연구보고서

승강기(엘리베이터) 설치 전용 작업대의 현장 적용성 확대 방안 연구

황종문

산업재해예방
안전보건공단
산업안전보건연구원

요 약 문

● **연 구 기 간** 2023년 2월 ~ 2023년 11월
● **핵 심 단 어** 승강기, 엘리베이터, 작업대, 시스템 비계, 추락사고
● **연구과제명** 승강기(엘리베이터) 설치 전용 작업대의 현장 적용성 확대 방안 연구

1. 연구배경

최근 5년간 승강기(엘리베이터) 설치, 교체, 유지보수 작업과 관련한 사고 재해자는 140명이 발생하였고, 그 중 사고사망자는 35명(전체 재해의 25%가 중대재해)으로 설치작업 중 12명, 교체작업 중 12명, 유지관리작업 중 11명이 발생하여 사망사고 위험이 매우 높은 공종이다. 그 중 승강로 내부 작업으로 인해 추락 위험이 높은 승강기 설치 및 교체 작업의 경우, 업체 대부분이 영세하고 관리자의 안전관리 역량이 부족하여 승강기 작업자 추락사고를 근원적으로 예방하기 위해서는 국내 승강기 제조사가 생산하는 제품에 적용 가능하고 다양한 현장 여건에서도 표준화된 안전성을 확보할 수 있는 승강기 설치 전용 작업대 개발의 필요성이 제기되었다. 그리하여 공단은 국내 승강기 4대 제조사와 '19년 12월 승강기 작업장 안전관리 강화에 대한 업무 협약을 체결하고, 사고 예방 대책의 일환으로 승강기 설치 전용 작업대 개발을 위한 연구 과제를 추진하여 '20년 11월 최초 시제품을 개발 완료 하였다. 이후, 구조 실물 실험과 현장 검증 과정에서 관련 전문가, 제조사 관계자, 설치 작업자 등 이해관계자로부터 도출된 의견들을 수렴하기 위한 보완 및 개선 작업이 수행되었고 작업자의 안전성을 동등 수준 이상으로 확보하면서 현장 적용성과 작업 편의성을 향상시킨 승강기 설치 전용 작업대를 최종 완성하였다.

약 18개월간 동안 사고 원인 심층분석, 현장 실태조사, 실물 구조 실험, 현장 검증 테스트, 공인기관 인증, 전문가 자문회의 등을 통해 개발된 승강기 설치 전용 작업대는 '22년 8월 시행된 방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부 고시 제2022-70호)를 통해 자율안전확인신고 대상[1]에 포함되었으며, '22년 9월부터 사망사고 등 고 위험 사업장의 시설 개선을 위한 재정지원사업(구입비용 지원)이 시행 되었다.

하지만 현재 보급중인 승강기 전용 작업대는 개발 당시 사고가 집중되는 소규모 현장의 15인승 이하(1,000kg) 철근콘크리트 구조의 승객용 승강기에만 적용되는 제품으로 개발됨으로써, 구조 형식이 다양해지고 고층화 · 대형화 되고 있는 최근 건축물의 15인승 초과 승강기, 관통형(전망형) 승강기, 철골 구조의 승강기 등에는 설치할 수가 없어 승강기 작업자의 추락 사고 예방에는 한계가 있다. 따라서, 매년 신규 설치되는 약 48,000대 이상의 승강기 작업장 추락 사고를 근원적으로 예방하기 위해서는 현재 15인승 이하 철근콘크리트 구조의 승객용 승강기에만 적용되는 작업대 사용 범위를 확대할 필요성이 있다.

이에 본 연구에서는 승강기 설치 작업자의 추락사고 예방 효과를 극대화 하고 관련 업계의 요구 사항을 반영하고자, 건축물의 다양한 구조 형식과 용도 및 인승(적재하중)의 적용 범위[2]를 확대할 수 있는 확장형 승강기 설치 전용 작업대 개발 연구를 수행함으로써, 승강기 작업자의 근원적 사고 예방 방안을 제시하고자 한다.

---

1) 방호장치 자율안전기준 고시 제8장 제1절 제14조, 제14조의 2 및 별표7
- 엘리베이터 승강로용 브래킷에 대한 정의, 성능기준 및 시험방법을 제시

2) 형식 : 기존 철근콘크리트 구조에서 철골 및 철골콘크리트 구조 건축물로 확장
용도 : 현재 승객용을 포함한 관통형(전망형) 및 장애인용(승객화물용)으로 확장
승강로 깊이 : 현재 2,500mm 이하에서 3,200mm 이하로 확장

2. 주요 연구내용

1) 승강기 설치 작업대 사용 실태조사

승강기 설치 작업자 추락사고 예방을 위해 개발된 15인승 이하 승강기 설치 전용 작업대 및 강관 비계를 사용한 기존 작업대의 사용 실태를 조사하여 승강기 설치 작업의 위험요인, 공정상의 문제점, 확장형 승강기 작업대 개발방향 등을 위한 자료를 수집하였다.

2) 확장형 승강기 설치 전용 작업대 설계안 제시

보급중인 승강기 설치 전용 작업대의 현장 적용성 확대를 위해 15인승 초과 승강기, 철골 및 철골콘크리트구조 건출물, 관통형(전망형) 승강기 등 다양한 승강기 설치 작업에 사용할 수 있는 확장형 승강기 설치 전용 작업대 설계안을 마련하였다.

3) 현장 적용을 위한 사전 안전성 검토

확장형 승강기 설치 전용 작업대의 구조 안전성을 확보하기 위해 구조해석 프로그램을 사용하여 국토교통부 '비계 및 안전시설물 설계기준' 및 고용노동부 '방호장치 자율안전기준 고시'상의 안전기준 준수 여부 등 관련 법규정의 부합여부를 검토하였다.

4) 전문가 자문

승강기 제조사 관계자, 승강기 설치업체 관계자, 학계·업계 전문가가 참석한 전문가 자문 회의를 실시하여 연구 내용 및 결과의 적정성, 실제 적용 시 검토되어야 할 사항 등 승강기 작업자 사고예방을 위한 다양한 의견을 수렴하였다.

3. 연구 활용방안

- 승강기 작업 관련 산업재해 예방을 위한 실효성 있는 대책 제시
- 국내 승강기 작업 관련 제도 개선을 위한 기초 자료로 활용
- 고위험 작업 환경 개선을 안전 신기술 연구개발 사례로 활용
- 사망사고 고위험 개선사업의 재정지원 품목 선정 자료로 활용
- 기술 이전을 통한 중소업체의 동반성장 및 민간시장 활성화에 기여 등

4. 연락처

- 연구책임자 : 산업안전보건연구원 산업안전연구실 연구위원 황종문
  - ☎ 052) 703. 0842
  - bm0722@kosha.or.kr

목 차

Ⅰ. 서 론 ····· 1

1. 연구배경 및 목적 ····· 2

2. 연구내용 ····· 9

3. 연구방법 및 추진체계 ····· 11

Ⅱ. 선행연구 및 문헌고찰 ····· 13

1. 선행연구 분석 ····· 14

2. 재해사례 분석 ····· 18

3. 관련 제도 분석 ····· 30

4. 소결 ····· 32

목 차

Ⅲ. 실태조사 ····· 34

1. 이해관계자 설문조사 ····· 35
2. 승강기 작업장 방문 조사 ····· 54
3. 소결 ····· 62

Ⅳ. 확장형 승강기 설치 전용 작업대 설계 ····· 64

1. 개발 방향 ····· 65
2. 구조 안전성 검토 ····· 82
3. 전문가 자문 ····· 150
4. 소결 ····· 152

연구제목(Kopub돋움체, 9pt) 상단의 바탕쪽 아이콘을 클릭하여 수정가능

Ⅴ. 결론 ····· 155

1. 결론 및 활용방안 ····· 156

참고문헌 ····· 160

Abstract ····· 162

표 목차

〈표 1〉 최근 5년간 승강기 사고현황 ····· 3
〈표 2〉 최근 5년간 승강기 작업자 사고사망자 현황(작업형태별) ····· 5
〈표 3〉 최근 5년간 승강기 작업자 사고사망자 현황(발생형태별) ····· 6
〈표 4〉 3년간('17~'19) 4대 제조사 승객용 승강기 공급 현황 ····· 8
〈표 5〉 승강기 안전사고 관련 선행연구 ····· 14
〈표 6〉 승강기 전용 작업대 관련 사고사망자 현황(보급이후 조사분) ····· 20
〈표 7〉 엘리베이터 승강로용 브래킷의 재료 ····· 36
〈표 8〉 엘리베이터 승강로용 브래킷의 시험성능기준 ····· 38
〈표 9〉 현장 실태조사 현장 선정 기준 ····· 54
〈표 10〉 확장형 승강기 설치 전용 작업대의 제원 및 재료 특성 ····· 78
〈표 11〉 구조해석 시 작용(작업) 하중 ····· 80
〈표 12〉 수직처짐 해석 결과(확장형) ····· 97
〈표 13〉 방호장치 자율안전기준 고시의 성능시험기준 하중에 의한 부재별 응력 해석 결과 ····· 99
〈표 14〉 비계 및 안전시설물 설계기준의 작업하중에 의한 부재별 응력 해석 결과 ····· 99
〈표 15〉 비계 및 안전시설물 설계기준의 하중조합에 의한 부재별 응력 해석 결과 ····· 100
〈표 16〉 수직처짐 해석 결과[관통형(전망형)] ····· 115
〈표 17〉 가력보에 의한 집중하중 작용 시 부재별 응력 해석 결과 ····· 129
〈표 18〉 분포하중으로 환산하여 작용 시 부재별 응력 해석 결과 ····· 130

〈표 19〉 경작업 하중 작용 시 부재별 응력 해석 결과 ····· 131
〈표 20〉 중작업 하중 작용 시 부재별 응력 해석 결과 ····· 132
〈표 21〉 경작업 하중 조합 시 부재별 응력 해석 결과 ····· 133
〈표 22〉 중작업 하중 조합 시 부재별 응력 해석 결과 ····· 134
〈표 23〉 엘리베이터 승강로용 브래킷의 재료 ····· 144
〈표 24〉 엘리베이터 승강로용 브래킷의 시험성능 기준 ····· 146

그림목차

[그림 1] 국내 승강기 운행대수 및 신규 설치대수 ····· 2
[그림 2] 연구방법 ····· 11
[그림 3] 연구추진체계 및 일정 ····· 12
[그림 4] 승강기(엘리베이터) 설치 전용 발판 실물 구조 실험 ····· 16
[그림 5] 최근 5년간('18~'22) 작업형태별 사고사망자 ····· 18
[그림 6] 최근 5년간('18~'22) 발생형태별 사고사망자 ····· 19
[그림 7] 개정 승강기 안전관리법 운영 체계 ····· 25
[그림 8] 엘리베이터 승강로용 브래킷의 구조 ····· 28
[그림 9] 엘리베이터 승강로용 브래킷의 처짐 및 강도시험 ····· 30
[그림 10] 실물시험 예상도 및 하중 재하 위치(1,540mm일 경우) ····· 31
[그림 11] 온라인 설문조사용 설문지 ····· 37
[그림 12] 중대사고 발생 위험이 높은 공종 ····· 38
[그림 13] 사고가 자주 발생하는 장소 ····· 39
[그림 14] 안전한 작업환경 조성여부 ····· 40
[그림 15] 승강기 전용 작업대의 안전성 개선 정도 ····· 42
[그림 16] 승강기 전용 작업대의 편의성 개선 정도 ····· 43
[그림 17] 승강기 전용 작업대의 운반성 개선 정도 ····· 44
[그림 18] 승강기 전용 작업대 설치 시간 단축 정도 ····· 45
[그림 19] 재정지원사업의 실효성 ····· 46
[그림 20] 확장형 승강기 전용 작업대 개발 필요성 ····· 48
[그림 21] 확장형 승강기 전용 작업대 개발 시 현장 적용성 ····· 49

[그림 22] 확장형 승강기 전용 작업대의 적정 무게 ····· 50
[그림 23] 확장형 승강기 전용 작업대 개발 시 고려 항목 ····· 51
[그림 24] 확장형 승강기 전용 작업대 개발 시 고려할 작업환경 ····· 52
[그림 25] 승강기 전용 작업대의 구조 ····· 55
[그림 26] 강관비계 작업대와 승강기 전용 작업대의 설치방법 비교 ····· 56
[그림 27] 승강기 전용 작업대 설치 과정 ····· 58
[그림 28] 강관비계 작업대 설치 과정 ····· 59
[그림 29] 15인승 초과 승강로 내부 작업모습 ····· 60
[그림 30] 관통형(전망형) 승강기 전용 작업대 설치 모습 ····· 61
[그림 31] 모델링된 주요 타입별 승강기 설치 전용 작업대 ····· 66
[그림 32] 확장형 승강기 설치 전용 작업대 모델 및 설치 개요도 ····· 68
[그림 33] 관통형 승강기 설치 전용 작업대 모델 및 설치 개요도 ····· 71
[그림 34] 철골구조에 수평재 직접지지 가능한 전망형 모델 및 설치 개요도 74
[그림 35] 철골구조에 수평재 직접지지 불가능한 전망형 모델 및 설치 개요도 ····· 76
[그림 36] 방호장치 자율안전기준 고시의 성능시험 ····· 81
[그림 37] 확장형 승강기 설치 전용 작업대 구조해석 모델링 ····· 83
[그림 38] 확장형 승강기 설치 전용 작업대 구조해석 경계조건 ····· 84
[그림 39] 비계 및 안전시설물 설계기준에서 규정하는 하중 재하 ····· 87
[그림 40] 상부작업대 하중 재하 ····· 88
[그림 41] 방호장치 자율안전기준 고시에서 규정하는 최대하중 재하 ····· 91

그림목차

[그림 42] 방호장치 자율안전기준 고시에 의한 수직처짐 해석 결과 ····· 94
[그림 43] 비계 및 안전시설물 설계기준에 의한 수직처짐 해석 결과 ····· 96
[그림 44] 방호장치 자율안전기준 고시에 의한 부재 응력 해석 결과 ····· 101
[그림 45] 비계 및 안전시설물 설계기준에 의한 부재 응력 해석 결과 ····· 103
[그림 46] 관통형(전망형) 승강기 설치 전용 작업대 구조해석 모델링 ····· 104
[그림 47] 관통형(전망형) 승강기 설치 전용 작업대 구조해석 경계조건 ····· 106
[그림 48] 비계 및 안전시설물 설계기준에서 규정하는 하중 재하 ····· 109
[그림 49] 상부작업대 하중 재하 ····· 110
[그림 50] 방호장치 자율안전기준 고시에서 규정하는 최대하중 재하 ····· 113
[그림 51] 고정단 조건에 따른 방호장치 자율안전기준 고시에 의한 수직처짐 해석 ····· 117
[그림 52] 힌지 조건에 따른 방호장치 자율안전기준 고시에 의한 수직처짐 해석 결과 ····· 119
[그림 53] 롤러 조건에 따른 방호장치 자율안전기준 고시에 의한 수직처짐 해석 결과 ····· 121
[그림 54] 고정단 조건에 따른 비계 및 안전시설물 설계기준에 의한 수직처짐 해석 결과 ····· 123
[그림 55] 힌지 조건에 따른 비계 및 안전시설물 설계기준에 의한 수직처짐 해석 결과 ····· 125
[그림 56] 롤러 조건에 따른 비계 및 안전시설물 설계기준에 의한 수직처짐 해석 결과 ····· 127

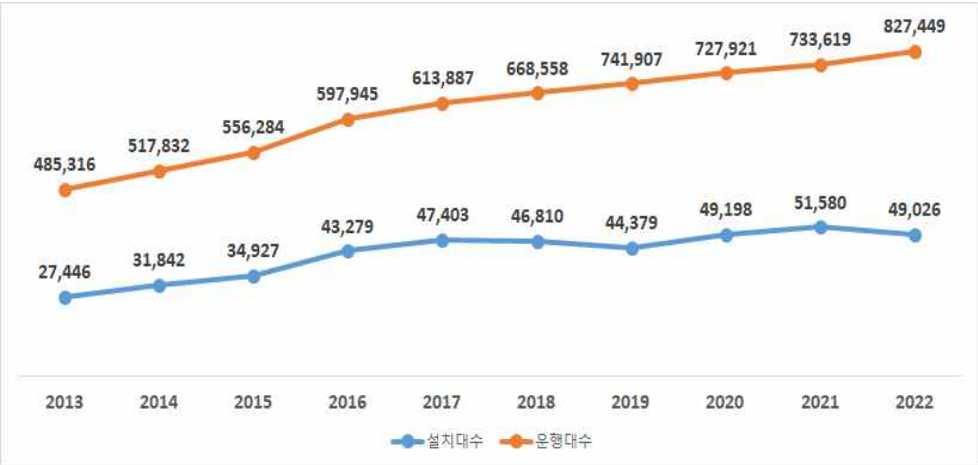
[그림 57] 고정단 조건에 따른 방호장치 자율안전기준 고시에 의한 부재 응력 해석 결과 ····· 135
[그림 58] 힌지 조건에 따른 방호장치 자율안전기준 고시에 의한 부재 응력 해석 결과 ····· 136
[그림 59] 롤러 조건에 따른 방호장치 자율안전기준 고시에 의한 부재 응력 해석 결과 ····· 137
[그림 60] 고정단 조건에 따른 비계 및 안전시설물 설계기준에 의한 부재 응력 해석 결과 ····· 139
[그림 61] 힌지 조건에 따른 비계 및 안전시설물 설계기준에 의한 부재 응력 해석 결과 ····· 141
[그림 62] 롤러 조건에 따른 비계 및 안전시설물 설계기준에 의한 부재 응력 해석 결과 ····· 143
[그림 63] 엘리베이터 승강로용 브래킷의 구조 ····· 145
[그림 64] 엘리베이터 승강로용 브래킷의 처짐 및 강도시험 ····· 147
[그림 65] 전문가 자문 회의 ····· 151

Ⅰ. 서 론

Ⅰ. 서 론

1. 연구배경 및 목적

승강기(이하, 엘리베이터에 한함)는 정부의 주택공급 확대 정책, 도심 재개발에 따른 고층화, 주택 거주 편의성 수요 증가 등으로 매년 설치 대수가 증가하고 있는 실정이다. 국가승강기정보센터의 승강기 통계자료에 따르면 '22년 12월 기준으로 827,449대가 운행되고 49,026대가 신규 설치되어, [그림 1]과 같이 최근 10년 동안 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 이러한 승강기 산업 규모는 설치대수에 있어서는 중국, 인도 다음으로 세계 3위, 운행대수에 있어서는 세계 7위의 규모로 성장하였음을 관련 문헌을 통해 알 수 있다.[3)]



* 출처 : 한국승강기안전공단「국가승강기정보센터」홈페이지 http://www.elevator.go.kr

[그림 1] 국내 승강기 운행대수 및 신규 설치대수

3) 전형호 등, 승강기 산업의 기술동향과 산업전망, 한국산업기술평가관리원, PD Issue Report, vol. 20-5(2020. 5.), 70면.

또한, 운행중인 승강기 중 약 150,000여대(19.1%)는 사용 연한이 도래하여 이에 따른 교체 수요도 빠르게 증가하고 있어, 승강기 산업의 급속한 성장으로 안전 사고도 지속적으로 발생하고 있다〈표 1〉. 이러한 승강기 사고의 증가로 산업통상자원부와 행정안전부에서는 승강기 운행대수와 신규 설치대수가 급증함에 따라, 승강기 설치 및 유지관리에 대한 안전 업무가 부실해진 것을 사고 증가의 주요 원인으로 판단하고, 관련 기준을 강화하기 위하여 '18년 3월 승강기 안전관리법을 전면 개정하였다. 주요 내용을 살펴보면 안전인증과 안전검사의 일원화, 저가부품 등 불량부품 유통에 대한 감시감독 강화, 안전관리자의 자격요건 개선 등 그간 승강기 안전관리의 문제점을 대폭 개선하였다.

〈표 1〉 최근 5년간 승강기 사고현황

연도	계 (건)	이용자 과실	작업자 과실	관리주체 과실	유지관리 과실	제조업체 과실	기타
2022년	54	35	5	2	4	0	8
2021년	75	23	14	5	14	0	19
2020년	86	86	40	12	6	10	17
2019년	72	38	11	3	6	1	13
2018년	21	10	0	3	5	1	2

* 출처 : 한국승강기안전공단 「국가승강기정보센터」 홈페이지 http://www.elevator.go.kr

우선, 승강기 안전인증 업무 주관부처가 '전기용품 및 생활용품 안전관리법'에 따라 산업통상자원부가 관리해오던 승강기 안전인증 업무를 행정안전부로 이관하였으며 안전인증 강화, 승강기 부품의 제조 또는 수입업체의 등록제 도입 및 사후관리 의무 강화, 승강기 안전관리자의 자격요건 신설, 관리 주체의 사고배상 책임보험 가입 의무화, 유지관리 승강기 대수 상한제 도입 등 승강기 설치와 사용상의 사고예방 강화를 위해 개별 법령에 따라 각각 운영해오던 승강기 안전관리에 관한 사항들을 통합하여 새로이 규정함으로써 현행 제도의 운영상 미비점을 개선·보완하였다.

주요 내용은 안전인증 대상 승강기 부품을 12종에서 20종으로 확대하고 유지관리 승강기 대수 상한제를 도입하여 일부 승강기 유지보수 업체에서 관련 자격증을 보유하고 있는 1명의 작업자가 월 200대까지 관리할 수 있던 것을 100대 이하로 제한하였다. 그리고 중대 사고나 고장이 발생한 승강기 또는 설치 검사를 받은지 15년이 경과한 노후 승강기는 3년마다 정기적으로 정밀 안전검사를 받도록 의무화 하였으며, 안전관리 인증을 받은 부품을 새로 구입해 쓰거나 부품 설치가 불가능해진 승강기의 경우에는 교체하도록 하는 것 등이다.

하지만 강화된 조치에도 불구하고 최근 5년간('18년~'22년) 엘리베이터 설치, 교체, 유지·관리작업과 관련하여 발생한 사고사망자는 35명으로 〈표 2〉와 같으며 작업형태별로는 설치작업 12명, 교체작업 9명, 유지·보수 작업에서 12명이 발생하였고 발생형태별로는 〈표 3〉과 같이 추락 18명, 끼임 15, 기타 2명 순으로 나타나고 있으며 발생 비중은 추락 51.4%, 끼임 42.9%로 추락의 비중이 가장 높다. 이러한 승강기 관련 작업에서 추락 사고의 비중이 높은 원인으로는 대부분의 설치업체가 영세하여 체계적인 안전관리와 안전의식이 부족하고, 추락 사고가 연이어 발생하고 있는 MRL[4] Type의 승강기는 최상층 승강로 내부에 기계 및 설비가 설치되는 고 위험 작업임에도 열악한 작업환경 및 관련 안전 설비가 마련되지 못하고 있는 것 등이 대표적인 문제라 할 수 있다.

4) Machine Room Less : 옥상층에 별도의 기계실이 없어 최상층 승강로 내부에 설비를 설치함

〈표 2〉 최근 5년간 승강기 작업자 사고사망자 현황(작업형태별)

구분	계 (명)	유지·보수 작업	설치작업	교체작업	철거·해체 작업
2018년	9	2	3	4	0
2019년	7	2	3	2	0
2020년	5	2	2	1	0
2021년	7	3	2	1	1
2022년	7	2	3	1	1
합계	35	11	13	9	2

* 출처 : 안전보건공단 공식통계자료('18년 ~ '22년)

〈표 3〉 최근 5년간 승강기 작업자 사고사망자 현황(발생형태별)

구분	계 (명)	추락	끼임	기타
2018년	9	5	4	1
2019년	7	3	3	0
2020년	5	4	3	1
2021년	7	3	2	0
2022년	7	3	3	0
합계	35	18	15	2

* 출처 : 안전보건공단 공식통계자료('18년 ~ '22년)

이러한 승강기 작업자 추락사망사고의 연이은 발생에 따라 공단과 국내 승강기 4대 제조사는 업무협약을 체결하고 승강기 작업자 추락사고의 근원적 예방을 위해 승강기 설치 전용 작업대(이하, 승강기 전용 작업대) 개발과 안전문화 조성을 위한 산업재해예방활동 협력을 추진하였다. 승강기 전용 작업대는 건축물의 승강로 내부에서 진행되는 승강기 설치 작업을 위해 작업자가 승강로 내부에서 조립하던 기존 강관비계 작업대를 안전한 승강로 외부에서 조립하여 사용할 수 있는 시스템 비계로 개선되었으며, 제조사별 다양한 제품과 현장 여건을 충족시키기 위해 상부 발판은 기존의 강관비계를 혼용해서 사용할 수 있도록 설계함으로써 현장 적용성이 아주 높은 제품이다. 그리고 작업자의 숙련도에 따라 제각각인 강관비계 구조 및 조립 불안전성을

동일한 안전성을 확보할 수 있도록 개발되어, 사용 현장에 설치된 작업대의 구조 및 안전성을 표준화 시킨점이 주목할 만하다.

하지만 연구개발 당시 〈표 4〉와 같이 우리나라 승강기 4대 제조사의 공급 실적은 15인승 이하 승강기가 70% 이상을 점유하고 있었으며, 관련 사고도 안전관리가 열악한 소규모 현장의 15인승 이하 승강기 설치 현장에 집중되고 있어 개발 방향은 예방대책이 긴급히 요구되는 소규모 현장의 벽이음재가 설치 가능한 철근콘크리트 구조 건축물에 설치하는 15인승 이하 승강기 작업의 사고를 예방할 수 있는 작업대 개발로 추진되었다. 그로인해 고층 또는 대규모 현장의 15인승 초과 승강기가 필요한 건물에서의 사용은 제한되고 있으며, 소규모 현장에서도 철근콘크리트 구조에 한정되어 다양한 구조 형식의 건물에는 적용할 수 가 없어 승강기 작업장의 광범위한 사용에는 한계가 있다.

따라서, 승강기 설치 작업 중 발생하는 작업자 추락사고의 근원적 예방을 위해서는 현행 15인승 이하 승강기에만 적용되는 작업대의 사용 범위를 확대할 필요성이 있으며 일부 건설회사나 승강기 전문 설치업체에서도 15인승 초과 승강기 작업자들은 사고 위험에 노출된 상황에서 작업을 할 수 밖에 없으므로 보급중인 승강기 전용 작업대의 적용 범위를 확대시킬 수 있는 확장형 승강기 설치 전용 작업대(이하, 확장형 승강기 작업대) 개발에 대한 요구가 제기되고 있는 상황이다. 이에 본 연구에서는 지속적으로 발생하고 있는 승강기 설치 작업자 추락사고의 예방 효과를 극대화하고 산업체의 수요을 반영하고자, 건축물 구조 형식과 용도 및 인승(적재하중)의 적용 범위를 확대할 수 있는 확장형 승강기 작업대 개발 연구를 수행하여 설계안을 제시하고자 한다.

〈표 4〉 3년간('17~'19) 4대 제조사 승객용 승강기 공급 현황[5)]

제조사 / 용량		현대		티센크루프		오티스		미쓰비시	
인승	kg	설치 대수	비율 (%)	설치 대수	비율 (%)	설치 대수	비율 (%)	설치 대수	비율 (%)
6	450	25	0.0	253	1.5	-	-	-	-
7	**550**	**8,177**	**14.1**	**5,261**	**30.4**	**2,339**	**23.2**	**334**	**16.7**
8	600	3,917	6.9	-	-	211	2.1	135	6.8
	630	1		1,738	10.1	-	-	-	-
9	680	-	-	166	1.0	-	-	-	-
	700	799	1.4	-	-	54	0.5	9	0.5
10	750	1,975	3.4	688	4.0	119	1.2	30	1.5
	800	-	-	3	0.0	-	-	-	-
11	825	-	-	41	0.2	-	-	4	0.2
12	**900**	**9,071**	**15.7**	**2,356**	**13.6**	**241**	**2.4**	**281**	**14.1**
13	**1,000**	**15,989**	**27.6**	**3,931**	**22.7**	**4,097**	**40.7**	**529**	**26.5**
14	1,050	-	-	-	-	-	-	5	0.3
15	**1,150**	**14,101**	**24.3**	**1,501**	**8.7**	**1,657**	**16.5**	**293**	**14.7**
16	1,200	-	-	20	0.1	9	0.1	-	-
17	1,275	-	-	153	0.9	-	-	-	-
18	1,350	1,873	3.2	250	1.5	429	4.3	158	7.9
19	1,495	-	-	3	0.0	-	-	-	-
20	1,500	1	0.0	72	0.4	617	6.1	-	-
21	1,600	1,690	2.9	358	2.1	-	-	118	5.9
합 계		57,686	100%	16,794	97%	9,773	97%	1,896	95%

5) 황종문 외 3인, 엘리베이터 설치와 유지보수 시 안전작업기준 및 전용발판 개발에 관한 연구, 산업안전보건연구원, 2020

2. 연구내용

‘확장형 승강기 작업대’ 개발안 마련을 위하여 15인승 이하 승강기 전용 작업대 적용 현장, 15인승 초과 승강기 설치 현장, 관통형(전망형) 승강기 설치 현장 등 실태 조사를 실시하여 확장형 승강기 작업대 설계안을 마련하고 현장 적용을 위한 전문가 구조 안전성 검토 및 연구결과의 적정성 여부 등을 수행하며 상세 내용은 다음과 같다.

■ 선행연구 및 문헌조사

- 선행연구 고찰
- 재해사례 분석
- 관련법령 검토

■ 승강기 설치 작업장 실태조사

- 온라인 설문 조사

  (설문지 개발)

- 현장 방문 조사

  [15인승 이하 승강기 설치 작업장, 15인승 초과 승강기 설치 작업장, 관통형(전망형) 승강기 설치 작업장 등]

■ 확장형 승강기 작업대 설계안

- Case 1: 15인승 초과 확장형 승강기 작업대 설계
- Case 2: 관통형(전망형) 승강기 설치 작업용 작업대 설계

■ 설계안에 대한 구조 안전성 검토

- 적용 소재에 대한 구조 안전성 검토
- Case1에 대한 구조 안전성 검토
- Case2에 대한 구조 안전성 검토

■ 연구결과에 대한 적정성 검토 및 제언

- 설계 및 구조 안전성 검토에 대한 검증
- 타 법령 부합여부에 대한 검증

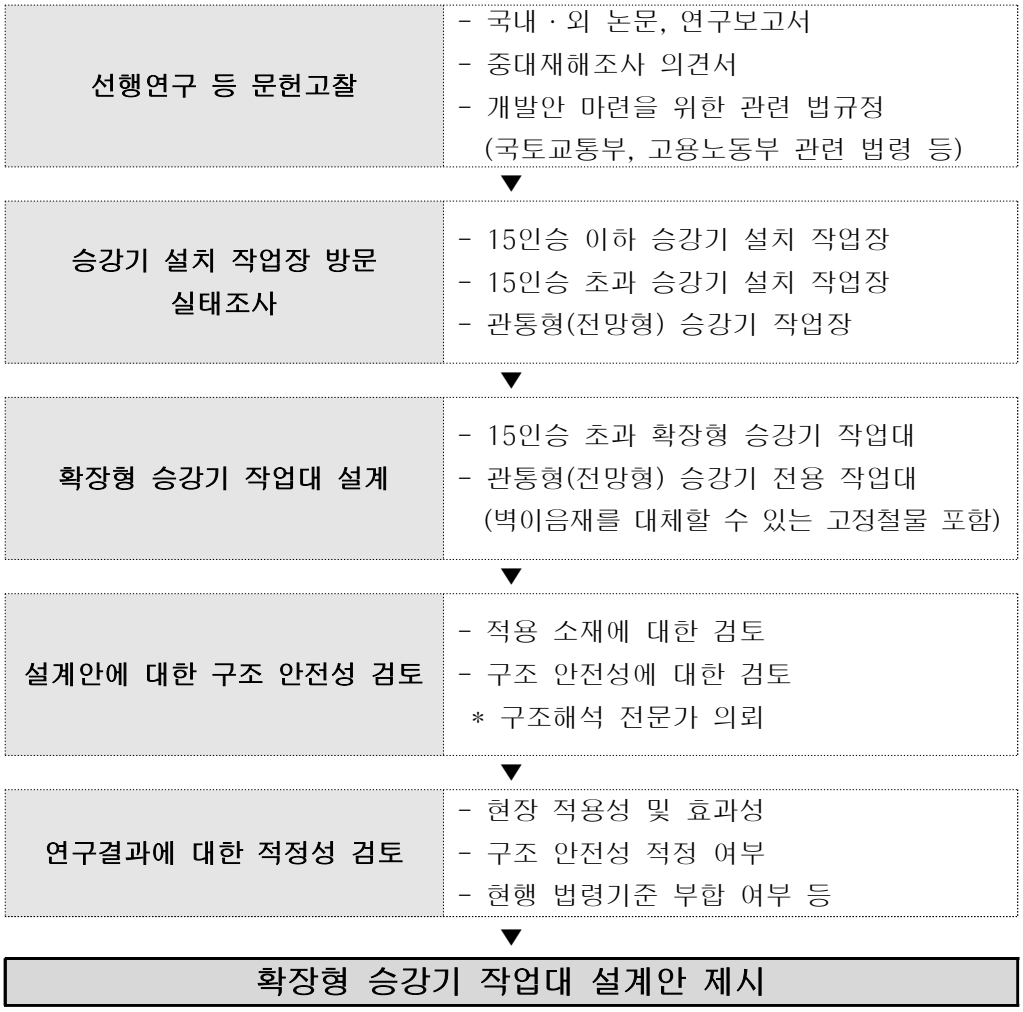
  (국토교통부 : 가시설물 설계 일반사항 'KDS 21 10 00', 비계 및 안전설물 설계기준 'KDS 21 60 00')

- 안전인증 고시 대한 검증

  (고용노동부 : 제2022-70호 방호장치 자율안전기준 고시)

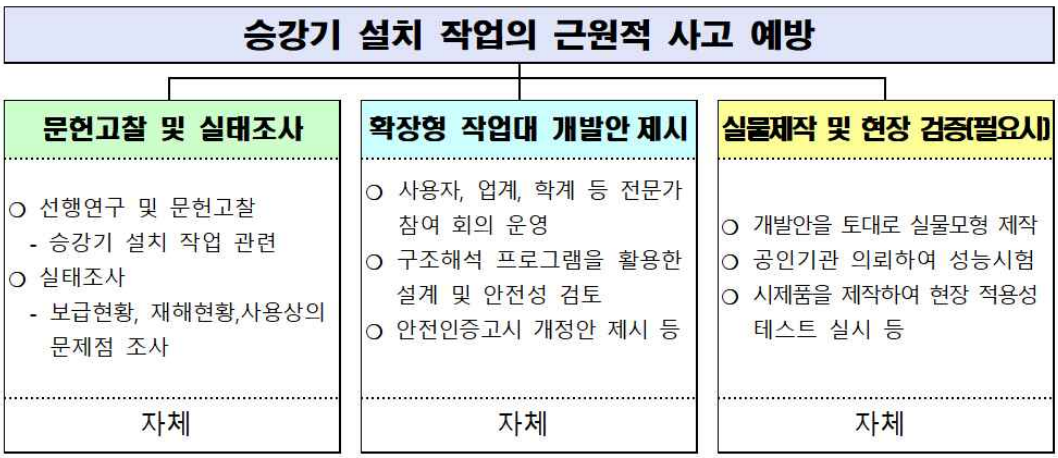
2. 연구방법 및 추진체계

보급중인 15인승 이하 승강기 전용 작업대의 현장 적용성 확대를 위한 '확장형 승강기 작업대' 개발의 연구내용별 연구방법은 [그림 2]와 같다.



[그림 2] 연구방법

본 연구과제의 목표를 성공적으로 달성하기 위한 구체적인 연구추진체계 및 일정은 [그림 3]과 같다.



연구개발 추진내용	월별 추진일정										비고
	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	
선행연구 등 문헌고찰	■	■									
실태조사			■	■							
회의운영		■	■	■	■	■	■	■	■		
설계			■	■	■						
안전성 검토 (필요시 실물제작 및 현장 검증)						■	■	■			
전문가 자문 및 심의		■	■		■	■			■	■	
보고서 완료										■	

[그림 3] 연구추진체계 및 일정

Ⅱ. 선행연구 및 문헌고찰

Ⅱ. 선행연구 및 문헌고찰

1. 선행연구 분석

선행연구 분석은 승강기와 관련한 사고 중에서 승강기 설치 후 사용, 유지보수, 관리·점검 등에서 발생되는 승강기 안전관리법 적용 대상 사고보다는 승강기 설치 작업에서 발생하는 사고에 대한 위험성, 문제점, 개선방안 등에 대하여 연구한 사례들을 중점으로 분석하였다. 관련 선행연구 목록은 〈표 5〉와 같다.

〈표 5〉 승강기 안전사고 관련 선행연구

연구자	제목	연구방법	연구내용
김범상외 1인(2020)	승강기 작업자 안전사고 예방을 위한 안전관리 개선 방안	사고사례분석, 위험성 분석, 설문조사를 바탕으로 사고분석모델 개발	승강기안전관리법과 산업안전보건법의 이원화된 문제점 제시
황종문외 3인(2020)	엘리베이터 설치와 유지보수 시 안전작업기준 및 전용발판 개발 연구	사고심층분석, 현장실태조사, 실물 구조시험을 통한 작업대 개발	엘리베이터 설치 작업의 근원적 사고 예방을 위한 실효적인 대책 마련
박철승 (2019)	승강기 설치 사고 사례 분석을 통한 문제점 및 개선방안	사고 사례를 추락, 낙하, 끼임의 3대 중대재해로 분류하여 위험도 분석	승강기 설치 시 문제점에 대한 원인 분석 및 개선방안 제시
김정한 (2011)	엘리베이터 설치공사의 위험성과 추락재해 예방에 관한 연구	사고 사례를 정량적으로 분석하여 위험도 산출	설치 공정별 위험도를 도출하여 추락사고사례 분석

1) 승강기 작업자 안전사고 예방을 위한 안전관리 개선 방안(김범상 외 1인, 2020)

승강기 작업자는 승강기 산업과 관련된 설계·제조, 설치·교체, 유지·보수, 검사·점검, 관리·감독 등의 업무에 종사하는 작업자들을 통칭하는 의미이며 그와 관련된 사고를 승강기 작업자 사고로 정의하고 있다. 일반적인 승강기 사고의 대부분은 사용 중 과실로 인하여 발생하고 있지만 사망사고 위험은 승강기 설치작업 중 사고가 상대적으로 높게 나타나고 있음을 분석하고 있다. 현행 승강기 안전관리법에 의한 설치검사 후 승강기 사고에 대하여 조사하는 것과 산업안전보건법에 의해 승강기 산업과 관련한 제조 및 설치 단계에서 발생되는 사고의 예방 정책 등이 두 개의 부처로 이원화 된 것을 주요 문제점으로 지적하고 있으며, 이와 관련하여 효과적인 안전사고예방 정책 수립 및 관련 규정의 작동성 제고를 위한 개선 방안을 제시하고 있다.

2) 승강기 설치 사고 사례 분석을 통한 문제점 및 개선방안(박철승, 2019)

승강기의 수요는 급격히 늘고 있는 반면 승강기 작업자의 안전사고에 대한 대책은 미비한 실정임을 지적하고 추락, 낙하, 끼임의 3대 중대재해에 대한 사고원인 분석과 대책을 제시하였다. 첫째, 추락사고는 작업자의 안전의식과 안전수칙 준수와 밀접한 연관이 있으므로 내실있는 안전교육과 스마트 기기 등을 활용하여 작업상황을 모니터링 할 수 있는 시스템 마련 및 안전활동 강화가 요구되고 있으며 둘째, 낙하사고는 승강기 작업 특성을 고려하여 상하 동시 작업에 대한 철저한 관리감독이 중요하며 셋째, 끼임사고는 회전체에 대한 방호장치 설치 유무와 돌발 상승, 돌발 하강과 밀접한 연관이 있으므로 LOTO 작업 및 제어반에 전원 차단용 디지털 키(키의 분실 및 상시 소지의 어려움)를 설치하여 불시의 사고에 대비하여야 함을 강조하였다.

3) 엘리베이터 설치와 유지보수 시 안전작업기준 및 전용발판 개발 연구 (황종문 외 3인, 2020)

최근 5년간 엘리베이터 설치, 교체, 유지보수 작업과 관련한 사고 재해자는 140명이 발생하였고, 그 중 사고사망자는 35명으로서 사고 위험이 높은 유형의 작업이며 고소작업에 따른 추락사고 위험이 높은 엘리베이터 설치 및 교체 작업의 경우 대부분의 설치 전문업체가 영세하여 안전의식 및 안전관리체계가 미흡하고 관련 법령 또한 엘리베이터의 사용, 유지관리와 관련된 내용 위주로 구성되어 있어 승강기 작업자 사고예방을 위한 실효성 있는 대책 마련이 시급함을 강조하고 있다. 그러한 대책의 일환으로 엘리베이터 설치 작업 전용 작업대를 개발하는 등 실효성 있는 대책을 제시하였다.

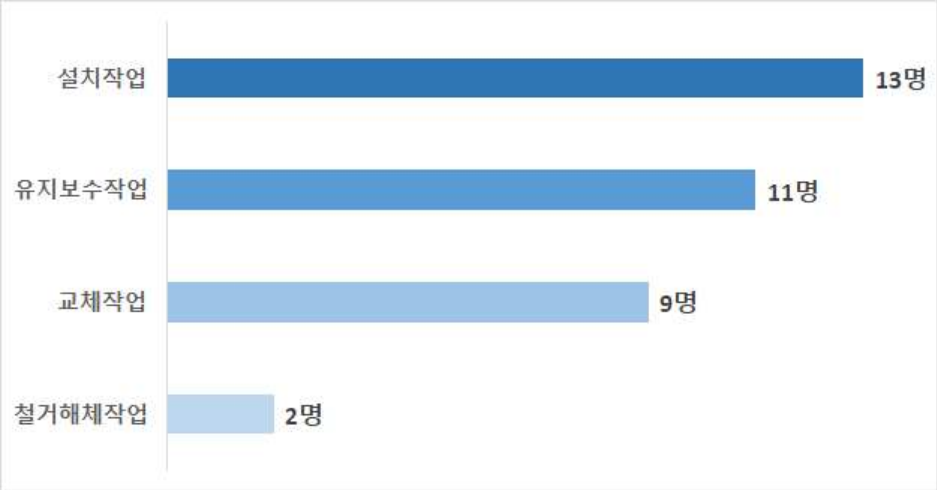
[그림 4] 승강기(엘리베이터) 설치 전용 발판 실물 구조 실험

4) 엘리베이터 설치공사의 위험성과 추락재해 예방대책에 관한 연구 (김정한, 2011)

엘리베이터 설치공사에 대한 설치 공정별 위험성 평가를 수행하여 현장답사 공정, 레일 매달기 공정, 승강로 기기 설치 및 작업대 해체 공정, 고속 시운전 및 조정 공정은 작업을 수용하는 영역으로 구분하고 착공 공정, 기계실 부품 인양 공정, 형판작업 공정, 기계실 작업공정, 플랫폼 조립 공정, 작업대 설치 공정, 출입구 작업 공정, 검사공정, 카 판넬 및 카 도어 조립 공정은 조건부 작업수용 영역으로 로핑 공정, 레일 및 레일 브라켓 설치 공정, 저속 시운전 및 잡공정은 작업 중지 영역으로 구분하여 사고의 빈도와 강도에 따른 위험도 분석을 통한 추락재해 예방 대책을 제시하였다.

2. 재해사례 분석

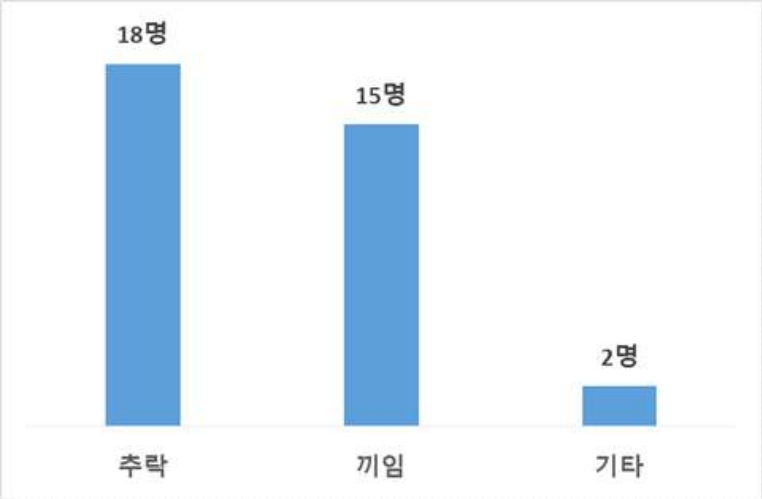
기존 노후화된 승강기 교체, 도심 재개발로 인한 고층건물 증가 및 공동주택 공급 확대로 승강기 설치 작업물량이 증가하고 있으며, 그에 따라 승강기 작업자 사고사망자도 지속적으로 발생하고 있는 실정이다. 지난 5년간(2018년~2022년) 승강기 작업과 관련된 사망자 수는 총 35명이었으며, 작업형태별로는 설치작업 13명, 유지·보수작업에서 11명, 교체작업 9명이 [그림 5]와 같이 발생하였다.



[그림 5] 최근 5년간('18~'22) 작업형태별 사고사망자

발생형태별로는 추락 18명, 끼임 15, 기타 2명 순으로 [그림 6]와 같이 나타나고 있으며 발생 비중은 추락 51.4%, 끼임 42.9%로 추락의 비중이 가장 높다. 이러한 승강기 관련 작업에서 추락사고의 비중이 높은 원인으로는 관리적 측면에서 승강기를 납품받아 설치하는 대부분의 설치업체는 규모가

작고 영세하여 고소 장소인 승강로 내부의 고 위험 작업임에도 불구하고 체계적인 안전관리가 어렵고 기술적 측면에서 사고가 주로 발생하는 MRL[1] Type의 승강기는 최상층 승강로 내부에 기계 및 설비를 설치해야 하므로, 추락사고의 위험에 항상 노출되어 있는 것이 근원적인 문제라고 할 수 있다.



[그림 6] 최근 5년간('18~'22) 발생형태별 사고사망자

이렇게 위험한 승강로 내부에서 설치를 진행하여야 하는 MRL Type의 승강기를 안전하게 설치하기 위해서는 최상층 내부에 설치되는 작업대의 안전 확보가 무엇보다 중요하며, 공단에서 보급중인 승강기 설치 전용 작업대는 이러한 측면에서 구조적 안전성이 표준화되고 현장 적용성이 우수하여 작업대 설치 부실로 인해 발생되는 추락 사고 예방에 큰 도움이 될 수 있다.

실례로 2022년 하반기 보급 개시 이후 승강기 설치 전용 작업대를 적용한 현장에서는 현재까지 사고가 발생하지 않고 있으며, 〈표 6〉와 같이 조사 기간내 발생한 작업자 추락 사고는 기존 강관비계를 사용하여 조립한

1) Machine Room Less : 옥상층 별도의 기계실을 없애고 승강로 내부에 기계·설비를 설치하는 공법을 말하며, 옥상층 공간활용과 공사비 절감요인으로 최근 증가 추세임

작업대를 사용한 현장에서 모두 발생하고 있다.

〈표 6〉 승강기 전용 작업대 관련 사고사망자 현황(보급이후 조사분)

구분	계	전용 작업대 사용 현장	전용 작업대 미사용 현장	비고
보급이후 재해 현황	3명	-	3명	* 15인승 초과 승강기 작업장(2명)

* 출처 : 안전보건공단 재해조사의견서 분석자료('22.9.1.~'23.8.31.)

전용 작업대를 사용하지 않아 사망사고가 발생한 사업장 중에는 승강기 전용 작업대를 적용할 수 없는 15인승 초과 승강기 설치 작업장(2명, 66.7%)이 포함되어 있으며, 건축물의 구조가 다양해지고 고층화됨으로써 중대형 승강기 수요가 증가하고 있는 추세를 볼 때 승강기 작업자 추락 사고를 예방하는 데 15인승 이하 작업대만으로는 한계가 있음을 알 수 있다.

3. 관련 제도 분석

현행 국내 승강기 관련 제도에서 승강기 작업자 안전과 관련한 법령은 승강기 안전관리법과 산업안전보건법으로 크게 나누어 볼 수 있으며 관련 법령이 적용되는 시점은 승강기 설치 전후로 구분되어 있다. 승강기 안전관리법은 승강기 설치완료(설치검사) 후 사용자와 작업자의 안전과 관련한 사항에 대하여 규정하고 있으며, 산업안전보건법은 승강기의 제조 및 설치와 관련한 작업자의 안전 사항에 대하여 규정하고 있다. 여기서 승강기 안전관리법은 2018년 3월 전면 개정(2019년 3월 시행)을 통하여 승강기 안전인증과 안전검사 등의 안전관리 업무가 산업통상자원부, 행정안전부 소관으로 이원화 되어 있던 것을 행정안전부로 일원화 하였으며 산하기관인 한국승강기안전공단에서 안전인증, 안전검사, 교육, 정보관리, 검사기관 지도·감독 등을 총괄하여 수행하고 있다.

1) 승강기 안전관리법

승강기 안전관리법(이하 '승안법')은 승강기의 제조·수입 및 설치에 관한 사항과 승강기의 안전인증 및 안전관리에 관한 사항 등을 규정함으로써 승강기의 안전성을 확보하고, 승강기 이용자 등의 생명·신체 및 재산을 보호함을 목적으로 제정된 법이다. 승강기는 별도의 운행자 없이 이용자가 이동을 위해 직접 조작·운행하는 기기인 만큼 사고를 미연에 예방하고 사고 발생 시 그 위험을 최소화하는 등 이용자의 생명과 안전을 지키는 것이 승강기 산업의 최우선적 가치이다. 이러한 승안법은 2018년 3월 우리나라 승강기 안전기준으로 도입된 국제 기준의 최근 개정사항을 반영하고 승강기 수요 증가와 더불어 발생되는 승강기 관련 사고의 예방을 위하여 안전인증대상 승강기와 승강기 부품의 종류별 안전기준을 규정하는 것을 주요 내용으로 안전기준이 강화된 전부 개정안을

공포하였다. 전부 개정이라는 용어에서 알 수 있듯이 우리나라 승강기 안전관리 제도의 근본적인 변화와 개선사항을 담고 있으며, 특히 안전인증과 안전검사의 이원화 운영, 해외 저가부품 등 불량부품 유통에 대한 관리체계 미흡, 안전관리자의 자격요건 미비 등 그간 승강기 안전관리의 대표적인 문제점을 대폭 개선하였다.

가. 승강기의 안전인증 신설(법 제17조)

승강기 제조·수입업자는 승강기의 모델별로 행정안전부장관의 안전인증을 받되, 모델을 정할 수 없는 승강기에 대해서는 별도의 안전인증(개별인증)을 받도록 규정하고 있다. 승강기의 안전인증 제도가 신설됨에 따라 안전인증을 통한 제조·설계단계의 안전성 확인과 검사·유지관리 등 설치 이후의 안전성 확인이 한국승강기안전공단에서 실시하는 것으로 일원화되는 등 승강기 안전관리가 체계적으로 이루어지게 되었다.

나. 승강기 부품의 안전인증 제도 도입(법 제11조)

승강기 부품의 제조·수입업자는 대통령령으로 정하는 승강기 부품에 대하여 모델별로 행정안전부장관의 안전인증을 받도록 규정했다. 부품안전인증 규정은 「전기용품 및 생활용품안전관리법」에 규정되어 있던 제도로 「승강기 안전관리법」으로 이관됨에 따라 승강기 안전인증과 마찬가지로 제조·설계단계의 안전성 확인과 검사·유지관리 등 설치 이후의 안전성 관리가 행정안전부로 일원화되었다.

다. 승강기 부품 제조·수입업 등록제도 신설(법 제6조)

현행 법률에서는 부품의 제조·수입업에 대한 별도의 등록제도가 없어, 승강기 유지관리에 필요한 부품이 제품 수급되지 않거나 불량부품으로 승강기 사고가

발생하더라도 제조·수입업자를 법적으로 제한할 수 없는 문제가 있었다. 개정 법률에서는 제조 능력이 있는 자만이 승강기 부품에 대해 영업활동을 하도록 하고 불량부품을 제조·수입하거나 부품을 공급하지 않거나 지연하는 등 과실이 있는 자에 대해서는 영업활동을 제한할 수 있도록 하는 근거를 마련하였다.

라. 승강기 제조·수입업자의 사후관리 강화(법 제8조)

승강기의 제조·수입업자는 유지관리용 승강기 부품과 승강기의 결함 내용 등을 식별하는 장비를 제공하도록 규정하고 있었으나 개정 법률에서는 제공 범위를 확대하여, 검검·정비 및 검사에 필요한 장비 제공, 유지관리업자에 대한 기술지도·교육 실시와 유지관리 매뉴얼 등 관련자료 제공 및 승강기 부품의 권장 교체주기와 가격 자료 공개하도록 하는 등 제조·수입업자의 사후관리 의무를 강화하였다.

마. 승강기 안전관리자의 자격요건 마련(법 제29조)

현행 법률에서는 승강기 안전관리자의 자격요건이 마련되어 있지 않아 승강기 운행에 대한 지식 유무와 상관없이 선임되는 경우가 많아 고층 건물 및 다중이용시설 등의 승강기 사고로 인한 큰 인명 피해의 발생가능성이 높아지게 되었다. 따라서 승강기 안전관리자의 자격 요건을 보다 강화하고 명확히 할 필요성에 근거하여 건축물 또는 시설물의 규모·용도 및 승강기의 종류 등에 따라 일정한 자격을 갖추도록 규정하고 승강기 안전관리가 보다 전문적으로 이루어질 수 있도록 개정하였다.

바. 승강기 손해배상보험책임의 주체 변경(법 제30조)

승강기에 대한 관리 책임은 소유자 등 관리주체에게 있으나, 손해배상 보험 가입 의무는 유지관리업자가 준수하도록 규정하고 있어 불합리한 측면이

있었다. 따라서 손해배상 보험을 관리주체가 가입하도록 개정하여 합리적으로 개선하였다.

사. 중대한 고장 발생 시 정밀안전검사 실시(법 제32조)

중대한 고장은 사람이 탑승할 경우 죽거나 다치는 중대한 사고로 이어지고, 발생원인 또한 동일하거나 유사하므로 그 원인에 대한 철저한 파악과 조치가 이루어져야 한다는 지적이 있어왔다. 이를 반영하여 중대한 사고 발생 시에만 실시하던 정밀안전검사를 중대한 고장 발생 시에도 실시하도록 하게 하여 결함이 있는 승강기의 확실한 개선이 가능하도록 변경되었다.

아. 불합격 승강기에 대한 운행금지표지 발급 및 부착 의무(법 제34조)

검사기관은 검사에 불합격한 승강기 관리주체에게 운행금지 표지를 발급하도록 하위법령에 규정하고 있으나, 승강기 관리주체의 부착에 대한 의무가 부여되지 않아 실효성이 없었던 것을 운행금지표지를 발급받은 자는 승강기 이용자가 잘 볼 수 있는 곳에 표지를 부착하고 훼손되지 않게 관리하도록 의무를 부여하고 이를 위반한 자에 대하여는 과태료 처분을 할 수 있도록 강화하였다.

자. 승강기 이용자 준수사항 현실화(법 제46조)

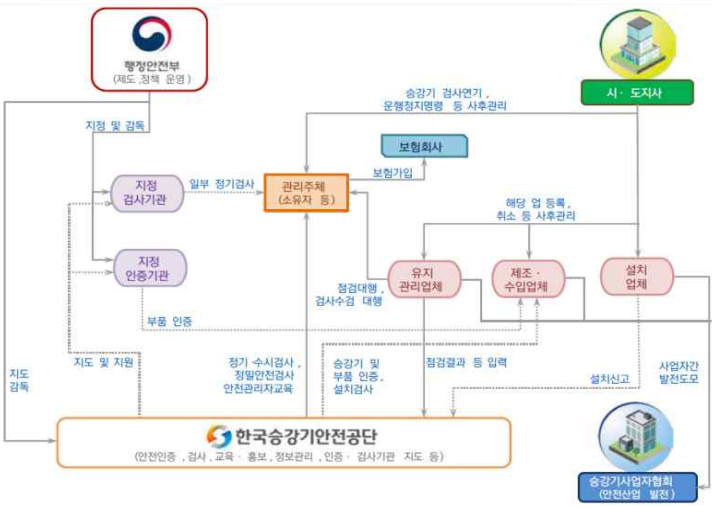
현행 법률에서는 이용자의 준수사항으로 '지정된 용도 외의 사용 금지, 정원초과 탑승의 금지 및 그 밖에 승강기 이용자의 안전을 위하여 행정안전부장관이 정하여 고시하는 사항'을 규정하고 있다. 그러나 이러한 준수 사항은 일반 이용자가 용도를 파악하거나 정원 초과 여부를 가늠해야 하는 등 현실성이 떨어진다는 의견들이 많았다. 이에 개정 법률에서는 승강기 사고 통계 등을 분석하여 이용자 준수 사항을 현실화 하고 아래와 같이 준수사항을

구체화 하였다.

- 검사에 불합격하거나 운행이 정지된 승강기를 이용하지 아니할 것
- 승강기 출입문에 충격을 가하는 행위를 하지 아니할 것
- 운행 중인 승강기에서 뛰거나 걷는 행위를 하지 아니할 것
- 그 밖에 승강기 이용자의 안전에 관한 사항으로서 대통령령으로 정하는 사항을 준수할 것

차. 실태조사의 실시 주기 변경(2년→매년) 및 대상 확대(법 제74조)

행정안전부장관은 검사를 받지 아니하거나 불합격한 승강기의 운행상황 파악 등을 위한 실태조사를 매년 실시하도록 하였으며, 법률에서는 유지관리업자에 대해서만 실태조사를 실시해야 하는 규정이 있었으나 그 대상을 승강기 사업자로 확대하여 승강기 제조·수입업자에 대한 실태조사도 가능하도록 법률로 규정함으로써 철저한 사후관리가 이루어 질 수 있도록 개선하였다.



[그림 7] 개정 승강기 안전관리법 운영 체계

2) 산업안전보건법

산업안전보건법(이하 '산안법')은 산업 안전 및 보건에 관한 기준을 확립하고 그 책임의 소재를 명확하게 하여 산업재해를 예방하고 쾌적한 작업환경을 조성함으로써 노무를 제공하는 사람의 안전 및 보건을 유지·증진함을 목적으로 제정된 법률이다. 해당 법안은 총칙, 안전보건 관리체계, 안전보건교육, 유해·위험 방지 조치, 도급 시 산업재해 예방, 유해·위험 기계 등에 대한 조치, 유해·위험 물질에 대한 조치, 근로자 안전보건관리, 산업안전지도사 및 산업보건지도사, 근로감독관 등 보칙, 벌칙 등으로 구성되어 있다. 그리고 산안법에서 위임한 상세한 규정과 그 시행에 필요한 사항은 산업안전보건기준에 관한 규칙, 고시, 지침 등에서 정하고 있으며 승강기 산업에 있어서는 승강기 제조와 설치 작업과 관련한 근로자의 산업재해를 예방하기 위한 안전·보건과 관련한 사항 등이 적용될 수 있을 것이다. 그리고 안전인증과 관련하여서는 산업안전보건법 제83조 안전인증기준에 따른 '방호장치 자율안전기준 고시'[2]의 가설기자재 성능기준 및 시험방법을 준수하여야 하는 '엘리베이터 승강로용 브래킷'이 해당된다.

'엘리베이터 승강로용 브래킷'은 승강기 설치 작업 시 승강로 내부 작업자의 추락 사망사고를 예방하기 위해 개발된 승강기 전용 작업대가 적용되는 고시 항목을 말하며, '22년 8월 '방호장치 자율안전기준 고시'의 개정으로 안전인증기준 대상 품목으로 제정되었다.

본 연구의 목적인 확장형 승강기 작업대 개발과 관련한 성능기준 및 시험방법을 살펴보면 '엘리베이터 승강로용 브라켓'은 추락·낙하 및 붕괴 등의 위험 방지 및 보호에 필요한 가설기자재로 분류되어 있으며 '엘리베이터 승강로에 부착하여 엘리베이터 설치 작업 등을 위해 사용되는 브래킷을 말한다.' 라고 정의되어 있다. 우선 성능기준은 사용 재료, 기본 구조, 시험 성능기준으로 나누어져 있으며 사용 재료는 〈표 7〉에 명시된 재질의 동등

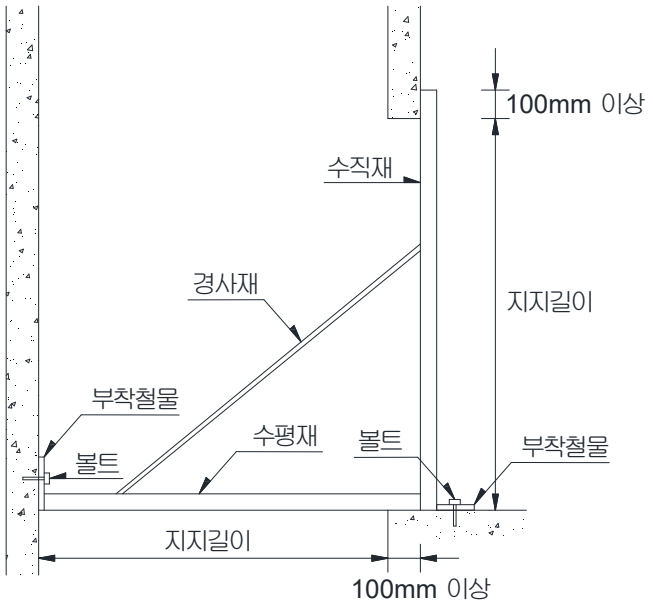
2) 고용노동부고시 제2022-70호 「방호장치 자율안전기준 고시」 (개정 2022.8.30.)

이상의 기계질 성질을 가진 것을 요구하고, 기본 구조는 [그림 8]과 같이 나타내고 있다.

〈표 7〉 엘리베이터 승강로용 브래킷의 재료

구성 부분		재 질	
		강재	알루미늄합금재
수평재, 수직재, 경사재		KS D 3568(일반구조용 각형강관)의 SRT275 또는 KS D 3503(일반구조용 압연강재)의 SS235	KS D 6759(알루미늄 및 알루미늄합금 압출형재)의 A6063S T6
부착 철물	볼트, 너트, 핀 등	KS D 3503(일반구조용 압연강재)의 SS235	
	기타의 부분	KS D 3501(열간압연 연강판 및 강대)의 SPHD	

* 출처 : 방호장치 자율안전기준 고시 제14조의 2 관련, [별표 7] 가설기자재의 성능기준



[그림 8] 엘리베이터 승강로용 브래킷의 구조

고시에 규정된 '엘리베이터 승강로용 브래킷'의 기본 구조는 [그림 8]와 같이 수평재, 수직재 및 경사재와 부착철물로 구성되고 있으며 아래와 같이 규정하고 있다.

- 엘리베이터 승강로용 브래킷의 수평재 지지길이는 1,500밀리미터 이상, 2,500밀리미터 이하이어야 하고 수직재 지지길이는 2,300밀리미터 이상이어야 한다.
- 벽체에 설치되는 부착 철물의 강판 두께는 4밀리미터 이상이고, 볼트 지름은 나사산을 포함하여 12밀리미터 이상이어야 한다.
- 바닥에 설치되는 부착 철물의 강판 두께는 3밀리미터 이상이고, 볼트 지름은 나사산을 포함하여 10밀리미터 이상이어야 한다.
- 수평재에는 비계 기둥의 탈락을 방지하기 위한 연결 철물 등이 있어야 한다.

- 수평재와 바닥의 걸침길이, 수직재와 벽체의 걸침길이는 각 100밀리미터 이상이어야 한다.
- 경사재의 단면적은 400제곱밀리미터 이상이어야 한다.

그리고 시험성능기준은 〈표 8〉과 같다.

〈표 8〉 엘리베이터 승강로용 브래킷의 시험성능기준

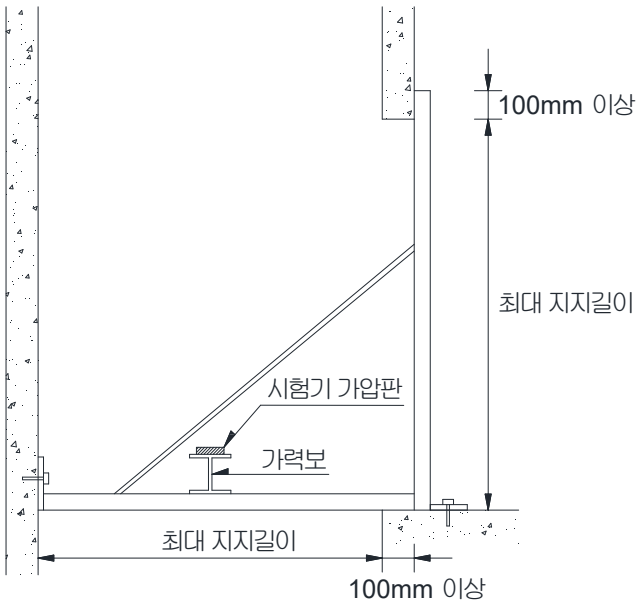
항 목	시험성능기준
수직처짐량	바닥면 최대 지지길이(밀리미터)/180
최대하중	27,000뉴턴 이상

* 출처 : 방호장치 자율안전기준 고시 제14조의 2 관련, [별표 7] 가설기자재의 성능기준

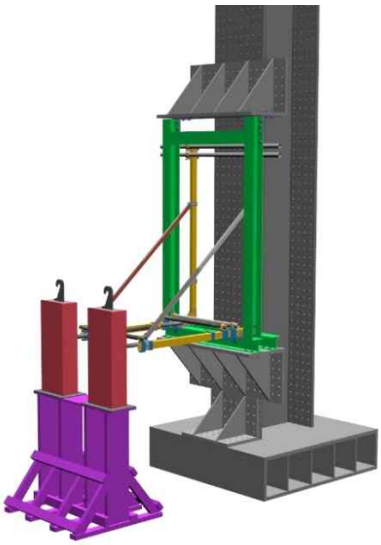
여기에서 엘리베이터 승강로용 브래킷의 수평재 길이를 2,500mm 이하로 제한하고 있으며, 이 수치는 15인승 이하 승강기를 설치하는 승강로 깊이에 맞추어져 있다. 그로 인해 중대형 승강기를 설치해야 하는 15인승 초과 승강기 현장에서 승강로 깊이에 맞추기 위해서는 2,500mm 이상의 수평재를 사용하여야 하므로 확장형 승강기 작업대 개발 시 부합되지 않음을 알 수 있다.

다음으로 시험 방법은 '엘리베이터 승강로용 브래킷'의 처짐 및 강도를 측정하는 것으로 [그림 9], [그림 10]과 같이 부착틀에 엘리베이터 승강로용 브래킷 2개를 1미터 간격(수평재 중심간격)으로 부착시켜 수평재 지점의 중앙부에 가력보B를 설치한다. 설치된 가력보B의 중앙을 가력하여 하중(P)이 9,000뉴턴일 때 수평재 중앙 하부에서 수직 처짐량을 측정한 후 계속 가력하여 하중의 최대값을 측정(재하 속도는

8밀리미터 이하)한다.



[그림 9] 엘리베이터 승강로용 브래킷의 처짐 및 강도시험



실물시험 예상도

하중 재하 위치

[그림 10] 실물시험 예상도 및 하중 재하 위치(지지길이 1,540mm일 경우)

4. 소결

선행연구 분석에서는 승강기와 관련한 사고 중 안전관리법 적용 대상 사고보다는 승강기 제조와 설치 과정에서 발생되는 승강기 작업자 사고에 대한 위험, 문제점, 개선방안 등을 조사 연구한 사례들을 중심으로 조사하였다. 승강기 관련 작업은 고위험 작업이며 사고발생 시 중대재해로의 연계 가능성이 높음을 인식하고 있었으며, '18년 승강기 안전관리법 전면 개정으로 안전인증, 안전검사가 산업통상자원부, 행정안전부로 이원화 되어 있던 것을 행정안전부 소관으로 통합되면서 개선된 안전관리 제도가 시행되었지만, 여전히 승강기 사용과 설치상의 안전관리 소관 부처가 행정안전부와 고용노동부로 이원화 되어 있으므로 승강기 작업자 사고예방을 위한 체계적인 안전관리 제도 마련에는 문제가 있음을 지적하고 있다. 그리고 사업장에서 규제를 준수토록 하는 것이 정부의 역할이지만, 사업장 실정에 맞는 실효성 있는 재해예방 대책을 마련하는 것도 중요함을 강조하였다. 그러한 측면에서 공단 주도의 안전신기술 개발 사업으로 추진된 승강기 전용 작업대 개발은 시사하는 바가 크다하였다.

재해사례 분석에서는 최근 5년간 승강기 작업자 사고재해자는 140명, 사고사망자는 35명이 발생하여 사고발생 시 사망사고로 연계 가능성이 아주 높은 고위험 작업임을 알 수 있으며, 작업 종류별로 분류할 경우 설치작업에서 13명 발생하여 비중이 가장 높았고 발생 형태별로 분류할 경우 추락사고가 18명 발생하여 고소 장소의 위험 작업 비중이 높음을 알 수 있었다. 주요 원인으로는 승강기 설치업체가 영세하여 안전의식 및 안전관리에 대한 체계적인 관리가 미흡한 것으로 나타났으며, 특히 추락 사고가 집중되는 MRL 타입의 승강기 설치 작업 환경을 개선할 수 있는 안전시설이 부족한 것으로 나타났다.

관련 제도 분석에서는 '18년 승강기 안전관리법이 전면 개정 시행되었음에도 불구하고 사고가 지속 발생하고 있으며, 선행연구 분석에서 지적된 사항인

승강기 안전관리법 개정 이후에도 승강기 사용과 제조·설치를 주관하는 정부 부처가 이원화되어 효과적인 사고예방 정책을 수립하고 시행하는 것에 여전히 문제가 되고 있음을 알 수 있었다. 그리고 승강기 전용 작업대 안전인증과 관련한 제도 분야에서는 국토교통부의 '비계 및 안전시설물 설계기준'과 고용노동부의 '방호장치 자율안전고시'를 검토해 볼 수 있으며, 고용노동부의 방호장치 자율안전고시에는 수평재 길이를 15인승 이하 승강기 설치기준에 맞추어(2,500mm이하) 제한함으로써 15인승 초과 승강기 개발을 위해서는 수평재 길이를 확대하여야 하므로 확장형 승강기 작업대 개발 시 현행 인증 기준에는 부합되지 않음을 알 수 있었다.

Ⅲ. 실태조사

Ⅲ. 실태조사

1. 설문조사

승강기 설치 작업의 위험요인 및 문제점 파악, 기존 강관비계 작업발판 작업대비 승강기 전용 작업대의 안전성, 확장형 승강기 작업대의 개발 방향 수립을 위한 설문조사를 실시하였다.

본 연구에서는 설문조사 대상을 국내 승강기 제조사, 승강기 설치 업체, 승강기 설치를 위한 작업대 설치 업체의 관계자를 대상으로 응답자 기본정보(설치 규모, 설치 경력, 담당 업무 등)를 제외한 승강기 설치 작업의 위험요인, 보급중인 승강기 전용 작업대의 안전성 개선 정도, 확장형 승강기 작업대의 개발 방향 등 3개의 항목으로 구성하고 승강기 설치 작업의 위험요인 항목에서 위험한 작업 공종, 위험한 작업 장소, 작업환경 상태 등 4문항, 보급중인 승강기 전용 작업대 항목에서는 안전성 개선 정도, 편의성 개선 정도, 운반성 개선 정도, 설치시간의 단축 등 6문항, 확장형 승강기 작업발판 개발 방향 항목에서는 개발 필요성, 현장 적용성, 작업발판의 적정 무게, 개선이 필요한 항목, 기타사항 등 6문항으로 구성된 설문지를 [그림 11]과 같이 개발하였다. 설문조사 진행 방법은 개발된 설문지를 메일로 발송하여 회수하는 온라인 설문조사 형태로 진행하여 응답결과를 종합 분석하였다.

× | 한국산업안전보건공단 KOSHAVM-0207
파일 | C:/Users/2001115/Downloads/[23-07-13]%20확장형시스템비계개발%20설문(ve5.0).pdf
13] 확장형시스템비계개발 설문(ve5.0).pdf 1 / 2 − 67% +

확장형 승강기(엘리베이터) 설치 전용 작업대 개발을 위한 설문조사

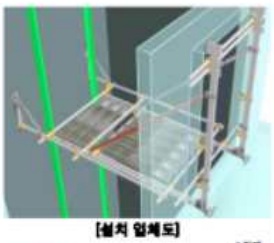
승강기의 설치 및 유지보수를 위해 좁은 승강로 내부로 작업자가 직접 들어가 강관비계 및 작업발판을 설치함에 따라 추락할 위험이 매우 크며,최근 5년간 승강기 설치 및 유지보수공사 중 38명의 사고사망자가 발생하였습니다. 이와 같은 승강기 설치 및 유지보수 작업에 따른 산업재해 예방을 위하여 산업안전보건연구원에서는 승강기 제조사 등과 협업을 통하여 승강기 내부 작업을 최소화할 수 있는 전용 작업대를 개발하여 2022년 하반기부터 보급 중에 있습니다. 이와 함께, 현장의 수요가 많은 15 인승 이상 승강기의 설치 및 유지보수 작업에도 전용 작업대를 적용하기 위한 연구를 현재 수행하고 있습니다. 본 설문조사는 15인승 이상에도 안전하게 적용 가능한 확장형 승강기 설치 전용 작업대의 개발 방향을 수립하기 위한 것입니다.

응 답 자 현 황	
설치 규모	□ 15인승 이하 □ 20인승 이하 □ 25인승 이하 □ 기타 ( )
설치 경력	□ 5년 미만 □ 10년 미만 □ 15년 미만 □ 20년 미만 □ 20년 이상
업무 구분	□ 승강기 제조사 관계자 □ 승강기 설치업체 관계자 □ 기타( )

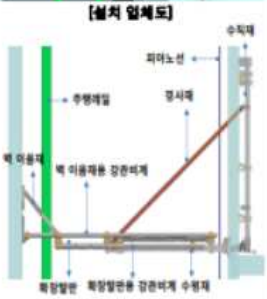
확장형 승강기(엘리베이터) 설치 전용 작업대 개발 방향 수립을 위한 설문 (1/2)

※ 설문지 왼쪽의 확장형 승강기 설치 전용 작업대(안)의 제원 및 특징을 자세히 읽으신 후, 아래의 설문에 응답해 주십시오.

확장형 승강기 설치 전용 작업대(안)



[설치 입체도]



[설치 측면도]

※ 확장형 전용 작업대 주요 제원(안)
- 무게: 25kg (작업발판 제외)
- 보관 높이: 2.5m
- 구성품
  - 주부재: 수직재, 수평재, 경사재
  - 확장형 작업발판
  - 강관비계
- 시스템비계 고정방법
  - 출입구: 수직재 하부 앵커 설치
  - 벽면: 벽이음재 2개 설치

※ 확장형 전용 작업대 적용 범위
- 승객: 15인승 이상, 25인승 이하
- 승강로: 2.5m 이상, 3.0m 이하

1. 승강기 설치 작업의 위험요인 조사

1) 승강기 설치 작업 중 **중대사고 발생 위험이 높은 공종**은? (복수응답 가능)

□ 작업발판 설치 및 해체 □ 중량물(윈치 등) 운반
□ 로핑 작업 □ 레일 설치 □ 카 설치 □ 기계실 설치
□ 기타 (_____)

2) 승강기 설치 작업 중 **사고가 자주 발생하는 장소**는? (아차사고 포함)

□ 승강로 내 작업발판 □ 승강로 입구
□ 계단실 □ 자재 하역장
□ 기타 (_____)

3) 소속된 현장의 **안전한 작업환경 조성** 정도는?

□ 우수 □ 양호 □ 보통 □ 미흡

4) 승강기 설치 작업 중 사고 예방을 위한 **추가 의견**

(_____)

2. 강관비계 대비 보급된 설치 전용 작업대(15인승 이하)의 개선 정도

1) 상부작업대를 포함한 승강기 설치작업의 **안전성 개선** 정도는?

□ 우수 □ 양호 □ 보통 □ 미흡

2) 상부작업대 설치작업의 **편의성 개선** 정도는?

□ 우수 □ 양호 □ 보통 □ 미흡

3) 차량 적재, 상부층 이동 등을 포함한 **운반성 개선** 정도는?

□ 우수 □ 양호 □ 보통 □ 미흡

– 뒷면에 이어지는 설문에 계속 응답해 주시기 바랍니다. –

설문에 참여해 주셔서 감사합니다. – 산업안전보건연구원 –

확장형 승강기(엘리베이터) 설치 전용 작업대 개발을 위한 설문조사

승강기의 설치 및 유지보수를 위해 좁은 승강로 내부로 작업자가 직접 들어가 강관비계 및 작업발판을 설치함에 따라 추락할 위험이 매우 크며,최근 5년간 승강기 설치 및 유지보수공사 중 38명의 사고사망자가 발생하였습니다. 이와 같은 승강기 설치 및 유지보수 작업에 따른 산업재해 예방을 위하여 산업안전보건연구원에서는 승강기 제조사 등과 협업을 통하여 승강기 내부 작업을 최소화할 수 있는 전용 작업대를 개발하여 2022년 하반기부터 보급 중에 있습니다. 이와 함께, 현장의 수요가 많은 15 인승 이상 승강기의 설치 및 유지보수 작업에도 전용 작업대를 적용하기 위한 연구를 현재 수행하고 있습니다. 본 설문조사는 15인승 이상에도 안전하게 적용 가능한 확장형 승강기 설치 전용 작업대의 개발 방향을 수립하기 위한 것입니다.

확장형 승강기(엘리베이터) 설치 전용 작업대 개발 방향 수립을 위한 설문 (2/2)

※ 설문지 왼쪽의 확장형 승강기 설치 전용 작업대(안)의 제원 및 특징을 자세히 읽으신 후, 아래의 설문에 응답해 주십시오.

확장형 승강기 설치 전용 작업대(안)

2. 강관비계 대비 보급된 설치 전용 작업대(15인승 이하)의 개선 정도

4) 상부작업대 설치를 위한 비계 **설치시간의 단축** 정도는?

□ 우수 □ 양호 □ 보통 □ 미흡

[설치 측면도]

※ 확장형 전용 작업대 주요 제원(안)

- 무게: 25kg (작업발판 제외)
- 보관 높이: 2.5m
- 구성품
  - 주부재: 수직재, 수평재, 경사재
  - 확장형 작업발판
  - 강관비계
- 시스템비계 고정방법
  - 출입구: 수직재 하부 앵커 설치
  - 벽면: 벽이음재 2개 설치

※ 확장형 전용 작업대 적용 범위

- 승객: 15인승 이상, 25인승 이하
- 승강로: 2.5m 이상, 3.0m 이하

2. 강관비계 대비 보급된 설치 전용 작업대(15인승 이하)의 개선 정도

1) 상부작업대를 포함한 승강기 설치작업의 **안전성 개선** 정도는?

☐ 우수 ☐ 양호 ☐ 보통 ☐ 미흡

2) 상부작업대 설치작업의 **편의성 개선** 정도는?

☐ 우수 ☐ 양호 ☐ 보통 ☐ 미흡

3) 차량 적재, 상부층 이동 등을 포함한 **운반성 개선** 정도는?

☐ 우수 ☐ 양호 ☐ 보통 ☐ 미흡

– 뒷면에 이어지는 설문에 계속 응답해 주시기 바랍니다. –

설문에 참여해 주셔서 감사합니다. – 산업안전보건연구원 –

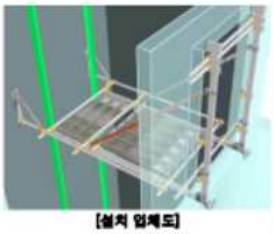
확장형 승강기(엘리베이터) 설치 전용 작업대 개발을 위한 설문조사

승강기의 설치 및 유지보수를 위해 좁은 승강로 내부로 작업자가 직접 들어가 강관비계 및 작업발판을 설치함에 따라 추락할 위험이 매우 크며,최근 5년간 승강기 설치 및 유지보수공사 중 38명의 사고사망자가 발생하였습니다. 이와 같은 승강기 설치 및 유지보수 작업에 따른 산업재해 예방을 위하여 산업안전보건연구원에서는 승강기 제조사 등과 협업을 통하여 승강기 내부 작업을 최소화할 수 있는 전용 작업대를 개발하여 2022년 하반기부터 보급 중에 있습니다. 이와 함께, 현장의 수요가 많은 15 인승 이상 승강기의 설치 및 유지보수 작업에도 전용 작업대를 적용하기 위한 연구를 현재 수행하고 있습니다. 본 설문조사는 15인승 이상에도 안전하게 적용 가능한 확장형 승강기 설치 전용 작업대의 개발 방향을 수립하기 위한 것입니다.

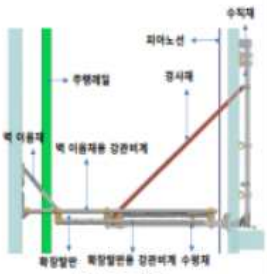
확장형 승강기(엘리베이터) 설치 전용 작업대 개발 방향 수립을 위한 설문 (2/2)

※ 설문지 왼쪽의 확장형 승강기 설치 전용 작업대(안)의 제원 및 특징을 자세히 읽으신 후, 아래의 설문에 응답해 주십시오.

확장형 승강기 설치 전용 작업대(안)



[설치 입체도]



[설치 측면도]

※ 확장형 전용 작업대 주요 제원(안)

- 무게: 25kg (작업발판 제외)
- 보관 높이: 2.5m
- 구성품
  - 주부재: 수직재, 수평재, 경사재
  - 확장형 작업발판
  - 강관비계
- 시스템비계 고정방법
  - 출입구: 수직재 하부 앵커 설치
  - 벽면: 벽이음재 2개 설치

※ 확장형 전용 작업대 적용 범위

- 승객: 15인승 이상, 25인승 이하
- 승강로: 2.5m 이상, 3.0m 이하

2. 강관비계 대비 보급된 설치 전용 작업대(15인승 이하)의 개선 정도

4) 상부작업대 설치를 위한 비계 **설치시간의 단축** 정도는?

☐ 우수 ☐ 양호 ☐ 보통 ☐ 미흡

5) 안전보건공단 **재정(전용 작업대 구입비용)지원사업의 실효성**은?

☐ 우수 ☐ 양호 ☐ 보통 ☐ 미흡

6) 승강기 설치 전용 작업대 **개선 방향 수립을 위한 추가 의견**

(_____)

3. 확장형(15인승 이상) 승강기 설치 전용 작업대의 개발 방향
(보급중인 전용 작업대(15인승 이하)의 사용 유· 무에 상관없음)

1) 확장형 승강기 설치 전용 작업대의 **개발 필요성**은?

☐ 반드시 필요함 ☐ 필요함 ☐ 필요하지 않음

2) 확장형 승강기 설치 전용 작업대 개발 시 **현장 적용성**은?

☐ 우수 ☐ 양호 ☐ 보통 ☐ 미흡

3) 운반을 고려한 확장형 승강기 설치 전용 작업대의 **적정 무게**는?

☐ 20kg 이하 ☐ 25kg 이하 ☐ 30kg 이하 ☐ 30kg 이상

4) 확장형 설치 전용 작업대 개발 시 **고려할 항목**은?
(복수응답 가능)

☐ 무게 ☐ 길이 ☐ 재질 ☐ 단면형상 ☐ 지지점 설치
☐ 내구성 ☐ 기존 강관비계와의 호환성

5) 확장형 설치 전용 작업대 개발 시 **고려할 작업환경은**?
(복수응답 가능)

☐ 승강로 입구의 장애물 적치 또는 바닥의 단차
☐ 승강로 입구에 설치되는 물막이(방지)턱
☐ 바닥 고정 및 벽이음재 설치를 위한 앵커 시공 시 철근 간섭
☐ 엘리베이터 설치용 자재(레일, 피아노선 등)와의 간섭
☐ 상부작업대 설치를 위한 강관비계의 미세한 위치 조정

☐ 기타 (_____)

6) 확장형 승강기 설치 전용 작업대 **개발 방향 수립을 위한 추가 의견**

(_____)

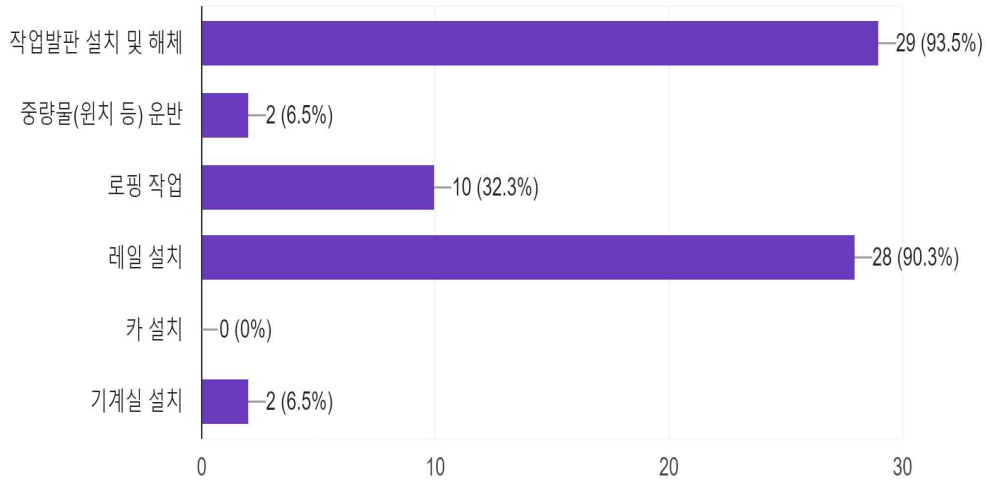
설문에 참여해 주셔서 감사합니다. – 산업안전보건연구원 –

[그림 11] 온라인 설문조사용 설문지

1) 승강기 설치작업의 위험요인 조사

가. 승강기 설치 작업 중 중대사고 발생 위험이 높은 공종

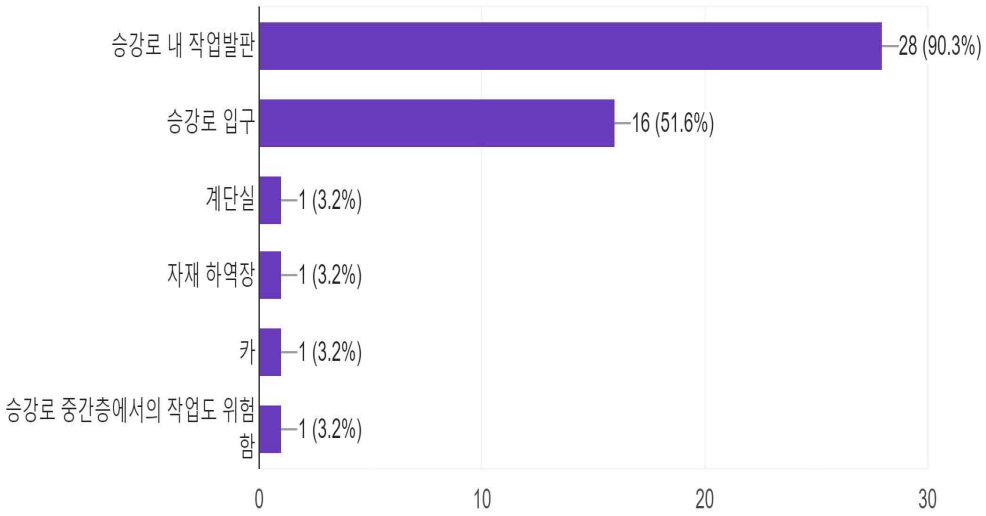
복수 응답을 허용한 승강기 설치 작업 중 중대사고 발생 위험이 높은 작업에 대해서는 응답자의 90% 이상이 작업발판 설치 및 해체(93.5%)와 레일 설치(90.3%)를 중대사고 발생 위험이 높은 공종으로 인식하고 있었다. 다음으로 로핑작업(32.3%)이 중대사고 발생 위험이 높은 공종으로 조사되였고, 기계실 설치(6.5%)나 중량물 운반(6.5%) 및 카 설치는 상대적으로 중대사고 발생 위험이 낮은 것으로 조사되었다.



[그림 12] 중대사고 발생 위험이 높은 공종

나. 승강기 설치 작업 중 사고가 자주 발생하는 장소

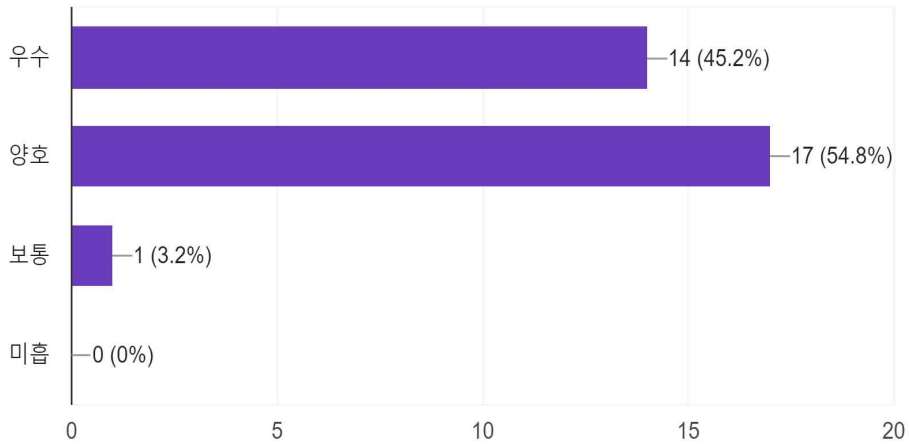
복수 응답을 허용한 아차사고를 포함한 승강기 설치 작업 중 사고가 자주 발생하는 장소에 대해서는 승강로 내 작업발판이 90.3%로 나타나 사고가 가장 많이 발생하는 것으로 조사되었으며, 다음은 승강로 입구(51.6%)로 응답하였다. 계단실, 자재 하역장 및 카에서는 모두 동일하게 3.2%로 나타났으며 기타 의견으로 승강로 중간층(층과 층사이)에서의 작업이 위험하다는 의견도 제시되었다.



[그림 13] 사고가 자주 발생하는 장소

다. 소속 현장의 안전한 작업환경 조성 정도

승강기 전용 작업대 사용 현장을 포함한 승강기 설치 현장의 안전한 작업환경 조성 여부에 대해서는 90% 이상(양호 54.8%, 우수 45.2%)이 안전한 작업환경을 조성하고 있는 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 승강기 전용 작업대 개발 당시 승강기 작업자의 연이은 추락사고의 원인으로 문제되었던 불공정한 계약제도, 원청의 안전책무 소홀, 승강기 작업장 안전관리 부실 등에 대한 정부 차원의 대책 마련('19년 12월 관계부처 합동 '승강기 작업장 안전 강화 대책' 시행)으로 승강기 작업자 및 관계자의 안전의식 및 작업 환경이 많이 개선된 것으로 볼 수 있었다.



[그림 14] 안전한 작업환경 조성여부

라. 승강기 서리작업 중 사고 예방을 위한 추가 의견

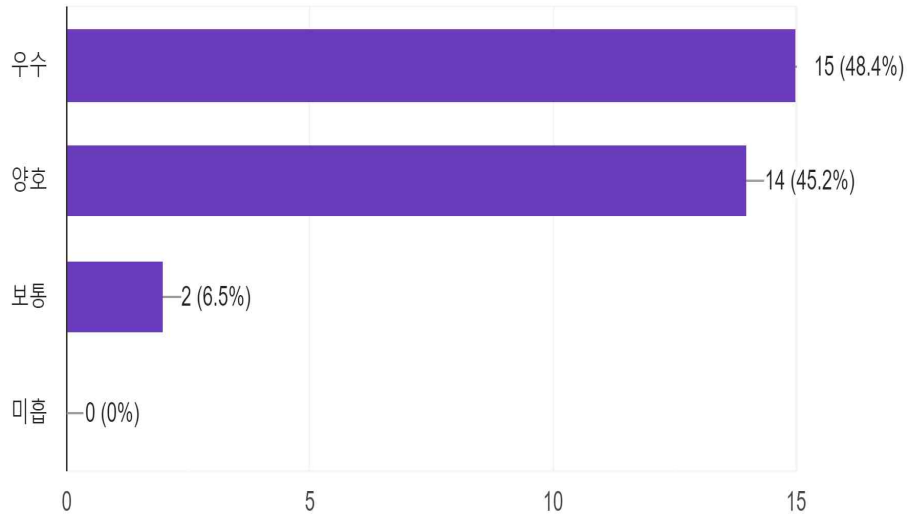
승강기 설치작업 중 사고 예방을 위한 추가 의견이 다음과 같이 제시되었다.

- 기존 강관비계 작업대는 승강로의 깊이가 깊을수록 추락의 위험이 더 높고, 비계설치 작업자의 숙련도에 따라 비계 안전성에 차이가 발생하므로 전용 작업대 개발이 시급
- Anchorage point의 명확한 설치 및 안전고리 체결, 작업 시 영상 촬영 법제화, 레일 등 설치 시 가체결 작업을 명확히하여 이탈 방지
- 2인 1조 작업 준수 법제화
- 승강기 설치 및 강관비계 조립 작업자들에게 승강로 내부에서 강관비계 조립 작업의 위험성에 대한 적극적인 홍보와 의무교육 필요 등

2) 강관비계 대비 승강기 전용 작업대(15인승 이하)의 개선 정도

가. 상부작업대를 포함한 승강기 설치 작업의 안전성 개선 정도

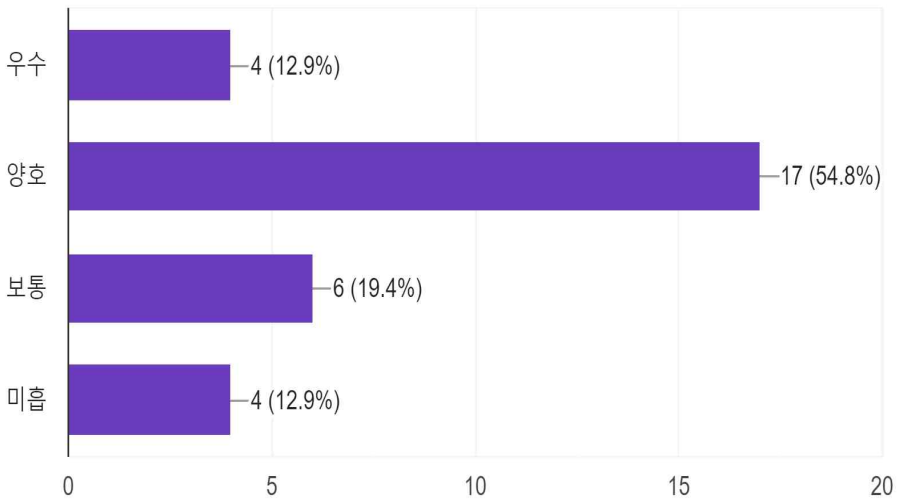
기존 강관비계 조립형 작업대 대비 보급중인 승강기 전용 작업대(15인승 이하)의 안전성 개선 정도는 90% 이상(우수 48.4%, 양호 45.2%)이 승강기 설치 작업에 따른 안전성이 많이 개선되었다고 응답하였다.



[그림 15] 승강기 전용 작업대의 안전성 개선 정도

나. 상부작업대 설치 작업의 편의성 개선 정도

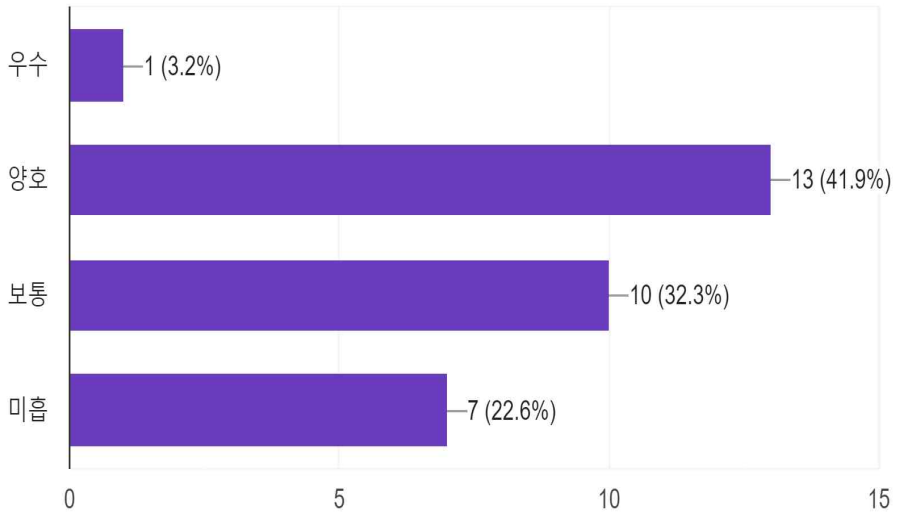
기존 강관비계 조립형 작업대와 비교하여 새롭게 보급된 15인승 이하 설치 전용 작업대를 이용하여 상부작업대를 포함한 승강기 설치 작업의 편의성 개선 정도에 대해서는 응답의 약 68%가 편의성이 개선(우수 12.9%, 양호 54.8%)된 것으로 조사되었으나, 보통 또는 미흡하다는 응답도 32%로 조사되었다.



[그림 16] 승강기 전용 작업대의 편의성 개선 정도

다. 차량 적재, 상부층 이동 등을 포함한 운반성 개선 정도

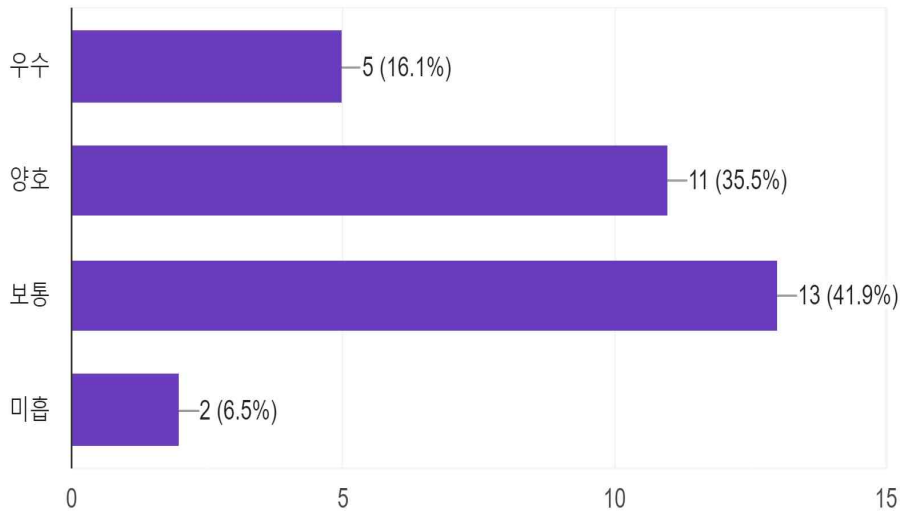
기존 강관비계 조립형 작업대와 비교하여 새롭게 보급된 15인승 이하 설치 전용 작업대의 차량 적재, 상부층 이동 등을 포함한 운반성 개선 정도에 대해서는 응답의 약 45%가 운반성이 개선(우수 3.2%, 양호 41.9%)된 것으로 조사된 반면, 운반성의 개선 정도가 보통이거나 미흡하다는 응답도 약 56%로 조사되었다. 이는 소규모 현장과 중대형 현장에서의 운반 시 크레인, 리프트 사용여부에 따른 결과의 차이라 볼 수 있다.



[그림 17] 승강기 전용 작업대의 운반성 개선 정도

라. 승강기 전용 작업대의 설치 시간의 단축 정도

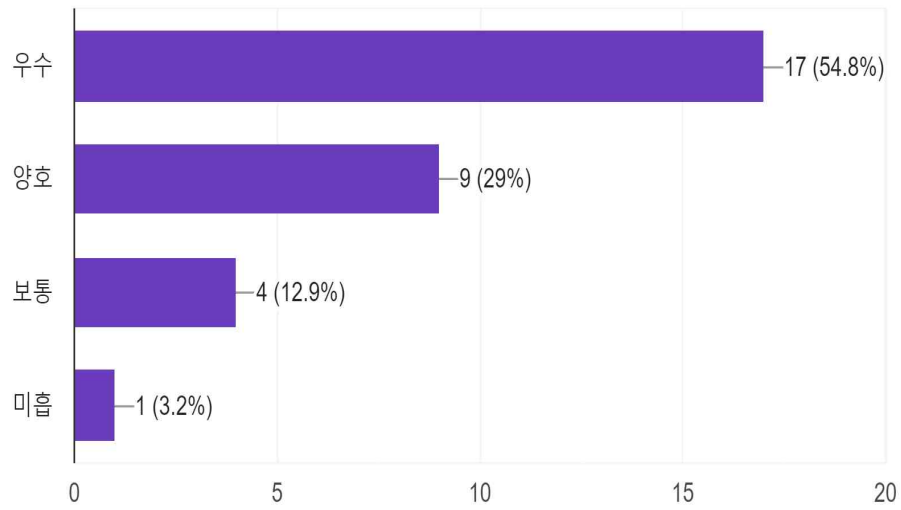
기존 강관비계 조립형 작업대와 비교하여 승강기 전용 작업대(15인승 이하) 설치 시간의 단축 정도에 대해서는 운반성 개선과 비슷한 수준의 약 52%가 설치 시간의 단축 정도가 개선(우수 3.2%, 양호 41.9%)된 것으로 응답하였고 설치 시간의 개선 정도가 보통이거나 미흡하다는 응답도 비슷한 수준인 약 48%로 조사되었다. 이는 작업자의 숙련도, 승강기 전용 작업대의 사용빈도에 따라 나타나는 차이로 일부 볼 수 있다.



[그림 18] 승강기 전용 작업대 설치 시간 단축 정도

마. 공단 재정 지원 사업(구입비용 지원)의 실효성

개발된 승강기 전용 작업대(15인승 이하)의 구입비용 지원사업의 실효성에 대해서는 응답의 약 84%가 지원사업의 실효성이 우수하거나 양호한 것으로 응답하였고 지원사업의 실효성이 보통이거나 미흡하다는 응답은 약 16%로 조사되었다. 이는 승강기 설치업체 대부분이 영세하여 구입비 전액을 부담하기에는 어려운 부분임을 알 수 있다.



[그림 19] 재정지원사업의 실효성

바. 승강기 설치 전용 작업대의 개선을 위한 추가 의견

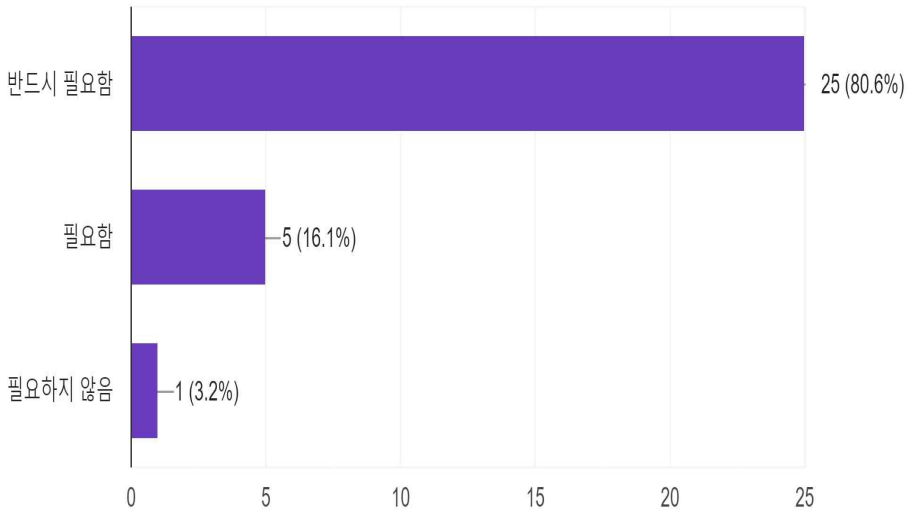
승강기 전용 작업대 개선을 위한 추가 의견이 다음과 같이 제시되었다.

- 건설용 리프트를 사용할 수 없는 사업장을 위한 운반성 개선
- 고위험 작업인 15인승 이상 승강기 설치의 전용 작업대가 필요
- 작업대 표준모델 선정 및 사용 준수하도록 법제화
- 형판을 작업을 위한 피아노선이 작업대에 걸리는 현상 개선
- 승강로 깊이 2,300mm 이상 현장에는 설치가 어렵고 사용 자재가 무거워 개선 필요함
- 인력 운반 시 회전이 용이할 수 있도록 수직재의 길이를 축소
- 경량화, 분리화 하여 적재성 및 운반 편의성 확보 필요
- 기계실(Machine Room) 유무에 상관없이 MR 및 MRL Type에 모두 적용할 수 있는 작업대의 개발이 필요함
- 승강로 폭 방향으로 작업대를 고정할 수 보완하여 심리적 안전성 확보
- 작업대가 설치되는 승강로 입구의 바닥이 평탄치 못하므로 앵커 고정 및 단차를 개선할 수 있는 방안 필요

3) 15인승 이상 확장형 승강기 작업대의 개발 방향

가. 확장형 승강기 작업대 개발 필요성

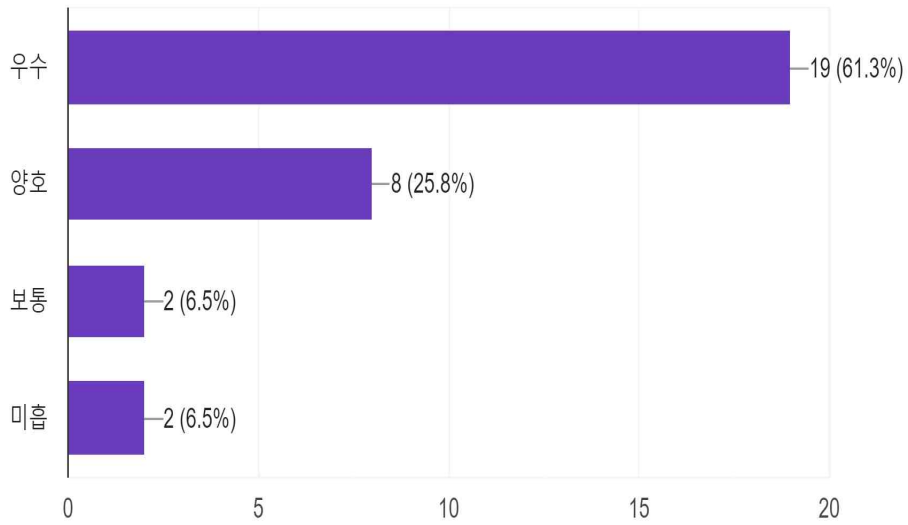
확장형 승강기 작업대(15인승 초과, 관통형(전망형))의 개발 필요성에 대해서는 90% 이상(반드시 필요 80.6%, 필요 16.1%)이 확장형 승강기 작업대의 개발이 필요한 것으로 응답하였다.



[그림 20] 확장형 승강기 전용 작업대 개발 필요성

가. 확장형 승강기 작업대 개발 시 현장 적용성

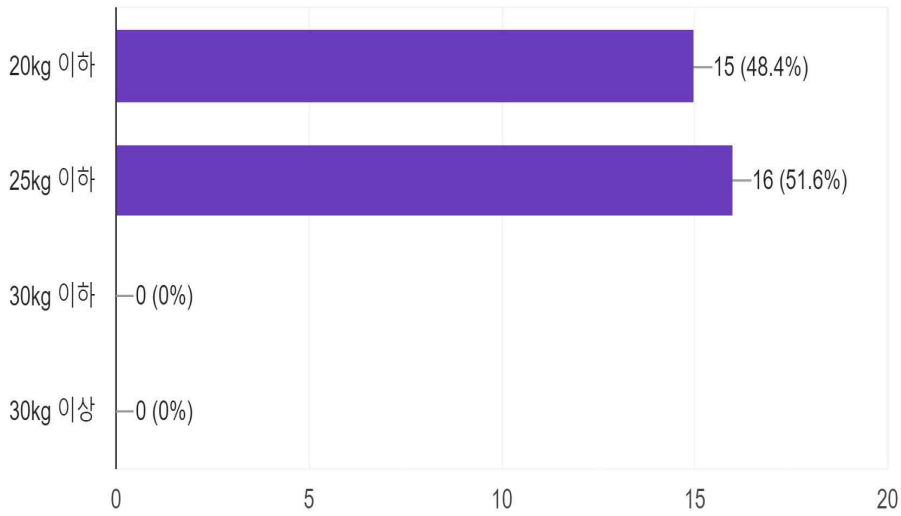
15인승 이상 확장형 승강기 작업대 개발 시 현장 적용성에 대해서는 응답의 약 87%(우수 61.3%, 양호 25.8%)가 현장 적용성이 우수할 것으로 조사되었다. 반대로 응답의 약 13%는 개발에 따른 현장 적용성이 보통 또는 미흡할 것으로 조사되었다.



[그림 21] 확장형 승강기 전용 작업대 개발 시 현장 적용성

나. 운반을 고려한 확장형 승강기 작업대의 적정 무게

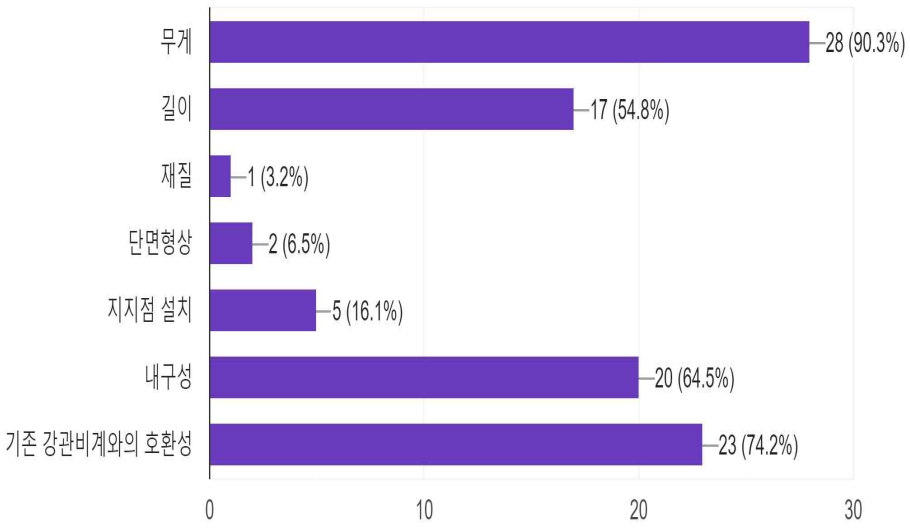
운반을 고려한 확장형 승강기 작업대의 적정 무게에 대해서는 응답 모두 25kg 이하를 희망하는 것으로 조사되었다.



[그림 22] 확장형 승강기 전용 작업대의 적정 무게

다. 확장형 승강기 작업대 개발 시 고려할 항목

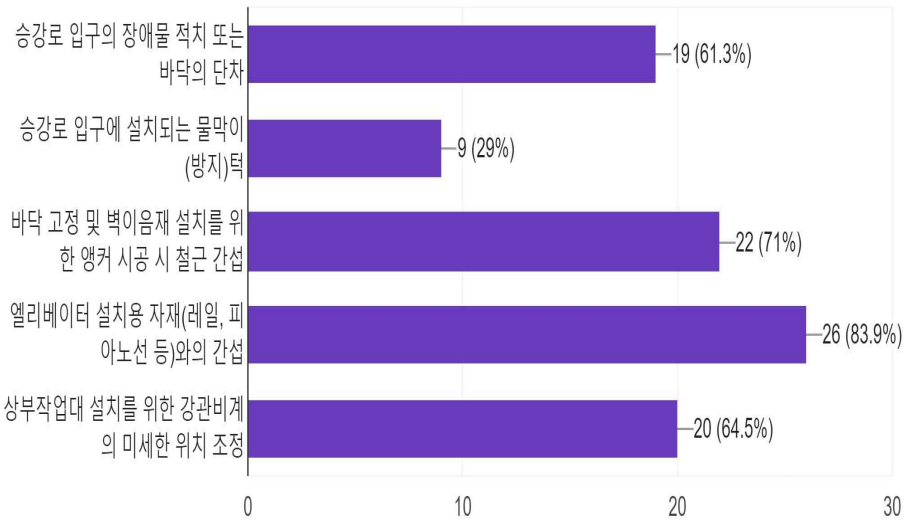
복수 응답을 허용한 확장형 승강기 작업대 개발 시 고려할 항목에 대해서는 무게(90.3%), 기존 강관비계와의 호환성(74.2%), 내구성(64.5%) 및 길이(54.8%) 항목을 우선적으로 고려할 필요가 있는 것으로 조사되었고, 지지점 설치, 단면형상 및 재질은 응답의 20% 미만으로서 상대적으로 우선할 필요가 없는 것으로 조사되었다.



[그림 23] 확장형 승강기 전용 작업대 개발 시 고려 항목

라. 확장형 승강기 작업대 개발 시 고려할 작업환경

복수응답을 허용한 확장형 승강기 작업대 개발 시 고려할 작업환경에 대해서는 승강기 설치용 자재(레일, 피아노선 등)와 간섭이 약 84%로서 가장 우선되는 것으로 조사되었고, 다음으로 바닥 고정 및 벽이음재 설치를 위한 앵커 시공 시 철근 간섭이 약 71%, 상부작업대 설치를 위한 강관비계의 미세한 위치 조정이 약 65%, 승강로 입구의 장애물 적치 및 바닥의 단차가 약 61%로 우선 고려할 작업환경으로 조사되었다. 이와는 다르게 승강로 입구에 설치되는 물막이(방지) 턱은 약 29%로서 우선 고려할 작업환경의 순위가 낮은 것으로 조사되었다.



[그림 24] 확장형 승강기 전용 작업대 개발 시 고려할 작업환경

마. 확장형 승강기 작업대 개발 방향 수립을 위한 추가 의견

확장형 승강기 작업대 개발을 위한 추가 의견이 다음과 같이 제시되었다.

- 철근콘크리트 구조가 아닌 철골구조에도 설치가 가능한 작업대 개발 필요
- 벽이음재 설치 전 수평재 처짐의 최소화 필요
- 기존 15인승 이하와 겸용할 수 있게 개발되어야 함
- 승강로가 큰 경우에 추락 위험이 더 높으므로, 확장형의 개발 및 지원 중요함
- 설치 편의성, 이동 편의성, 작업공간 확보, 작업 용이성
- 승강로 면적이 넓으므로 작업대의 좌·우 확장 및 고정할 수 있는 구조 필요
- 보관 및 이동시 수직재와 수평재를 분리하고, 설치 시 소켓방식으로 결합되는 방식으로 개선 필요
- 승강로 입구의 바닥 단차를 해결 할 수 있는 구조 필요
- 확장형은 승강로가 넓은 곳에 적용될 것이므로, 길이방향 외 폭방향으로도 작업발판이 밀실하게 설치될 수 있어야 함
- 기계실(Machine Room) 유무에 상관없이 MR 및 MRL Type에 모두 적용 가능한 작업대 개발 필요
- 수직재를 바닥에 고정하기 위한 앵커 작업 시 바닥의 단차를 해결할 수 있는 대책 필요
- 여러 세트의 전용 작업대를 차량에 적재할 수 있도록 개선 필요 등

2. 승강기 설치 작업장 방문 조사

승강기 설치 작업장을 방문하여 승강기 설치 작업을 위한 여러 조건의 작업대 사용 실태를 파악하는 것으로 목적으로 기존 강관비계 작업대의 문제점, 보급중인 작업대의 안전성 및 개선할 사항, 확장형 승강기 작업대 설계안 마련 시 적용되어야 할 사항 등에 대하여 조사하고자 한다. 방문 현장은 기존 강관비계를 사용하는 15인승 이하 승강기 설치 현장 2개소(관통형(전망형) 승강기 설치 현장 1개소 포함), 보급중인 승강기 전용 작업대를 사용하는 15인승 이하 승강기 설치 현장 2개소, 강관비계를 사용하는 15인승 초과 승강기 설치 현장 2개소를 〈표 9〉과 같이 선정하고 방문하였다.[1)]

〈표 9〉 현장 실태조사 현장 선정 기준

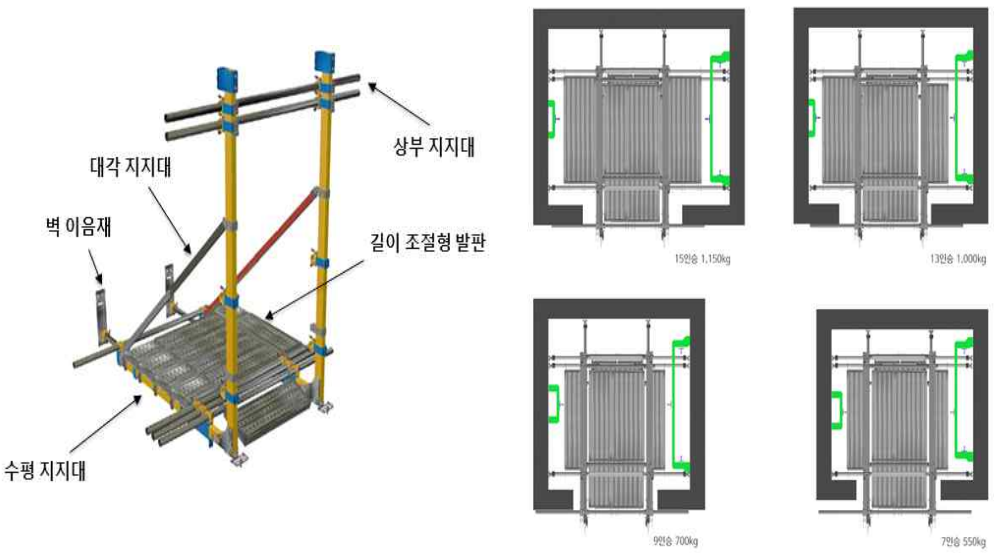
구분	보급중인 승강기 전용 작업대 사용 현장	강관 비계 작업대 사용 현장
15인승 이하 승강기 설치 현장 (A, B C, D 현장)	2개소	2개소 ※ D : 관통형 (전망형) 승강기
15인승 초과 승강기 설치 현장 (E, F 현장)	해당없음	2개소

당초 보급중인 승강기 전용 작업대 개발은 사고가 집중되는 소규모 현장의 승강기 작업자 추락사고 예방과 우리나라 실정에 적합한 제품을 개발하는 것으로 방향 설정하고 작업발판의 구조와 크기 등의 세부사양이 결정되었다.

1) 승강기 4대 제조사의 제품을 설치하는 서울시, 경기도 소재 건설현장 중에서 임의 선정

개발 조건을 살펴보면 별도의 기계실 없이 승강로 내부에 승강기 기계·설비를 설치하는 MRL(Machine Room Less) Type, 승강기 전용 작업대 고정을 위한 벽이음재가 설치 가능한 철근콘크리트 건축물, 15인승 이하 일반 승객용 엘리베이터(제조사 공급 실적 70%이상 점유), 각 제조사별로 판매하고 있는 승강기 규격과 건축물의 승강로 크기에 맞출 수 있는 가변형 구조 및 주요 수요자인 승강기 4대 제조사 의견 등을 반영하여 [그림 25]와 같이 결정되었다.

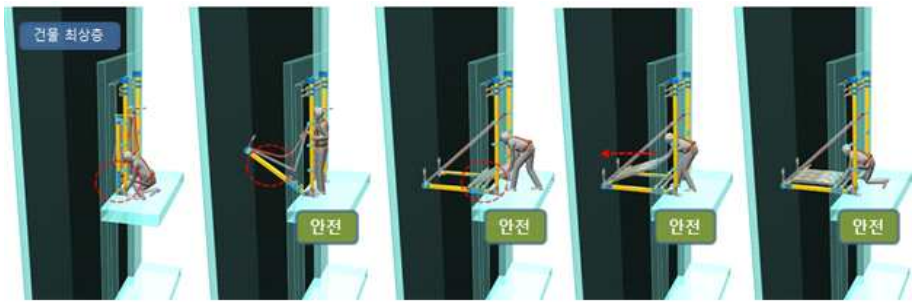
그리고 승강로 내부 작업대 설치 시 작업자의 추락 사고 위험요인을 원천 제거하기 위해 기존 승강로 내부에서 발판을 설치하던 것을 [그림 26]과 같이 승강로 외부에서 조립하여 밀어넣는 방식으로 개선하여 승강기 작업자의 추락사고 위험을 근원적으로 차단한 것이 특징이다.



기본 구성　　가변형 구조

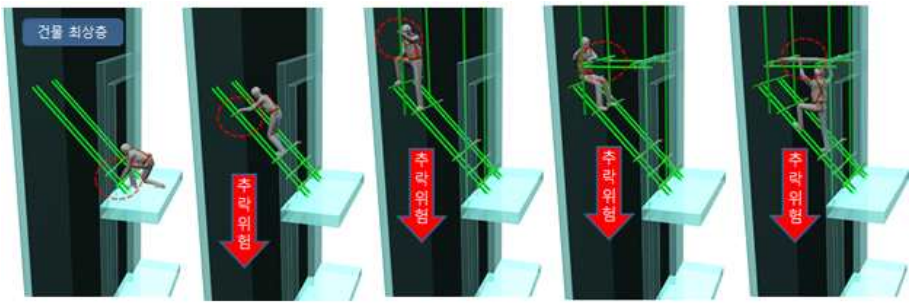
[그림 25] 승강기 전용 작업대의 구조

◈ 개선 : 보급중인 승강기 전용 작업대 설치 과정



바닥고정 → 수평재 펼침 → 발판을 내부로 밀어 넣음 → 벽이음 고정

◈ 기존 : 강관 비계를 사용하는 작업대 설치 과정



경사재 설치 → 수평재 설치 → 수직재 설치 → 수평재 설치 → 발판설치

[그림 26] 강관비계 작업대와 승강기 전용 작업대의 설치방법 비교

1) 15인승이하 승강기 전용 작업대 설치 현장

15인승이하 승강기 현장은 승강기 전용 작업대를 설치하는 A, B 현장과 강관비계를 설치하는 C 현장을 방문하여 안전성, 작업성, 사용상 문제점 등에 대하여 조사하였다. 승강기 전용 작업대를 설치하는 순서는 [그림 27]과 같이 안전대 걸이시설 설치, 수직재 고정, 승강로 내부로 수평재 펼침, 하부 발판 설치 및 벽이음재 고정, 상부 발판 설치 순으로 진행되고 있었으며 작업대 설치 시 추락사고 위험이 높은 승강로 내부에서 작업이 진행되지 않아 승강기 작업자 추락사고에 대한 안전성이 개선되었으며, 가변형 구조로 설계되어 있어 승강로 크기(A현장: 8인승, B현장: 15인승)에 맞추어 설치 가능하였다. 설치 시간은 2인의 작업자가 상부발판까지 모두 설치하는데 총 33분 정도(자재 운반시간 제외)가 소요되었으며, 설치과정에서의 큰 문제점은 없었으나 15인승이하 승강기를 설치하는 소규모 현장의 경우 작업대를 설치하기 위한 자재를 지상에서 최상층까지 인력으로 운반[2]하여야 하므로 부담이 되고 있었다. 개발 당시 2인1조로 운반하는 것으로 매뉴얼화 되어 있었으나 실제 현장에서는 단독으로 운반하고 있어 신체적 부담이 가중되는 것으로 보였다. 이러한 어려움으로 일체화 된 수직재, 경사재, 수평재를 분리하여 운반할 수 있는 구조로 개선을 요청하는 일부 의견도 있었으며, 하부 구조는 시스템 구조로 되어 있으나 상부 구조는 강관 비계로 되어 있어 혼용해서 사용할 경우 안전상, 사용상의 문제점을 개선할 수 있는 시스템 비계로 일체화된 제품 개발 의견도 제시하였다. 또한 현재의 제품은 15인승 이하 승강기에만 적용할 수 있어 15인승 초과 승강기 설치작업에는 기존 강관비계를 사용하여야 하므로 작업의 효율성, 안전성 확보 차원에서 보급중인 승강기 전용 작업대를 15인승 초과 승강기 설치에도 사용할 수

2) 발판을 제외한 부재의 총 중량은 54kg이며, 일체화된(수직재+경사재+수평재) 부재를 좌측, 우측(각 27kg)으로 나누어 운반함

있도록 개발을 요구하였다.

다음으로 강관비계를 사용하여 작업대를 설치하는 C 현장을 방문하여 승강기 전용 작업대 설치 작업과 동일한 내용으로 조사하였다. 강관비계 작업대를 설치하는 순서는 [그림 28]와 같이 하부층 안전대 걸이시설 설치, 하부층 경사지지대 설치, 기둥재 설치, 하부 발판 설치, 상부층 안전대 걸이시설 설치, 상부 발판 설치 순으로 진행되며 추락사고 위험이 높은 승강로 내부에서 작업이 계속 진행되어 추락 위험에 상시 노출되어 있었다. 그리고 강관비계 작업대의 구조가 표준화 되지 않아 같은 종류의 승강기이더라도 작업자의 숙련도, 승강로의 크기, 현장 여건 등에 따라 체결강도, 지지대 고정방법 등 조립 상태의 차이가 있음을 알 수 있었다. 2인의 작업자가 상부발판까지 모두 설치하는데 총 44분 정도의 시간이 소요(자재 운반시간 제외)되었으며 승강기 전용 작업대 설치 시간과 차이가 나는 것은 설치 방법의 차이로 하부층에서 상부 작업대 지지를 위한 경사재를 설치해야 되기 때문에 추가 시간이 소요된 것으로 판단되었다. 자재 운반은 승강기 전용 작업대보다 경량인 가공된 강관비계를 2~3본씩 나누어 운반[3]하므로 중량에 대한 작업자의 신체적 부담은 승강기 전용 작업대와 비교하여 적은 것으로 확인되었다.

[그림 27] 승강기 전용 작업대 설치 과정

3) 강관비계의 규격은 길이 6m, 무게 2.7kg/m이며, 승강로 내부 크기에 따라 가공하여 사용함

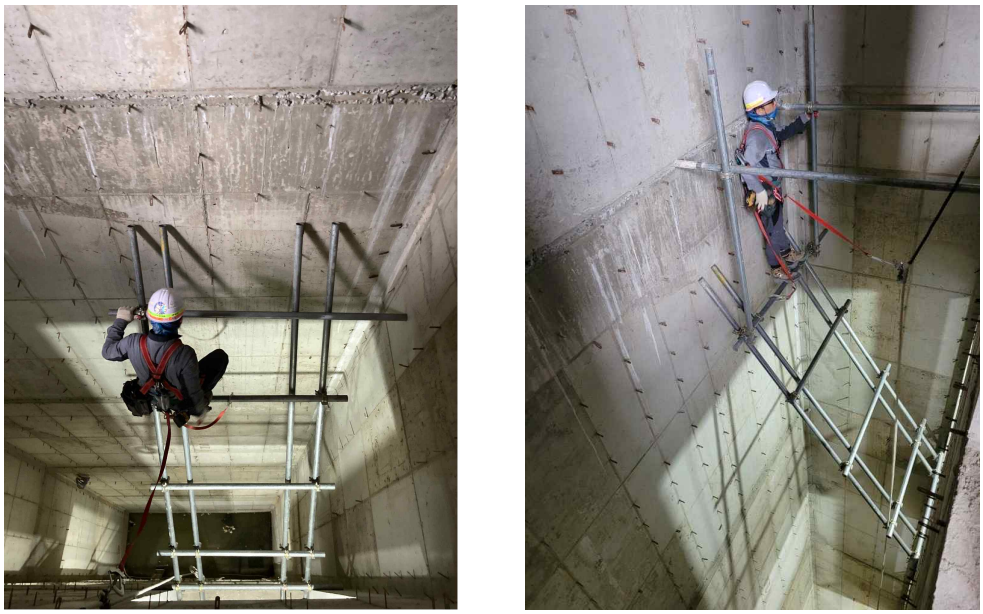
안전대 걸이시설 설치	경사지지대 설치(하부층)	기둥재 설치	하부발판 설치	상부발판 설치	작업대 설치완료

[그림 28] 강관비계 작업대 설치 과정

2) 15인승 초과 승강기 전용 작업대 설치 현장

15인승 초과 승강기 현장은 승강기 전용 작업대를 적용할 수 없기 때문에 강관비계를 사용하여 작업대를 설치하는 E, F 현장(A현장: 18인승, B현장: 21인승)을 방문하였다. 조사 항목은 15인승이하 승강기 설치 현장과 동일하게 작업대 설치 과정의 안전성, 작업성, 사용상 문제점 등에 대하여 조사하였다. [그림 29]과 같이 승강로 내부에서 작업이 진행됨으로써 작업자 추락사고의 위험과 표준화되지 않은 구조로 인해 야기되는 위험요인은 유사하였지만, 중대형 승강기를 설치함으로써 승강로의 면적이 확장되며 작업을 수행하는 장소가 고층이다 보니 실제적인 사고 위험의 가능성과 승강로 내부 작업자가 느끼는 심리적인 위험은 훨씬 크게 보였다. 그리고 승강기 설치 작업대를 설치하는 순서는 15인승 이하 강관비계 작업대 설치와 동일하며 설치에 소요되는 시간은 51분으로 7분 증가되었다. 다만 15인승이하 승강기를

설치하는 경우 소규모 현장으로 크레인, 리프트 등의 운반 수단을 활용하기 어려워 인력으로만 운반 가능하였으나, 중대형 승강기를 설치하는 현장에서는 중량의 자재를 실어나를 수 있는 기계·기구(크레인, 리프트) 등이 설치되어 운반에 대한 부담이 덜하였다.

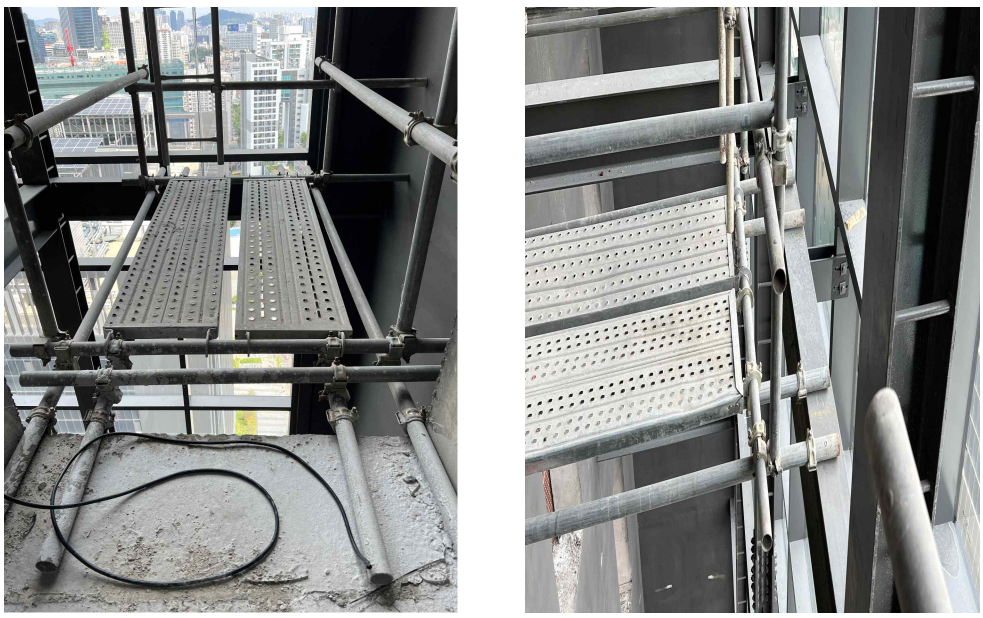


[그림 29] 15인승 초과 승강로 내부 작업모습

3) 관통형(전망형) 승강기 전용 작업대 설치 현장

관통형(전망형) 승강기를 설치하는 D현장을 방문하여 앞서 조사한 내용과 동일하게 안전성, 작업성, 사용상 문제점 등에 대하여 조사하였다. 관통형(전망형) 승강기는 양방향 출입문 형식이 적용된 관통형 타입과 건물의 외벽이 유리로 되어 승하강 시 외부를 조망할 수 있는 전망형 타입을 말하는 것을 말하며, 두 가지 타입 모두 지지대를 고정할 수 있는 벽면이 형성되지 않아 승강기 전용 작업대를 적용할 수 가 없다. 따라서 [그림 30]과 같이 강관비계를

사용하여 작업대를 설치하고 있으며, 작업순서는 하부층 안전대 걸이시설 설치, 수평재 설치(승강기 출입구 바닥과 건너편(관통부) 바닥 사이에 단차가 발생할 경우에는 하부층 경사지지대 설치 필요), 기둥재 설치, 하부 발판 설치, 상부층 안전대 걸이시설 설치, 상부 발판 설치 순으로 진행되었다. 강관비계를 사용한 작업대 설치로 승강로 내부에서 작업이 계속 진행되므로 작업자는 추락 위험에 상시 노출되어 있었다. 그리고 철근콘크리트 구조의 경우 수평재는 승강로 입구와 건너편 벽면에 앵커 볼트로 고정 가능하여 안전하게 지지 가능하였으나, 철골 구조일 경우 건너편 바닥이 철골 부재로 되어 있어 클램프 등 별도의 고정 철물을 사용하여 고정하여야 하는데 고정 방법이 표준화 되지 않아(방문 현장은 철골부재 위 별도의 고정조치 없이 클램프만 끼워져 있었음) 각 현장마다 고정 방법, 체결 강도, 걸친 길이 등의 기준이 없고 작업자 숙련도의 차이로 인해 안전성 확보가 어려운 것으로 판단되었다.



[그림 30] 관통형(전망형) 승강기 전용 작업대 설치 모습

3. 소결

설문조사에서는 승강기 설치 작업의 위험요인 조사, 보급중인 승강기 전용 작업대의 개선 정도, 확장형 승강기 작업대 개발 방향 등 3개 항목으로 분류하고 16개문항에 대하여 온라인 설문조사를 실시하였다. 각 항목별 결과를 보면 승강기 설치 작업의 위험요인 항목에서는 승강기 설치를 위한 작업대의 설치 및 해체 작업이 중대사고 발생 위험이 가장 높으며, 아차사고를 포함한 대부분의 사고가 발생하는 공정인 것으로 응답하였다. 그리고 '19년 승강기 작업자의 연이은 추락사고 발생으로 마련된 '승강기 작업장 안전강화 대책(관계부처 합동)'의 시행으로 현재의 승강기 작업장 환경이 많이 개선되었음을 알 수 있었다. 다음으로 기존 강관비계 작업대 대비 보급중인 승강기 전용 작업대의 개선 정도 평가 항목에서는 안전성은 아주 우수, 편의성 및 적용성은 우수 또는 양호한 것으로 대다수 응답하였으나 운반성은 보통 또는 미흡한 것으로 나타났다. 마지막으로 확장형 승강기 작업대 개발방향 항목에서는 승강로 면적이 확대되어 사고위험이 높으므로 확장형 개발이 반드시 필요하다는 의견과 개발될 경우 적용성(사용빈도)이 높을 것이라는 의견이 대다수였다. 기타 고려해야 할 항목으로는 무게, 기존 강관비계와의 호환성(혼용사용), 내구성 순으로 응답하였다. 그리고 구조물과 승강기 설치 자재와의 간섭, 바닥고정 및 벽이음재 설치를 위한 앵커 시공 시 철근과의 간섭, 승강로 입구 바닥의 단차로 인한 설치의 어려움 등 시공사와의 협의가 어려운 부분도 얘기하였다.

승강기 설치 작업장 방문 조사에서는 승강기 전용 작업대를 사용할 경우 추락 위험이 높은 승강로 내부 작업이 최소화되어 승강기 작업자의 근원적인 사고 예방이 가능해졌으며 제조사별 승강기 종류, 건축물의 구조 형식, 작업자의 숙련도 등 다양한 현장 여건에 영향없이 표준화된 작업대를 설치할 수 있게 된 것은 안전성 확보 차원에서 주목할 점이라 할 수 있었다. 또한

하부 지지대 설치 방법을 기존에는 작업층 아래에서 경사재를 설치하여 상부 작업대를 지지해오던 방법 대신 경사재를 생략하고 작업층에서 벽이음재를 사용하여 벽면에 상부 작업대를 지지하는 수평재를 고정할 수 있는 방법으로 개선함으로써 하부층의 경사 지지대 설치를 위한 작업 위험과 작업대 설치 시간이 단축되어 기존 방법대비 약 25~35% 정도의 작업 시간 절감 효과가 나타난 것으로 확인되었다. 하지만 소규모 현장에서는 인력으로 승강기 설치 작업대를 최상층까지 운반하여야 하므로 중량물 취급으로 인한 작업자의 부담을 덜어줄 수 있는 방안이 필요해 보였으며, 시스템 비계와 강관 비계를 혼용해 사용함으로써 발생되는 구조적 위험 요인과 두 종류의 자재를 동시에 취급하여야 하는 작업상의 불편함을 해결할 수 있는 시스템 비계로 일체화된 구조의 작업대 개발 등을 요구하였다. 관통형(전망형) 승강기 설치 현장의 경우 벽이음재를 설치할 수 있는 벽면이 형성되지 않아 보급중인 승강기 전용 작업대를 적용할 수 없었으며, 기존 강관비계 작업대와 설치 방법이 유사하여 승강기 작업자의 추락사고 위험이 높은 것으로 확인되었다.

최근 건축물의 고층화, 구조형식의 다양화로 인해 중대형 승강기, 관통형(전망형) 승강기 수요가 증가하고 있으며 이러한 승강기는 승강로 내부 개구부 면적이 넓고 작업장소가 고층에서 진행되며 무엇보다도 기존 강관비계를 사용하여 작업대를 설치함으로써 사고 위험이 아주 높다. 그리고 15인승을 기준으로 강관 비계와 승강기 전용 작업대를 구분해서 사용해야하는 작업상 불편함과 관통형(전망형) 승강기 설치 작업에는 적용할 수 없어 승강기 전용 작업대 사용을 기피하는 경우도 발생할 수 가 있다. 따라서 보급중인 승강기 전용 작업대만으로는 승강기 작업자 추락사고 예방과 현장 적용에는 한계가 있음을 확인하였으며, 근원적인 사고 예방을 위해서는 승강기 전용 작업대의 적용 범위를 확대시키는 확장형 승강기 작업대 개발이 필요한 것으로 나타났다.

Ⅳ. 확장형 승강기 설치 전용 작업대 설계

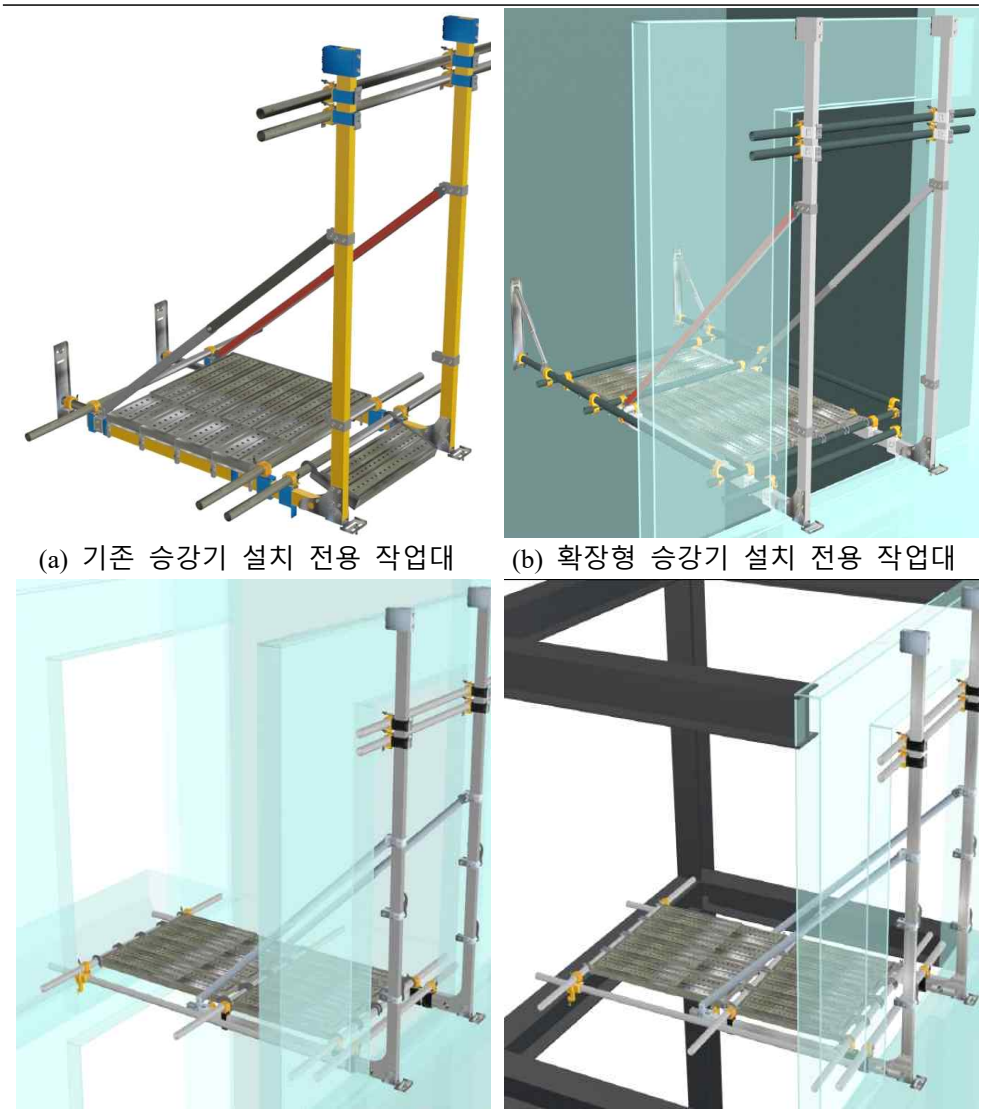
Ⅳ. 확장형 승강기 설치 전용 작업대 설계

1. 개발 방향

1) 설계

승강기 설치 작업 중 발생하는 추락 등 안전사고 예방을 위하여 '21년에 개발된 [그림 31(a)]와 같은 기존 승강기 설치 전용 작업대는 일반적인 철근콘크리트구조 건축물에서 승강로 깊이 2.5m 이하, 15인승(1,000kg) 이하의 기계실이 없는(MRL Type) 승객용 승강기 설치 작업에 한정하여 사용할 수 있도록 개발되었다.

그러나, 최근에는 건물의 높이가 고층화되고 다양한 구조형식의 건축물이 증가함에 따라 승강로 면적이 넓어지고 벽면이 없어지는 등 승강기 설치작업의 위험 요인은 증가하게 되었다. 이러한 위험 요인을 제거하기 위해서 추락위험 요인을 원천제거 할 수 있는 [그림 31(a)]와 같은 승강기 전용 작업대의 기본 구조를 그대로 유지하면서 승강로 깊이를 3.2m까지 확장 가능한(15인승 초과) 구조 [그림 31(b)], 출입구 맞은편에 벽체가 없어 벽이음재의 설치가 어려운 관통형 구조에 설치 가능한 구조 [그림 31(c)], 건축물이 철골 또는 철골콘크리트 구조로 형성된 전망형 구조에 설치 가능한 구조[그림 31(d)]의 작업대 설계(안)을 마련하였다. 향후 현장 적용 시 확장형 승강기 설치 전용 작업대의 안전성 확보를 위해 관련 기준인 비계 및 안전시설물 설계기준(국토교통부 KDS 21 60 00: 2022)과 방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부고시 제2022-70호)에서 각각 규정하는 작업하중 및 시험성능기준 최대 하중에 대하여 구조해석을 통한 안전성을 검토를 수행하였다.

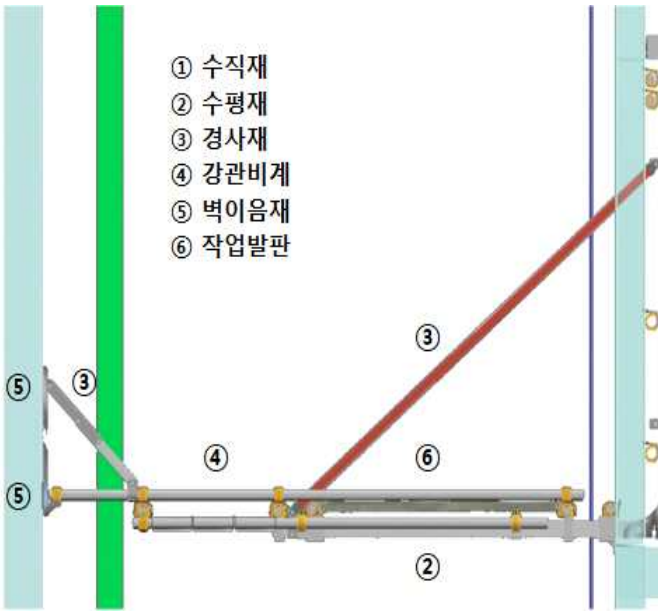


(a) 기존 승강기 설치 전용 작업대 (b) 확장형 승강기 설치 전용 작업대

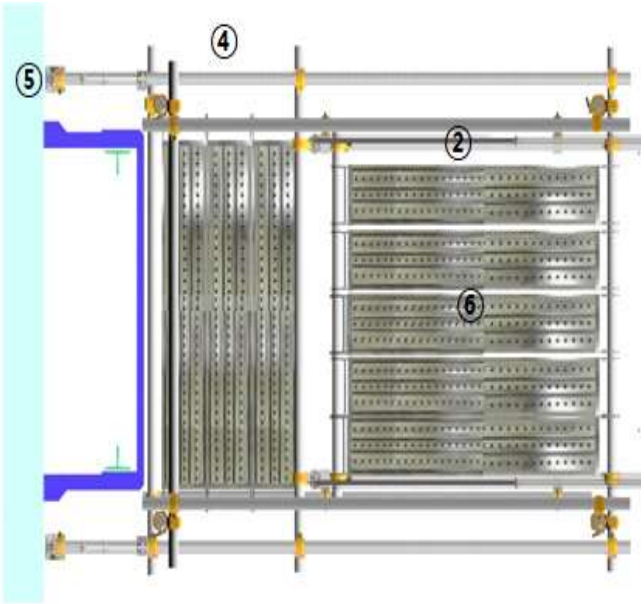
(c) 관통형 승강기 설치 전용 작업대 (d) 전망형 승강기 설치 전용 작업대

[그림 31] 모델링된 주요 타입별 승강기 설치 전용 작업대

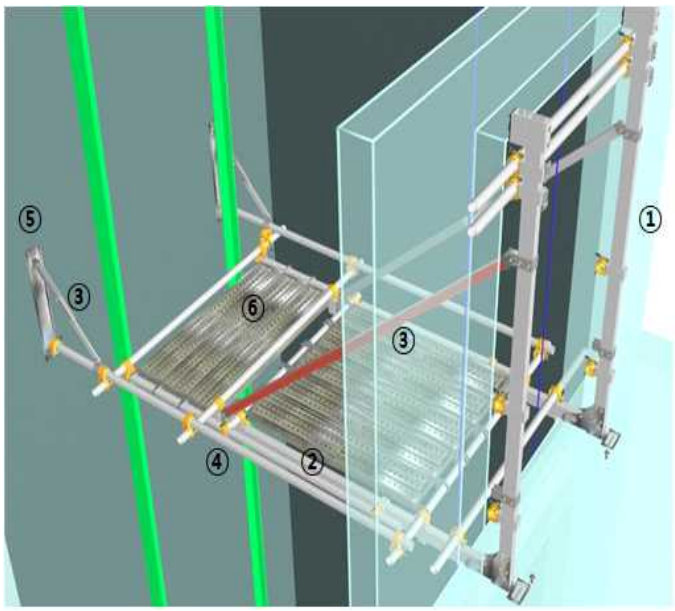
벽이음재가 설치 가능한 철근콘크리트구조 건축물에 적용할 수 있는 확장형 승강기 작업대는 [그림 32]에 보인 바와 같이 설치 작업자의 안전을 확보할 수 있도록 승강로 입구에서 작업대의 수직재를 바닥에 앵커볼트를 설치하여 고정한 후, 접이식 경사재와 결합된 수평재를 승강로 내부로 90° 펼쳐서 삼각 프레임의 작업대 구조를 형성하게 된다. 그리고, 수평재에 함께 구성되는 슬라이딩 브라켓을 이용하여 작업발판을 설치하고, 승강로 벽면에 수평재에 체결된 벽이음재를 앵커볼트로 고정한 후, 벽 지지용 강관비계와 벽이음 경사재를 고정함으로서 설치가 완료된다. 이후 설치 완료된 작업대의 수평재의 4곳에 강관비계를 이용하여 상부작업대를 설치한 후, 승강기 설치 작업이 진행된다.



(a) 측면도



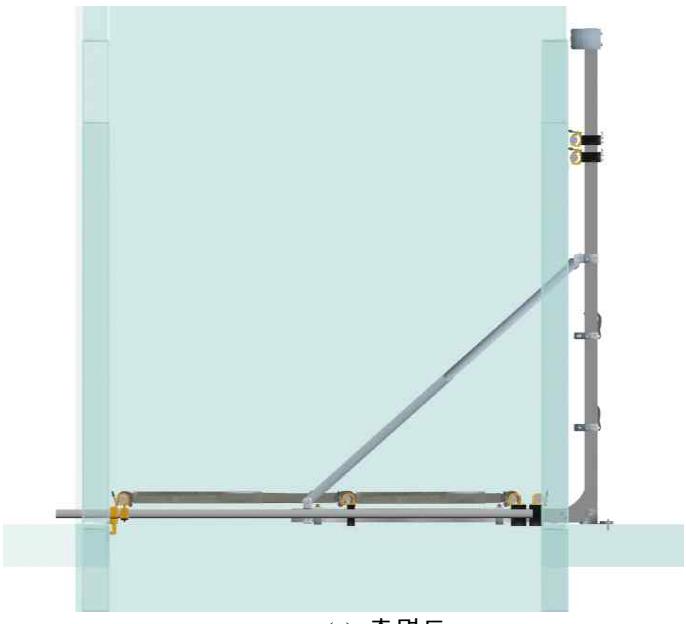
(b) 평면도



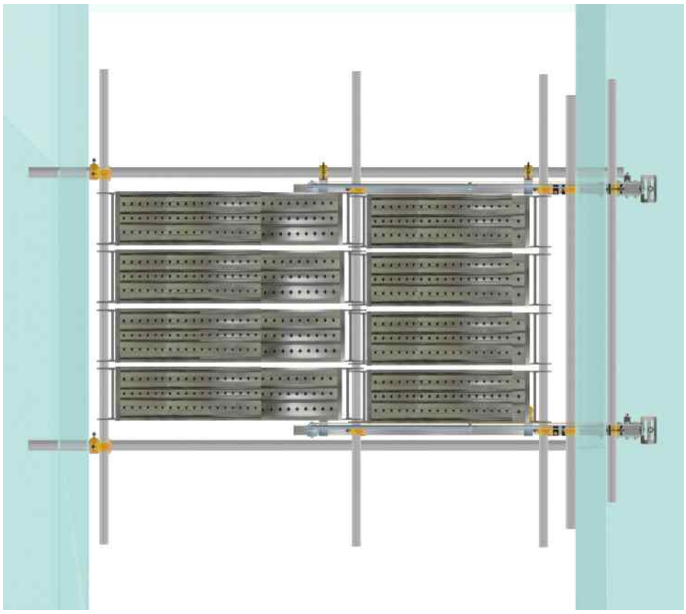
(c) 입체도

[그림 32] 확장형 승강기 설치 전용 작업대 모델 및 설치 개요도

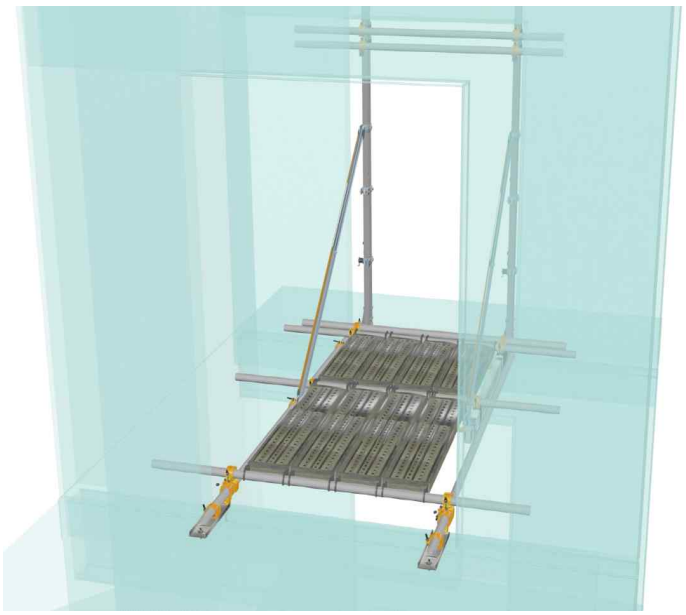
확장형 승강기 설치 전용 작업대가 적용되는 철근콘크리트구조 건축물과 동일하지만, 관통형 승강기 특성에 따라 벽이음재의 설치가 불가능한 조건에 적용할 수 있는 관통형 승강기 설치 전용 작업대는 [그림 33]에 보인 바와 같이 설치 작업자의 안전을 확보할 수 있도록 승강로 입구에서 작업대의 수직재를 바닥에 앵커볼트를 설치하여 고정한 후, 접이식 경사재와 결합된 수평재를 승강로 내부로 90° 펼쳐서 삼각 프레임의 작업대 구조를 형성한다. 그리고, 수평재에 함께 구성되는 슬라이딩 브라켓을 이용하여 작업발판을 설치하고, 벽이음재를 설치할 수 있는 승강로 벽면이 없는 관계로 수평재에서 연장된 강관비계를 승강로 맞은편 입구에 거치한 후, [그림 33(d)]와 같은 형태의 고정방법(또는 장치)를 통하여 수평 강관비계를 고정하여 설치가 완료된다. 이후 설치 완료된 작업대의 수평재의 4곳에 강관비계를 이용하여 상부작업대를 설치한 후, 승강기 설치 작업이 진행된다.



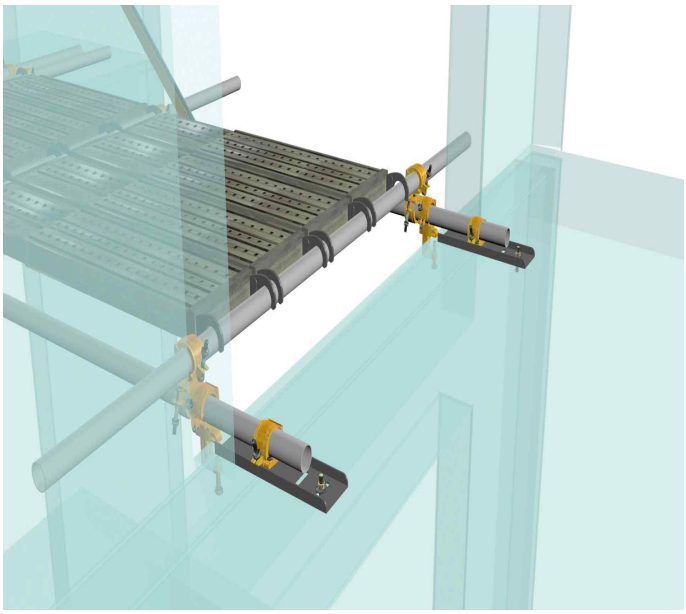
(a) 측면도



(b) 평면도



(c) 입체도

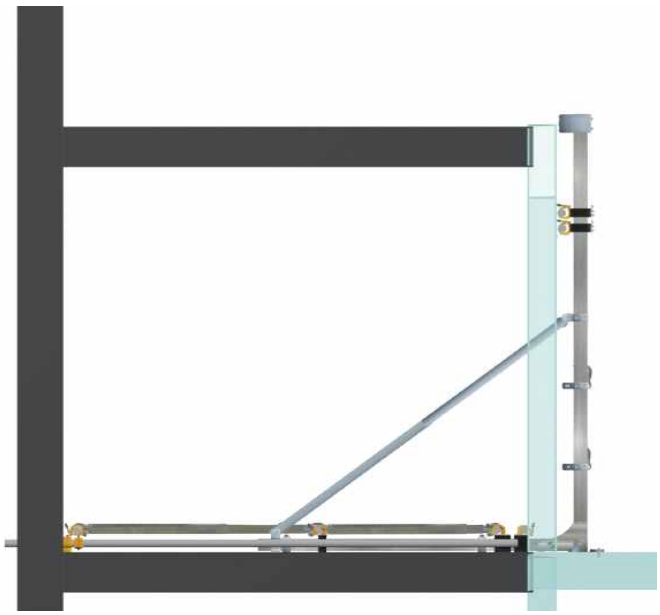


(d) 벽이음재 대체 고정장치

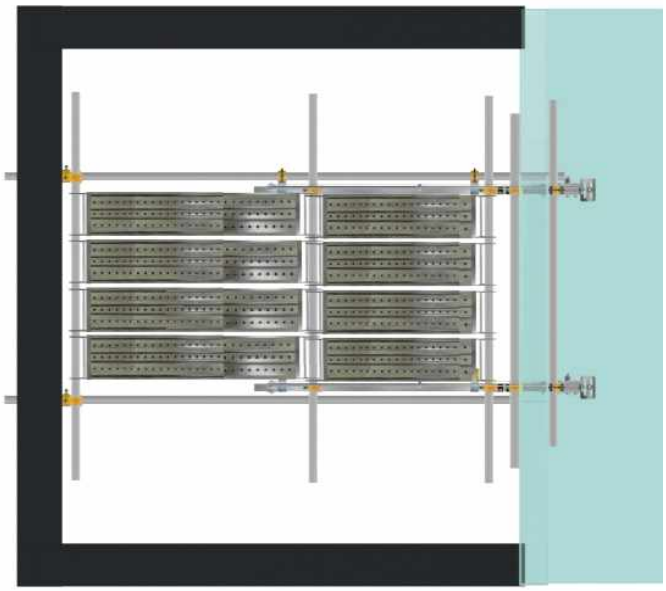
[그림 33] 관통형 승강기 설치 전용 작업대 모델 및 설치 개요도

확장형 및 관통형 승강기 설치 전용 작업대가 적용되는 철근콘크리트구조 건축물과 다른 철골 및 철골콘크리트 구조 건축물에 설치되는 전망형 승강기 특성에 따라 관통형과 마찬가지로 벽이음재의 설치가 불가능한 조건에 적용할 수 있는 전망형 승강기 설치 전용 작업대는 [그림 34]에 보인 바와 같이 승강로 입구쪽 설치 작업은 확장형 또는 관통형과 동일하게 설치 작업자의 안전을 확보할 수 있도록 승강로 입구에서 작업대의 수직재를 바닥에 앵커볼트를 설치하여 고정한 후, 접이식 경사재와 결합된 수평재를 승강로 내부로 90° 펼쳐서 삼각 프레임의 작업대 구조를 형성한다. 그리고, 수평재에 함께 구성되는 슬라이딩 브라켓을 이용하여 작업발판을 설치하고, 벽이음재를 설치할 수 있는 승강로 벽면이 없는 관계로 수평재에서 연장된 강관비계를 승강로 맞은편의 철골구조(H형강)에 거치한 후, [그림 34(d)]와 같은 형태의 고정방법(또는 장치)를 통하여 수평 강관비계를 고정하여 설치가 완료된다.

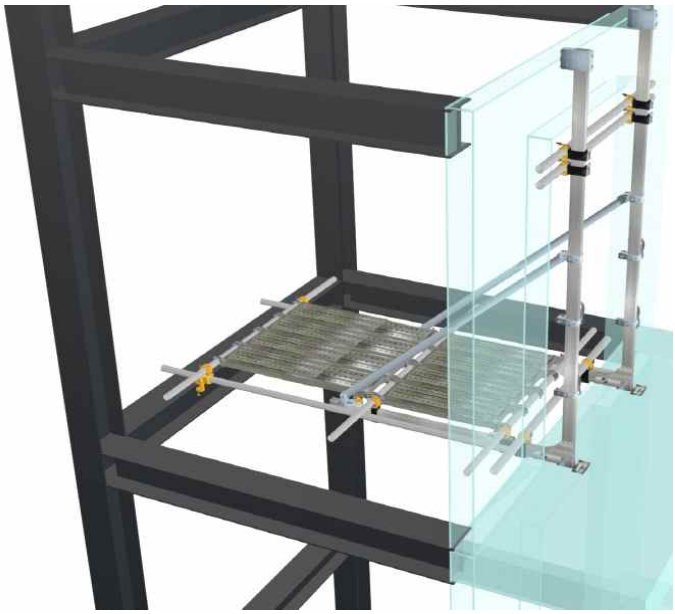
단, 철골구조와 전망형 승강기 입구의 높이에 따라 H형강의 상부 플랜지와 승강로 입구가 동일하면 관통형과 동일한 방법으로 설치가 가능하지만, [그림 35]에 보인 바와 같이 승강로 입구와 철골구조의 H형강의 단차(높이차)가 발생하는 경우에는 승강로 입구보다 상부에 위치한 H형강에 지지할 수 있는 별도의 고정장치(클램프)와 이 고정장치로부터 수평재와 결합할 수 있도록 해주는 수직방향 강관비계가 추가적으로 필요하게 된다. 그러나, 본 과업에서는 구조해석 모델링을 위하여 승강로 입구와 H형강의 상부 플랜지의 단차가 없는 것으로 간주하여 지지점이 H형강의 상부 플랜지에 형성되는 것으로 가정하였다. 이후 설치 완료된 작업대의 수평재의 4곳에 강관비계를 이용하여 상부작업대를 설치한 후, 승강기 설치 작업이 진행된다.



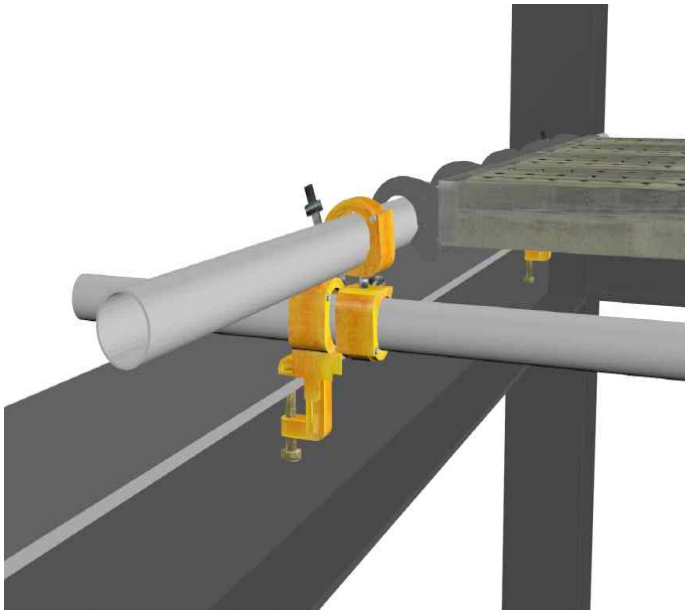
(a) 측면도



(b) 평면도

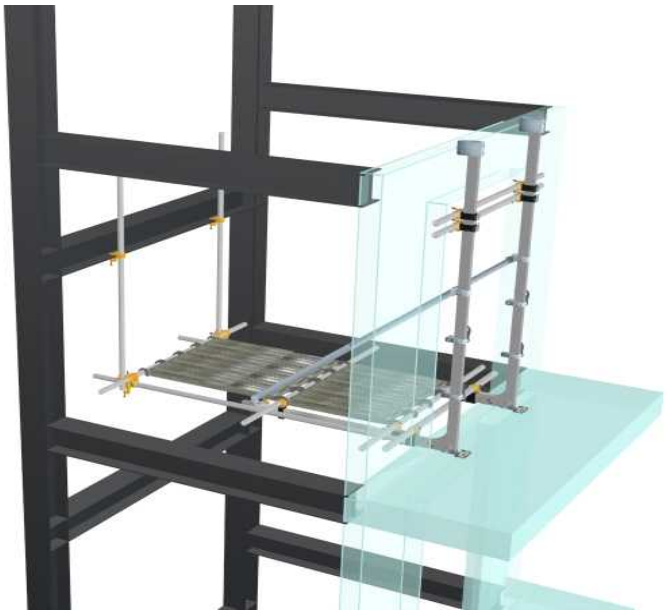


(c) 입체도

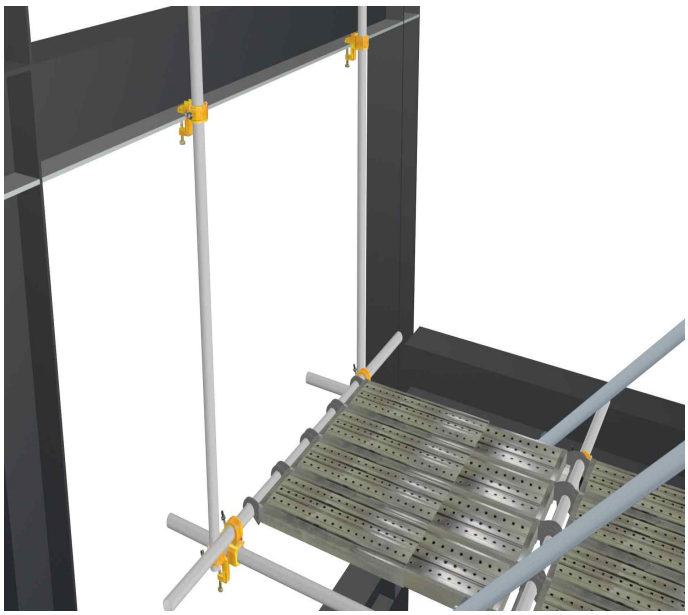


(d) 벽이음재 대체 고정장치(클램프)

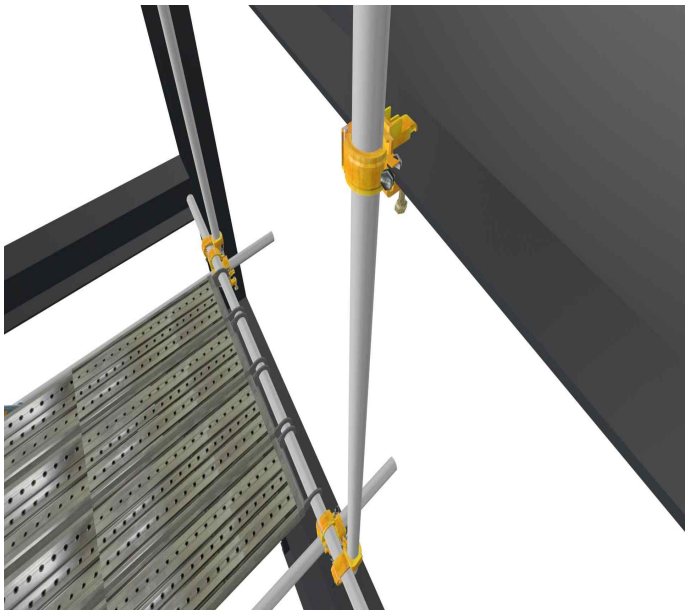
[그림 34] 철골구조에 수평재 직접지지 가능한 전망형 모델 및 설치 개요도



(a) 입체도



(b) 벽이음재 대체 고정장치 연결 상세 1



(c) 벽이음재 대체 고정장치 연결 상세 2

(d) 벽이음재 대체 고정장치(클램프)

[그림 35] 철골구조에 수평재 직접 지지 불가능한 전망형 모델 및 설치 개요도

2) 제원 및 재료

확장형 승강기 설치 전용 작업대는 수평재, 수직재, 경사재, 강관비계 및 경사재를 지지하는 벽이음 장치로 구성되는 기존 15인승 이하 작업대의 구조 및 설치방법이 동일하다. 단, 적용 승강로 깊이가 기존 2.5m 이하에서 3.2m로 확장됨에 따라 수평재로부터 벽이음재에 연결되는 강관비계의 길이가 연장되고, 이에 따라 작업대의 삼각 프레임을 형성하는 경사재의 위치를 수평재 내부로 이동하였으며, 승강로 입구 맞은편 벽이음재에서 수평재를 추가 지지하도록 동일한 제원의 경사재를 추가하였다. 또한, 바닥 지지를 위한 강관비계의 길이가 연장됨에 따라 작업하중 등에 의한 휨모멘트 증가로 인하여 수직재의 부담이 크게 발생하므로, 이를 보완하기 위하여 상부에 설치되는 상부벽 지지용 강관비계의 두께를 증가시켰다.

관통형(전망형) 승강기 설치 전용 작업대는 확장형 승강기 설치 전용 작업대와 수평재, 수직재 및 경사재로 구성되는 주부재 및 강관비계는 동일하다. 그러나, 설치되는 대상 건축물인 철골 또는 철골콘크리트 구조와 승강로 양쪽 모두에 출입구를 갖는 특성에 따라 승강로 입구 맞은편에 콘크리트 벽체가 없는데 따른 벽이음재 및 추가 경사재의 설치가 불가하므로 이들 두 부재는 포함되지 않는다. 이에 따라 시제품 개발 시에는 벽이음재 미설치에 따른 지지를 위하여 별도의 고정장치 개발이 필요하다고 할 수 있으며, 본 연구에서 제시된 벽이음재를 대신한 클램프는 힌지에 해당하는 조건으로 볼 수 있지만 향후 실용화 될 경우 다양한 고정장치 개발에 활용될 수 있도록 고정, 롤러 등 다양한 지지점 조건을 구조해석에 적용하였다.

이와 같은 확장형 및 관통형(전망형) 승강기 설치 전용 작업대의 부재별 제원, 사용재료 및 강도를 〈표 10〉에 정리하였으며, 구조해석 시 부재별 제원 및 재료 강도를 적용하였다.

〈표 10〉 확장형 승강기 설치 전용 작업대의 제원 및 재료 특성

구분 / 부재		제원	재료 특성		
			강종	항복강도 (MPa)	허용응력 (MPa)
수평재		· 치수: 45×75mm(t=2mm) · 형식: 구조용 각관	Steel (SGT355)	355	213
수직재					
경사재	상부	· 치수: 40×6mm(2겹) · 형식: 사각 Bar	A6063-T6	215	129
	하부	· 치수: 40×6mm(2겹) · 형식: 사각 Bar			
강관비계		· 치수: Φ48.6mm(t=2.3mm) (단,상부벽지지용은 t=2.8mm) · 형식: 구조용 원형강관	Steel (SGT275)	275	165

3) 설계하중

확장형 및 관통형(전망형) 승강기 설치 전용 작업대는 모두 수평재에 설치되는 작업발판과 작업대 설치 후 수평재에 고정되어 추가 설치되는 상부작업대에 하중이 작용하게 된다. 그런데, 작업대의 구조가 수직재, 수평재, 경사재 및 강관비계를 주부재로 하므로, 이들 부재를 대상으로 구조해석 및 안전성 검토를 실시할 필요가 있다. 따라서, 구조해석 시 작업발판과 상부작업대가 설치되는 수평재에 관련 기준인 비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00: 2022)과 방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부고시 제2022-70호)에서 규정하는 작업하중을 등분포하중 또는 집중하중으로 재하하여 구조해석을 수행하였다.

확장형 승강기 설치 전용 작업대의 구조 안전성 검토를 위해 구조해석 시 적용한 하중은 관련 기준인 비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00: 2022)에서 규정하는 설계하중 중 비계 및 작업발판에 작용하는 연직하중과 방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부고시 제2022-70호)의 '승강기 승강로용 브래킷'에서 규정하는 시험성능 기준 하중이다. 그리고, 승강기 설치 작업을 위해서는 승강기 작업대에 강관비계를 조립하여 설치되는 상부작업대의 중량을 함께 고려하였다. 상부작업대는 승강기 제조사별로 규격이 상이하므로 국내 주요 제조사에서 사용하는 상부작업대 형식 중 중량이 가장 무거운 400kg을 적용하였다. 이와 함께 전용 작업대의 자중 및 설치 작업자 등의 이동을 위해 수평재에 설치되는 작업발판의 중량에 대해서는 비계 및 안전시설물 설계기준에 규정하는 경작업 또는 중작업에 대한 하중조합 시 함께 적용하였다.

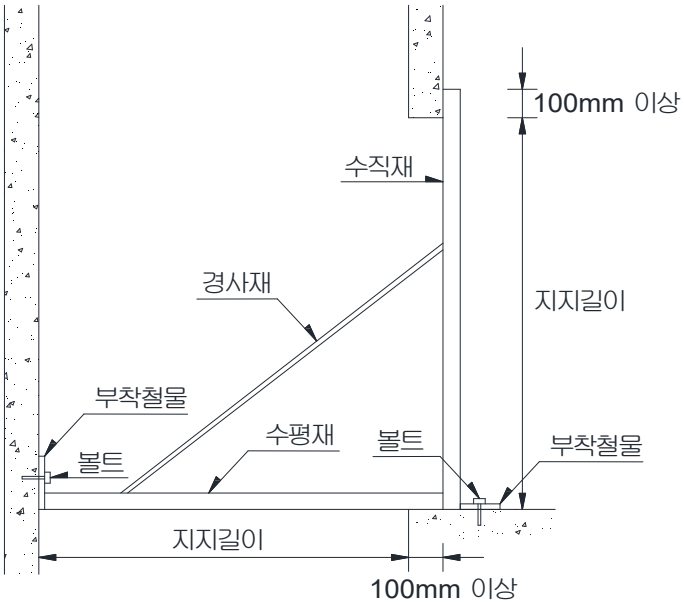
구조해석에 적용한 하중을 〈표 11〉에 정리하였으며, 비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00: 2022)에서 규정하는 연직하중들에 대해서는 작업발판 중량과 작업하중이 각각 규정되어 있고, 상부작업대 중량을 별도로 추가 고려해야 하므로 구조해석 시 하중조합을 실시하였다. 그러나, 방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부고시 제2022-70호)에서 규정하는 승강기 승강로용

브래킷의 시험성능기준 최대하중은 작업대에 작용하는 총하중에 해당하므로 별도의 하중조합은 실시하지 않았다.

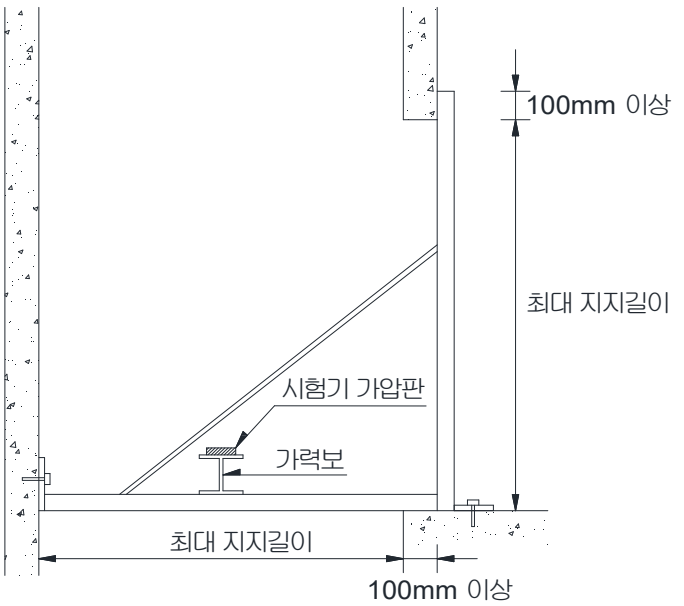
〈표 11〉과 같이 관련 기준에서 규정하는 작용(작업)하중에 대한 구조해석 시, 하중의 재하는 [그림 36]에 보인 것과 같이 방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부고시 제2022-70호)에서 규정하는 하중 재하를 준용하였다. 따라서, 규정된 작업발판에 작용하는 작업하중이 수평재에 재하되도록 분포하중 또는 집중으로 환산하였다.

〈표 11〉 구조해석 시 작용(작업) 하중

구분 / 기준	작업대 자중	작업발판 중량 (kN/m^2)	작업 하중 (kN/m^2)	상부작업대 중량 (kN)
비계 및 안전시설물 설계기준 (KDS 21 60 00)	구조해석 프로그램 자동 고려	0.2kN/m^2	경작업:1.25kN/m^2 중작업:2.5kN/m^2	4kN
방호장치 자율안전기준 고시		· 수직처짐량 검토 시: 9kN(9,000N) · 최대하중: 27kN(27,000N) - 작업발판, 작업하중, 상부작업대 중량을 모두 포함		



(a) 승강기 승강로용 브래킷 구조



(b) 승강기 승강로용 브래킷의 처짐 및 강도시험

[그림 36] 방호장치 자율안전기준 고시의 성능시험

2. 구조 안전성 검토

1) 개요

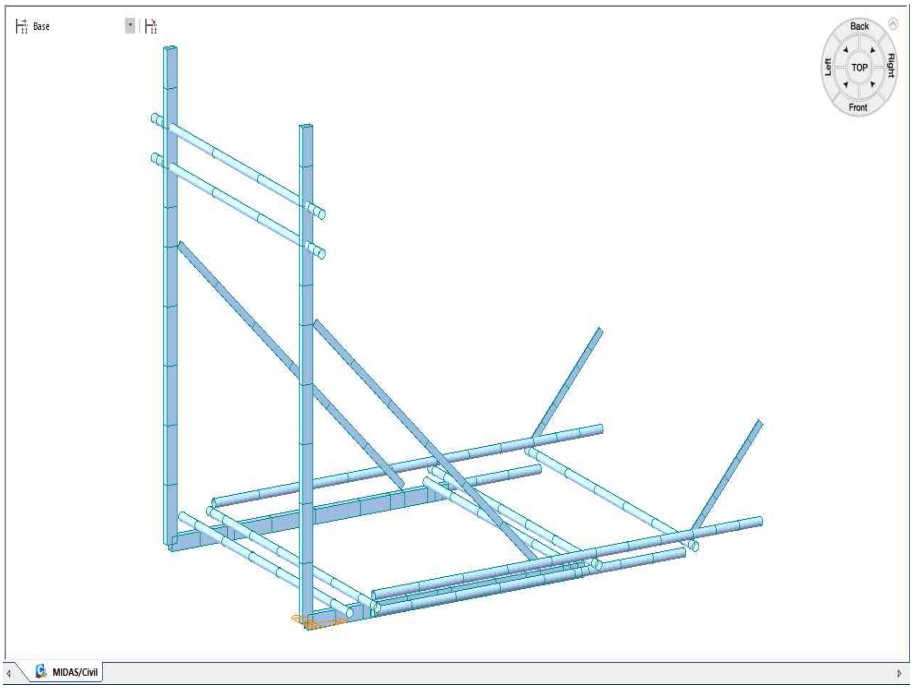
확장형 승강기 작업대에 관련 기준에서 규정하는 작업하중 또는 시험하중이 작용하였을 때 발생하는 구조 거동 및 안전성 검토를 위하여 범용 구조해석 프로그램인 MIDAS Civil 2022를 사용하였다. 해석 대상인 확장형 승강기 작업대는 프레임 요소를 이용한 3차원 구조로 모델링하였다.

구조해석에 따른 안전성 검토는 첫째, 방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부고시 제2022-70호)에서 규정하는 시험성능 기준 하중(9kN)에 의한 수평재(바닥면 최대 지지길이)에 대한 수직처짐량 검토와 최대하중(27kN)에 대한 수평재 수직처짐량 및 주 부재인 수직재, 수평재, 경사재 및 강관비계에서 발생하는 응력을 대상으로 하였다. 둘째, 비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00: 2022)에서 규정하는 작업하중 중 경작업과 중작업 및 하중조합에 대한 지지길이 또는 수평재의 수직처짐량 및 주 부재인 수직재, 수평재, 경사재 및 강관비계에서 발생하는 응력을 대상으로 하였다.

2) 타입별 구조해석

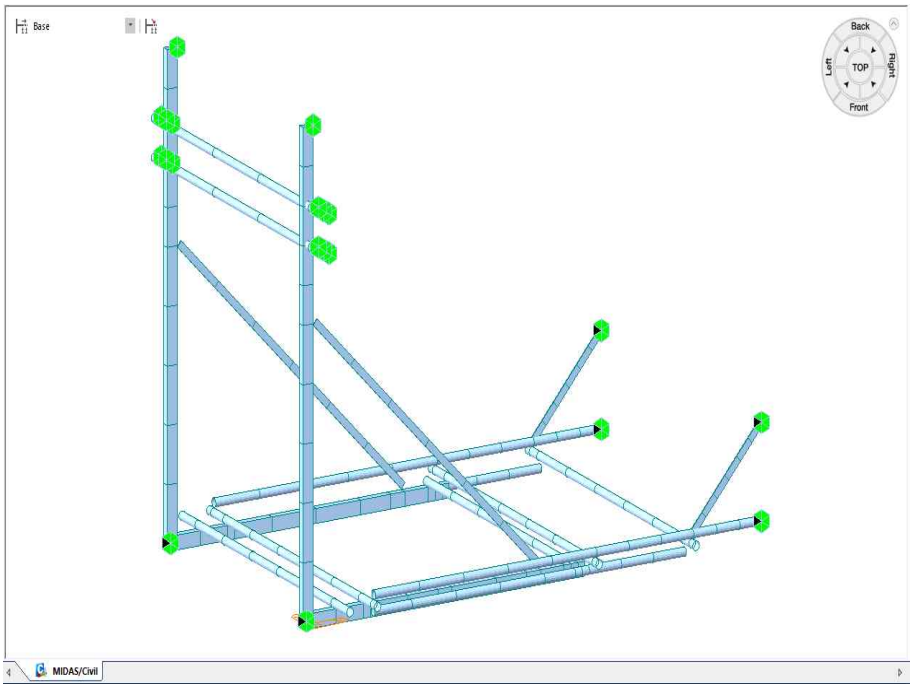
가. 확장형 승강기 작업대

일반 철근콘크리트 구조 건축물에 주로 적용되는 확장형 승강기 작업대의 구조 안전성 검토를 위한 구조해석은 〈표 10〉에 정리한 단면제원 및 재료특성을 이용하여 [그림 37]에 보인 바와 같이 수직재, 수평재, 경사재 및 강관비계를 모두 프레임 요소로 모델링을 실시하였다. 승강로 깊이 2.5m에서 3.2m까지를 대상으로 하는 확장형 승강기 작업대의 구조 안전성 평가는 수직처짐과 부재 응력이 가장 크게 발생하는 승강로 깊이가 가장 깊은 3.2m를 기준으로 하였으며, 수평재 설치 간격은 승강로 내 레일 및 피아노선 등의 설치조건을 고려하여 1.7m로 하였다.



[그림 37] 확장형 승강기 작업대 구조해석 모델링

확장형 승강기 작업대의 지지점 경계조건은 [그림 38]에 보인 바와 같이 실제 설치조건과 동일하게 앵커볼트로 고정되는 수직재 하부와 벽이음재는 힌지지점, 승강로 출입구 상부벽에 지지되는 수직재 상부와 강관비계는 이동지점을 적용하였다.



[그림 38] 확장형 승강기 작업대 구조해석 경계조건

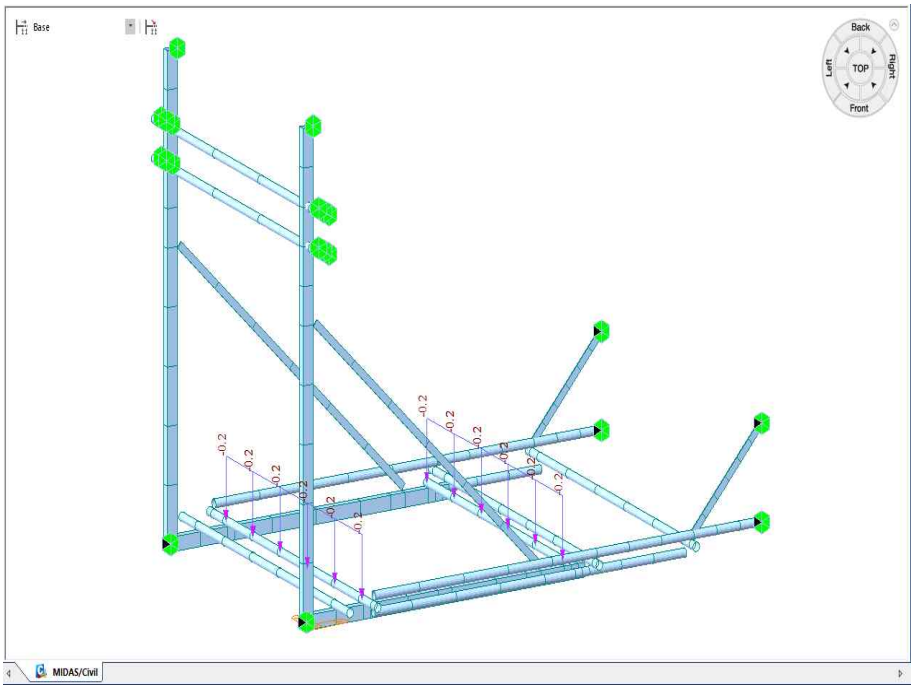
확장형 승강기 작업대의 구조해석에 적용한 하중은 〈표 11〉에 정리한 관련 기준에서 규정하고 있는 작업하중 또는 시험성능기준 하중을 대상으로 하였다.

비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00: 2022)에서 규정하는 하중에 N 분포하중으로 환산하여 [그림 39]에 보인 바와 같이 재하하였다.

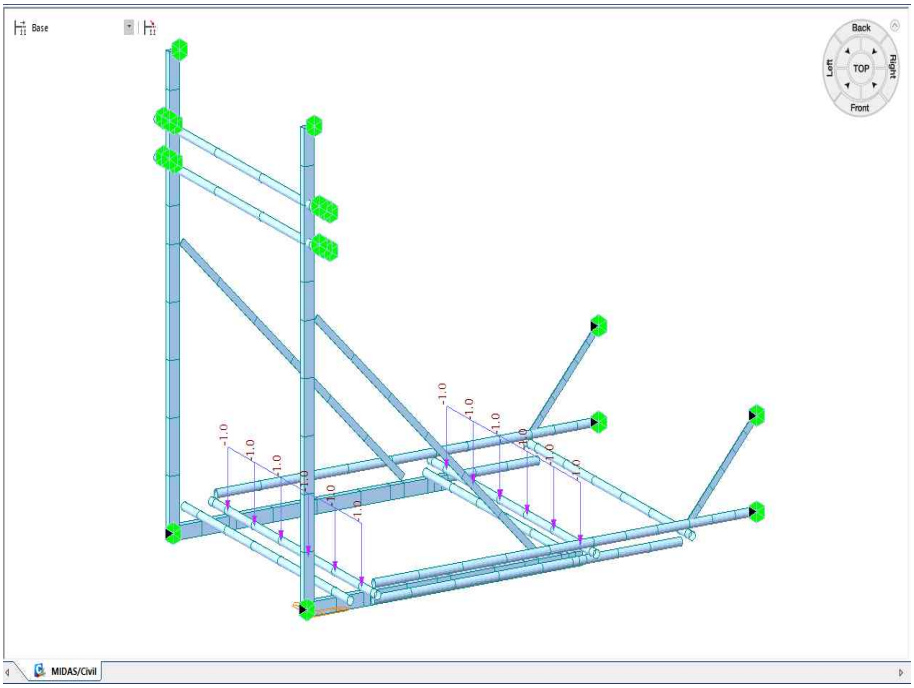
① 작업발판 중량: 수평재 길이방향으로 강관비계 양쪽에 거치되는 작업발판의 면적 1.7×1.6m를 고려하여 각 강관비계에 0.16kN/m (=0.2kN/m^2×0.8m)의 분포하중으로 적용[그림 39(a)]

② 경작업하중: 작업하중 또한 작업발판에 작용하게 되므로 작업발판 중량과 동일하게 수평재 길이방향으로 강관비계 양쪽에 거치되는 작업발판의 면적 1.7×1.6m를 고려하여 각 수평재에 1.0kN/m(=1.25kN/m^2×0.8m)의 분포하중으로 적용[그림 39(b)]

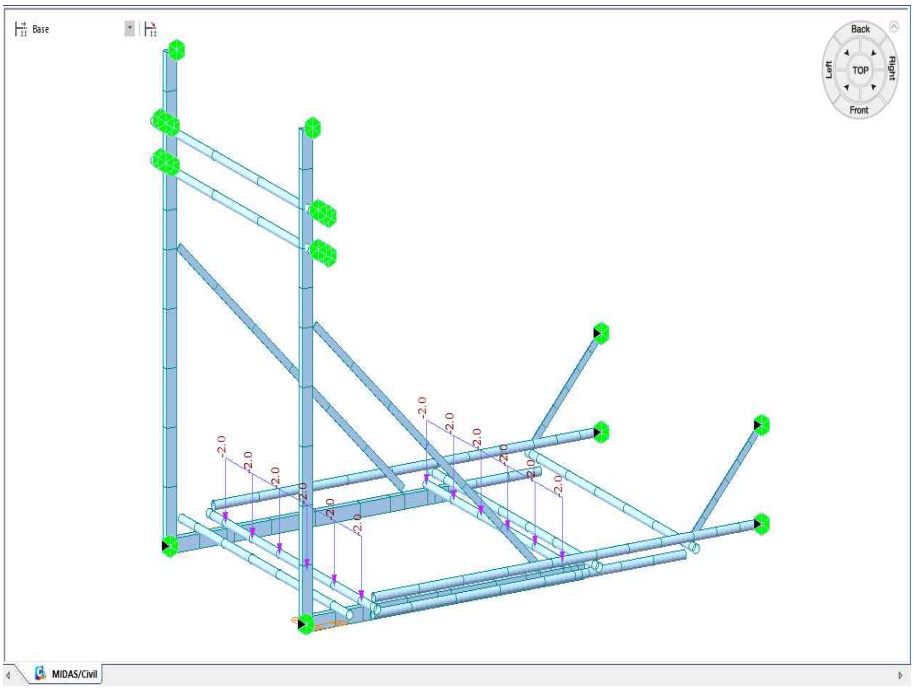
② 중작업하중: 작업하중 또한 작업발판에 작용하게 되므로 작업발판 중량과 동일하게 수평재 길이방향으로 강관비계 양쪽에 거치되는 작업발판의 면적 1.7×1.6m를 고려하여 각 수평재에 2.0kN/m(=2.5kN/m^2×0.8m)의 분포하중으로 적용[그림 39(c)]



(a) 작업발판 중량



(b) 경작업하중



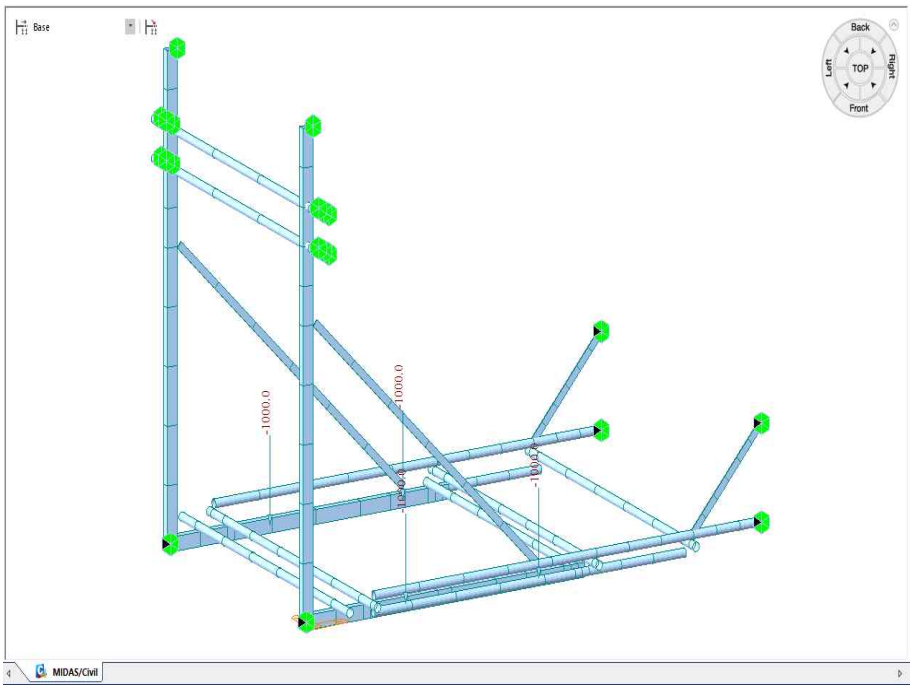
(c) 중작업하중

[그림 39] 비계 및 안전시설물 설계기준에서 규정하는 하중 재하

이와 함께 비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00: 2022)에서 작업하중으로 정의하고 있지는 않지만, 작업대 조립 후 설치하는 상부작업대의 중량도 함께 고려하여야 한다. 따라서, 확장형 승강기 작업대가 승강로에 설치된 후, 승강기 설치작업을 위하여 수평재 4곳에 강관비계를 수직으로 조립하여 설치하는 상부작업대 하중 4kN은 [그림 40]에 보인 바와 같이 상부작업대 설치 조건과 동일하게 수평재 4곳에 각각 1kN씩 집중하중으로 재하하였다.

이상과 같이 비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00: 2022)에서 규정하는 작업발판 중량과 작업하중(경작업 및 중작업), 상부작업대 중량 및

작업대의 자중이 모두 작용하여 최대하중이 작용될 수 있도록 하기 위하여 구조해석에서는 하중조합을 실시하였다.



[그림 40] 상부작업대 하중 재하

방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부고시 제2022-70호)에서 규정하는 시험성능기준인 수직처짐량을 검토하기 위한 하중 9kN과 최대하중 27kN에 대해서는 [그림 36]에 제시한 시험조건과 동일하게 폭 10cm의 가력보에 의한 조건과 실제 작업조건을 고려하여 최대하중이 작업발판에 작용하는 것으로 가정하여 다음과 같이 최대 지지길이(3.2m)의 중앙에 작용하는 집중하중 및 작업발판이 설치되는 수평재에 작용하는 분포하중으로 환산하여

[그림 41]에 보인 바와 같이 재하하였다.

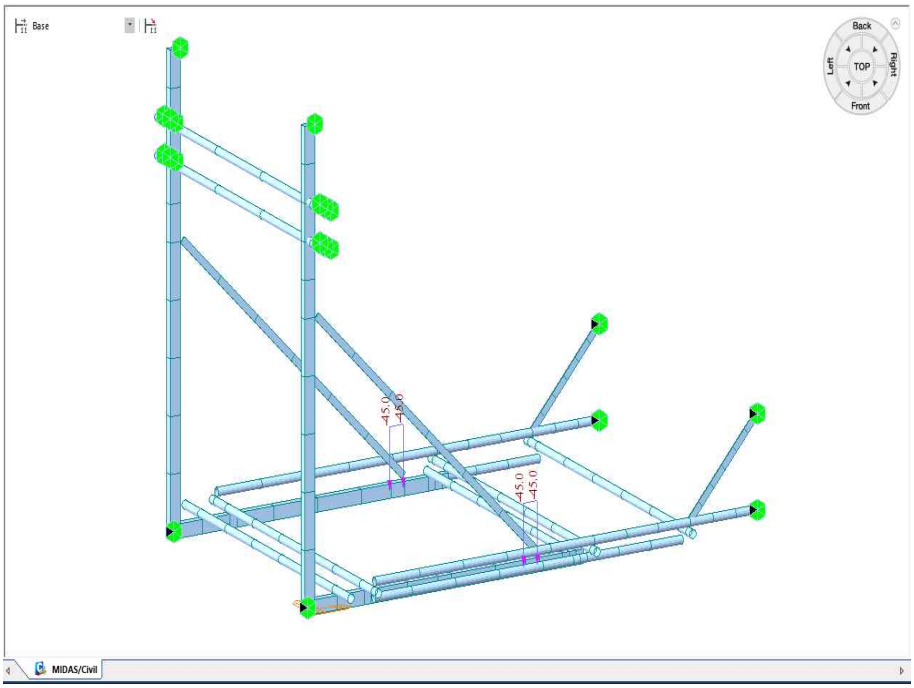
① 집중하중 재하

- 수직처짐 검토: 최대 지지길이 3.2m의 중앙에 가력보의 폭 10cm를 고려하여 각 수평재에 45.0kN/m(=4.5kN÷0.1m)의 분포하중으로 적용 [그림41(a)]

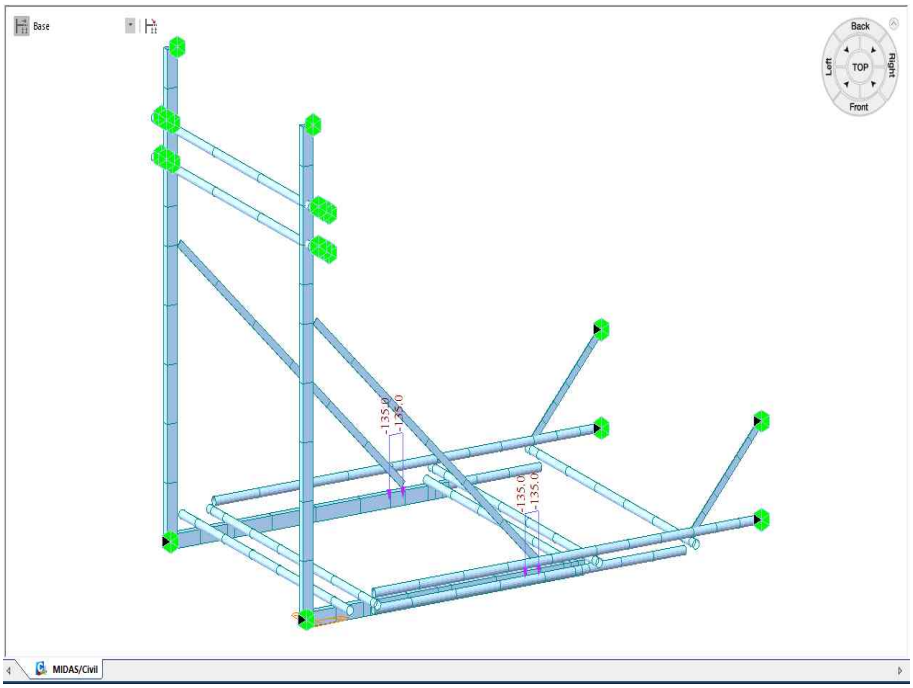
- 최대하중 검토: 최대 지지길이 3.2m의 중앙에 가력보의 폭 10cm를 고려하여 각 수평재에 135.0kN/m(=13.5kN÷0.1m)의 분포하중으로 적용 [그림 41(b)]

② 분포하중 재하

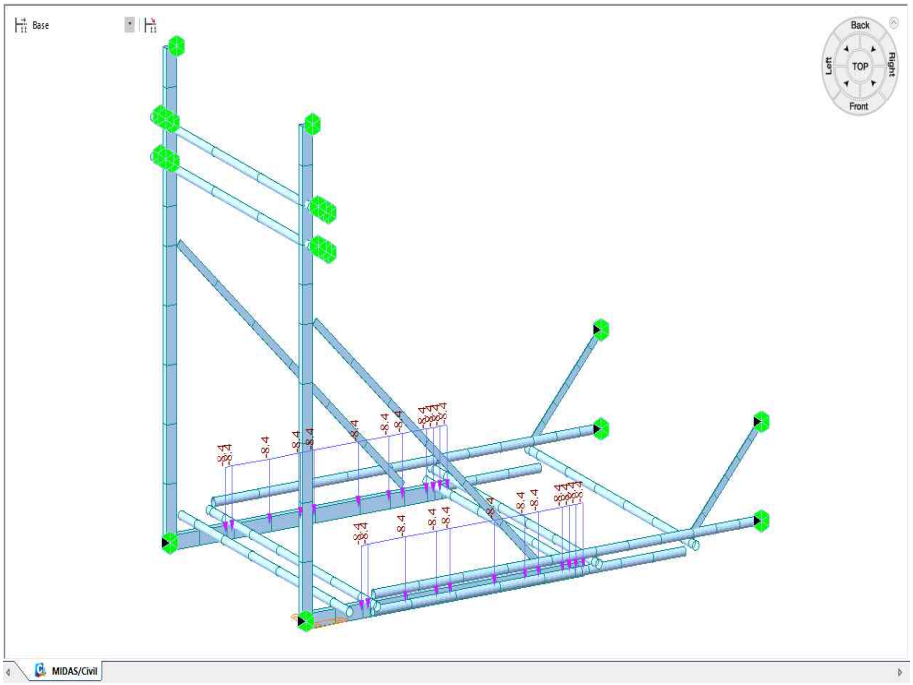
- 작업발판의 면적 1.7×1.6m를 고려하여 각 수평재에 8.44kN/m (=13.5kN÷1.6m)의 분포하중으로 적용[그림 41(c)]



(a) 수직처짐량 검토하중 - 가력보에 의한 집중하중 재하



(b) 최대하중 – 가력보에 의한 집중하중 재하



(c) 최대하중 - 수평재에 작용하는 등분포하중 환산

[그림 41] 방호장치 자율안전기준 고시에서 규정하는 최대하중 재하

확장형 승강기 작업대의 구조해석 결과는 방호장치 자율안전기준 고시 및 비계 및 안전시설물 설계기준에서 규정하는 하중을 적용하였으며 아래와 같다.

① 수직처짐

수직처짐에 대한 허용 기준은 방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부 고시 제2022-70호)에서 규정하는 바닥면 최대 지지길이(mm)의 1/180이다. 구조해석에 적용한 확장형 승강기 작업대는 승강로 최대 깊이 3.2m를 기준으로 하였으므로, 최대 지지길이는 3.2m(3,200mm)이고, 그에 따른 허용 수직

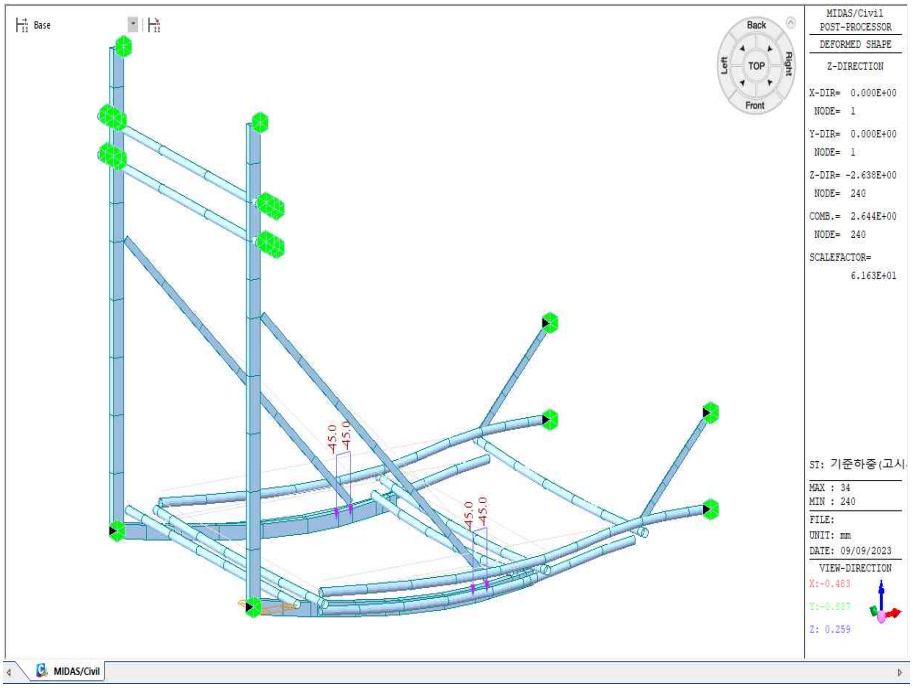
처짐은 17.78mm이다.

수직처짐에 대한 구조해석 결과, [그림 42], [그림 43]과 같으며 방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부 고시 제2022-70호)에서 규정하는 수직처짐량 검토하중 9kN에 대해서 가력보에 의한 집중하중으로 환산하여 작용하였을 때 2.64mm의 수직처짐이 발생하는 것으로 해석되었다. 이 결과는 허용 수직처짐(17.78mm)의 약 14.9%로서 수직처짐에 대한 안전성을 확보하였다고 할 수 있다.

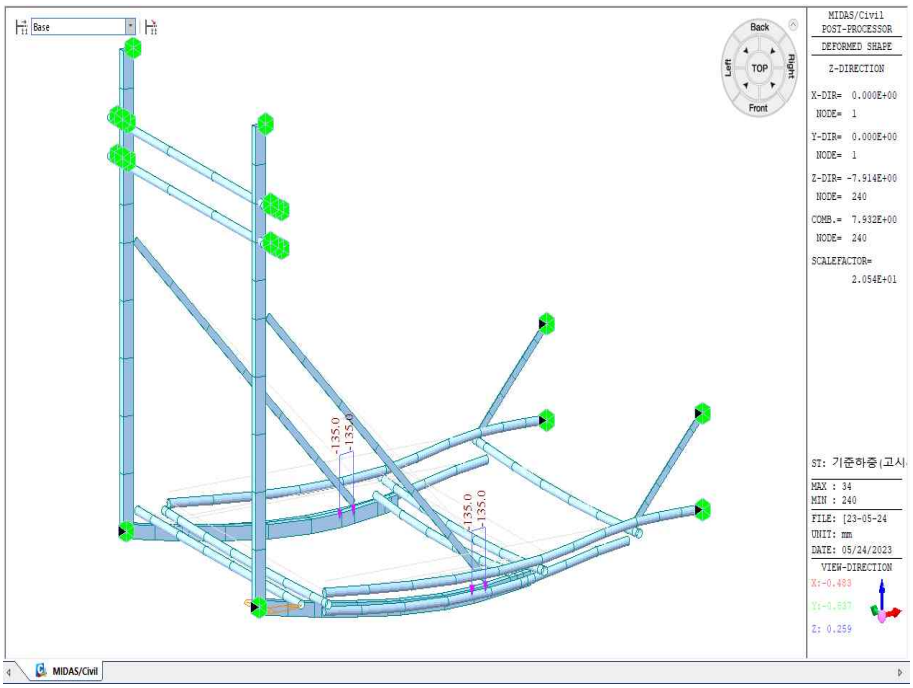
시험성능기준 최대하중 27kN에 대해서 가력보에 의한 집중하중의 경우에는 7.91mm, 작업발판에 의해 전달되는 분포하중으로 환산한 경우에는 8.81mm의 수직처짐이 발생하는 것으로 해석되었다. 따라서, 두가지 하중 재하조건 모두 허용 수직처짐 17.78mm 이내이므로 수직처짐에 대한 안전성을 확보하였다고 할 수 있다. 한편 시스템 비계를 구성하는 주부재인 수평재(L=2,000mm)를 기준으로 하여도 허용 수직처짐 11.11mm 이내로 발생함을 확인하였다.

이와 함께 비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00: 2022)에서 규정하는 경작업하중의 경우에는 3.45mm, 중작업하중의 경우에는 6.74mm, 전용 작업대의 자중과 작업발판 중량 및 상부작업대 중량을 포함한 하중조합 시 발생하는 수직처짐도 허용 수직처짐 이내인 4.70mm와 8.38mm로 해석되었다. 따라서, 하중조합을 포함한 경작업 및 중작업 하중 재하조건 모두 허용 수직처짐 17.78mm 이내이므로 수직처짐에 대한 안전성을 확보하였다고 할 수 있다.

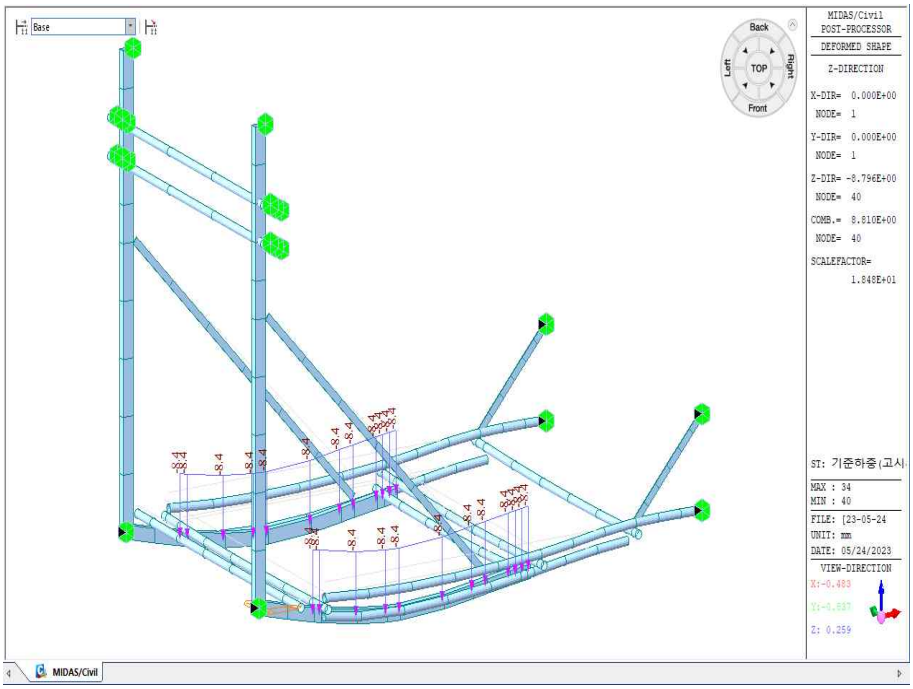
이상과 같은 구조해석에 따른 수직처짐들을 정리하여 〈표 12〉에 정리하였다.



(a) 방호장치 자율안전기준 고시 – 수직처짐량 검토 하중 재하

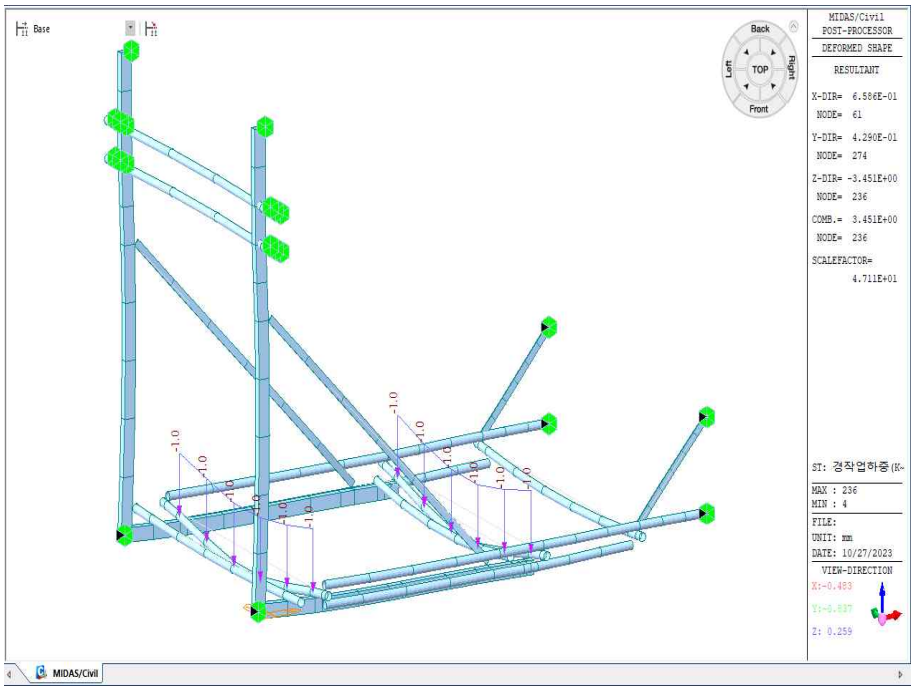


(b) 방호장치 자율안전기준 고시 – 최대하중(집중하중) 재하

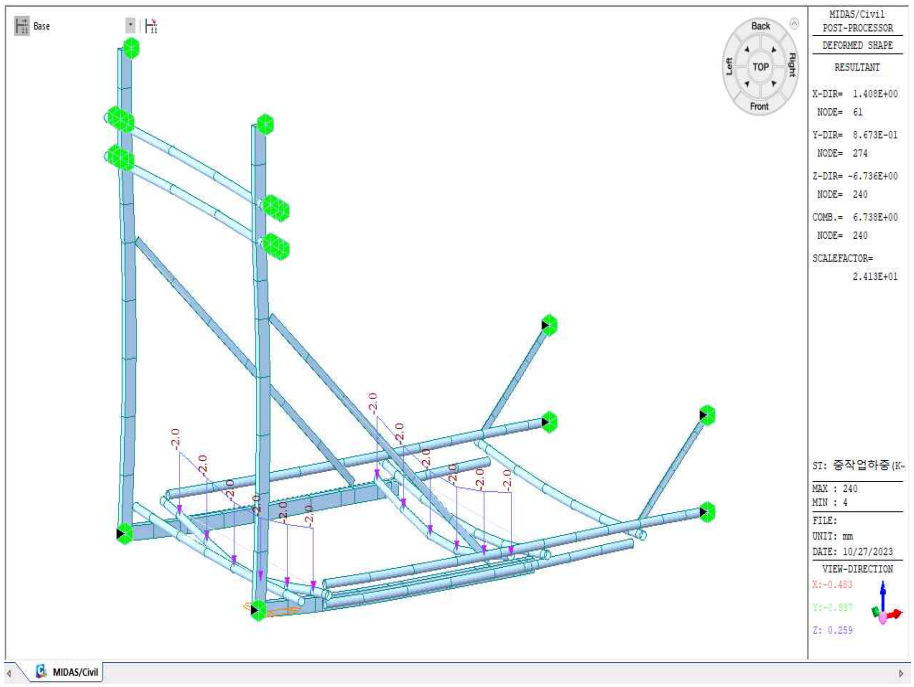


(c) 방호장치 자율안전기준 고시 – 최대하중(분포하중) 재하

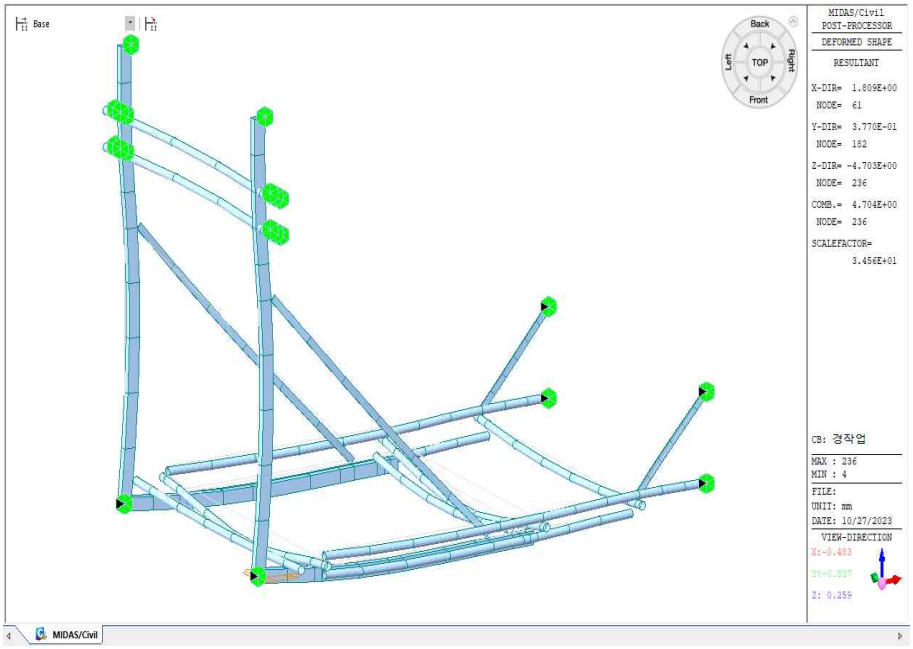
[그림 42] 방호장치 자율안전기준 고시에 의한 수직처짐 해석 결과



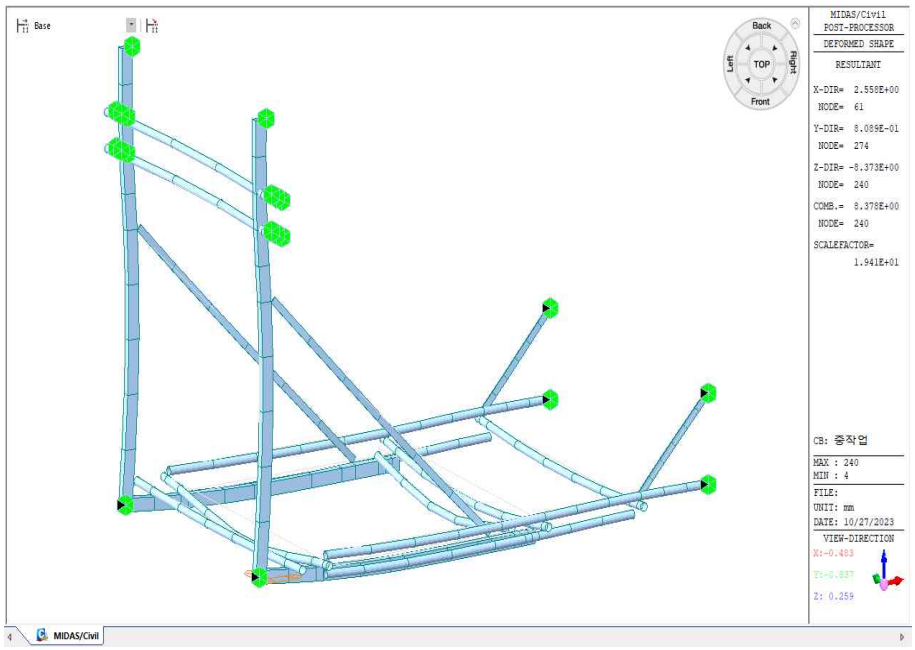
(a) 비계 및 안전시설물 설계기준 – 경작업하중 재하



(b) 비계 및 안전시설물 설계기준 – 중작업하중 재하



(c) 비계 및 안전시설물 설계기준 – 경작업 하중조합



(d) 비계 및 안전시설물 설계기준 – 중작업 하중조합

[그림 43] 비계 및 안전시설물 설계기준에 의한 수직처짐 해석 결과

〈표 12〉 수직처짐 해석 결과(확장형)

구분 / 기준		해석처짐 (mm) (1)	허용처짐 (mm) (2)	(1) / (2)	비고
방호장치 자율안전기준 고시 (고용노동부)	집중하중 재하	2.64	17.78	14.9%	수직처짐량 검토 하중
	집중하중 재하	7.91		44.5%	최대하중
	분포하중 재하	8.81		49.6%	
비계 및 안전시설물 설계기준 (국토교통부)	경작업하중 재하	3.45		19.4%	작업하중
	중작업하중 재하	6.74		37.9%	
	경작업 하중조합	4.70		26.4%	하중조합
	중작업 하중조합	8.38		47.1%	

② 부재별 응력

방호장치 자율안전기준 고시와 비계 및 안전시설물 설계기준에서 규정하는 하중을 재하한 확장형 승강기 작업대의 구조해석에 따른 부재 응력은 각각 [그림 44] 및 [그림 45]와 같다.

구조해석 결과, 방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부고시 제2022-70호)에서 규정하는 시험성능기준 최대하중 27kN에 대해서 가력보에 의한 집중하중의 경우에는 수평재에서 최대 휨응력 130MPa, 수직재에서 최대 휨응력 213MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 164MPa, 경사재에서 최대 축응력 72MPa이 발생하는 것으로 해석되었다. 단, 수직재와 결합되어 상부벽에

지지되는 강관비계에서 198.6MPa의 휨응력 발생하였으나, 이는 수직재 및 상부벽에 지지되어 발생하는 지압응력으로 간주하여 해석결과에서 제외하였다. 또한, 집중하중을 작업발판에 의해 수평재로 전달되는 분포하중으로 환산한 경우에는 수평재에서 최대 휨응력 168MPa, 수직재에서 최대 휨응력 184MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 118MPa, 경사재에서 최대 축응력 53MPa이 발생하는 것으로 해석되었다. 따라서, 두가지 하중 재하조건 모두 수평재와 수직재에서 허용응력 213MPa 이내, 경사재에서 허용응력 129MPa 이내, 강관비계도 허용응력 165MPa 이내이므로 시험성능기준 최대하중에 대한 안전성을 확보하였다고 할 수 있다.

비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00: 2022)에서 규정하는 작업하중을 포함한 전용 작업대의 자중과 작업발판 중량 및 상부작업대 중량의 하중조합을 통하여 모두 고려하는 경우에도 경작업의 경우, 수평재에서 최대 휨응력 56MPa, 수직재에서 최대 휨응력 55MPa, 경사재에서 최대 축응력 20MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 60MPa이 발생하는 것으로 해석되어 모두 허용응력 이내로 구조 안전성을 확보하였다고 할 수 있다. 그리고, 중작업의 경우에도 수평재에서 최대 휨응력 76MPa, 수직재에서 최대 휨응력 76MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 123MPa, 경사재에서 최대 축응력 27MPa이 발생하는 것으로 해석되어 경작업 하중조합과 마찬가지로 모두 허용응력 이내로 구조 안전성을 확보하였다고 할 수 있다.

이상과 같이 관련 기준에서 규정하는 하중을 적용한 구조해석에 따른 부재별 최대 발생 응력을 〈표 13〉에서 〈표 15〉까지 정리하였다.

〈표 13〉 방호장치 자율안전기준 고시의 성능시험기준 하중에 의한 부재별 응력 해석 결과

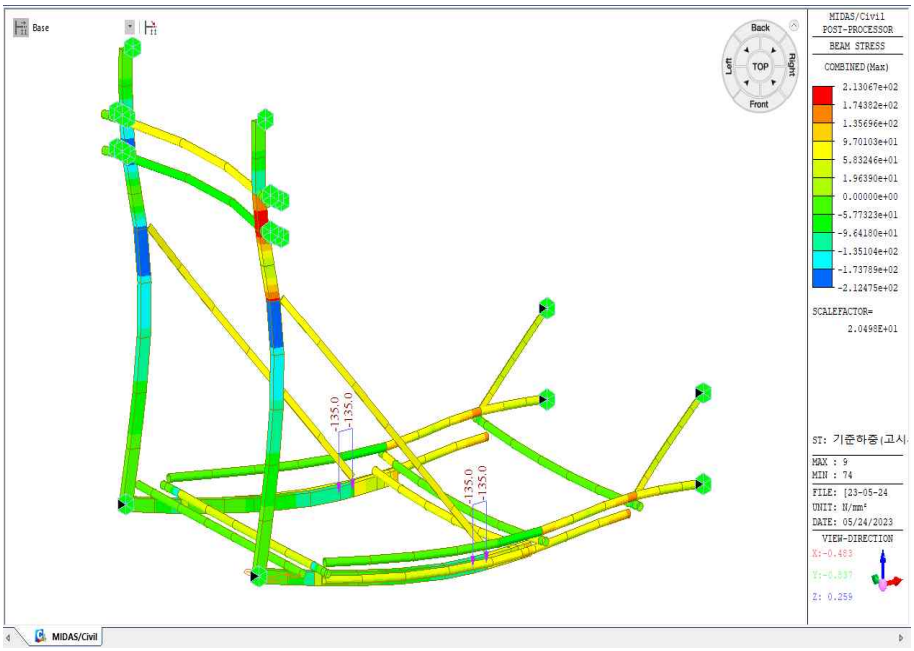
구분 / 부재	(1) 허용응력 (MPa)	방호장치 자율안전기준 고시			
		집중하중 재하		분포하중 재하	
		(2) 발생응력 (MPa)	응력비 (2)/(1)	(2) 발생응력 (MPa))	응력비 (2)/(1)
수직재 (휨응력)	213 (f_y=355)	213.0	100%	183.8	86.3%
수평재 (휨응력)		129.9	61.0%	168.1	78.9%
경사재 (인장응력)	129 (f_y=215)	72.0	55.8%	52.8	40.9%
강관비계 (휨응력)	165 (f_y=275)	164.0	99.4%	117.6	71.3%

〈표 14〉 비계 및 안전시설물 설계기준의 작업하중에 의한 부재별 응력 해석 결과

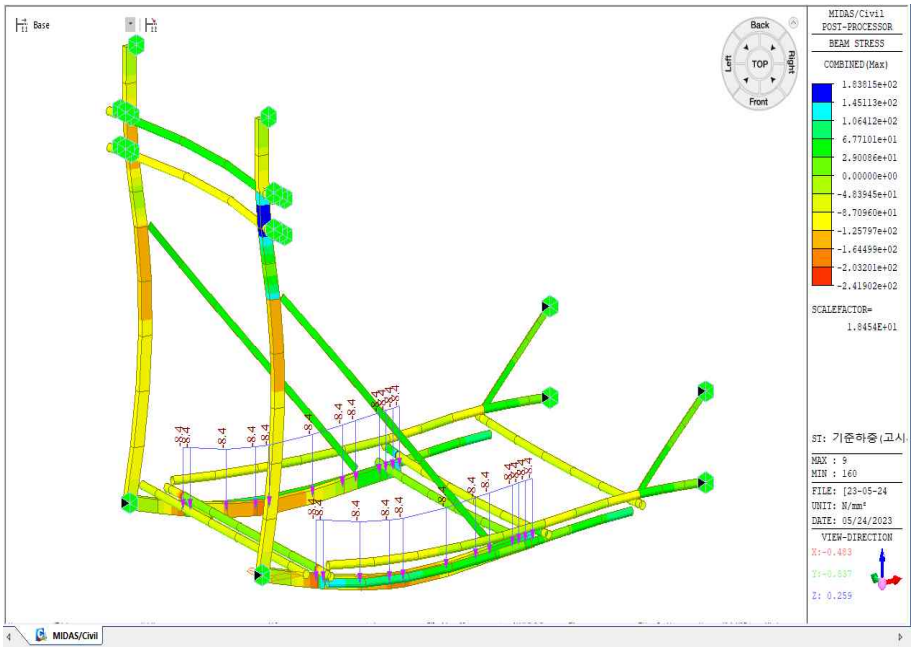
구분 / 부재	(1) 허용응력 (MPa)	비계 및 안전시설물 설계기준			
		경작업		중작업	
		(2) 발생응력 (MPa)	응력비 (2)/(1)	(2) 발생응력 (MPa))	응력비 (2)/(1)
수직재 (휨응력)	213 (f_y=355)	21.2	10.0%	41.9	19.7%
수평재 (휨응력)		30.7	14.4%	57.8	27.1%
경사재 (인장응력)	129 (f_y=215)	8.3	6.4%	16.2	12.6%
강관비계 (휨응력)	165 (f_y=275)	60.3	36.6%	110.7	67.1%

〈표 15〉 비계 및 안전시설물 설계기준의 하중조합에 의한 부재별 응력 해석 결과

구분 / 부재	(1) 허용응력 (MPa)	비계 및 안전시설물 설계기준			
		경작업 하중조합		중작업 하중조합	
		(2) 발생응력 (MPa)	응력비 (2)/(1)	(2) 발생응력 (MPa))	응력비 (2)/(1)
수직재 (휨응력)	213 (f_y=355)	55.7	26.2%	76.4	35.9%
수평재 (휨응력)		54.8	25.7%	76.0	35.7%
경사재 (인장응력)	129 (f_y=215)	19.7	15.3%	26.5	20.5%
강관비계 (휨응력)	165 (f_y=275)	67.7	41.0%	123.1	74.6%

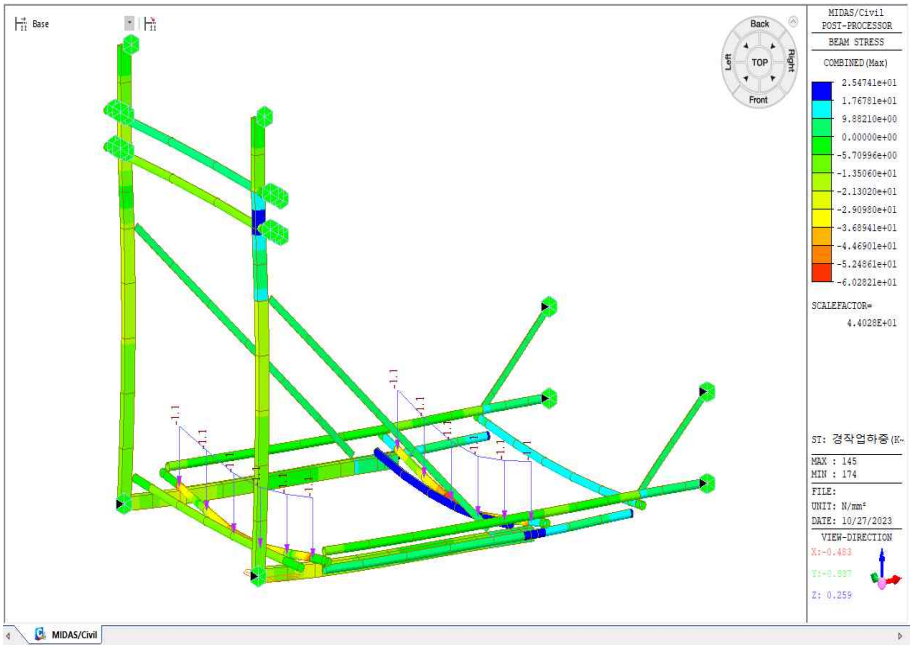


(a) 방호장치 자율안전기준 고시 - 집중하중 재하

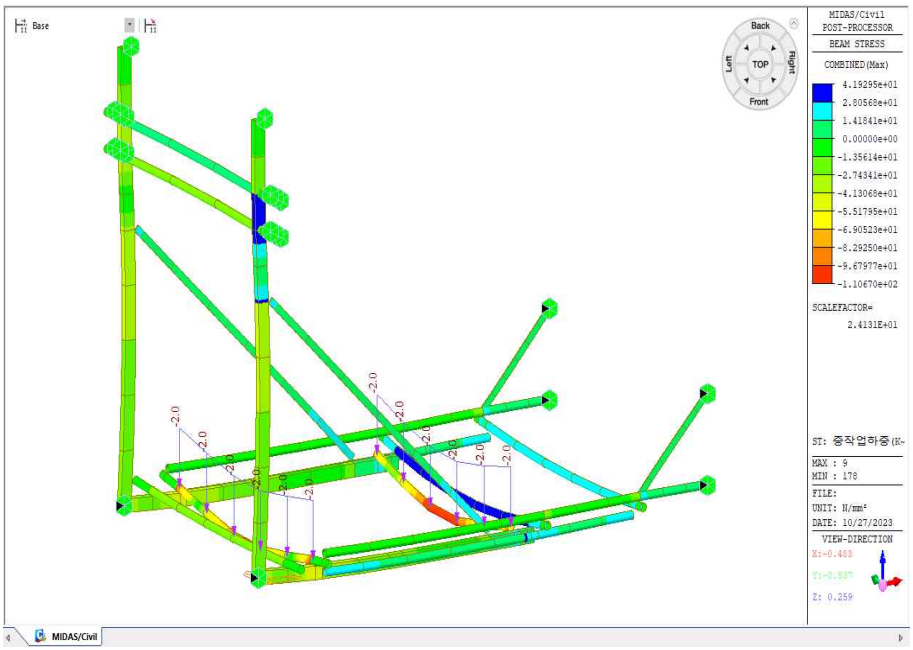


(b) 방호장치 자율안전기준 고시 - 분포하중 재하

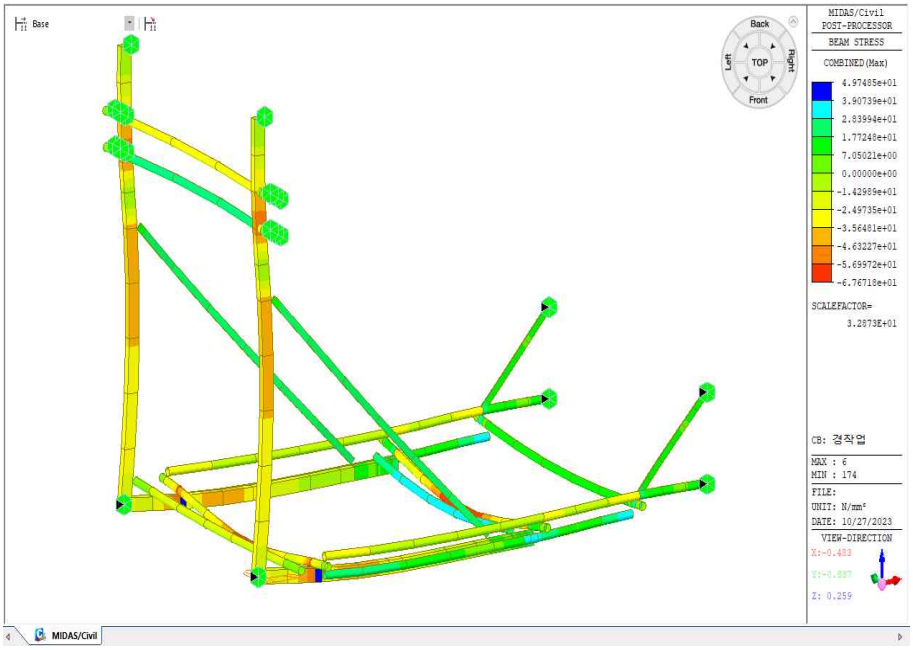
[그림 44] 방호장치 자율안전기준 고시에 의한 부재 응력 해석 결과



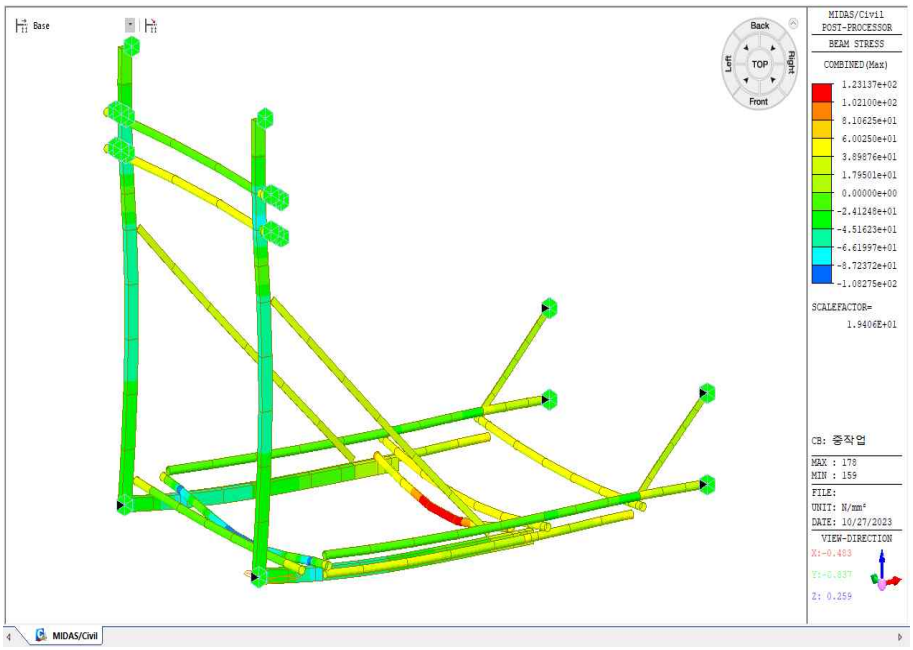
(a) 비계 및 안전시설물 설계기준 – 경작업하중 재하



(b) 비계 및 안전시설물 설계기준 – 중작업하중 재하



(c) 비계 및 안전시설물 설계기준 – 경작업 하중조합

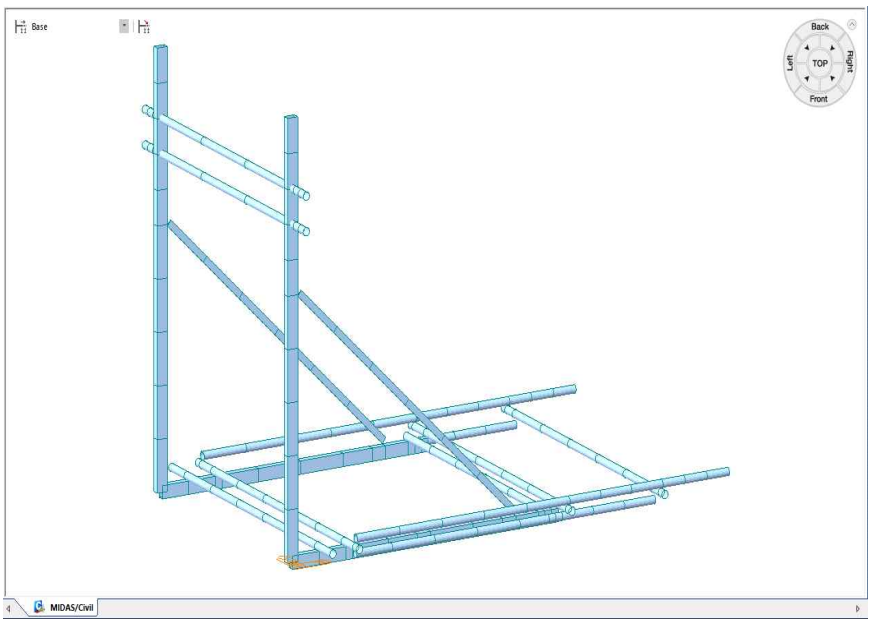


(d) 비계 및 안전시설물 설계기준 – 중작업 하중조합

[그림 45] 비계 및 안전시설물 설계기준에 의한 부재 응력 해석 결과

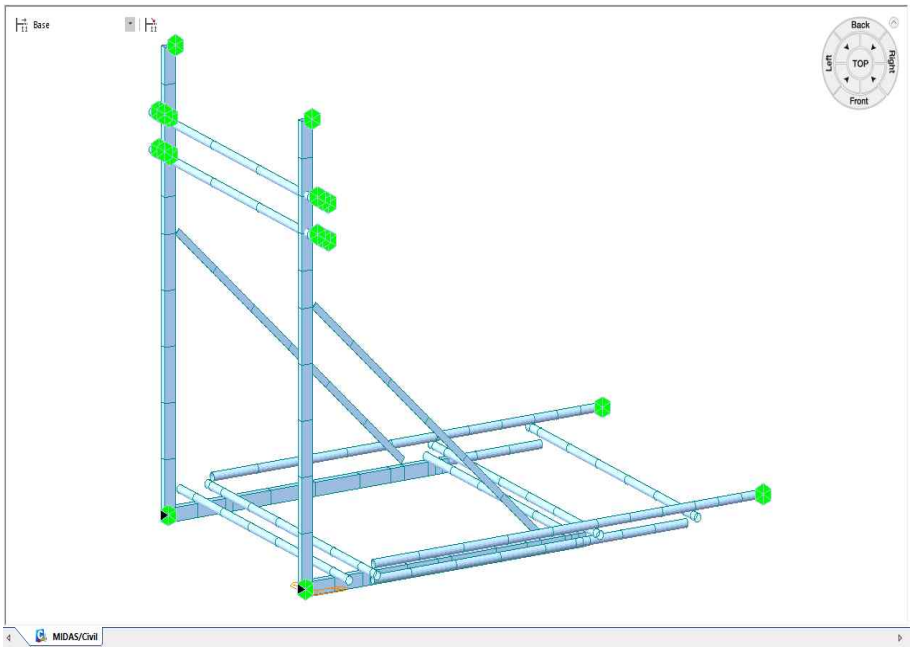
나. 관통형(전망형) 승강기 전용 작업대

일반 철근콘크리트 구조 건축물에 주로 적용되는 확장형 승강기 작업대와 다르게 승강로 입구 맞은편에 벽이음재를 설치할 수 없는 철골 또는 철골콘크리트 구조와 승강로 출입구가 양쪽 모두에 있는 건축물에 적용할 수 있는 관통형(전망형) 승강기 전용 작업대의 구조 안전성 검토를 위한 구조해석 또한 〈표 10〉에 정리한 단면제원 및 재료특성을 이용하였으며, [그림 46]에 보인바와 같이 확장형과는 다르게 맞은편 경사재를 제외한 수직재, 수평재, 경사재 및 강관비계를 모두 프레임 요소로 모델링을 실시하였다. 승강로 깊이 2.5m에서 3.2m까지를 대상으로 하는 확장형 승강기 작업대의 구조 안전성 평가는 수직처짐과 부재 응력이 가장 크게 발생하는 승강로 깊이가 가장 깊은 3.2m를 기준으로 하였으며, 수평재 설치 간격은 승강로 내 레일 및 피아노선 등의 설치조건을 고려하여 1.7m로 하였다.

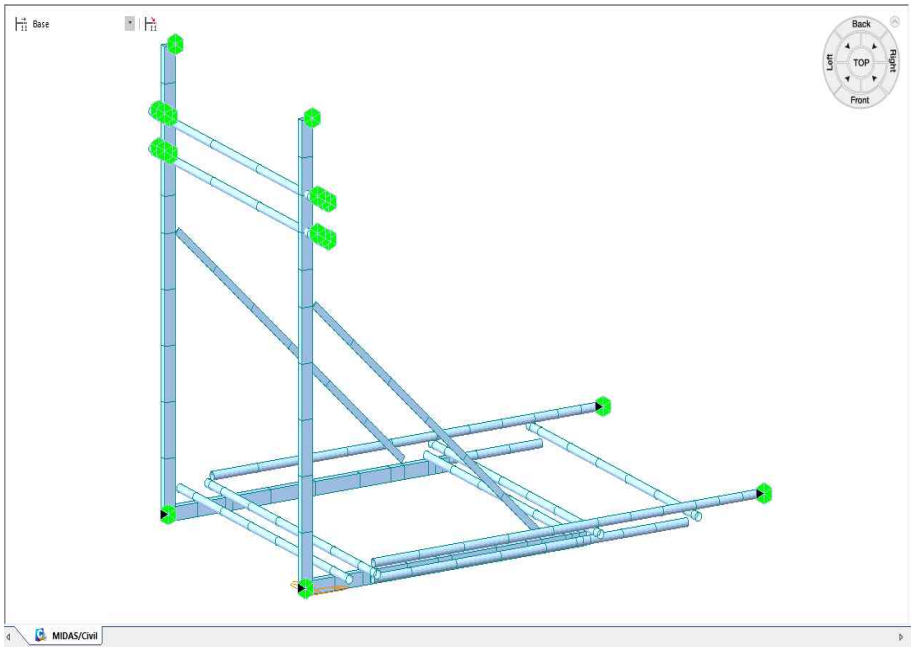


[그림 46] 관통형(전망형) 승강기 전용 작업대 구조해석 모델링

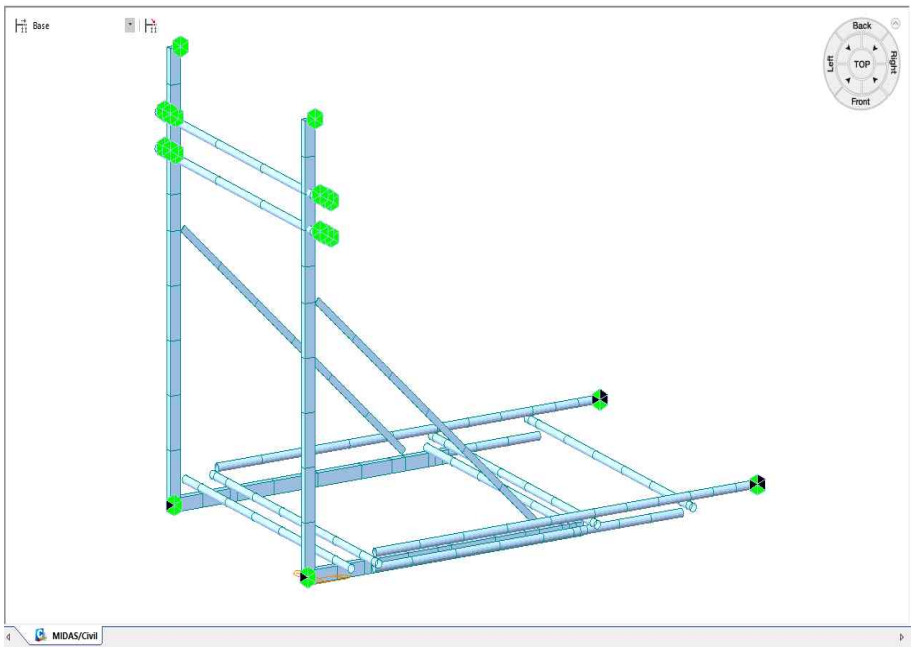
관통형(전망형) 승강기 전용 작업대의 지지점 경계조건은 [그림 47]에 보인바와 같이 실제 설치조건과 동일하게 앵커볼트로 고정되는 수직재 하부는 힌지지점, 승강로 출입구 상부벽에 지지되는 수직재 상부와 강관비계는 이동지점을 적용하였다. 그러나, 확장형 승강기 작업대와 다르게 승강로 맞은편의 벽이음재 설치가 불가한 조건과 철골 또는 철골콘크리트 구조에 설치되는 전망형 승강기 및 출입구가 양쪽 모두 위치하는 관통형 승강기의 설치 조건을 고려하여 수평재 끝단의 지지점 경계조건을 고정단(Fixed End), 힌지(Hinge) 및 롤러(Roller) 지점으로 모두 적용하였다.



(a) 고정단 지점



(b) 힌지 지점



(c) 롤러 지점

[그림 47] 관통형(전망형) 승강기 전용 작업대 구조해석 경계조건

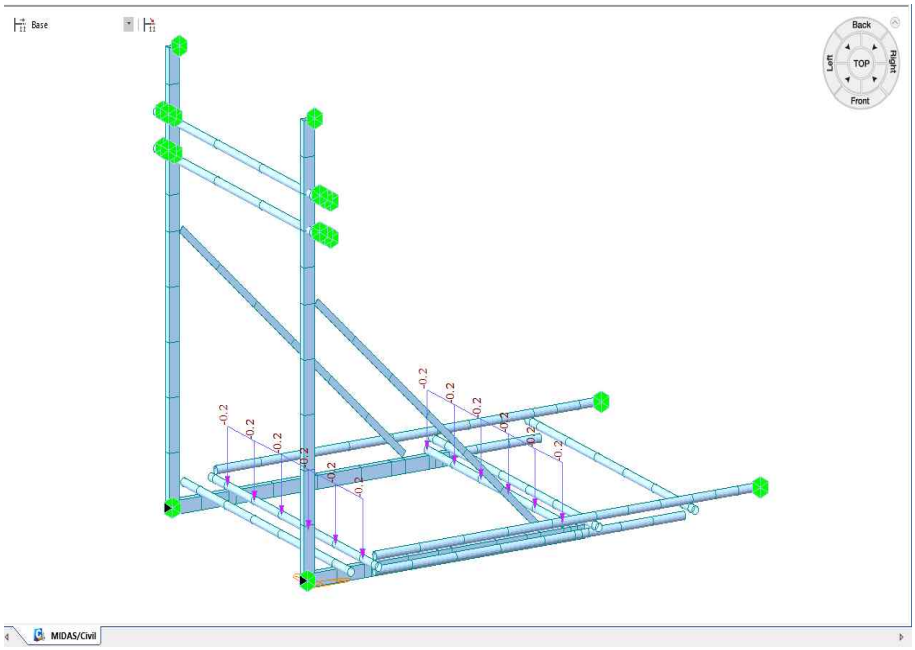
관통형(전망형) 승강기 전용 작업대의 구조해석에 적용한 하중은 확장형과 동일하게 〈표 11〉에 정리한 관련 기준에서 규정하고 있는 작업하중 또는 시험성능기준 하중을 대상으로 하였다.

비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00: 2022)에서 규정하는 하중에 대해서 작업발판의 설치 조건과 동일하도록 다음과 같이 강관비계에 작용하는 분포하중으로 환산하여 [그림 48]에 보인 바와 같이 재하하였다. 한편, 승강로 입구 맞은편의 지지점 경계조건과는 상관없이 하중은 동일하게 재하되므로, 고정단 지점에 대해서만 [그림 47]에 제시하였다.

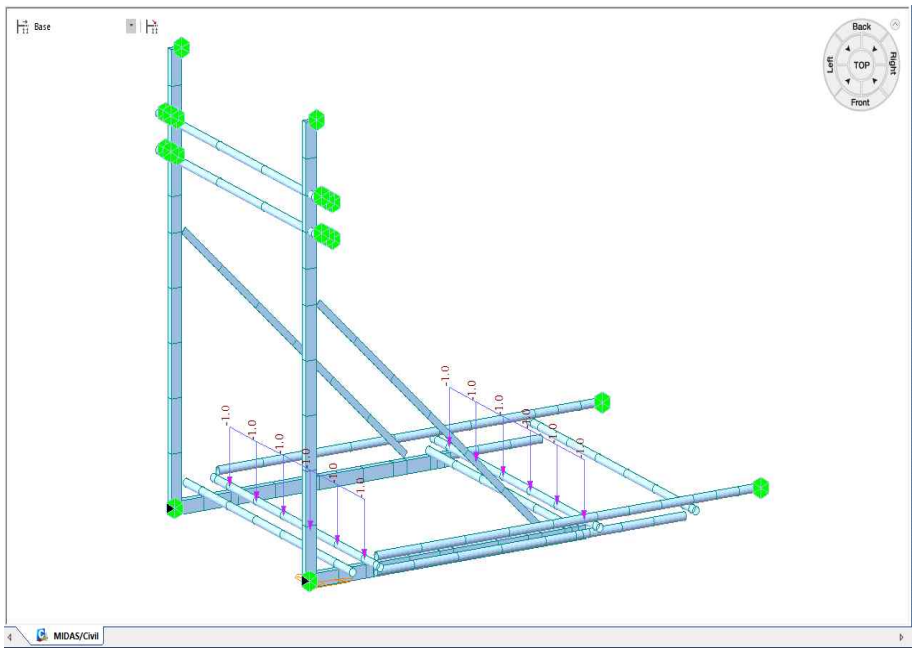
① 작업발판 중량: 수평재 길이방향으로 강관비계 양쪽에 거치되는 작업발판의 면적 1.7×1.6m를 고려하여 각 강관비계에 0.16kN/m(=0.2kN/m2×0.8m)의 분포하중으로 적용[그림 48(a)]

② 경작업하중: 작업하중 또한 작업발판에 작용하게 되므로 작업발판 중량과 동일하게 수평재 길이방향으로 강관비계 양쪽에 거치되는 작업발판의 면적 1.7×1.6m를 고려하여 각 수평재에 1.0kN/m(=1.25kN/m2×0.8m)의 분포하중으로 적용[그림 48(b)]

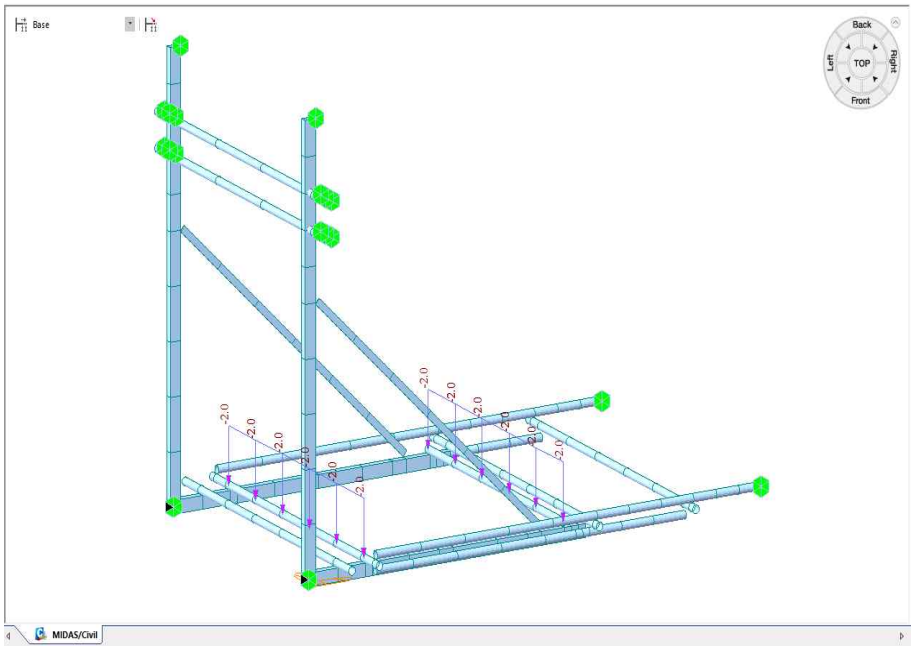
② 중작업하중: 작업하중 또한 작업발판에 작용하게 되므로 작업발판 중량과 동일하게 수평재 길이방향으로 강관비계 양쪽에 거치되는 작업발판의 면적 1.7×1.6m를 고려하여 각 수평재에 2.0kN/m(=2.5kN/m2×0.8m) 분포하중으로 적용[그림 48(c)]



(a) 작업발판 중량



(b) 경작업하중



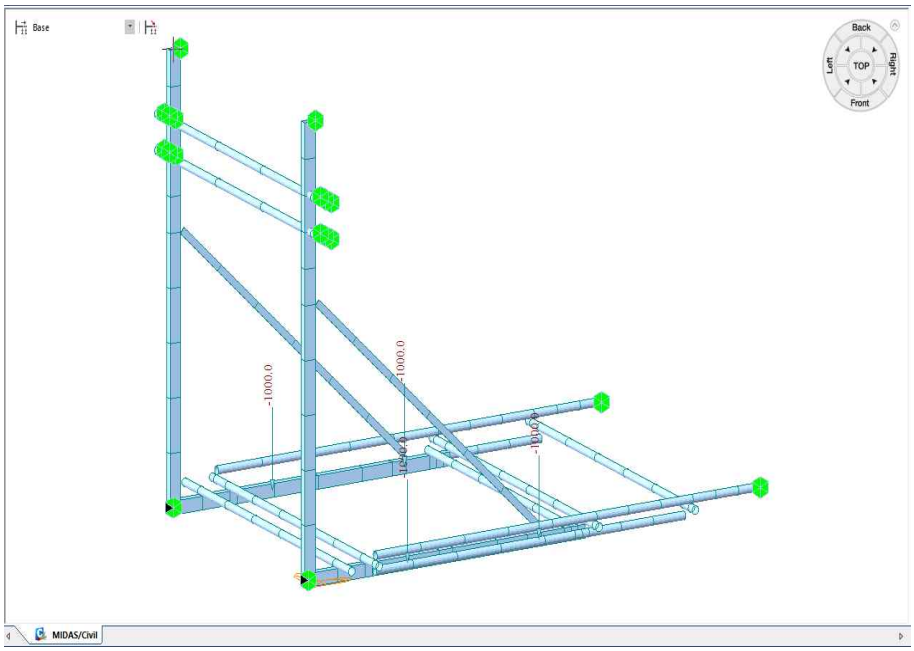
(c) 중작업하중

[그림 48] 비계 및 안전시설물 설계기준에서 규정하는 하중 재하

이와 함께 비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00: 2022)에서 작업하중으로 정의하고 있지는 않지만, 작업대 조립 후 설치하는 상부작업대의 중량도 함께 고려하여야 한다. 따라서, 확장형 승강기 작업대가 승강로에 설치된 후, 승강기 설치작업을 위하여 수평재 4곳에 강관비계를 수직으로 조립하여 설치하는 상부작업대 하중 4kN은 [그림 49]에 보인 바와 같이 상부작업대 설치 조건과 동일하게 수평재 4곳에 각각 1kN씩 집중하중으로 재하하였다.

이상과 같이 비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00: 2022)에서

규정하는 작업발판 중량과 작업하중(경작업 및 중작업), 상부작업대 중량 및 작업대의 자중이 모두 작용하여 최대하중이 작용될 수 있도록 하기 위하여 구조해석에서는 하중조합을 실시하였다.



[그림 49] 상부작업대 하중 재하

방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부고시 제2022-70호)에서 규정하는 시험성능기준인 수직처짐량을 검토하기 위한 하중 9kN과 최대하중 27kN에 대해서는 [그림 36]에 제시한 시험조건과 동일하게 폭 10cm의 가력보에 의한 조건과 실제 작업조건을 고려하여 최대하중이 작업발판에 작용하는 것으로 가정하여 다음과 같이 최대 지지길이(3.2m)의 중앙에 작용하는 집중하중 및 작업발판이 설치되는 수평재에 작용하는 분포하중으로 환산하여 [그림 50]에 보인 바와 같이 재하하였다.

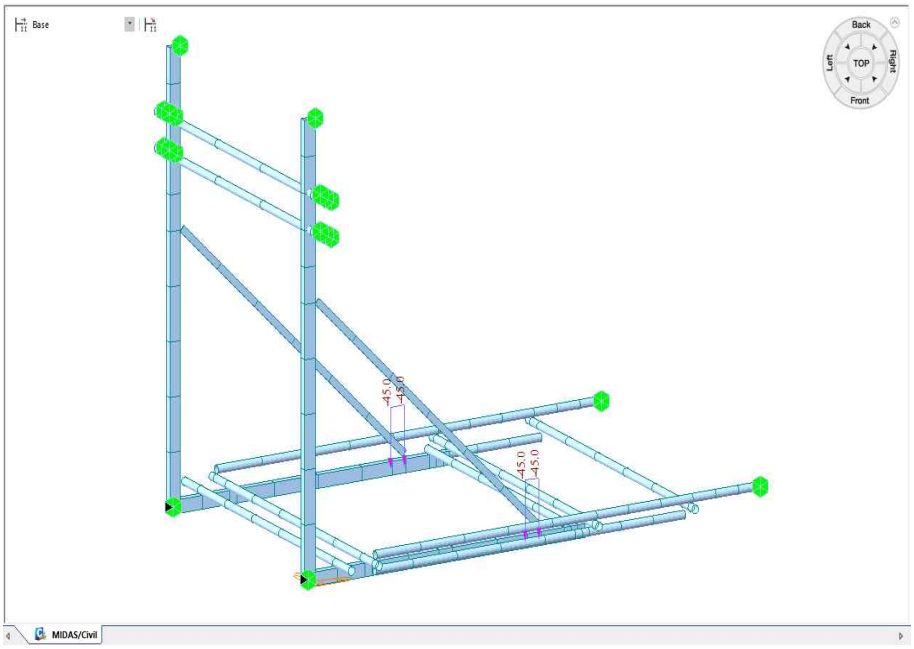
① 집중하중 재하

- 수직처짐 검토: 최대 지지길이 3.2m의 중앙에 가력보의 폭 10cm를 고려하여 각 수평재에 45.0kN/m(=4.5kN÷0.1m)의 분포하중으로 적용 [그림 50(a)]

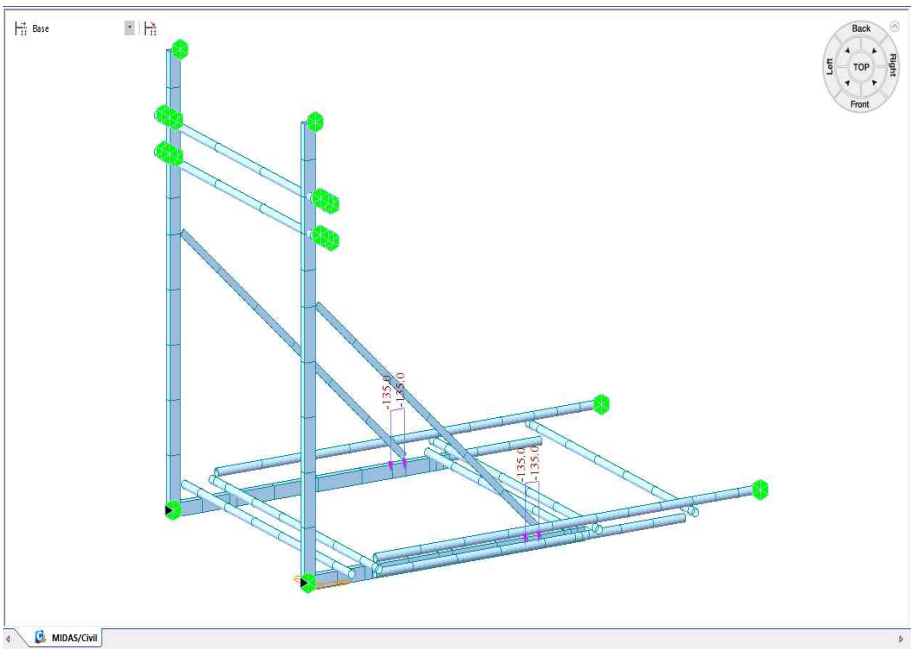
- 최대하중 검토: 최대 지지길이 3.2m의 중앙에 가력보의 폭 10cm를 고려하여 각 수평재에 135.0kN/m(=13.5kN÷0.1m)의 분포하중으로 적용 [그림 50(b)]

② 분포하중 재하

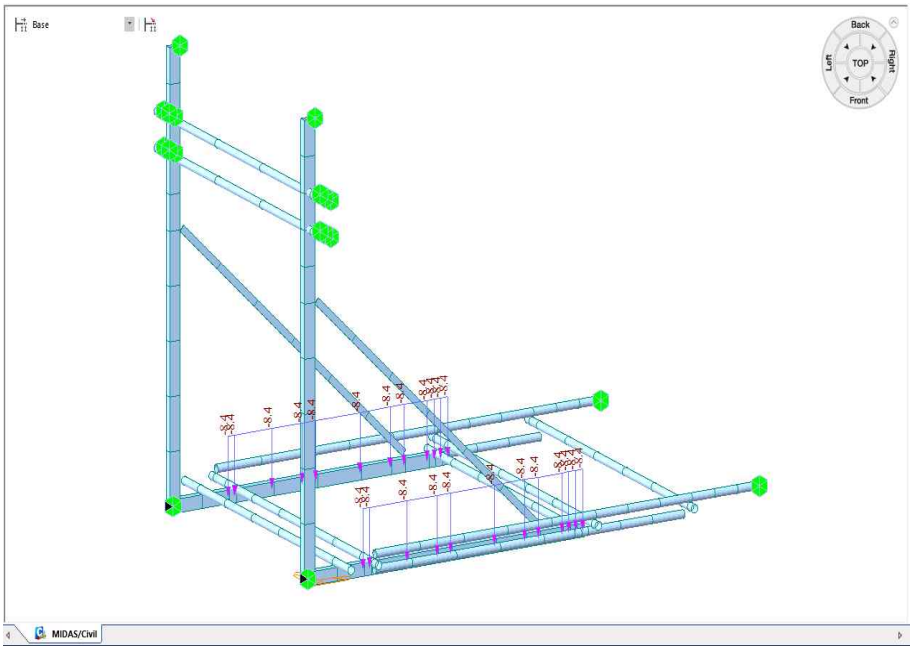
- 작업발판의 면적 1.7×1.6m를 고려하여 각 수평재에 8.44 kN/m(=13.5kN÷1.6m)의 분포하중으로 적용[그림 50(c)]



(a) 수직처짐량 검토하중 - 가력보에 의한 집중하중 재하



(b) 최대하중 – 가력보에 의한 집중하중 재하



(c) 최대하중 - 수평재에 작용하는 등분포하중 환산

[그림 50] 방호장치 자율안전기준 고시에서 규정하는 최대하중 재하

관통형(전망형) 승강기 전용 작업대의 구조해석 결과는 방호장치 자율안전기준 고시 및 비계 및 안전시설물 설계기준에서 규정하는 하중을 적용하였으며 아래와 같다.

① 수직처짐

수직처짐의 결과는 지지점 경계조건에 따라 각각 [그림 51]에서 [그림 56]과 같으며, 허용 기준은 방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부고시 제2022-70호)에서 규정하는 바닥면 최대 지지길이(mm)의 1/180이다. 구조해석에 적용한 확장형 승강기 작업대는 승강로 최대 깊이 3.2m를 기준으로 하였으므로, 최대

지지길이는 동일하게 3.2m(3,200mm)이고, 그에 따른 허용 수직처짐은 17.78mm이다.

수직처짐에 대한 구조해석 결과, 방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부 고시 제2022-70호)에서 규정하는 수직처짐량 검토하중 9kN에 대해서 가력보에 의한 집중하중으로 환산하여 작용하였을 때 2.64mm의 수직처짐이 발생하는 것으로 해석되었다. 이 결과는 허용 수직처짐(17.78mm)의 약 14.9%로서 수직처짐에 대한 안전성을 확보하였다고 할 수 있다.

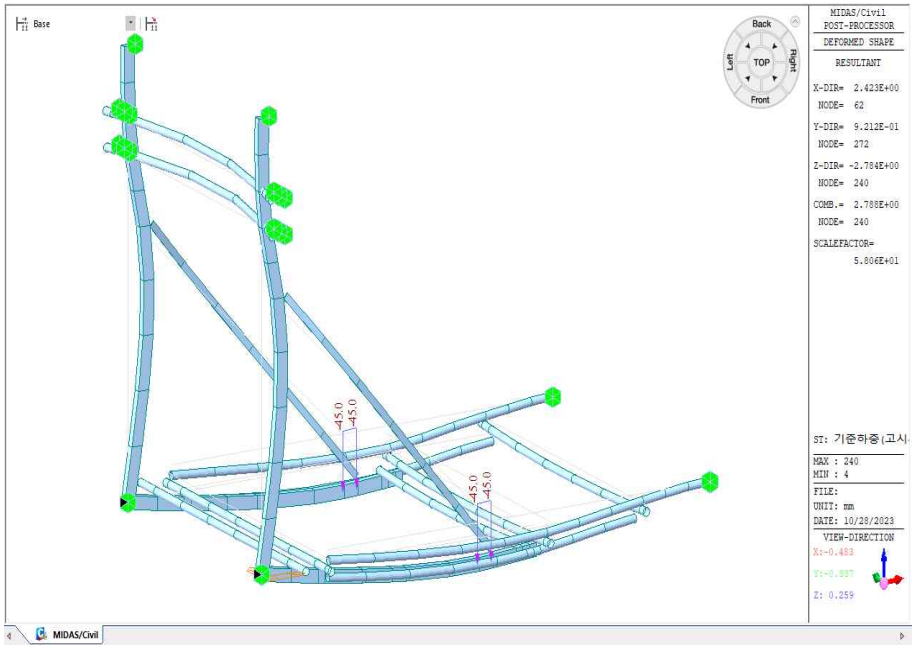
시험성능기준 최대하중 27kN에 대해서 가력보에 의한 집중하중의 경우에는 7.91mm, 작업발판에 의해 전달되는 분포하중으로 환산한 경우에는 8.81mm의 수직처짐이 발생하는 것으로 해석되었다. 따라서, 두가지 하중 재하조건 모두 허용 수직처짐 17.78mm 이내이므로 수직처짐에 대한 안전성을 확보하였다고 할 수 있다. 한편 시스템 비계를 구성하는 주부재인 수평재(L=2,000mm)를 기준으로 하여도 허용 수직처짐 11.11mm 이내로 발생함을 확인하였다.

이와 함께 비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00: 2022)에서 규정하는 경작업하중의 경우에는 3.45mm, 중작업하중의 경우에는 6.74mm, 전용 작업대의 자중과 작업발판 중량 및 상부작업대 중량을 포함한 하중조합 시 발생하는 수직처짐도 허용 수직처짐 이내인 4.70mm와 8.38mm로 해석되었다. 따라서, 하중조합을 포함한 경작업 및 중작업 하중 재하조건 모두 허용 수직처짐 17.78mm 이내이므로 수직처짐에 대한 안전성을 확보하였다고 할 수 있다.

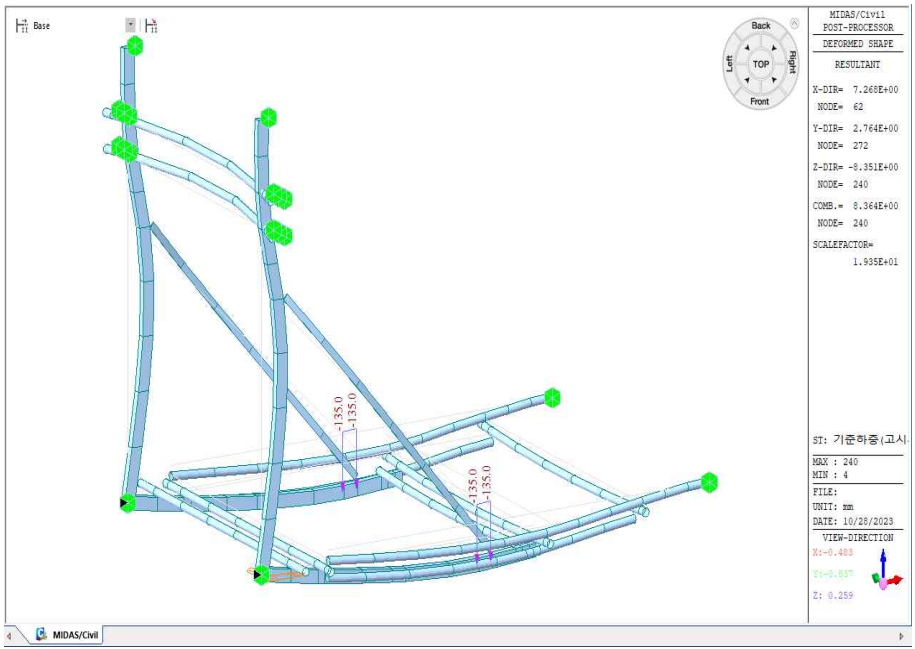
이상과 같은 구조해석에 따른 수직처짐들을 정리하여 〈표 16〉에 정리하였다.

〈표 16〉 수직처짐 해석 결과[관통형(전망형)]

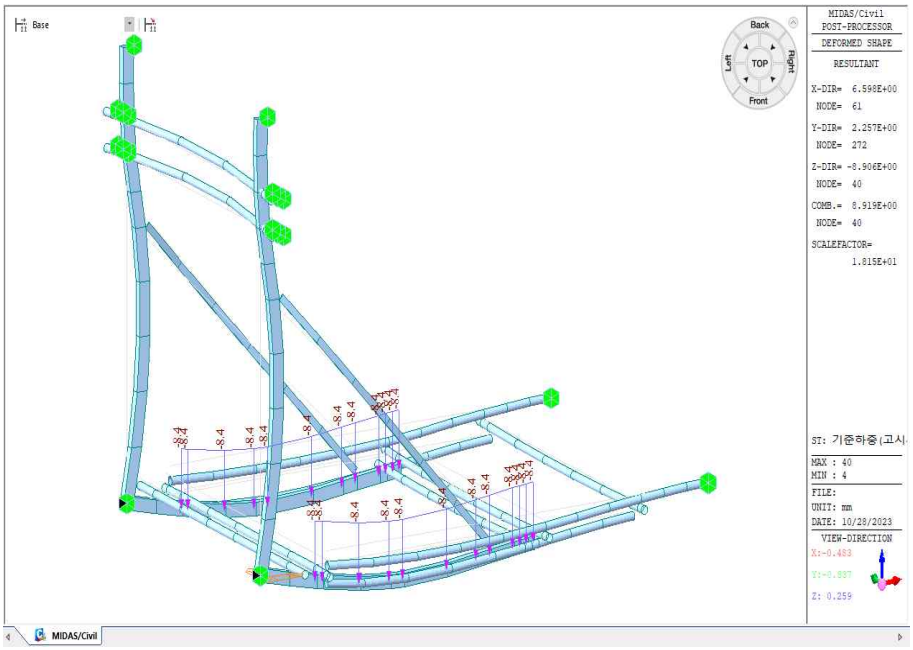
기준 \ 구분		해석처짐 (mm) 고정 (1)	힌지 (2)	롤러 (3)	허용 처짐 (mm) (4)	(1) / (4)	(2) / (4)	(3) / (4)	비고
방호장치 자율안전 기준 고시 (고용노동부)	집중하중 재하	2.78	2.94	2.98	17.78	14.9 %	16.5 %	16.8 %	수직 처짐량 하중
	집중하중 재하	8.35	8.83	8.95		44.5 %	49.7 %	50.3 %	최대 하중
	분포하중 재하	8.92	8.99	9.02		49.6 %	50.6 %	50.7 %	
비계 및 안전시설물 설계기준 (국토교통부)	경작업 하중재하	1.13	3.58	3.61		19.4 %	20.1 %	20.3 %	작업 하중
	중작업 하중재하	6.79	6.86	6.90		37.9 %	38.6 %	38.8 %	
	경작업 하중조합	2.61	5.02	5.08		26.4 %	28.2 %	28.6 %	하중 조합
	중작업 하중조합	8.49	8.63	8.68		47.1 %	48.5 %	48.8 %	



(a) 수직처짐량 검토 하중 재하

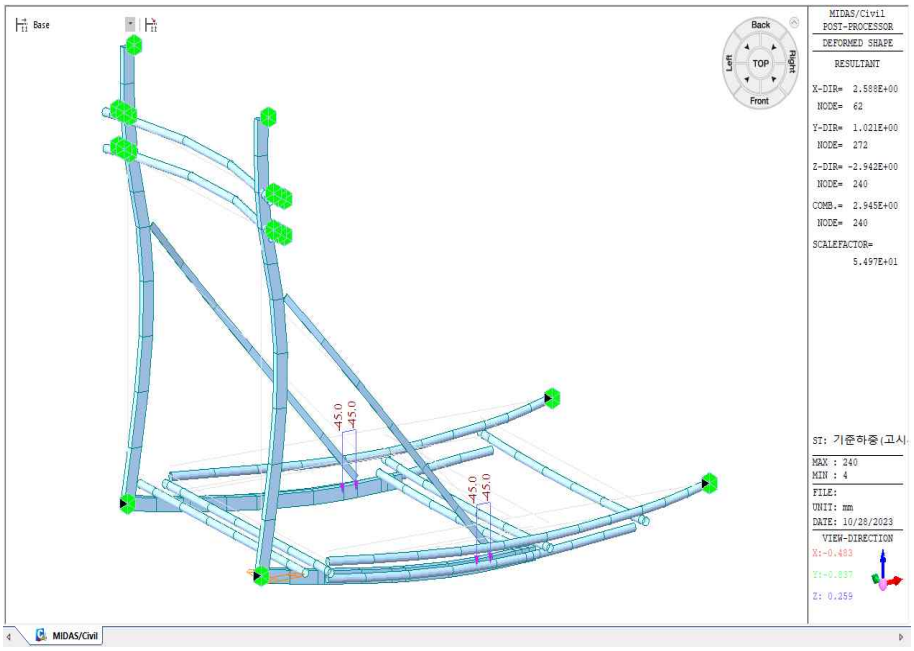


(b) 최대하중(집중하중) 재하

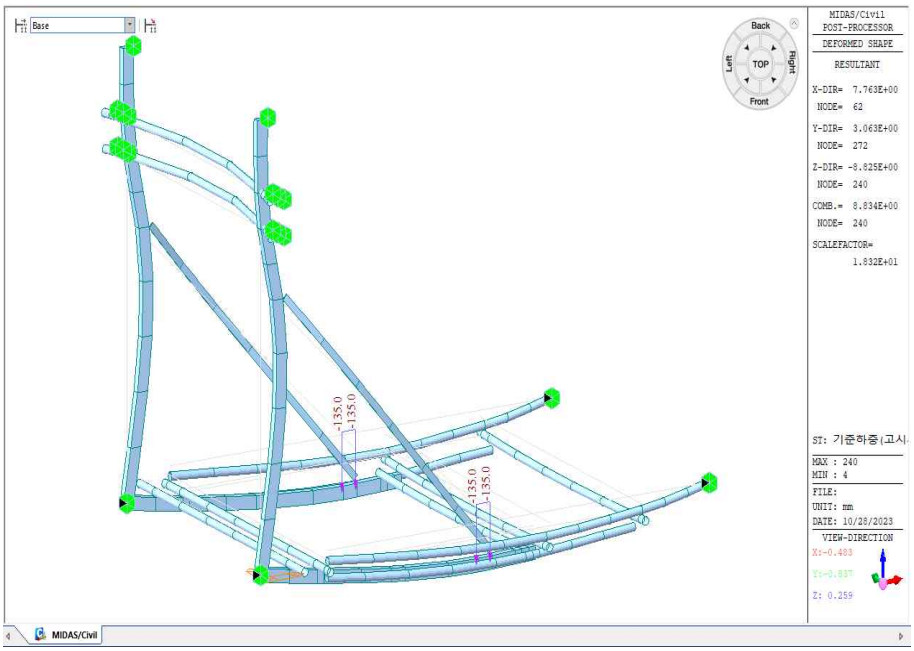


(c) 최대하중(분포하중) 재하

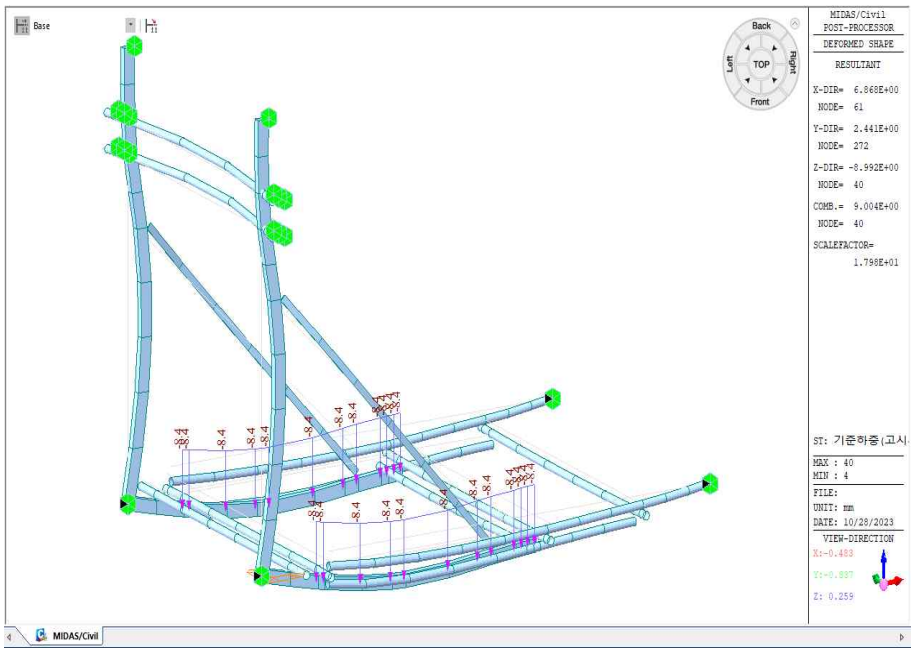
[그림 51] 고정단 조건에 따른 방호장치 자율안전기준 고시에 의한 수직처짐 해석



(a) 수직처짐량 검토 하중 재하

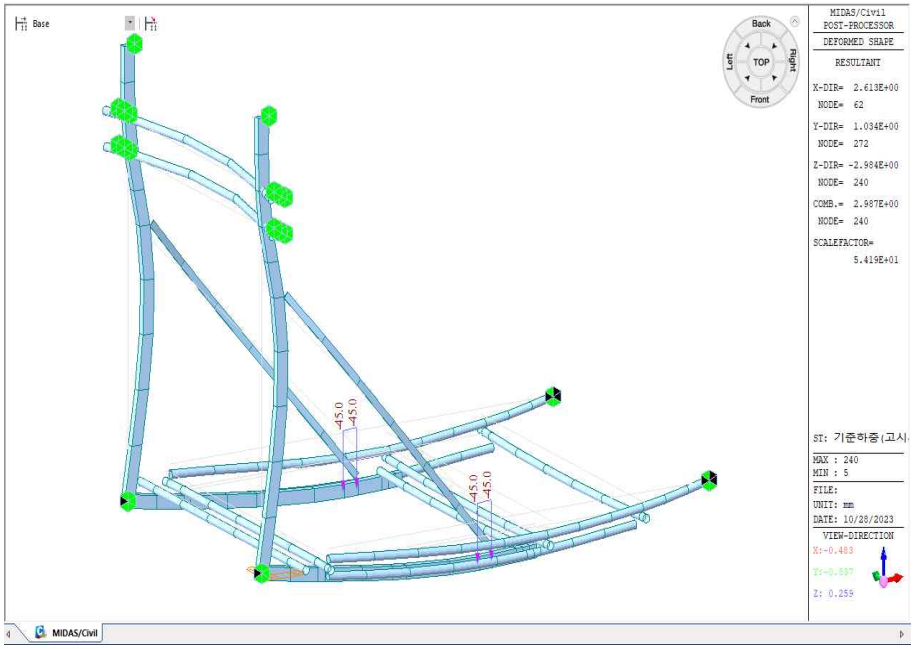


(b) 최대하중(집중하중) 재하

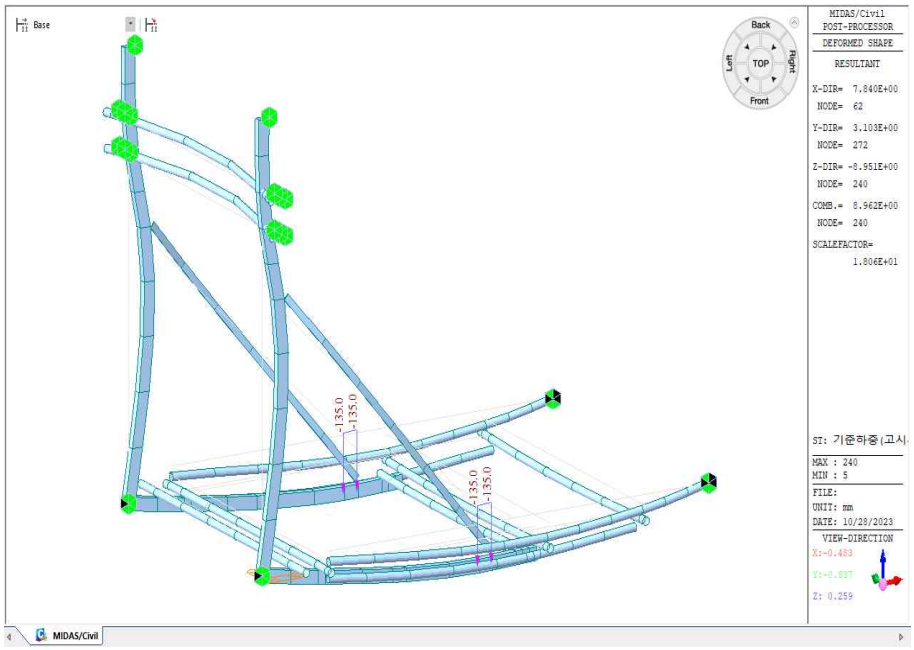


(c) 최대하중(분포하중) 재하

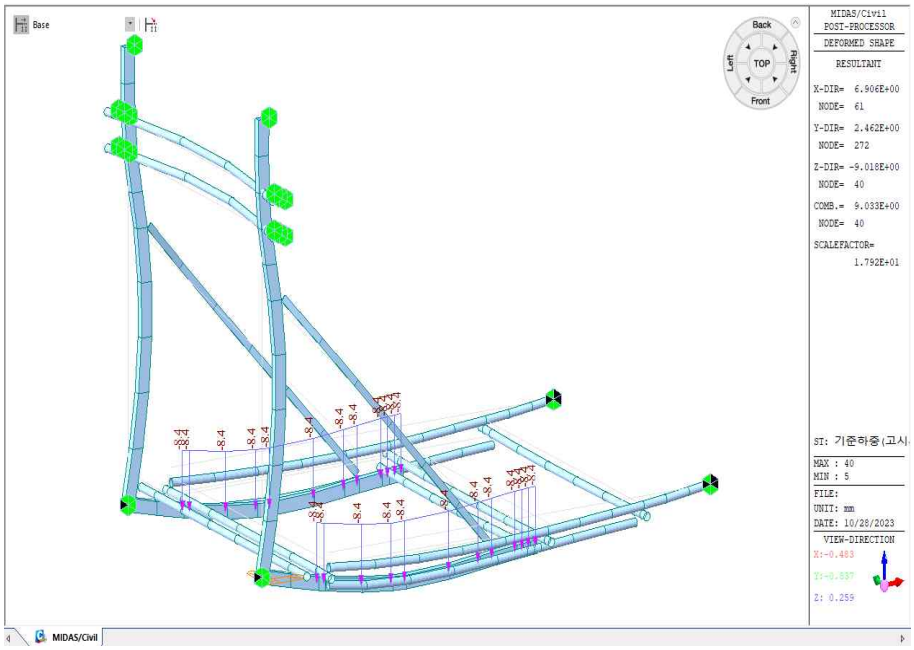
[그림 52] 힌지 조건에 따른 방호장치 자율안전기준 고시에 의한 수직처짐 해석 결과



(a) 수직처짐량 검토 하중 재하

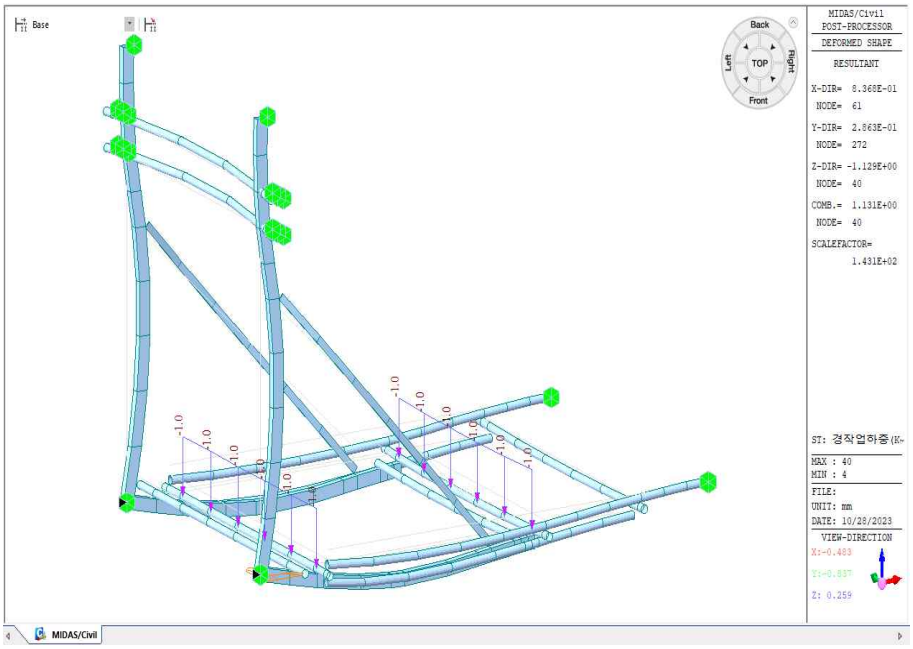


(b) 최대하중(집중하중) 재하

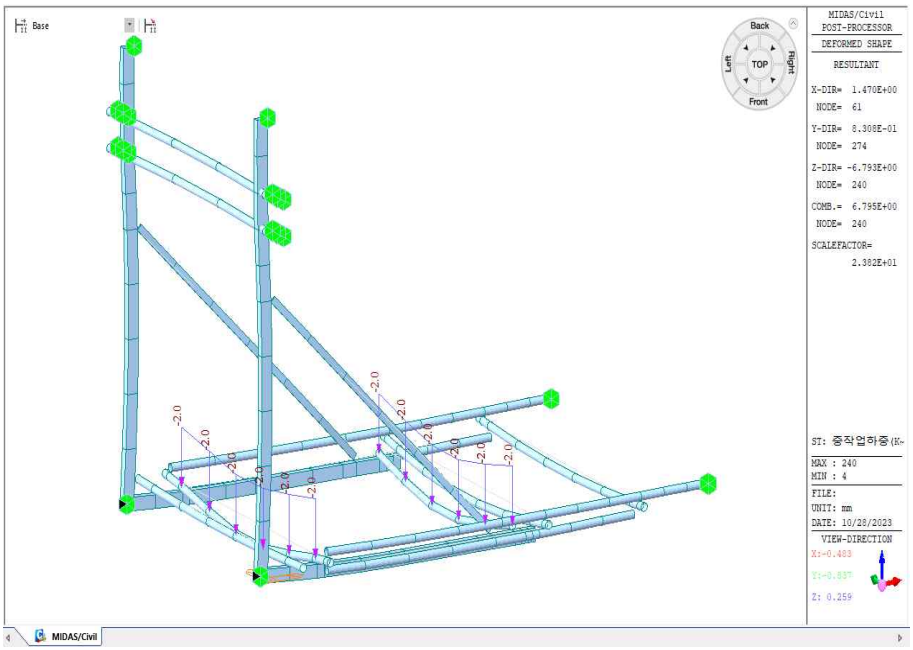


(c) 최대하중(분포하중) 재하

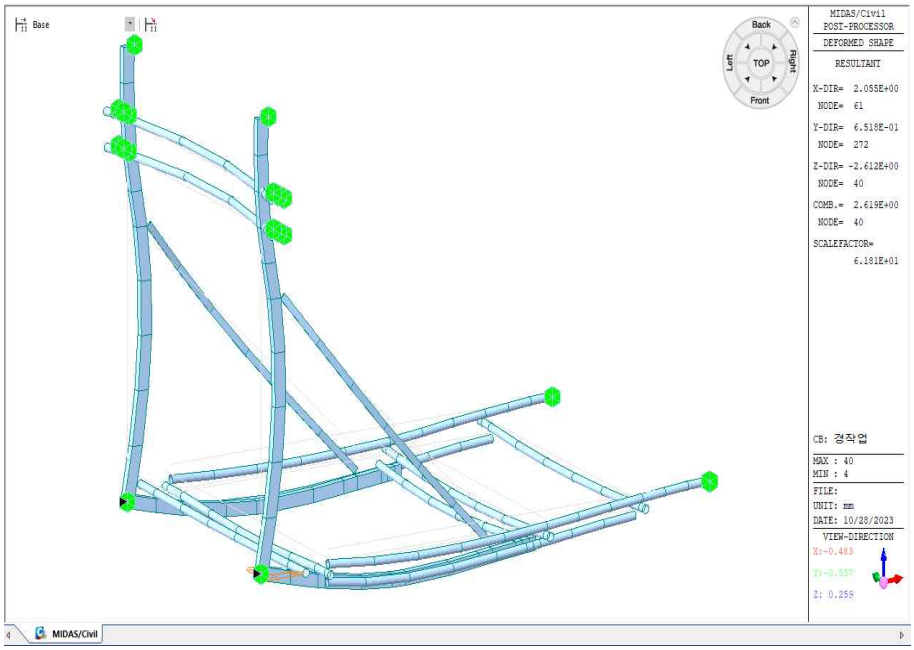
[그림 53] 롤러 조건에 따른 방호장치 자율안전기준 고시에 의한 수직처짐 해석 결과



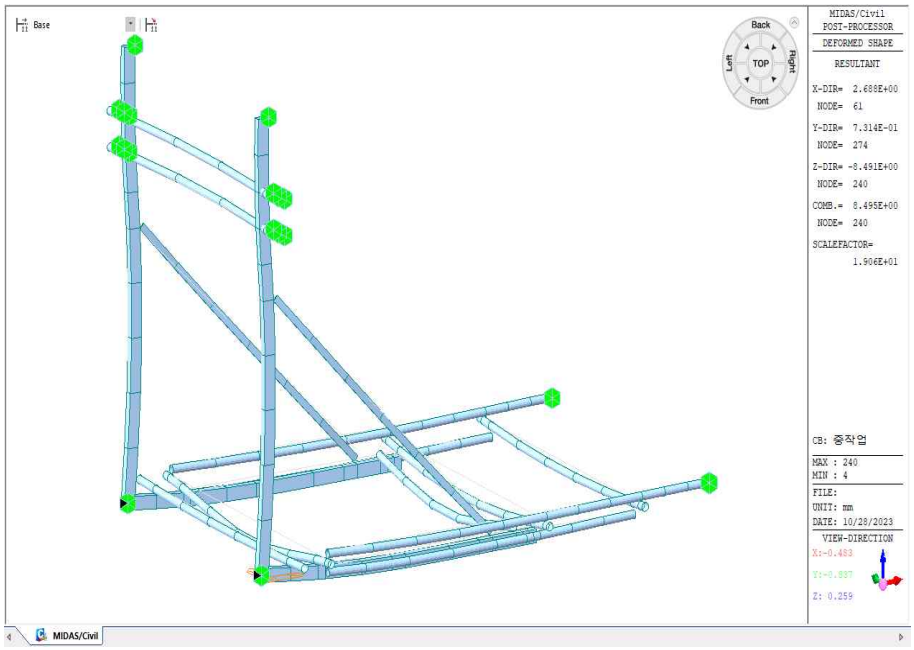
(a) 경작업하중 재하



(b) 중작업하중 재하

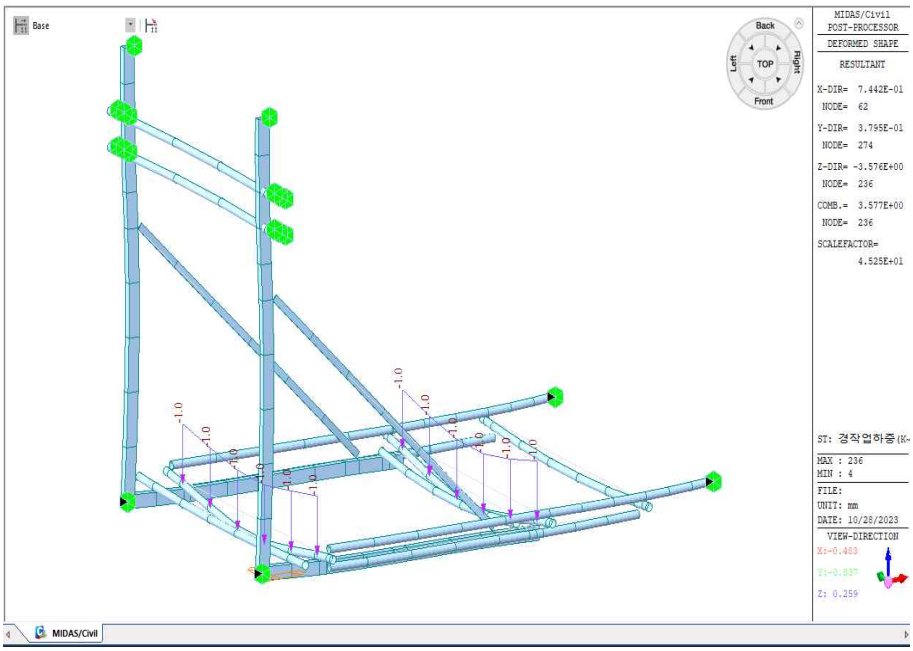


(c) 경작업 하중조합

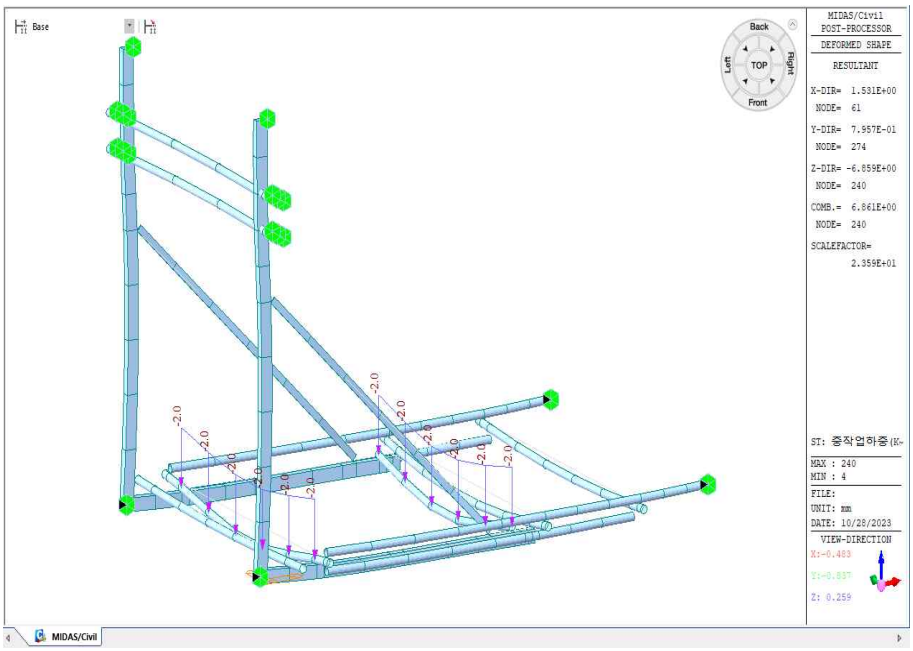


(d) 중작업 하중조합

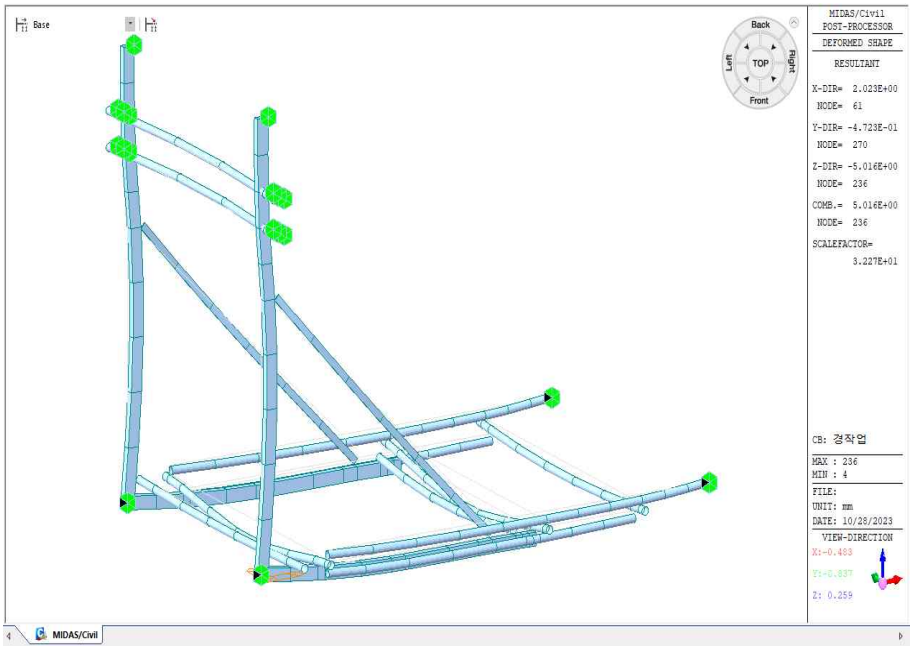
[그림 54] 고정단 조건에 따른 비계 및 안전시설물 설계기준에 의한 수직처짐 해석 결과



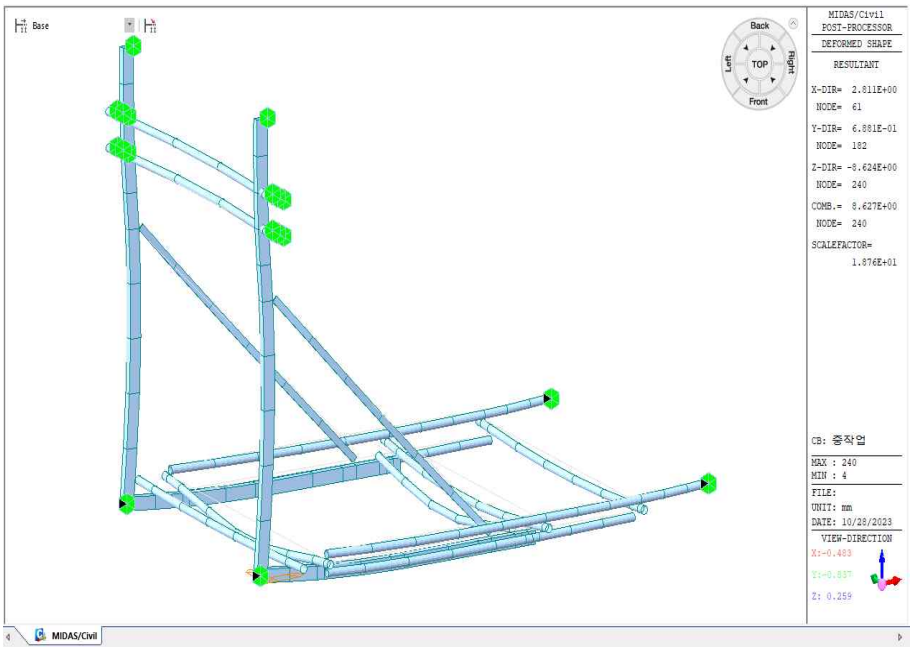
(a) 경작업하중 재하



(b) 중작업하중 재하

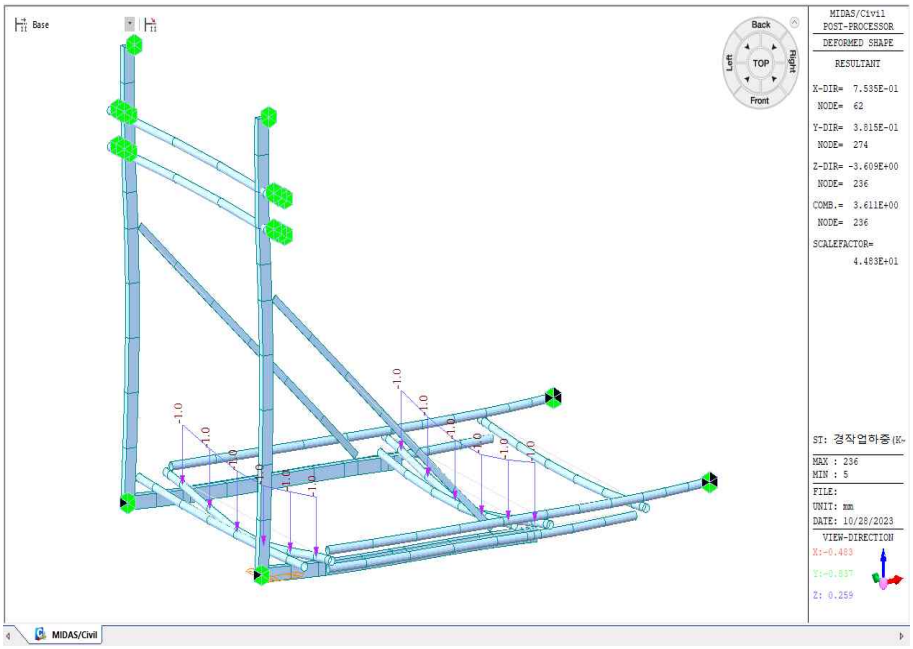


(c) 경작업 하중조합

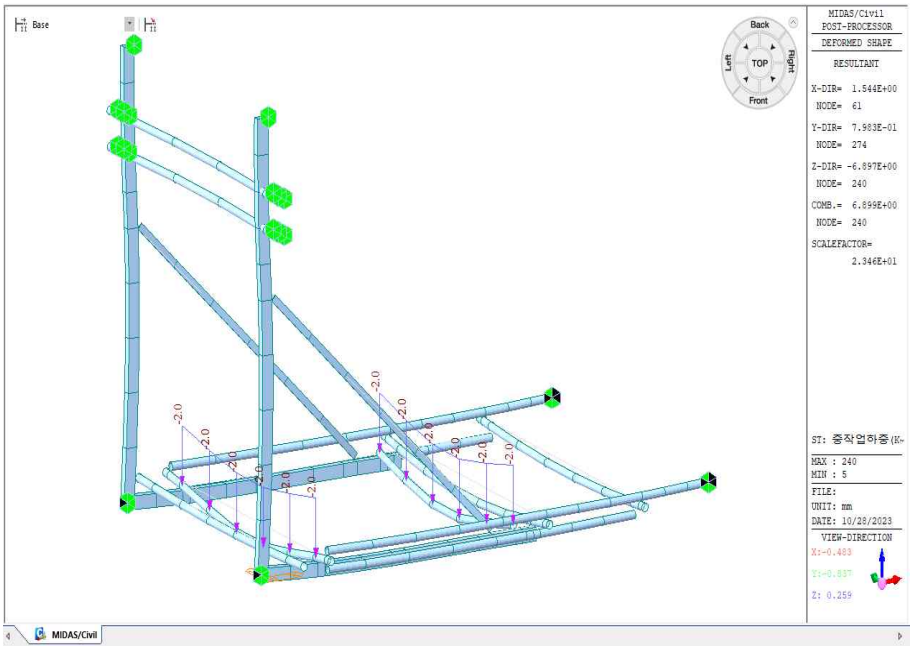


(d) 중작업 하중조합

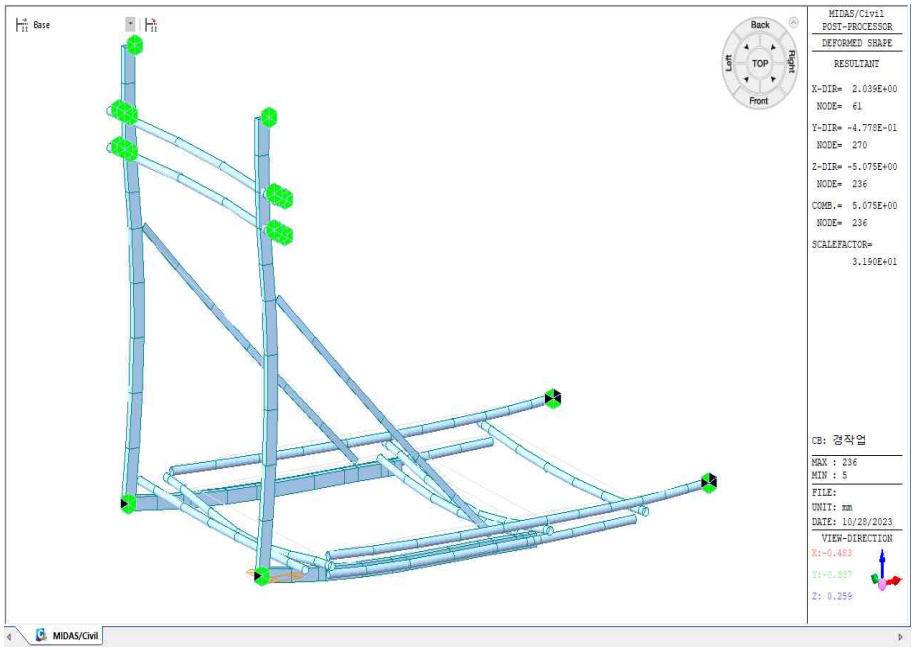
[그림 55] 힌지 조건에 따른 비계 및 안전시설물 설계기준에 의한 수직처짐 해석 결과



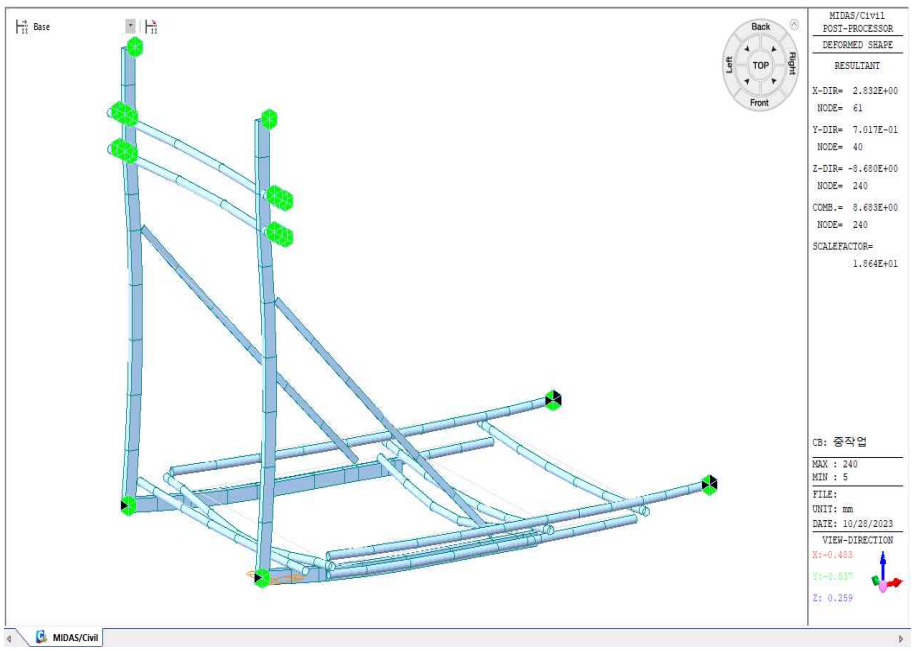
(a) 경작업하중 재하



(b) 중작업하중 재하



(c) 경작업 하중조합



(d) 중작업 하중조합

[그림 56] 롤러 조건에 따른 비계 및 안전시설물 설계기준에 의한 수직처짐 해석 결과

② 부재별 응력

방호장치 자율안전기준 고시와 비계 및 안전시설물 설계기준에서 규정하는 하중을 재하한 관통형(전망형) 엘리베이터 설치 전용 시스템 비계의 지지점 조건을 현장에서 설치 및 작업조건에 따른 시제품 개발을 고려할 경우 고정단(Fixed End), 힌지(Hinge) 및 롤러(Roller) 지점으로 서로 다르게 적용하여 구조해석을 실시하였으며, 그에 따른 부재 응력 결과들은 기준별 지지점 조건에 따라 각각 [그림 54] 에서부터 [그림 59] 까지와 같다.

구조해석 결과, 방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부고시 제2022-70호)에서 규정하는 시험성능기준 최대하중 27kN에 대해서 가력보에 의한 집중하중의 경우에는 승강로 맞은편에서의 지지점 조건에 따라 〈표 17〉 및 〈표 18〉과 같이 해석결과에 차이가 있었다.

먼저, 고정단 형식으로 지지한 경우에는 수평재에서 최대 휨응력 130MPa, 수직재에서 최대 휨응력 203MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 105MPa, 경사재에서 최대 축응력 78MPa이 발생하는 것으로 해석되었다. 다음으로, 힌지 형식으로 지지한 경우에는 수평재에서 최대 휨응력 137MPa, 수직재에서 최대 휨응력 209MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 117MPa, 경사재에서 최대 축응력 84MPa이 발생하는 것으로 해석되었다. 그리고, 롤러 형식으로 지지한 경우에는 수평재에서 최대 휨응력 174MPa, 수직재에서 최대 휨응력 212MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 118MPa, 경사재에서 최대 축응력 84MPa이 발생하는 것으로 해석되었다. 이 결과에 따르면, 가력보에 의한 집중하중 형태로 시험성능기준 하중이 작업대에 작용하면 수직재에서 발생하는 응력은 지지점 형식(설치조건)에 상관없이 허용응력을 초과하지 않으므로 구조 안전성을 확보하는 것으로 나타났다. 단, 수직재와 벽 지지용 강관비계가 결합되는 곳에서 응력집중에 의해 수직재에 발생하는 휨응력에 대해서는 최대 휨응력 산정에서 제외하였다.

가력보에 의한 집중하중을 작업발판에 의해 수평재로 전달되는 분포하중으로 환산한 경우에도 승강로 맞은편의 지지점 조건에 따라 해석결과에 차이가 있었으나, 모든 부재의 응력은 허용응력 이내로 발생하는 것으로 해석되었다. 수평재에서 최대 휨응력 168MPa, 수직재에서 최대 휨응력 184MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 118MPa, 경사재에서 최대 축응력 53MPa이 발생하는 것으로 해석되었다. 따라서, 두가지 하중 재하조건 모두 수평재와 수직재에서 허용응력 213MPa 이내, 경사재에서 허용응력 129MPa 이내, 강관비계도 허용응력 165MPa 이내이므로 시험성능기준 최대하중에 대한 안전성을 확보하였다고 할 수 있다.

〈표 17〉 가력보에 의한 집중하중 작용 시 부재별 응력 해석 결과

구분 / 부재	(1) 허용 응력 (MPa)	방호장치 자율안전기준 고시					
		집중하중 재하					
		고정단 지점		힌지 지점		롤러 지점	
		(2) 발생 응력 (MPa)	응력비 (2)/(1)	(3) 발생 응력 (MPa))	응력비 (3)/(1)	(4) 발생 응력 (MPa))	응력비 (4)/(1)
수직재 (휨응력)	213 (f_y=355)	203.0	95.3%	209.3	98.3%	211.9	99.5%
수평재 (휨응력)		130.0	61.0%	137.4	64.5%	174.4	81.9%
경사재 (인장응력)	129 (f_y=215)	77.5	60.1%	83.5	64.7%	84.3	65.3%
강관비계 (휨응력)	165 (f_y=275)	105.0	63.6%	117.1	71.0%	118.1	71.6%

〈표 18〉 분포하중으로 환산하여 작용 시 부재별 응력 해석 결과

구분 / 부재	(1) 허용 응력 (MPa)	방호장치 자율안전기준 고시					
		분포하중 재하					
		고정단 지점		힌지 지점		롤러 지점	
		(2) 발생 응력 (MPa)	응력비 (2)/(1)	(3) 발생 응력 (MPa))	응력비 (3)/(1)	(4) 발생 응력 (MPa))	응력비 (4)/(1)
수직재 (휨응력)	213 (f_y=355)	195.4	91.7%	205.6	96.5%	206.9	97.1%
수평재 (휨응력)		165.4	77.7%	164.1	77.0%	166.7	78.3%
경사재 (인장응력)	129 (f_y=215)	56.9	44.1%	60.4	46.8%	60.9	47.2%
강관비계 (휨응력)	165 (f_y=275)	71.7	43.5%	110.3	66.8%	76.6	46.4%

비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00: 2022)에서 규정하는 작업하중이 작용하는 조건과 이 작업하중을 포함한 전용 작업대의 자중과 작업발판 중량 및 상부작업대 중량을 하중조합을 통하여 모두 고려하는 경우에도 승강로 맞은편에서의 지지점 조건에 따라 〈표 19〉에서부터 〈표 22〉에 보인 바와 같이 해석결과에 차이가 있었다.

경작업하중이 작용하는 경우에는 고정단 형식일 때 수평재에서 최대 휨응력 21MPa, 수직재에서 최대 휨응력 25MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 11MPa, 경사재에서 최대 축응력 7MPa이 발생하는 것으로 해석되었다. 다음으로, 힌지 형식일때는 수평재에서 최대 휨응력 26MPa, 수직재에서 최대 휨응력 23MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 55MPa, 경사재에서 최대 축응력 9MPa이 발생하는 것으로 해석되었다. 마지막으로 롤러 형식일때는 수평재에서 최대

휨응력 29MPa, 수직재에서 최대 휨응력 23MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 55MPa, 경사재에서 최대 축응력 9MPa이 발생하는 것으로 해석되었다.

중작업하중이 작용하는 경우에는 고정단 형식일 때 수평재에서 최대 휨응력 53MPa, 수직재에서 최대 휨응력 44MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 110MPa, 경사재에서 최대 축응력 17MPa이 발생하는 것으로 해석되었다. 다음으로, 힌지 형식일때는 수평재에서 최대 휨응력 59MPa, 수직재에서 최대 휨응력 47MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 110MPa, 경사재에서 최대 축응력 18MPa이 발생하는 것으로 해석되었다. 마지막으로 롤러 형식일때는 수평재에서 최대 휨응력 59MPa, 수직재에서 최대 휨응력 47MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 110MPa, 경사재에서 최대 축응력 18MPa이 발생하는 것으로 해석되었다.

〈표 19〉 경작업하중 작용 시 부재별 응력 해석 결과

구분 / 부재	(1) 허용 응력 (MPa)	비계 및 안전시설물 설계기준					
		경작업하중 재하					
		고정단 지점		힌지 지점		롤러 지점	
		(2) 발생 응력 (MPa)	응력비 (2)/(1)	(3) 발생 응력 (MPa))	응력비 (3)/(1)	(4) 발생 응력 (MPa))	응력비 (4)/(1)
수직재 (휨응력)	213 (f_y=355)	24.7	11.6%	23.0	10.8%	23.2	10.9%
수평재 (휨응력)		20.8	9.8%	25.7	12.1%	29.3	13.8%
경사재 (인장응력)	129 (f_y=215)	7.2	5.6%	8.7	6.7%	8.8	6.8%
강관비계 (휨응력)	165 (f_y=275)	10.9	6.6%	54.9	33.3%	54.9	33.3%

〈표 20〉 중작업하중 작용 시 부재별 응력 해석 결과

구분 / 부재	(1) 허용 응력 (MPa)	비계 및 안전시설물 설계기준 중작업하중 재하					
		고정단 지점		힌지 지점		롤러 지점	
		(2) 발생 응력 (MPa)	응력비 (2)/(1)	(3) 발생 응력 (MPa)	응력비 (3)/(1)	(4) 발생 응력 (MPa)	응력비 (4)/(1)
수직재 (휨응력)	213 (f_y=355)	44.3	20.8%	46.6	21.9%	47.1	22.1%
수평재 (휨응력)		52.6	24.7%	58.6	27.5%	58.7	27.6%
경사재 (인장응력)	129 (f_y=215)	16.9	13.1%	17.7	13.7%	17.8	13.8%
강관비계 (휨응력)	165 (f_y=275)	110.1	66.7%	109.5	66.4%	109.9	66.6%

승강기 전용 작업대에 작용하는 모든 하중들을 고려할 수 있는 하중조합에 대해서도 구조해석을 실시할 필요가 있으므로, 작업하중을 포함하여 작업대 자중, 작업발판 자중 및 상부작업대 자중을 모두 고려한 하중조합을 실시하였다.

먼저, 경작업 하중조합의 경우에는 고정단 형식일 때 수평재에서 최대 휨응력 66MPa, 수직재에서 최대 휨응력 62MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 26MPa, 경사재에서 최대 축응력 21MPa이 발생하는 것으로 해석되었다. 다음으로, 힌지 형식일때는 수평재에서 최대 휨응력 57MPa, 수직재에서 최대 휨응력 62MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 60MPa, 경사재에서 최대 축응력 22MPa이 발생하는 것으로 해석되었다. 마지막으로 롤러 형식일때는 수평재에서 최대 휨응력 62MPa, 수직재에서 최대 휨응력 63MPa, 강관비계에서

최대 휨응력 60MPa, 경사재에서 최대 축응력 22MPa이 발생하는 것으로 해석되었다.

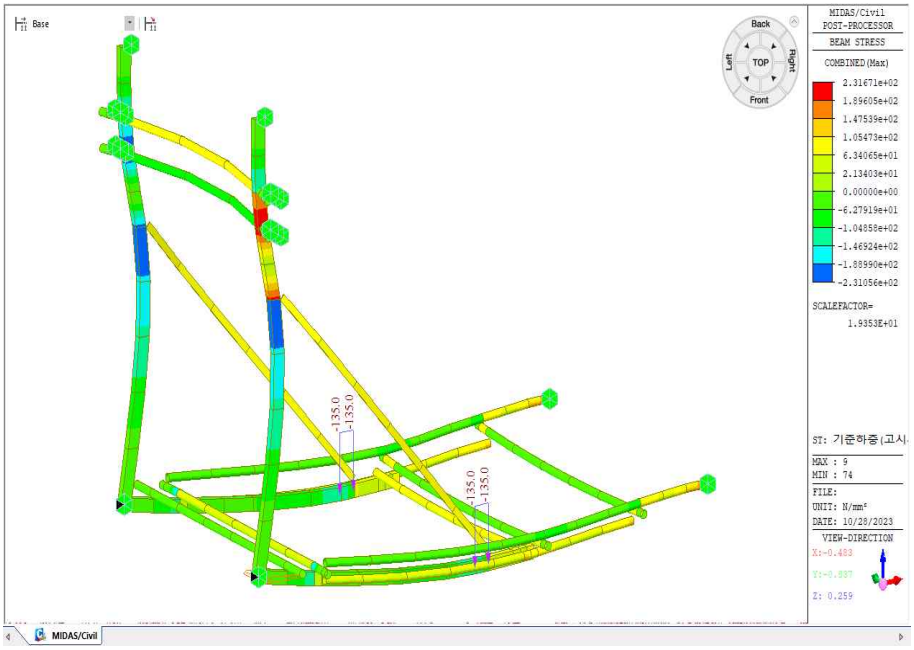
중작업하중이 작용하는 경우에는 고정단 형식일 때 수평재에서 최대 휨응력 74MPa, 수직재에서 최대 휨응력 81MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 121MPa, 경사재에서 최대 축응력 28MPa이 발생하는 것으로 해석되었다. 다음으로, 힌지 형식일때는 수평재에서 최대 휨응력 78MPa, 수직재에서 최대 휨응력 86MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 120MPa, 경사재에서 최대 축응력 29MPa이 발생하는 것으로 해석되었다. 마지막으로 롤러 형식일때는 수평재에서 최대 휨응력 84MPa, 수직재에서 최대 휨응력 87MPa, 강관비계에서 최대 휨응력 120MPa, 경사재에서 최대 축응력 30MPa이 발생하는 것으로 해석되었다.

〈표 21〉 경작업 하중조합시 부재별 응력 해석 결과

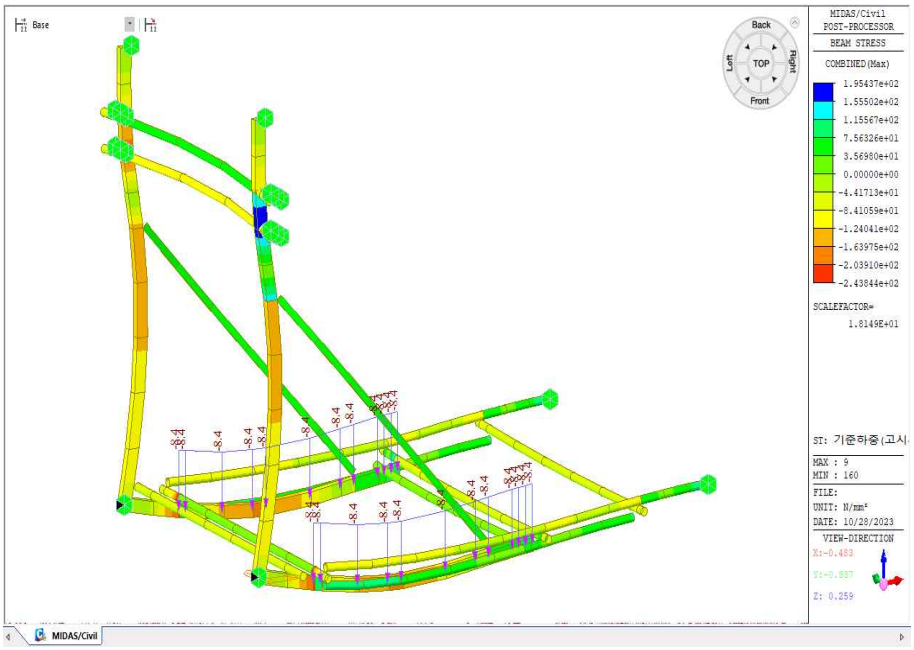
구분 / 부재	(1) 허용 응력 (MPa)	비계 및 안전시설물 설계기준					
		경작업 하중조합					
		고정단 지점		힌지 지점		롤러 지점	
		(2) 발생 응력 (MPa)	응력비 (2)/(1)	(3) 발생 응력 (MPa))	응력비 (3)/(1)	(4) 발생 응력 (MPa))	응력비 (4)/(1)
수직재 (휨응력)	213 (f_y=355)	61.9	29.1%	62.4	29.3%	63.0	29.6%
수평재 (휨응력)		65.9	30.9%	57.1	26.8%	62.2	29.2%
경사재 (인장응력)	129 (f_y=215)	21.0	16.3%	21.7	16.8%	21.9	17.0%
강관비계 (휨응력)	165 (f_y=275)	25.5	15.5%	60.3	36.5%	60.1	36.4%

〈표 22〉 중작업 하중조합시 부재별 응력 해석 결과

구분 / 부재	(1) 허용 응력 (MPa)	비계 및 안전시설물 설계기준					
		중작업 하중조합					
		고정단 지점		힌지 지점		롤러 지점	
		(2) 발생 응력 (MPa)	응력비 (2)/(1)	(3) 발생 응력 (MPa))	응력비 (3)/(1)	(4) 발생 응력 (MPa))	응력비 (4)/(1)
수직재 (휨응력)	213 (f_y=355)	81.3	38.2%	85.5	40.1%	86.7	40.7%
수평재 (휨응력)		73.5	34.5%	77.8	36.5%	83.7	39.3%
경사재 (인장응력)	129 (f_y=215)	28.0	21.7%	29.4	22.8%	29.7	23.0%
강관비계 (휨응력)	165 (f_y=275)	121.1	73.4%	119.7	72.5%	120.2	72.8%

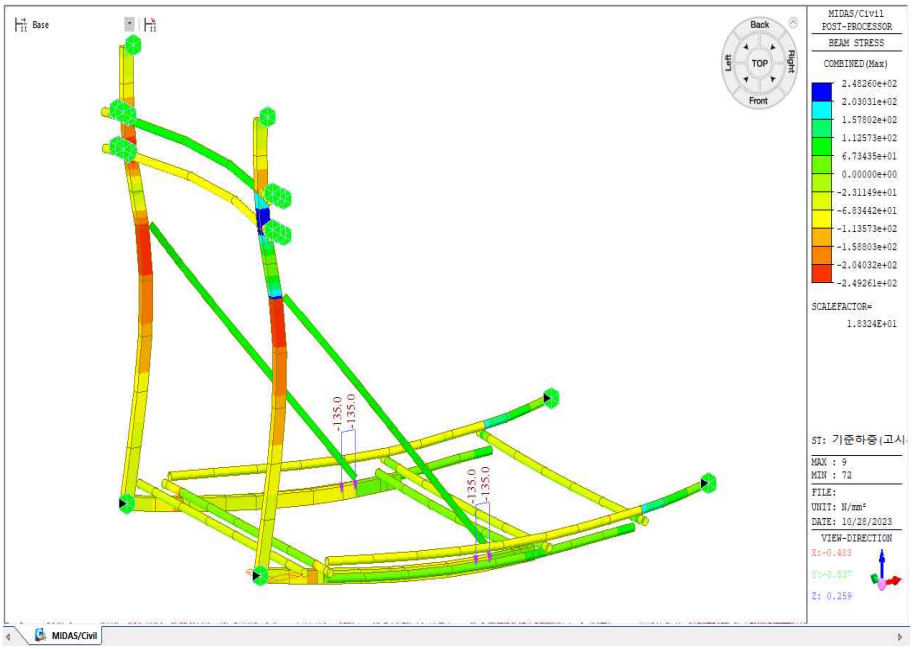


(a) 집중하중 재하

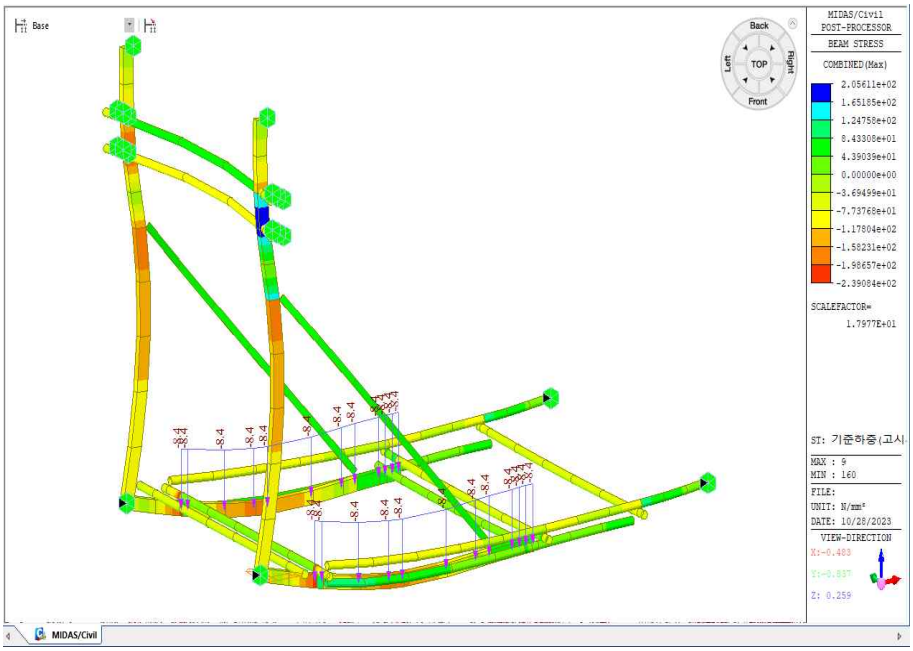


(b) 분포하중 재하

[그림 57] 고정단 조건에 따른 방호장치 자율안전기준 고시에 의한 부재 응력 해석 결과

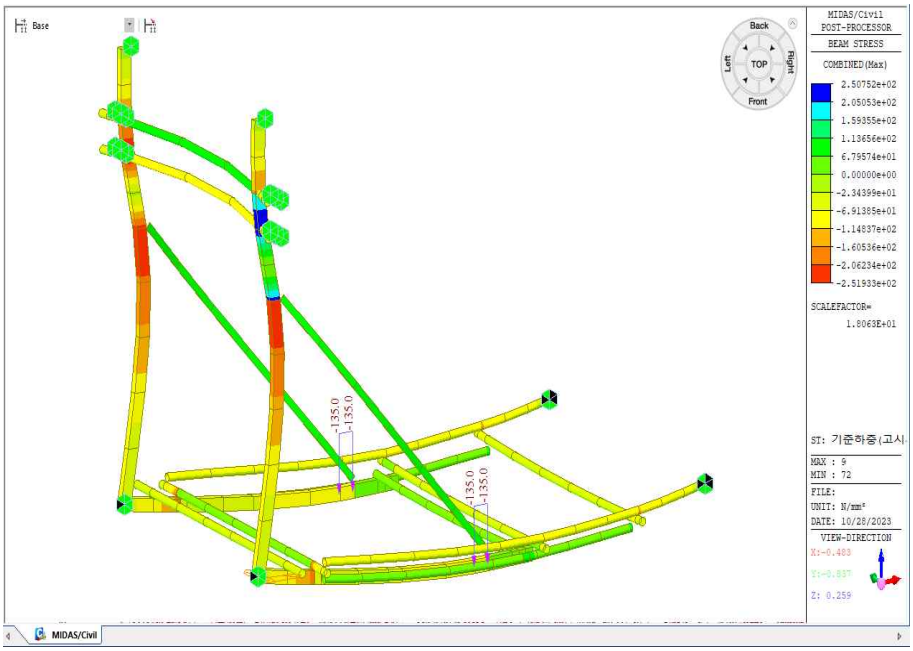


(a) 집중하중 재하

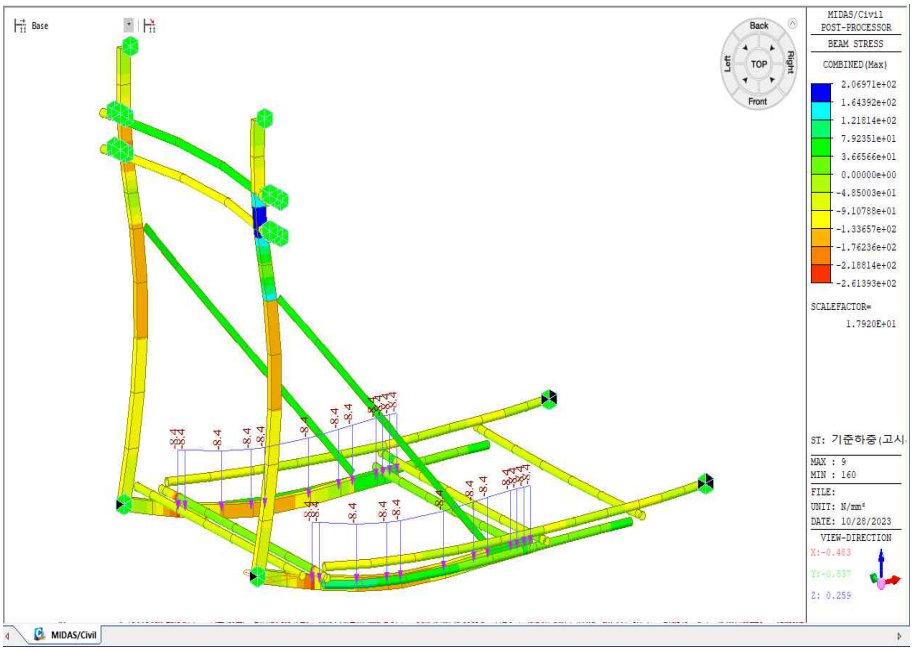


(b) 분포하중 재하

[그림 58] 힌지 조건에 따른 방호장치 자율안전기준 고시에 의한 부재 응력 해석 결과

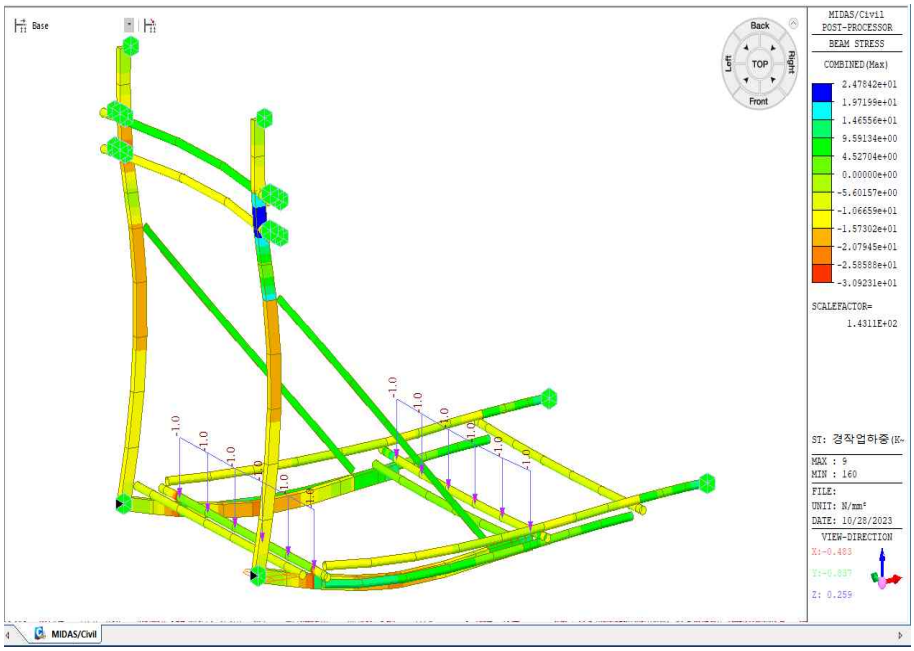


(a) 집중하중 재하

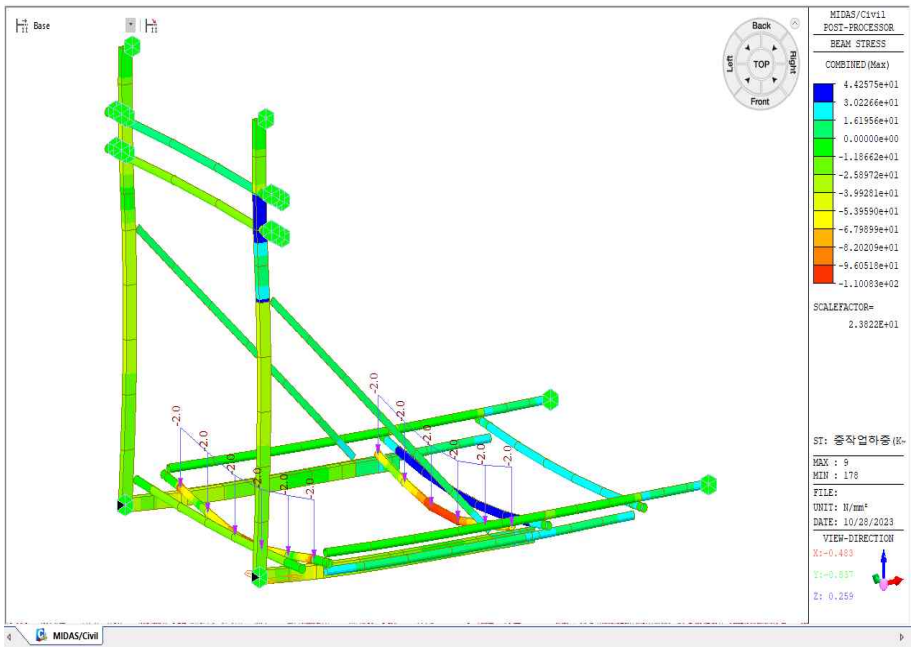


(b) 분포하중 재하

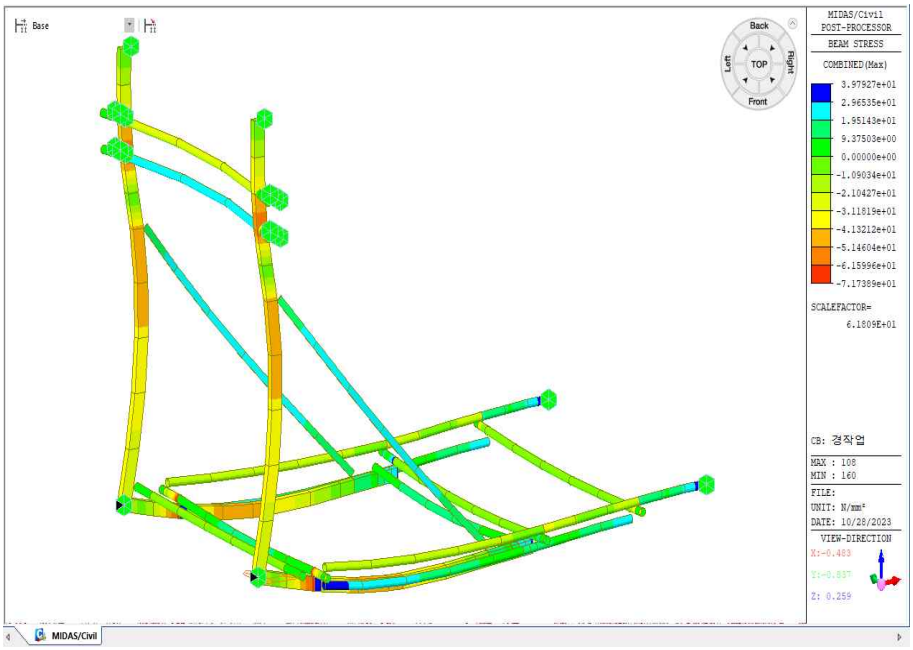
[그림 59] 롤러 조건에 따른 방호장치 자율안전기준 고시에 의한 부재 응력 해석 결과



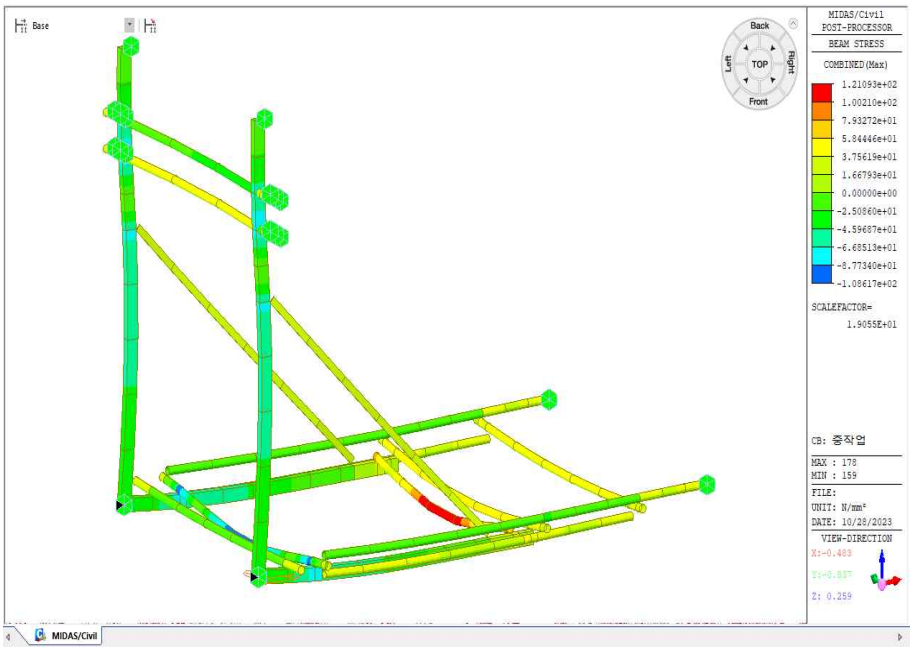
(a) 경작업하중 재하



(b) 중작업하중 재하

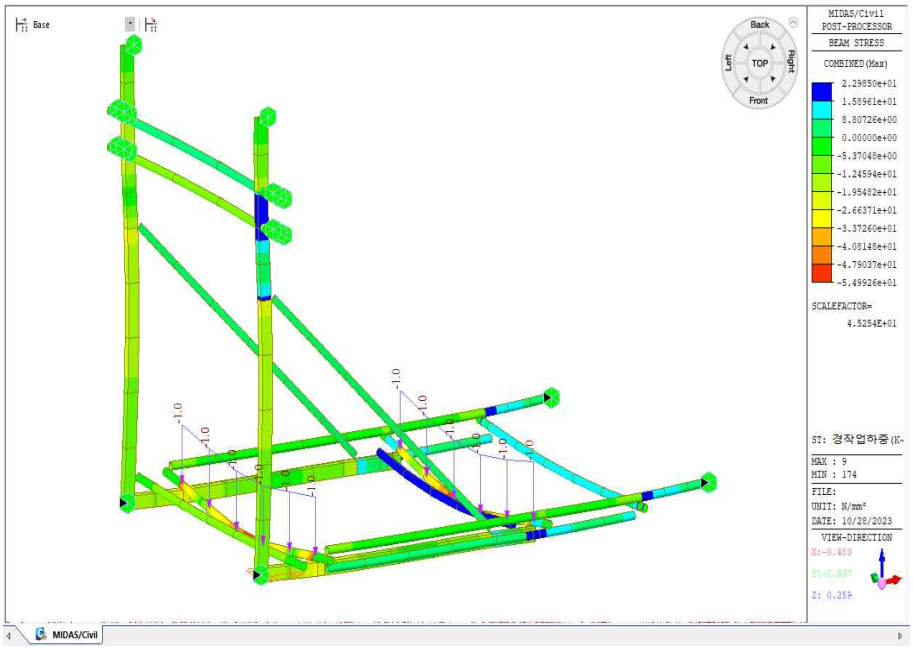


(c) 경작업 하중조합

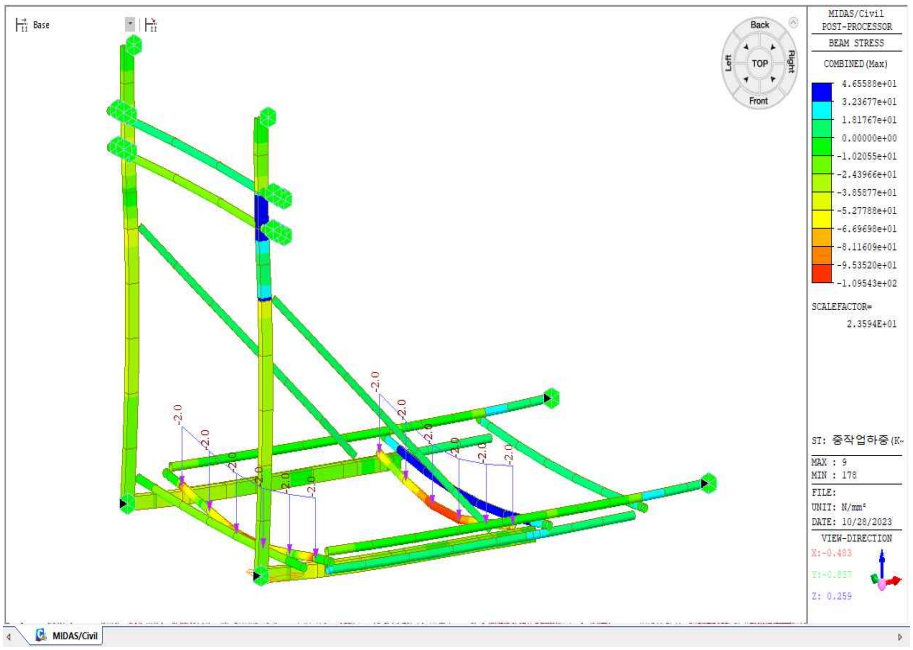


(d) 중작업 하중조합

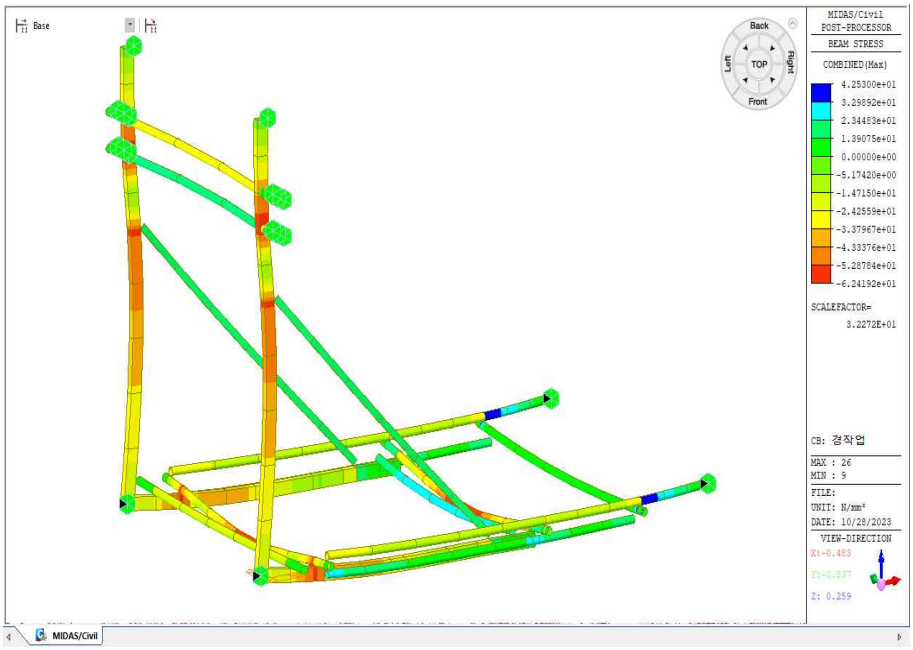
[그림 60] 고정단 조건에 따른 비계 및 안전시설물 설계기준에 의한 부재 응력 해석 결과



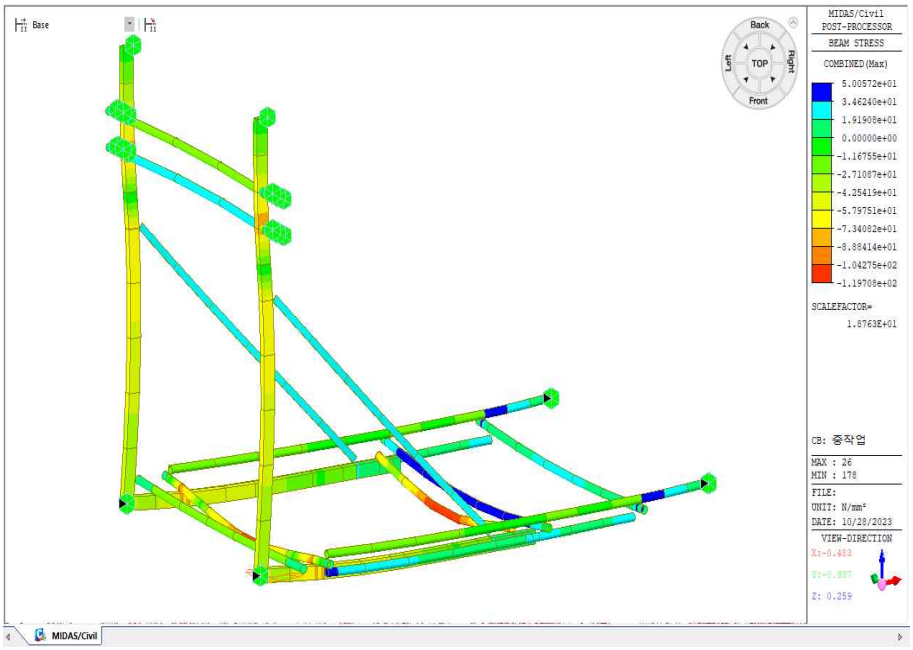
(a) 경작업하중 재하



(b) 중작업하중 재하

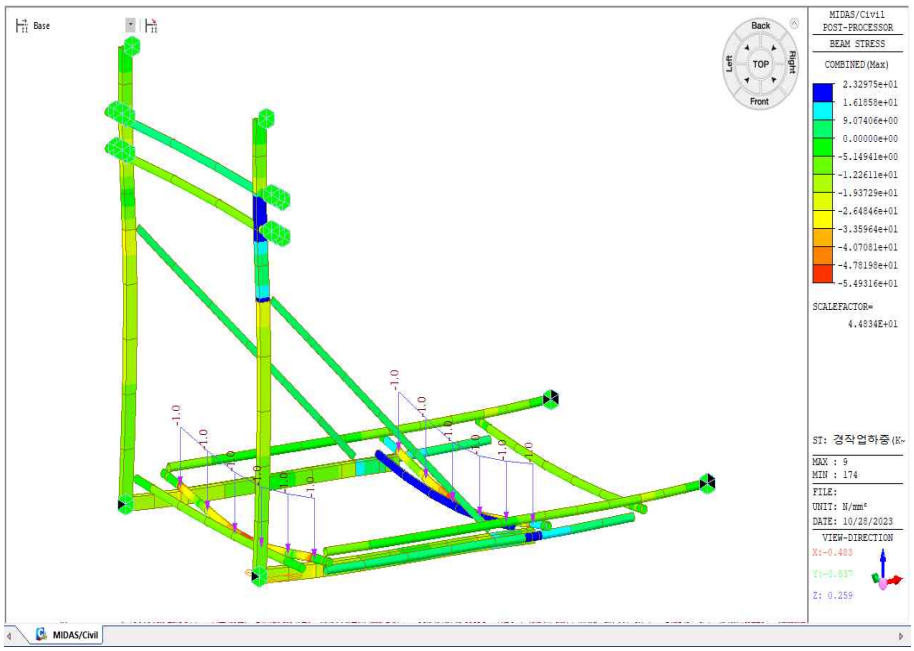


(c) 경작업 하중조합

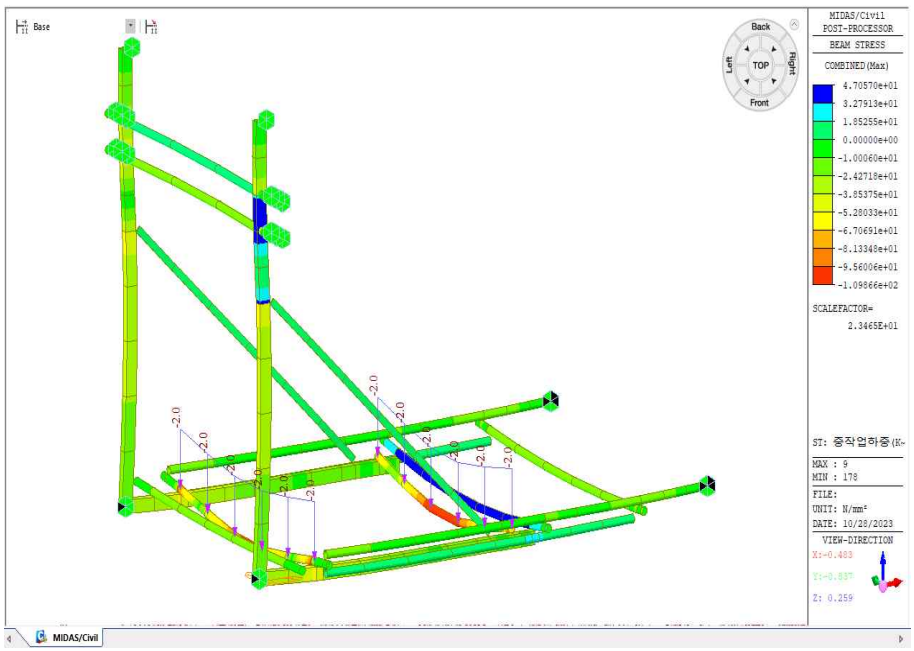


(d) 중작업 하중조합

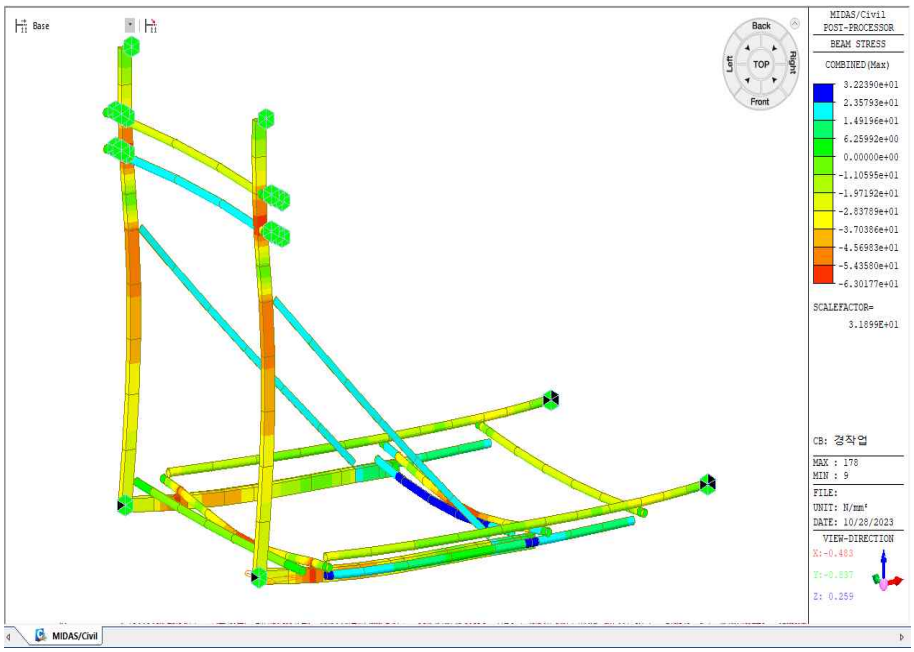
[그림 61] 힌지 조건에 따른 비계 및 안전시설물 설계기준에 의한 부재 응력 해석 결과



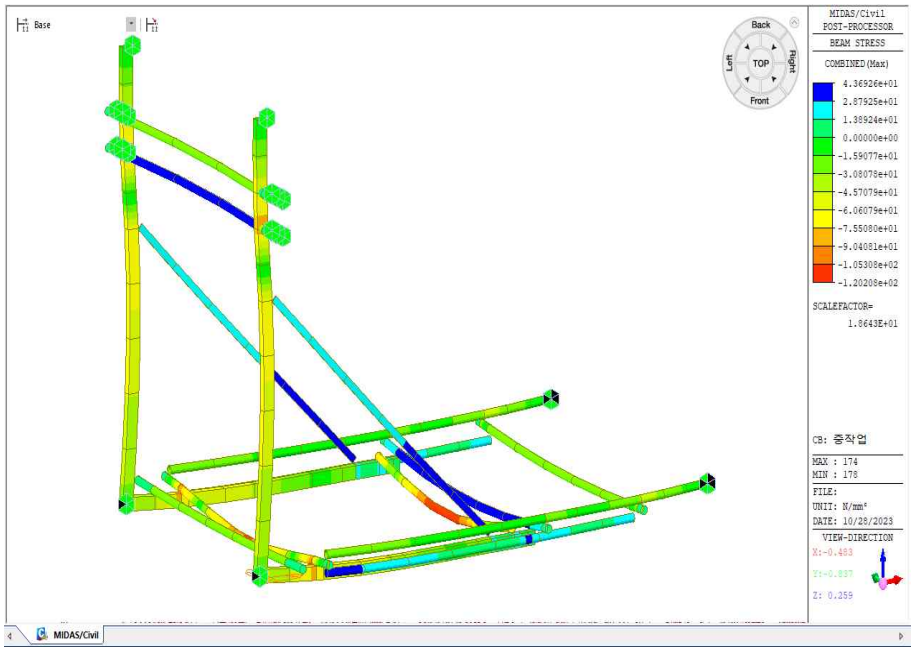
(a) 경작업하중 재하



(b) 중작업하중 재하



(c) 경작업 하중조합



(d) 중작업 하중조합

[그림 62] 롤러 조건에 따른 비계 및 안전시설물 설계기준에 의한 부재 응력 해석 결과

3) 관련법령 검토

가. 방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부 고시 제2022-70호)

2022년 8월 개정 고시된 방호장치 자율안전기준 고시에서 제8장 추락·낙하 및 붕괴 등의 위험 방지 및 보호에 필요한 가설기자재, 제1절 7항의 나에 엘리베이터 승강로에 부착하여 엘리베이터 설치 작업 등을 위해 사용되는 브래킷으로서 “엘리베이터 승강로용 브래킷”을 추가하였으며, 제2절 성능기준 및 시험방법의 별표 7 가설기자재(자율안전확인)의 성능기준(제14조의 2 관련)에서 엘리베이터 승강로용 브래킷의 재료, 구조 및 시험성능기준을 제시하였다. 재료에 대해서는 아래의 〈표 23〉과 같이 주부재와 부착철물로 구분하여 사용 가능한 재질별로 정의하고 있다. 그리고, 엘리베이터 승강로용 브래킷의 각 부분은 현저한 손상, 변형 또는 부식이 없어야 한다고 규정하고 있다.

〈표 23〉 엘리베이터 승강로용 브래킷의 재료

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">구성 부분</th><th colspan="2">재질</th></tr>
<tr><th>강재</th><th>알루미늄합금재</th></tr>
<tr><td colspan="2">수평재, 수직재, 경사재</td><td>KS D 3568(일반구조용 각형강관)의 SRT275 또는 KS D3503(일반구조용 압연강재)의 SS235</td><td rowspan="3">KS D 6759
(알루미늄 및 알루미늄합금 압출형재)의 A6063S T6</td></tr>
<tr><td rowspan="2">부착 철물</td><td>볼트, 너트, 핀 등</td><td>KS D 3503(일반구조용 압연강재)의 SS235</td></tr>
<tr><td>기타의 부분</td><td>KS D 3501(열간압연 연강판 및 강대)의 SPHD</td></tr>
</table>

다음으로 구조에 대해서는 [그림 63]과 같이 수평재, 수직재 및 경사재와 부착철물로 구성되며, 세부사항은 다음과 같다.

엘리베이터 승강로용 브래킷의 수평재 지지길이는 1,500mm 이상, 2,500mm 이하이어야 하고 수직재 지지길이는 2,300mm 이상이어야 한다.

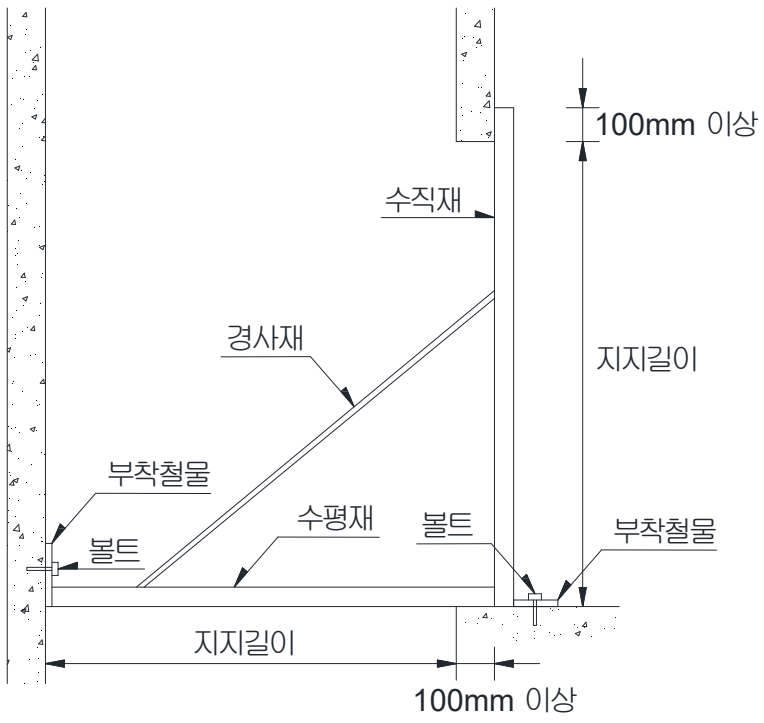
벽체에 설치되는 부착철물의 강판 두께는 4mm 이상이고, 볼트지름은 나사산을 포함하여 12mm 이상이어야 한다.

바닥에 설치되는 부착철물의 강판 두께는 3mm 이상이고, 볼트지름은 나사산을 포함하여 10mm 이상이어야 한다.

수평재에는 비계 기둥의 탈락을 방지하기 위한 연결철물 등이 있어야 한다.

수평재와 바닥의 걸침길이, 수직재와 벽체의 걸침길이는 각 100mm 이상이어야 한다.

경사재의 단면적은 400mm^2 이상이어야 한다.



[그림 63] 엘리베이터 승강로용 브래킷의 구조

그리고, 엘리베이터 승강로용 브래킷의 시험성능 기준은 〈표 24〉와 같이

규정하고 있다.

〈표 24〉 엘리베이터 승강로용 브래킷의 시험성능 기준

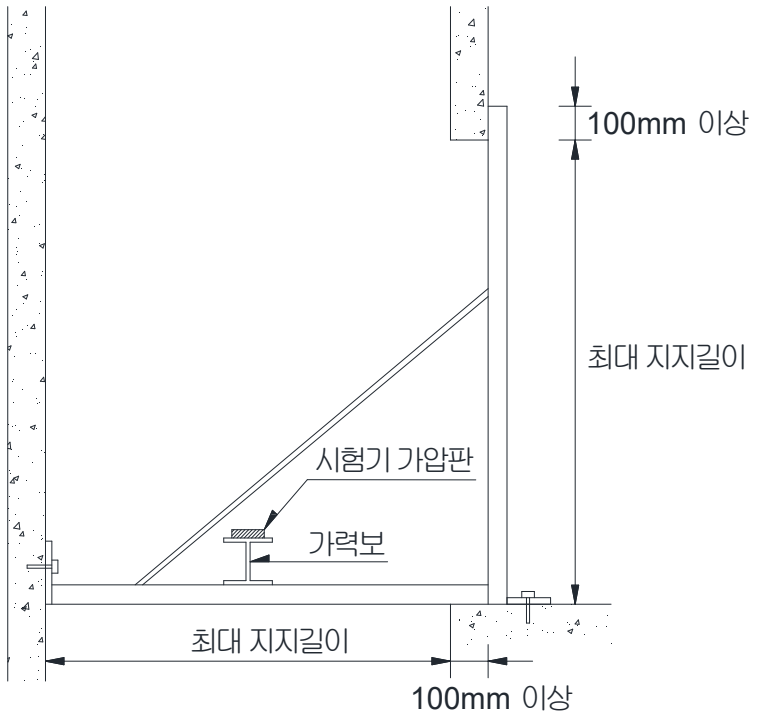
항목	시험성능기준
수직처짐량	바닥면 최대 지지길이(mm) / 180
최대하중	27,000N 이상

또한, 별표 7의 2 가설기자재(자율안전확인)의 시험방법에서 엘리베이터 승강로용 브래킷의 시험성능기준인 처짐과 강도시험을 아래 그림과 같이 부착틀에 엘리베이터 승강로용 브래킷 2개를 1m 간격(수평재 중심간격)으로 부착시켜 수평재 지점의 중앙부에 가력보를 설치한다. 설치된 가력보의 중앙을 재하속도 8mm 이하로 가력하여 하중이 9,000N일 때 수평재 중앙 하부에서 수직 처짐량을 측정한 후, 계속 가력하여 하중의 최대값을 측정하여야 한다고 규정하고 있다. 그리고, 가력보는 길이가 700mm이고, 한 변이 100mm의 정사각형 단면으로 심한 부식 또는 갈라짐이 없는 강재를 이용하도록 규정하고 있다.

그러나, 확장형 승강기 작업대, 관통형(전망형) 작업대는 수평재의 지지길이를 2,500mm 이하로 규정하고 벽이음재 설치가 가능한 구조에 한정되어 있어 현행 방호장치 자율안전기준고시의 규정에 부합되지 않으므로 인증 대상이 될 수 없는 문제가 발생할 수 있다. 본 연구는 현행 승강기 작업대의 적용 범위를 확장형(15인승 초과), 관통형(전망형) 승강기 까지 확대할 수 있도록 개발하기 위한 사전 단계로서 설계안에 대한 현행 규정의 부합여부를 검토하는 것으로 수행하였고, 구조해석을 통해 3,200mm 까지의 수평재 확장과 관통형(전망형) 구조의 승강기 작업대가 개발 가능함을 확인할 수 있었다. 하지만 현장 적용을 위한 실제 개발 시에는 구조해석 뿐만 아니라 실물모형 제작 및 구조 실험 등의 검증 절차가 필요하므로 구조해석의 결과만으로는 현행

방호장치 자율안전기준 부합 및 개발 가능 여부를 단언할 수 없다.

또한 공단의 고위험 작업 안전시설개선 사업의 재정 지원을 받기 위해서는 '방호장치 자율안전기준 고시'상의 해당 인증을 득한 제품을 사용하여야 하므로 현재 보급중인 15인승 이하 승강기 전용 작업대의 경우는 충족하고 있지만 15인승 초과 확장형 승강기 작업대를 개발할 경우 안전성능 기준을 만족하더라도 승강로 면적 확대로 인해 고시에서 정하고 있는 수평재 최대 지지길이(2,500mm 이하)를 초과 또는 벽이음재 설치가 어려운 구조에 적용하여야 하므로 재정지원을 받을 수 없게 된다.



[그림 64] 엘리베이터 승강로용 브래킷의 처짐 및 강도시험

나. 비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00)

KDS 21 60 00은 건설공사에 사용되는 일반적인 비계 및 안전시설물의 설계 시 적용하는 국가건설기준으로서, 설계 시 적용하는 설계하중, 하중조합 및 구조설계와 사용재료 및 설계에 따른 안전율 등을 규정하고 있다. 이중 승강기 전용 작업대 설계 시에는 다음과 같이 비계 및 작업발판의 고정하중과 작업하중에 대한 규정을 적용하여야 한다.

작업발판의 중량은 실제 중량을 반영하여야 하며, 0.2kN/m^2 이상이어야 한다. 작업하중에는 근로자가 사용하는 자재, 공구 등을 포함하며 다음과 같이 구분하여 적용한다. 통로의 역할을 하는 비계와 가벼운 공구만을 필요로 하는 경작업에 대해서는 바닥면적에 대해 1.25kN/m^2 이상이어야 한다. 공사용 자재의 적재를 필요로 하는 중작업에 대해서는 바닥면적에 대해 2.5kN/m^2 이상이어야 한다. 돌붙임 공사 등과 같이 자재가 무거운 작업인 경우에는 자재의 중량을 참고로 하여 단위면적 당 작용하는 작업하중을 적용하여야 하며 최소 3.5kN/m^2 이상이어야 한다.

이상과 같이 승강기 전용 작업대 관련 고시는 승강로 깊이 2.5m 미만의 15인승 이하 승강기 전용 작업대에 국한하여 구조 및 시험성능기준을 제시하고 있으며, 국가건설기준인 비계 및 안전시설물 설계기준은 승강로 설치를 위한 작업대에 작용하는 하중만이 아닌 일반적인 비계 및 안전시설물에 작용하는 작업하중을 경작업, 중작업 및 무거운 작업으로 구분하여 자중 및 작업발판 중량과 함께 연직하중으로 규정하고 있다. 특히, 방호장치 자율안전기준고시에서 규정하는 시험성능기준 하중은 사용성과 관련된 수직처짐의 검토 하중으로 9kN, 안전성과 관련된 최대하중으로 27kN을 규정하고 있다. 이와는 다르게 국가건설기준인 KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)에서 규정하는 작업하중을 승강기 전용 작업대의 작업발판 면적(1.7m×1.6m)으로 환산하면 경작업의 경우 3.4kN, 중작업의 경우 6.8kN이며, 여기에 작업발판 및 상부작업대 중량 약 5kN을 추가적으로 고려하여도 최대 작업하중은

경작업에서 약 9kN, 중작업에서 약 12kN이다. 이 작업하중을 시험성능기준 하중과 비교하면 경작업이 수직처짐 검토 하중과 비슷한 수준이고, 중작업은 휨모멘트를 받는 주부재의 안전율 2.0을 고려한 최대하중과 비슷한 수준이라고 할 수 있다.

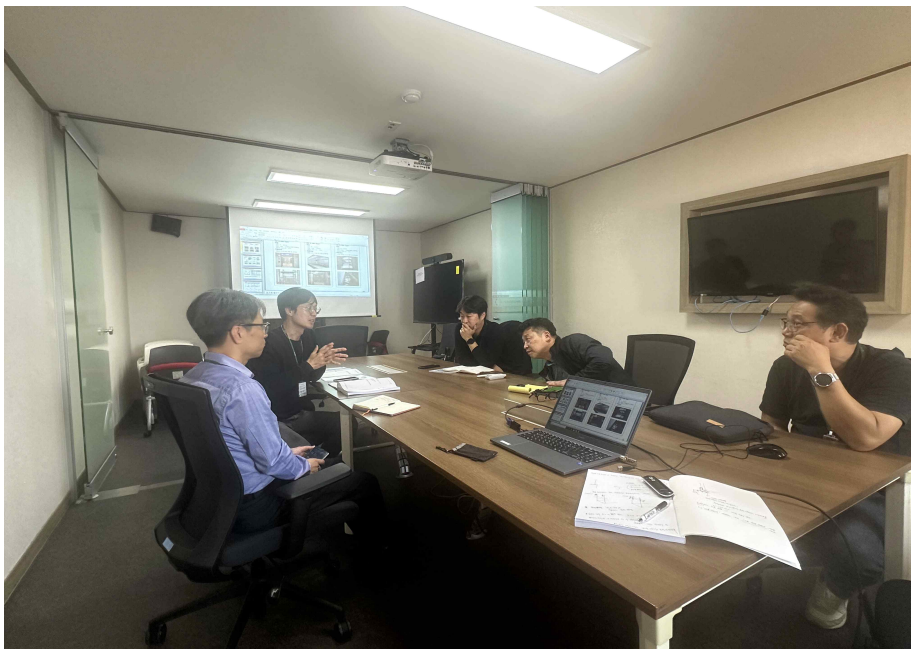
또한, 방호장치 자율안전기준고시와 KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)에서 규정하는 시험성능기준 하중과 작업하중의 형태를 서로 다르게 규정하고 있는데, 시험성능기준 하중(수직처짐 검토 및 최대하중)은 가력보에 의해 수평재에 집중하중으로 작용하는 반면 작업하중은 작업발판에 등분포하중으로 작용하는 것으로 정의되어 있으므로 이를 수평재에 전달하는 경우에도 집중하중이 아닌 등분포하중으로 작용한다. 이와 같이 수평재에 작용하는 하중 형태의 차이로 인하여 구조해석에 따른 수직처짐으로 검토하는 사용성 및 부재 응력으로 검토하는 안전성 평가에도 차이가 발생할 수 있음을 의미한다.

2. 전문가 자문

확장형 승강기 작업대 개발을 위한 구조 안전성 검토 결과 및 개발 방향 수립에 대한 전문가 자문을 실시하였다.[그림 65] 전문가 자문회의 참석 대상은 국내 승강기 제조사 관계자, 승강기 설치업체 관계자 및 승강기 전용 작업대 제작업체 관계자를 대상으로 하였으며, 확장형 승강기 작업대 개발 및 구조 안전성 검토 결과에 대하여 다음과 같은 전문가 자문 의견을 수렴하였다.

- 확장형 승강기 작업대를 현장에서 사용하기 위해서는 '방호장치 자율안전 기준고시'에 의한 인증 제품만 가능한 것인지, 아니면 '비계 및 안전시설물 설계기준'의 조건만 충족하여도 사용 가능한 것인지에 대한 확인 필요
- 승강기가 설치되는 건축물의 설계 다양성을 고려하여 수직재 상부 지지점 또는 상부벽 지지용 강관비계만으로 지지될 수 있어야 함
- 전망형 승강기가 주로 설치되는 철골구조의 경우, 승강로 입구와 맞은편 철골구조의 H형강 상부 플랜지와의 단차가 발생하는 경우가 많으므로, H형강에 직접 또는 간접 고정할 수 있는 지지점(설치) 형식을 개발
- 확장형 승강기 작업대의 주요 대상이라 할 수 있는 승강로 깊이는 3.3m가 최대깊이 이므로 확장형 작업대의 수평재의 최대길이를 추가 연장해야 할 필요가 있음
- 벽이음재 설치 전 켄틸레버 상태에서 발생하는 처짐 또는 진동에 의해 작업자가 느끼는 불안감이 상대적으로 클 수 있으므로, 확장형 승강기 작업대 개발 시 이에 대한 고려가 필요
- 승강로 입구에 설치되는 수직재의 하부 앵커 설치(고정) 시, 현장 조건에 따라 바닥의 단차를 보정할 수 있는 장치 탑재 필요

- 승강기 설치 공정 중, 1~2시간 정도의 짧은 시간이지만 로핑 시에도 승강로 내부에서 작업이 진행되므로 1인용 경량 작업대의 개발 또는 이동 설치가 용이하도록 작업대의 경량화 필요
- 전망형 승강기 설치의 경우, H형강 철골구조의 설계 시 승강로 입구를 고려하지 않으므로 H형강 상부 또는 하부 플랜지에 직접 지지를 할 수 없을 만큼 단차가 크게 발생할 수 있으므로, 이에 대한 대책으로 수평 방향 지지 방식을 고려할 필요가 있음



[그림 65] 전문가 자문 회의

4. 소결

기계실이 없는(MRL Type) 15인승 이하 승객용 승강기를 대상으로 승강로 깊이가 2,500mm 이하인 승강로의 내부 및 상부 작업 중 떨어짐 사고 예방을 위해 개발되어 사용되고 있는 엘리베이터 승강로용 브래킷(승강기 전용 작업대)의 적용 범위를 승강로 깊이 3,200mm까지 확대할 수 있도록 확장형 승강기 작업대 개발을 위한 구조 안전성 검토를 위하여 구조해석을 실시하였다.

확장형 승강기 작업대는 철근콘크리트구조 건축물에서 벽이음재 설치가 가능한 일반 확장형과 승강로 입구가 양쪽으로 설치되어 벽이음재를 설치할 수 있는 관통형, 그리고 관통형과 마찬가지로 벽이음재를 설치할 수 없는 철골 또는 철골콘크리트 구조에 설치되는 전망형 등 3가지로 구분하였다. 그리고, 벽이음재 설치가 불가능한 관통형 및 전망형 승강기 전용 작업대의 경우에는 수직재가 설치되는 승강로 입구의 반대편에서 수평재로부터 연장되는 강관비계를 지지할 수 있는 별도의 고정(지지)장치 개발을 고려하여 지지점 조건을 고정단, 힌지 및 롤러로 구분하고 구조 안전성 검토를 실시하였다.

확장형 승강기 작업대는 안전보건공단의 자율안전확인 신고 및 안전인증을 받은 기존 제품(엘리베이터 승강로용 브래킷)의 구조와 동일하게 적용하였으며, 상부벽에 지지되는 강관비계의 두께를 2.8mm로 증가시키고, 경사재의 폭을 10mm 감소시킨 것을 제외하고 부재의 제원도 동일하게 적용하여 모델링을 실시하였다.

작용하중은 관련 기준인 비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00: 2022)과 방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부고시 제2022-70호)에서 규정하는 작업하중 및 시험성능기준 최대하중을 적용하였다.

구조해석에 따른 구조 안전성 평가 항목인 최대지지길이(수평재+강관비계)에 대한 수직처짐량과 주부재의 최대 발생 응력을 대상으로 하여 다음과 같은

결론을 도출하였다.

- 방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부고시 제 2022-70호)에서 규정하는 수직처짐량 검토하중 9kN 및 시험성능기준 최대하중 27kN이 작용하였을 때의 수직처짐은 모두 허용처짐 이내로 발생함을 확인하였다. 그리고, 이 하중이 작용하였을 때 발생하는 부재 응력은 모든 부재(수평재, 수직재, 경사재 및 강관비계)에서 허용응력(0.6fy) 이내로 발생함을 확인하였다.

- 비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00)에서 규정하는 경작업하중 1.25kN/m^2, 중작업하중 2.5kN/m^2, 작업발판 중량 0.2kN/m^2과 및 상부 작업대 중량 4kN을 하중 조합으로 모두 고려한 하중 재하에 따른 수직처짐은 허용처짐 이내로 발생함을 확인하였다. 그리고, 이 하중이 작용하였을 때 발생하는 부재 응력은 모든 부재(수평재, 수직재, 경사재 및 강관비계)에서 허용응력(0.6fy) 이내로 발생함을 확인하였다.

- 일반 확장형과 다르게 벽이음재 설치가 불가능한 관통형 및 전망형 승강기 전용 작업대의 경우에도 방호장치 자율안전기준 고시에서 규정하는 최대하중이 가력보에 의한 집중하중으로 작용할 때 승강로 입구 맞은편에서 설치되는 고정장치의 모든 지지점 조건에 대해서 수직재에서 발생하는 최대 휨응력은 허용 응력을 초과하지 않는 것으로 해석되었다. 이와 함께, 분포하중으로 변환하여 작용하거나 비계 및 안전시설물 설계기준에서 규정하는 나머지 작업하중에 대해서는 수직재를 포함한 모든 부재에서 허용응력(0.6fy) 이내로 발생함을 확인하였다.

- 이에 따라, 범용성을 확보할 수 있는 확장형 승강기 작업대를 개발하기

위해서는 전망형과 관통형으로 사용될 경우를 고려하여 승강로 맞은편에서 강관비계를 지지할 수 있도록 설치하는 관통형의 바닥 고정장치 및 전망형의 H형강 체결장치(클램프)의 지지점 형식은 힌지 또는 롤러 형식의 지점보다는 수평 및 수직 변위와 회전을 모두 구속(강결)할 수 있는 고정단 지점의 특성이 되도록 개발이 필요하다.

- 그러나, 이상과 같이 구조안전성을 검토한 확장형 승강기 작업대는 수평재의 지지길이를 2,500mm 이하, 벽이음재 설치 구조로 규정하고 있어 현행 방호장치 자율안전기준고시의 규정을 초과하므로 인증 대상이 될 수 없는 문제가 발생할 수 있다. 본 연구에서는 구조 안전성 검토만을 대상으로 하였으므로 3,200mm까지 수평재 확장 및 관통형(전망형) 작업대를 적용하는 것이 가능하였으나, 현장 적용을 위한 실제 개발 시에는 구조해석 뿐만 아니라 실물모형 제작 및 구조 실험 등의 검증 절차가 필요하므로 구조해석의 결과만으로는 현행 방호장치 자율안전기준 부합 및 개발 가능 여부를 단언할 수 없다.

Ⅴ. 결론

Ⅴ. 결론

1. 결론 및 활용방안

본 연구는 승강기 산업의 급속한 성장과 더불어 발생하는 승강기 작업자 추락 사고를 예방하기 위해 개발·보급중인 승강기 전용 작업대의 안전성, 작업성, 현장 적용성 등에 대한 효과성을 조사하고 고층 건물 및 다양한 구조 형식의 건축물에서 발생할 수 있는 승강기 작업자 추락사고 예방에 선제적 대응을 위해 15인승 초과 승강기, 관통형(전망형) 승강기, 철골 및 철골 콘크리트 구조 형식까지 확대 적용할 수 있는 확장형 승강기 작업대 설계안 제시를 목표로 하였다. 연구 내용으로는 선행연구 및 문헌조사를 통해 승강기 관련 산업재해의 문제점, 승강기 작업자 중대사고 발생의 주요원인, 관련 법령의 문제점 등을 조사하고 다음으로 승강기 제조사, 설치업체 등 관계자를 대상으로 설문 조사 및 현장 방문 조사를 실시하여 보급중인 작업대의 효과성, 개선점 및 확장형 승강기 작업대 개발 방향에 대한 의견을 수렴하였다. 그리고 연구 내용을 토대로 이번 연구의 최종 목표인 확장형 승강기 작업대의 설계안을 마련하고 현형 법규의 부합여부 및 향후 실제 작업대를 개발하기 위한 구조 안전성 검토를 수행하였으며, 전문가 자문 회의를 실시하여 수행 연구의 내용, 방법, 결과의 적정성을 검토하였다. 본 연구의 결과를 항목별로 요약하면 다음과 같다.

○ 선행연구에서는 승강기 관련 작업은 고위험 작업이며 사고발생 시 중대재해로의 연계 가능성이 높음을 공감하고 있었으며, ‘18년 승강기 안전관리법 전면 개정으로 안전인증, 안전검사가 각각 산업통상자원부, 행정안전부로 이원화 되어 있던 것을 행정안전부 소관으로 통합하는 등 대폭적인 제도 개선이 이루어졌지만 여전히 승강기 사용과 설치상의 안전관리 소관 부처가

행정안전부와 고용노동부로 이원화 되어 있으므로, 승강기 작업자 사고예방을 위한 체계적인 안전관리 제도 마련과 효과적인 예방을 위해서는 문제가 되고 있음을 지적하고 있다.

○ 재해사례 분석에서는 최근 5년간 승강기 작업자 사고재해자는 140명, 사고사망자는 35명이 발생하여 사고발생 시 사망사고로 연계 가능성(사망사고 연계율 25%)이 아주 높은 고위험 작업임을 알 수 있으며, 작업 종류별로 분류할 경우 설치작업에서 13명 발생하여 비중이 가장 높았고 발생 형태별로 분류할 경우 추락사고가 18명 발생하여 고소 작업으로 인한 사고 비중이 높음을 알 수 있었다. 사고의 주요 원인으로는 승강기 설치업체가 영세하여 안전의식 및 안전관리에 대한 체계적인 관리가 미흡한 것으로 나타났으며, 특히 추락 사고가 집중되는 승강로 내부 작업 환경을 개선할 수 있는 특화된 안전시설이 부족한 것으로 나타났다.

○ 구조안전성 검토에서는 기계실이 없는(MRL Type) 15인승 이하 승객용 승강기를 대상으로 승강로 깊이가 2,500mm 이하인 승강로의 내부 및 상부 작업 중 떨어짐 사고 예방을 위해 개발되어 보급되고 있는 승강기 전용 작업대의 적용 범위를 승강로 깊이 3,200mm까지 확대하고 철근콘크리트구조 건축물에서 벽이음재 설치가 가능한 15인승 초과 확장형과 승강로 입구가 양쪽으로 설치되어 벽이음재를 설치할 수 없는 관통형, 그리고 관통형과 마찬가지로 벽이음재를 설치할 수 없는 전망형 등 3가지로 구분하였다. 그리고, 벽이음재 설치가 불가능한 관통형 및 전망형 승강기 전용 작업대의 경우에는 수직재가 설치되는 승강로 입구의 반대편에서 수평재로부터 연장되는 강관 비계를 지지할 수 있는 별도의 고정(지지)장치 개발을 고려하여 지지점 조건을 고정단, 힌지 및 롤러로 구분하여 구조 안전성 검토를 실시하였다.

○ 본 연구는 구조 해석 프로그램을 이용한 안전성 검토만을 수행하는 것으로 3,200mm까지 수평재 확장 및 관통형(전망형) 작업대를 적용하는 것이 가능한 것으로 검토되었으나, 현장 적용을 위한 실제 개발 시에는 구조해석 뿐만 아니라 실물모형 제작 및 구조 실험 등의 안전한 사용과 관련한 검증 절차가 필요하므로 범용 구조해석 프로그램을 사용한 결과만으로는 현장 적용 시 안전성 확보 여부를 단언할 수는 없다.

○ 관련 법령 검토와 관련하여서는 국토교통부의 '비계 및 안전시설물 설계기준'과 고용노동부의 '방호장치 자율안전고시'가 있으며, '비계 및 안전시설물 설계기준'은 건설 현장의 구조물 공사를 위해 일시적으로 설치하여야 하는 작업발판, 안전시설, 거푸집동바리, 흙막이지보공 등의 설계를 위해 광범위하게 적용되고 있는 국가건설기준이며, '방호장치 자율안전고시'는 유해위험 기계·기구의 안전한 사용을 위해 설치하는 방호장치의 안전기준과 시험방법을 정해놓은 안전인증기준이다. 그 중 '방호장치 자율안전고시'의 승강로용 브래킷에 대한 규정은 승강기 전용 작업대의 개발과 더불어 신설된 조항이며, 공단의 고위험 작업 안전시설개선 사업의 재정 지원을 받기 위해서는 해당 인증을 득한 제품을 사용하여야 한다. 따라서 현재 보급중인 15인승 이하 승강기 전용 작업대의 경우 국토교통부의 기준과 고용노동부의 기준을 모두 충족하고는 있지만 15인승 초과 확장형 승강기 작업대를 개발할 경우 '방호장치 자율안전고시'에서 정하고 있는 수평재 길이를 초과하거나 벽이음재 설치가 어려운 구조에 적용하여야 하므로 재정지원 대상에서 제외되는 문제점이 발생할 수 있다.

○ 전문가 자문에서는 승강기 작업자 추락사망사고의 선제적 예방을 위해서는 최근 설치가 증가하고 있는 확장형 승강기 작업대 개발(15인승 초과, 관통형, 전망형 등)이 필요하며, 안전관리가 열악한 승강기 설치업체의 사용 확대를

위해서는 재정지원이 중요하다고 하였다. 현재 보급중인 승강기 작업대의 개선점과 확장형 개발 시 고려해야 할 사항은 작업대의 운반성 개선(경량화), 벽이음재의 설치 전 처짐을 보완할 수 있는 수평재 고정방안 마련, 수평지지대 설치 시 승강기 출입구와 건너편의 단차를 보정해 줄 수 있는 장치 개발 등이 필요하다고 하였다.

본 연구에 수행된 연구내용 및 결과는 다음과 같이 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

○ 본 연구를 통하여 도출된 연구 결과들은 국내 승강기 작업 관련 법·제도 개선 및 사망사고 고 위험 개선사업의 재정지원 품목 선정 시 검토 자료로 활용 가능할 것이다.

○ 승강기 작업 특성 및 환경을 반영하여 개발한 승강기 전용 작업대 개선 방안과 확장형 승강기 작업대 개발 시 활용함으로써 승강기 작업자 사고의 근원적 예방을 위한 실효성 있는 대책으로 가능할 것이다.

○ 승강기 작업대의 구조 안전성 검토 결과는 현장 적용을 위한 확장형 승강기 작업대 개발 시 실물 구조 실험 계획, 시제품 제작 방법 및 현장 테스트 선정 등에 활용 가능할 것이다.

○ 안전 신기술 개발 등의 유사 연구 수행 시 참고 자료로 활용 가능하고 관련 특허 기술의 무상 허여를 통한 중소업체의 동반성장 및 민간 시장 활성화에 크게 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

고용노동부 고시 제2022-70호 방호장치 자율안전기준 고시

국토교통부 KDS 21 00 00 가시설물 설계기준「가시설물 설계 일반사항」

국토교통부 KDS 21 00 00 가시설물 설계기준 「비계 및 안전시설물 설계기준」

고용노동부 보도자료(2020.4.1.)「관계부처 합동 승강기 작업장 안전강화 대책」 http://www.moel.go.kr 발췌

한국승강기안전공단「국가승강기정보센터」http://www.elevator.go.kr 발췌

전형호, 서상윤, 최동원(2020). 승강기 산업의 기술동향과 산업전망. 한국산업기술평가관리원, PD Issue Report, vol. 20-5

이기열, 이경선, 민승남, 전두성(2018). 엘리베이터 설치와 유지보수 시 안전작업기준 및 전용발판 개발에 관한 연구. 산업안전보건연구원

김범상, 박범(2020). 승강기 작업자 안전사고 예방을 위한 안전관리 개선 방안. 대한안전경영과학회지, 22(2), 23-30

박철승, 김용수(2019). 승강기 설치 사고 사례 분석을 통한 문제점 및 개선방안. 국내석사학위논문 중앙대학교 건설대학원

김정한, 김찬오(2011). 엘리베이터 설치공사의 위험성과 추락재해 예방에 관한 연구. 국내석사학위논문 서울과학기술대학교 산업대학원

최기홍(2007). 승강기 안전관리제도의 문제점 분석에 관한 연구. 한국안전학회, 22(6), 7-12

현대엘리베이터 홈페이지 www.hyundaielevator.co.kr

티센크루프 엘리베이터 코리아 홈페이지 www.thyssenkrupp-elevator.com

오티스 엘리베이터 코리아 홈페이지 www.otis.com

미쓰비시 엘리베이터 코리아 홈페이지 www.mitsubishielevator.co.kr

Abstract

A Study on ways to expand field applicability of working platforms dedicated to elevator installation.

Objectives :

This study investigated the effectiveness of elevator-specific workstations being developed and distributed in terms of safety, workability, and field applicability to prevent elevator worker fall accidents that occur along with the rapid growth of the elevator industry, and investigated the effectiveness of elevator workstations in high-rise buildings and various structural types. In order to preemptively respond to the prevention of elevator worker fall accidents that may occur in buildings, the goal was to present an expandable elevator working platform design that can be expanded to include elevators exceeding 15 passengers, penetrating (view-type) elevators, and steel and steel concrete structure types. . The content of the study was to investigate the problems of elevator-related industrial accidents, the main causes of serious accidents involving elevator workers, and problems with related laws through prior research and literature research. Next, surveys were conducted on elevator manufacturers, installation companies, etc. An on-site visit survey was conducted to collect opinions on the effectiveness of the working platform being distributed, points for improvement, and the direction of

development of the expandable elevator working platform.

Based on the research content, we prepared a design plan for an expandable elevator working platform, which is the final goal of this study, and conducted a structural safety review to determine whether it complies with current laws and regulations and develop an actual working platform in the future. We also held an expert advisory meeting to determine the content of the research conducted. The appropriateness of the method and results were reviewed. The results of this study are summarized by item as follows.

Results :

○ In previous studies, it was agreed that elevator-related work is high-risk work and that there is a high possibility of it being linked to a serious disaster in the event of an accident, and with the comprehensive revision of the Elevator Safety Management Act in 2018, safety certification and safety inspection were transferred to the Ministry of Trade, Industry and Energy and the Ministry of Public Administration and Security, respectively. Significant improvements have been made to the system, such as integrating the previously dual functions into the jurisdiction of the Ministry of Public Administration and Security, but the ministries in charge of safety management for elevator use and installation are still dualized into the Ministry of Public Administration and Security and the Ministry of Employment and Labor, so a systematic safety management system has been established to prevent elevator worker accidents. It is pointed out that this is a problem for effective prevention.

○ In the analysis of disaster cases, over the past five years, there have been 140 accident victims and 35 accidental deaths among elevator workers, showing that this is a high-risk job with a very high possibility of an accident leading to a fatal accident (25% fatal accident linkage rate). When classified by type, installation work accounted for the highest proportion of accidents with 13 deaths, and when classified by type of occurrence, fall accidents occurred with 18 deaths, showing that the proportion of accidents caused by work at heights was high. The main cause of the accident was found to be a small elevator installation company, which resulted in a lack of systematic management of safety awareness and safety management. In particular, it was found that there was a lack of specialized safety facilities that could improve the working environment inside the elevator, where fall accidents are concentrated.

○ In the structural safety review, the scope of application of the elevator working platform, which has been developed and distributed to prevent falling accidents during work inside and on the top of the hoistway with a hoistway depth of 2,500 mm or less, targets passenger elevators without machine rooms (MRL Type) with a capacity of 15 passengers or less. An extended type that extends the hoistway depth to 3,200mm and can accommodate wall joints in reinforced concrete structures, an extended type that can accommodate more than 15 passengers, a through-type type that cannot install wall joints because the hoistway entrance is installed on both sides, and a type that cannot install wall joints like the through-type. It was divided into three types, including prospective. In addition, in the case of working platform exclusively for through-type and observation-type elevators where wall

joints cannot be installed, consideration should be given to the development of a separate fixing (support) device that can support the steel pipe scaffolding extending from the horizontal member on the other side of the entrance to the hoistway where the vertical member is installed. A structural safety review was conducted by dividing the conditions into fixed end, hinge, and roller.

○ This study only conducts a safety review using a structural analysis program, and it has been reviewed that it is possible to expand the horizontal member up to 3,200mm and apply a penetrating (view-type) working platform. However, during actual development for field application, not only structural analysis but also actual Since verification procedures related to safe use, such as model production and structural testing, are required, it is impossible to determine whether safety is secured when applied in the field solely based on the results of using a general-purpose structural analysis program.

○ Regarding the review of related laws, there are the 'Scaffolding and Safety Facility Design Standards' of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport and the 'Voluntary Safety Notice for Protective Devices' of the Ministry of Employment and Labor. It is a national construction standard that is widely applied for the design of work platforms, safety facilities, formwork, and earth retaining reinforcement that must be installed, and the 'Autonomous Safety Notice for Protective Devices' is a national construction standard that is applied for the safe use of hazardous and dangerous machines and instruments. It is a safety certification standard that sets the safety standards and testing methods for protective devices. Among them,

the regulations on brackets for elevators in the 'Voluntary Safety Notice for Protective Devices' are newly established provisions along with the development of working platform exclusively for elevators, and in order to receive financial support for the corporation's high-risk work safety facility improvement project, products that have obtained the corresponding certification must be used. Therefore, the currently distributed working platform exclusively for elevators with a seating capacity of 15 or less meet both the standards of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport and the standards of the Ministry of Employment and Labor. However, if an expandable elevator working platform with a seating capacity exceeding 15 seats is developed, the length of the horizontal member specified in the 'Voluntary Safety Notice for Protective Devices' will be exceeded. Alternatively, it must be applied to structures where it is difficult to install wall joints, which may result in exclusion from financial support.

○ According to expert advice, in order to preemptively prevent elevator worker fall accidents, it is necessary to develop expandable elevator workstations (exceeding 15 people, penetrating type, viewing type, etc.), which are increasingly being installed recently, and to prevent the use of elevator installation companies with poor safety management. He said that financial support is important for expansion. Things to consider when developing the elevator working platform and the improvement of the currently distributed elevator working platform include improving the transportability of the working platform (lightening it), preparing a fixing method for the horizontal material to compensate for deflection before installing the wall joint, and the level difference between the elevator entrance and the opposite side when installing

the horizontal support. It was said that it was necessary to develop a device that could correct.

Conclusion :

○ The research results derived from this study can be used as review data when improving domestic elevator work-related laws and systems and selecting financial support items for high-risk fatal accident improvement projects.

○ By utilizing the improvement plan for the elevator-specific working platform developed to reflect the characteristics and environment of elevator work and the development of the expandable elevator working platform, it will be possible to use it as an effective measure to fundamentally prevent elevator worker accidents.

○ The results of the structural safety review of the elevator working platform can be used to plan actual structural experiments, select prototype production methods, and field tests when developing an expandable elevator working platform for field application.

○ It can be used as reference material when conducting similar research, such as the development of new safety technologies, and is expected to greatly contribute to the shared growth of small and medium-sized companies and revitalization of the private market through free granting of related patented technologies.

Key words :

Safety, Fall accident, Elevators, Working platform, System scaffolding.

연구진

연 구 기 관: **산업안전보건연구원**

연구책임자: 황종문 (연구위원, 산업안전연구실)

연구기간

2023. 2. 20. ~ 2023. 11. 30.

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며,
우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

승강기(엘리베이터) 설치 전용 작업대의 현장 적용성 확대 방안 연구

(2023-산업안전보건연구원-814)

발 행 일 : 2023년 11월 30일
발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 김은아
연구책임자 : 산업안전연구부 연구위원 황종문
발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원
주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400
전 화 : 052-703-0842
팩 스 : 052-703-0334
Homepage : http://oshri.kosha.or.kr
I S B N : 979-11-93642-39-9
공공안심글꼴 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체