘째, 하중의 작용선상에 있는 부재는 처짐이 발생하고 그 외의 부재는 부상하게 되어 부상의 정도가 심한 경우 재해 발생의 우려가 있다.

1) 철선

건설현장에서 가장 많이 쓰이는 임시 체결재인 철선은 보통 #8 또는 #10번 선을 사용하고 있으며, 철선의 허용하중은 철선이 파단하기 이전에 긴결이 풀리게 되는 점을 감안하여 인장강도의 40%를 허용하중으로 가정하여 철선의 규격에 따른 허용하중은 다음과 같다.(표-31)

(표-31) 철선의 규격 및 허용하중

구 분	직 경	단 면 적	인장강도	본당 허용하중
# 8	4.0mm	0.137cm ²	330kg	130kg
#10	3.2mm	0.091cm ²	220kg	90kg

2) 못

못의 크기는 다양하며, 내력은 뽐힘하중과 수평하중으로 분류할 수 있으며 못의 지름, 투입깊이, 모재의 강도에 영향을 받는다. 또한 못의 내력은 목재의 섬유 방향에 직각방향으로 박힌 것이 크지만 그러한 규정은 찾을 수 없어 못의 허용뽐힘 하중(표-32)만을 제시하였다.

(표-32) 못의 허용뽐힘 하중(kg)

나 무 종 류	못 의 길 이(mm)								
	50	65	75	82.5	90	100	115	130	140
삼 나 무	6	7	8	8	8.5	10	11	12	13
가문비나무	9	10	11	11	12	15	16	17	18
미 송	11	12	14	14	15	18	19	21	23
전 나 무	13	15	17	17	19	23	24	26	29
소 나 무	16	18	21	21	23	27	29	32	34

나. 하중산정

피트 내부 작업발판 붕괴재해는 작업발판, 장선 또는 지지구조(지지철물) 전체가 상부하중을 견디지 못하고 붕괴하는 특성이 있다. 따라서 피트 상부에 작용하

중과 하중의 크기를 파악하며 안전성 검토에 활용하기 위하여 하중의 종류에 따라 실태 조사에서 조사된 구성 부재에 표준 중량을 정리하면 다음과 같다.

(1) 고정하중

고정하중은 가설구조물 자체의 중량이므로, 발판과 장선의 중량이다. 따라서 발판재로 사용되는 합판과 장선재로 쓰이는 각재, 강관파이프, 각형 강관 등이 고정하중이 되므로 이들에 대한 표준중량은 다음과 같다.(표-39)

(표-33) 고정하중 산정에 필요한 단위 중량

구성부재	재 료 명	재료규격(mm)	두께(mm)	단위중량
발 판	합 판	900×1800	12	10.5kg/매
장 선	각 재	84×84	—	500kg/m ³
	강관파이프	φ48.6	2.4	2.6kg/m
	각형강관	50×50	2.3	3.34kg/m

(2) 적재하중

적재하중은 사람이나 물건 등의 중량이므로 결국 근로자의 체중이 대부분이다. 그러나 피트 내부 작업발판 붕괴재해의 경우 피트 옹벽 콘크리트 타설 작업 시 거푸집 조립불량에 의해 콘크리트가 누출되어 붕괴하거나, 또는 해체작업시 해체거푸집의 과다적치에 의해 붕괴재해가 발생하는 경우를 고려하여야 한다. 따라서 적재하중 요소인 작업원, 누출 콘크리트, 해체 거푸집에 대한 중량을 고려하였다.(표-34)

(표-34) 적재하중 산정에 필요한 단위 중량

재 료	규 격	단 위 중 량	비 고
콘크리트	보통 콘크리트	2,300kg/cm ²	
EURO FORM	600×1,200mm	19kg/장	* 제조사별 약간 차이가 있음.
	600×1,500mm	21.5kg/장	
	300×1,200mm	12kg/장	
	300×1,500mm	14.5kg/장	
	450×1,200mm	15kg/장	
	450×1,500mm	18.5kg/장	
	325×1,200mm	13kg/장	
	325×1,500mm	17kg/장	
	260×110×1,200mm	18kg/장	인코너 패널
	260×110×1,500mm	17kg/장	인코너 패널
	기타	5kg/장	인코너 패널
FLAT TIE	—	0.18kg/장	
WEDGE PIN	—	0.05kg/장	
근 로 자	—	80kg/인	

적재하중 산정에 필요한 중량은 통상적으로는 근로자와 작업에 필요한 공구의 중량이지만 콘크리트 누출 및 거푸집 조립·해체 작업시에 적치하는 거푸집 중량에 대해서도 고려하여야 한다. 이는 건설공사에서의 콘크리트 누출은 빈번히 발생하는 사고이기 때문이다. 또한 피트 내부에서 거푸집 해체 작업시 작업발판 상부에 거푸집을 적치하지 않도록 주의 하여야 하나, 실제 작업의 효율을 생각하는 근로자가 통상적으로 거푸집을 해체하여 적치하였다가 피트 외부로 반출하기 때문에 과다적치에서 재해가 빈발하기 때문이다.

(3) 일시적 하중

충격하중은 콘크리트 타설시 또는 중장비 작업에서 생기는 힘을 말함이다. 따라서 비계구조의 작업발판 상부에 충격 하중은 고려하지 않는것이 일반적이다. 그러나 피트 내부 붕괴 재해의 특성을 고려한다면 콘크리트 누출시 일시적으로 콘크리트가 쌓이게되며, 거푸집 해체 작업시에는 옹벽 상부 거푸집을 말비계 상부에서 해체하여 근로자의 어깨높이 (약2m)에서 떨어트리는 것이 보통이다.

따라서, 그로 인한 일시적 하중이 발생한다. 그러나 이와같이 일시적 하중의 크기에 대한 규정에 대한 근거가 마련되어 있지 않다.

그러나 바닥 거푸집에 콘크리트 타설 작업시 타설 콘크리트를 고정 하중으로 산정하고 있으며, 콘크리트 중량의 50%를 일시적 하중(충격하중)으로 산정하고 있다.

따라서 피트 내부 작업발판에 누출 콘크리트 또는 적치되는 해체거푸집의 중량의 50%를 일시적 하중으로 산정하여도 무난하다고 사료된다.(표-35)

(표-35) 일시적 하중의 산정 기준

구 분	산 정 기 준
일시적 하중	적치 거푸집 또는 누출 콘크리트 중량의 50%

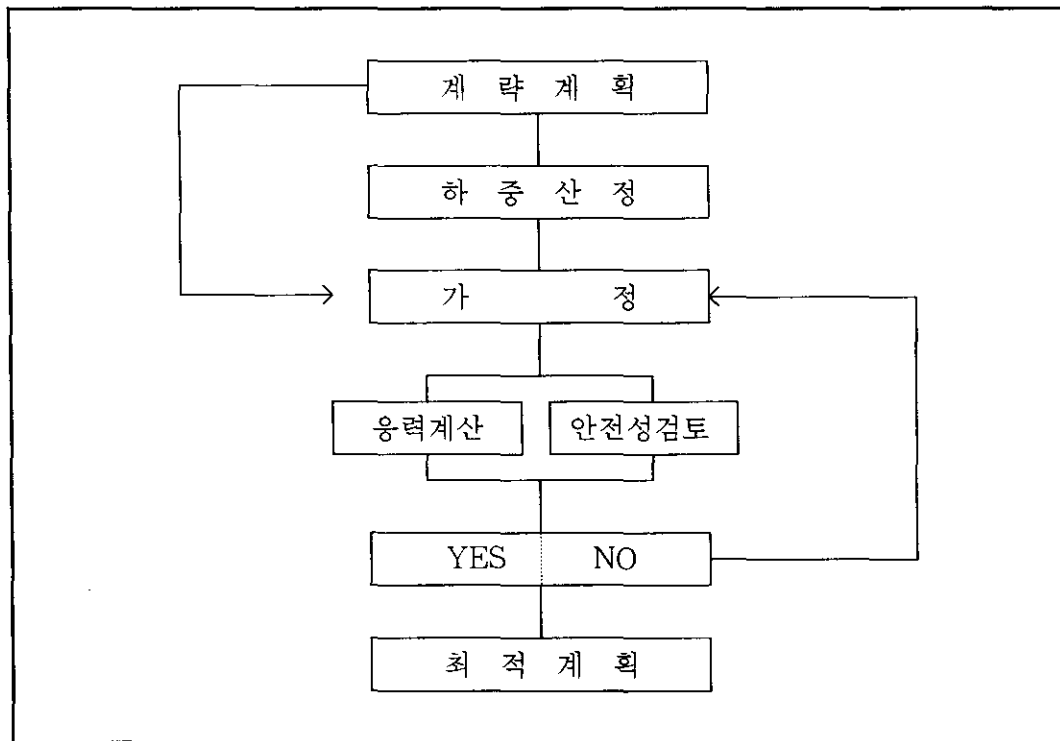
다. 구조설계 지침

피트 내부 작업발판의 구조 설계는 고소 작업을 위해 설치되는 가설구조물이며, 특히 발판을 지지하고 있는 지지구조 역시 비계 및 Sleeve등의 가설구조물 상부에 조립하는 고위험 가설 구조물이기 때문에 안전성에 대해서 주의할 필요가

있다. 특히 콘크리트 누출이나 해체거푸집 적치에서의 일시적 하중에 대해서는 당해 현장의 작업여건을 충분히 고려하여 안전성을 검토하는 것이 바람직 하다.

(1) 구조계산 진행방법

구조계산 진행방법은 일반 구조물과 큰 차이가 없으며, 구조설계자 자신의 경험을 기초하여 계략 계획을 수립한다. 계략계획은 사용 재료, 부재 단면, 배치간격 등 작업발판 구조에 대한 가정을 말한다. 그 다음 하중을 산정하여 가정한 작업발판 구성 부재의 각각에 대하여 응력을 산정하여 안전성을 확인한다. 피트 내부 작업 발판설계의 순서도(그림-4)는 다음과 같다.



(그림-4) 피트내부 작업발판 설계순서

(2) 계산순서

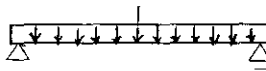
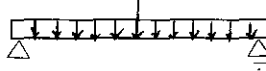
피부내부 작업발판 부재의 계산순서는 구성부재의 상부에서 하부부재로 계산한다. 즉, 발판→장선→지지구조(지지철물)순으로 계산한다.

(3) 하중, 지지조건, 응력

피부내부 작업발판의 구성부재인 발판에는 근로자와 누출 콘크리트 또는 해체 거푸집, 자중 등은 중앙집중 적재하중(p)으로 작용하고 발판의 자중은 등분포하중(w)을 받는 단순보로 가정한다. 그리고 장선에는 상술한 중앙집중 적재하중과 발판의 자중에 장선재의 자중이 도합된 등분포 하중을 받는 단순보로 가정한다.

응력산정은 휨응력과 전단응력을 산정하여 각각 허용응력 이내인가를 확인하여 안전성 여부를 판단한다. 상기의 내용을 요약하면 다음과 같다.(표-36)

(표-36) 하중과 지지조건 및 안전성 검토

구 분	하중과 지지조건	안전성 검토
발 판		$\sigma_b = \frac{M}{Z} < f_b$
장 선		$\sigma_b = \frac{M}{Z} < f_b$ $\tau = \frac{xQ}{A} < f_s$

σ_b : 휨응력도(kg/cm²)

M : 모멘트(kg·cm)

Z : 단면계수(cm³)

A : 단면적(cm²)

f_s : 허용전단응력도(kg/cm²)

τ : 전단응력도(kg/cm²)

x : 형상계수

Q : 전단력(kg/cm²)

f_b : 허용 및 응력도(kg/cm²)

3. 작업발판 안전성 평가사례

유해·위험 방지계획 수립을 할 때, 안전성 평가는 당해 건축물의 피트 크기에 설치 가능한 지지구조를 선정하여 안전성을 확인하여야 한다. 그러나 계획수립 실태는 피트의 크기에 관계없이 공단에서 제시한 안전작업발판 구조를 그대로 옮겨 놓는 사례가 많이 있었다.

따라서 본 연구에서는 현재 시공물량이 가장 많은 아파트 피트를 대상으로 안전성 평가 사례를 예시하여 건설 현장에서 안전성 평가에 활용케 하고자 한다.

다만 피트 내부 작업발판 지지구조는 건설현장에서 피트 내부 작업발판 지지구조로 가장 많이 사용하고 있는 비계구조에 발판을 설치하는 것으로 하였으며, 아파트 공사의 층고가 보통 2.7m인 점을 감안하여 피트 옹벽 거푸집의 1단을 해체하여 적치한 상태를 가정하였다.

가. 지지구조

비계구조는 산업안전보건법령에 의해 조립한 경우 안전성에 크게 문제가 되지 않는다. 작업발판의 붕괴재해는 일시적 하중의 과다 적치에 기인하여 재해가 발생하고 있으나, 피트 내부에서 비계 자체가 붕괴된 사례는 없다. 그러나 현장에서는 비계의 조립시 지켜야 할 구조 제한을 준수하지 않고 있다. 예를 들면 비계기둥의 간격이 1.8m를 넘는 경우가 많으며, 높이 31m가 넘는 건축물에서 최고부로부터 31m를 넘는 하부 비계기둥은 강관 2본을 묶어 조립하여야 하나 실태조사 결과 전체 건설현장이 이러한 규정을 위반하고 있는 실정이다. 또한 벽연결은 수직 높이 5m이내마다 1개씩 설치 하여야 하나 이에 대한 조치를 하지 않고 있

으며, 가새는 비계 기둥 높이 10m이내마다 가새를 설치하여야 하나 설치하지 않는 등의 제반 규정을 위반하고 있다. 결국 이러한 위반은 피트내부 작업발판 붕괴 재해는 돌발적이고 일시적인 과다 적재 하중으로 비계 전체가 도괴 할 가능성을 배제할 수 없다.

따라서 피트 내부의 비계구조는 다음(표-37)에 따라 조립 되어야 한다.

(표-37) 피트 내부 강관 비계 구조 제한

항 목	구 조 제 한	비 고
기둥간격	1.8m 이하	1.8m 이상 기둥추가
높이제한	최고로부터 31m이하의 비계기둥 강관 2본으로 조립	—
띠장높이	1.5m 이하	등간격
벽 연 결	수직 5m 이하	—
가 새	기둥 높이 10m 마다	45도 방향
표준 안전 난간	발판 하부 설치	10m 이내
틈 간격	30cm 이하	—

나. 하중산정

안전성 평가 사례는 피트 내부에서 해체 거푸집을 작업발판 상부에 적치하여 일시적 적재하중이 집중하여 작용하는 상태를 가정하여 안전성을 평가하였다.

(표-38) 작업발판 가정

구조 : 비계구조	발판 : 합판 900×1800(두께 12)
최대층고 : 54m(20층)	장선 : 각재 84×84
평균 층고 : 2.7m	
피트 크기 : 2.8×2.66m	부재간고정 : 철선 #8, 못
거푸집 : Euro Form	작업 : 거푸집 해체(1단 해체 적치)

(1) 지지구조

최대층고가 31m를 넘으므로 최고부로부터 31m가 넘는 23m의 비계기둥은 강관 2본으로 조립하여야 하며, 비계 기둥 간격은 피트 용벽의 중심간 거리인 벽체 두께(보통 18cm)와 벽체와 비계사이의 작업 공간인 틈간격 60cm를 감하면, 3본의 기둥이 필요하며, 띠장 높이는 1개층에 2개씩 등간격으로 조립하는 것이 바람직 하며 벽연결은 2층(비계띠장 4층)이내, 가새는 4층(띠장 8층) 이내 마다 설치하여야 한다.

(2) 하중 산정

(가) 고정 하중

작업 발판에 작용하는 고정하중은 발판재인 합판과 장선재인 각재의 중량이다. 따라서 피트 내부 비계 상부 면적에 적절한 거푸집 할당도를 작성하여 합판의 수량을 산출하고 장선의 배치 간격은 실태조사에서 대부분의 현장에서의 배치 간격으로 조사된 45cm의 등간격으로 배치하되 비계 띠장으로부터 10cm의 돌출길이 가 있는 것으로 산정하여 하중을 산출하면 다음과 같다.(표-39)

(표-39) 고정하중 산출

하중요소	산 출 근 거
합 판	$900 \times 1800 - 2.5\text{장} \times 10^5 \text{kg} = 26.25\text{kg} \approx 27\text{kg}$
장 선	$8.4 \times 8.4 \times 190 = 1.3407\text{cm}^3 \approx 0.014\text{m}^3$ $0.014\text{m}^3 \times 500\text{kg/m}^3 = 7\text{kg}$

(나) 적재하중

적재하중은 작업시 피트 내부에 투입되는 근로자의 체중과 간단한 공구류 및 콘크리트 누출 또는 거푸집 해체 작업시 적치되는 누출 콘크리트나 적치 거푸집에 의한 일시적 하중이 있다. 그러나 일시적 하중의 크기는 작업상황에 따라 차이가 있으며, 일상적인 하중이 아니라 콘크리트 누출 사고 또는 거푸집을 작업발판 위에 적치하는 경우에만 발생한다. 따라서 본 사례에서는 통상 아파트의 경우 유러폼 2장이 수직으로 조립 되므로 피트 내부의 해체 유러폼 1단 모두를 적치하였다가 밖으로 반출하는 것으로 가정하였으며, 해체 근로자는 피트 거푸집 조립 및 해체 작업에 통상 3인 1조로 작업하고 있음을 감안 3인의 근로자가 모두 피트 내부에서 작업중인 것으로 가정하여 적재하중을 산출하였다.(표-40)

(표-40) 적재하중 산출

하중요소	산출근거
근로자	3인
공구류	15kg
유러폼	$600 \times 1200 - 9\text{매} \times 19\text{kg} = 171\text{kg}$ $6001 \times 1500 - 9\text{매} \times 21^{\frac{5}{8}}\text{kg} = 193.^{\frac{5}{8}}\text{kg}$ $300 \times 1200 - 4\text{매} \times 12\text{kg} = 48\text{kg}$ $300 \times 1500 - 4\text{매} \times 14.^{\frac{5}{8}}\text{kg} = 58\text{kg}$ $450 \times 1200 - 1\text{매} \times 15\text{kg} = 15\text{kg}$ $450 \times 1500 - 1\text{매} \times 18.^{\frac{5}{8}}\text{kg} = 18.^{\frac{5}{8}}\text{kg}$ $325 \times 1200 - 2\text{매} \times 13\text{kg} = 26\text{kg}$ $325 \times 1500 - 2\text{매} \times 17\text{kg} = 34\text{kg}$ $(260 + 110) \times 1200 - 2\text{매} \times 18\text{kg} = 36\text{kg}$ $(260 + 110) \times 1500 - 2\text{매} \times 22\text{kg} = 44\text{kg}$ $4\text{매} \times 20\text{kg} = 80\text{kg}$ $100\text{매} \times 0.18\text{kg} = 18\text{kg}$ $200\text{매} \times 0.051\text{kg} = 10.2\text{kg}$ 합계 752.5kg $\therefore 752.5 \times 1/2 = 376.1 \approx 372\text{kg}$

(다) 충격하중

충격하중은 고정하중과 적재하중의 합의 절반이 작용하는 것으로 산출하였다.

$$(30 + 427) \times 0.5 = 228 = 230\text{kg}$$

다. 응력 산정

(1) 단위하중

1cm²에 작용하는 단위하중을 산출하면 다음과 같다.

$$\text{고정하중} : 23 \times \frac{1}{186 \times 45} = 0.0027\text{kg/cm}^2$$

$$\text{적재하중} : 427 \times \frac{1}{186 \times 45} = 0.051\text{kg/cm}^2$$

$$\text{충격하중} : 230 \times \frac{1}{186 \times 45} = 0.027\text{kg/cm}^2$$

이를 단위길이 1cm에 대하여 환산하면 단위하중이 균등하게 작용하는 것으로 가정한다. 그러나 실제 적재하중은 등분포하중이 아닌 중앙집중하중으로 작용하지만 유러폼의 규격이 장선 배치간격보다 크므로 등분포 하중으로 작용하는 것으로 가정하여 산정하였다. 그러나 적재하중은 장선부재에 중앙집중하중으로 산정하는 것이 바람직하다.

(2) 발판검토

발판에는 고정하중(발판무게) 적재하중(근로자·공구·해체거푸집) 충격하중이 등분포 하중(=W) 0.0807kg/cm으로 단순보에 작용하는 것으로 가정하여 이를 단순화하면 다음과 같다.(그림-5)

(가) 휨에 대한 검토

$$\begin{aligned}
M_{\max} &= 1/8 \omega \ell^2 \\
&= 1/8 \times 0.0807 \times (45)^2 \\
&= 20.43 \text{ kg/cm} \\
Z &= \frac{bh^2}{6} = \frac{1 \times 1.2}{6} = 0.24 \text{ cm}^3 \\
&= \frac{M_{\max}}{Z} \frac{20.43}{0.24} = 85.125 < f_b = 240 \text{ kg/cm}^2 \text{ o.k}
\end{aligned}$$

여기서 $M_{\max}$ = 최대 휨모멘트 (kg/cm)

ω = 등분포 하중 (kg/cm)

ℓ = 장선 간격 (cm)

Z = 단면계수 (cm³)

f_b = 허용휨응력도 (kg/cm²)

(3) 장선검토

장선에는 발판에서 작용한 하중 외에 고정하중인 장선 자체의 중량이 추가되나 미소하므로 이를 무시하여 도식화 하면 다음과 같다. 여기서 멩에는 비계의 띠장이 되며 결국 피트의 내부 치수는 2620×2480이므로 내부 채수에서 비계와 피트 용벽과의 틈간격을 제하면 2360×1880이 된다. 따라서 한변의 길이가 1800을 넘으므로 비계 기둥은 1변에 3본의 기둥이 배치되어야 하며, 비계 기둥과 기둥사이를 연결하는 부재가 띠장이므로 띠장 간격을 등간격으로 배치하는 경우 1180 (≒1200)mm 간격이 된다. 따라서 등분포 하중이 작용하는 단순보로 가정하여 산정하였다.

$$W = 0.0807 \text{ kg/cm} \times 45 \text{ cm} = 3.6315 \approx 3.64$$

(가) 휨에 대한 검토

$$M_{\max} = \frac{3.64 \times 120^2}{8} = 6552 \text{ kg/cm}$$

$$Z = \frac{3.64 \times 120^2}{8} = 98.784$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{Z} = \frac{6552}{98.784} = 66 > f_b = 60 \text{ kg/cm}^2 \text{ No}$$

(나) 전단에 대한 검토

$$\tau = \chi \frac{Q_{\max}}{A} < f_s$$

$$= \frac{3}{2} \frac{218.4}{70.56} = 4.64 < f_s = 8.0 \text{ kg/cm}^2$$

여기서 τ = 최대 전단 응력도 (kg/cm²)

χ = 형상계수 (구형단면 = 1.5)

$Q_{\max}$ = 최대 전단력 (kg/cm²)

A = 단면적 (cm²)

f_s = 허용전단 응력도

라. 검토 결과

발판은 안전하였으나, 장선재는 휨응력도가 허용휨 응력도 보다 크므로 불안전하다.

따라서 허용 휨응력에 대해 안전하기 위해서는

- 1) 장선의 단면을 크게 설계하는 방법
- 2) 띠장의 간격을 조절하는 방법이 있다.

본 연구에서 장선재인 각재의 재재 규격에서의 9×9cm의 규격 단면의 각재가 8.4×8.4cm 단면으로 유통되고 있지만 건설현장에서의 자재 반입시 철저한 검수

를 전제로 $9 \times 9\text{cm}$ 단면의 각재를 사용하는 경우

$$\sigma_{\max} = \frac{6552}{121.5} = 53.93 < f_b = 60\text{kg/cm}^2$$

응력도는 허용휨 응력도 이내이기 때문에 안전하지만, 띠장의 간격을 조절하는 것이 보다 바람직하다고 사료된다.

제 6 장 결 론

엘리베이터 피트 내부 작업발판 설치 모형 개발을 위하여 재해사례, 안전계획 수립 실태 및 건설현장 설치사용 실태조사의 분석 과정을 통하여 다음과 같은 붕괴 재해의 원인을 도출하였다.

첫째, 3년간의 피트 내부 작업발판 붕괴 재해 사례를 통해 일시적 하중의 증가가 붕괴 재해의 원인이었다.

둘째, 건설현장에서 안전계획 수립시 작업발판 내력에 대한 안전성을 검토하지 않으므로써, 구성부재의 단면 규격과 배치 간격등에 대한 안전성 검토 부실이 붕괴재해 원인이 되고있다.

셋째, 건설현장 설치 실태는 부재 배치 간격, 결속불량, 가새와 벽연결의 미설치 등의 작업발판 조립불량이 붕괴재해의 원인이었다.

도출된 재해 원인의 근본적 해소를 위해 본 연구에서는 피트의 크기 변화에 대응이 가능하고 건설현장에서 피트내부 작업발판으로 가장 많이 이용하고 있는 작업발판 구조의 구성부재를 조사하여 작업발판 안전성 평가에 활용 가능한 설계 기초자료를 하였다.

첫째, 작업대는 구조 부재로 사용하는 내료의 단면 규격에 따른 단면 성능과 허용응력을 제시 하였다.

둘째, 작업발판에 작용하는 하중의 종류와 하중의 크기 결정 방안 및 구조 계산 지침을 제시하고, 작업발판 설계 사례를 예시 하였다.

참 고 문 헌

1. _____, “산업안전보건법”
2. 노동부, “산업재해분석”, 1993~1994.
3. 한국산업안전공단, 중대재해 속보 1993~1994.
4. _____, “건축법”
5. 건설부, “건축구조 설계기준”
6. 건설부, “콘크리트공사 표준시방서”
7. 대한건축학회, “건축공사 표준시방서”, 1989.
8. 대한공업진흥청, “한국공업규격”
9. 산림청, “원목 및 제재규격”, 1986.
10. 한국산업안전공단, “’93, ’94년도 중대재해속보”
11. 산업안전연구원, “건설용 가설기자재 성능검정기준 개발에 관한 연구”, 1993.
12. 쌍용건설기술연구소, “거푸집설계 및 시공지침안”, 1994. 2.
13. 戊井一夫 외 3인/ 김상곤 외 1인 공역, “가설구조물의 해설”, 명문사, 1989. 1.
14. 이만호, “거푸집공사의 중대재해예방에 관한 연구”, 1994. 12.
15. 최순주, “거푸집공사 안전작업에 관한 연구”, 1993. 12.
16. 최순주, “거푸집공사 시공안전을 위한 연구”, 1994. 12.
17. 일본, “노동안전위생규칙”
18. 일본, “산업안전위생규칙”
19. 일본건축학회, “건축공사 표준시방서·동해설 JASS 5 철근콘크리트 공사”,

- 1986.
- 20. 일본건설업노동재해방지협회, “型わく 支保工 安全技術指針”, 평성5년, 5.
 - 21. 大林組, “型わく 支保工 基準集”
 - 22. ACI Commit 347, “Guide to Formwork for Concrete” ACI Structural Journal Sep-Oct '88.
 - 23. BS 5975 : 1982, “Code of practice for Falsework”, BSI.
 - 24. Schmitt, Schaltechnik in Ortbetonbau 2. Auflage, 1993.

【부록-1】 중대재해사례 속보

수 신 : 수신처 참조

(제 93-24호)

참 조 : 안전관리부서장

■ 본 속보는 최근 발생한 중대재해를 조사하여 그 내용을 요약 통보하는 것이
오니 귀사의 관련직원 및 산하현장과 협력업체에 널리 알려 동종 재해
가 발생치 않도록 적극 활용하시기 바랍니다.

1. 재해발생 개요

'93. 3. 5. 17:15경 ○○건설(주)가 시공하는 해운 2차아파트 신축공사현
장 203동 18층 엘리베이터 피트 내부 작업발판 상부에서 형틀목공 작업자가
벽체 유로-포움을 해체하여 내부에 적재하던 중 작업발판 상부하중을 이기지
못하고 하부 플랫타이가 절단 되면서 작업발판이 붕괴되어 50m아래 바닥으로
추락 사망한 재해임.

2. 재해발생원인

○ 엘리베이터 피트 내부 작업발판 설치구조불량
(안전기준 제439조)

— 사고기인물인 Flat tie는 작업발판지지용 철
물이 아닌 $t=200\text{mm}$ 용벽에 타입된 돌출
길이 $4\ell < 100\text{mm}$ 의 거푸집설치용 가설철
물로서 여기에 발판 설치는 불안전함.

— 사고 Flat tie는 지지력(추정)이 $W_g < 200\text{Kg}$ /개로서 충격하중 또는 과적시 전단
파괴 및 벽체탈락등에 의한 발판 붕괴위험이
높음.

○ 유로포움 과다적재등 안전수칙 미준수

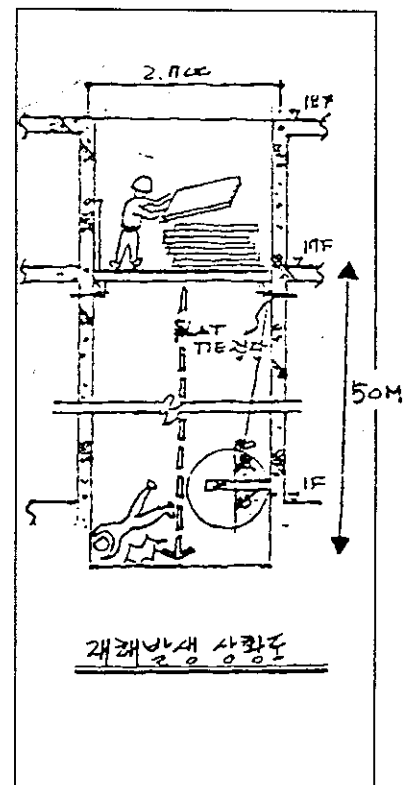
— 사고당시 약 500kg의 자재가 과다적재 되어
있었고 거기에 추가로 내려놓는 충격에 의해
플랫타이가 전단파괴된 것으로 추정됨.

○ 발판 하부 추락 방지망 미설치

(안전 기준 제440조)

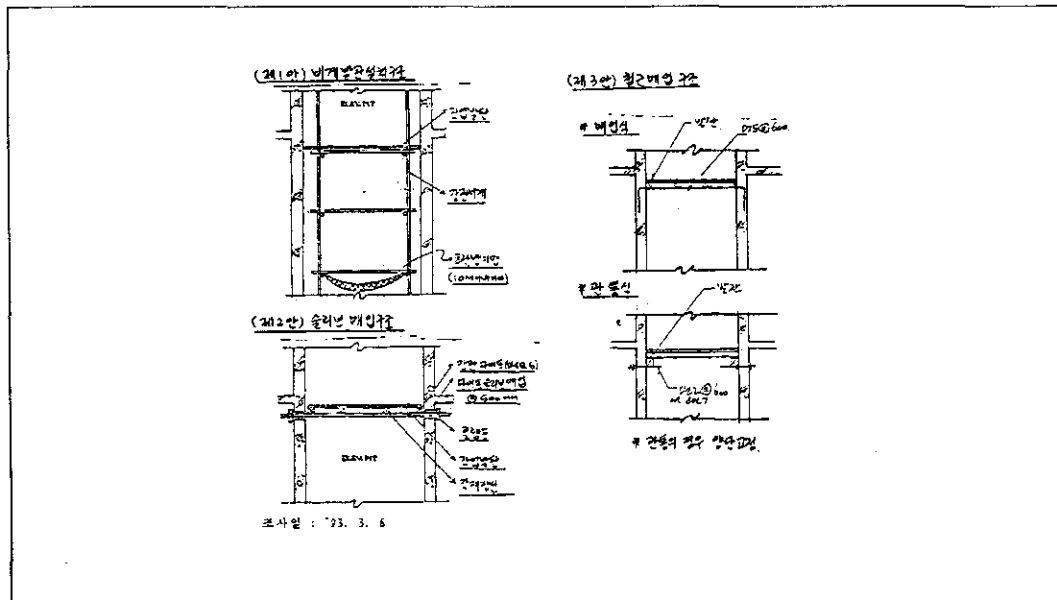
○ 안전대 미착용

○ 안전담당자 미지정 및 관리감독 소홀



3. 재해방지대책

- 플랫폼타이는 작업발판 설치용으로 절대 사용치 않도록 한다.
 - 작업발판 하부에는 반드시 추락방지망을 높이 10m이내마다 견고하게 설치토록하거나 발판을 매층 존치토록 한다.
 - 피트 내부에서 작업 또는 발판을 해체시에는 반드시 안전대를 착용한다.
 - 피트내부의 작업발판에는 자재적재를 금지 및 충격하중을 금지토록 한다.
 - 작업발판 설치시에는 발판붕괴의 우려가 없는 안전한구조로 설치토록 하며, 그 설치에는 다음과 같다.(그림은 아래 설치모델 참조)
 - 슬리브매입 구조
 - 비계발판설치 구조
 - 철근매입 구조
 - 사고장소의 거푸집 설치 및 해체시에는 안전담당자를 지정 및 관리감독을 철저히 한다.
- * '92년 공단에서 조사한 건설업 중대재해 379건중 14건이 사고내용과 동일한 재해임.



한 국 산 업 안 전 공 단

수신처 : 현대건설(주)와 77개소

참 조 : 노동부산업안전과, 건설근로안전과, 지도원 1~11, 교육원, 연구원

건설안전기술협회, 산업안전신문, 매일 경제신문, 일간건설

연락처 : 전화 798-4691, 팩스 : 749-2645

(부록-2) 엘리베이터 피트 내부 재해사례

재해일자	재 해 개 요	재 해 원 인	재해자 위 치	재해자수		비 고
				사망	중상	
'93. 2.13	승강기 레일 및 레일 브라켓 청소작업중 실족	-안전대 부착설비 미비 -작업발판 미설치 -안전대 후크걸이 미 고정 -개인보호구 착용 상 태 불량	승강기 상부	1		93-19
'93. 3. 5	벽체 거푸집 해체 작 업중 작업발판 붕괴	-작업발판 설치 구조 불량 -과도적치 -추락방지망 미설치 -안전대 미착용 -안전담당자 미지정	작업발판 상부	1		93-24 * '92년도 동종재해 14건 발행
'93. 3.11	피트내부 작업발판 해 체 작업중 추락	-작업발판 설치구조 불량 -추락방지망 미설치 -안전대 미착용	작업발판 상부	1	1	93-
'93. 4. 1	누출콘크리트 제거 작 업중 작업발판 붕괴	-작업발판 설치구조 불량 -추락방지망의 재질 및 지지상태 불량 -거푸집조립 불량 -안전대 미착용	작업발판 상부	1		93-42
'93. 4.19	승강기 설치중 추락	-안전난간 미설치 (승강기 상부) -안전대 미착용	승강기 상부	1		93-61

재해일자	재 해 개 요	재 해 원 인	재해자 위 치	재해자수		비 고
				사망	중상	
'93. 4. 6	거푸집 해체 작업중 작업발판 붕괴	-작업발판 설치 불량 -안전대 미착용	작업발판 상부	1		93-58
'93. 5.12	피트입구에서 간이 작업대(높이 78cm) 상부에서 견출작업중 추락	-안전대 부착설비 및 안전대미착용 -추락방지망 미설치 -불안전한 작업 발판 제작 사용 -근로자 안전의식 결여	간이 작업대 상부	1		93-87
'93. 5. 21	피트입구에서 간이작 업 상부에서 천정 chipping작업중 추락	-불안전한 말비계 사용 -작업방법 불량 -추락방지용 방망 미 설치	말비계 상부	1		93-97
'93. 5.22	옹벽에 묻어 있는 콘 크리트 잔재 제거 작 업중 추락	-불안전한 작업 발판 -안전대 부착시설 미 설치 -추락방지망 미설치	작업발판 상부	1		93-98
'93. 8.23	피트내부 강관비계에 서 승강기 설치 작업 중 추락	-작업발판 미설치 -추락방지망 미설치 -강관비계 벽연결 불량 -안전대 부착시설 미 설치	강관비계 상부	1		93-180
'93. 9. 6	타워크레인에 매달린 작 업발판 상부에서 작업발 판 설치작업중 추락	-작업방법 불량 -추락방지망 미설치 -안전담당자 미지정	작업발판 상부	1		93-203

재해일자	재 해 개 요	재 해 원 인	재해자 위 치	재해자수		비 고
				사망	중상	
'93. 9.18	거꾸집 해체 작업중 작업발판 붕괴	-작업발판 설치 불량 -과다적재 -안전대 부착설비 미 설치 및 안전대 미 착용 -관리감독 소홀	작업발판 상부	1	2	93-218
'93.10. 4	승강기 작동시험 및 정리정돈 작업중 협착	-작업방법 불량 -장기간 방치설비 관 리소홀	승강기 상부	1		93-239 * 공사 중 단후 8 개 월 후 공사재개
'93.10.20	바닥 배관 작업중 추 락	-안전난간 미설치 -추락방지망 미설치 -안전대 부착시설 및 안전대 미착용 -안전모 미착용 -작업방법 불량	바닥 거꾸집 상부	1		93-259
'93.11.29	누출콘크리트 제거 작 업중 작업발판 붕괴	-작업발판 설치 -거꾸집 조립불량	작업발판 상부	1		93-296
'94. 1. 4	작업발판 해체작업중 추락	-안전대 부착설비 미 설치 및 안전대 미 착용 -작업발판 설치 불량 -추락방지망 미설치	작업발판 상부	1		94-20

재해일자	재 해 개 요	재 해 원 인	재해자 위 치	재해자수		비 고
				사망	중상	
'94. 2. 25	콘크리트 타설작업중 거푸집지보공 붕괴	- 지보공조립 불량 (지보공 6단이어 설치)	작업발판 상부	1		94-62
'94. 3.18	거푸집 조립작업중 작 업발판 붕괴	- 작업발판 설치 불량	작업발판	1	1	94-99
'94. 5.19	자재 운반작업중 추락	- 안전난간 미설치 - 추락방지망 미설치	피트입구	1		94-146
'94. 7. 9	피트홀 천정 견출 작 업중 추락	- 추락방지망 미설치 - 안전난간 설치 불량 - 불안정한 행동	안전난간	1		94-207
'94. 7.22	피트내부 비계 해체 작업중 추락	- 안전대 미착용 - 안전모 미착용 - 추락방지망 설치 불량	강관비계	1		94-227
'94.11. 3	피트입구에서 실족으 로 추락	- 안전난간 미설치 - 안전모 미착용	—	1		94-359

(부록-3) 피트내부 작업발판 계획실태

연번	현 장 명	시 공 자	피트 크기	작업발판 구조
1	가평㉠	○○건설(주)	2600×	Sleeve 매입
2	신촌 ○○㉠	○○주택	2700×	기성제품
3	호원동 ○○5차㉠		2800×	강관비계
4	○○연립재건축㉠	○○제과(주) 건설사업본부	2300×	강관비계
5	마포 ○○빌딩	○○건설	2300×1600	강관비계
6	대조동 ○○타운 ㉠	○○건설(주)	2700×3200	강관비계
7	구리인창 3공구㉠	(주)○○	—	Sleeve매입 또는 Working Deck 조립
8	창동 ○○㉠	○○건설(주)	2800×2800	Sleeve
9	○○산 콘도	○○종합건설	4200×2800	—
10	○○근로청소년㉠	○○산업	2700×	Sleeve
11	구리인창 1공구㉠	○○전업	2990×	Sleeve
12	호정동 조합㉠	○○전업(주)	2800×2800	강관비계
13	홍천 연봉○○㉠	○○산업개발(주)	2800×2600	Bracket
14	수평동 ○○㉠	○○토건(주)	2800×	Sleeve, 강관비계
15	장안4차㉠	○○종합건설(주)	—	강관비계
16	포천○○㉠	(주)○○종합건설	2800×	Sleeve, 강관비계
17	용현2차○○㉠	(주)○○	2700×2800	Sleeve

연번	현 장 명	시 공 자	피트 크기	작업발판 구조
18	갈현동 재건축㉠	○○산업개발	2700×2700	Sleeve
19	상계동 재건축㉠	○○공영(주)	2800×	강관비계
20	홍천 ○○콘도 2차	○○건설	—	Sleeve
21	포천 ○○㉠	○○산업개발	2700×2700	Bracket
22	호원동 ○○○㉠	○○종합건설(주)	2800×2700	—
23	청량리 ○○코아	○○건설(주)	2900×	—
24	속초 ○○㉠	○○건설(주)	2800×	Sleeve
25	호원동 ㉠	○○종합건설(주)	2700×2700	Sleeve
26	금촌 ○○㉠	○○건설(주)	2700×2700	브라켓
27	호원동 ○○㉠	○○종합건설	2800×2800	강관비계
28	불광동 ○○프라자	○○건설(주)	8500×2700	Sleeve, 강관비계
29	○○로얄타운㉠	○○종합건설(주)	2700×2700	—
30	중계2지구○○프라자	○○종합건설(주)	2000×2000	Sleeve
31	구리인창 6공구	(주)○○	2800×3100	강관비계
32	금촌 ○○㉠	○○주택	2700×3000	Sleeve
33	양양 ○○㉠	○○주택건설	3900×1950	강관비계
34	연천 ○○㉠	(주)○○종합건설	—	Sleeve
35	고양 ○○㉠	○○건설	4800×2800	강관비계
36	강릉 ○○㉠	○○공영	2700×2800	강관비계
37	○○재단 강릉병원	○○건설(주)	5100×5100	철근매입, Bracket

연번	현 장 명	시 공 자	피트 크기	작업발판 구조
38	능곡 ○○㉠	○○개발	—	강관비계
39	남양주 ○○㉠	○○주택	2800×2800×	강관비계
40	장암 ○○㉠	○○건설산업(주)	2800×	강관비계
41	신흥상가㉠	○○토건	2700×	Bracket
42	광적 ○○㉠	○○종합산업(주)	2700×2700	Sleeve
43	하월곡동 ㉠	(주)○○주택	2700×	철근관통
44	춘천 ○○㉠	○○종합건설	2800×2700	Sleeve, 강관비계
45	동해 ○○㉠	○○건설	2700×2700	강관비계
46	청량리 ○○빌딩	(주)○○기업	5400×2700	Sleeve, 강관비계
47	구리인창 ○○㉠	(주)○○전업	2800×3000	Sleeve, 강관비계, Bracket
48	○○윤 산부인과	○○종합건설	1100×1100	강관비계
49	능곡 ○○㉠	○○건설(주)	2800×2750	강관비계, 철근매입
50	○○동 연합조합 ㉠	○○건설	2700×2700	Sleev

(부록 -4) E/V pit 내부 작업발판 사용 실태조사

현 장 명	전화번호						
E/V pit 크기			* 시공건물의 E/V 여러개 있을 때에는 가장 큰 것을 대상으로 조사해 주십시오.				
E/V 설치대수	대						
최대층고							
거꾸집 작업	거꾸집 종류	내벽 :	긴결재				
		조 립		해 체			
	근로자 수	인		인			
	사용공구						
	적치물품						
작업발판구조	① 비계 ② 슬리브 ③ 철근매입 ④ 브라켓 ⑤ 폼타이 ⑥ 폼타이볼트 ⑦ 기타						
재료규격과 간격	부재명	재료규격		두께 또는 간격			
	발판			t =			
	장선			② =			
	멍에			② =			
결속상태	부재명	결속상태		결속간격			
	발판과 장선	미고정, 못, 철선, 기타		최대	cm	최소	cm
	장선과 멍에	미고정, 못, 철선, 기타		최대	cm	최소	cm
	멍에와 띠장	미고정, 못, 철선, 기타		최대	cm	최소	cm

비계조립	옹벽과의 틈간격	최대 : cm, 최소 : cm
	가 새 설 치	()층 간격, 미설치
	벽 연 결 설 치	()층 간격, 미설치
	방 망 설 치	()층 간격, 미설치
슬리브	매 입 간 격	()cm
매입조립	고 정 상 태	①미고정 ②1단만 고정 ③양단고정
철 근 매입구조	매 입 형 태	①관통형 ②매입형(옹벽)
	고정상태(관통형만 해당)	①미고정 ②외부만고정 ③내부만고정 ④양단고정
	매 입 철 근 직 경	mm
	매 입 철 근 본 수	본
	매 입 철 근 돌 출 길 이	mm
* 작업발판 조립 및 해체시 문자판을 열거해 주십시오.		* 작업발판 조립형태 간략히 스케치 해 주십시오. (재료규격, 설치간격, 결술상태 표기)

(부록-5) 엘리베이터 피트 내부 작업발판 설치 실태

연 번	현장명	자지구조	피트크기	승강기 대수	발 판		장 선 명 예		
					재질	두께	재질	규격	간격
1	능곡○○㉠	비 계	4600×2750	2	합판	12	각재	84×84	무질서
2	능곡○○㉠	비 계	2800×2860	1	합판	12	각재	90×90	무질서
3	능곡○○㉠	비 계	2800×2860	1	합판	12	각형강판	—	7-8개
4	능곡○○㉠	비 계	2800×2860	1	합판	12	각재	—	7-8개
5	○○사옥	비 계	4500×2400	2	유로폼	—	S·P	—	1500
6	○○㉠	비 계	2700×2800	1	합판	12	각재	90×90	300-400
7	○○동㉠	비 계	2500×2600	1	합판	12	각재	90×90 90×90	400 800
8	○○중합건설	비 계	4200×2500	2	패널	650	각재	— —	800 800
9	강경○차㉠	비 계	2700×2700	1	합판	12	— —	— 90×90	450 450
10	○○조합㉠	비 계	2700×2700	1	합판	24	S.P S.P	— —	1250 1250
11	○○2지구㉠	비 계	2800×2600	1	합판	12	—	—	—
12	문막○○㉠	비 계	2700×2700	1	합판	12	각형강판 각재	— 90×90	450 450
13	○○기업사옥	비 계	4800×2400	2	합판	15	—	—	—
14	구리○○㉠	비 계	2600×2500	1	합판	12	각재 각재	90×90 90×90	300 450
15	태백○○㉠	비 계	3200×3200	1	합판	15	S.P S.P	— —	400 800
16	원주○○㉠	비 계	3000×3000	1	합판	12	S.P S.P	— —	450 450
17	포천○○프라자	비 계	5200×2200	2	합판	12	각재 각재	45×90 90×90	450 600
18	산본○○공구㉠	비 계	4600×2690	2	합판	12	각재	—	600

연 번	현장명	지지구조	피트크기	승강기 대수	발 판		장 선 명 예		
					재 질	두께	재 질	규격	간격
19	능곡○○㉠	비 계	2700×2700	1	합판	12	각재	—	600
20	능곡○○㉠	비 계	2520×2520	1	합판	18	각재 각재	2.71×2.71 "	600 300
21	능곡○○㉠	비 계	2620×2620	1	합판	12	—	—	—
22	능곡○○㉠	비 계	2620×2620	1	합판	12	각재	90×90	300
23	○○사육	비 계	2300×2500	1	합판	15	각형강관 각형강관	—	600 600
24	○○㉠	슬리브	2800×2700	1	합판	12	각형강관 각형강관	45×45 45×45	900 600
25	○○동㉠	슬리브	2800×2800	1	합판	9	S.P	—	1200
26	○○종합건설	슬리브	2700×2100	1	합판	12	S.P S.P	φ48.6 —	700 700
27	강경○차㉠	슬리브	2620×4820	2	합판	12	S.P S.P	φ48.6 φ48.6	600 600
28	○○조합㉠	브라켓	2700×2800	1	합판	12	각형강관 각형강관	— —	900 450
29	○○2지구㉠	브라켓	2500×2750	1	—	—	—	—	—
30	문막○○㉠	Flat Tie	2800×2800	1	합판	12	각재 각재	90×90 90×90	600 2600
31	○○기업사육	철근매입	2500×2400	1	합판	12	각재	90×90	200
32	인천○○㉠	기타	2800×2600	1	합판	12	각재 강재 (ㄷ형강)	90×90 3.27	—

(부록-6) 발판구성부재의 지지구조별 결속실태

고정상태 및 재료	부재명 구조	발판과 장선					장선과 멍에					멍에외 띠장				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
미 고정		5		1	1		3					1	1		1	
못		8					8						1			
철 선		11	4	1		1	7					10	3			
무 응 답				1			5	1	1		1	9	1	1		1
기 타							1				1	3				1

범례 1. 비계 2. 슬리브 3. 브라켓 4. FLAT TIE 5. 철근매입

엘리베이터 피트 내부 작업발판
설치 모형 연구

(연구보고서 토건연 95-3-18)

발행일 : 1995. 12. 31

발행인 : 원장 이 한 훈

연구자 : 선임연구원 최 순 주

발행처 : 한국산업안전공단

산업안전연구원

토목건축연구실

주 소 : 인천직할시 북구 구산동 34-4

전 화 : (032)5100-849

(032)502-0032

〈비매품〉