

연구보고서

추락재해예방을 위한 비계 안전난간 선행공법의 국내 건설현장 적용에 관한 연구

문성오·오태근·이정석·모승언·윤예빈

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



제 출 문

산업안전보건연구원장 귀하

본 보고서를 “추락재해예방을 위한 비계 안전난간 선행공법의 국내 건설현장 적용에 관한 연구”의 최종 연구결과 보고서로 제출합니다.

2019년 11월

연구기관 : 재단법인 한국비계기술원
연구기간 : 2019.08.13 ~ 2019.11.30
연구책임자 : 문성오(한국비계기술원 기술연구팀 팀장)
참여연구원 : 오탈근(인천대학교 안전공학과 교수)
참여연구원 : 이정석((주)세일시스 연구소장)
참여연구원 : 모승언(한국비계기술원 교육진단팀 팀장)
참여연구원 : 윤예빈(한국비계기술원 기술연구팀 선임연구원)

요 약 문

연구기간

2019년 8월 ~ 2019년 11월

핵심 단어

비계 안전난간, 선행공법, 추락재해예방

연구과제명

추락재해예방을 위한 비계 안전난간 선행공법의
국내 건설현장 적용에 관한 연구

1. 연구배경

건설현장에서 임시 가설 통로 및 작업 공간으로 사용되는 비계는 반드시 추락 및 낙하방지용 안전시설물을 동반한다. 비계 구조물 위에서 작업을 하는 작업자와 장비, 자재 등의 추락·낙하 사고를 예방하기 위함이다.

비계구조물은 구성부재의 조립·해체를 통한 시공방법으로 설치되는데 아래에서부터 조립해 올라가는 비계 구조물은 조립 순서상 작업발판이 먼저 설치된 후에 안전난간이 설치된다. 이러한 비계 시공 방법은 안전난간이 설치되지 않은 상태의 작업발판 위에서 작업이 이루어지기 때문에 정작 비계 구조물을 직접 설치하는 비계 작업자들은 추락재해로부터 보호받지 못하고 있는 실정이다.

이러한 문제의 해결방안으로 비계의 설치 및 해체작업을 포함한 비계 위에서 행해지는 모든 작업 시에 항상 안전난간이 있는 상태에서 작업이 가능하도록 하는 안전난간 선행공법을 제안하고자 한다. 안전난간의 선행공법은 비계 설치 시 작업자가 윗단의 작업발판에 오르기 전에 안전난간을 선행하여 설치하기 때문에 비계를 설치할 때 추락으로부터 안전 확보가 가능하다. 이러한 안전난간 선행공법의 국내 도입을 위해서는 관련 법령이나 선행형 안전난간의 안전인증기준 마련 등 기준과 제도의 개선이 필요하며 본 연구를 통해 그 방안을 제시하고자 한다.

2. 주요 연구내용

선행형 안전난간을 설치 및 사용하는 경우, 비계를 설치하는 과정에서의 작업자 안전 확보뿐만 아니라 설치 후 비계구조물의 안전성을 확보할 수 있는지에 대한 종합적인 검토가 필요하다.

또한 선행형 안전난간을 국내에서 사용하기 위해선 설치 관련 법령 또는 제품 기준과의 부합성 검토 등을 통해 개선방안을 도출하여 기준을 보완할 필요가 있다.

이에 본 연구는 이미 해외에서 시행되고 있는 안전난간 선행공법에 대한 사례와 자료를 통해 선행형 안전난간의 우수성과 재해율의 변화를 분석하고 제조공장 및 설치현장을 방문하여 개별 제품의 제조과정 및 사용실태를 조사하였으며, 성능시험 및 구조검토를 통해 비계구조물로서의 안전성을 검증하였다.

또한 현장 실무자를 위한 시공 매뉴얼을 제공하여 신규 공법에 대한 이해를 높이하고자 하였으며 재료, 구조, 성능 등을 규정한 안전인증기준 및 설치기준인 산업안전보건기준에 관한 규칙 개정 방안에 대한 의견을 제시하였다.

본 연구에서는 ‘안전난간 선행공법’의 안전성 검증 및 국내 도입을 위한 법·규정의 개선 의견을 제시하는 것이 주 목적이었지만 향후 추가연구가 진행된다면 유럽 및 미국 등의 선행공법 사례, 조립체로서의 안전인증기준 타당성 검토, 시스템비계 외의 강관비계용의 선행형 안전난간 적용 방안 등의 추가 연구가 필요할 것으로 보인다.

또한 중간난간대를 대체하는 수직 중간난간대 및 이를 대신할 수 있는 보강재가 있는 선행형 안전난간과 같은 제품들의 개발과 이를 현장에 적용하여 적정성을 검증하는 실증 연구가 이루어져 향후에는 본 연구 단계에서 제안한 제품보다 발전된 제품들이 사용되길 기대한다.

3. 연구 활용방안

- 국내 시스템비계 등의 추락재해 취약점 해결 방안 제시
- 안전인증제도 개선을 위한 기초자료
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 개정 등 제도 개선을 위한 기초자료
- 안전난간 설치 방법별 설계 및 시공기준 정립을 위한 기초자료

4. 연락처

- 연구책임자 : 재단법인 한국비계기술원 기술연구팀 문성오 팀장
 - 연구상대역 : 산업안전보건연구원 연구기획부 박주동 차장
산업안전보건연구원 연구기획부 강준혁 과장
공단 본부 사업관리실 법정사업부 이현섭 차장
-
- ☎ 052) 703-0815(연구상대역 전화)
 - E-mail : likeaceo99@kosha.or.kr(연구상대역 이메일)

차 례

I. 서론	1
1. 연구 배경 및 목적	1
2. 연구 범위 및 방법	3
3. 선행 연구 분석	6
II. 추락과 비계 사고 현황	9
1. 산업현장의 추락사고와 비계 안전	9
2. 통계로 본 비계에서의 추락사고	12
3. 재해사례로 본 비계에서의 추락사고	21
III. 국내·외 비계용 안전난간의 현황	26
1. 국내 안전난간의 기준과 실태	26
2. 국외 안전난간의 기준과 실태	35
3. 안전난간 선행공법의 해외 운영 사례	42
IV. 구조안전성 및 경제성 검증	64
1. 구조 안전성 검토	64
2. 안전난간 선행/후행공법의 경제성 비교	78
3. 고찰	82

V. 성능시험	83
1. 시험 개요	83
2. 성능시험 결과	97
3. 고 찰	111
VI. 제도 개선 제안	115
1. 설치 및 사용 기준에 대한 제안	115
2. 제품 기준에 대한 제안	119
VII. 결 론	128
참고문헌	131
Abstract	135
부 록	137
1. 설치매뉴얼	138
2. 해체매뉴얼	151

표 차 례

〈표1-1〉 가설기자재 안전인증제도에 대한 선행 연구	7
〈표2-1〉 추락(떨어짐)의 위험장소에 대한 각국의 정의와 방호조치	9
〈표2-2〉 추락으로 인한 업무상사고 재해자	10
〈표2-3〉 건설업종 추락 사고 사망자	11
〈표2-4〉 최근 9년간 비계(작업발판 포함)에 의한 사고 사망 재해자	13
〈표2-5〉 ‘건축,구조물 및 표면’ 사고 점유율	14
〈표2-6〉 기인물별 추락으로 인한 재해 현황	15
〈표2-7〉 건설업종과 다른 산업 간의 비계 사망자 비교	17
〈표2-8〉 사업장 규모별 ‘비계 및 작업발판’ 사망 사고	17
〈표2-9〉 작업내용별 ‘비계 및 작업발판’ 의 사망 사고	18
〈표2-10〉 불안정한 상태별 ‘비계 및 작업발판’ 사망 사고	20
〈표3-1〉 안전인증 대상 안전난간의 종류	26
〈표3-2〉 비계용 부재의 종류 및 분류	28
〈표3-3〉 안전난간의 구조 및 설치요건	30
〈표3-4〉 이동식 비계용 난간틀의 구조	31
〈표3-5〉 강관비계의 안전난간 설치 관련 기준	32
〈표3-6〉 표준안전난간의 구조	33
〈표3-7〉 노동안전위생규칙 제552조 제4항	37
〈표3-8〉 기발 제0311001호에서 규정하는 중간난간대 구조	38
〈표3-9〉 ANSI/ASSP A10.8에서 규정한 중간난간대를 대체할 수 있는 교차가새 구조	40
〈표3-10〉 선행형 안전난간의 생산 과정	49
〈표4-1〉 비계 및 안전시설물 설계하중의 하중조합	65
〈표4-2〉 기존 시스템 비계의 부재별 단면 특성	68

〈표4-3〉 선행형 안전난간 시스템 비계의 부재별 단면 특성	68
〈표4-4〉 기존 시스템 비계(H=20m)의 안전성 평가결과	76
〈표4-5〉 기존 시스템 비계(H=40m)의 안전성 평가결과	76
〈표4-6〉 선행형 안전난간 시스템 비계(H=20m)의 안전성 평가결과	77
〈표4-7〉 선행형 안전난간 시스템 비계(H=40m)의 안전성 평가결과	77
〈표4-8〉 안전난간 선행/후행공법 경제성 비교	81
〈표5-1〉 안전인증대상 기계·기구 등의 제조·수입·사용 등의 금지 등 ..	83
〈표5-2〉 선행형 안전난간의 구조 적정성 평가 기준	85
〈표5-3〉 선행형 안전난간의 처짐 및 휨시험 기준(일본의 기준)	86
〈표5-4〉 이동식 비계용 난간틀 시험 기준	87
〈표5-5〉 선행형 안전난간의 처짐 및 휨시험	88
〈표5-6〉 선행형 안전난간의 수평 저항성 시험(일본 가설공업회 기준)	89
〈표5-7〉 선행형 안전난간의 수평 저항성 시험(작업대 제거)	90
〈표5-8〉 틀형 비계용 교차가새 시험 기준	91
〈표5-9〉 선행형 안전난간의 가새 시험(상부난간대 제거)	92
〈표5-10〉 선행형 안전난간의 가새 시험(상부난간대 제거하지 않음)	93
〈표5-11〉 구조 적정성 평가 결과	97
〈표5-12〉 처짐 및 휨시험 결과	99
〈표5-13〉 수평 저항력 시험 결과(작업대가 있는 상태)	101
〈표5-14〉 수평 저항력 시험 결과(작업대를 제거한 상태)	104
〈표5-15〉 가새 시험 결과(상부난간대 제거한 상태)	107
〈표5-16〉 가새 시험 결과(상부난간대가 있는 상태)	110
〈표5-17〉 전체 성능 시험 결과표	111
〈표6-1〉 규칙 제13조의2 신설 개정(안)	116
〈표6-2〉 「비계 및 안전시설물 설계기준」 개정(안) 신규대비표	118
〈표6-3〉 「방호장치 안전인증 고시」 개정(안)	121

그림 차례

[그림1-1] 수직 보강장치가 있는 선행형 안전난간	8
[그림2-1] 일본과 건설업종 추락 사고 사망자 비교	11
[그림2-2] 최근 9년간 일본과 비계에 의한 사고 사망자 비교	13
[그림2-3] 일본과의 비계 사망 사고 작업내용별 비교	19
[그림3-1] 엘리베이터 개구부용 난간틀	27
[그림3-2] 이동식 비계용 난간틀	27
[그림3-3] 국내 시스템비계에 설치한 안전난간	34
[그림3-4] 일본공업규격에서 규정한 선행형 안전난간	35
[그림3-5] 교차가새 형상의 구조를 갖는 안전난간	36
[그림3-6] 중간띠장으로 적합한 가새재 구조	38
[그림3-7] 교차가새와 작업바닥면과의 공간 높이	39
[그림3-8] EN 12811-1에서 규정하는 비계 구성 요소	41
[그림3-9] 일본의 안전난간 선행공법 도입과 보급 확대	42
[그림3-10] 후생노동성 기발 제0424001호	43
[그림3-11] 후생노동성 기발 제0424002호	44
[그림3-12] 제8차 건설업 노동재해방지 5개년 계획	45
[그림3-13] 제7차 건설업 노동재해방지 활동과 그 성과	46
[그림3-14] 건설업노동재해협회 회원사의 추락·전락 재해방지 대책	47
[그림3-15] 일본의 사망재해 현황	47
[그림3-16] 사이타마 가설공업회 시험소 방문	56
[그림3-17] 승인 대상 선행형 안전난간	57
[그림3-18] 안전난간 선행공법으로 설치가 완료된 현장	59
[그림3-19] 안전난간 선행공법이 적용된 비계구조물 내부	60

[그림3-20] 안전난간 선행공법으로 설치 중인 현장	60
[그림3-21] 선행형 안전난간이 설치된 현장 (신축공사)	61
[그림3-22] 선행형 안전난간이 설치된 현장 (터널공사)	62
[그림3-23] 선행형 안전난간이 설치된 현장 (항만공사)	62
[그림3-24] 안전난간을 2번 설치하는 선행공법	63
[그림4-1] 기존 시스템 비계 (H=20m)	66
[그림4-2] 기존 시스템 비계 (H=40m)	66
[그림4-3] 선행형 안전난간 시스템 비계 (H=20m)	67
[그림4-4] 선행형 안전난간 시스템 비계 (H=40m)	67
[그림4-5] 선행형 안전난간 시스템 비계 구조해석 모델	69
[그림4-6] 발판하중 적용	70
[그림4-7] 작업하중 적용	70
[그림4-8] X방향 최소수평하중 적용	71
[그림4-9] Y방향 최소수평하중 적용	71
[그림4-10] X방향 풍하중 적용	72
[그림4-11] Y방향 풍하중 적용	72
[그림4-12] 선행형 안전난간 시스템 비계 하단의 반력	73
[그림4-13] 선행형 안전난간 시스템 비계 각 부재의 축력	74
[그림4-14] 선행형 안전난간 시스템 비계 각 부재의 휨모멘트	75
[그림4-15] 선행형 안전난간 시스템 비계 각 부재의 응력	75
[그림4-16] 안전난간 후행공법	78
[그림4-17] 안전난간 선행공법	79
[그림4-18] 안전난간 후행공법 적용 시스템 비계(국내)	80
[그림4-19] 안전난간 선행공법 적용 시스템 비계(일본)	80
[그림5-1] 선행형 안전난간 설치 현장	84
[그림5-2] 시험시료(선행형 안전난간)	94

[그림5-3] 대형 인장 압축 시험기	95
[그림5-4] 구조 적정성 평가 기준 틀	96
[그림5-5] 처짐 및 휨시험 장치	96
[그림5-6] 선행형 안전난간 구조 적정성 평가	97
[그림5-7] 선행형 안전난간 처짐 시험	98
[그림5-8] 선행형 안전난간 휨시험	98
[그림5-9] 조립된 시험체(작업대가 있는 상태)	99
[그림5-10] 수평 저항력 시험(작업대가 있는 상태)	100
[그림5-11] 수평 저항력 시험 그래프(작업대가 있는 상태)	101
[그림5-12] 조립된 시험체(작업대를 제거한 상태)	102
[그림5-13] 수평 저항력 시험(작업대를 제거한 상태)	103
[그림5-14] 수평 저항력 시험 그래프(작업대를 제거한 상태)	104
[그림5-15] 조립된 시험체(상부난간대 제거한 상태)	105
[그림5-16] 가새 시험(상부난간대 제거한 상태)	106
[그림5-17] 가새 시험 그래프(상부난간대 제거한 상태)	107
[그림5-18] 조립된 시험체(상부난간대가 있는 상태)	108
[그림5-19] 가새 시험(상부난간대가 있는 상태)	109
[그림5-20] 가새 시험 그래프(상부난간대가 있는 상태)	110
[그림5-21] 이동식 비계용 교차가새	113
[그림5-22] 선행형 안전난간	114

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제42조(추락의 방지)에 따르면 추락(떨어짐)의 방지를 위해 사업주는 근로자가 추락하거나 넘어질 위험이 있는 장소[작업발판의 끝·개구부(開口部) 등은 제외] 또는 기계·설비·선박블록 등에서 작업을 할 때에 근로자가 위험해질 우려가 있는 경우 비계(飛階)를 조립하는 등의 방법으로 작업발판을 설치하도록 하고 있다.

「규칙」 제42조(추락의 방지)에 따라 작업 현장에서 설치하고 있는 대부분의 일반 재래식 작업발판(이하, ‘강관비계’라고 한다)은 수직재간의 설치 간격과 수평재, 띠장 등의 위치가 조립 작업자의 능력(숙련도)에 의존하여 임의로 조절되고 작업발판이 수평을 유지하지 못하거나 누락되는 등 추락방지 역할에 미흡하다는 점이 있어, 고용노동부와 한국산업안전보건공단은 2014년부터 수직재, 수평재와 작업발판의 조립, 체결 방법이 규격화된 시스템비계 사용을 적극 유도하기 위한 현장 지도와 재정적 지원을 해오고 있다.

또한 지난 4월부터 국토교통부와 고용노동부는 함께 ‘안전 건설환경 조성을 위한 추락사고 방지대책’을 마련하여 공공 공사에 대하여 우선적으로 시스템 비계 사용을 의무화하고 민간 공사의 경우 설치비 지원, 보증·공제료 할인과 같은 혜택 등을 제공하면서 추락으로 인한 사망자를 절반으로 감소시키겠다는 목표를 강력하게 추진 중에 있다.

건설현장 등에서 임시 가설 통로 및 작업 공간으로 사용하는 비계는 구성부재를 조립·해체하여 아래에서부터 단계적으로 설치되어 올라가는 시공 방법으로 조립 순서상 작업발판을 먼저 설치하고 그 작업발판 위에서 안전난간이 설치(후행형後行形 안전난간)되며, 비계의 해체 또한 설치의 역순으로 안전난간부터 먼저

해체하고 작업발판을 해체는 방법으로 안전난간이 존재 하지 않은 상태에서 조립·해체 작업이 이루어지고 있다.

뿐만 아니라 완성된 비계구조물에서도 이동 또는 작업 중에 안전난간이 장애가 되는 경우, 수직재와 수직재간에 설치한 수평재인 중간 난간대를 쉽게 제거할 수 있어 안전난간이 없는 상태에서 작업이 진행되는 경우가 많아 추락방지에 취약한 사각지대로 볼 수 있으며 이와 같은 국내의 시공방법은 현재 강관비계와 시스템비계 모두가 가지고 있는 동일한 결함이다.

이러한 문제의 해결방안으로 비계의 설치 및 해체작업을 포함한 비계 위에서 행해지는 모든 작업 시에 항상 안전난간이 있는 상태에서 작업이 가능하도록 하는 안전난간 선행형(先行形) 공법을 제안하고자 하며, 안전난간 선행공법은 비계 설치 시 작업자가 윗단의 작업발판에 오르기 전에 안전난간을 먼저(선행) 설치하고 해체 시 작업발판 다음으로 안전난간을 해체 하면서 비계에서 작업, 이동 중에도 임의 제거가 어려워 추락으로부터 안전하도록 하고 선행형 안전난간의 규격(구조)은 비계구조물의 전도(넘어짐) 방지를 위한 가새재와 같은 기능도 하고 있어 비계구조체의 안전성 강화에도 도움이 된다.

따라서 본 연구는 현장에서 「규칙」 제42조(추락방지)의 이행을 위해 설치하는 비계의 추락재해 유발요인을 제거하기 위한 안전난간 선행공법에 대해서 현재 정부에서 적극 사용을 권장, 유도하고 있는 ‘시스템비계’에 우선 적용 가능하도록 하여 산업현장 추락 사망자 저감 정책이 실효적 성과를 얻을 수 있도록 하는데 있다.

2. 연구 범위 및 방법

추락방지를 강화하기 위한 비계의 안전난간 개선 연구는 첫 번째로 비계의 조립 시 안전난간을 먼저 설치하고 해체 시 역순으로 안전난간이 마지막 순서가 되도록 새로운 안전난간의 규격(구조)을 제안하고 현재 건설현장에서 사용하고 있는 비계에 적합한지 여부와 안전난간으로서의 성능을 확보하고 있는지에 대한 사항 및 새로운 안전난간으로 조립한 비계구조물의 안전성에는 어떤 영향을 주는지에 대한 점들을 기술적으로 검증하는데 중점을 두었다.

두 번째는 새로운 안전난간을 생산하고 현장에서 사용할 수 있게 하기 위해선 안전난간 설치 관련 법령과 가설기자재 안전인증 기준 등과의 부합성 여부가 검토되어야 하고 필요한 관련 규정의 제·개정 방안을 제안하는 것이다.

이외에도 추락과 비계 사고 관련 동향을 알아보고, 특히 이번 연구 대상인 새로운 안전난간은 우리와 산업안전 법령과 제도가 유사하고 국내 건설현장에서 사용하고 있는 비계 규격과도 동일한 일본에서 오래전부터 후생노동성의 방침에 따라서 건설업노동재해방지협회 등 관련단체가 참여하여 추락예방을 위해 안전난간부터 먼저 설치하는 선행공법을 정착시킨 사례에 대한 운영실태를 연구진이 직접 확인 조사하기 위해, 일본의 시스템비계에 대한 선행형 안전난간 제조공장과 설치 중인 건설현장 및 성능시험 기관인 가설공업회 등도 방문하여 국내 적용 가능성 여부를 면밀하게 살펴보고 가설기자재 국제공인시험기관(KOLAS)인 우리 기술원에서 새로운 안전난간에 대한 재료, 구조, 성능시험과 비계구조물 구조 검토 등을 실행하였다.

1) 연구 추진범위

○ 연구방향 설정

- 비계용 안전난간 연구대상 및 범위 설정
- 시험방법, 조사 범위 등 세부 추진계획 설정

○ 국내·외 규격, 법규 및 기준 등 참고문헌과 선행연구 조사 및 분석

- 안전인증기준과 한국산업표준(KS)에서 정한 시험항목과 방법에 대한 분석
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 및 국가건설기준코드 분석
 - 비계 및 안전시설 분야
- 일본기준, 유럽기준(EN) 등 해외 기준 조사
- 관련 선행 연구 조사 분석

○ 실태조사

- 국내 안전난간 및 비계 제조사 방문을 통한 제작공정 등 조사
 - 일본 수출용 선행형 안전난간 생산업체 방문
- 시공사례 조사
 - 국내 비계설치 현장의 안전난간 설치과정 및 설치상태 조사
 - 선행형 안전난간의 경우, 국내는 시공현장이 없어 일본을 방문 조사 (제조업체, 시험기관, 관련단체 담당자 면담 등을 통한 자료 수집)

○ 안전난간 성능시험 및 분석

- 시험용 시제품 및 지그 제작
- 안전난간의 기본 성능인 단위부재의 처짐 및 휨하중 시험
- 수직재, 수평재, 안전난간 등으로 조립된 조립체 상태에서의 성능시험
 - 선행형 안전난간은 비계구조물의 가새재 역할을 하고 있어, 적합한 시험방법 선정 및 시험 실시

- 선행형 안전난간 구조안전성 검토
 - 국가건설기준코드의 비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00)에서 규정하는 설계하중을 적용한 구조해석
 - 기존 시스템비계
 - 비계용 강관을 가새로 적용한 시스템비계
 - 선행형 안전난간을 적용한 시스템비계
 - 각각의 경우에 대한 구조안전성 비교 분석
- 자문회의 개최
 - 연구의 진행에 따른 각계 전문가의 자문의견 수렴
 - 비계 및 안전난간 설계, 제조, 시공 관련 실무전문가 참여
- 제도 개선을 위한 의견 제시 및 연구 결과 보고
 - 시스템 비계용 선행형 안전난간의 안전인증기준(안) 마련
 - 산업안전보건기준에 관한 규칙 개정(안) 마련
 - 자문회의 결과를 반영한 제도 개선(안) 제시
 - 연구 성과물을 보고서로 작성 및 제출

3. 선행 연구 분석

지금까지 국내에서 안전난간 선행공법에 대해 직접적으로 관련된 연구를 수행한 실적은 없으나, 인증제도의 분석이나 일본 기준의 검토를 통한 국내 기준의 개선방안에 대한 연구 또는 가설공사에서의 안전성 확보방안에 대한 연구 등 가설기자재 및 가설구조물 관련 연구가 있으며 주요 내용은 다음과 같다.

2018년 산업안전보건연구원에서는 “조립된 가설기자재(시스템)에 대한 인증제도 및 기준에 관한 연구”를 통해 단품의 가설기자재가 아닌 부재가 결합된 형태의 가설기자재에 대한 연구를 수행하였으며, 연구 대상 가설기자재는 시스템동바리로서, 현재 안전인증제도 상 수직재, 수평재, 가새재, 트러스, 연결조인트 등 각각의 부재별로 안전인증을 취득하도록 하고 있어, 조립체로서의 안전인증 타당성 검토를 연구하였다.

또한 이와 유사한 연구로 2013년 연구한 “조립식 가설기자재의 완성품에 대한 안전 인증 타당성 연구”도 실시하였는데, 이동식비계용 부재를 조립하여 조립체를 만들고, 이 조립체에 재하시험을 실시하여 적정한 안전인증기준안을 도출하는 연구를 수행했다.

또한 본 연구처럼 일본의 기준을 분석한 2016년 산업안전보건연구원에서 수행한 “산업안전보건기준에 관한규칙 선진화 방안 연구”는 일본의 노동안전위생규칙 및 국내 안전인증기준 등의 관련 법규정에 대해 조사분석을 통한 안전기준 중심의 제도 개선방안에 대한 연구가 있었다.

이 연구에서는 건설분야, 기계분야, 전기분야, 화공분야로 구분하여 개정이 필요한 부분에 대한 연구를 진행하였으며, 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제13조의 안전난간의 구조에 대해서는 건설분야의 경우 「추락재해방지 표준안전 작업지침(고용노동부고시 제2015-53호)」과의 부합화를 위해 수평난간대 간 간격을 기존 60 cm 이하에서 45 cm 이하가 되도록 하고, 신설 기준으로 난간기둥의 바

깔지름을 규정하는 개정(안)을 제시하였다.

2016년 국토교통부에서 위임하여 한국비계기술원에서 연구한 “가설구조물 안전성 확보방안 연구”에서는 가설구조물의 안전성 확보를 위해서는 조립도에 의한 시공 및 재사용되는 가설기자재의 특성 상 자재의 품질관리가 필요하며, 이에 현장에서 참조할 표준 조립도 작성 및 가설기자재의 성능 확보를 위한 품질검사 기준 정립에 대한 연구가 있었다.

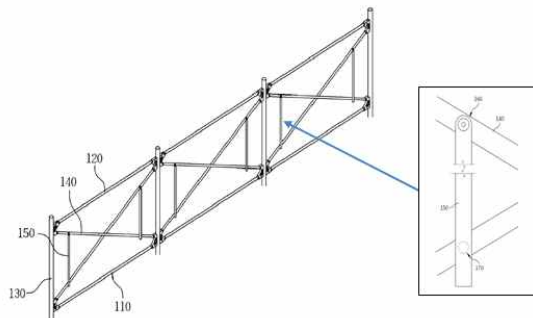
이 밖에도 가설기자재 안전인증제도 등에 대한 다수의 선행 연구가 있었으며, 간단하게 정리하면 <표1-1>과 같다.

<표1-1> 가설기자재 안전인증제도에 대한 선행 연구

연구명	주요내용	연구기관	연도
조립된 가설기자재(시스템) 인증제도 및 기준에 관한 연구	실물실험 등을 통한 조립된 가설기자재(시스템) 안전인증 도입방안 연구	산업안전보건연구원	2018
산업안전보건기준에 관한규칙 선진화 방안 연구	일본 노동안전위생규칙 및 국내 안전인증기준 등 관련 법규정의 조사분석을 통한 안전기준 중심의 제도 개선방안 연구	산업안전보건연구원	2016
가설 구조물 안전성 확보방안 연구	건설현장의 가설구조물 표준조립도 개발 및 가설기자재의 품질확보를 위한 품질시험기준 마련	(재)한국비계기술원	2016
가설기자재 안전인증 실태조사 및 개선에 관한 연구	가설기자재의 안전성을 확보하기 위한 안전인증심의위원회 및 민원사항 등 관련 안전인증제도 전반에 대한 문제점 검토를 통한 개선방안 연구	대한건축학회 지회연합회 논문(정성춘, 이학기)	2016

가설 기자재 안전성 확보방안에 대한 연구	가설기자재 안전인증(자율안전확인 포함)제도 전반에 대한 제도개선 방안 및 재사용품에 대한 관리제도 연구	산업안전보건연구원	2015
조립식 가설기자재의 완성품에 대한 안전 인증 타당성 연구	이동식 비계를 중심으로 조립체에 대한 안전인증기준 마련	산업안전보건연구원	2013
검정대상 가설기자재 품목 확대 연구	국내외 기준 및 사용실태 조사를 통한 안전난간지주, 통로발판 등의 가설기자재 성능검정기준(현. 안전인증기준) 마련	산업안전보건연구원	1997
건설용 가설기자재의 성능검정기준 개발에 관한 연구	일본의 후생노동성에서 규정한 파이프서포트 등 19종의 가설기자재를 중심으로 국내 성능검정제도 도입을 위한 가설기자재 성능검정규격과 검정절차 마련을 위한 연구	산업안전보건연구원	1991

또한 한국산업안전보건공단에서는 작업자의 추락에 대한 안전성을 높이기 위해 [그림1-1]과 같이 X형으로 설치되는 선행형 안전난간 형태에 수직으로 보강장치를 추가한 제품을 연구하여 특허 출원(출원번호 : 10-2019-0144214)하였다.



[그림1-1] 수직 보강장치가 있는 선행형 안전난간

Ⅱ. 추락과 비계 사고 현황

1. 산업현장의 추락사고와 비계 안전

국가별로 추락에 대한 위험장소의 높이별 방호조치 기준을 보면 <표2-1>과 같이 다른 나라들도 우리처럼 높은 장소에서 작업을 할 때는 ‘비계를 설치’하도록 하여 추락재해 예방을 위해서는 비계 안전에 노력하고 있다는 점이다.

<표2-1> 추락(떨어짐)의 위험장소에 대한 각국의 정의와 방호조치

국가	한국	일본	미국	영국
높이 기준	-	2m	6ft(1.8m)	-
높은 높이	비계설치, 안전난간, 울타리, 추락방망, 덮개설치	비계설치, 안전난간, 덮개설치	비계설치, 안전난간/ 안전망설치, 안전대착용	위험성평가 결과에 의한 합리적 예방 조치
낮은 높이	덮개설치	-	-	

비계는 기원전부터 높은 장소의 작업에 보편적으로 이용해온 가장 오래된 가설구조물로서 작업현장의 다양한 추락 형태와 원인을 해결하는데 있어 비계 안전은 항상 주요 과제였으며, 영국의 경우 1945년에 국립비계협회(NASC)를 설립하고 비계작업자 교육 훈련과 경력 관리제도(Construction Industry Scaffolders Record Scheme) 등 비계분야에 대해선 철저하고 집중적인 안전관리를 통해 최근 6년간 비계에 의한 추락 사망사고는 한 건도 없으며, 건설업에서의 사고성 사망자수가 38명(2017/18년)으로 우리나라(499명, 2018년)보다 1/10수준 이하로 현

저히 낮은 것도 비계 안전 노력과 무관하지 않을 것이다.

고용노동부에서 발간하고 있는 「산업재해분석집」에 따르면 추락으로 인한 업무상사고 재해자(질병자를 제외한 4일 이상 요양을 요하는 부상자와 사망자)는 <표2-2>와 같이 매년 평균 14,000여명이 되고 전체 사고에서 17%정도 비중을 차지하고 있지만, 추락으로 인한 사망자의 경우엔 전체 업무상사고 사망자 중에서 40% 정도 (2017년의 경우 전체 사망자 964명중 추락은 366명 : 38%)를 차지하고 있어 추락사고는 중대재해의 가장 큰 원인임을 보여주고 있다.

일본, 미국, 영국 등 선진국도 추락으로 인한 사망이 제일 많이 차지하고 있지만 전체 근로자수 규모 대비 사망자 수를 고려 할 경우 상대적으로 추락으로 인한 사망자가 우리는 너무 많다.

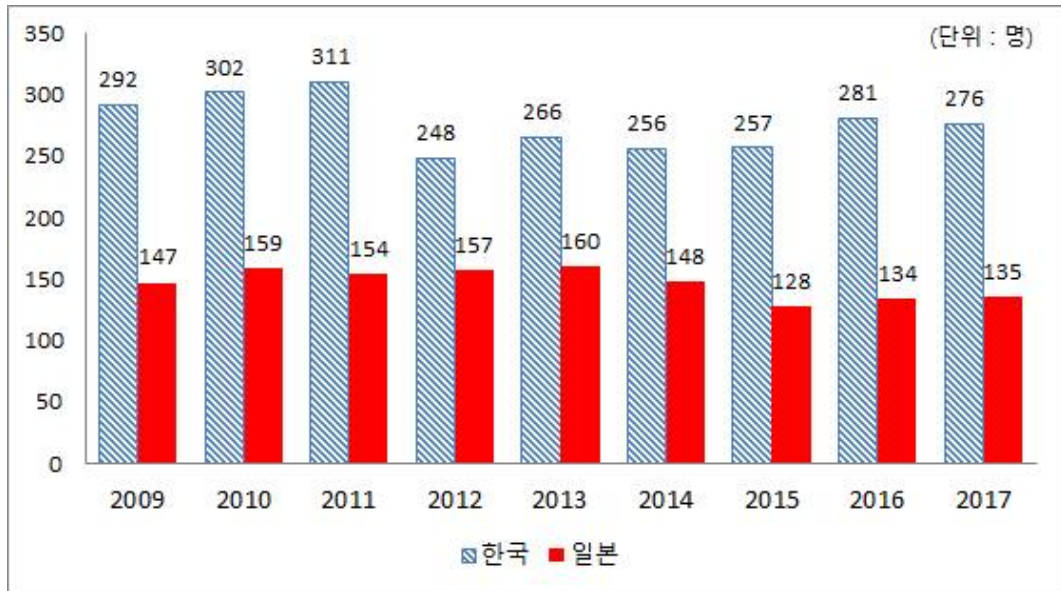
<표2-2> 추락으로 인한 업무상사고 재해자

년도	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
재해자	13,589	14,040	13,745	14,228	13,756	14,104	14,126	14,679	14,308
사망자	450	453	452	373	349	363	339	366	366

특히, 추락에 가장 취약한 건설업은 <표2-3>과 같이 2009년부터 2017년까지 9년 동안 업무상사고 사망자 4,777명중 추락으로 인한 경우는 2,489명으로 전체 사망자의 과반(52%)을 넘고 있으며, 같은 기간 동안 재해통계 산정 체계가 우리와 유사한 일본의 추락 사망자는 1,322명으로 [그림2-1]처럼 우리가 2배가량 더 많이 발생하고 있으며 건설업종 근로자 수가 우리보다 일본이 1.7배 더 많다는 점 (2017년 기준 건설업종 근로자수: 일본 5,046,790명/ 한국 3,046,523명)을 고려하면 추락사고 발생에 대한 심각성을 잘 알 수 있다.

<표2-3> 건설업종 추락 사고 사망자

년도	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	합계
전체 사망자	606	611	621	496	567	434	437	499	506	4,777 (100%)
추락 사망자	292	302	311	248	266	256	257	281	276	2,489 (52%)



[그림2-1] 일본과 건설업종 추락 사고 사망자 비교

2. 통계로 본 비계에서의 추락사고

1) 비계 사망사고 실태

고용노동부 「산업재해분석집」의 기인물별 사망 원인분석에서 ‘비계’와 ‘작업대’를 각각 분리하여 조사 집계하고 있는 것은 우리만의 통계 항목이며 일본 등 선진국은 모두 ‘비계’로 통합 산정하고 있어 본 연구에서도 ‘작업대’ 사망자 수를 비계에 합산하여 동향 분석을 하였다.

재해 분석사례들을 보면 ‘작업대’를 기인물로 분류한 경우 일부는 벽체 철제 거푸집 하단에 부착한 철망 발판에서 추락하거나 이동식비계의 작업발판 사고 등이 있지만 대부분 비계와 연관된 작업에서 ‘작업대(발판)’의 기울어짐, 탈락 등인 경우를 ‘작업대’로 분류하고 있어 비계라는 범주에 포함시켜 비계 안전대책을 종합적으로 강구해야하는 것이 합리적이며 「방호장치 안전인증 고시(고용노동부고시 제 2019-15호)」 제35조에서도 ‘작업발판’이란 비계 등에서 작업자의 통로 및 작업공간으로 사용되는 발판이며 ‘작업대’는 비계용 강관에 설치할 수 있는 걸침고리가 용접 또는 리벳 등에 의해 발판에 일체화되어 제작된 작업발판으로 정의하고 있다.

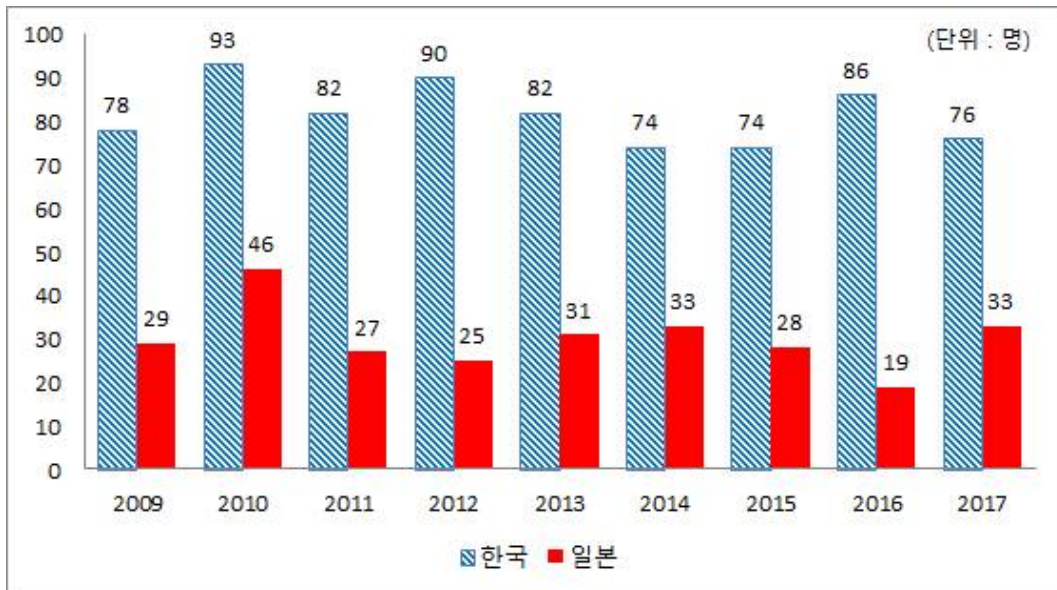
해당 「분석집」에서 근로감독관이 기인물별 사망재해 원인을 118개 항목으로 세분하여 조사한 항목 중에서 <표2-4>와 같이 ‘비계(발판포함)’는 2009년부터 2017년까지 9년간 735명의 사망자가 발생하여 ‘건축구조물’ 다음으로 사망자가 많이 발생하는 기인물이며, [그림2-2]처럼 같은 기간에 271명이 사망한 일본보다 2.7배 많이 발생하고 있는 비계에 대한 추락방지 요건을 강화하기 위하여 일본, 영국처럼 개선된 안전난간에 대한 연구를 이제 수행하게 된 것은 늦은 감이 없지 않다.

해당 「분석집」에서 업무상사고 사망자는 산재유족 급여지급이 결정된 경우를 전체 사망자로 집계(2017년, 964명) 하고 있는데 <표2-3>의 비계에 의한 사망자

수는 근로감독관이 직접 분석(2017년의 경우, 조사대상 816명)한 결과이기 때문에 신뢰할 수 있는 수치이지만 실제로는 전체 사망자 보다 150여명이 적은 상태에서 조사한 것이기 때문에 비계 사망자수는 더 많을 수 있다고 볼 수 있다.

<표2-4> 최근 9년간 비계(작업발판 포함)에 의한 사고 사망 재해자

년도	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	합계
합계 (명)	78	93	82	90	82	74	74	86	76	735
비계	59	71	64	72	71	63	69	79	64	612
작업 발판	19	22	18	18	11	11	5	7	12	123



[그림2-2] 최근 9년간 일본과 비계에 의한 사고 사망자 비교

2) 비계 추락사고의 위험성

산업안전보건연구원에서 2014년도에 산업재해보상보험을 받은 업무상 사고자(사망자 포함)를 대상으로 2015년에 원인별 사고를 세분화하여 조사 분석한 ‘산업재해원인조사’ 보고서에서 <표2-5>와 같이 ‘건축, 구조물 및 표면’을 9가지로 소 분류한 기인물별 사고 빈도수(점유율)를 보면 부상자의 경우 ‘비계 및 작업발판’으로 인한 경우는 9% 로 ‘계단이나 바닥’, ‘지표면’보다는 부상자가 적게 발생하고 있지만 사망자의 경우 전 산업에선 23.7%, 건설업에선 29.4%로 가장 많이 발생하고 있고 이 것은 비계사고가 발생하면 사고의 정도가 부상보다는 사망이나 중대재해로 직접 연계될 수 있는 개연성이 크다는 점을 보여주고 있다.

<표2-5> ‘건축,구조물 및 표면’ 사고 점유율

구분	부상자 (%)	사망자 (%)	
		전산업	건설업
비계 및 작업발판	281(9.0)	70(23.7)	62(29.4)
거푸집 및 동바리	132(4.2)	14(4.7)	14(6.6)
단부 및 개구부	104(3.3)	56(19.0)	35(16.6)
계단 및 사다리	749(23.9)	34(11.5)	19(9.0)
바닥 및 지표면 등	857(27.3)	15(5.1)	5(2.4)
기타 가설구조물	17(0.5)	7(2.4)	7(3.3)
기타 건물·구조물	129(4.1)	82(27.8)	69(32.7)
건축물·구조물의 구성요소 등	155(4.9)	5(1.7)	-
기타 용기, 가구, 상세정보 부족 등	710(22.6)	12(4.1)	-

※ 조사 분석 대상 : 부상자 3,134명 / 사망자 (전산업 295명/건설업 211명)

비계는 작업발판을 장착시켜 층고가 높은 곳에서 작업공간과 통로등을 제공하기 위한 가설구조물이기 때문에 사고 발생은 대부분 높은 곳에서 떨어지는 것을 의미하고 계단, 사다리 또는 개구부, 철골구조물 등과 같은 추락의 경우보다 사고의 정도가 사망 등 중대재해가 더 높다는 것을 <표2-6>의 조사결과가 보여주고 있어 비계에서 안전난간의 역할은 너무도 중요하다.

<표2-6> 기인물별 추락으로 인한 재해 현황

구분	부상자 (%)	사망자 (%)
계단, 사다리에서 떨어짐	349(30.0)	31(9.6)
개구부 등 지면 위치에서 떨어짐	91(7.8)	37(11.4)
재료더미, 적재물에서 떨어짐	23(2.0)	3(0.9)
지붕에서 떨어짐	39(3.4)	48(14.8)
비계 등 가설구조물에서 떨어짐	255(21.9)	87(26.9)
건물 대들보, 철골 등 기타 가설구조물에서 떨어짐	111(9.5)	50(15.4)
운송수단, 기계, 설비 등에서 떨어짐	238(20.4)	63(19.4)
기타 및 상세정보 부족 등	58(5.0)	5(1.5)

※ 조사 분석 대상 : 부상자 1,164명 / 사망자 324명

3) 비계의 추락사고 발생 유형

비계는 건설현장 뿐 만 아니라 농업, 임업 등을 포함한 모든 산업 현장에서 용접, 도장, 시설물 유지, 보수 등 작업이 높은 곳에서 이루어 질 때 반드시 필요한 가설구조물이며 고용노동부 「산업재해분석집」에서 비계에 의한 사망자가 발생한 내용을 보면 <표2-7>과 같이 건설현장이 아닌 조선, 플랜트, 발전소 등 기타 산업에서도 28%의 사망자가 발생하고 있다.

비계는 건설현장 사고라는 단순 인식도 당연히 바뀌어야하며 각 산업별로 작업특성과 작업환경을 고려한 비계 모델과 설치공법, 이에 따른 안전난간 등 구성부재도 개선이 이루어져야 하고 현행 건설업종 중심의 비계 관련 가설기자재 안전인증 기준과 법령 및 기술기준도 이 점을 고려하여 연구 검토가 필요한 사안이다.

연구 검토에 대한 예를 들면 조선소의 선박 건조, 석유·화학 플랜트업종의 불탱크, 원형저장탱크, 장대하고 초고층의 비정형 플랜트 설비 등에 대한 제작과 정기적인 유지 보수 등에는 반드시 비계가 필요하지만 설치 대상 구조체가 전부 강철판이고 대부분 불규칙한 곡선 형상이라는 점에서 건설의 규격화된 콘크리트 벽체에 비계를 고정시키는 방식과 적용하는 설치규정들과는 많이 다르다는 점에서 비계는 산업의 특성을 고려한 안전한 작업 공간 제공과 추락의 위험에서 작업자를 보호하기 위해선 많은 연구가 필요한 분야이기도 하다.

실제로 2010년 건설공법에 맞춘 비계 및 비계용 가설기자재와 제반 법 규정이 선박 및 해양플랜트 건조에 맞춘 조선공법의 비계(죽장 발판)에 일부는 적용이 어렵다는 점을 고용노동부가 판단하고 조선소 선박 건조 및 해양플랜트 작업환경에 부합하도록 비계 관련으로 「산업안전보건기준에 관한 규칙」과 「방호장치 안전인증 고시」를 제·개정한 사례도 있었다.

<표2-7> 건설업종과 다른 산업 간의 비계 사망자 비교

년 도	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	합계 (%)
건설업	45	64	54	63	56	64	54	68	63	531 (72%)
기타산업 (조선소등)	33	29	28	27	26	10	20	18	13	204 (28%)
합 계	78	93	82	90	82	74	74	86	76	735 (100%)

한국산업안전보건공단 보고서는 공사금액이 아닌 사업장 규모별로 분석을 하고 있어 공사 규모에 따른 비계의 추락사고 실태를 정확히 파악하기는 어렵지만 비계에 의한 추락 사망이 <표2-8>과 같이 10인 미만의 영세 사업자 계층에서 과반 이상(51.4%)이 발생하고 있다.

<표2-8> 사업장 규모별 ‘비계 및 작업발판’ 사망 사고

구분	샘플링 조사 대상	10인 미만	10~30인 미만	30~50인 미만	50~100인 미만	100~200인 미만	200인 이상
사망자	70 (100%)	36 (51.4)	15 (21.4)	4 (5.7)	4 (5.7)	6 (8.6)	5 (7.1)

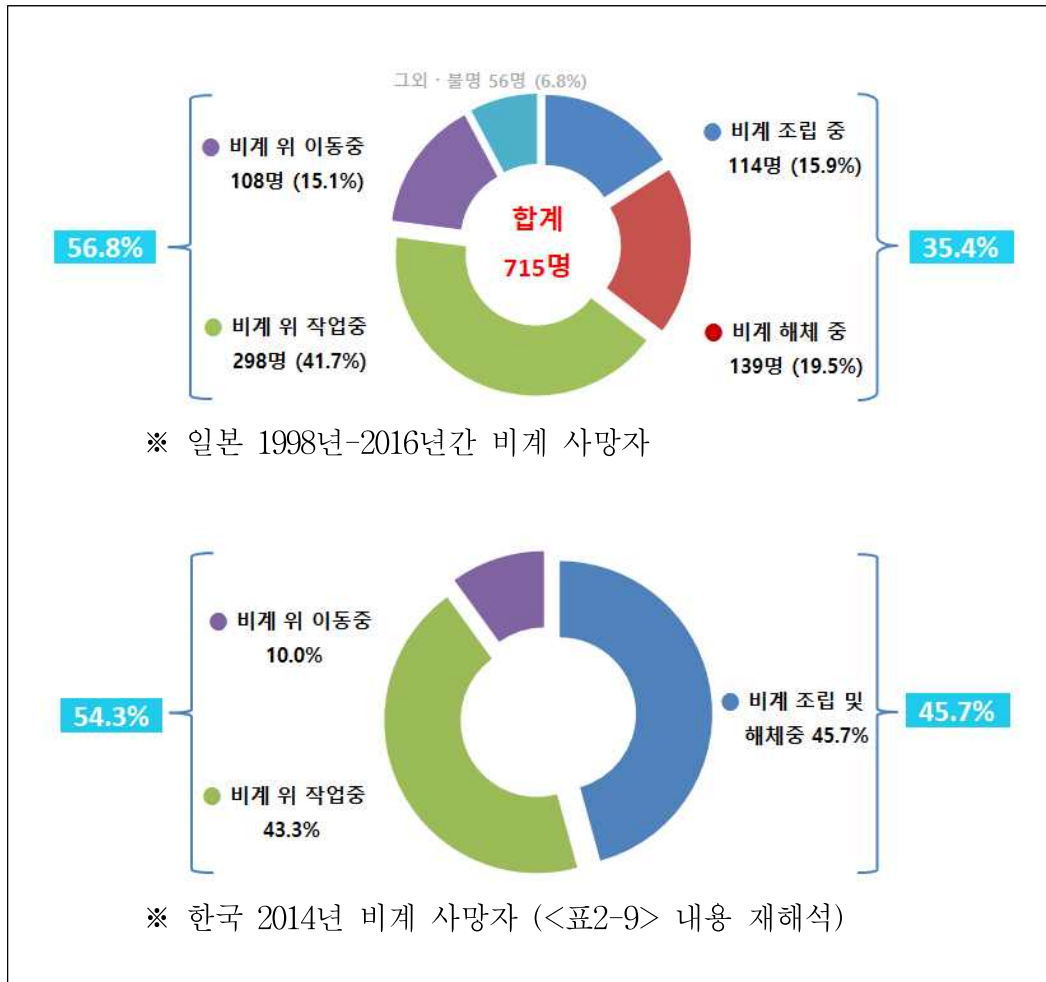
<표2-9>와 같이 한국산업안전보건공단 보고서의 ‘비계 및 작업발판’ 관련 작업 내용을 보면 부상자 발생은 조립·해체과정에서 40.9%로 비계 위 작업 중 49.5%보다는 적지만 사망인 경우는 조립·해체과정이 45.7%로 비계 위 작업 중 44.2%보다 오히려 높게 나오고 비계 위 이동 중 사고는 부상 또는 사망이 유사하게 10%를 차지하고 있는 점을 볼 때 이번 새로운 안전난간의 비계 조립·해체 과

정 적용은 추락방지에 효과가 있을 것으로 예측할 수 있으며 일본이 선행형 안전난간 도입 이후 추락사고도 감소하였지만 특히 조립·해체에서 [그림2-3]과 같이 우리보다 추락사고가 적다는 점을 참조할 필요가 있다.

1998년부터 2016년까지 18년 동안 발생한 715명의 일본의 비계 사망자 작업내용별 분석(건설업안전위생년감, 건설업노동재해방지협회)을 보면 <표2-4>의 9년간의 국내 사망자 735명보다 적다. 또한 산업안전보건연구원에서 분석한 2014년 산업재해원인조사(업무상 사고) 보고서에 따르면 <표2-9>의 작업 내용 분석 결과와 같고, 이를 [그림2-3]과 같이 일본과 단순 비교해보면 비계 조립·해체 과정에서 사망자가 일본은 35.4%로 우리 보다 적다는 점에서 일본의 비계에 대한 선행형 안전난간 설치 방법을 검토해볼 필요는 있다. 최근들어 추락재해를 줄이기 위해 정부 정책이 시스템비계를 활성화하고 있지만, 시스템비계도 설치·해체 과정에서는 추락사고가 발생하고 있어 이를 개선하기 위한 선행형 안전난간의 도입이 필요하다.

<표2-9> 작업내용별 ‘비계 및 작업발판’ 의 사망 사고

구분	샘플링 조사 대상	연결, 조립 설치· 해체 작업	운반 상·하 역작 업	비계 위 작업 중					
				물체 가공, 취급 작업	기계 기구 설비, 설치 보전 작업	건설 관련 작업	채광, 벌목 작업 등	행정 의료등 서비스 작업	청소 및 부가적 작업
부상자	281 (%)	115 (40.9)	27 (9.6)	10 (3.6)	24 (8.5)	92 (32.7)	1 (0.4)	2 (0.7)	10 (3.6)
사망자	70 (%)	32 (45.7)	7 (10.0)	0	4 (5.7)	25 (35.7)	0	1 (1.4)	1 (1.4)



[그림2-3] 일본과의 비계 사망 사고 작업내용별 비교

또한 이 보고서에서는 <표2-10>처럼 ‘불안전한 상태별’로 분석한 비계의 사망사고에서 방호조치 부적절이 41.4%로 가장 많고, 이는 비계에서의 방호조치는 ‘안전난간’과 관련한 사안으로 볼 수 있으며, 따라서 안전난간은 추락방지에 우선적으로 고려할 점임을 보여주는 것이라고 할 수 있다.

<표2-10> 불안전한 상태별 ‘비계 및 작업발판’ 사망 사고

구분	샘플링 조사 대상	설비 자체 결함	방호 조치 부적절	작업 통로 등 장소 불량위험	작업 공정 절차 부적절	작업상 의 위험	보호구 착용 불량, 성능불량
사망 자	70 (%)	6 (8.6)	29 (41.4)	18 (25.7)	2 (2.9)	1 (1.4)	14 (20.0)

3. 재해사례로 본 비계에서의 추락사고

한국산업안전보건공단에서 본 연구를 위해 제공한 비계 추락사망 조사 자료를 분석해보면 실제 현장에서 가장 유사하게 반복되는 비계 추락사고 형태의 공통점은 첫째로 안전난간의 보호조치도 없는 상태에서 조립, 해체가 이루어진다는 점, 둘째는 교육·훈련을 이수한 전문 비계공도 아니고 대부분 고령인 석공, 미장 등을 하는 작업자들이 미숙련 상태에서 강관비계 등을 직접 설치도 하고 작업 도중 또는 이동 중, 상하 자재 운반 중에 몸의 균형 등을 잃었을 때 반드시 필요한 안전난간이 없거나 제 기능의 결여로 추락하고 있다는 점이며 세 번째는 강관비계를 주로 사용하고 있는 소규모 현장들에서 특히, 유사한 동종의 추락사고가 반복해서 발생하고 있다는 점에서 강관비계 대신 시스템비계로 사용을 적극 유도하는 것이 반드시 필요하지만 여기에는 본 연구에서 제안하는 새로운 안전난간을 접목한다면 추락방지 효과가 더욱 높아지고 안전난간, 작업발판 등을 반드시 규정대로 설치하도록 현장지도 대상을 소규모 건설현장에 집중할 필요가 있음을 보여준다.

※ 한국산업안전보건공단에서 제공한 재해조사 자료 중에서 반복되고 유사한 재해 사례로 인용하였으며 인용된 사례들은 3개의 주제 중에서 연관성 비중이 큰 것을 중심으로 하였고 재해내용은 최대한 간략하였지만 자료의 원문 내용에서 ‘몸의 중심을 잃고’ 등 추락 원인과 관련된 주요 표현은 그대로 명시하였다.

1) 안전난간의 보호 없이 조립·해체

2016. 07. 오후	재해자(남, 55세, 비계공)는 지하주차장 램프 출입구 석공사 작업용 시스템 비계 설치 중 작업발판 2단에서 4 m 아래로 추락사망
2016. 10. 오전	업무시설 공사에서 재해자 (남, 54세, 도장공)는 외부 강관 비계의 9단(높이 약 16 m)에서 비계 띠장(수평재, 길이6 m) 위에 발을 딛고 비계기둥(수직재, 길이3.66 m)에 붙어있던 클램프를 제거하여 비계 띠장(수평재) 해체 작업 중 비계기 둥 강관파이프(길이 3.66 m)가 연결핀에서 탈락하여 수평, 수직 강관파이프와 함께 16.2 m 바닥으로 떨어져 사망
2017. 02. 오후	재해자(남, 68세, 중국동포)가 상가건물 외부비계 조립 중 안전난간 없는 2층 발판에서 작업발판을 상부로 올리다 7 m 아래로 떨어져 사망
2017. 02. 오후	현장에서 재해자(남, 47세)가 아파트 외부 시스템비계 해체 중 몸의 중심을 잃고 14.3 m아래로 추락사망.
2017. 04. 오전	빌딩 증축공사에서 재해자 (남, 63세, 석공)는 건물 외부 강 관비계를 해체하던 중 중심을 잃고 3 m 아래로 떨어져 사망.
2017. 04. 오후	재해자(남, 56세)가 아파트 중앙계단 내부비계에서 외부비 계 연결 통로(작업발판) 설치 중 몸의 중심을 잃고 14.4 m아 래로 추락사망.
2017. 05. 오후	재해자(남, 57세)가 공장 사무동 신축 공사에서 외부쌍줄 비 계 조립작업 중 작업발판에서 지상높이 약 12.5 m 아래로 떨 어져 사망

2017. 06. 오후	다세대 주택공사에서 재해자(남, 76세)는 외부 강관비계 3단에서 비계 해체작업 중 몸의 중심을 잃고 5.4 m 아래로 떨어져 사망
2018. 05. 오전	다가구주택 공사에서 외부 강관비계의 4단 작업발판 단부에 안전난간을 설치하던 재해자(남, 65세, 석공)가 9.4 m에서 떨어져 사망.

2) 작업 중, 이동 중에 몸이 중심을 잃을 때 부실한 안전난간 또는 누락, 임의제거 등으로 추락

2015. 02. 오전	공동주택공사에서 쌍줄비계 위에서 도장작업 중 몸의 중심을 잃고 약15.5 m 아래로 떨어져 사망.
2016. 03. 오전	빌딩 리모델링 공사에서 재해자(남, 46세)는 건물 외부 쌍줄비계 위에서 돌(대리석) 표면 먼지를 닦던 중 몸의 중심을 잃고 떨어져(H≒2.2 m) 사망.
2016. 04. 오전	재해자(남, 59세)는 냉각탑 신규 설치 중 냉각탑 상부 점검용 발판 끝부분에서 몸의 중심을 잃고 떨어져(H≒7.9 m) 사망.
2016. 07. 오후	오피스텔 공사에서 재해자(남, 71세, 배관공)는 지하 4층 기계실 주차장 내 비계 3단 상부에서 용접작업을 마치고 바닥으로 내려가던 중 몸의 균형을 잃고 높이 5.2 m 아래로 떨어져 사망.
2016. 11. 오후	주거복합 공사에서 방수자재 운반 중 쌍줄비계에 설치된 작업발판 바깥쪽으로 몸의 중심을 잃고 떨어져(약 12.6 m) 사망.

2016. 12. 오전	아파트 현장에서 재해자(남, 54세, 형틀목공)는 "안전난간 해체" 후 비계 작업발판 상부에서 동바리 자재 정리 작업을 하던 중 약 6 m 아래로 떨어져 사망.
2017. 04. 오후	다가구 주택공사에서 재해자(남, 69세, 조적공)는 4층 외부 강관비계 작업발판에서 조적작업 중 중심을 잃고 11m 아래로 추락 사망.
2017. 10. 오후	업무시설 신축공사에서 재해자(남, 44세, 방수공)는 외부 쌍줄비계에 설치된 작업발판(5단) 위에서 방수 작업 중 중간 난간대가 미설치된 곳을 통해 약 9 m 아래로 추락 사망.
2017. 11. 오후	복합건물 신축공사에서 재해자(남, 52세)가 5층 건물 옥상 펌프카 호스 해체를 위해 안전난간대를 기 해체한 외부비계 작업발판에서 이동 중 떨어져(H=15.0 m) 사망.
2018. 03. 오후	생활주택 공사에서 재해자(남, 34세, 석공)가 건물 5층 외부 비계 작업발판(6단 추정)에서 타일 자재 등 정리 작업 중 몸의 중심을 잃고 약 11.5 m 아래로 추락 사망.

3) 다세대 주택 등 층고가 높지 않고 유로폼 등을 주로 사용하는 소규모 건설현장에서 강관비계에 안전난간이 없거나 작업발판의 불안정한 설치 등으로 일반화된 추락

2016. 03. 오전	다세대주택공사에서 재해자(남, 63세, 석공)는 3층 외부 비계 작업발판에서 석공(돌붙임) 작업 중 중심을 잃고 떨어져(H= 약9.8 m) 사망.
2016. 08. 오후	재해자(남, 62세, 미장공)는 2층 건물 외부 안전난간 없는 비계에서 외벽 미장작업 중 자재통을 지상바닥에 내리다 몸의 중심을 잃고 떨어져(약3.7 m) 사망.
2016. 09. 오전	다가구 공사에서 재해자(남, 53세, 타일공)는 4층 외부 비계

	작업발판에서 외벽마감(타일) 중 중심을 잃고 12.9 m 아래로 떨어져 사망.
2016. 09. 오전	다가구 공사에서 재해자(남, 59세, 형틀목공)는 3층 외부 비계에서 이동 중 작업발판 단부에서 발을 헛디뎠다 떨어져(높이 10.5 m) 사망
2018. 02. 오전	교실 증축공사에서 재해자(남, 59세, 직영반장)가 학교 건물 5층 외부비계 작업발판을 이동하던 중 고정되지 않은 작업발판이 탈락되면서 몸의 중심을 잃고 떨어져(H≒17 m) 사망.
2018. 05. 오전	단독주택현장에서 재해자(만64세, 형틀공)가 내부비계 1단 (높이 2m) 작업발판에서 1층 작업자한테 유로폼을 전달받기 위해 돌아서다 왼쪽 발을 헛디뎠다 약 2 m 아래로 떨어져 사망.
2018. 06. 오후	다가구 신축공사에서, 재해자가 지상 강관비계 1층 작업발판 위에서 먹줄 작업 중 바닥으로 떨어져(H≒2.8 m) 사망.
2018. 06. 오후	재해자(남, 53세, 배관공)는 지하3층 주차설비 작업에서 강관 비계에 고정되지 않은 작업발판의 가장자리 부위로 이동 중 발판이 뒤집혀 4.6 m 아래로 떨어져 사망.

Ⅲ. 국내·외 비계용 안전난간의 현황

1. 국내 안전난간의 기준과 실태

국내의 가설공사용 안전난간 관련 제품에 대한 기준은 「산업안전보건법」에 따른 안전인증기준인 「방호장치 안전인증 고시(고용노동부고시 제2019-15호)」 및 「방호장치 자율안전기준 고시(고용노동부고시 제2015-94호)」가 있으며, 「산업표준화법」에 따른 한국산업표준(KS)이 있다. <표3-1>에서 보는바와 같이 안전인증기준과 한국산업표준 모두 단독으로 설치하여 사용하는 조립식 안전난간(한국산업표준에서는 안전난간기둥만 규정하고 있음)이나 엘리베이터 개구부용 난간틀에 대한 기준을 정하고 있다.

<표3-1> 안전인증 대상 안전난간의 종류

구분	조립식 안전난간 (KS 명칭 : 안전난간기둥)	엘리베이터 개구부용 난간틀	이동식 비계용 난간틀
기준(규격)	· 방호장치 안전인증 고시 · KS F 8017	· 방호장치 자율안전기준 고시 · KS F 8018	· 방호장치 안전인증 고시 · KS F 8011
용어의 정의 (안전인증 기준에 따른 용어의 정의)	추락의 우려가 있는 장소에 기둥재와 수평난간대가 현장에서 조립되어 설치되는 난간을 말한다. 다만, 수평난간대와 안전난간 기둥이 일체식으로 구성된 안전난간은 대상에서 제외한다.	작업자가 작업 중 엘리베이터 개구부로 추락하는 것을 방지하기 위하여 설치하는 기둥재와 수평 난간재가 일체형으로 제작된 안전난간을 말한다.	이동식비계 상부의 작업팔판에서 작업자가 추락하지 않도록 설치하는 난간틀을 말한다.

또한, 두 기준 모두 비계용으로 사용하는 안전난간의 경우 이동식 비계용 난간틀에 대해 규정한 것이 유일하고, 강관비계, 틀형비계, 시스템비계에 사용하는 안전난간에 대한 제품 기준은 없다.



[그림3-1] 엘리베이터 개구부용 난간틀



[그림3-2] 이동식 비계용 난간틀

국내 안전인증기준은 조립된 비계구조물에 대한 인증기준이 아니고, 구조물을 구성하는 각각의 부재에 대한 재료, 구조, 성능 및 시험방법으로 구성하는 방식으로 규정되어 있다. 따라서, 각각의 비계구조물의 구성 부재에 속하지 못하는 제품은 그 안전성과 실용성 등 우수성에도 안전인증을 취득하는 것은 매우 어렵다.

다만, 법령에 따른 특수구조의 안전인증제도가 있으나, 이 제도도 비계구조물별 부재 기준을 완전히 배제하지 못하고, 그 범주 내에서 적절성을 검토하게 된다. <표3-2>는 「방호장치 안전인증 고시(고용노동부고시 제2019-15호)」에 따른 비계별 인증 대상 부재이며, 이 범주에 없는 조립된 비계구조물이나 본 연구에서 다루는 선행형 안전난간과 같이 분류표에 없거나 2개 이상의 용도를 동시에 갖춘 제품이 안전인증을 받는 것은 현실적 어려움이 있다.

<표3-2> 비계용 부재의 종류 및 분류

종류	분류
강관 비계용 부재	강관조인트 벽연결용 철물
틀형 비계용 부재	주틀 교차가새 띠장틀 연결조인트
시스템 비계용 부재	수직재 수평재 가새재 연결조인트
이동식 비계용 부재	이동식 비계용 주틀 발바퀴 이동식 비계용 난간틀 이동식 비계용 아웃트리거

이 외에도 의무안전인증 대상이 아닌 제품의 안전에 관한 성능 등을 평가하는 임의 안전인증(이하 ‘S마크인증’이라 함)제도가 있다. 이 제도는 의무안전인증 대상 외의 제품에 대해 안전성과 신뢰성 및 제조사의 품질관리 체제를 심사하여 안전인증기준에 부합할 경우 안전인증증표(S마크)의 사용을 승인하는 제도로써, 국제표준화기구(ISO) 규격, 국제전기기술위원회(IEC) 규격, 유럽연합규격(EN), 미국국가표준협회(ANSI) 규격 등의 특정기준을 적용하여 심사할 수 있도록 규정하고 있다.

이러한 기준에 따라, 일부 사업장이 선행형 안전난간에 대해 일본공업규격(JIS)을 적용하여 S마크인증을 취득하려 하였으나, 국내 설치기준(산업안전보건기준에 관한 규칙)에서 규정한 안전난간 구조에 맞지 않아 인증을 취득하지 못한 사례가 있다. 이를 보면, 해외에서 기준을 제정하여 오랜 기간 사용하며 안전성 및 실효성을 검증한 제품이라도 S마크인증을 진행하는 경우에는 국내의 관련 설치기준 등을 종합적으로 판단하여 최종 인증여부를 판정하는 것으로 보인다.

다만, 이 S마크인증 제도의 주요 대상은 산업용 기계·기구 또는 부품류로서, 안전인증을 취득한 가설용 자재는 이동식비계, 사다리 등 일부에 불가하다.

비계 또는 안전난간에 대한 설치 기준은 「산업안전보건법」 하위 기준으로서, 「산업안전보건기준에 관한 규칙」, 「가설공사 표준안전 작업지침(고용노동부고시 제2015-50호)」, 「추락재해방지 표준안전 작업지침(고용노동부고시 제2015-53호)」이 있으며, 「건설기술진흥법」에 따른 국가건설기준코드인 가시설물 설계기준과 표준시방서가 있다.

「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제13조에서 사업장의 안전난간에 대해 규정하고 있으며, 원칙적으로 상부 난간대, 중간 난간대, 발끝막이판 및 난간기둥으로 구성되어진다. 다만, 상부 난간대를 제외한 구성 부재들은 이와 비슷한 구조와 성능을 가진 것으로 대체할 수 있도록 규정하고 있으나, 이에 대한 명확한 유권해석은 없다.

<표3-3> 안전난간의 구조 및 설치요건

제13조(안전난간의 구조 및 설치요건) 사업주는 근로자의 추락 등의 위험을 방지하기 위하여 안전난간을 설치하는 경우 다음 각 호의 기준에 맞는 구조로 설치하여야 한다.

1. 상부 난간대, 중간 난간대, 발끝막이판 및 난간기둥으로 구성할 것. 다만, 중간 난간대, 발끝막이판 및 난간기둥은 이와 비슷한 구조와 성능을 가진 것으로 대체할 수 있다.
2. 상부 난간대는 바닥면·발판 또는 경사로의 표면(이하 "바닥면등"이라 한다)으로부터 90센티미터 이상 지점에 설치하고, 상부 난간대를 120센티미터 이하에 설치하는 경우에는 중간 난간대는 상부 난간대와 바닥면등의 중간에 설치하여야 하며, 120센티미터 이상 지점에 설치하는 경우에는 중간 난간대를 2단 이상으로 균등하게 설치하고 난간의 상하 간격은 60센티미터 이하가 되도록 할 것. 다만, 계단의 개방된 측면에 설치된 난간기둥 간의 간격이 25센티미터 이하인 경우에는 중간 난간대를 설치하지 아니할 수 있다.
3. 발끝막이판은 바닥면등으로부터 10센티미터 이상의 높이를 유지할 것. 다만, 물체가 떨어지거나 날아올 위험이 없거나 그 위험을 방지할 수 있는 망을 설치하는 등 필요한 예방 조치를 한 장소는 제외한다.
4. 난간기둥은 상부 난간대와 중간 난간대를 견고하게 떠받칠 수 있도록 적절한 간격을 유지할 것
5. 상부 난간대와 중간 난간대는 난간 길이 전체에 걸쳐 바닥면등과 평행을 유지할 것
6. 난간대는 지름 2.7센티미터 이상의 금속제 파이프나 그 이상의 강도가 있는 재료일 것
7. 안전난간은 구조적으로 가장 취약한 지점에서 가장 취약한 방향으로 작용하는 100킬로그램 이상의 하중에 견딜 수 있는 튼튼한 구조일 것

그럼에도 이동식 비계용 난간들의 안전인증기준에서는 <표3-4>에서 보는 바와 같이 중간 난간재를 가새재로 대체할 수 있도록 규정하고 있어, 비계용 부재 중 유일하게 대체 구조로 인정받고 있는 사례이다.

<표3-4> 이동식 비계용 난간들의 구조

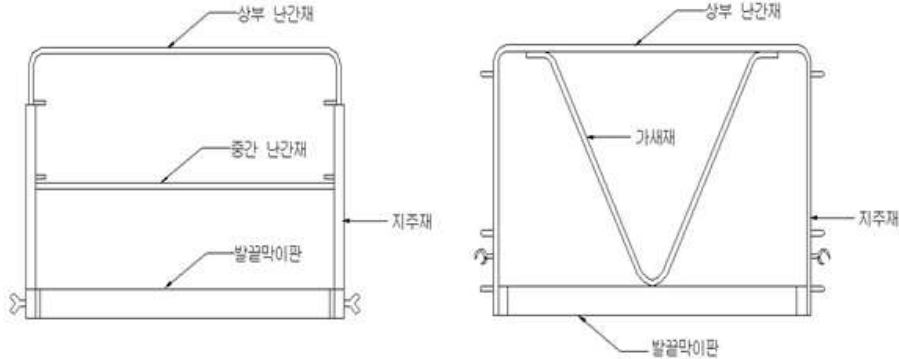
난간들은 그림 3과 같이 발끝막이판, 지주재, 난간재, 가새재 및 설치용 철물 등으로 구성되며 다음 각 목과 같이 한다.

가. 지주재, 난간재 및 가새재의 바깥지름은 21.4 mm 이상이어야 한다.

나. 난간틀을 주틀에 설치했을 경우 난간틀의 높이는 작업대 윗면에서 상부난간재 상단까지 900 mm 이상이어야 한다.

다. 난간틀의 중간부에는 중간난간재 또는 가새재를 설치해야 하며, 중간난간재는 작업대 윗면과 상부난간재 상단의 중간에 위치해야 한다.

라. 설치용 철물은 사용 중 쉽게 탈락하지 않는 견고한 구조이어야 한다.



(중간 난간재가 있는 경우)

(가새재가 있는 경우)

[그림 3] 난간틀(참조그림)

마. 난간틀의 지주재는 주틀의 기둥재에 삽입되는 구조이거나 연결편에 의해 결합되는 구조이어야 한다.

「가설공사 표준안전 작업지침(고용노동부고시 제2015-50호)」은 비계, 가설 통로 등의 안전한 설치와 사용을 규정한 기준이다. 다만, 안전난간의 설치와 관련해서는 작업대에 안전난간을 설치하여야 한다는 규정 외에는 별도의 구조나 설치방법은 명시된 것이 없다.

<표3-5> 강관비계의 안전난간 설치 관련 기준

제8조(강관비계) 사업주는 강관비계를 조립하여 사용함에 있어서 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 하단부에는 깔판(밑받침 철물), 받침목 등을 사용하고 밑둥잡이를 설치해야 한다.
2. 비계기둥 간격은 띠장 방향에서는 1.5미터 내지 1.8미터, 장선 방향에서는 1.5미터 이하이어야 하며, 비계기둥의 최고부로 부터 아래방향으로 31미터를 넘는 비계 기둥은 2본의 강관으로 묶어 세워야 한다.
3. 띠장간격은 1.5미터 이하로 설치하여야 하며, 지상에서 첫 번째 띠장은 높이 2미터 이하의 위치에 설치하여야 한다.
4. 장선간격은 1.5미터 이하로 설치하고, 비계기둥과 띠장의 교차부에서는 비계기둥에 결속하고, 그 중간부분에서는 띠장에 결속한다.
5. 비계기둥간의 적재하중은 400킬로그램을 초과하지 아니하도록 하여야 한다.
6. 벽연결은 수직으로 5미터, 수평으로 5미터 이내마다 연결하여야 한다.
7. 기둥간격 10미터 마다 45도 각도의 처마방향 가새를 설치해야 하며, 모든 비계 기둥은 가새에 결속하여야 한다.
- 8. 작업대에는 안전난간을 설치하여야 한다.**
9. 작업대의 구조는 추락 및 낙하물 방지조치를 설치하여야 한다.
10. 작업발판 설치가 필요한 경우에는 쌍줄비계이어야 하며, 연결 및 이음철물은 가설기자재 성능검정 규격에 규정된 것을 사용하여야 한다.

「추락재해방지 표준안전 작업지침(고용노동부고시 제2015-53호)」의 경우 표준안전난간에 대해 규정하고 있으며, 각부의 명칭, 재료, 구조, 치수, 하중 등이 그림과 표 등을 활용하여 명시하고 있어, 앞서 언급한 기준들보다는 구체적이다.

또한 안전난간의 각 구성 부재에 대해 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제13조제1호 후단에서 규정한 대체 방법으로 지주비계 등을 난간기둥으로 대체할 수 있으며, 중간난간대 대체 방법으로는 상부난간대와 작업발판 사이에 방망을 설치하거나 널판을 대는 방법을 제시하고 있다.

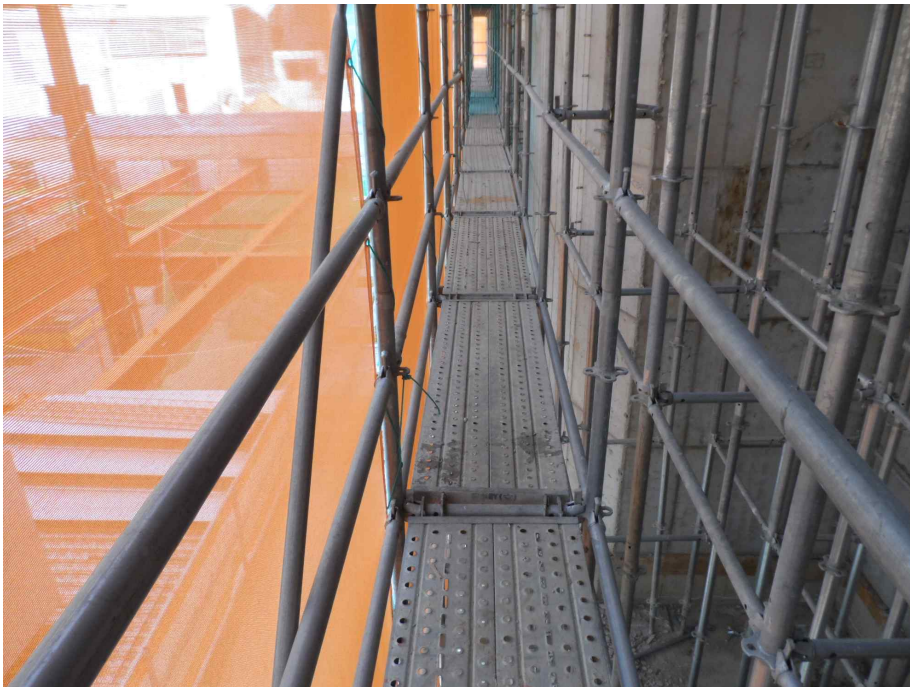
<표3-6> 표준안전난간의 구조

제28조(구조) 안전난간은 난간기둥, 상부난간대, 중간대 및 폭목으로 구성되며, 각 부분의 접합부는 쉽게 변위, 변형을 일으키지 않는 구조로서 다음 각 호에 정한 것과 같다.

1. 달비계의 걸이재, 지주비계 등을 난간기둥 대신 이용하는 경우 및 건축물의 기둥간에 충분한 내력을 갖는 와이어로우프로 상부난간대, 중간대 등을 설치하는 경우는 난간기둥을 설치하지 않아도 된다.
2. 상부난간대와 작업발판 사이에 방망을 설치하거나 널판을 대는 경우는 중간대 및 폭목은 설치하지 않아도 된다.
3. 보에서의 추락을 방지하기 위해 안전난간을 설치하는 경우와 같이 충분한 통로 폭이 얻어지는 경우는 폭목을 설치하지 않는다.

국가건설기준코드 KCS 21 60 05 : 2019 (비계공사 일반사항)에서는 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제13조와 비슷한 내용으로 구성되어 있으나, 발끝막이판 외에는 대체제에 대한 규정은 없다. 또한 KCS 21 70 10 : 2019 (추락재해 방지시설)에서는 “비계에 설치하는 안전난간은 비계기둥의 안쪽에 설치하는 것을 원칙으로 한다.” 내용으로 비계용 안전난간 중 수평난간대의 설치 기준에 대해 규정하고 있다.

이러한 규정들에서 보듯이 국내에서 설치하여 사용하는 비계용 안전난간은 이동식 비계의 경우 전용의 난간틀을 사용하고 있으며, 강관비계나 시스템비계의 경우에는 비계기둥을 난간기둥으로 하여 상부난간대와 중간난간대로 구성된 구조이다. 다만, 비계의 안쪽(가설통로를 중심으로 건축물 등 본 구조물 방향) 비계기둥에는 작업 상 상부난간대만 설치하거나 수평난간대가 없는 경우도 있다.

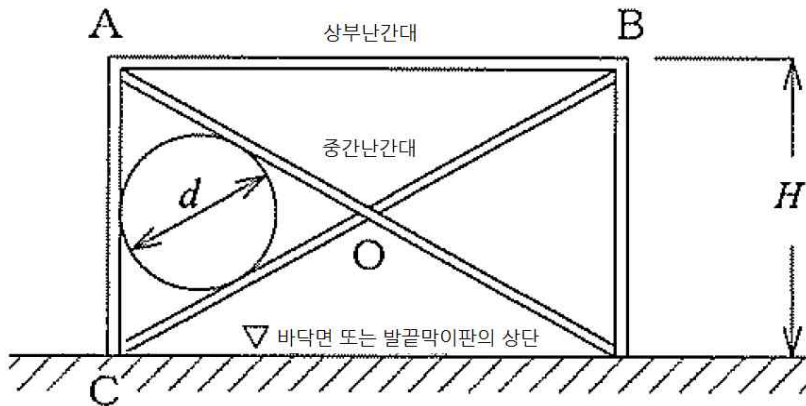


[그림3-3] 국내 시스템비계에 설치한 안전난간

2. 국외 안전난간의 기준과 실태

다만, 일본공업규격에서는 가설공업회에서 규정한 X종의 제품만을 시스템비계 용으로 규정하고 있다. 또한, 교차가새 형태의 구조적 특성 상 넓은 공간이 존재 하게 되어 이 곳으로 추락할 개연성이 높아 적정한 공간에 대한 규정도 하고 있다.

[그림3-5]는 구조적 안전성을 확보할 수 있는 적정한 공간에 대한 규정을 도식화한 것으로서, $\triangle ABO$, $\triangle ACO$ 등의 모든 면적이 0.5 m^2 이하 이거나 각 변의 내접원 직경(d)이 60 cm 이하가 되도록 규정하고 있다.



[그림3-5] 교차가새 형상의 구조를 갖는 안전난간

다만, 일본공업규격은 가설공업회 기준과 달리 가새재로서의 성능을 확인할 수 있는 수평저항성능에 대한 기준과 시험방법은 없다. 그렇지만, 순수 안전난간으로서의 성능에 대한 평가기준 외에도 추가로 안전대 부착설비로서의 성능에 대한 평가기준이 있다. 이를 볼 때, 일본은 선행형 안전난간을 안전대 부착설비로 인정하는 것으로 유추가 된다. 이에 비해 우리나라는 「추락재해방지 표준안전 작업지침(고용노동부고시 제2015-53호)」 제35조에서 안전난간 사용 시 주의사항을 명시하고 있는데, 그 중에서 안전난간을 안전대의 로우프, 지지로우프의 지지점으로 사용하는 것을 금지하고 있다. 비계에서의 작업 실태를 보면, 별도의 안전대

부착설비를 갖춘다는 것은 현장 여건 상 어렵고, 특히 비계의 설치나 해체 시에는 별도의 부착설비를 갖춰가며 작업을 진행하는 것은 더더욱 어려워 작업자 대부분이 안전난간을 안전대의 지지점으로 활용하는 것이 현실이다. 이에 우리나라도 일본처럼 안전난간을 안전대 부착설비로 인정하고 안전대의 사용을 적극 유도하는 것도 안전을 확보하는 좋은 방안이 될 듯하다.

설치기준으로는 「노동안전위생규칙」 제552조에 안전난간의 구조와 설치기준이 규정되어 있다. 다만, 이 기준은 가설통로에 적용된 안전난간을 규정한 것으로서 그 적용 대상을 가설용 안전난간에 한정된 반면 우리나라의 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제13조는 모든 사업장의 안전난간에 적용하는 기준으로 가설공사용 안전난간과 완성된 구조물에 설치된 안전난간을 동일한 기준으로 적용하는 점에서 차이가 있다.

그렇다보니 「노동안전위생규칙」 제552조 및 이를 유권해석한 후생노동성 기발 제0311001호는 가설공사에서 사용할 수 있는 안전난간의 구조를 보다 현실적으로 반영한 측면이 있다.

<표3-7> 노동안전위생규칙 제552조 제4항

第552條 事業者は、架設通路については、次に定めるところに適合したものでなければ使用してはならない。

1~3.(省略)

4.墜落の危険のある箇所には、次に掲げる設備(丈夫な構造の設備であつて、たわみが生ずるおそれがなく、かつ、著しい損傷、変形又は腐食がないものに限る。)を設けること。

イ 高さ85センチメートル以上の手すり又はこれと同等以上の機能を有する設備(以下「手すり等」という。)

ロ 高さ35センチメートル以上50センチメートル以下の棧又はこれと同等以上の機能を有する設備(以下「中棧等」という。)

<표3-8> 기발 제0311001호에서 규정하는 중간난간대 구조

(5) 第4号 ロの「これと同等以上の機能を有する設備」には、次に掲げるものがあること。

ア 高さ35センチメートル以上の幅木

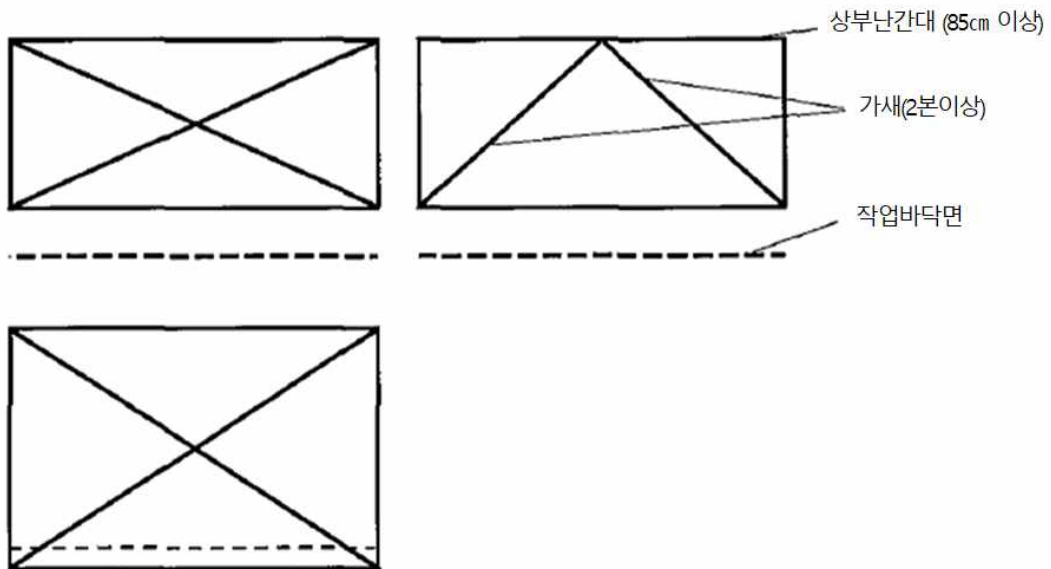
イ 高さ35センチメートル以上の防音パネル (パネル状)

ウ 高さ35センチメートル以上のネットフレーム (金網状)

エ 高さ35センチメートル以上の金網

オ 架設通路面と手すりの間において、労働者の墜落防止のために有効となるように X 字型に配置された2本の斜材

「노동안전위생규칙」 제552조 제4호에서 중간띠장(중간난간대를 칭함)은 높이 35 cm 이상 50 cm 이하의 띠장 또는 이것과 동등 이상의 기능을 가지고 있는 설비로 규정하고 있으며, 기발 제0311001호에는 중간띠장으로 나무, 방음패널, 방망구조, 철망 및 가새재 구조 등을 명시하고 있다.

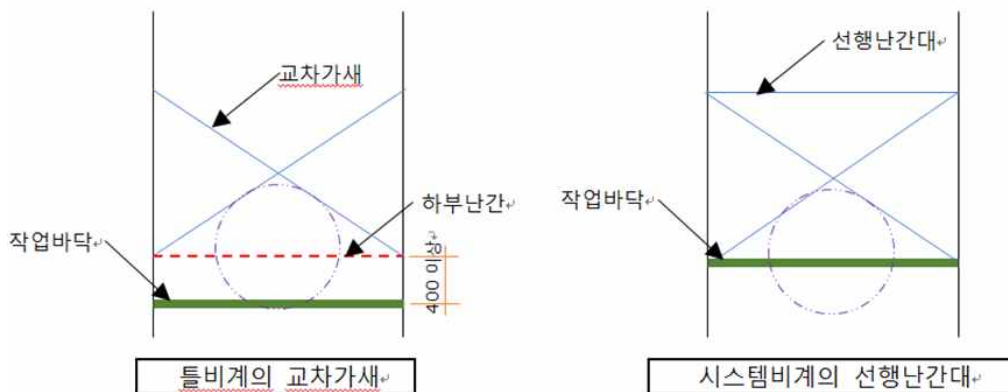


[그림3-6] 중간띠장으로 적합한 가새재 구조

특히 가새재 구조의 경우 그림을 이용하여 보다 구체적으로 명시하고 있으며, 교차가새 구조 등 2분의 가새재가 반드시 들어가도록 규정하고 있다.

다만 틀형비계의 경우와 같이 하부 작업바닥면과 교차가새 사이의 공간 간격이 커서 추락할 위험이 있는 경우에는 하부에 안전난간을 추가 설치해야 한다.

이와 유사한 구조인 선행형 안전난간의 경우는 가새재의 시작점이 작업바닥면과 동일하거나 하부에 위치하게 되어 공간 간격이 틀비계의 교차가새 설치 시보다 협소해지고 일본공업규격에서 규정한 직경 60 cm 물체가 통과할 수 없는 구조가 되어 별도의 안전난간을 추가 설치할 의무는 없는 것으로 후생노동성은 해석하고 있다.



[그림3-7] 교차가새와 작업바닥면과의 공간 높이

미국은 OSHA(Occupational Safety and Health Administration)에서 건설현장의 추락 재해를 방지하기 위한 규정(기준)을 두고 있으며, 기준번호 및 기준명은 「1926.502 - Fall protection systems criteria and practices」이다.

이 표준에 따르면 안전난간의 구조는 상부난간대의 높이는 42 inch (1.1 m) 중간난간대는 바닥에서 21 inches (53 cm)이상 설치하여야 한다. 다만, 중간난간대는 스크린, 메쉬, 중간 수직부재 등으로 대체할 수 있다.

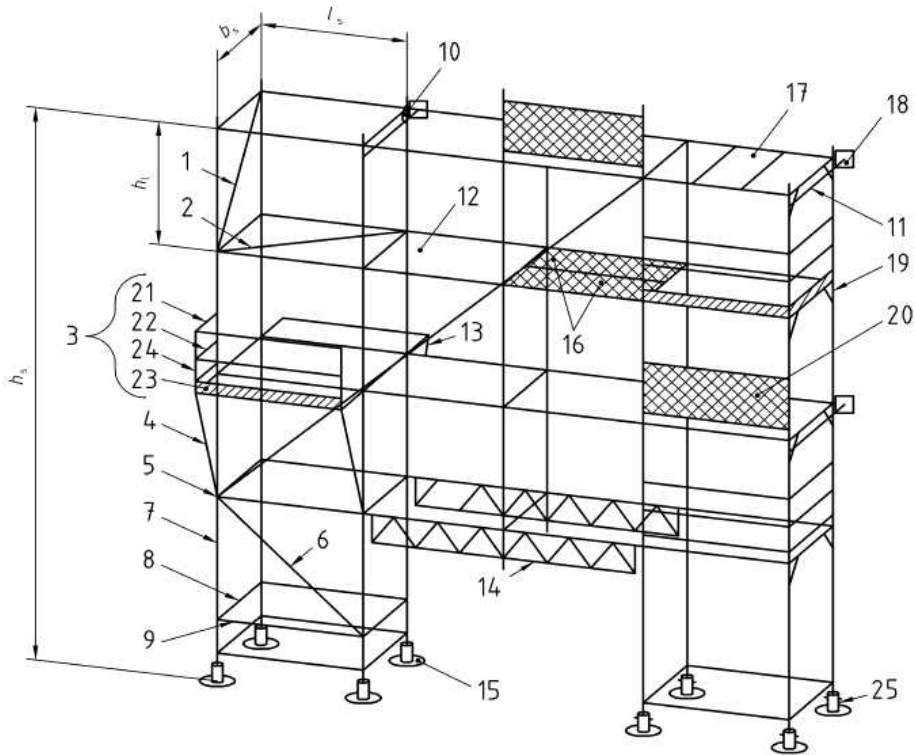
또한 「1926.451-(Scaffolds) General requirements」은 비계 기준으로서, 비계용 안전난간에 대한 기본 구조는 「1926.502」와 같으나 중간난간대 대체재로 단단한 패널(solid panels)도 가능하다고 명시하고 있다.

ANSI(American National Standards Institute)에서 규정한 「ANSI/ASSP A10.8(Scaffolding Safety Requirements)」에서는 상부난간대가 있는 경우 중간난간대를 대체하여 2개의 가새를 교차하여 설치하는 교차가새를 인정할 수 있다고 규정하고 있다. 이는 일본의 선행형 안전난간과 유사한 규정으로 보인다.

<표3-9> ANSI/ASSP A10.8에서 규정한 중간난간대를 대체할 수 있는 교차가새 구조

4.7.5 When used with a toprail, crossbracing is acceptable in lieu of a midrail when the crossing point of two braces is at least 20 inches, but no more than 30 inches above the platform.

유럽의 비계용 안전난간 관련 기준은 「EN 12811-1 (Temporary works equipment -- Part 1: Scaffolds -- Performance requirements and general design)」에서 규정하고 있다. 이 기준에 따르면 상부난간대는 작업바닥으로부터 1m 이상이어야 하며, 중간난간대는 1개 이상의 수평난간대, 프레임 또는 울타리 구조도 가능하다고 명시하고 있다.



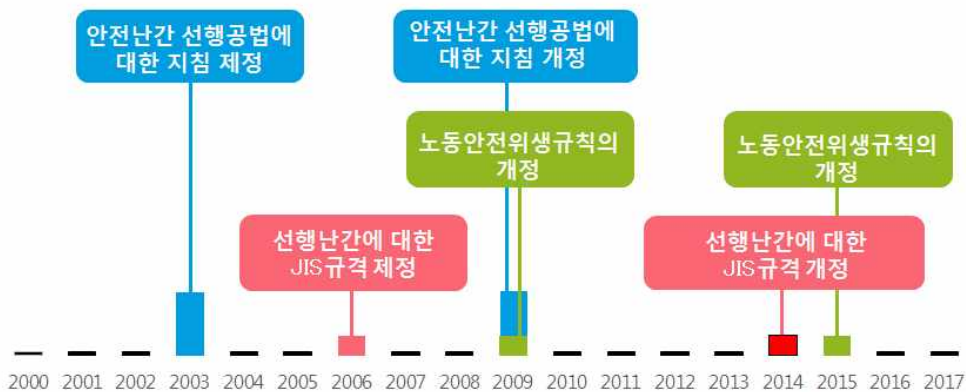
- | | |
|----------------------------|-------------|
| h_s 비계 높이 | 11 벽이음 |
| b_s 비계의 폭(기둥의 중심에서 중심까지) | 12 작업발판 |
| l_s 비계 기둥 중심간 거리 | 13 선반지주 |
| h_i 비계 단(층) 높이 | 14 트러스 |
| 1 측면 가새 | 15 받침철물 |
| 2 평면 가새 | 16 단위발판 |
| 3 안전난간 | 17 띠장틀 |
| 4 브래킷 경사재 | 18 벽이음 |
| 5 연결 지점 | 19 주틀 |
| 6 전면 가새 | 20 난간틀 |
| 7 수직재 | 21 상부 난간대 |
| 8 장선 | 22 중간 난간대 |
| 9 띠장 | 23 발끝막이판 |
| 10 클램프 | 24 안전난간 기둥 |
| | 25 조절형 받침철물 |

[그림3-8] EN 12811-1에서 규정하는 비계 구성 요소

3. 안전난간 선행공법의 해외 운영 사례

본 연구에서는 안전난간 선행공법을 오래전부터 사용해온 일본이나 유럽 등의 해외 운영 사례를 조사하였으며 특히 우리나라와 비슷한 가설기자재 인증 제도를 운영하는 일본의 사례를 중심으로 실태조사를 실시하였다.

일본은 2003년부터 후생노동성에서 「안전난간 선행공법에 관한 지침」을 제정하여 현장에 비계 작업의 안전성과 편리성을 제시하였다.



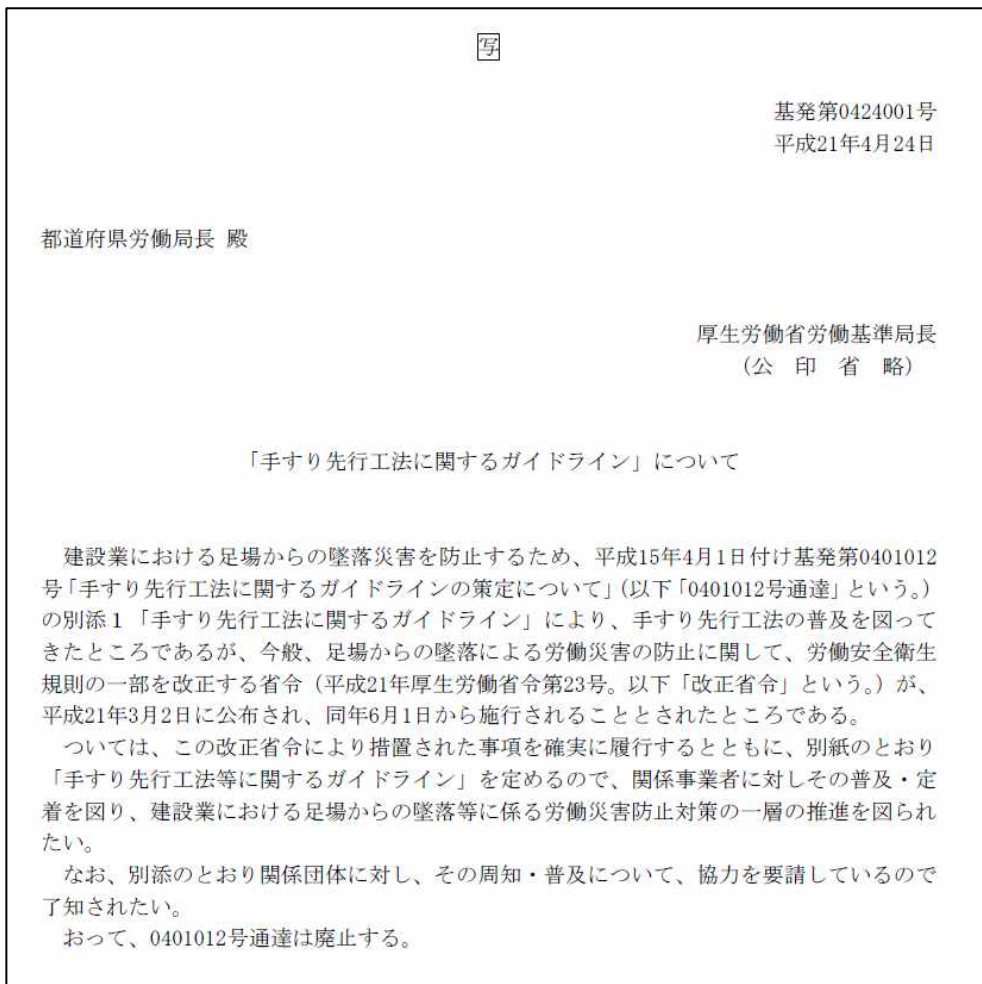
[그림3-9] 일본의 안전난간 선행공법 도입과 보급 확대

이후 2006년 안전난간 선행공법에 적합한 “선행형 안전난간”의 일본공업규격이 제정되었고, 가설공업회의 승인 대상이 되는 등 자재의 표준화를 통해 제조자와 사용자의 접근성을 높이는 노력도 병행하였다.

또한 2009년 「비계로부터 추락에 대한 노동재해방지대책을 철저히 시행함에 대하여(후생노동성 기발 제0424003호)」에서는 「안전난간 선행공법에 대한 지침」에서 정하고 있는 안전난간 선행공법에 의하여 비계를 조립하여 일하기 편

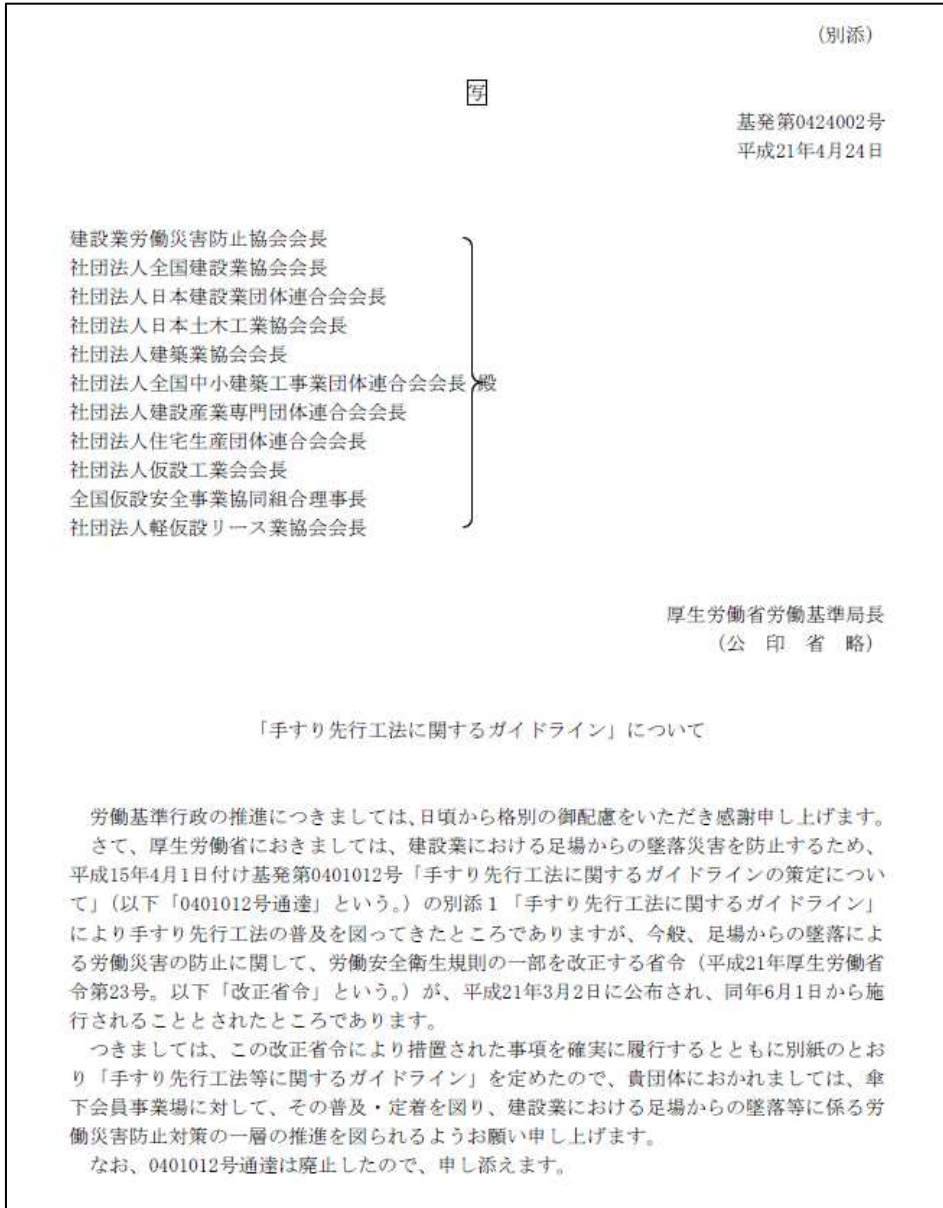
하고 안전한 비계를 설치하도록 하고 있다.

「안전난간 선행공법에 관한 지침에 관해서(후생노동성 기발 제0424001호)」는 후생노동성 노동기준국장이 지방관서에 보낸 문서로서 「안전난간 선행공법에 대한 지침」이 관계사업자에게 보급·정착이 되도록 하고, 건설업에 있어서 비계로부터 추락 등과 관련된 노동재해방지대책을 추진하도록 하고 관계단체에도 보급하여 협력을 요청하도록 하고 있다.



[그림3-10] 후생노동성 기발 제0424001호

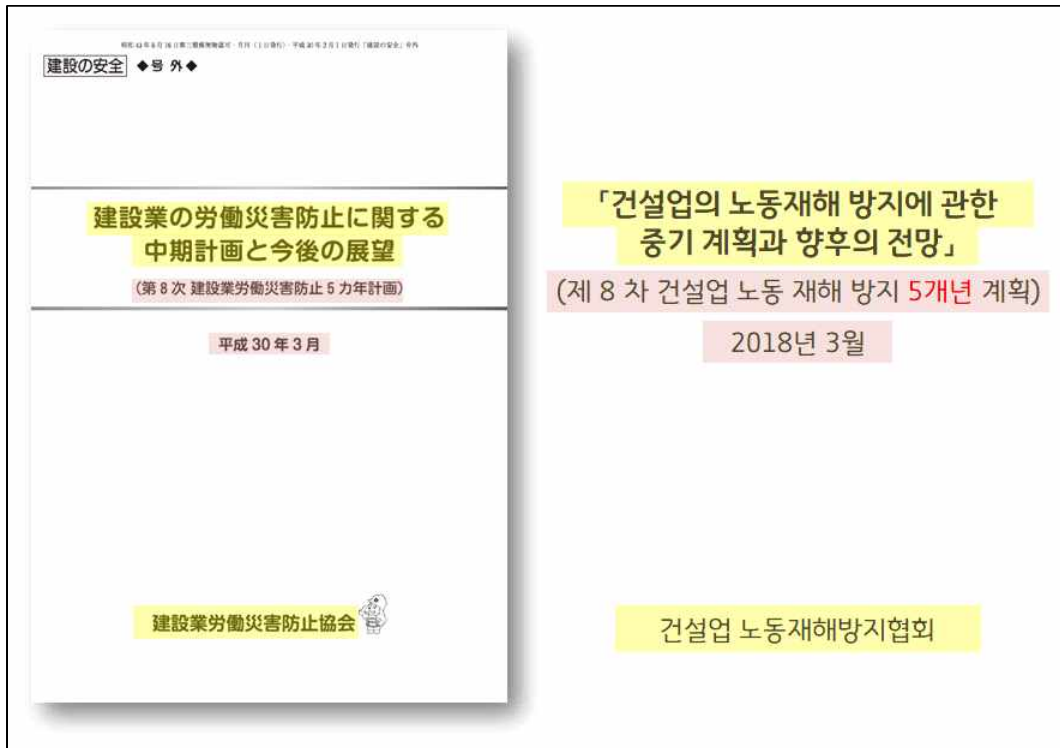
또한 후생노동성에서는 건설업노동재해방지협회 등의 유관 단체에도 문서(후생노동성 기발 제0424002호)를 보내는 등 추락 재해 예방을 위해 안전난간 선행공법의 적용에 대한 실효성을 높이기 위한 노력을 기울이고 있다.



[그림3-11] 후생노동성 기발 제0424002호

일본은 노동재해 방지를 목적으로 하는 사업주 단체에 관한 법률인 「노동재해 방지단체법」에 따라 각 업종별 5개(건설업, 육상화물 운송업, 항만화물 운송업, 임업, 광업)의 지정 ‘노동재해방지협회’를 설립하여 업종별 산업재해예방 활동을 실시하고 있다.

그 중 건설업에서의 재해를 줄이기 위한 목적으로 후생노동성으로부터 지정받은 ‘건설업노동재해방지협회(JCSHA : Japan Construction Safety and Health Association)’는 5년 단위로 노동재해방지를 위한 활동 성과와 향후 계획 자료인 「건설업의 산업재해 방지에 관한 중기 계획과 향후의 전망」을 작성하여 배포하고 있다.



[그림3-12] 제8차 건설업 노동재해방지 5개년 계획

가장 최근 자료인 제8차 「건설업의 산업재해 방지에 관한 중기 계획과 향후의 전망」 내용에 따르면, 제7차 (2013년 ~ 2017년)에 활동 성과 중 협회가 실시한

‘건설업 중대재해를 감소시키기 위한 중점 대책’은 ①추락·전락 재해 방지, ②건설 기계 재해 방지, ③사면 붕괴 재해 방지, ④석면 장해 예방, ⑤열사병 예방 이렇게 크게 다섯 개로 구분하고 있다.

그 중 ①추락·전락 재해 방지 대책으로는 노동안전위생규칙 개정에 따른 발판, 사다리, 지붕 등의 추락·전락 방지 대책의 검토를 실시하여 「난간 선행 공법에 관한 지침」의 보급 정착을 지속적으로 추진했다는 내용이 담겨있다.

1 「제7차 건설업 노동 재해 방지 5개년 계획」의 노동 재해 방지 활동과 그 성과

1 「제7차 건설업 노동 재해 방지 5개년 계획」의 목표

建設業労働災害防止協会（以下、「協会」という）及びその会員は、労働災害防止・労働者の健康確保・快適職場の形成の促進を図り、建設業の安全衛生水準の一層の向上を期することとし、「第6次建設業労働災害防止5か年計画」（以下、「第6次計画」という）期間中の労働災害発生状況と比較して、「第7次建設業労働災害防止5か年計画」（以下、「第7次計画」という）に次の目標を設定した。

(1) 計画期間中の労働災害による死亡者数を20%以上減少させる。

(2) 計画期間中の労働災害による休業4日以上の死者数を15%以上減少させる。

協会及び会員は、この目標を達成するため、年度ごとに協定する「建設業労働災害防止対策実施事項」（以下、「実施事項」という）の定めた基本的な対策事項に基づく安全衛生活動等を推進する。

2 「第7次計画」期間中に協会で重点に実施してきた事項

(1) 「建設業労働災害防止規程」の遵守

「建設業労働災害防止規程」（以下、「災防規程」という）は、平成30年1月4日に変更（同年4月3日から適用）したが、その後重要な改正や新たな告示などがあり、平成25年8月1日に改正（同年10月1日から適用）を行った。協会では改正点を含め、会員への「災防規程」の周知徹底や定めの事項の遵守、「災防規程」に基づく労働災害防止活動の積極的な促進を図るとともに、協会職員も、実施事項に加え、「災防規程」を定めた対策事項（発着・墮落・転落・転倒・転滑）の遵守を徹底した。

(5) 発生頻度の高い労働災害を減少させるための重点対策の推進

建設業において発生頻度の高い労働災害を減少させるため、「第7次計画」では、①墮落・転落災害防止、②建設機械災害防止、③斜傾倒壊災害防止、④石綿障害予防、⑤熱中症予防を重点対策とし、協会としての活動を行った。

墮落・転落災害防止対策では、安全衛生規程の改正に基づく足場、はしご、屋根等からの墮落・転落防止対策の検討を行い、「手すり先行工法に関するガイドライン」の普及定着を継続して促進した。建設機械災害防止対策では、労働安全衛生規程の改正に資し、平成25年度に「解体用機械の安全対策の推進」に関するテキストの改訂並びに教育の実施、平成26年度には「クレーン・機械付きクレーンボウの安全作業」のテキストの改訂を行った。斜傾倒壊災害防止対策では、斜面掘削作業における現場の状況等を把握するために点検の充実、その点検結果の情報を発注者、調査・設計者、施工者の3者が共有し、情報を有効に活用するための安全対策を推進した。石綿障害予防対策では、石綿粉じん暴露・吸着防止の徹底、建設物等の解体時の事前調査の徹底、掘削空間の負圧化を維持するための集じん・排気装置の性能要件、点検方法等についての検討等を行った。熱中症予防対策では、建設現場におけるWBGT値の適切な測定場所や測定結果に基づく熱中症予防措置の検討、熱中症予防用具の紹介、「STOP! 熱中症 テールワークキャンペーン」等の積極的な展開を行った。

2. 「제 7 차 계획」 기간 동안 협회가 중점적으로 실시해온 사항

(5) 중대재해를 감소시키기 위한 중점 대책 추진

건설업 중대재해를 감소시키기 위해 '제 7 차 계획'에서는 다음을 중점 대책으로 활동을 실시했다.

① 추락·전락 재해 방지, ② 건설 기계 재해 방지, ③ 사면 붕괴 재해 방지, ④ 석면 장해 예방, ⑤ 열사병 예방

추락·전락 재해 방지 대책은 노동안전위생규칙 개정에 따른 발판, 사다리, 지붕 등의 추락·전락 방지 대책의 검토를 실시하여 「난간 선행 공법에 관한 지침」의 보급 정착을 지속적으로 추진

[그림3-13] 제7차 건설업 노동재해방지 활동과 그 성과

또한 협회의 회원도 마찬가지로 추락·전락 재해를 감소시키기 위한 중점 활동으로 각종 비계에 안전난간 선행공법에 관한 지침을 고려하여 대책을 실시하였다는 내용이 담겨있다.

IV 회원이 실시하는 중점 사항

1 「第8次建設業労働災害防止5カ年計画」及び「建設業労働災害防止規程」の遵守
 会員が実施すべき重点事項を定めた「第8次計画」及び建設業における自主的な労働災害防止の基準として定めた「防衛規程」の趣旨をよく理解し、毎年度発行される「実施事項」と共にその遵守に努める。

2 安全衛生管理体制の確立
 (1) 店社及び作業所の安全衛生管理体制の確立を図る。
 (2) 店社及び作業所の年度安全衛生計画を策定し、推進する。

5 重傷度の高い労働災害を減少させるための重点対策の実施
 協会が主催する三大災害（墜落・転落災害、建設機械・クレーン等災害、倒壊・崩壊災害）軽減運動に参加し、実施ある労働災害防止活動を展開すると共に、以下の対策の徹底を図る。
 (1) 三大災害絶滅のための共通対策
 ① 作業計画時等におけるリスクアセスメントの確実な実施
 ② リスクアセスメントの実施結果により、危険な作業の中止や変更及びより安全な作業方法への変更
 ③ より安全な機材の使用
 ④ 安全点検の確実な実施
 ⑤ 作業手続の確立と遵守
 ⑥ 表示等による注意喚起（危険の見えん化等の推進）
 ⑦ 作業に即した安全衛生教育の充実
 ⑧ 危険予知活動のマンネリ化の防止
 ⑨ 安全衛生保護具の着用と正しい使用
 (2) 墜落・転落災害防止対策
 建設業における死亡災害、休業4日以上もの損傷災害で最も大きな割合をおとめる墜落・転落による労働災害の防止に向け、「第8次計画」期間中の8月1日から9月10日までの期間を「墜落・転落災害撲滅キャンペーン」として、墜落・転落災害の撲滅に向けて重点的に取り組むと共に、墜落・転落の可能性のある全ての場所で以下の重点対策を実施する。
 ① 各種足場では「手すり先行工法に関するガイドライン」を考慮した対策の実施
 ② 既設住宅工事等では「足場先行工法に関するガイドライン」に基づく対策の実施
 ③ 高所作業時における墜落防止用器具の構造は、原則としてフルハーネス型を使用

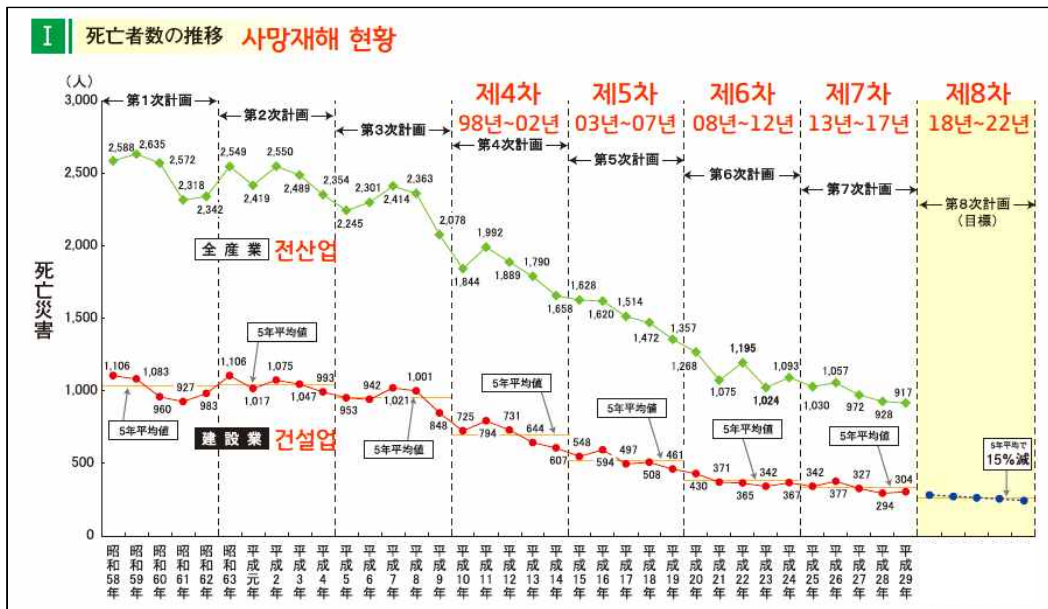
IV. 회원이 실시하는 중점 사항

5. 중대재해를 감소시키기 위한 중점 대책의 실시

(2) 추락·전락 재해 방지 대책

① 각종 비계는 「난간 선행 공법에 관한 지침」을 고려한 대책 실시

[그림3-14] 건설업노동재해협회 회원사의 추락·전락 재해방지 대책



[그림3-15] 일본의 사망재해 현황

이와 같이 일본은 건설업 사고 사망을 줄이기 위하여 많은 활동을 하고 있지만 그 중 핵심 대책으로 안전난간 선행공법에 대하여 항상 고려하고 있었으며 [그림 3-15] 와 같이 사망재해 현황도 꾸준히 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

일본이나 유럽 등 해외에서는 오래전부터 안전난간 선행공법이 도입되어 선행형 안전난간을 이미 사용하고 있으나, 국내에서는 아직까지 안전인증기준 미비 등 관련 기준이 없거나 모호하여 사용하지 못하고 있어 국내 일부 제조사에서는 관련 제품인 선행형 안전난간을 제조하여 전량 해외로 수출하고 있는 실정이다.

안전난간 선행공법에 사용되는 핵심 가설기자재인 선행형 안전난간은 일본공업규격으로 표준화 되어있으며, 가설공업회 승인 대상 제품으로 품질관리가 되고 있다. 또한 가설공업회의 승인을 득한 제조사는 2019년 10월말 기준으로 시스템 비계용이 14개사, 틀형비계용이 6개사 및 강관비계용은 없다. 특히, 강관비계용이 없는 이유가 강관비계는 비계공의 숙련도에 따라 비계기둥 간 간격이 일률적이지 못할 수 있어 강관비계용 선행난간의 개발과 유통을 어렵게 하는 요인으로 추정된다.

국내의 제조사(2개사)도 가설공업회의 공장심사 등을 통해 승인을 받아 일본으로 수출하고 있으나, 일본 제조사와 협업을 통한 OEM 생산으로서 일본 제조사 명으로 출시되고 있다.

먼저 안전난간 선행공법의 주 부재인 선행형 안전난간의 제조 과정을 확인하기 위하여 일본의 시스템 비계 및 동바리 부재를 주 생산품으로 하는 제조업체(일본 타카미야 주식회사 기후 공장)와 국내 제조사 2개소(호리코리아, 디케이에스글로벌)를 방문하여 ‘선행형 안전난간’의 생산 과정을 살펴보았다.

<표3-10> 선행형 안전난간의 생산 과정

순서	생산 과정
1	■ 파이프 가공 : 결합부 용접 전 가공(절단, 압착, 타공)을 마친 선행형 안전난간 가새재용 강관  

순서	생산 과정
2	■ 용접 : 상부난간대 및 가새재 결합부의 용접   

순서	생산 과정
3	■ 1차 검수 : 기준 틀(지그)를 이용하여 가새재의 결합부 각도 등을 검수 

순서	생산 과정
4	■ 도금 : 용접 및 1차 검수 후 용융 아연 도금  

순서	생산 과정
5	■ 조립 : 결합부 핀 체결 및 상부 난간대와 가새재 조립  

순서	생산 과정
6	■ 2차 검수 : 완성품을 비계구조물에 직접 설치하여 조립 여부 확인   

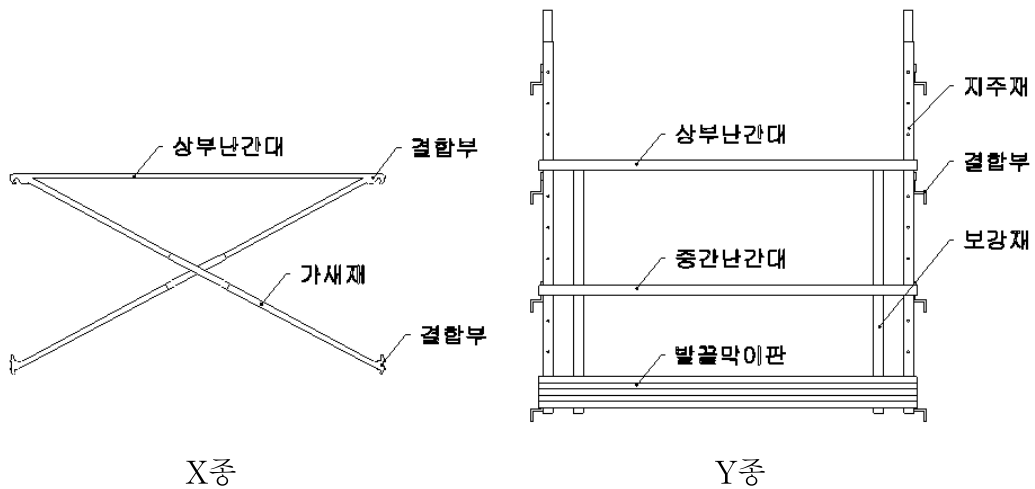
일본과 국내 제조 사업장의 선행형 안전난간 제조공정별 작업방법은 유사하다. 다만, 공정 순서에 있어서 국내의 경우는 강관사로부터 도금된 강관을 공급받아 절단 및 용접 등의 가공 작업을 하는 반면, 일본은 도금되지 않은 강관을 절단하거나 결합부 용접 등의 작업 후 도금을 실한다는 점에서 차이가 있다. 또한 국내는 안전인증대상 가설기자재의 경우 안전인증마크를 각인 등의 방법으로 표시하여 출고하고 있으나, 일본의 경우 인증대상의 경우 가설공업회 마크를 인증마크로 사용하고 있고 선행형 안전난간처럼 승인대상의 경우에는 별도 승인마크 없이 사업장 명칭 및 생산년도 등을 표시하고 있다.

또한 가설공업회의 도쿄 본부와 사이타마 소재 시험소를 방문하여 선행형 안전난간 관련 기준과 시험방법 등에 대하여 조사하였다.



[그림3-16] 사이타마 가설공업회 시험소 방문

제품기준은 일본공업규격과 가설공업회 승인기준이 있다. 일본공업규격에서는 강관비계용, 튜팅비계용, 시스템비계용으로 구분하고 있으나, 가설공업회 승인 대상 제품은 분류 상 시스템비계용 부재에 속하며, 종류는 X종과 Y종으로 구분하고 있다. 참고로, X종은 추락방지용 안전난간과 비계용 가새재의 성능을 갖춘 제품을 말하고, Y종은 안전난간의 성능만을 갖춘 제품을 말한다.



[그림3-17] 승인 대상 선행형 안전난간

X종의 경우 안전난간의 성능기준을 보면, 우리나라 안전인증 대상 제품인 이동식비계용 난간틀의 성능기준과 동일하며, 그 기준은 30 kg 중량물(무게추 등)을 매달아 수평이동량이 100 mm 이하가 되도록하고, 100 kg 중량물을 매달아도 파괴되지 않아야 한다는 것이다.

또한 수평저항력 성능기준이 있으며, 이 기준은 가새재로서의 성능을 확인하는 것으로서 선행형 안전난간(4개 1조)을 이용하여 조립한 시스템비계를 눕혀서 하중을 가하여 하중이 평균 13.0 kN 이상(최소치는 12.0 kN 이상) 되는지를 평가한다. 이 기준은 우리나라 안전인증 대상 제품인 튜팅비계용 교차가새의 시험방법 및 성능기준과 유사하며, 안전인증기준의 교차가새는 2개 1조로 시험하며 하중이

7.5 kN 이상이다. 다만 교차가새는 조립체에 대한 시험이 아닌 제품 자체를 시험 설비에 설치하고 시험하는 반면, 선행형 안전난간은 시스템비계 조립체를 시험한다는 점에서 차이가 있다.

Y종은 X종의 성능기준 중에서 안전난간의 성능기준만을 평가기준으로 정하고 있다.

마지막으로 안전난간 선행공법이 적용된 비계 구조물의 실제 사례를 확인하기 위하여 일본의 현장 2개소를 방문하였다. 첫 번째로 방문한 현장은 비계 구조물 높이가 약 40 m로서, 설치가 이미 끝난 상태로 현장 관계자와 함께 직접 구조물의 제일 위층까지 올라가며 비계구조물의 흔들림 등 안전성을 확인하였다. 참고로, 본 가설구조물은 국내 「건설기술진흥법」 상으로 구조적 안전성 검토 대상인 높이 31 m 이상의 비계구조물에 해당한다. 안전성 확인 결과 상당히 높은 구조물임에도 불구하고 전 구간에 교차 가새(선행형 안전난간)를 설치하여 흔들림이 거의 없이 안정감을 주었다.



[그림3-18] 안전난간 선행공법으로 설치가 완료된 현장



[그림3-19] 안전난간 선행공법이 적용된 비계구조를 내부



[그림3-20] 안전난간 선행공법으로 설치 중인 현장

두 번째 현장은 비계구조물의 높이가 약 24 m 인 구조물로서, 설치가 진행 중이라 실제로 작업자들이 선행형 안전난간을 설치하는 모습을 자세히 살펴볼 수 있었다.

아래층에서 미리 설치해둔 선행형 안전난간이 있는 상태에서 작업이 이루어지다 보니 작업자가 작업하는 동안 추락재해 예방은 물론이고 작업자에게 심리적 안정감을 주는 역할을 하여 작업이 상당히 빠른 속도로 진행되고 있었다.

그 외에도 신축공사, 항만공사, 터널공사 등 그림과 같이 여러 현장에서 안전난간 선행공법을 적용하여 사용하고 있다.



[그림3-21] 선행형 안전난간이 설치된 현장 (신축공사)



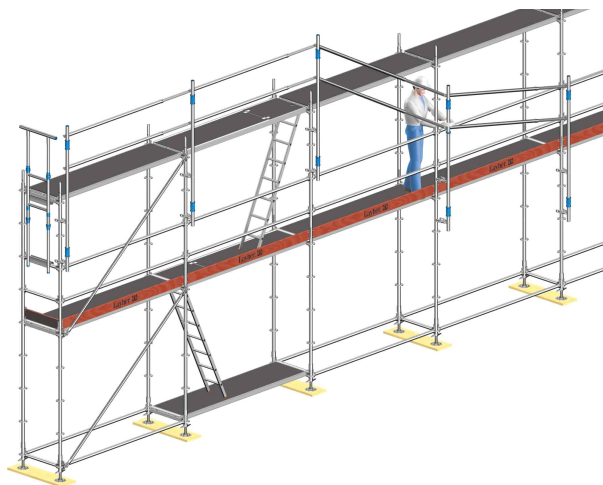
[그림3-22] 선행형 안전난간이 설치된 현장 (터널공사)



[그림3-23] 선행형 안전난간이 설치된 현장 (항만공사)

일본의 선행형 안전난간에 대한 특허 등 관련기술은 각 제조사별로 결합부 등 일부 형상에 대해 디자인등록 수준으로 조사되었으며, 등록된 특허나 실용신안 등 원천 기술은 없는 것으로 파악되었다.

그 밖에 뉴질랜드 등 일부 국가에서는 법적 강제정보다는 업계 자율에 의해 안전난간 선행공법을 적용하고 있다. 대표적인 안전난간 선행공법인 [그림3-24]는 Layher사(www.layher.co.nz)에서 발췌한 안전난간 선행공법 이해도로서, 이 공법은 일본처럼 선행형 안전난간이 비계구조물 일부가 되어 구조체로서 비계가 해체될 때까지 존치하는 것이 아니라, 비계 구조체가 완성되면 해체하는 방식이다. 즉, 이러한 제품은 본 비계용 난간(후행 난간)을 설치하기 위해 선행 임시난간을 추가로 설치하고, 후행 난간을 설치한 후 선행 임시난간은 해체하는 작업방법을 갖는다. 이에 반해 일본의 선행 난간은 후행 난간을 겸하는 구조로서 추가 설치 및 해체해야 할 임시난간이 없어 상대적으로 시간과 비용이 절약될 수 있다. 따라서 임시난간이 추가되는 선행공법은 안전난간이 2중으로 설치되기 때문에 일본의 선행공법에 비해 작업자의 안전성에서는 우수할 수 있으나, 작업성에서는 시간과 비용 등이 많이 소요될 것으로 예상된다.



[그림3-24] 안전난간을 2번 설치하는 선행공법

IV. 구조안전성 및 경제성 검증

1. 구조 안전성 검토

1) 개요

본 연구에서 제시하는 안전난간 선행공법은 비계의 설치를 위해 작업자가 최상단 작업발판에 올라가기 전에 미리 난간을 설치함으로써, 비계의 설치 및 해체 작업시 작업자의 추락사고를 방지하는데 효과적이라는 것은 명확하다. 하지만 추락에 대한 안전을 확보하는 것만큼이나 안전난간 선행공법을 적용한 비계구조물의 구조적 안전성을 확보하는 것도 매우 중요하다. 본 장에서는 동일한 규모의 기존 시스템 비계와 본 연구에서 제시하는 선행형 안전난간 시스템 비계의 구조적 안전성을 비교검토 함으로써, 안전난간 선행공법을 적용한 시스템 비계가 “비계 및 안전시설물 설계기준”에서 규정하고 있는 설계하중에 대하여 구조적 안전성을 충분히 만족하고 있는지를 검증하고자 한다.

구조안전성 검증대상 시스템 비계의 규모는 폭은 40 m이고, 높이는 각각 20 m와 40 m로 가정하였다. 비계에 작용하는 설계하중으로는 비계의 자중, 발판의 중량, 작업하중, 최소수평하중 및 풍하중을 적용하였다. 일반적으로 비계의 작업하중은 작업의 특성에 따라, 경작업(1.25 kN/m^2), 중작업(2.50 kN/m^2), 돌작업(3.50 kN/m^2)으로 구분할 수 있으며, 본 연구에서는 가장 큰 작업하중인 3.50 kN/m^2 을 적용하여 구조안전성 검증을 수행하였다.

풍하중은 비계의 설치위치가 서울을 기준으로 하여 기본풍속을 26 m/sec 로 적용하였고, 기준높이는 20 m, 지표면조도기준은 C를 적용하였다. 설계기준에 따른 하중조합은 다음과 같다.

<표4-1> 비계 및 안전시설물 설계하중의 하중조합

CASE	하중조합	허용응력증가계수
1	D + Li + M	1.00
2	D + W	1.25

여기서, D: 고정하중(비계자중 + 발판중량)

Li: 작업하중

M: 최소수평하중(연직하중의 5%)

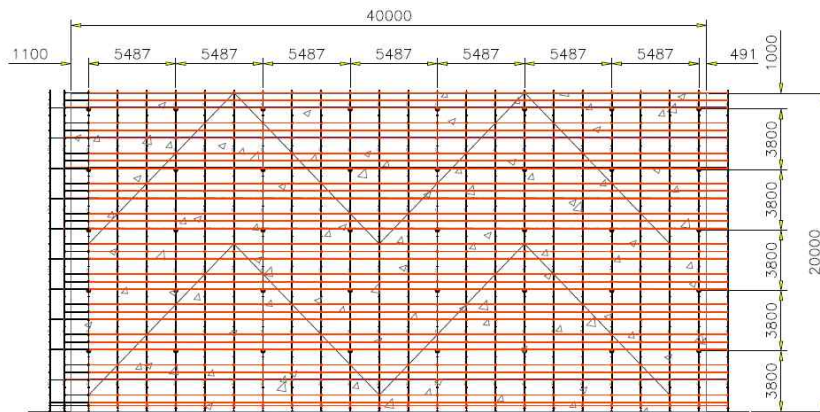
W: 풍하중

2) 검토대상 시스템 비계

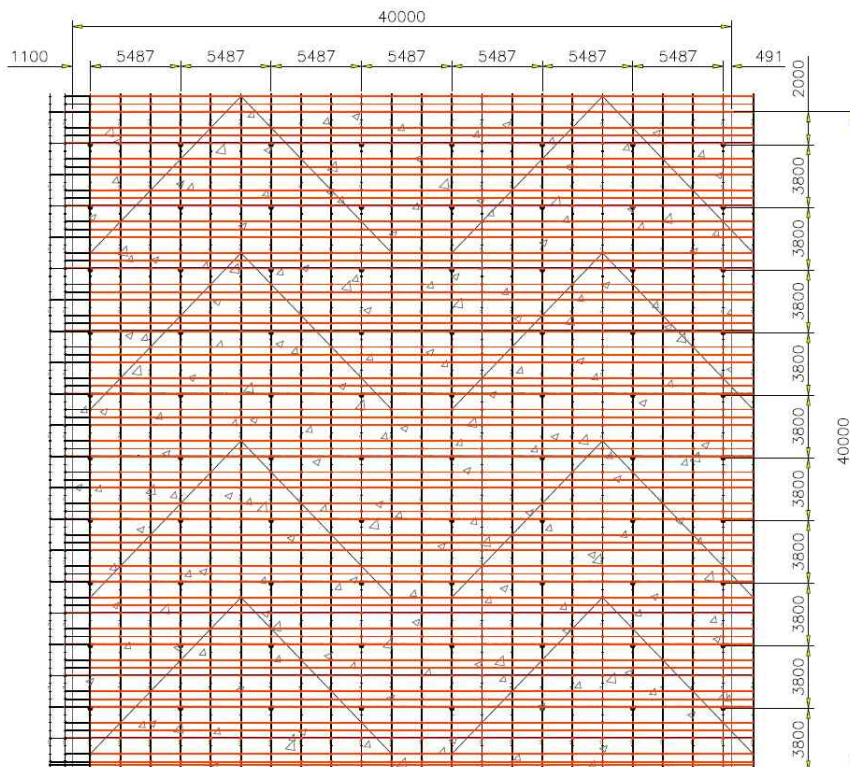
기존 시스템 비계의 경우 수직재, 수평재는 시스템 비계의 품목으로 구성하고, 가새재는 비계용 강관을 이용하여 배치하였다.

이에 비하여 선행형 안전난간 시스템 비계는 수평재와 가새재가 일체로 제작되어 있으므로, 비계용 강관을 사용하지 않고 해당부재를 수평재와 가새재로 이용하였다. 다만, 선행공법에서 가새재는 2개가 교차하는 방식으로 수직재에 체결되기 때문에 가새재 교차부가 평평하게 압착가공 되어있으나, 이를 강관 형상으로 하고 구조검토를 실시하였다. 또한, 기존 시스템 비계의 경우 발판 옆에 장선 역할을 하는 수평재를 설치하고 있으나, 선행형 안전난간 시스템 비계는 발판이 수평재의 역할을 하는 것으로 가정하여 별도의 수평재는 설치하지 않았다.

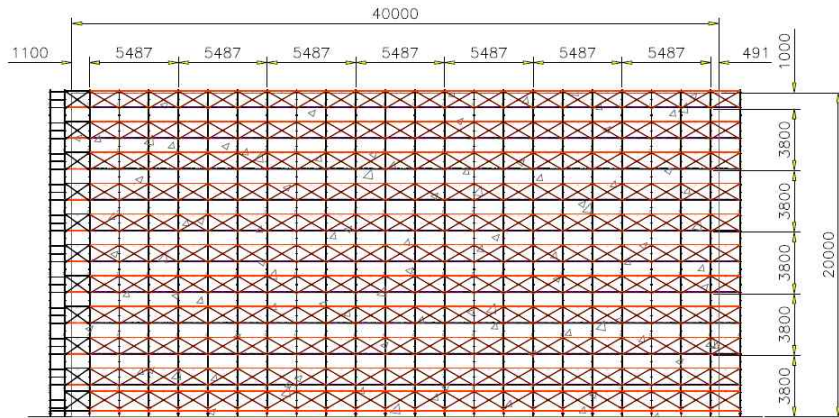
높이 20 m와 40 m의 기존 시스템 비계와 선행형 안전난간 시스템 비계를 다음의 그림에서 나타내었다.



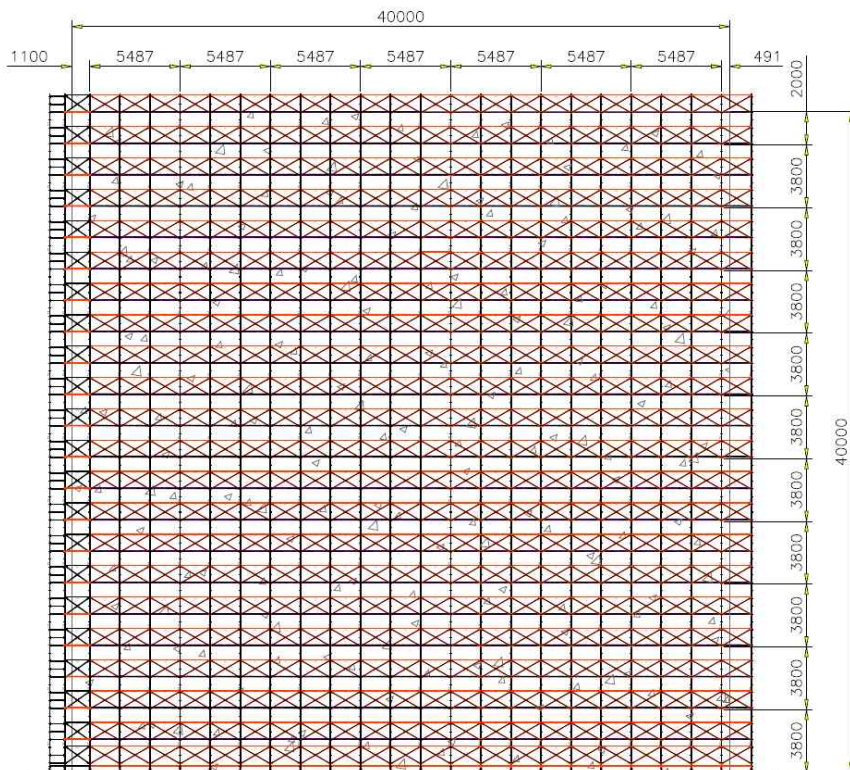
[그림4-1] 기존 시스템 비계 (H=20m)



[그림4-2] 기존 시스템 비계 (H=40m)



[그림4-3] 선행형 안전난간 시스템 비계 (H=20m)



[그림4-4] 선행형 안전난간 시스템 비계 (H=40m)

3) 부재별 단면특성

기존 시스템 비계와 선행형 안전난간 시스템 비계를 구성하는 각각의 부재, 즉, 수직재, 수평재 및 가새재의 단면의 크기와 재질은 다음과 같다.

<표4-2> 기존 시스템 비계의 부재별 단면 특성

종류	규격	재질	인장강도	항복강도
1) 수직재	φ48.6, 2.3 t	SGT355	500 MPa	355 MPa
2) 수평재(띠장)	φ42.7, 2.3 t	SGT275	410 MPa	275 MPa
3) 수평재(장선)	φ42.7, 1.8 t	SGT550	690 MPa	550 MPa
4) 가새재	φ48.6, 2.3 t	SGT355	500 MPa	355 MPa

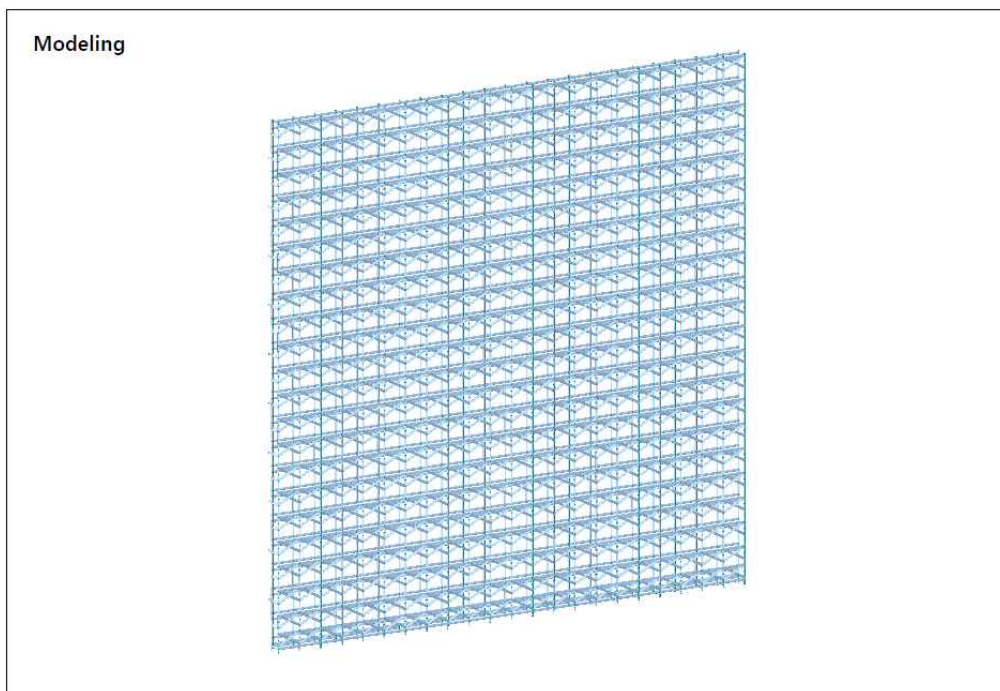
<표4-3> 선행형 안전난간 시스템 비계의 부재별 단면 특성

종류	규격	재질	인장강도	항복강도
1) 수직재	φ48.6, 2.3 t	SGT355	500 MPa	355 MPa
2) 수평재(띠장)	φ42.7, 2.3 t	SGT275	410 MPa	275 MPa
3) 수평재(장선)	φ42.7, 1.8 t	SGT550	690 MPa	550 MPa
4) 가새재	φ21.7, 1.9 t	SGT275	410 MPa	275 MPa

발판을 거치하는 수평재를 다른 수평재와 다른 단면과 재질을 갖는 부재를 적용한 것은 기존의 수평재를 사용할 경우, 작업발판을 횡방향으로 2개 설치하고 돌작업에 해당하는 작업하중을 적용하게 되면, 수평재의 휨응력이 허용응력을 초과하는 결과를 초래하기 때문이다.

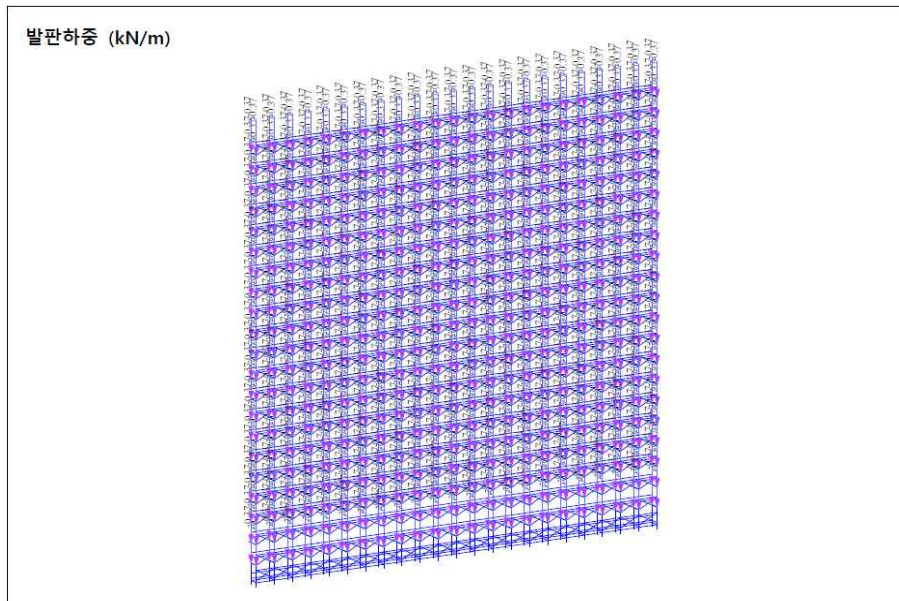
4) 구조해석 모델링 및 설계하중의 적용

상기의 시스템 비계 각각에 대한 구조해석 모델을 작성한 다음 설계하중을 적용하여 구조해석을 수행하였다. 이 중에서 높이 40 m 인 선행형 안전난간 시스템 비계를 선정하여 구조해석을 위한 구조해석 모델과 하중적용 사례를 아래에 나타내었다.

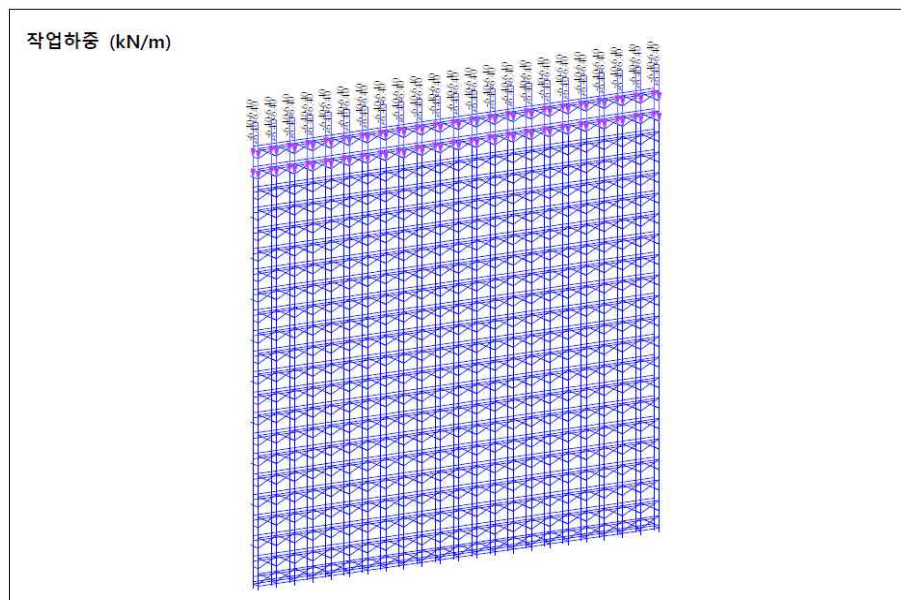


[그림4-5] 선행형 안전난간 시스템 비계 구조해석 모델

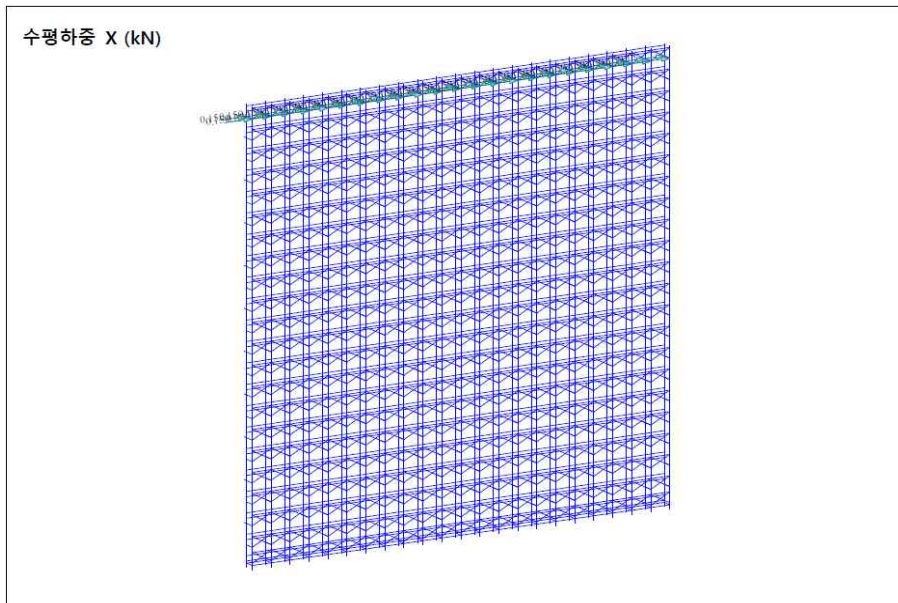
산업안전보건법 규정에 의하면 연직방향으로 작업하중은 1단만 재하하도록 하고 있으므로, 비계자중은 구조해석 프로그램내에서 자동으로 계산되며, 발판의 중량은 각단에, 작업하중은 최상단 작업발판에 적용하였고, 최소수평하중과 풍하중은 비계전면과 측면에 각각 적용하였다. 각 하중경우별 설계하중 적용을 다음의 그림에서 나타내었다.



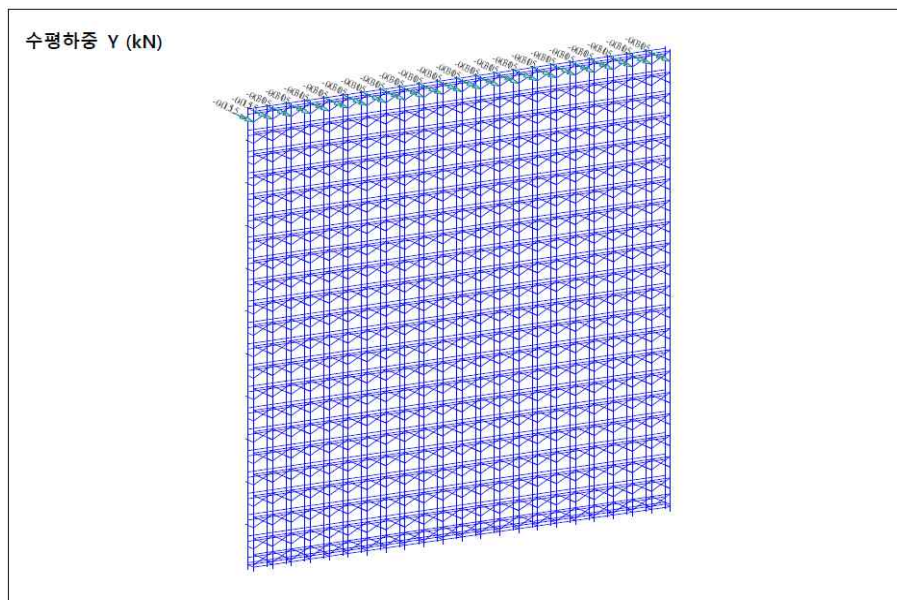
[그림4-6] 발판하중 적용



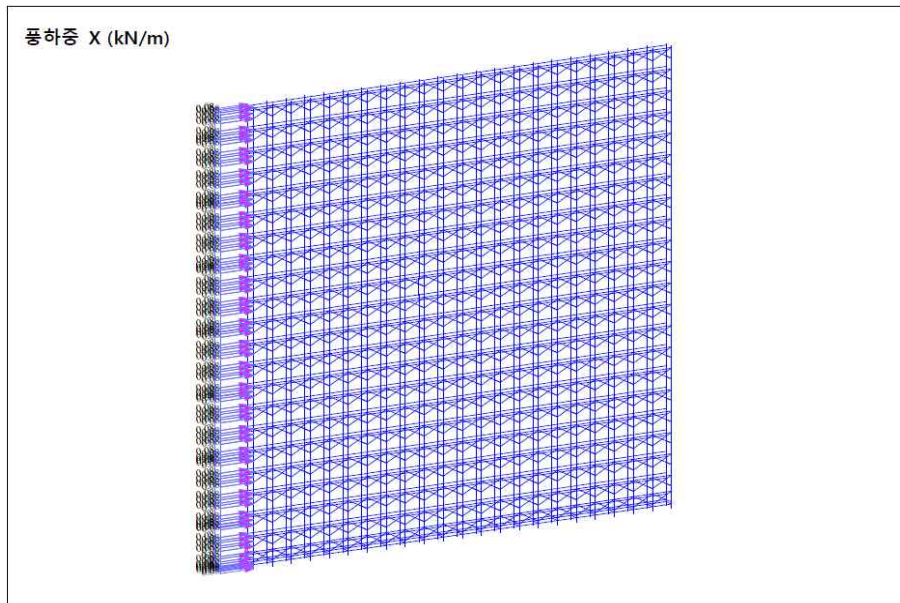
[그림4-7] 작업하중 적용



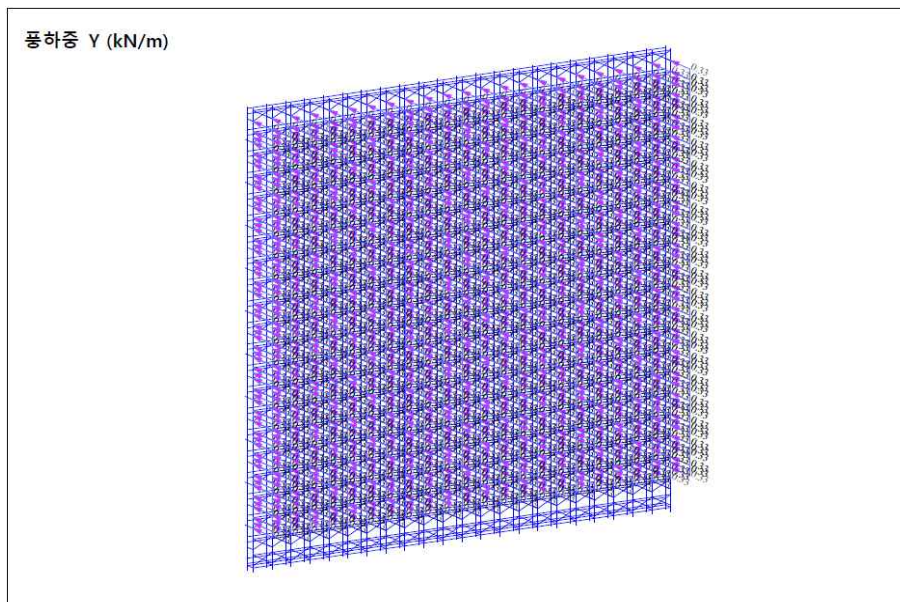
[그림4-8] X방향 최소수평하중 적용



[그림4-9] Y방향 최소수평하중 적용



[그림4-10] X방향 풍하중 적용



[그림4-11] Y방향 풍하중 적용

5) 구조해석 결과

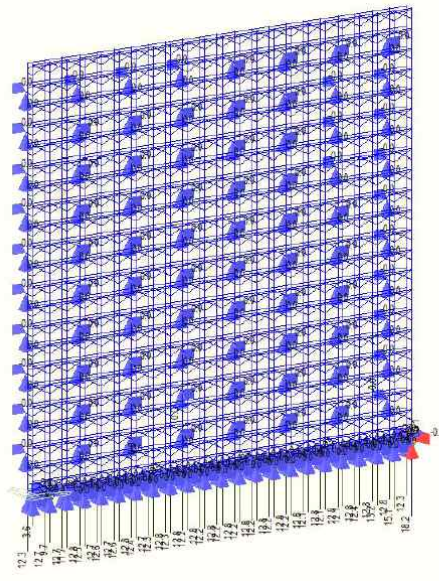
높이가 각각 20 m, 40 m 인 기존 시스템 비계와 선행형 안전난간 시스템 비계에 대하여 비계자중, 발판중량, 작업하중, 최소수평하중 및 풍하중을 조합하여 적용한 후 구조해석을 수행하였다.

구조해석 결과로는 각 부재의 단면력, 응력을 구하였으며, 각 부재에 발생하는 응력을 해당부재의 허용응력과 비교함으로써 부재의 안전성을 평가하였고, 비계 하단과 벽연결재에서 발생하는 반력으로 비계의 안정성을 평가하였다.

구조검토 대상비계의 종류와 하중경우의 수가 많으므로 이중에서 높이가 40 m 인 선행형 안전난간 시스템 비계를 대상으로 (고정하중+작업하중+X방향 최소수평하중)의 하중조합에 의한 구조해석 결과를 대표적으로 정리하였다.

(1) 반력

Reaction (kN)
LCB2



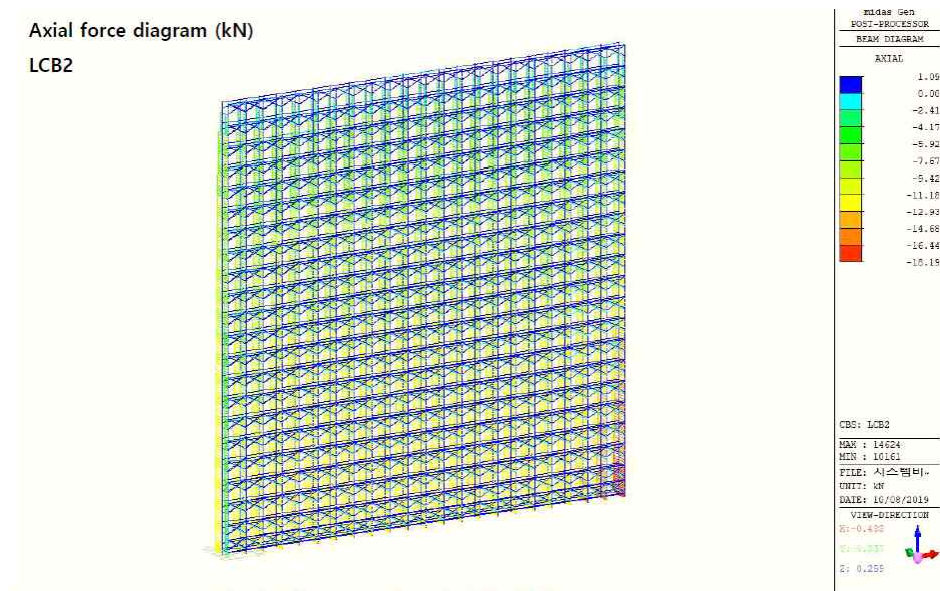
MSG: GEN
POST-PROCESSOR
REACTION FORCE
FORCE-NODE
MIN. REACTION
NODE=6552
FX: 0.00
FY: 0.00
FZ: 0.00
FXYZ: 0.00
MAX. REACTION
NODE=6577
FX: -0.34
FY: -0.02
FZ: 18.19
FXYZ: 18.19
CBS: LCB2
HAN: 6577
MIN: 6552
FILE: 시스템비계
UNIT: kN
DATE: 10/08/2019
VIEW-DIRECTION
X: 0.400
Y: 0.337
Z: 0.255

[그림4-12] 선행형 안전난간 시스템 비계 하단의 반력

상기 하중조합에 의해 본 선행형 안전난간 시스템 비계에 발생하는 최대 반력은 18.2 kN으로 나타났으며, 받침철물의 안전인증기준성능인 40 kN에 대한 안전율은 2.2가 되어 받침철물의 안전성은 확보되어있는 것으로 판단된다.

(2) 단면력

Axial force diagram (kN)
LCB2

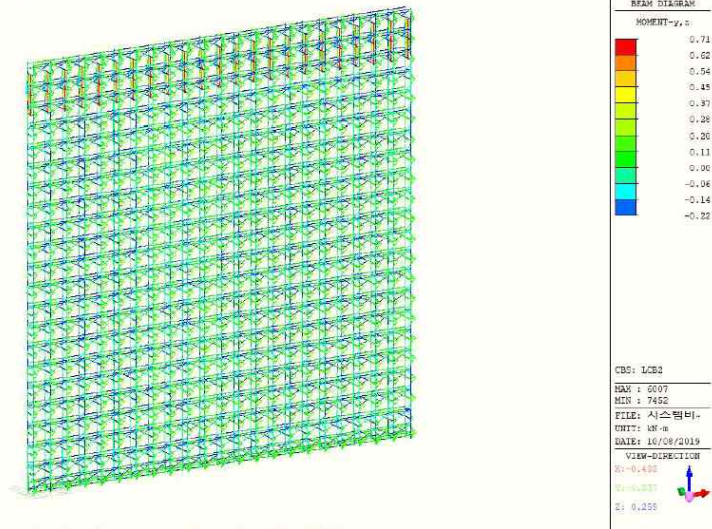


[그림4-13] 선행형 안전난간 시스템 비계 각 부재의 축력

상기 하중조합에 의해 선행형 안전난간 시스템 비계의 수직재에 발생하는 최대축력은 18.2 kN으로 나타났다. 수직재의 최대축력을 수직재의 안전인증기준 성능과 비교할 수 있으나, 수직재의 안전인증기준성능이 좌굴장이 1.9 m인 경우에 대한 성능이므로 수평재에 의해 좌굴장이 제한된 실제 설치된 시스템 비계의 수직재의 성능은 안전인증기준 성능보다 훨씬 클 것으로 예상되므로, 수직재를 비롯한 각 부재의 안전성은 단면력이 아닌 응력으로 판단하는 것이 합리적이다.

Bending moment diagram (kN.m)

LCB2

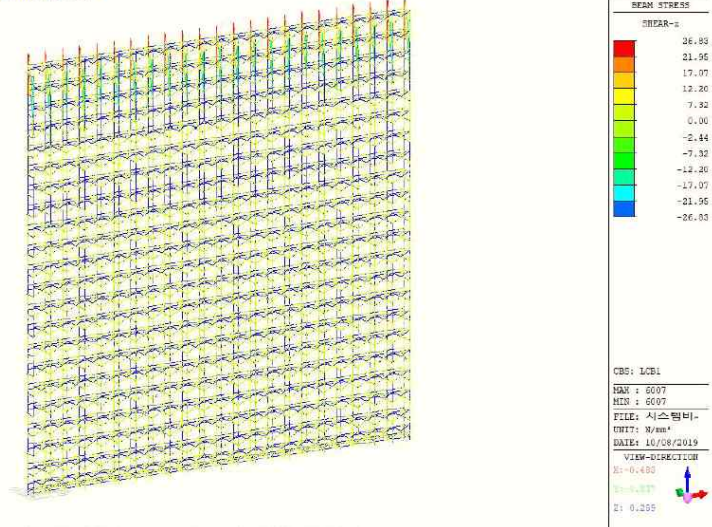


[그림4-14] 선형형 안전난간 시스템 비계 각 부재의 휨모멘트

(3) 응력

Beam Stresses - shear (MPa)

LCB1



[그림4-15] 선형형 안전난간 시스템 비계 각 부재의 응력

(4) 각 부재의 안전성 검토결과

높이가 20 m와 40 m인 기존 시스템 비계와 선행형 안전난간 시스템 비계에 대하여 각각의 하중조합에 의해 시스템 비계의 각 부재에 발생하는 응력을 해당 부재의 허용응력과 비교함으로써 시스템 비계의 안전성을 평가하고자 한다.

<표4-4> 기존 시스템 비계(H=20m)의 안전성 평가결과

부재종류	축응력(MPa)		휨응력(MPa)		합성응력비		평가결과
수직재	28.6	164	80.4	234	0.493	1.0	O.K.
수평재(띠장)	3.9	165	52.6	181	0.315	1.0	O.K.
수평재(장선)	2.0	330	312.4	363	0.867	1.0	O.K.
가새재	17.4	41	4.6	234	0.451	1.0	O.K.

<표4-5> 기존 시스템 비계(H=40m)의 안전성 평가결과

부재종류	축응력(MPa)		휨응력(MPa)		합성응력비		평가결과
수직재	61.4	164	79.8	234	0.731	1.0	O.K.
수평재(띠장)	0.6	66	29.5	181	0.172	1.0	O.K.
수평재(장선)	3.5	330	312.4	363	0.871	1.0	O.K.
가새재	26.9	42	4.6	234	0.700	1.0	O.K.

<표4-6> 선행형 안전난간 시스템 비계(H=20m)의 안전성 평가결과

부재종류	축응력(MPa)		휨응력(MPa)		합성응력비		평가결과
수직재	27.7	193	88.2	234	0.519	1.0	O.K.
수평재(띠장)	0.7	165	56.1	181	0.313	1.0	O.K.
수평재(장선)	1.3	330	312.4	363	0.865	1.0	O.K.
수평재(선행)	3.5	34	6.0	181	0.133	1.0	O.K.
가새재	8.2	15	8.8	181	0.649	1.0	O.K.

<표4-7> 선행형 안전난간 시스템 비계(H=40m)의 안전성 평가결과

부재종류	축응력(MPa)		휨응력(MPa)		합성응력비		평가결과
수직재	21.9	228	235.1	363	0.743	1.0	O.K.
수평재(띠장)	0.7	165	55.5	181	0.310	1.0	O.K.
수평재(장선)	2.0	330	312.4	363	0.867	1.0	O.K.
수평재(선행)	6.1	34	6.0	181	0.215	1.0	O.K.
가새재	9.8	15	8.8	181	0.783	1.0	O.K.

각각의 시스템 비계에 대하여 구조해석을 수행한 결과, 시스템 비계를 구성하는 수직재, 수평재, 가새재에서 발생하는 응력이 해당부재의 허용응력을 초과하지 않으므로, 설계하중에 대하여 기존 시스템 비계와 선행형 안전난간 시스템 비계는 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가된다.

2. 안전난간 선행/후행공법의 경제성 비교

비계에서의 안전난간은 강관비계나 시스템 비계 등 비계구조물에서 작업발판의 가장자리에 설치하여 근로자의 추락을 방지하기 위한 대표적인 방호장치이다.

통상 비계의 조립 순서 상 안전난간은 제일 마지막에 설치하게 된다. 비계의 조립과정을 보면, 비계는 기둥, 띠장, 장선으로 구성된 각 단(층)을 만들고, 이 단계에 작업발판을 설치하는 순서로 비계와 작업발판을 설치한다. 이후 비계 조립 작업자는 설치된 작업발판을 밟고 추락방지용 안전난간을 설치하게 된다.

따라서, 후행 작업(용접, 배관 등 비계 위에서 하는 작업)을 수행하는 근로자는 안전난간이 설치된 안전한 비계에서 작업을 수행하게 된다. 그러나, 비계 조립 작업자는 안전난간이 없는 상태에서 비계용 자재를 나르고 구성부재를 설치해야 하는 불안정한 상태에 노출되게 된다. 이는 통상 비계와 작업발판 설치 시 마지막 단계에서 설치되는 안전난간의 특성에 기인하고 있기 때문이다.



① 상부 작업발판 설치

② 상부 작업발판으로 이동

③ 안전난간 설치

[그림4-16] 안전난간 후행공법

이렇듯 국내에서 일반적으로 안전난간을 설치하는 방법으로서, 마지막 단계에서 안전난간을 설치하는 공법을 본 연구에서는 “안전난간 후행공법”이라 칭한다.

이러한 후행공법과는 달리 아랫단에서 윗단의 안전난간을 우선 설치한 후 윗단으로 올라가 비계용 자재의 이송이나 후속 작업을 실시하는 공법을 “안전난간 선행공법”이라 한다.



[그림4-17] 안전난간 선행공법

이러한 안전난간 선행공법의 경제성 검증은 국내 도입 시 발생할 수 있는 비용 증가에 따른 건설사 등 사용자의 부담의 정도를 판단하기 위한 것으로서, 국내에서 현재 적용하고 있는 안전난간 후행공법과 일본에서 적용하는 안전난간 선행공법을 상호 비교하는 방법으로 검토하였다.

다만, 국내에서는 적용된 현장 사례가 없어 일본의 비교 자료를 분석하였으며, 자료는 일본 타카미야 주식회사에서 제공하였다.



[그림4-18] 안전난간 후행공법 적용 시스템 비계(국내)



[그림4-19] 안전난간 선행공법 적용 시스템 비계(일본)

비교 검증의 기본 조건은 다음과 같다.

- ① 현장조건 : 외벽 개보수공사 현장
- ② 비계의 종류 및 제원 : 시스템 비계, 작업발판 폭 740 mm
- ③ 비계가 설치된 건축구조물의 크기 : 50 m × 25 m × 35 m
- ④ 비계의 설치 면적 : 약 5,000 m²
- ⑤ 자재 임대기간 : 90일
- ⑥ 기타 : 발끝막이판, 수직보호망 등의 안전시설 설치 제외

<표4-8> 안전난간 선행/후행공법 경제성 비교

구분	후행공법 (내·외측 2단 난간 설치)	선행공법 (외측만 선행공법 적용)
기본료	1,261,820	1,086,695
사용료	1,360,440	1,306,246
인건비	6,077,750	5,677,750
운송비	2,040,000	1,920,000
합계	10,740,010円	9,990,691円

경제성 비교 검증결과, 안전난간 선행공법이 후행공법에 비해 약 7% 정도의 비용 절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 현재 국내 시스템 비계 설치공법이 모두 후행공법으로서, 안전난간 선행공법의 국내 도입 시 사용상의 비용절감 효과로 인해 초기 관련업체의 재료비 부담을 경감시키고, 신공법에 대한 거부감을 줄여줄 것으로 기대된다.

3. 고찰

구조 안전성 검토 및 경제성 검증은 현재 국내에서 적용하고 있는 안전난간 후행공법의 시스템 비계와 일본의 안전난간 선행공법을 적용한 시스템 비계를 비교 대상 모델로 하여 상대적 비교검증을 실시한 것이다.

특히, 구조 안전성 검토 결과 안전난간 선행공법이 비계구조물 윗단에 걸쳐 충실하게 가새를 설치하고 있어, 안전난간 후행공법에 적용된 가새에 비해 자료상 단면적 등이 불리함에도 이를 상쇄하였기에 충분한 안전성을 확보할 수 있다고 평가할 수 있다.

다만, 재료적 측면에서 선행형 안전난간의 가새재 세장비가 약 268로서 세장비가 200을 초과하게 되어, 국가건설기준코드 상 압축재로서의 재료 기준에 부적절할 수 있다는 점을 확인했다. 이는 비계 및 안전시설의 설계는 강구조 부재 설계 기준 중 허용응력설계법을 따르도록 하고 있는데, 허용응력설계법에는 “압축재의 세장비 KL/r 은 200을 초과하지 않아야 한다.”고 명시하고 있기 때문이다.

이에 반해, 최근의 경향은 세장비 기준에 대해 강제기준이 아닌 권고 기준으로 변화하고 있는 추세이다. 2017년 개정된 하중저항계수설계법에는 “압축재에 기초하여 설계되는 부재의 세장비(KA/r)는 가급적 200을 넘지 않도록 한다.”로 재료의 세장비에 대해 강제가 아닌 권고 사항으로 제시하고 있다. 또한 건축구조기준인 KBC 2005 기준에서는 압축재의 세장비를 200 이하로 제한하였으나, KB 2009 기준부터는 권장사항으로 변경하였다.

이런 구조설계기준의 변화에 맞춰, 임시로 설치하는 가설구조물인 비계 및 안전시설에 적용하는 설계기준에서도 압축재의 세장비 200 이하 제한을 권장기준 등으로 적용할 필요가 있어 보인다.

V. 성능시험

1. 시험 개요

1) 성능시험의 필요성

국내에는 고용노동부 고시에서 정한 ‘추락·낙하 및 붕괴 등의 방지 및 보호에 필요한 가설기자재’에 대해 「산업안전보건법」 제34조에 따른 안전인증기준에 따라 안전인증을 받은 제품만이 제조, 유통, 사용될 수 있다.

<표5-1> 안전인증대상 기계·기구 등의 제조·수입·사용 등의 금지 등

제34조의4(안전인증대상 기계·기구 등의 제조·수입·사용 등의 금지 등)

① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 안전인증대상 기계·기구 등은 **제조·수입·양도·대여·사용하거나 양도·대여의 목적으로 진열할 수 없다.**

1. 안전인증을 받지 아니한 경우(제34조제3항에 따라 안전인증이 전부 면제되는 경우는 제외한다)

2. 제34조제1항에 따라 고용노동부장관이 정하여 고시하는 안전인증기준에 맞지 아니하게 된 경우

3. 제34조의3제1항에 따라 안전인증이 취소되거나 안전인증표시의 사용 금지 명령을 받은 경우

② 생략

이에 안전난간 선행공법을 국내에 도입하기 위해서는 주 부재인 선행형 안전난간의 안전성 검증과 동시에 안전인증기준 마련이 반드시 필요하다.

앞 장에서 안전난간 선행공법이 적용된 시스템 비계의 구조검토를 실시해본 결과 구조적 안전성이 확보된다는 점을 확인했지만 본 장에서는 안전난간 선행공법의 주 부재인 선행형 안전난간의 부재 성능시험과 선행형 안전난간이 설치된 구조체 성능시험을 진행하여 안전난간 선행공법의 안전성 검증을 실시하고 그 결과를 안전인증기준 마련을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

2) 시험항목 및 방법의 설정

선행형 안전난간은 바닥면과 수평한 형태의 상부 난간대와 X자 형태의 가새재로 구성되어 있다. 선행형 안전난간의 가새재는 틀형비계용 부재인 교차 가새와 비슷한 X자 형태로 사진과 같이 전 구간에 선행형 안전난간을 설치한다면 안전난간의 역할 뿐만 아니라 수평력에 저항하는 가새의 역할을 동시에 할 수 있다.



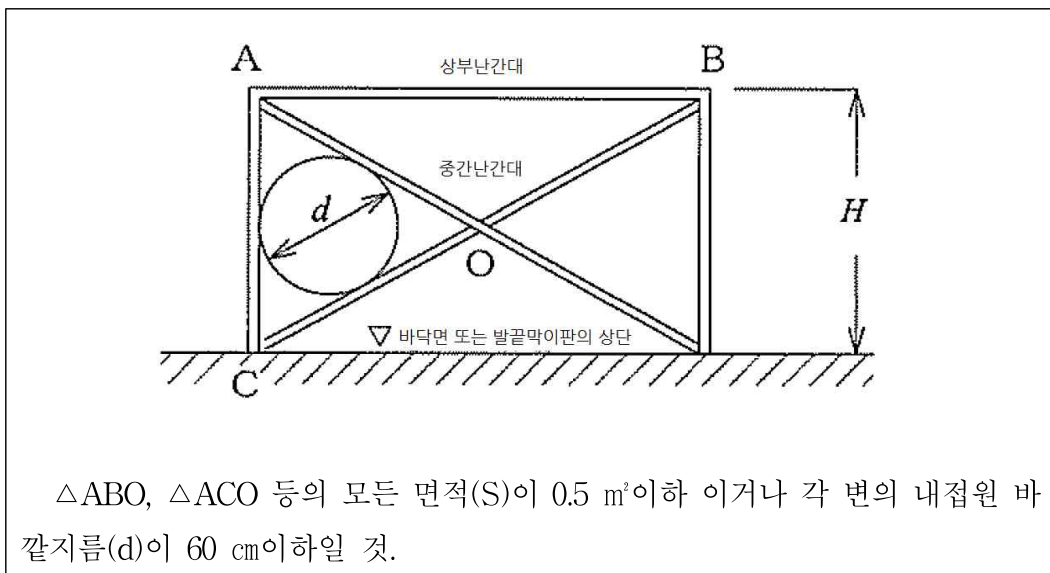
[그림5-1] 선행형 안전난간 설치 현장

이에 본 시험에서는 선행형 안전난간의 난간으로서의 성능과 가재로서의 성능을 확인하기 위하여 다음과 같이 4가지 시험을 진행하였으며 시험방법으로는 국내의 안전인증기준과 일본 가설공업회 승인기준, 일본공업규격(JIS A 8961) 등을 참고하였다.

(1) 구조 적정성 평가

선행형 안전난간의 구조 적정성 평가는 일본 가설공업회 승인기준 및 일본공업규격(JIS A 8961)의 기준을 적용하였으며 그 기준은 다음과 같다.

<표5-2> 선행형 안전난간의 구조 적정성 평가 기준



선행형 안전난간은 X자 형태의 교차 가재와 같은 구조로서 구조적 특성 상 넓은 공간이 존재하게 되어 이 곳으로 추락할 개연성이 높아 적정 공간에 대하여 규정하고 있다.

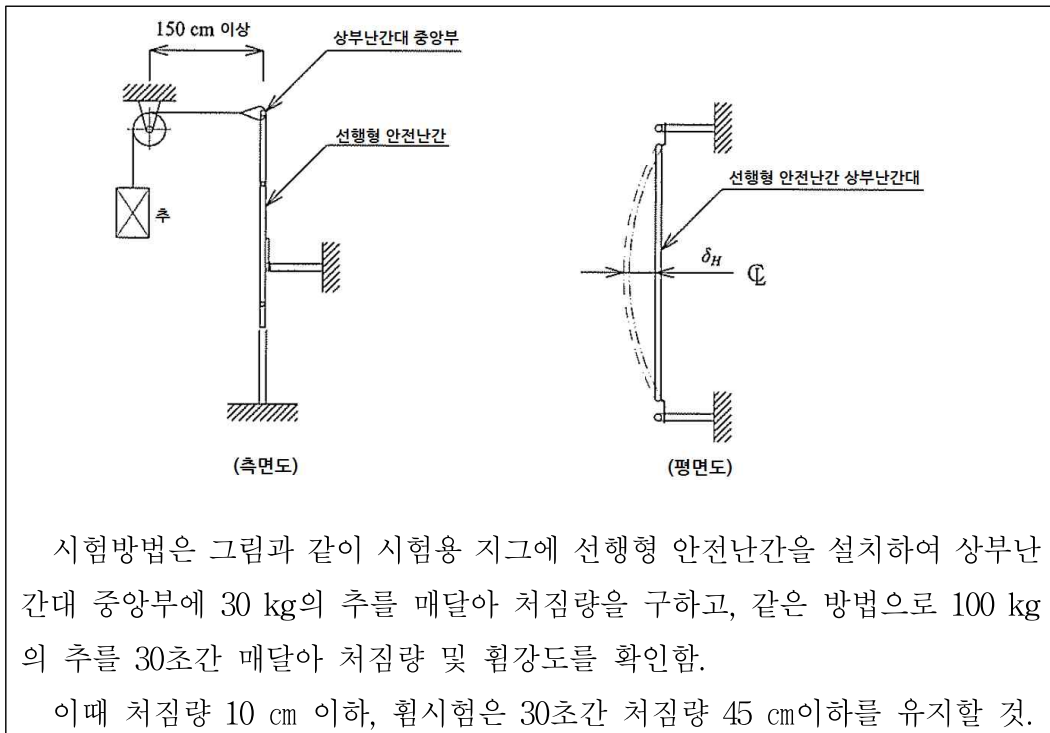
기준과 같이 면적(S)을 확인하거나 각 공간의 내접원 바깥지름(d)을 확인하는

방법으로 적정 공간의 평가를 진행하며, 시험을 위하여 바깥지름(d)이 60 cm인 기준틀을 제작하여 각 공간에 기준틀의 통과 여부를 확인하는 방법으로 시험을 진행하였다.

(2) 처짐 및 휨시험

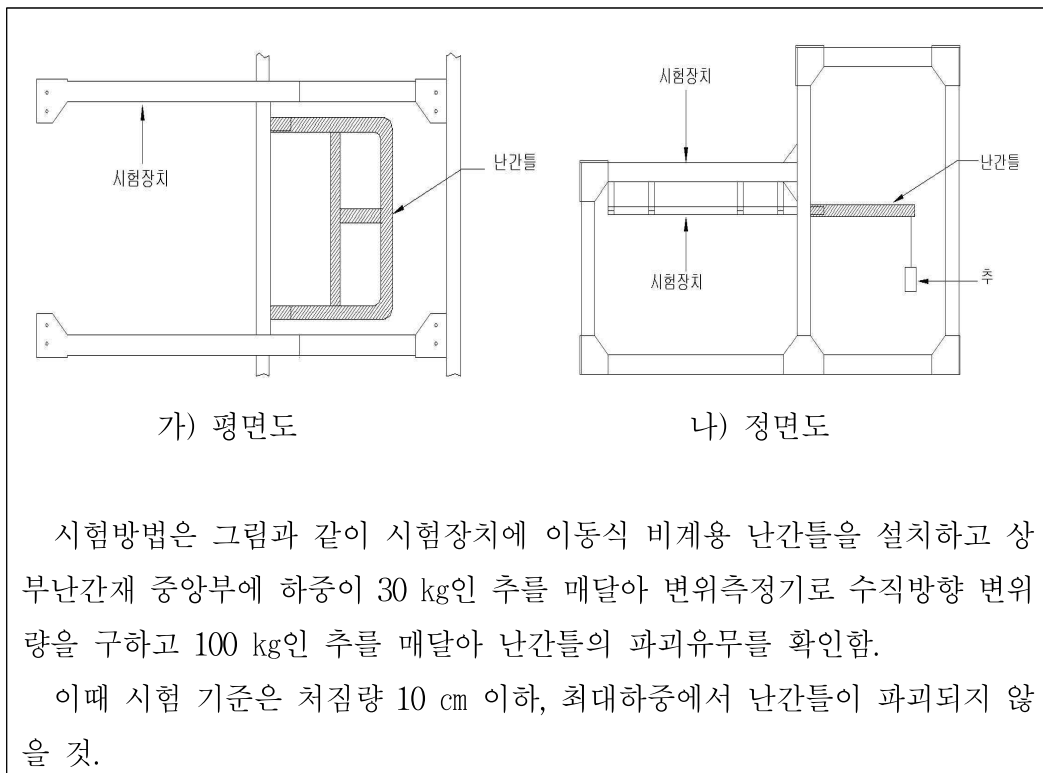
선행형 안전난간의 난간으로서의 성능을 알아보기 위한 시험으로 일본 가설공업회 승인기준 및 일본공업규격(JIS A 8961) 그리고 국내 안전인증기준(고용노동부고시 제2019-15호)을 준용하여 성능시험방법을 정하였다. 먼저 일본의 기준은 다음과 같다.

<표5-3> 선행형 안전난간의 처짐 및 휨시험 기준(일본의 기준)



일본 가설공업회 승인기준 및 일본공업규격(JIS A 8961)에서 정하고 있는 선행형 안전난간 처짐 및 휨시험은 비계에 선행형 안전난간을 설치한 상태에서 도르래를 사용하여 추를 매달아 처짐량 및 휨강도를 확인한다. 하지만 이러한 방법은 시험자가 추를 매달 때 시험자의 추락이나 추가 낙하할 위험이 우려되어 본 시험에서는 안전성을 고려하여 조금 다른 방법으로 시험을 진행하였으며 국내 안전인증기준(고용노동부 고시 제2019-15호)에 따른 이동식 비계용 난간들의 시험 방법을 참고하였다.

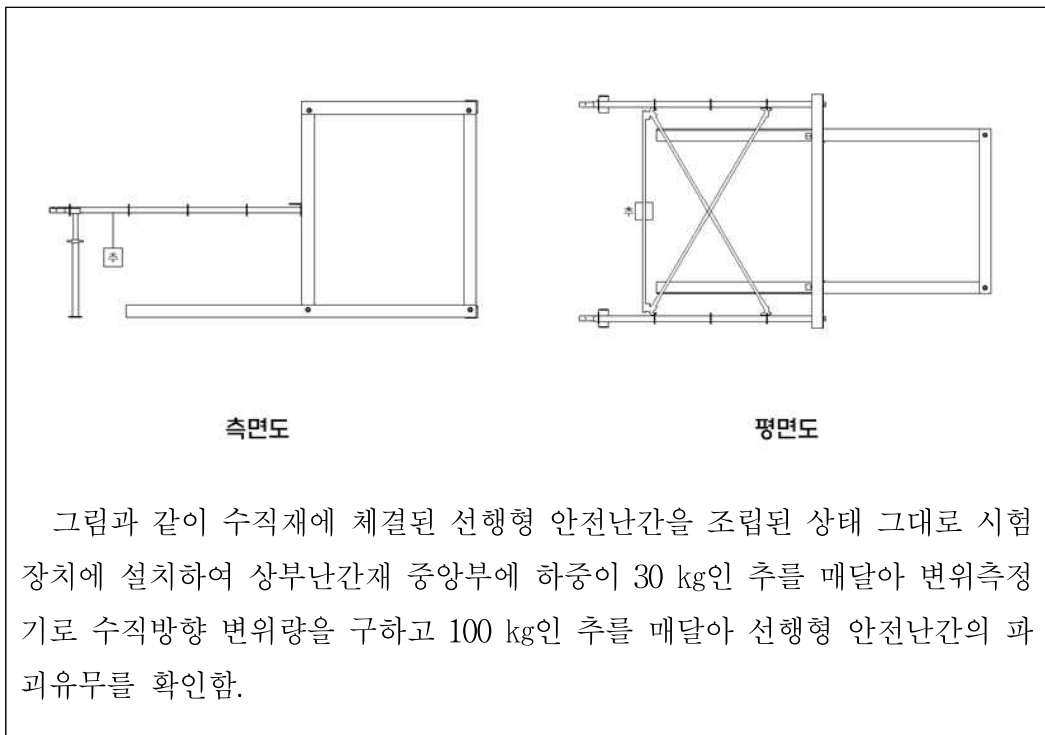
<표5-4> 이동식 비계용 난간틀 시험 기준



이동식 비계용 난간틀 시험은 처짐 및 휨시험 전용 시험장치에 시험시료인 난간틀을 가로로 고정된 후 추를 매달아 시험을 진행하며 이 방법은 바닥에서 시험

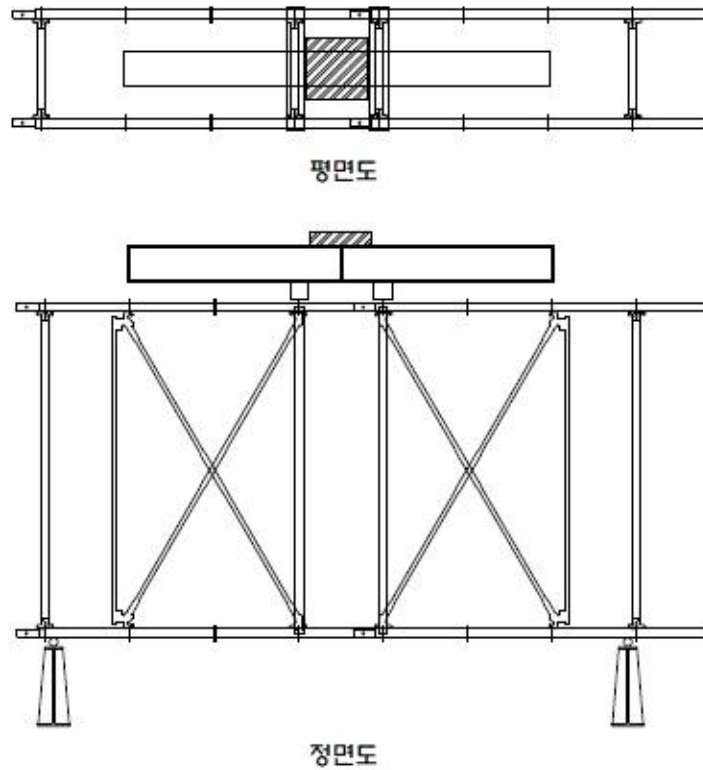
이 진행하므로 시험자의 추락이나 추의 낙하 위험이 줄어든다. 또한 시험을 하기 위한 도르레나 크레인같은 별도의 설비 없이 시험이 가능하므로 이를 참고하여 다음과 같이 시험방법을 개발하였다.

<표5-5> 선행형 안전난간의 처짐 및 휨시험



(3) 수평 저항성 시험

선행형 안전난간의 수평 저항성 시험은 비계 구조체를 가로로 눕혀 하중을 가하여 수평 저항 성능을 알아보기 위한 시험으로 일본 가설공업회의 승인기준을 준용하였으며 그 기준은 다음과 같다.

<표5-6> 선행형 안전난간의 수평 저항성 시험(일본 가설공업회 기준)

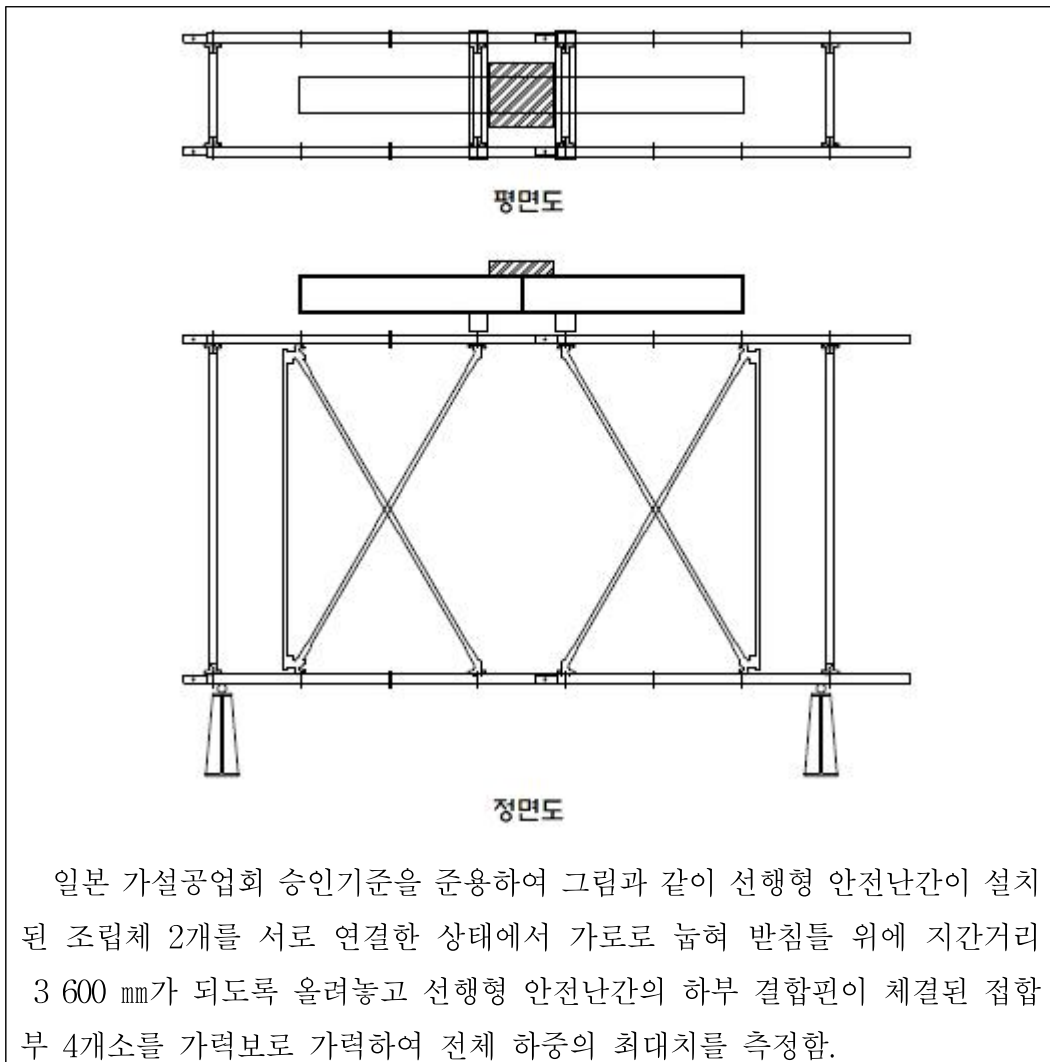
시험방법은 그림과 같이 선행형 안전난간과 작업대가 설치된 조립체를 가로로 눕혀 받침틀 위에 올려놓고 선행형 안전난간의 하부 결합편이 체결된 접합부 4개소를 가력보로 가력하여 전체 하중의 최대치를 측정함.

이때 성능기준은 개개값 12.0 kN 이상, 평균값 13.0 kN 이상일 것.

일본 가설공업회 승인기준에서 정하고 있는 선행형 안전난간 수평 저항성 시험은 비계에 선행형 안전난간과 작업대를 설치한 상태의 구조물을 가로로 눕혀 시험을 진행한다. 그러나 이러한 시험 방법은 작업대가 세로로 세워져 수직 부재

의 역할을 하여 선행형 안전난간의 구조와 함께 하중을 지지함으로서 순수 선행형 안전난간 구조의 성능으로 판단하기가 어려워 본 시험에서는 가설공업회의 시험기준 방법을 적용한 시험과 작업대를 제거한 상태에서 성능시험을 같이 진행하였다.

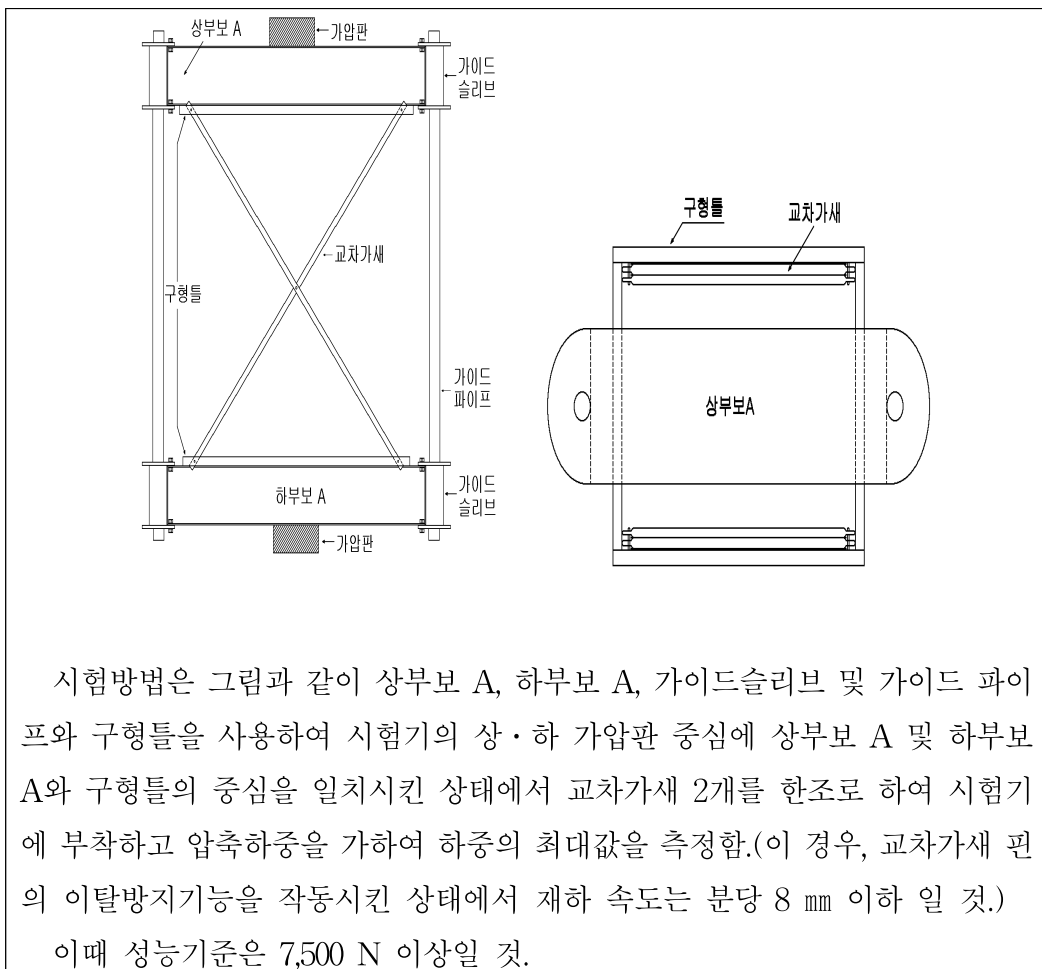
<표5-7> 선행형 안전난간의 수평 저항성 시험(작업대 제거)



(4) 가새 시험

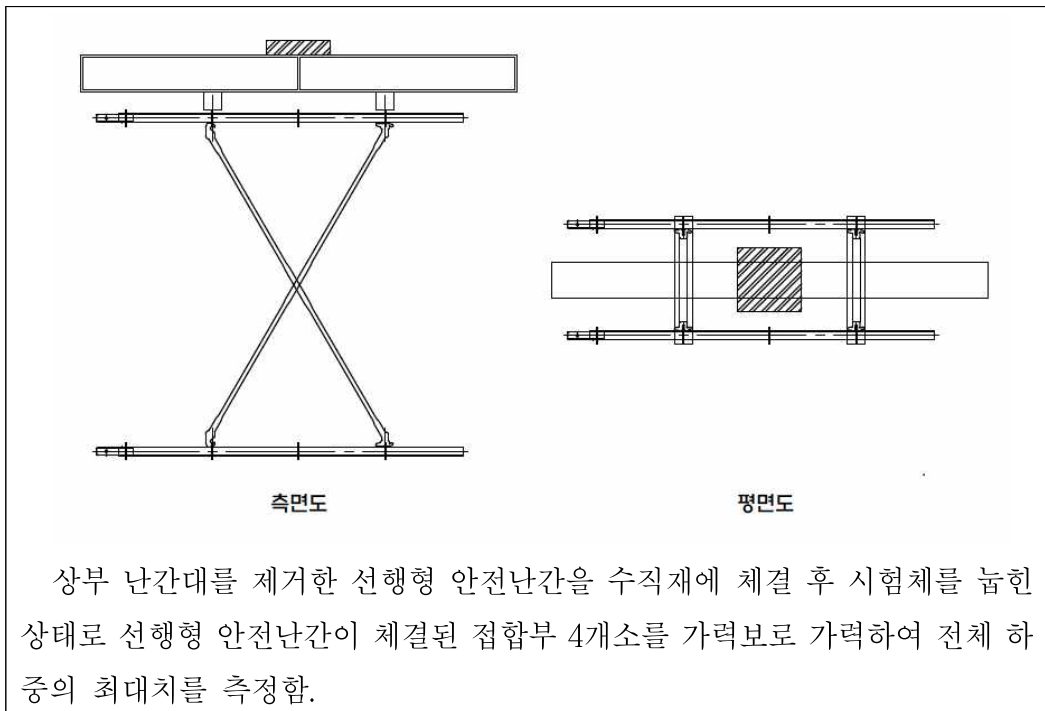
선행형 안전난간의 가새로서의 역할을 알아보기 위한 시험으로 국내 안전인증 기준(고용노동부고시 제2019-15호)의 틀형 비계용 교차가새의 압축 시험 방법을 준용하여 시험을 진행하였다.

<표5-8> 틀형 비계용 교차가새 시험 기준



선행형 안전난간의 중간 난간대는 X자 형태로 틀형 비계용 교차가새와 형태가 유사하며, 바깥지름 또한 약 21.7 mm 로 틀형 비계용 교차가새의 바깥지름(안전인증기준 21.4 mm 이상)과 유사하다. 이에 본 시험에서는 선행형 안전난간의 가새로서의 성능을 확인하기 위하여 틀형 비계용 교차 가새 압축 시험 방법을 준용하였으며 중간 난간대만의 순수 성능을 알아보기 위하여 상부 난간대(수평난간대)를 제거한 상태에서 성능 시험을 아래와 같이 진행하였다.

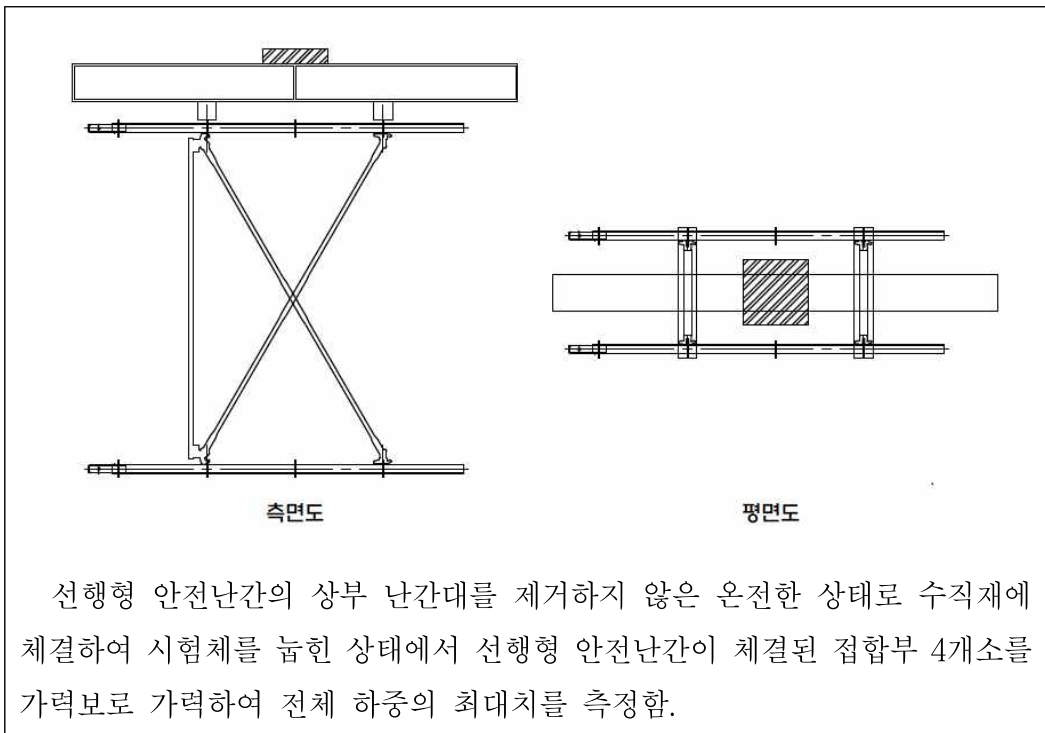
<표5-9> 선행형 안전난간의 가새 시험(상부난간대 제거)



틀형 비계용 교차가새는 2개의 가새재가 교차되는 지점에 힌지 핀으로 고정되어 있지만 선행형 안전난간은 상부 난간대와 중간 난간대가 만나는 2개의 지점에 힌지핀이 위치하며 중간 난간대의 교차되는 강관끼리는 서로 고정(연결)되어 있지 않다.

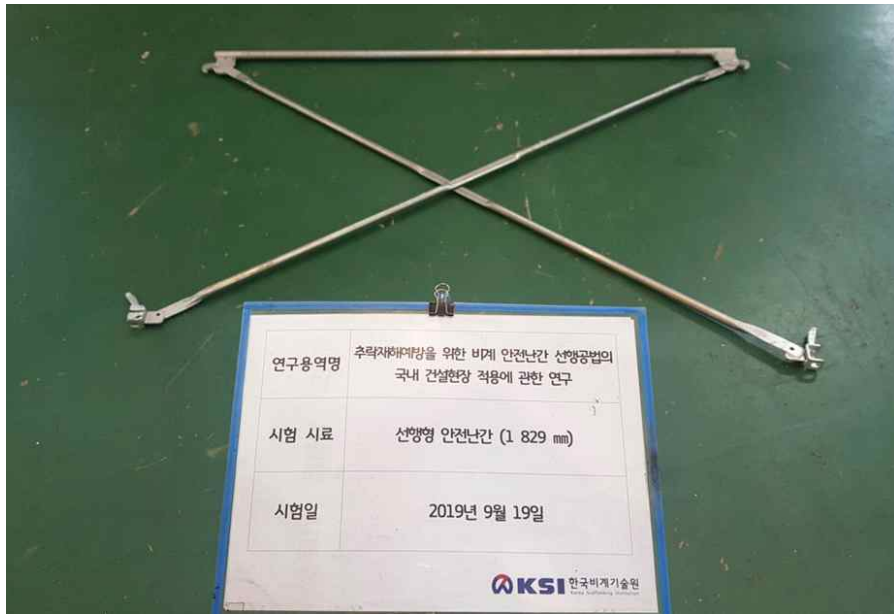
따라서 선행형 안전난간의 상부 난간대를 제거한 상태에서 시험을 하게 된다 면 구조물의 지지점이 없어 시험 결과에도 영향을 미칠 것으로 판단하여 선행형 안전난간 상부 난간대를 제거하지 않고 온전한 상태에서 실제 사용모습 그대로 를 유지하여 같은 시험을 진행하였다.

<표5-10> 선행형 안전난간의 가새 시험(상부난간대 제거하지 않음)



3) 시험체의 제원

본 시험은 안전난간 선행공법의 안전성 검증을 하기 위한 것으로서 국내에서 기존에 사용하고 있는 시스템 비계에 그대로 적용하더라도 안전성이 확보되는지 확인을 하여야 하므로 시험에 사용되는 보조재는 모두 국내에서 기존에 사용하고 있는 시스템 부재를 사용하였으며, 성능시험 대상이 되는 시험용 시료는 국내 제조업체에서 해외 수출용으로 제작이 되고 있는 것으로서 길이는 가장 불리한 조건(가장 긴 길이)인 1,829 mm의 제품을 사용하였다.



[그림5-2] 시험시료(선형형 안전난간)

- (1) 시험시료 : 선형형 안전난간 (길이 : 1,829 mm)
- (2) 보조재 : 시스템 비계 부재(수직재, 수평재), 작업대, 비계용 강관, 조절형 받침철물 등

4) 시험 장비 및 장치의 제원

성능시험은 모두 한국비계기술원의 시험실에서 진행되었으며 사용된 장비 및 장치의 제원은 다음과 같다.

(1) 대형 인장 압축 시험기

가. 시험기 크기(W×D×H) : 1,700 mm × 1,000 mm × 4,000 mm

※ 시험기 베드가 있는 공간 기준

나. 압축 및 인장 능력 : 최대 200 kN



[그림5-3] 대형 인장 압축 시험기

(2) 선행형 안전난간 구조 적정성 평가 기준틀

가. 바깥지름(d) : 60 cm

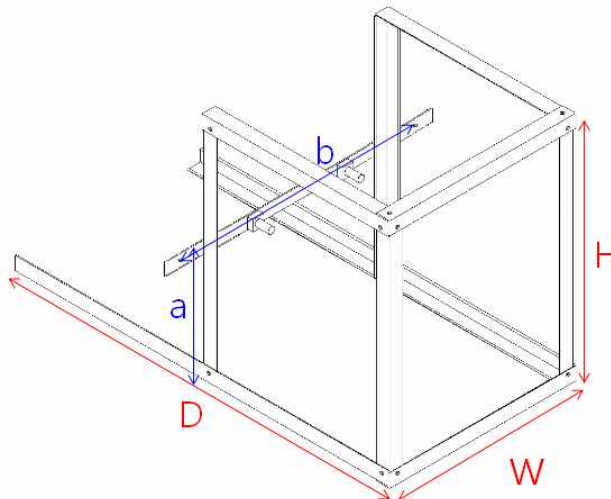


[그림5-4] 구조 적정성 평가 기준 틀

(3) 선행형 안전난간 처짐 및 휨시험 장치

가. 시험 장치 사이즈 (W×D×H) : 1,407 mm × 2,820 mm × 1,710 mm

나. 선행형 안전난간 설치 높이×너비 (a×b) : 855 mm × 1,829 mm

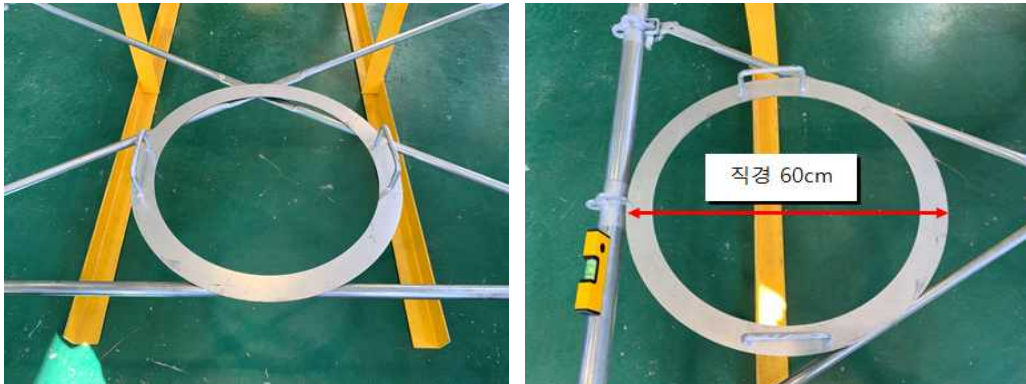


[그림5-5] 처짐 및 휨시험 장치

2. 성능시험 결과

1) 구조 적정성 평가

구조 적정성 평가는 선행형 안전난간을 수직재에 체결한 상태에서 부재 사이의 공간에 바깥지름이 60 cm 인 시험용 기준틀의 통과 여부를 확인하였다.



[그림5-6] 선행형 안전난간 구조 적정성 평가

<표5-11> 구조 적정성 평가 결과

구분	시료1	시료2	시료3
통과여부	통과하지 않음	통과하지 않음	통과하지 않음

[참고] 일본공업규격(JISA 8961) 기준

: 내접원 바깥지름(d)이 60cm 이하 일 것. (기준틀이 통과하지 않을 것)

2) 처짐 및 휨시험

선행형 안전난간의 처짐 및 휨시험은 시험 장치에 선행형 안전난간을 수평으로 설치하여 상부난간대 중앙에 30 kg의 추를 매달아 수직처짐량을 측정하고 100 kg의 추를 매달아 파괴 유무를 확인하였다.



[그림5-7] 선행형 안전난간 처짐 시험



[그림5-8] 선행형 안전난간 휨시험

<표5-12> 처짐 및 휨시험 결과

구분	시료1	시료2	시료3
수직처짐량(mm)	21.16	16.90	16.87
파괴 유무	파괴되지 않음	파괴되지 않음	파괴되지 않음

[참고] 안전인증기준(고용노동부 고시 제2019-15호)의 성능기준

: 30 kg 에서 수직처짐량 100 mm 이하, 100 kg 에서 파괴되지 않을 것.

3) 수평 저항력 시험

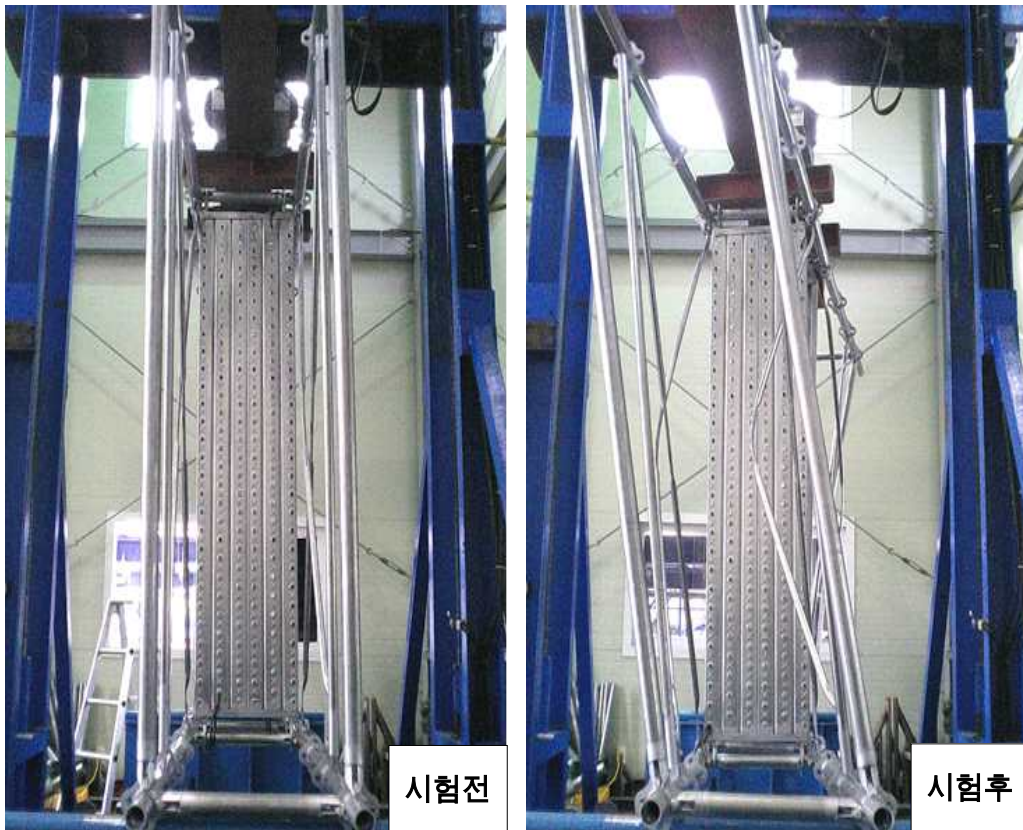
(1)작업대가 있는 상태에서의 수평 저항력 시험

안전난간 선행공법이 적용된 구조물의 수평 저항력을 알아보기 위한 시험으로 가설공업회 승인기준을 적용하였으며, 선행형 안전난간과 작업발판이 조립된 두 개의 조립체를 서로 마주보게 놓혀 연결조인트로 연결하여 하나의 시험체로 만들었다.

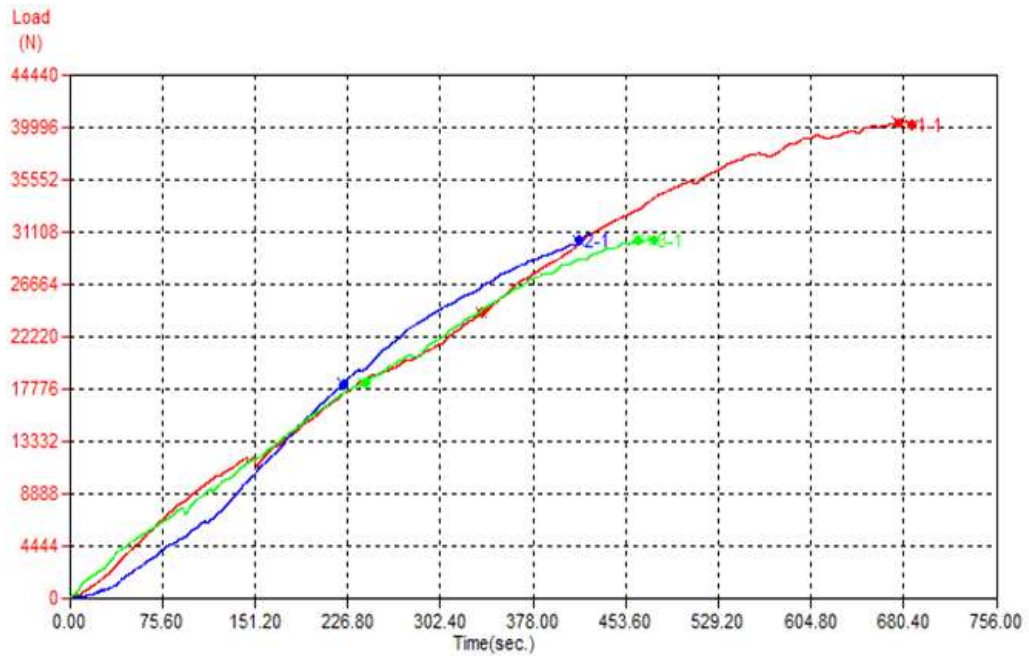


[그림5-9] 조립된 시험체(작업대가 있는 상태)

시험체를 받침틀 위에 지간거리 3,600 mm 가 되도록 올려놓고, 선행형 안전난간의 하부 결함판이 체결된 접합부 4개소를 가력보로 가력하여 전체 하중의 최대치를 측정하였다.



[그림5-10] 수평 저항력 시험(작업대가 있는 상태)



[그림5-11] 수평 저항력 시험 그래프(작업대가 있는 상태)

<표5-13> 수평 저항력 시험 결과(작업대가 있는 상태)

구분	시료1	시료2	시료3
압축하중(N)	40,399	30,335	30,456

[참고] 가설공업회 승인기준 : 개개값 12,000 N 이상, 평균값 13,000 N 이상

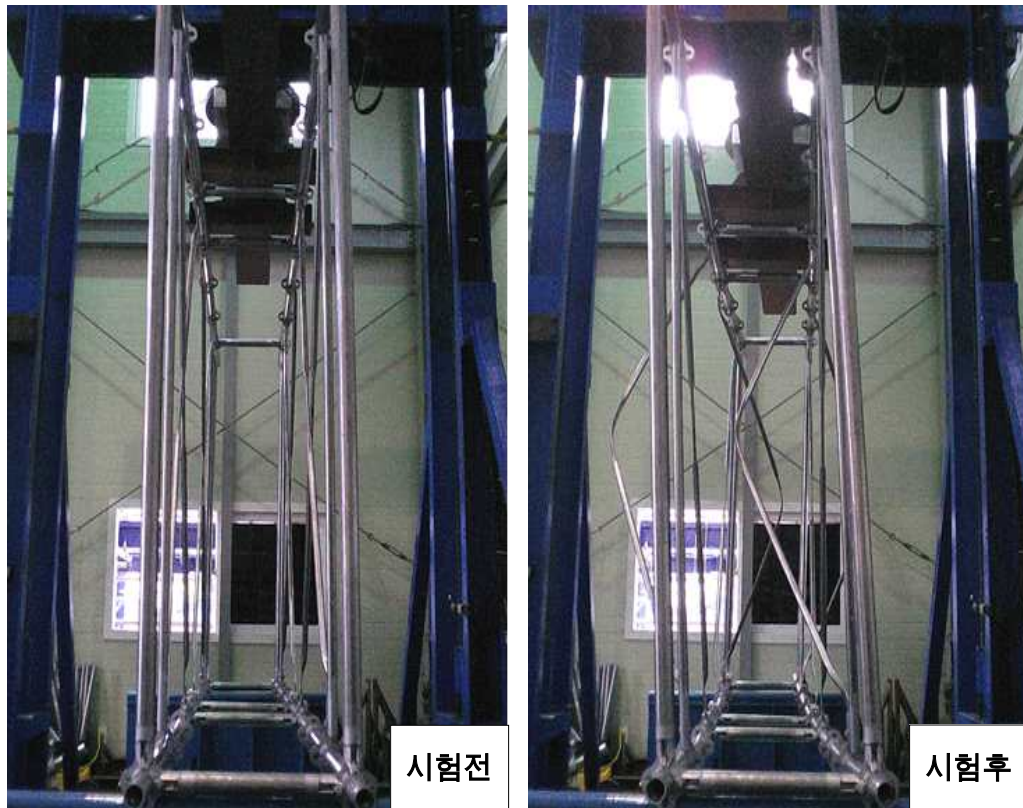
(2) 작업대를 제거한 상태에서의 수평 저항력 시험

가설공업회의 승인기준에서 정하고 있는 수평 저항력 시험 방법(작업대가 있는 상태)은 작업대가 구조체의 수직 부재(기둥 부재)와 같은 형태로 하중을 지지하게 되어 순수 선행형 안전난간의 수평 저항력 성능으로 판단하기 어려워 작업대를 제거한 상태에서 성능시험을 진행하였다.

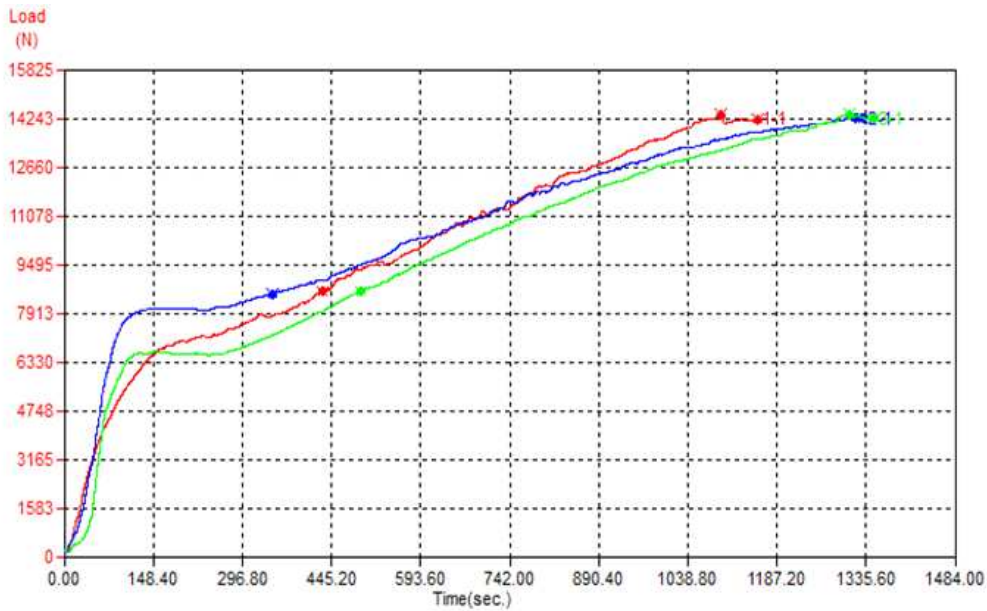


[그림5-12] 조립된 시험체(작업대를 제거한 상태)

시험은 동일한 방법으로 작업대만 제거한 시험체를 받침틀 위에 지간거리 3,600 mm 가 되도록 올려놓고, 선행형 안전난간의 하부 결합편이 체결된 접합부 4개소를 가력보로 가력하여 전체 하중의 최대치를 측정하였다.



[그림5-13] 수평 저항력 시험(작업대를 제거한 상태)



[그림5-14] 수평 저항력 시험 그래프(작업대를 제거한 상태)

<표5-14> 수평 저항력 시험 결과(작업대를 제거한 상태)

구분	시료1	시료2	시료3
압축하중(N)	14,386	14,254	14,386

[참고] 가설공업회 승인기준 : 개개값 12,000 N 이상, 평균값 13,000 N 이상

4) 가새 시험

(1) 가새 시험(상부 난간대 제거)

가새재(교차가새 형태)만의 순수 성능을 알아보기 위하여 상부 난간대(수평난간대)를 제거한 상태에서 수평방향에 대한 저항 성능 시험을 진행하였다.

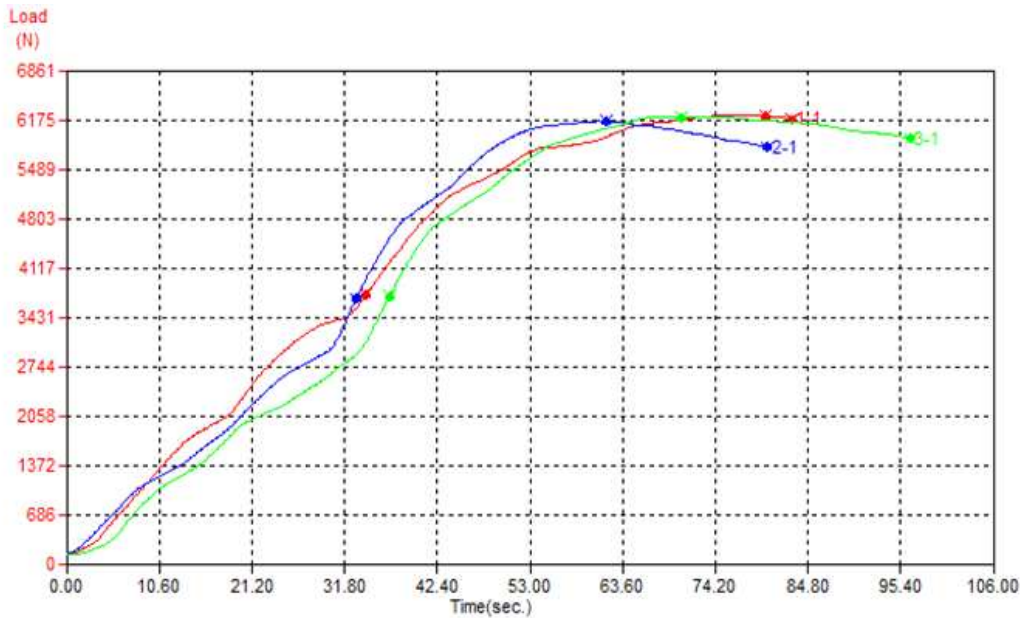


[그림5-15] 조립된 시험체(상부난간대 제거한 상태)

성능시험은 상부난간대를 제거한 상태의 조립된 시험체를 놓힌 상태에서 선행형 안전난간이 체결된 접합부 4개소를 가력보로 가력하여 전체 하중의 최대치를 측정하였다.



[그림5-16] 가새 시험(상부난간대 제거한 상태)



[그림5-17] 가새 시험 그래프(상부난간대 제거한 상태)

<표5-15> 가새 시험 결과(상부난간대 제거한 상태)

구분	시료1	시료2	시료3
압축하중(N)	6,237	6,161	6,213

[참고] 틀형 비계용 교차가새 기준 : 7,500 N 이상

(2) 상부난간대가 있는 상태에서의 가새 시험

선행형 안전난간의 경우 가새재가 서로 교차하는 지점이 핀으로 고정되어 있지 않아 실제 설치하는 그대로의 형태로 상부난간대가 있는 상태에서 성능시험을 진행하였다.

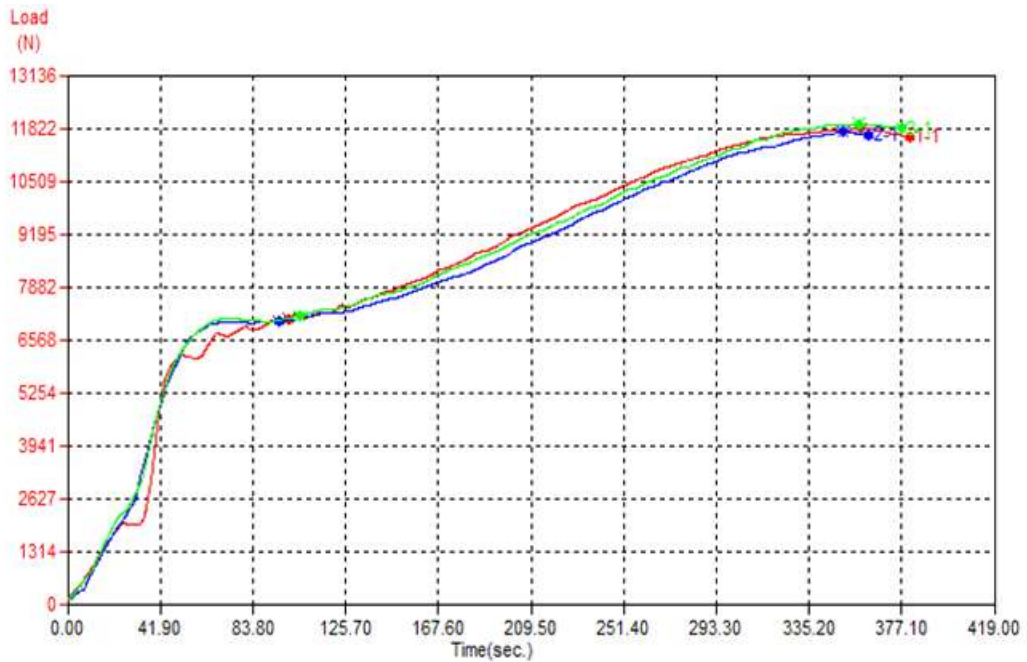


[그림5-18] 조립된 시험체(상부난간대가 있는 상태)

시험은 동일한 방법으로 상부난간대가 있는 온전한 상태의 선행형 안전난간으로 조립된 시험체를 눕힌 상태에서 선행형 안전난간이 체결된 접합부 4개소를 가력보로 가력하여 전체 하중의 최대치를 측정하였다.



[그림5-19] 가새 시험(상부난간대가 있는 상태)



[그림5-20] 가새 시험 그래프(상부난간대가 있는 상태)

<표5-16> 가새 시험 결과(상부난간대가 있는 상태)

구분	시료1	시료2	시료3
압축하중(N)	11,827	11,739	11,942

[참고] 틀형 비계용 교차가새 기준 : 7,500 N 이상

3. 고 찰

본 장에서는 안전난간 선행공법의 주 부재인 선행형 안전난간의 부재 성능시험과 선행형 안전난간이 설치된 시스템 비계 구조체 성능 시험을 진행하였다. 전체 성능 시험 결과를 정리한다면 다음과 같다.

<표5-17> 전체 성능 시험 결과표

시험항목			성능기준	시료1	시료2	시료3
구조 적정성 평가			모든 공간의 내접원 직경이 60cm 이하일 것	적합	적합	적합
처짐 및 휨시험	수직 처짐량		100 mm 이하	21.16 mm	16.90 mm	16.87 mm
	휨강도		파괴되지 않을 것	적합	적합	적합
수평 저항력 시험	작업대 있음	최대하중	개개값 : 12,000 N 이상	40,399 N	30,335 N	30,456 N
	작업대 없음	최대하중	평균값 : 13,000 N 이상	14,386 N	14,254 N	14,386 N
가새 시험	상부난간대 없음	압축하중	7,500 N 이상	6,237 N	6,161 N	6,213 N
	상부난간대 있음	압축하중		11,827 N	11,739 N	11,942 N

시험 시료로 사용된 선행형 안전난간은 국내 제조공장에서 해외로 수출하기 위한 목적으로 생산하고 있는 제품으로 사이즈는 가장 긴 길이인 1,829 mm를 사용하여 가장 불리한 조건에서의 시험을 진행하였으며, 시험에 사용된 보조재는 선행형 안전난간이 국내 시스템 비계에 그대로 적용되었을 때의 안전성을 검증하기 위하여 모두 기존에 국내에서 사용되고 있는 모델의 시스템 비계 부재를 사용하였다.

먼저 선행형 안전난간의 구조 적정성 평가는 선행형 안전난간을 수직재에 체결했을 때 발생하는 각 공간(중간난간대 사이의 간격)의 적정성을 확인하는 시험으로서 그 결과는 각 공간의 내접원의 지름(d)이 60 cm 이하인 기준에 모두 적합하였다.

또한 선행형 안전난간의 난간으로서의 성능을 알아보기 위한 시험으로 선행형 안전난간의 처짐 및 휨시험을 진행하였는데, 시험 결과는 처짐량이 평균 약 18.31 mm로 일본에서 정하고 있는 처짐 기준(100 mm 이하)과 국내 안전인증기준(100 mm 이하)에 만족하고 100 kg 하중에서도 파괴되지 않아, 적당한 강도도 갖추었다고 판단된다.

선행형 안전난간은 안전난간의 역할 뿐만 아니라 가새로서의 역할도 동시에 하기 때문에 시스템 비계 수평 저항력에 대한 성능을 알아보기 위하여 안전난간 선행공법이 적용된 비계 구조물을 수평으로 눕혀 하중을 가하여 수평 저항성 시험을 진행하였으며 이때 시험 방법은 일본 가설공업회 승인기준을 참고하였다.

하지만 일본 가설공업회에서 정한 수평 저항성 시험은 시험체(시스템 비계 구조물)에 선행형 안전난간과 작업대를 함께 설치하여 시험을 진행하다 보니 세로로 세워둔 작업대가 고정되어 어려워 시험 시 발판의 탈락 위험성이 크고, 작업대가 하중을 지지해주는 수직 부재(기둥 부재)역할을 하게 되어 순수 선행형 안전난간만의 성능을 확인할 수 없어 안전난간 선행공법이 적용된 시스템 비계 구조물의 수평 저항성 검증 시험으로 적절하지 않다고 판단하였다.

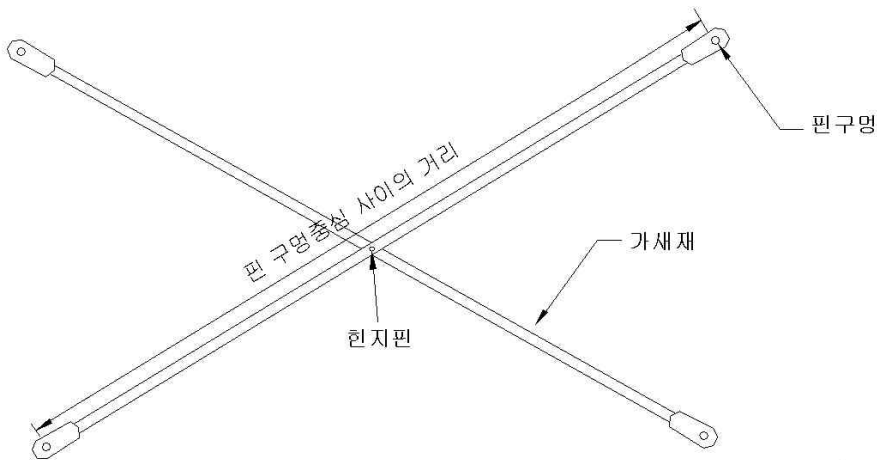
이에 두 번째 시험에서는 같은 구조물로 조립하되, 작업대를 제거하여 방해하

는 힘(작업대의 지지력)을 없애고 순수 선행형 안전난간 만의 수평 저항성 검증 시험을 진행하였다. 시험결과는 작업대의 유무와 상관없이 성능을 만족하였지만 이 또한 크기가 대형인 비계구조물을 받침틀 위에 얹혀 설치하는 방법(단순보 지지형식)으로서 시험자의 안전성에 위험요소로 작용하는 것은 마찬가지였다.

이러한 문제점을 보완하기 위하여 마지막 시험에서는 수평 저항 성능을 알아보기 위한 가새 시험 방법을 개발하였다.

개발한 시험 방법은 틀형 비계용 교차가새의 국내 안전인증기준(고용노동부 고시 제2019-15호)을 참고하였으며 선행형 안전난간 2개와 시스템 비계용 부재를 이용하여 1단 구조체로 조립하여 수평하중을 가하는 시험을 진행하였다.

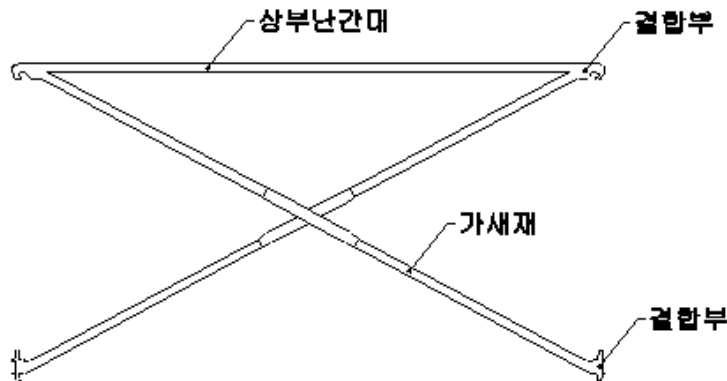
선행형 안전난간에서 가새 역할을 하는 교차로 설치되는 2개의 가새재는 국내에서 사용되는 틀형 비계용 교차가새와 아주 유사한 형태로, 먼저 가새재(교차가새)만의 순수 성능을 알아보기 위하여 상부 난간대를 제거한 상태에서 수평방향에 대한 저항성능 시험을 진행하였다.



[그림5-21] 이동식 비계용 교차가새

시험결과는 일본 가설공업회에서 정하고 있는 수평 저항력 시험(선행형 안전난간이 4개가 들어간 2단 구조체이며 성능기준은 12,000 N 이상) 성능기준의 절반 값 6,000 N 이상은 만족하였지만 이동식 비계용 교차 가새의 성능기준인 7,500 N 에는 미치지 못하였다.

그 이유는 [그림5-22]와 같이 선행형 안전난간은 중간 난간대가 상부난간대 양 끝에 결속된 구조(힌지 구조)로서 이동식 비계용 교차가새와는 달리 중간 난간대 끼리는 서로 교차되는 지점이 결속 되어 있지 않다. 그렇기 때문에 상부난간대를 제거한 중간 난간대는 서로 결속 되지 않고 분리된 2개의 교차 가새이므로 이동식 비계용 교차가새의 성능을 만족하지 못하는 원인이 되었을 것이다.



[그림5-22] 선행형 안전난간

이에 상부 난간대를 제거하지 않은 선행형 안전난간을 그대로 사용하여 1단 구조체를 조립하여 같은 방법으로 가새 시험을 진행하였는데, 서로 결속 부분(힌지)이 존재하므로 성능이 이동식 비계용 교차가새 성능인 7,500 N 이상을 만족하였다. 이처럼 수평 저항성 검증 결과 선행형 안전난간이 난간으로서의 기능 뿐만 아니라 가새로서의 기능을 충분히 할 수 있다고 판단하였다.

VI. 제도 개선 제안

안전난간 선행공법을 국내에 도입하기 위해서는 우선적으로 설치 및 사용기준과 안전인증기준 등이 이에 부합하도록 정비되어야 한다. 이에, 국내·외 기준 및 사례에 대한 조사 분석과 대상 제품의 실험적 분석 등을 통해 개선이 필요한 사항을 제안하고자 한다. 또한 신공법의 이해를 돕기 위해 설치 순서가 포함된 시공 매뉴얼을 부록으로 제시하였다.

1. 설치 및 사용 기준에 대한 제안

먼저 설치 및 사용 기준으로 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제13조의 안전난간의 구조 및 설치요건에 대해서 검토한 결과, 이 기준은 가설 안전난간뿐만 아니라 사업장에 설치된 영구 구조체인 안전난간을 포괄하는 기준이다. 이에 비해 일본, 미국 및 유럽 등에서는 비계나 가설통로 등에 설치하는 가설 안전난간에 대한 기준을 별도로 규정하고 있다. 특히, 중간난간대의 경우 이를 대체할 수 있는 구조로서 중간 수직부재, 교차하는 2본의 가새재 등을 명시하고 있다.

해외처럼 가설 안전난간은 영구구조체가 아닌 임시 시설물로서 사용 현장, 위치 등에 따라 구조나 재료가 달라질 수 있는 특성을 고려할 필요가 있다. 이런 점에서 가설 안전난간만의 적합한 기준을 별도로 규정하는 것이 필요하다. 이에, 현행 제13조의 개정보다는 제13조의2를 신설하여 가설 안전난간의 구조와 설치요건을 별도로 규정하는 것을 제안한다.

<표6-1>은 본 연구를 통해 제안하는 가설 안전난간에 대한 기준으로서 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제13조의2를 신설하는 개정(안)이다.

<표6-1> 규칙 제13조의2 신설 개정(안)

제13조의2(가설 안전난간의 구조 및 설치요건) 사업주는 비계를 조립하는 등의 방법으로 설치한 가설통로 등에 근로자의 추락 등의 위험을 방지하기 위하여 가설 안전난간을 설치하는 경우 다음 각 호의 기준에 맞는 구조로 설치하여야 한다.

1. 상부 난간대, 중간 난간대, 발끝막이판 및 난간기둥으로 구성할 것. 다만, 각 구성부재는 다음 각 목에서 규정하는 구조와 성능을 가진 것으로 대체할 수 있다.

가. 법 제34조에 따른 안전인증기준, 법 제35조에 따른 자율안전기준에 적합한 안전난간 용도의 가설기자재

나. 난간기둥은 강관비계, 강관틀비계, 시스템 비계 등 지주비계의 기둥 부재다. 상부 난간대 및 중간 난간대는 시스템 비계용 수평재 또는 단관비계용 강관라. 중간 난간대는 교차하는 2본의 가새재. 다만, 가새재 주변의 공간에 바깥지름 60센티미터의 원형 물체가 통과하지 못할 것

마. 중간 난간대는 수직부재 간 간격이 25센티미터 이하의 중간 수직부재

바. 중간 난간대는 100킬로그램의 하중에 견딜 수 있는 단단한 패널

사. 발끝막이판은 바닥에서부터 최소 중간 난간대까지 수직으로 설치한 낙하물방지망 또는 수직보호망. 이 경우 낙하물방지망 및 수직보호망은 「산업표준화법」에 따른 한국산업표준에서 정하는 성능기준에 적합한 것을 사용할 것

2. 상부 난간대는 바닥면·발판 또는 경사로의 표면(이하 "바닥면등"이라 한다)으로부터 90센티미터 이상 지점에 설치하고, 상부 난간대를 120센티미터 이하에 설치하는 경우에는 중간 난간대는 상부 난간대와 바닥면등의 중간에 설치하여야 하며, 120센티미터 이상 지점에 설치하는 경우에는 중간 난간대를 2단 이상으로 균등하게 설치하고 난간의 상하 간격은 60센티미터 이하가 되도록 할 것.

3. 발끝막이판은 바닥면등으로부터 10센티미터 이상의 높이를 유지할 것. 다만, 물체가 떨어지거나 날아올 위험이 없는 장소는 제외한다.

4. 난간기둥은 상부 난간대와 중간 난간대를 견고하게 떠받칠 수 있도록 2미터 이하의 간격을 유지할 것. 다만, 이를 초과하는 경우에는 난간기둥 사이의 중앙부가 120킬로그램의 하중에서 수평 처짐이 10밀리미터 이하임을 확인할 수 있는 시험 성적서가 있을 것

5. 난간대는 지름 2.7센티미터 이상의 금속제 파이프나 그 이상의 강도가 있는 재료 일 것
6. 안전난간은 구조적으로 가장 취약한 지점에서 가장 취약한 방향으로 작용하는 100킬로그램 이상의 하중에 견딜 수 있는 튼튼한 구조일 것

또한 설치기준으로는 가시설 설계기준과 시방기준을 규정한 「건설기술진흥법」에 따른 국가건설기준코드가 있다. 이 국가건설기준코드 중에서 「비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00)」에 가시설용 재료에 대해서는 압축재의 경우 세장비(細長比)가 200을 초과하지 못하도록 규정하고 있다.

이는 구조안전성 검토에 대한 연구 과정에서 확인된 바와 같이, 선행형 안전난간의 가새재가 세장비 200을 초과하게 되는 것과 배치되는 기준이다. 또한 안전인증기준에서 규정한 시스템 비계에 사용하는 가새재의 채원 상으로도 세장비가 200을 넘어갈 개연성이 높다. 즉, 안전인증기준에 적합한 제품이 설계기준에는 부적합한 재료가 될 수 있다는 것이다.

그러나, 이러한 가새재를 사용하더라도 전체 구조물의 구조적 안전성에는 문제가 없는 것으로 해석되었다. 그럼에도 이 설계기준을 적용하면 구조 해석결과 관계없이 부적합 재료의 사용으로 귀결되어 설계 오류가 될 수 있다는 것이다.

다만, 최근에는 건축구조기준 등에서 압축재의 세장비 200 초과 금지 기준을 권고 기준으로 완화하고 있어, 가시설 설계기준도 세장비 기준을 적용 예외로 하는 방안을 제안한다. <표6-2>는 「비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00)」의 개정(안) 신규대비표이다.

<표6-2> 「비계 및 안전시설물 설계기준」 개정(안) 신규대비표

현행	개정안
3. 설계 3.1 일반사항 (1) 비계 및 안전시설물의 설계는 KDS 14 30 00에 따른다. <u><신설></u>	3. 설계 3.1 일반사항 (1) 비계 및 안전시설물의 설계는 KDS 14 30 00에 따른다. <u>다만, 압축재 및 인장재의 세장비 기준은 적용하지 않는다.</u>

2. 제품 기준에 대한 제안

제품기준으로는 「산업안전보건법」에 따른 안전인증기준이 있다. 현재 일본에서도 가설공업회 승인 대상인 선행형 안전난간은 시스템 비계용 부재로 분류하여 관리하고 있고, 2본의 가새재가 교차하는 X종과 난간틀 형상의 Y종으로 구분하고 있다.

국내의 시스템 비계를 포함한 비계용 부재는 일본의 제품들과 유사하고, 국내 안전인증기준이 일본의 후생노동성 고시에서 정한 파이프 서포트 등의 규격 제 101호, 제103호, 제104호 가설기자재와 가설공업회가 자체적으로 규정하는 가설기자재 기준 등을 기초로 제정된 점을 고려하여 국내 선행형 안전난간의 안전인증기준도 가설공업회의 기준을 준용하여 시스템 비계의 부재로 분류하고, 본 연구의 자문회의 결과에 따라 X종과 Y종 모두 포함하는 안전인증기준(안)을 만들게 되었다. 다만, 현재 일본도 Y종은 가설공업회의 승인을 받은 제품이 없고, 사용현장도 없다는 점은 추후 안전인증기준(안)이 고용노동부 고시가 된다면 표준화(고시 개정 작업) 과정에서 이러한 실태를 고려할 필요는 있다.

또한 X종에는 기본형인 가형과 보강재가 추가된 나형으로 형식을 구분하였다. 가형은 일본의 가설공업회 승인기준 및 일본공업규격에서 정한 제품이며, 시스템 비계용 부재로서 상당기간 작업성과 안전성을 검증받은 제품이다. 나형은 교차되는 2본의 가새재 측면부를 보강재로 보완한 제품으로서, 가형에 비해 작업성은 떨어질 수 있으나, 추락에 대한 안전성을 보다 확보할 수 있다는 장점이 있다.

안전인증기준(안)의 형식은 현행 안전인증기준의 재료, 구조, 성능, 시험방법으로 구분되어있어 이를 준용하였다.

재료기준은 현행의 시스템 비계용 부재 및 조립식 안전난간의 재료 기준을 준용하여 강재 및 알루미늄 합금재로 규정하였다.

구조기준은 안전난간의 기본 구조인 작업바닥에서부터 상부난간대까지의 거리

900 mm 이하 등 안전난간의 요건과 가새재 형상으로 인해 생기는 주변 공간의 크기를 제한하는 기준 등을 명시하였다.

성능기준 중에서 안전난간의 성능기준은 이동식비계용 난간틀 기준과 부합화하였다. 부합화 이유는 가설 안전난간에는 국내 안전인증기준 및 KS표준 상 단단한 바닥에 자립식으로 설치되는 안전난간으로 조립식 안전난간과 엘리베이터 개구부용 난간틀이 있으며, 가설구조(비계 등)에 설치하는 이동식비계용 난간틀이 있는데, 본 연구는 가설구조인 비계용 안전난간을 대상으로 한 것이다. 따라서, 성능기준을 일본 뿐만아니라 국내 이동식비계용 난간틀과도 부합화 하였다.

수평 저항 성능기준은 가새의 설치 형태가 교차가새 형상을 갖고 있어, 틀형 비계용 교차가새의 성능기준을 준용하여 정하였다. 이는 일본의 성능기준 13kN이 4개의 선행형 안전난간이 견뎌야 하는 하중이며, 국내기준인 교차가새 성능기준(7.5kN)은 부재 2개가 견뎌야 하는 하중으로서, 부재 1개가 견뎌야 하는 하중을 산술적으로 계산하면 일본이 3.25kN, 국내가 3.75kN 으로서 국내기준이 높아 안전을 위해 국내기준을 적용하였다.

시험방법은 일본의 기준과 국내의 기준(이동식비계용 난간틀 기준)을 참조하여 안전난간 성능시험방법을 개발하였다. 수평 저항 성능시험은 일본의 경우 선행형 안전난간이 조립된 시스템 비계 조립체를 눕힌 상태에서 하중을 가하는 방법으로, 이 조립체는 작업발판이 설치된 상태로서 하중 재하 시 작업발판이 하중에 저항하는 구조가 되어 선행형 안전난간만의 성능을 확인하기에는 적절한 시험방법으로 보기 어려웠다.

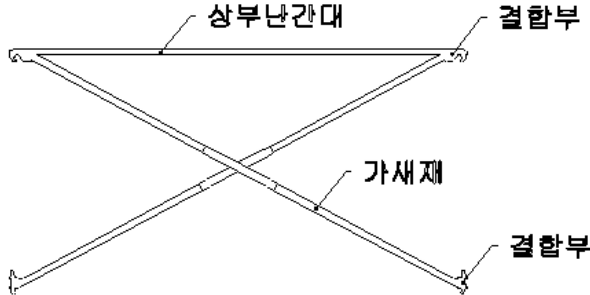
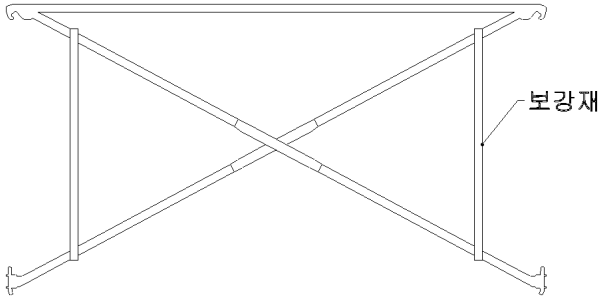
또한 선행형 안전난간 4개를 조립하는 2단(층)의 구조체로서, 구조체를 받침틀 위에 눕혀 설치하고 해체하는 방식은 시험자가 작업 시 위험성이 높은 시험방법이기 때문에 이를 개선하기 위해 2개의 선행형 안전난간을 조립한 조립체를 시험하는 방법으로 개발하였다.

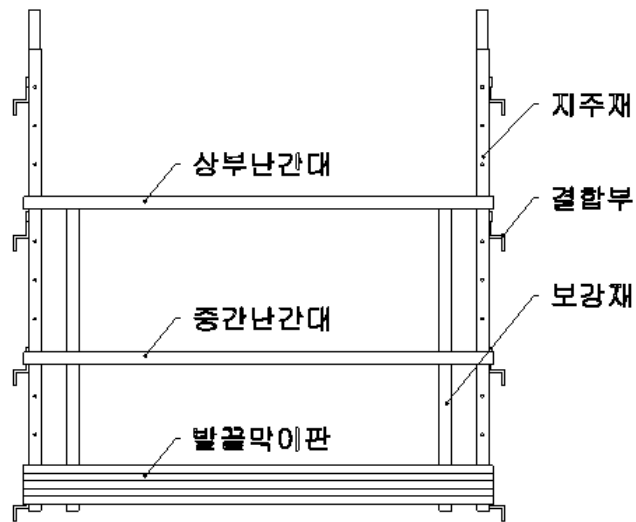
<표6-3>은 선행형 안전난간의 안전인증기준인 「방호장치 안전인증 고시(고용노동부고시 제2019-15호)」 개정(안)이다.

<표6-3> 「방호장치 안전인증 고시」 개정(안)

번호	구분	내 용								
1	종류 및 분류	조립식 비계용 부재의 종류 및 분류는 표1과 같다. <표 1> 조립식 비계용 부재의 종류 및 분류								
		<table><tr><td>종류</td><td>분류</td></tr><tr><td>강관 비계용 부재</td><td>(생략)</td></tr><tr><td>틀형 비계용 부재</td><td>(생략)</td></tr><tr><td>시스템 비계용 부재</td><td>수직재 수평재 가새재 연결조인트 <u>선행형 안전난간</u></td></tr></table>	종류	분류	강관 비계용 부재	(생략)	틀형 비계용 부재	(생략)	시스템 비계용 부재	수직재 수평재 가새재 연결조인트 <u>선행형 안전난간</u>
		종류	분류							
		강관 비계용 부재	(생략)							
		틀형 비계용 부재	(생략)							
시스템 비계용 부재	수직재 수평재 가새재 연결조인트 <u>선행형 안전난간</u>									
제2호부터 제26호까지 (생략)										
27	시스템 비계용 부재의 재료	가. 시스템 비계용 부재의 재료는 표 12에 적합하거나 이와 동 등 이상의 기계적 성질을 가진 것을 사용해야 한다.								

<표 12> 시스템 비계용 부재의 재료				
부 재	구성 부분	재 질		
		강재	알루미늄 합금재	
수직재	(생략)	(생략)	KS D 6759에 규정하는 A 6061S	
수평재	(생략)	(생략)		
가새재	(생략)	(생략)		
연결 조인트	(생략)	(생략)		
선행형 안전난간	지주재, 가새재, 수평난간대, 보강재용 강관	KS D 3566에 규정하는 SGT275 또는 KS D 3503에 규정하는 SS275 또는 KS D 3506에 규정하는 SGC295Y		
	결합부, 결합핀	KS D 3501에 규정하는 SPHC 또는 KS D 3503에 규정하는 SS275 또는 KS D 3506에 규정하는 SGC295Y		
나. 시스템 비계용 부재의 각 부분은 현저한 손상, 변형 또는 부식이 없는 것이어야 한다.				
제28호부터 제40호까지 (생략)				

41	시스템 비계용 선행형 안전난간 의 구조	시스템비계용 선행형 안전난간(이하 “선행형 안전난간”이라 한다)은 그림 19와 같이 안전난간의 성능과 가새재의 성능을 갖는 X종과 안전난간의 성능만을 갖는 Y종으로 구분한다. 선행형 안전난간의 종류에 따라 수평난간대, 지주재, 가새재 등의 구성 부재들이 볼트, 너트, 핀 또는 용접 등으로 일체화된 구조이어야 하며, 다음 각 목에 적합하여야 한다.  가) X종(가형)  나) X종(나형)
-----------	--	--



다) Y종

[그림 19] 선행형 안전난간(참조 그림)

가. 선행형 안전난간의 결합부 및 결합핀은 사용 중 쉽게 탈락하지 않는 구조이어야 한다.

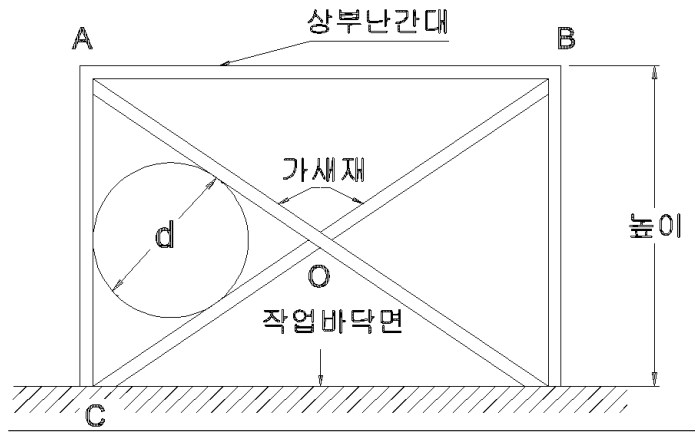
나. X종은 2개의 가새재가 교차하는 구조로 시스템비계용 수직재에 설치되어야 한다.

다. X종은 가새재의 교차부를 압착하여 평평하게 할 수 있으나, 평평한 부분의 길이는 300 mm 이하로 하여야 한다.

라. 상부난간대의 높이는 작업바닥면으로부터 900 mm 이상이어야 한다.

마. Y종은 수평난간대 사이의 간격을 600 mm 이하로 하여야 한다.

바. X종(가형)은 가새재의 교차로 생기는 공간인 $\triangle ABO$ 및 $\triangle ACO$ 에 대해 그림 20과 같이 바깥지름(d)이 600 mm인 원형의 물체가 통과하지 못하여야 한다.



[그림 20] X종 설치 시 허용 공간

사. X종(나형)의 경우 보강재는 인접한 시스템비계용 수직재와의 순간격이 250~300 mm 인 범위에 있어야 한다.

아. 수평난간대 및 지주재의 바깥지름은 27 mm 이상이어야 한다.

자. 가새재 및 보강재의 바깥지름은 21.4 mm 이상이어야 한다.

차. 발끝막이판이 있는 구조의 경우 발끝막이판의 높이는 100 mm 이상이어야 한다.

선행형 안전난간의 시험성능기준은 표 13의 규정에 따른다.

<표 13> 선행형 안전난간의 시험 성능기준

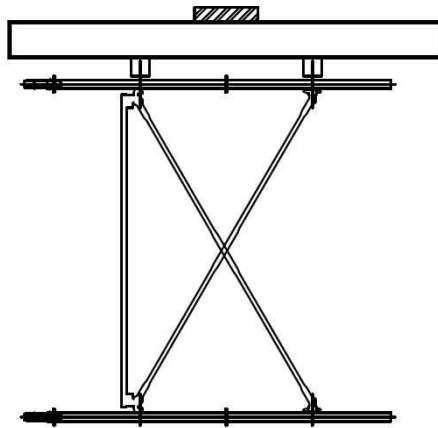
항 목		시험성능기준
안전난간의 성능	변위량	100 mm 이하
	강도	파괴되지 않을 것
수평 저항 성능		7,500 N 이상

42

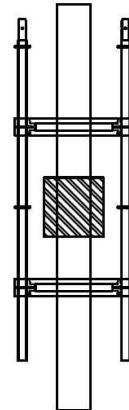
시스템
비계용
선행형
안전난간
의 시험
성능기준

43	시스템 비계용 선행형 안전난간 의 시험 방법	가. 안전난간의 성능시험은 그림 21과 같이 시스템비계용 수직재 2개와 선행형 안전난간 1개를 1조로하여 조절형 받침철물 등의 보조재를 이용하여 수평을 유지한 상태로 시험장치에 설치하고, 상부난간대 중앙부에 하중이 30 kg인 추를 매달아 변위측정기로 상부난간대 중앙부의 수직방향 변위량을 구하고 100 kg인 추를 매달아 선행형 안전난간의 파괴유무를 확인한다. 가) 평면도 나) 정면도 [그림 21] 안전난간의 성능시험
----	---	--

나. 수평 저항 성능시험은 그림 22와 같이 시스템비계용 수직재 4개, 수평재 4개 및 선행형 안전난간 2개를 1조로 시스템비계 조립체를 만든 후 이 조립체를 시험기에 얹혀 설치하고 선행형 안전난간이 결합된 수직재의 접합부 위치에 하중을 가하여 하중의 최대값을 측정한다. 다만, 접합부의 파괴로 측정이 불가할 것으로 예상되는 경우에는 시험 전에 선행형 안전난간이 체결되지 않은 접합부 부분을 제거할 수 있다.(이 경우 재하 속도는 분당 8 mm 이하로 한다)



가) 정면도



나) 평면도

[그림 22] 수평 저항 성능시험

VII. 결 론

사고 유형별 사망자를 분석한 통계 자료를 보면 추락으로 인한 재해가 항상 1위로서 고용노동부, 국토교통부 등 정부부처에서는 추락 재해 감소를 위해 다양한 대책을 마련하고 있으며 대표적인 대책으로는 비계공법을 강관비계에서 시스템비계로 전환하도록 정책을 정하고 현장의 사용 유도를 강화하고 있으며, 시스템 비계 설치 시 비용을 지원하는 등의 혜택도 제공하고 있다.

다만 이러한 정책은 제대로 설치된 비계구조물 위에서 근로자가 안전하게 작업을 수행할 수 있도록 하자는 시각에서, 비계 구성요소의 누락이 상대적으로 적은 시스템 비계로의 전환을 제도 개선의 방향으로 설정한 것이다. 다만, 비계에서의 추락 재해는 설치와 해체의 과정에서도 발생하고 있어, 이러한 과정에서의 안전성 확보도 중요하다. 그럼에도, 일선 현장에서는 설치나 해체 과정의 안전성 확보를 위해 근로자 교육을 실시하는 것 외에는 대안이 별로 없는 것도 현실이다.

그러므로 하비(Harvey)의 3E(규제, 교육, 기술) 안전대책 측면에서 보더라도, 규제와 교육만으로 해결할 수 없는 부분에 대해 안전한 기술을 제공할 필요가 있으며, 비계의 조립 및 해체 시 추락 재해를 감소시키는 안전한 기술이란 근로자의 불안정한 행동이 있어도 주위에 항상 안전 난간 등 방호장치가 갖춰져 있는 작업환경이 조성될 수 있는 비계 공법의 개발과 제공이다. 이러한 안전성을 확보할 수 있는 시스템비계 설치 공법이 현장에 제공된다면 추락 재해가 보다 획기적으로 감소할 수 있으리라 기대된다.

현재까지 국내의 비계를 조립하는 시공 순서 상 안전난간은 항상 마지막에 설치하고 가장 먼저 해체하는 부재이다. 이로 인해 비계의 설치와 해체를 담당하는 근로자는 추락의 위험에 항상 노출되는 불안정한 상태에서 작업을 수행할 수 밖에 없다. 이를 근본적으로 해결한 공법이 안전난간 선행공법이다. 이미 이 공법은

일본, 유럽 등에서 오래전부터 적용해온 비계 조립과 해체 공법으로서 안전성과 작업성의 우수성이 검증된 공법이다.

그러나, 몇 년전부터 일부 사업장에서 이를 국내에 도입하려 하였으나, 국내 법규정과 불합치 등으로 도입되지 못한 사례도 있으며, 현재까지도 같은 사유로 국내에서 사용하지 못하고 있다.

이에 본 연구는 해외 규정과 사례, 국내 법규정의 조사 분석 및 자재의 검증을 위한 안전인증기준 개발 등을 통해 제도 개선의 필요성과 적절한 기준의 설정을 위한 기초자료를 제공하고자 하였으며, 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 안전난간 선행공법의 도입을 위해서는 이 공법에 대한 이해와 공법에 적합한 자재의 표준화가 우선되어야 한다. 이에 국내 법규정과 유사한 일본의 관련 법규정과 제도를 중심으로 전용 가설기자재인 선행형 안전난간에 대한 규격을 안전인증기준 형식에 맞춰 표준화하는 연구를 진행하였다.

이에, 일본 가설공업회에서 운영하는 승인기준과 일본공업규격에서 표준화한 선행형 안전난간의 규격을 조사한 결과, 일부 시험 과정 중 시험체에 선행형 안전난간과 함께 설치되는 보조재인 작업대가 탈락하거나 처짐 시험 시 추가 낙하하는 등 사고의 위험성이 존재하였고 성능 시험의 결과 값이 실제 선행형 안전난간만의 성능이 아닌 보조재인 작업대가 하중을 함께 지지해주는 구조로 시험 기준의 적절성에 대한 문제가 발견되었다. 이를 해결하기 위해 안전하면서도 선행형 안전난간의 실제 성능을 확인할 수 있는 시험방법을 개발하여 안전인증기준(안)을 작성하였으며, 이 기준안이 추후 표준화 과정에 기초자료가 되길 기대한다.

또한 선행형 안전난간의 국내외 제조사를 방문하여 제작과정을 조사하였으며, 이는 시스템비계용 부재 등의 가설기자재 제조사에게 제품 제조와 신제품 개발에 도움이 되도록 하기 위함이다.

둘째, 선행형 안전난간을 국내 도입하기 위해서는 안전난간 설치기준인 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제13조를 개정할 필요가 있다. 현행 기준은 상부 난

간대 및 중간 난간대가 있는 구조를 원칙으로 하고 있어, 중간 난간대를 대체하는 가새재 구조는 해당 법령에서 명시하고 있지 않다. 이에, 국내외 관련 제품과 설치기준들을 조사하여 적절한 가새재 구조를 제시하였다. 또한 해외와 달리 국내는 가설 안전난간과 영구 구조물의 안전난간의 구조를 구분하고 있지 않아, 가설 안전난간에 대한 설치기준을 신설하는 방안으로 연구 결과를 도출하였다.

셋째, 선행형 안전난간을 적용한 비계구조물의 구조안전성 검토를 실시한 결과, 구조적 안전성은 이를 적용하지 않은 비계구조물과 별반 차이가 없었으며 유사한 안전성을 확보하고 있음을 확인하였다. 이 과정에서 압축재로서의 세장비 기준에 가새재가 부적합한 결과가 도출됨을 알았으나, 최근 건축구조기준 등 유사기준들이 세장비를 권고 기준으로 변경 적용하고 있어, 가시설물 설계기준에서도 이를 준용하는 개정의견을 제안하였다.

넷째, 안전난간 선행공법 적용 시 재료비, 시공비 등을 고려한 경제성 부분에 대한 검토도 실시하였는데, 안전난간 후행공법에 비해 약 7% 정도 비용 절감 효과를 기대할 수 있는 것으로 분석되었으며, 작업성과 안전성이 높아 기존 시스템 비계 보다는 시공비 절약을 기대 할 수 있다.

마지막으로 안전난간 선행공법의 국내 도입 시 시공자 및 관리자 등에게 설치 및 해체의 가이드라인을 제공하기 위해 시공 매뉴얼을 작성하였다. 다만, 국내에는 관련 기준도 없고 시공 사례를 찾을 수도 없어, 일본의 선행형 안전난간을 설치 및 해체하는 사업장의 공사시방서를 참조하여 작성하였다.

본 연구는 제한된 시간과 비용으로 과제를 수행하다보니, 해외 사례가 일본 중심으로만 이뤄진 점과 시스템 비계에 한정된 점이 아쉬웠다. 향후 본 연구에 이어 추가 연구가 진행된다면 여러 가지 형태의 선행형 안전난간과 다양한 해외 사례가 소개 되고, 안전난간 선행공법이 적용된 비계구조물의 안전성 검증 방법이 ‘부재의 성능 시험’이 아닌 ‘조립체의 성능 시험’을 통한 방법으로 안전인증기준 개발이 추가 연구되었으면 한다.

참고문헌

산업안전보건연구원. 조립된 가설기자재(시스템) 인증제도 및 기준에 관한 연구. 2018년 11월 30일

산업안전보건연구원. 산업안전보건기준에 관한규칙 선진화 방안 연구. 2016년 10월 30일

한국비계기술원, 가설 구조물 안전성 확보방안 연구. 2016년 12월 5일

정성춘, 이학기. 가설기자재 안전인증 실태조사 및 개선에 관한 연구, 대한건축학회지회연합회 2016년 논문집. 18권2호(통권72호) 171-180

산업안전보건연구원. 가설 기자재 안전성 확보방안에 대한 연구. 2015년

산업안전보건연구원. 2014 산업재해원인조사(업무상 사고). 2015년

산업안전보건연구원. 말비계 안전기준 개정에 관한 연구. 2014년

산업안전보건연구원. 조립식 가설기자재의 완성품에 대한 안전 인증 타당성 연구. 2013년 10월

산업안전보건연구원. 검정대상 가설기자재 품목 확대 연구. 1997년 12월 31일

산업안전보건연구원. 건설용 가설기자재의 성능검정기준 개발에 관한 연구. 1991년 12월 31일

한국산업안전보건공단. 가새형 선행 안전난간대의 수직 보강장치, 특허 출원 (10-2019-0144214). 2019년 11월 12일

한국산업안전보건공단. 일본의 산업안전보건제도 및 재해예방 활동. 2018년 11월

한국비계기술원, 건설현장 추락 사망사고 예방을 위한 비계의 안전한 설치 방법과 가설기자재 품질관리, 2019 산업안전보건강조주간 세미나 자료, 2019년 7월 4일

산업안전보건기준에 관한 규칙. 고용노동부령 제251호, 2019년

가설공사 표준안전 작업지침. 고용노동부고시 제2015-50호. 2015년

추락재해방지 표준안전 작업지침. 고용노동부고시 제2015-53호. 2015년

방호장치 안전인증 고시. 고용노동부고시 제2019-15호. 2019년

방호장치 자율안전기준 고시. 고용노동부고시 제2015-94호. 2015년

이동식 강관 비계용 부재. KS F 8011. 2011년

비계 및 안전시설물 설계기준. 국가건설기준 KDS 21 60 00. 2019년

강구조 부재 설계기준(허용응력설계법). 국가건설기준 KDS 14 30 10. 2019년

강구조 부재 설계기준(하중저항계수설계법). 국가건설기준 KDS 14 31 10. 2017년

비계공사 일반사항. 국가건설기준 KCS 21 60 05. 2019년

추락재해 방지시설. 국가건설기준 KCS 21 70 10. 2019년

대한건축학회. 건축구조기준 및 해설. 2016년

(일본) 노동안전위생규칙. 노동성령 32호. 2019년

(일본) 노동안전위생규칙의 일부를 개정하는 성령의 시행에 대하여. 후생노동성 기발 제0311001호. 2009년

(일본) 안전난간 선행공법에 관한 지침에 관해서. 후생노동성 기발 제0424001호. 2009년

(일본) 안전난간 선행공법에 관한 지침에 관해서. 후생노동성 기발 제0424002호. 2009년

(일본) 비계로부터 추락에 대한 노동재해방지대책을 철저히 시행함에 대하여. 후생노동성 기발 제0424003호. 2009년

(일본) 선행형 안전난간. JIS A 8961. 2014년

(일본) 가설공업회. 가설기자재 인증 기준과 해설. 2018년

(일본) 건설업노동재해방지협회. 건설업의 노동재해 방지에 관한 중기 계획과 향후 전망. 2018년

(미국) OSHA Part 1926, Safety and Health Regulations for Construction

- Subpart M - Fall Protection
- Subpart L - Scaffolds

(미국) ANSI/ASSP. Scaffolding Safety Requirements. A 10.8. 2019년

(유럽) Temporary works equipment - Part 1: Scaffolds - Performance requirements and general design. EN 12811-1. 2003년

Abstract

Research on Application of the Method of Erecting Handrails First in Korean Construction Site

Moon Seong Oh

*Technical Research Division,
Korea Scaffolding Institution and KOSHA
#400, Jongga-ro, Jung-gu, Ulsan, Korea*

Objectives: The aim of this study is to improve safety working method to prevent fall from height during the work in scaffold in which workers use temporary work-way and working space.

Methods: Examination of the accident cases of fall from height related to scaffolding work in Korea and other countries; followed by; Reviewing related rules, regulations, and standards. Understanding manufacturing process, testing, and application of the method in construction sites by visiting company, testing institution, association of Japanese scaffolding industry in Japan. Conducting safety assessment on the structures for the erecting handrail first method. Analysis of structure related to scaffold and safety devices for construction (KDS 21 60 00), Carrying out load test, bending test etc. on parts of scaffolds. Conducting a focus group interview on experts related to design, manufacturing, construction.

Results: First, this research found, it is necessary to standardize the erecting handrail first method in current safety standards, this research provide some test standards in order to approve safety certification systems. Second, we found a necessary of revision of the article 13 of the industrial safety and health standard, Ministerial decree, of the Korea Industrial Safety and Health Act and proposed a draft of the revised article. Third, an examination of structure safety of the erecting handrails first method was conducted and there is no difference of safety of the new structure compared with current structure. Fourth, as compared cost of material and construction between the erecting handrails first method and current method, we found there is benefit of cost reduction of 7% than previous method. Finally, this research provides a manual of construction of erecting handrails first method in scaffold installation/dismantling work.

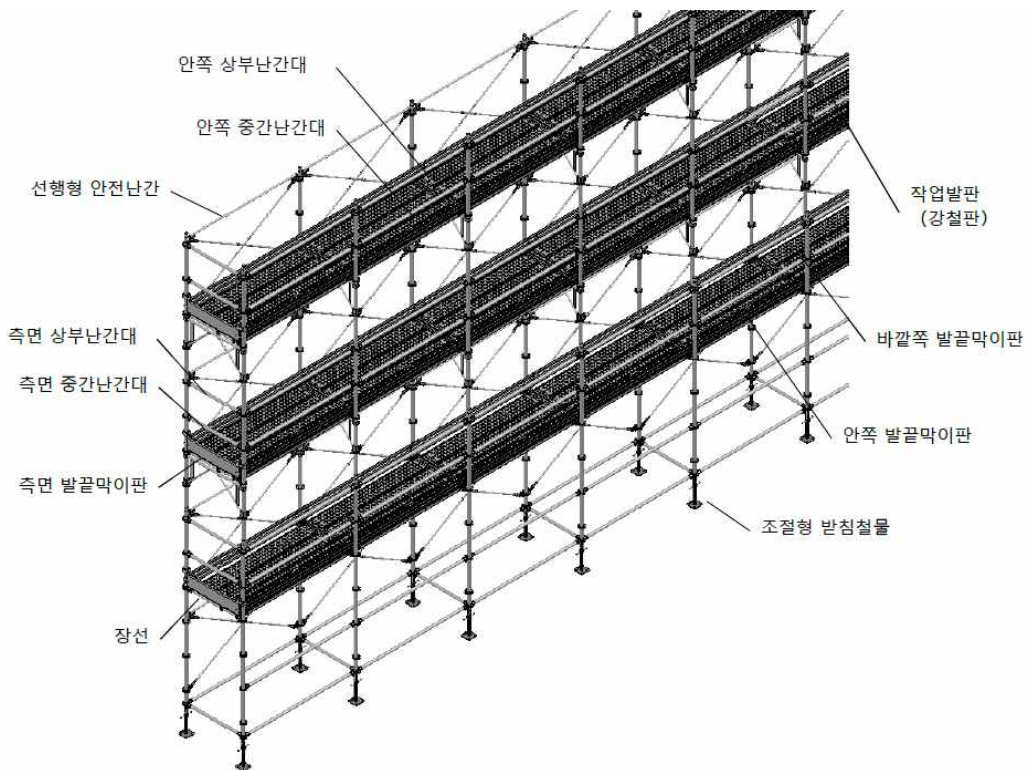
Conclusions: To protect workers of installation/dismantling scaffold against fall from height is a key point to reduce fatalities in Korea construction sites. The method of erecting handrails first during installation/dismantling work of scaffold can be a considerable method to reduce fatalities of fall from height in Korean construction sites. However, in order to introduce the method there are some preconditions are needed. As sort time period of the research and restrictions of the research, there is several limitations of the research into application in practice. Therefore further in-depth research such as safety examination of scaffold with erecting handrail first, application of other scaffolding system in vary are recommended.

Keyword: scaffold, erecting handrails first method, prevention of fall from height, construction site

부 록

<조립 및 해체 매뉴얼>

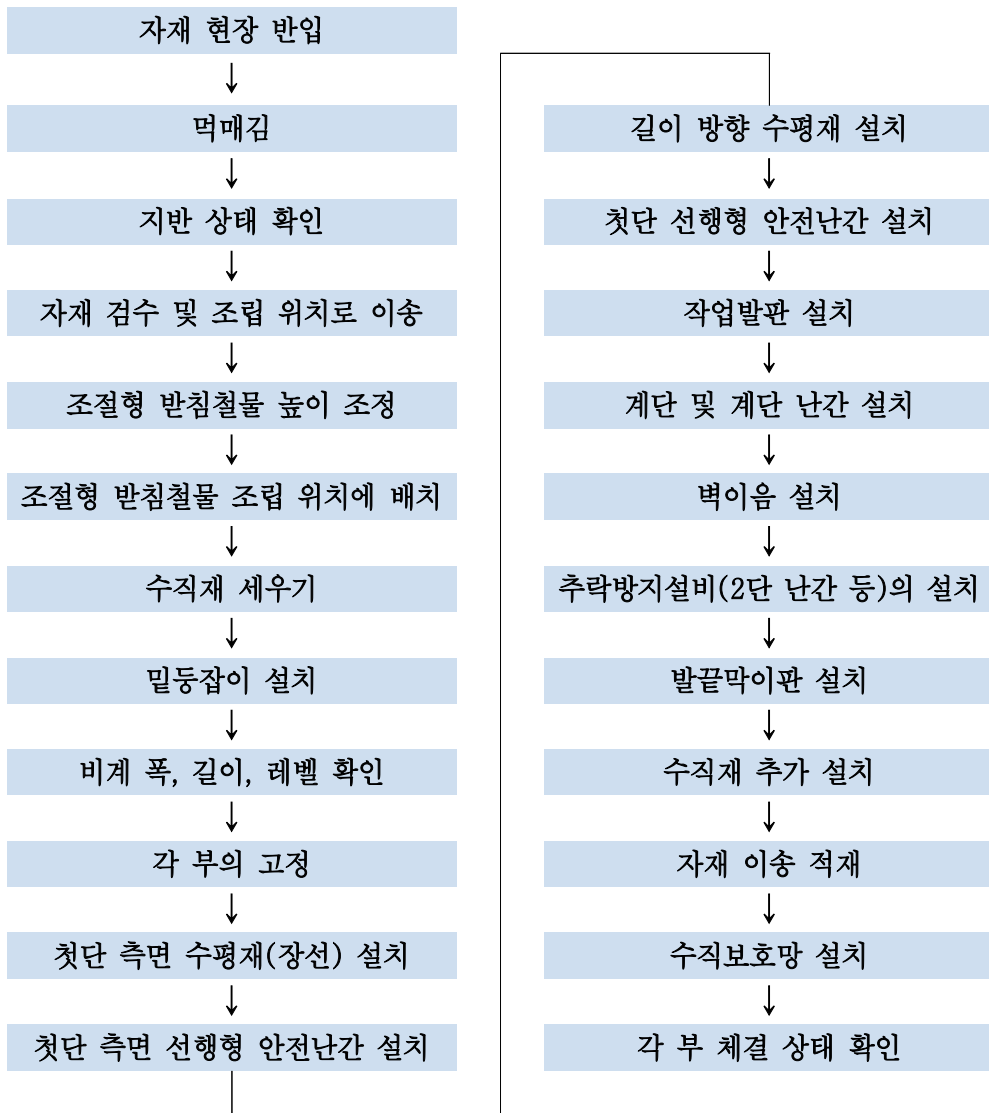
※ 국내에는 아직까지 안전난간 선행공법에 대한 사용 경험이 없고 표준 시방 기준도 없어, 현 시점에서 적합한 시공 매뉴얼을 작성하는 것이 어렵기 때문에 일본에서 범용적으로 사용되고 있는 시공 매뉴얼을 참조하여 부록으로 제시한다.



[그림 1] 비계구조를 이해도

1. 설치매뉴얼

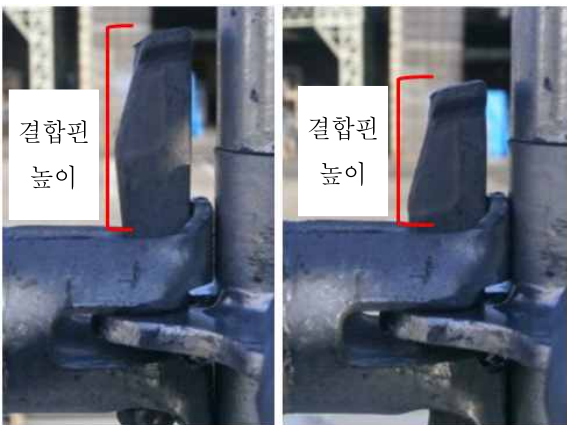
<표 1> 조립 순서도

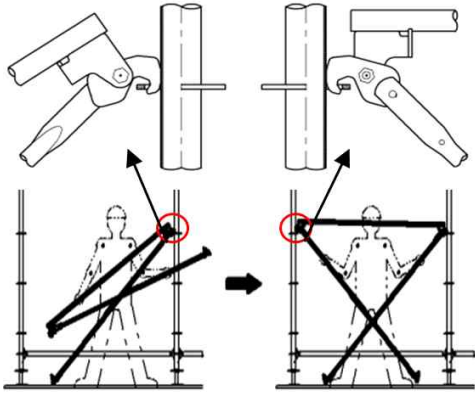


<표 2> 첫 단(층)의 조립

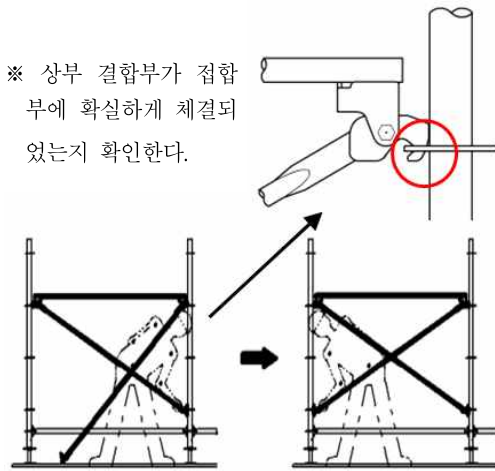
순서	작업 내역	작업 상 유의사항
01	비계의 기초 1. 침하 방지를 위해 필요 시 지반에 자갈을 깔고 다짐 작업 한다. 2. 부등침하 방지를 위해 필 요 시 깔판을 설치한다.	- 지반면을 최대한 평평하게 한다. - 접지면에 틈이 없도록 한다.
02	조절형 받침철물 배치	- 지주의 최하단에는 조절형 받침철물을 사용한다. - 조절형 받침철물은 소정의 높이 (최대 사 용 길이의 1/3 이상 수직재와 겹침)로, 건 물 등과의 간격을 보면서 배치한다.
03	기둥 설치	- 최하단의 수직재에는 길이 2 750 mm 를 권장한다. - 건물등과의 간격을 고려하면서 설치한다. - 수직재의 쓰러짐 방지조치(보조원 등)를 한다.

04	밀둥잡이 설치	- 최하단의 수직재 하부에 밀둥잡이로 수평재를 가로 및 세로 방향으로 각각 설치한다. - 지면의 경사 등으로 전용의 수평재를 사용하기 어려운 경우에는, 비계용 강관과 클램프로 밀둥잡이를 설치한다. - 초기 수평재 결합핀은 가고정 해 둔다. - 조립 순서는 그림의 번호에 따른다. [그림 2] 밀둥잡이 조립 순서
----	---------	--

05	각 부의 고정 1. 건물 등과의 거리 확인 2. 조절형 받침철물의 고정 3. 수평 확인 4. 밑둥잡이 고정	- 수직재의 치수를 포함한 도면을 확인한다. - 비계의 폭 방향과 길이 방향이 직각인 것을 확인한다. - 레벨로 수평을 확인하면서 받침철물의 높이를 조정한다. - 가 고정한 밑둥잡이(수평재)의 결합핀을 망치를 사용하여 박는다. - 결합핀을 박을 때에는 수평재 빠뚫어짐 방지 및 타격 소리를 줄이기 위해 한 손으로 꼭 잡고 망치로 박아 넣기를 한다. (이후, 수평재의 고정 시 본항과 같은 내용으로 한다.)  가고정 상태 견고한 고정 [그림 3] 수평재 결합핀 고정
06	수평재의 설치 (내측)	- 밑둥잡이 설치 위치로부터 위로 두번째 수직재 접합부에 수평재를 설치한다.

07	선행형 안전난간의 설치 (외측)	- 밑둥잡이 설치 위치로부터 세번째 수직재 접합부에 선행형 안전난간의 상부 결합부를 체결한다. - 전 구간에 걸쳐서 소정의 위치에 설치한다.  ① 한쪽의 상부 결합부를 수직재 접합부에 체결 ② 반대쪽 상부 결합부를 수직재 접합부에 체결 ※ 상부 결합부는 체결 시 가새재를 가능한 세운 상태로 수직재 접합부에 끼운다. [그림 4] 상부 결합부 체결 - 선행형 안전난간의 하부 결합부의 결합핀을 망치로 타격하여 수직재 접합부에 체결한다. - 결합핀을 박을 때에는 선행형 안전난간의 뼈뺀어짐 방지 및 타격 소리를 줄이기 위해 한 손으로 꼭 잡고 망치로 박아 넣기를 한다. (이후, 선행 난간대의 고정 시 본항과 같은 내용으로 한다.)
----	----------------------	--

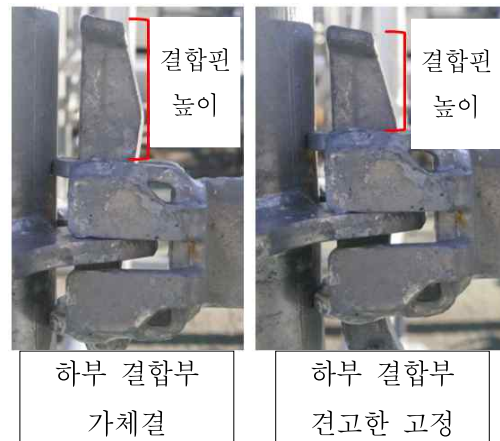
※ 상부 결함부가 접합부에 확실하게 체결되었는지 확인한다.



③ 한쪽의 하부 결함부를 수직재 접합부에 체결

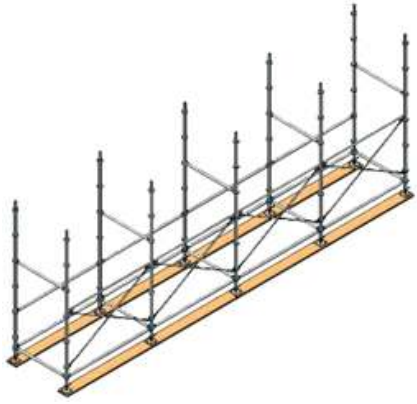
④ 반대쪽 하부 결함부를 수직재 접합부에 체결

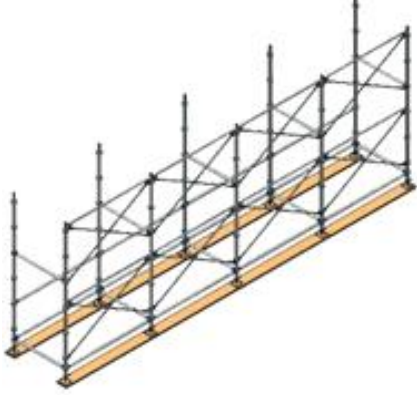
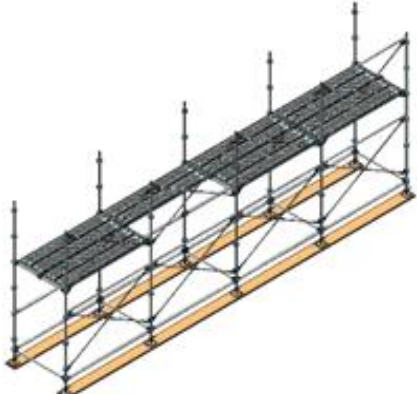
[그림 5] 하부 결함부 체결

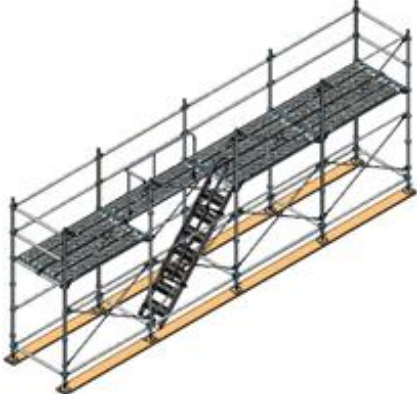


[그림 6] 하부 결함부 결합핀 고정

- 선행형 안전난간의 볼트·너트는 느슨하게 하거나 빠지 않아야 한다.

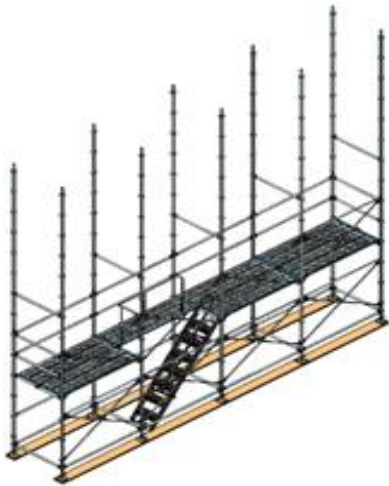
08	폭 방향 수평재의 설치	- 작업상 설치 위치에 폭 방향 수평재를 체결한다. - 폭 방향 수평재 양쪽의 결합핀을 수직재 접합부에 체결한다.  [그림 7] 폭 방향 수평재의 설치
09	2단(층)의 선행형 안전난간의 설치 (외측)	- 작업상의 설치 위치로부터 2 단 상단의 수직재 접합부에 선행형 안전난간의 상부 결합부를 체결한다. - 전 구간에 걸쳐서 소정의 위치에 설치한다. - 선행형 안전난간의 하부 결합부를 체결한다. (선행형 안전난간의 설치방법은 1층의 조립 작업(순서 07)을 참조) - 선행형 안전난간의 볼트·너트는 느슨하거나 빠지지 않아야 한다.

		 [그림 8] 2단의 선행형 안전난간 설치
10	작업발판의 설치	- 재료 간에 틈이 없게 전구간에 걸쳐 설치한다. - 작업대의 걸침고리를 활용하거나 철선 등을 이용하여 2개소 이상 고정한다.  [그림 9] 작업발판의 설치
11	계단의 설치	- 낙하 방지를 위해 상부 및 하부 고정부의 결속을 단단히 한다. (걸침고리 등 전용철물이 부착된 경우에는 이를 활용할 것)

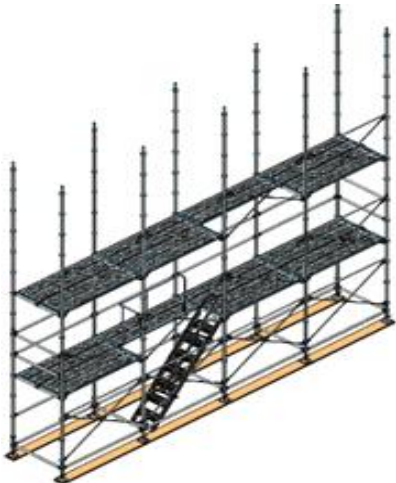
12	계단 난간대의 설치	- 추락 방지를 위해 계단의 가장자리에 안전난간대를 설치 한다.  [그림 10] 계단 난간대의 설치
13	1층 작업발판 조립 후의 작업	- 수직보호망의 설치와 수직재 간 연결조인트의 이탈방지 핀 체결 작업을 한다. (수직재의 이탈방지 핀은 2단(층) 이후의 조립작업(순서 03)을 참조) - 수직보호망은 늘어짐 없이 모든 연결 구멍에 케이블 타이 등으로 수직재 또는 난간(수평재) 등에 체결한다.
14	순서 05 ~ 순서 13의 반복	- 부재를 직접 손에서 손으로 이송할 때는 각 층에 작업원을 배치한다.
15	조립 후의 작업	- 수직재의 연결조인트 및 이탈방지 핀 체결 상태를 확인한다. - 선행형 안전난간의 결합부 핀 체결 상태를 확인한다.

<표 3> 2단(층) 이후의 조립

순서	작업 내역	작업 상 유의사항
01	수평재 등의 설치	- 2단(층) 이후의 작업에 있어서는 반드시 안전대 고리를 걸고 작업을 한다. - 비계의 내측에는 2줄의 수평난간대를 설치한다. - 계단 개구부에는 추락 방지용 안전난간 등의 안전조치를 한다.
02	발끝막이판의 설치	- 발끝막이판은 발판과 틈새가 최대한 없도록 설치한다. - 발끝막이판의 높이는 100 mm 이상으로 한다. [그림 11] 발끝막이판

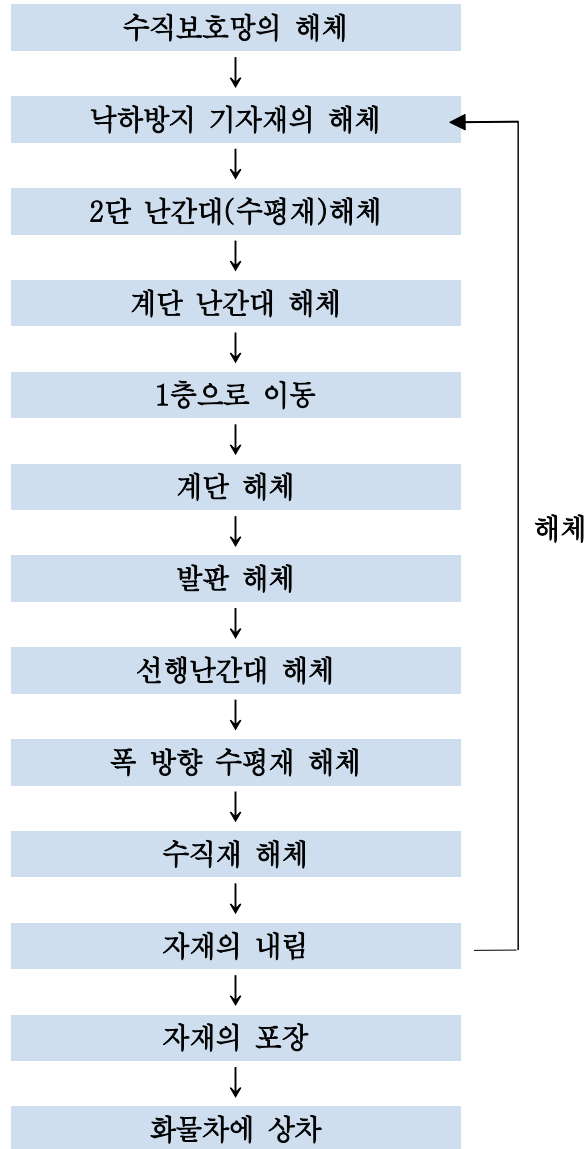
03	상부 수직재의 추가 설치	- 수직재와 수직재는 연결조인트로 연결하고 이탈방지 핀으로 고정한다.  [그림 12] 연결조인트
04	폭 방향 수평재의 설치	- 작업상의 설치 위치에 폭방향 수평재를 설치한다. - 폭 방향 수평재 양단의 결합핀을 체결한다.  [그림 13] 폭 방향 수평재의 설치

05	상단의 선행형 안전난간 설치	- 선행형 안전난간의 설치 방법은 1층의 조립작업(순서 07)을 참조 - 선행난간대의 볼트·너트를 느슨하게 하거나 빼는 행위를 하지 말 것 [그림 14] 폭 방향 수평재의 설치 선행형 안전난간을 손으로 잡아 올릴 때에는 접힌 부분이 펼쳐지지 않도록 수평재와 2본의 가새재를 겹쳐서 함께 잡을 것 [그림 15] 선행형 안전난간 잡는법
----	-----------------	--

06	작업발판의 설치	- 재료 간에 틈이 없게 전구간에 걸쳐 설치한다. - 작업대의 걸침고리를 활용하거나 철선 등을 이용하여 2개소 이상 고정한다.  [그림 16] 작업발판의 설치
----	----------	--

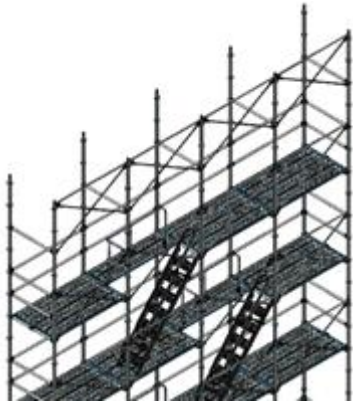
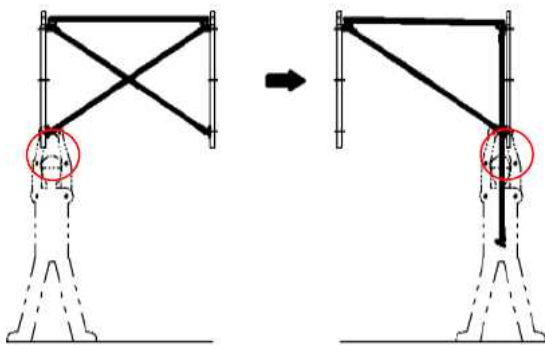
2. 해체매뉴얼

<표 4> 해체 순서도

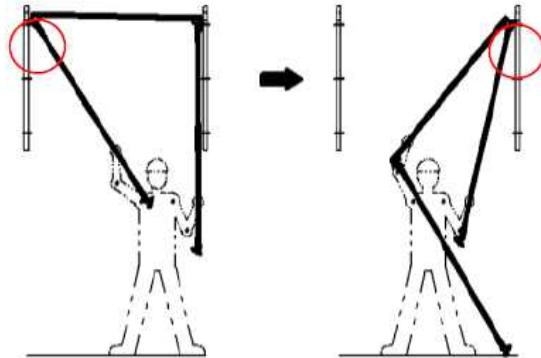


<표 5> 해체 순서

순서	작업 내역	작업 상 유의사항
01	낙하방지 기자재 (발끝막이판 또는 낙하물방지망)의 해체	- 2층째 이상의 작업에 있어서는 반드시 선행형 안전난간 등에 안전대를 걸고 작업을 한다. - 사전에 정한 순서대로 분리한다.
02	벽이음 해체	- 비계가 불안정하게 되는 경우는 가새(임시 설치)를 체결하는 등 해체현황에 맞춰서 해체할 것.
03	최상단의 수평재 등의 해체	- 코너, 조정부, 측단부, 내측의 수평재 및 중간난간대를 해체한다.  [그림 17] 중난간대 해체
04	최상단 계단 개구부 난간대틀의 해체	- 계단 개구부 난간틀을 해체하고, 아래층으로 이동한다.
05	계단의 난간대 및 중간난간대의 해체	- 아래층 계단의 난간대 및 중간난간대를 해체한다.

06	계단틀 해체	
07	계단 해체	 [그림 18] 계단 해체
08	선행형 안전난간의 해체	- 선행형 안전난간의 하부 결합부의 핀을 양쪽 모두 느슨하게 한다.  ① 끝단의 핀을 푼다 ② 다른 방향의 핀을 푼다. [그림 19] 하부 결합부 해체

- 선행형 안전난간의 상부 결합부를 수직재 접합부로부터 한 쪽씩 분리한다.



① 가새재 2분을 잡고
한쪽 상부 결합부를
해체한다

② 전 공정과 같이 다른
쪽 상부 결합부를
해체한다

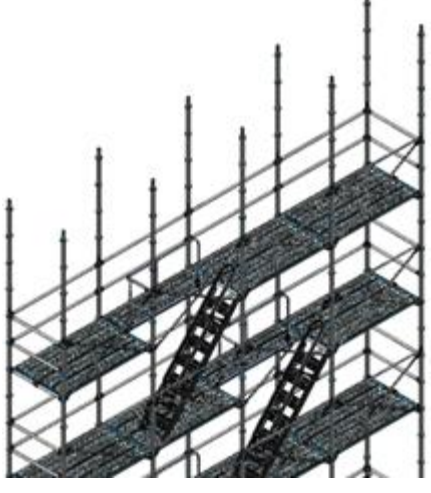
[그림 20] 상부 결합부 해체

- 선행형 안전난간 볼트·너트는 풀거나 분리하지 말 것.



* 선행난간대를 손으로
내릴 때에는 접혀있
는 선행난간대가 갑
자기 열리지 않도록
수평재와 두개의 가
새재가 겹친 부분을
잡을 것.

[그림 21] 선행형 안전난간

		 [그림 22] 선행형 안전난간 해체
09	발끝막이판 해체	- 발끝막이판 양끝단의 핀을 풀고 해체한다.  [그림 23] 발끝막이판 해체
10	수직재 해체 (수직재 접합부가 있는 층의 경우)	- 수직재는 연결조인트 및 이탈방지용 핀을 분리하여 해제한다. (수직재의 이탈방지 핀 체결은 2층 이상의 조립작업 (순서 03)을 참조)

		 [그림 24] 수직재의 해체
11	재료의 내림	- 손으로 전달 또는 상황에 따라 크레인, 호이스트 등의 장비나 설비 등을 이용한다.
12	(순서 01)~(순서 11) 의 순서로 내림	
13	자재 포장 및 화물차에 상차	- 주변 정리정돈

〈〈연 구 진〉〉

연구기관 : 재단법인 한국비계기술원

연구책임자 : 문 성 오 (팀 장, 한국비계기술원 기술연구팀)

연 구 원 : 오 태 근 (교 수, 인천대학교 안전공학과)

연 구 원 : 이 정 석 (연구소장, (주)세일시스)

연 구 원 : 모 승 언 (팀 장, 한국비계기술원 교육진단팀)

연 구 원 : 윤 예 빈 (선임연구원, 한국비계기술원 기술연구팀)

연구상대역 : 박 주 동 (차 장, 산업안전보건연구원 연구기획부)

강 준 혁 (과 장, 산업안전보건연구원 연구기획부)

이 현 섭 (차 장,공단 본부 사업관리실 법정사업부)

〈〈연 구 기 간〉〉

2019. 08. 13 ~ 2019. 11. 30

본 연구는 산업안전보건연구원의 2019년도 위탁연구 용역사업에 의한 것임

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

산업안전보건연구원장

**추락재해예방을 위한 비계 인접난간 선행공법의 국내
건설현장 적용에 관한 연구**

2019-연구원-1540

발 행 일 : 2019년 11월 30일

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 고재철

연구책임자 : 문 성 오

발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전 화 : (052) 703-0815

F A X : (052) 703-0331

Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>