

# 건설 공사의 안전성 향상을 위한 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 개발

## Development of a Systemized Flying Net for Safety Improvement in Architectural Building Construction

이 정 호\*  
Lee, Jeong-Ho

박 선 주\*\*  
Park, Seon-Joo

김 영 석\*\*\*  
Kim, Young-Suk

### 요 약

건축공사에서는 고층 건축물 신축 시 노무자의 추락 예방 및 낙하물에 의한 부상을 방지하기 위해 건축물의 수직면에 매 10m 이내로 낙하물 방지망을 설치하도록 규정하고 있다. 첫 단 이후 설치되는 낙하물 방지망인 플라잉넷은 지상 8m 이상에서 설치 및 해체 작업이 진행되므로 노무자의 작은 실수가 사망 사고와 직결되는 매우 위험한 작업이다. 최근 건설 업체에서는 플라잉넷 설치 및 해체작업의 위험성을 인식하여 다양한 형태의 플라잉넷을 개발하여 사용하고 있다. 그러나 현재까지 개발된 플라잉넷은 옥외작업 및 구조상의 문제로 인해 노무자의 추락, 낙하 등 안전상의 문제점을 지니고 있는 것으로 분석되었다. 본 연구의 목적은 선행연구에 있어 최적 대안으로 선정된 충돌방지형 시스템 플라잉 넷의 프로토타입을 실물(Full-scale) 제작하고, 현장실험을 통해 기존 재래식 방식 대비 제안된 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 안전성, 생산성, 작업 편의성, 경제성 측면에서의 성능을 분석하는 것이다. 또한 현장실험을 통해 도출된 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 문제점에 대한 개선방안(부재 경량화, 지지대 및 브라켓의 안정성 확보, 작업 간섭 방지)을 제시하고자 한다.

**키워드** : 낙하물 방지망, 플라잉넷, 공동주택, 성능분석

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

국내 고층 건축물에 대한 수요가 증가함에 따라 건축물의 초고층화·대형화가 빠르게 진행되고 있다. 건축공사에서는 고층 건축물 신축시 노무자의 추락 예방 및 낙하물에 의한 부상을 방지하기 위해 건축물의 수직면에 매 10m 이내로 낙하물 방지망을 설치하도록 규정하고 있다. 건축 공사 공종별 중대 재해 발생 현황에 대한 조사·분석 결과, 낙하물 방지망의 설치 및 해체 작업이 이루어지는 가설 공사의 안전사고율이 11.6%로, 거푸집 공사(17.4%)에 이어 두 번째로 높은 재해 비중을 차지하고 있는 것으로 조사되었다(한국산업안전보건공단, 2008). 첫 단 이후 설

치되는 낙하물 방지망인 플라잉넷은 지상 8m 이상으로부터 이후 매 10m 이내 마다 옥외에서 설치 및 해체 작업이 진행되므로 노무자의 작은 실수 하나가 사망 사고와 직결되는 등 매우 위험한 작업 요소를 포함하고 있다. 현장 조사 및 분석 결과, 현재 다양한 형태의 낙하물 방지망(상부지지 플라잉넷, 하부지지 플라잉넷, 시스템 낙하물 방지망 등)이 개발되어 건설현장에 적용되고는 있으나, 모두가 8m 이상에서의 옥외작업 요소를 포함하고 있어 여전히 위험성이 내재되어 있고, 추락사고 시 노무자가 낙하물 방지망을 지지하고 있는 강관 파이프에 충돌하여 중대 상해를 입을 가능성이 있는 구조로 되어있는 등 문제점 지니고 있는 것으로 분석되었다.

본 연구의 목적은 선행연구(이정호, 2010)에 있어 제안된 3가

\* 일반회원, 인하대학교 원가공학연구소 선임연구원, 공학박사, inhacmr@hotmail.com

\*\* 일반회원, 건원 엔지니어링, 공학석사, jetoma@naver.com

\*\*\* 종신회원, 인하대학교 건축공학과 교수(교신저자), youngsuk@inha.ac.kr

지 형태의 시스템 플라잉넷 관련 개념 모델 중 최적 대안으로 선정된 충돌방지형 시스템 플라잉 넷의 프로토타입을 실물 제작하고, 현장실험을 통해 기존 방식 대비 제안된 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 안전성, 생산성, 작업 편의성, 경제성 측면에서의 성능을 분석하는 것이다. 또한 현장실험을 통해 도출된 문제점 및 개선사항을 토대로 현장 적용성 제고가 가능한 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 개선안을 제안하는 것이다. 본 연구를 통해 제안된 충돌방지형 시스템 플라잉넷 개선안이 건설현장에 범용적으로 적용될 경우 노무자의 안전성 확보가 가능할 뿐만 아니라 작업자의 편의성 제고 및 안전사고 예방에 따른 원가절감이 가능할 수 있을 것으로 기대된다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 공동주택 첫 단 상부에 설치되는 플라잉넷의 구조개선을 통한 노무자의 안전성 및 작업성 향상을 연구의 범위로 한정한다.

본 연구에서 수행한 연구 방법은 다음과 같다.

### 1.2.1 플라잉넷 작업 프로세스 및 선행연구 고찰

본 연구에서는 공동주택 건설공사에서 가장 흔히 사용되고 있는 플라잉넷의 종류에 대해 고찰하고, 작업 프로세스 및 노무자의 작업행태 분석을 통해 기존 플라잉넷의 설치 및 해체 작업이 가지고 있는 문제점을 분석한다.

### 1.2.2 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 실물 제작

본 연구에서는 선행연구인 「공동주택 공사의 안전성 향상을 위한 시스템 플라잉넷 개발에 관한 연구(2010)」에서 제안된 3가지 형태의 개념 모델 중 노무자의 안전성 확보, 작업 편의성 및 경제성 측면에서 가장 우수한 성능을 지닌 '충돌방지형 시스템 플라잉넷'의 프로토타입을 실물 제작한다.

### 1.2.3 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 현장실험 및 결과분석

실물 제작된 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 프로토타입을 공동주택 건설현장에 적용하여 기존 재래식 방식과 비교하여 제안된 시스템이 지니고 있는 생산성, 안전성, 작업 편의성, 경제성 측면에서의 성능을 분석하고 문제점 분석을 통해 개선사항을 도출한다.

### 1.2.4 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 개선모델 제시

현장적용을 통해 도출된 충돌방지형 시스템 플라잉넷 프로토타입의 구조적 문제점에 대한 해결방안을 제시하고, 이를 적용한 개선 모델을 제안한다.

## 2. 낙하물 방지망 설치 및 해체 작업 프로세스 및 기존 연구동향 고찰

### 2.1 낙하물 방지망의 정의 및 문제점

공동주택에서 사용되는 낙하물 방지망은 그림 1과 같이 지상에서 첫단에 설치하는 강관틀 낙하물 방지망과 첫단 이후 3~4개층 마다 설치하는 플라잉넷으로 구분된다. 낙하물 방지망은 낙하물(고소작업에 있어 높은 곳에서 낮은 곳으로 떨어지는 목재, 콘크리트 덩어리 및 공구류 등의 물체)로 인해 근로자, 통행인 및 통행차량 등이 위험에 처하는 것을 방지하기 위해 설치된다. 즉, 강관틀 낙하물 방지망은 낙하물로 인한 안전사고로부터 근로자를 보호해주는 것을 목적으로 하며, 플라잉넷은 근로자의 추락으로 야기되는 안전사고를 방지하는 것을 목적으로 한다.



(a) 강관틀 낙하물 방지망(첫단에 설치) (b) 플라잉넷(첫단 이후 상부에 설치)

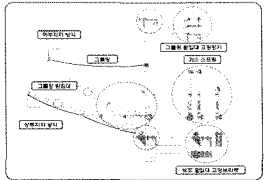
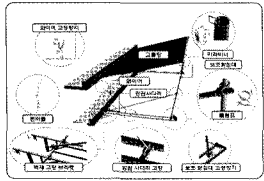
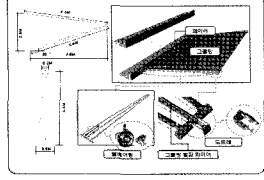
그림 1. 낙하물 방지망의 종류

본 연구의 대상인 플라잉넷 설치/해체 작업 프로세스 및 노무자의 작업 행태 분석 결과, 플라잉넷 설치 및 해체작업은 8m 이상 되는 곳의 공동주택 외부에서 작업이 수행되므로 설치 및 해체 작업 시 노무자(특수 비계공)의 작은 실수 하나가 노무자의 사망과 직결되는 매우 위험한 고소작업이다. 플라잉넷 설치 및 해체 작업을 수행하는 노무자는 작업 수행 시 안전성 확보를 위해 반드시 안전고리를 착용토록 규정하고 있으나, 작업의 편의성 등을 위해 이를 미착용한 상태에서 작업을 수행하는 경우가 빈번히 발생하고 있는 것으로 조사되었다. 또한 기존 플라잉넷은 노무자가 추락 시 플라잉넷을 상부에서 지지해 주는 강관 파이프에 부딪힐 가능성이 매우 높고 강관 사다리 및 강관 사다리를 지지하기 위한 강관 파이프 체결 장치인 클램프가 풀릴 경우 강관사다리 상부에서 작업을 수행하는 노무자의 추락 가능성이 매우 높은 구조로 설계되어 있는 것으로 분석되었다. 한국산업안전보건공단(2008)에서 발표된 재해조사 결과, 건설업 재해 총 3,437건 중 고소작업 중 추락으로 인한 재해 건수가 1,296건(37.7%)에 이르는 것만 보더라도 추락사고가 사전에 예방될 수 있도록 현재 사용 중인 플라잉넷의 구조개선이 이루어질 경우 이로 인한 안전성 향상 효과는 매우 가시적일 것으로 기대된다.

## 2.2 기존 시스템 낙하물 방지망 개념 디자인

플라잉넷 설치 및 해체 작업의 위험성을 인식하여 국내외에서는 다양한 특허 및 기술이 제시된 바 있으나, 현장 적용 및 사용 방법상의 어려움, 고비용, 구조적 결함 등의 이유로 제시된 특허 및 기술의 현장 적용 사례는 거의 없는 것으로 조사되었다. 따라서 본 연구의 선행 연구인 「공동주택 공사의 안전성 향상을 위한 시스템 플라잉넷 개발에 관한 연구(2010)」에서는 아래 표 1과 같은 3가지 형태의 개념디자인을 제시한 바 있으며, 잠재적 성능 분석을 통해 '충돌방지형 시스템 플라잉넷'을 안전성, 생산성, 작업 편의성, 경제성 측면에서 최적의 대안으로 선정하였다.

표 1. 선행연구에서 제안된 3가지 개념 모델

개념 모델	개념 모델(안)	특허출원번호
(a)가스 스프링을 이용한 시스템 플라잉넷		-
(b)충돌방지형 시스템 플라잉넷		No. 10-2009-114200
(c)도르래 및 블래어링을 이용한 내부펼침 낙하물 방지망		No. 10-2010-0039708

최적 대안으로 선정된 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 작업 프로세스는 다음 그림 2와 같다.

- ① 브라켓 및 고정장치 설치 : 그물망 지지를 위한 강관 사다리를 설치하는 층의 발코니 끝에 조임식 브라켓을 설치하고, 상부 층에는 강관 사다리를 지지하기 위한 와이어 고정 장치를 설치한다.
- ② 강관사다리와 보조 받침대 연결 : 노무자는 실내에서 강관 사다리와 그물망을 체결하는 보조 받침대를 연결한다.
- ③ 그물망과 와이어로프 연결 : 노무자는 실내에서 보조 받침대 상단에 설치된 카라비너에 그물망을 걸고, 강관사다리 고정 장치와 강관사다리를 와이어로 연결한다.
- ④ 충돌방지형 시스템 플라잉넷 펼침 작업 및 고정 : 노무자는 일체화된 그물망 및 강관 사다리, 보조 받침대를 공동주택 외벽 밖으로 밀어 강관 사다리 끝을 클랩스를 이용하여 브라켓에 설치한 후, 강관 파이프를 이용하여 보조 받침대를 펼침과 동시

에 그물망을 펼친다.

위와 같이 제안된 '충돌방지형 시스템 플라잉 넷'의 설치 작업(해체 작업 포함)은 노무자가 모든 작업을 실내에서 수행할 수 있으므로 옥외작업이 필수적으로 요구되는 기존 방식에 비해 안전성 측면에서 매우 큰 향상 효과가 기대된다.

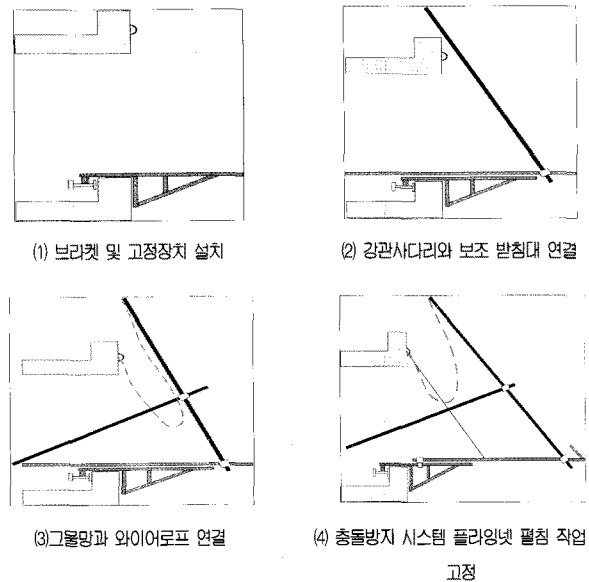


그림 2. 충돌방지 시스템 플라잉넷 개념디자인 설치프로세스

## 3. 충돌방지 시스템 플라잉넷 제작 및 현장 실험

### 3.1 충돌방지형 시스템 플라잉넷 프로토타입 실물 제작

본 연구에서는 최적 디자인으로 선정된 '충돌방지형 시스템 플라잉넷'의 프로토타입을 그림 3과 같이 제작하였다.

- ① 사다리(그림 3의 본체) : 기존 건설 현장에서 사용되는 플라잉넷 사다리에 가새를 용접한 형태로, 폭은 0.3m이고 길이는 4.3m로 제작됨으로써 플라잉넷 설치 규정인 건축물 외벽면으로부터 2m이상 도출될 수 있도록 하였다.
- ② 상부/하부 브라켓(그림 3의 (a), (b)) : 본 연구에서 설계·제작한 브라켓은 공동주택 확장형 발코니에도 사용될 수 있도록 길이 265mm, 폭 150mm, 두께 4.5mm로 제작되어 창틀과 방수턱 사이의 거리 15mm에 설치 가능하도록 설계되었다. 또한 가압판을 사용하여 벽체에 구멍 뚫기 작업 없이 브라켓을 설치할 수 있도록 함으로써 설치 및 해체 작업이 용이하고 시간 단축 및 해체 시 사출작업이 필요 없도록 고안하였다.
- ③ 카라비너(그림 3의 (c)) : 플라잉넷 설치 및 해체 작업을 용

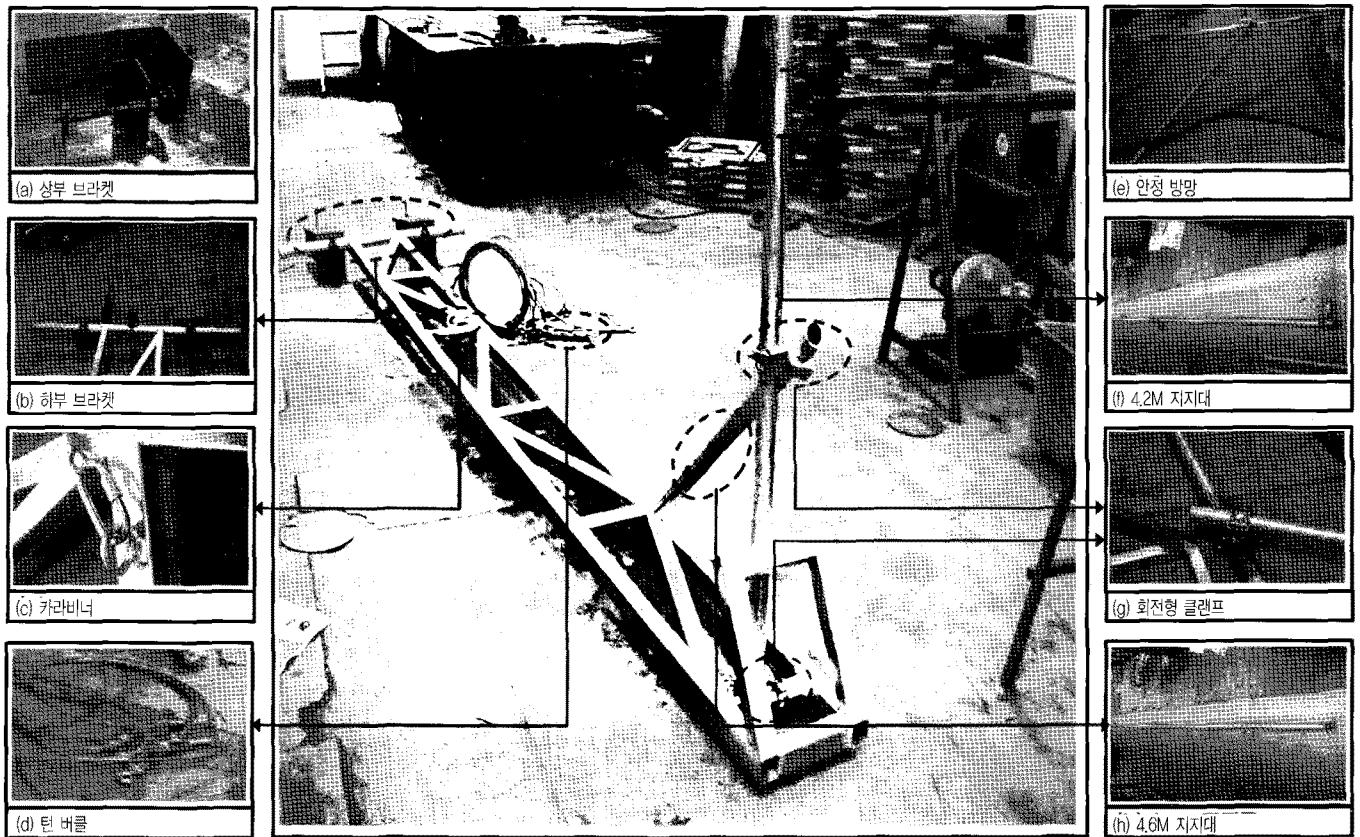


그림 3. 충돌방지 시스템 플라잉넷 프로토타입 제작

이하계 하기 위해 사다리 중간 지점과 4.2m지지대 상단, 상부 브라켓에 고리를 만들고 카라비너를 사용하였다. 즉, 노무자는 상부 브라켓과 사다리를 와이어로프로 체결하고 상부 브라켓과 4.2m지지대에 안전방망 설치/해체시 카라비너를 열고/닫음으로써 플라잉넷을 용이하게 설치/해체할 수 있도록 하였다.

④ 턴버클과 와이어로프(그림 3의 (d)) : 상부 브라켓과 사다리를 연결하고 있는 지름 6mm 와이어로프 중간에 턴버클을 사용해 수평면과 사다리가 이루는 각도(규정: 수평면으로부터 20~30도 유지)를 조절 할 수 있도록 하였다.

⑤ 안전방망(그림 3의 (e)) : 본 연구에서는 건설 현장 상황을 고려하여 1개 구간에 플라잉넷을 설치하기 위해 길이 10m, 폭 4m의 크기로 안전방망을 제작하였다.

⑥ 4.2m 지지대(그림 3의 (f)) : 4.2m 지지대는 안전방망을 지지하는 것이다. 추락사고가 발생할 경우 노무자가 플라잉넷을 지지하기 위한 강관 파이프에 부딪히지 않도록 하기 위해 안전방망의 처짐을 계산하여 길이를 4.2m로 설계하였으며, 건축물 안쪽으로는 접힘을 방지하기 위해 사다리와 96도의 각도를 유지할 수 있도록 하였다. 4.2m 지지대는 지름 48.6mm, 두께 3.0mm인 강관으로 제작되었다(그림 4).

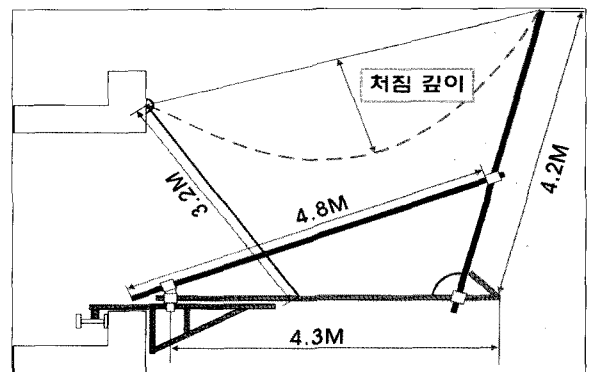


그림 4. 충돌방지 시스템 플라잉넷 지지대 및 안전방망 처짐깊이

⑦ 회전형 클램프(그림 3의 (g)) : 회전형 클램프는 4.2m지지대와 4.6m지지대 결속 및 4.2m지지대와 사다리의 결속을 위해 사용되는 부재이며, 플라잉넷 설치 시 각도가 지속적으로 변화하므로 본 연구에서는 회전형 클램프를 사용하였다.

⑧ 4.6m 지지대(그림 3의 (h)) : 4.6m지지대는 4.2m 지지대와 같이 지름 48.6mm, 두께 3.0mm인 강관으로 제작되었고 4.2m 지지대를 밖으로 밀어주는 역할과 노무자 추락 시 안정적으로 플라잉넷을 지지할 수 있도록 하는 부재이다.

### 3.2 건설현장 적용 및 성능 분석

#### 3.2.1 설치 및 해체 작업 프로세스 분석

본 연구에서는 실물 제작된 충돌방지형 시스템 플라잉넷 프로토타입의 현장실험을 2010년 3월, 경기도 광주에 위치한 K건설 공동주택 건설현장에서 실시하였다.

설치 작업 프로세스는 다음과 같다(그림 5).

- ① 상부, 하부 작업자는 브라켓을 상부 층에 5개, 하부 층에 4개 설치한다(그림 5의 (a)).
- ② 상부 작업자는 상부 브라켓과 와이어로프를 체결하고 이를 하부 작업자에게 전달한다. 하부 작업자는 와이어로프를 사다리에 부착된 카라비너에 걸고, 상부 작업자에게 사다리 상단을 올려준 후 하부 브라켓에 사다리 하단을 체결한다(그림 5의 (b)).
- ③ 상부 작업자는 실내에서 4.2m 지지대 끝과 사다리 상단부를 클램프로 체결하고(그림 5의 (d)-A), 4.6m 지지대를 4.2m 지지대와 클램프로 체결한다(그림 5의 (d)-B).
- ④ 상부 작업자는 실내에서 안전방망 한쪽을 브라켓에 다른 한쪽은 4.2m 지지대 상단부에 걸고, 다른 쪽 강관 사다리까지 안전방망을 펼친다(그림 5의 (c)).
- ⑤ 상부 작업자는 하층으로 이동하고, 하부 작업자와 함께 4.6m 지지대를 바깥으로 밀어낸 후 4.6m 지지대를 사다리에 고정시킨다(그림 5의 (d)).

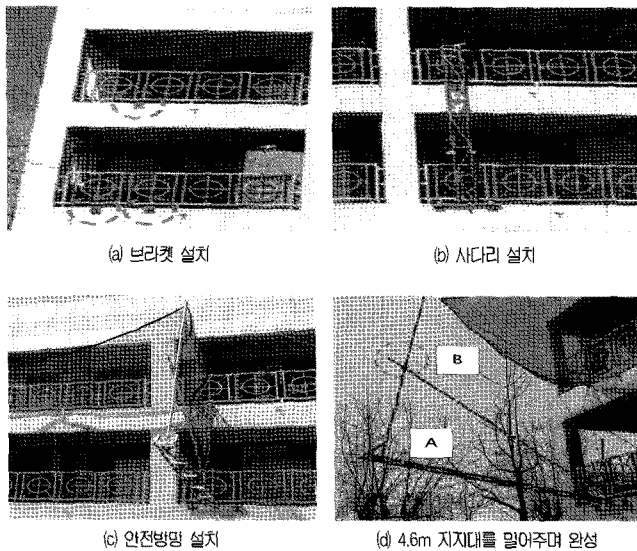


그림 5. 충돌방지형 시스템 플라잉넷 설치 프로세스

충돌방지형 시스템 플라잉넷의 해체작업 프로세스는 설치 프로세스의 역순으로 다음과 같다.

- ① 하부작업자는 4.6m 지지대를 건축물 내로 끌어당겨 4.2m 지지대가 건물 안으로 들어올 수 있도록 하고 연결된 안전방망을 해체한다.

- ② 하부작업자는 4.2m 지지대와 클램프로 연결되어있는 4.6m 지지대를 분리 및 해체한다.

- ③ 하부작업자는 브라켓과 사다리를 분리하고 부재들을 건축물 내부로 들어온다.

#### 3.2.2 안전성 분석

기존 방식은 그림 6과 같이 노무자가 팔히 건축물 외벽으로 나가 낙하물 방지망 지지를 위한 8m 이상 높이의 강관 사다리 위에서 낙하물 방지망의 설치 및 해체 작업을 수행하므로 매우 위험성이 높다. 또한, 낙하물 방지망 상부 지지 방식의 경우 노무자 추락시 강관 사다리를 잡고 있는 강관 파이프에 노무자가 충돌할 가능성 또한 존재하여 충돌에 의한 2차 피해가 예상되는 것으로 분석되었다.

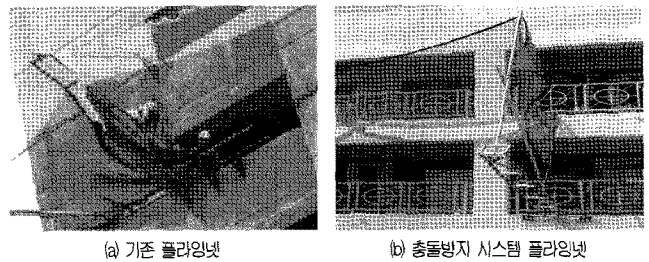


그림 6. 기존 플라잉넷과 안전성 비교분석

그러나 본 연구에서 개발한 충돌방지형 시스템 플라잉넷은 안전방망을 설치하는 작업이 모두 건물 내부에서 수행됨으로써 작업 노무자의 추락사고를 원천적으로 예방할 수 있도록 하였다. 또한, 노무자 추락 시 하중에 의해 안전방망이 처지는 지점보다 하부 지지대(4.6m 지지대)가 낮게 위치하므로 하부 지지대에 노무자가 충돌하는 사고를 방지할 수 있으므로 노무자의 안전성 확보 측면에서 기존방식에 비해 작업 안전성이 매우 향상될 것으로 기대된다.

#### 3.2.3 생산성 분석

본 연구에서는 현장 실험을 통해 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 설치 작업시간과 기존에 사용되고 있는 상부지지 방식 플라잉넷의 작업시간을 측정하여 표 2와 같이 비교·분석하였다. 기존 상부지지 방식의 설치 작업 시간은 ①상부 브라켓 설치 2분 48초, ②하부 브라켓 설치 2분 48초, ③지지대 결속 6분 57초, ④작업자가 사다리 위로 이동 2분, ⑤안전방망 설치 8분 4초가 소요되었다. 충돌방지 시스템 플라잉넷의 설치 작업 시간은 ①상부 브라켓 설치 2분 40초, ②하부 브라켓 설치 2분 8초, ③와이어로프 체결 25초, ④하부에서 상부작업자에게 사다리 올리기 42초, ⑤사다리와 4.2m지지대 및 4.2m지지대와 4.6m지지대 체결 총 2분, ⑥안전방망 설치 2분 16초, ⑦지지대 밀기 1분 10초로 총 15분 38초가 소요되었다. 측정된 결과 값은 현장에서 설

치 작업을 다섯 번 반복하여 얻은 결과 값의 평균이다. 본 연구에서 제안한 충돌방지 시스템 플라잉넷은 기존방식보다 구간당 약 7분의 작업시간 단축 효과가 있는 것으로 분석되었다(표 2). 즉, 낙하물 방지망이 한 평면(34평형 4세대 기준)에 설치되는 개수는 약 16개이므로 1층당 약 1시간 52분의 설치 작업 시간이 단축될 수 있다. 즉, 공동주택 34평형, 4세대, 25층을 기준으로 플라잉넷의 설치 층수는 평균 7개층 이므로 제안된 충돌방지형 시스템 플라잉넷을 적용할 경우 1동당 약 13시간의 작업 시간이 단축될 수 있는 것으로 분석되었다.

표 2. 플라잉넷 작업시간 비교

작업종류	기존방식 (상부지지)	작업종류	충돌방지 시스템 플라잉넷
상부 브라켓 설치	2분 48초	상부 브라켓 설치	2분 40초
하부 브라켓 설치	2분 48초	하부 브라켓 설치	2분 8초
지지대 결속	6분 57초	와이어로프 체결	25초
작업지 이동	2분	사다리 올려주기	42초
안전방망설치	8분 4초	지지대 체결	2분
		안전방망 설치	2분 16초
		지지대 밀기	1분 10초
총합	22분 37초	총합	15분 38초

### 3.2.4 작업 편의성 분석

기존 방식은 낙하물 방지망 설치 및 해체 작업이 모두 높은 위치(高所)에서 수행되므로 숙련공이 요구되며 작업 난이도가 매우 높다. 그러나 본 연구를 통해 개발한 충돌방지형 시스템 플라잉넷은 건축물 내부에서 지지대 밀기 작업을 통해 안전방망의 설치 및 해체 작업이 가능하므로 안전성 확보가 가능할 뿐만 아니라 작업을 용이하게 수행할 수 있다. 또한 기존 공법에서 사용하는 브라켓은 외벽에 구멍을 뚫어 브라켓을 고정해야 하므로 앵커링 작업에 많은 시간이 소요되고, 낙하물 방지망 해체작업 후 구멍을 모르타르로 다시 사춤해야 하는 번거로움이 있었다. 충돌방지형 시스템 플라잉넷은 그림 7과 같이 수직 가압판을 이

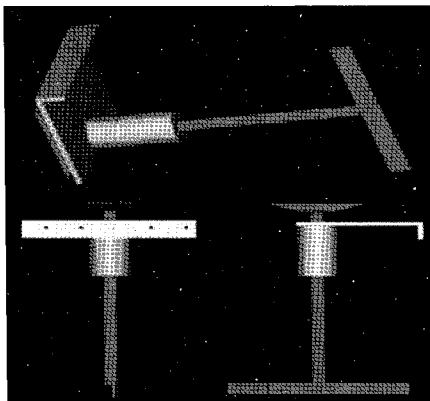


그림 7. 충돌방지 시스템 플라잉넷 브라켓의 수직가압판

용하여 브라켓(특허출원: 10-2010-0039703)을 설치할 수 있으므로 구멍 뚫기 및 모르타르 사춤 작업 등이 요구되지 않으며 이에 소요되는 시간을 단축시킬 수 있으므로 작업 편의성 향상과 이로 인한 원가절감이 가능하다.

또한 충돌방지형 시스템 플라잉넷은 아래 그림 8과 같이 확장형 발코니 형태에서도 사용할 수 있도록 설계되었다. 즉, 확장형 발코니는 창틀과 방수턱과의 높이가 약 15mm로써 플라잉넷 브라켓의 두께가 15mm를 초과할 경우 기존 방식과 같이 건축물 외벽에 구멍을 뚫고 앵커를 박아 플라잉넷을 지지해야 한다. 그러나 본 연구에서 제안된 플라잉넷 지지를 위한 브라켓은 창틀과 방수 턱 사이에 설치가 가능하도록 설계·제작됨으로써 플라잉넷 설치 작업을 용이하게 수행할 수 있도록 하였다.

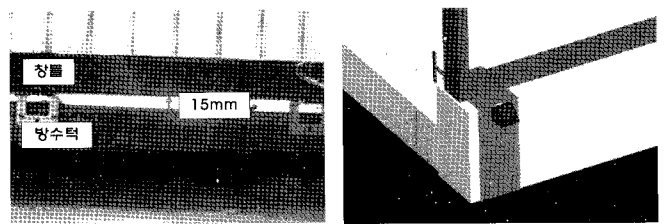


그림 8. 충돌방지 시스템 플라잉넷의 브라켓

### 3.2.5 경제성 분석

본 연구에서는 기존 플라잉넷과 충돌방지형 시스템 플라잉넷에 사용된 부재의 단가 조사를 통해 두 방식의 경제성 분석을 수행하였다. 충돌방지형 시스템 플라잉넷은 기존 플라잉넷보다 강관과 와이어로프의 소모량이 많고 클램프, 턴버클 및 연결 부재 등이 추가됨으로써 재료 비용이 다소 증가되었으나 설치 및 해체가 용이한 브라켓 사용과 플라잉넷 설치/해체에 필요한 노무 인력이 감소되었다. 따라서 기존 방식에 비해 충돌방지형 시스템 플라잉넷을 사용함으로써 공동주택 34평형 4세대 기준 한 층당 53,348원의 비용이 절감될 수 있으며, 1동당 평균 7개 층에 플라잉넷이 설치되므로 373,436원의 설치비용이 절감될 수 있다(표 3, 4). 또한 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 설치 작업 시간이 기존 방식보다 감소(표 2)되므로 이를 통한 생산성 향상 효과(공동주택 34평형, 4세대, 25층 기준 1동당 약 13시간의 작업 시간 단축; 표 2) 및 안전사고 예방에 따른 비용 절감 효과를 추가적으로 고려할 경우 기존 방식 대비 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 경제적 타당성은 더욱 확보될 수 있다.

표 3. 플라잉넷 이용시 소요 비용(원/층)

구분	규격	단가 (원)	한평면당 필요량	단위	공급가액(원)	비고
강관	48.6*2.4	3,500	80.32	m	281,120	단관비계
브라켓		8,550	48	개	410,400	발코니용
사다리		72,000	16	개	1,152,000	일자형
와이어로프	φ6	623	244	m	152,012	
클램프		1,500	76	개	114,000	고정클램프
안전방망	5cm 이하	1,400	678.32	m <sup>2</sup>	949,648	2cm
재료비소계					3,099,340	
비계공		116,264	3	인	348,792	
계					3,448,132	

표 4. 충돌방지형 시스템 플라잉넷 이용시 소요 비용(원/층)

구분	규격	단가 (원)	한평면당 필요량	단위	공급가액 (원)	기존대비 증감액	비고
강관	48.6*2.4	3,500	121.6	m	425,600	144,880	단관비계
브라켓		8,550	24	개	205,200	-205,200	발코니용
사다리		72,000	16	개	1,152,000	-	일자형
와이어로프	φ6	623	295.2	m	183,910	31,898	
클램프		1,500	80	개	120,000	6,000	
안전방망	2cm	1,400	678.32	m <sup>2</sup>	949,648	-	2cm
턴버클		2,300	16	개	36,800	36,800	와이어 고정용
연결물 (연결판)		1,000	16	개	16,000	16,000	
연결물 (단일클램프)		700	16	개	11,200	11,200	
재료비 소계					3,120,678	21,338	
비계공		116,264	2	인	232,528	-116,264	
총계					3,353,206	-53,348	

## 4. 충돌방지형 시스템 플라잉넷 개선 모델

### 4.1 현장실험을 통한 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 문제점 분석

본 연구에서 제안된 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 현장 실험 결과, 충돌방지형 시스템 플라잉넷은 기존 방식에 비해 작업 생산성 및 안전성, 작업 편의성, 경제성 측면에서 매우 우수한 성능을 지니고 있는 것으로 분석되었다. 본 연구에서는 현장실험 결과를 토대로 도출된 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 주요 문제점을 분석하고, 이에 대한 개선 방안을 제시함으로써 제안된 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 현장 적용성 및 범용성을 향상시키고자 한다.

충돌방지형 시스템 플라잉넷의 현장실험 결과, 제안된 시스템이 가지고 있는 주요 문제점은 1)부재의 중량, 2)4.2m 지지대의 불안정성, 3)브라켓의 휨 현상 및 이탈 위험성, 4)클램프와 외벽간의 작업 간섭 등 이 있는 것으로 분석되었다.

① 부재의 중량 : 충돌방지형 시스템 플라잉넷 자체 중량이 무

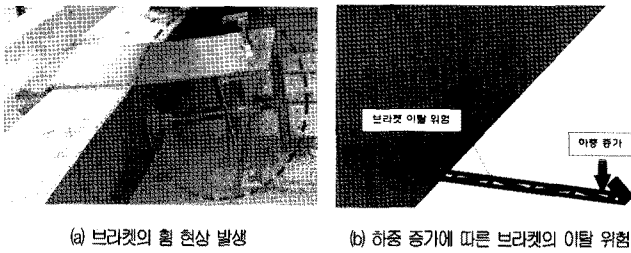
거위 작업자가 부재를 이동 및 설치하는 데에 어려움이 있었다. 즉, 실험에 사용된 강관 사다리는 기존 건설 현장에서 사용되는 플라잉넷 사다리에 가새가 용접되어 있는 형태로 가새의 무게까지 더해져 중량 증가의 원인이 되었다(사다리 무게; 25kg). 4.2m 지지대 및 4.6m 지지대의 중량도 일반적으로 사용되는 강관의 두께인 2.3mm보다 0.7mm 두꺼운 3.0mm로 제작되어 4.2m 지지대는 14kg, 4.6m 지지대는 15kg의 무게를 지니고 있다. 두 지지대를 클램프로 체결하고 충돌방지형 시스템 플라잉넷 설치 작업을 위해 밀어내는 작업을 할 때 노무자 1인이 29kg의 강관파이프를 들면서 시스템 플라잉넷 설치작업을 수행해야 한다. 또한 강관 지지대에 안전방망을 연결할 경우 그 무게는 더욱 증가되어 설치 및 해체 작업상에 어려움이 있는 것으로 분석되었다.

② 4.2m 지지대의 불안정성 : 안전방망과 직접 연결되는 4.2m 지지대는 낙하물 보호 및 플라잉넷 설치기준 준수를 위해 강관 사다리와 96°의 기울기를 유지한 상태로 고정되도록 설계되었다. 현장실험 결과 충돌방지형 시스템 플라잉넷 설치 작업시 그림 9와 같이 4.2m 지지대가 좌우로 흔들려 충돌방지형 시스템 플라잉넷 설치 작업시 안정성 확보가 어려운 것으로 분석되었다.



그림 9. 4.2m 지지대의 불안정

③ 브라켓의 휨 현상 및 이탈 가능성 : 충돌방지형 시스템 플라잉넷은 사다리 지지를 위한 와이어로프, 안전방망 연결을 위한 상부 브라켓 5개와 사다리를 구조체 외부에 고정시키는 역할을 수행하는 하부 브라켓 4개를 가지고 있도록 설계되었다. 그러나 브라켓을 외벽에 고정시키기 위해 조립 작업 수행 중 브라켓이 휘어지는 현상이 발생하였다. 또한, 하부 브라켓은 사다리 및 다른 부재의 설치 작업 과정에서 고정 상태를 유지하지 않고 상부로 들리는 등 이탈의 위험성이 있는 것으로 분석되었다(그림 10).



(a) 브라켓의 휨 현상 발생 (b) 하중 증가에 따른 브라켓의 이탈 위험

그림 10. 브라켓의 불안정성

④ 클램프와 외벽간의 마찰로 인한 작업 간섭 : 4.6m 지지대를 사다리 하부에 고정시켜주는 클램프가 사다리와 하부 브라켓이 체결된 부분에 설치된다. 그러나 그림 11과 같이 공간이 협소하여 4.6m 지지대를 사다리 하부에 클램프로 체결할 때 지지대가 외벽에 부딪히는 문제점이 있는 것으로 분석되었다.

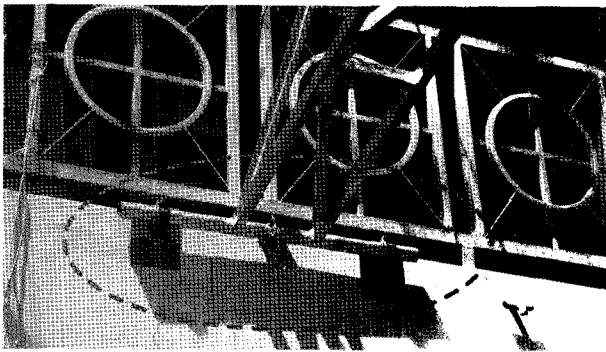


그림 11. 클램프와 외벽간의 마찰

## 4.2. 현장적용성 제고 및 범용성 확보를 위한 개선 방안 도출

본 연구에서는 충돌방지형 시스템 플라이닝넷의 현장 적용성 제고 및 범용성 확보를 위해 현장실험 결과 도출된 문제점에 대한 해결 방안을 다음과 같이 제안하였다.

① 부재의 중량 : 본 연구에서는 가새로 보강된 사다리 및 3.0mm두께의 강관 파이프 사용으로 인한 충돌방지형 시스템 플라이닝넷 자체 무게의 감소를 위해 2.3mm두께의 강관 파이프를 사용하여 가새 없이 기존 방식과 유사한 형태로 사다리를 제작하였다. 이를 통해 사다리 무게를 25kg에서 18kg으로 7kg감소시켰으며, 4.2m지지대 및 4.6m지지대의 무게를 각각 8kg, 9kg으로 감소시켜 기존 프로토타입보다 지지대 무게를 12kg 경량화 하였다. 변경된 부재를 사용하여 구조해석 프로그램인 Midas을 사용하여 안정성을 해석한 결과, 플라이닝넷 설치 규정에 따라 100kg의 물체를 10m 높이에서 낙하시켰을 때 제안된 충돌방지형 시스템 플라이닝넷은 붕괴되지 않고, 낙하물을 안전하

게 보호할 수 있는 것으로 분석되었다(그림 12).

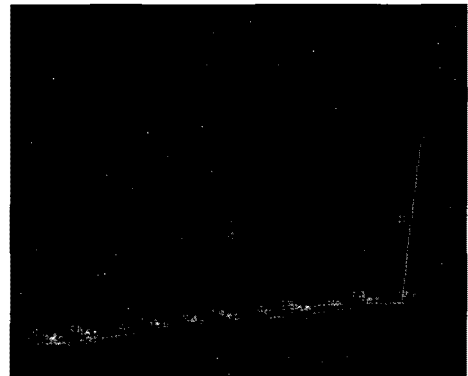
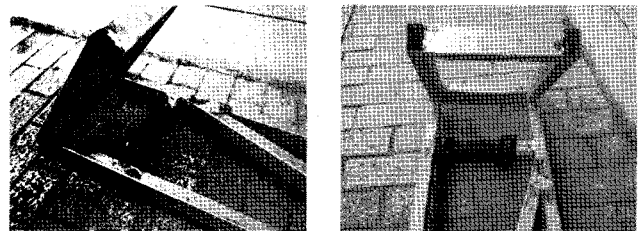


그림 12. 안정성 해석 결과(Midas)

② 지지대의 불안정성 : 4.2m 지지대는 사다리와 96°의 기울기를 유지한 상태로 좌우로 흔들림 없이 안정되어야 한다. 현장 실험 결과, 충돌방지형 시스템 플라이닝넷 설치 시 4.2m지지대가 좌우로 흔들려 설치 작업에 많은 어려움이 있었다. 따라서 본 연구에서는 그림 13과 같이 원형 가이드를 부착하고 4.2m지지대를 고정형 클램프로 부착시킴으로써 지지대가 좌우로 흔들리지 않도록 수정·보완하였다.



(a) 원형 가이드 측면 (b) 원형 가이드 정면

그림 13. 흔들림 방지용 원형 가이드

③ 브라켓의 휨 현상 및 이탈 가능성: 브라켓을 벽체에 고정하기 위해 조립 작업을 할 때 브라켓 판의 휨 현상이 발생하고 플라이닝넷 설치 작업 시 브라켓이 상부로 이탈하려는 위험한 상황이 나타났다. 이는 브라켓에 사용된 강판의 두께가 4.5mm로 부재의 하중을 견디기에 다소 얇으며 브라켓 상판의 길이가 벽체 폭보다 길게(265mm) 제작되었기 때문으로 분석되었다. 따라서 아래 그림 14와 같이 강판의 두께를 6.0mm로 설계하고, 상판의

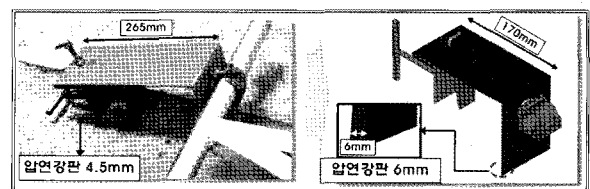


그림 14. 브라켓 문제점 해결 방안



길이를 170mm로 설계하였다. 이를 통해 브라켓의 휨 현상 및 이탈 위험성이 제거될 수 있도록 하였다.

④ 클램프와 외벽간의 마찰로 인한 작업 간섭

4.6m 지지대를 사다리와 체결할 때 그림 11과 같이 외벽과의 간격이 협소하여 작업 간섭이 일어났다. 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 그림 15와 같이 클램프 설치 위치를 사다리의 내부로 이동시킴으로써 작업을 원활하게 수행할 수 있도록 하였다.

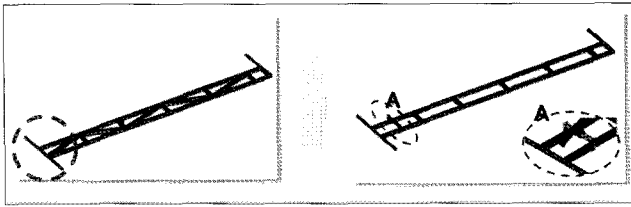


그림 15. 브라켓 체결 위치의 문제점 해결 방안

그림 16은 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 현장실험 결과 도출된 문제점 및 개선사항을 토대로 제안된 충돌방지형 시스템 플라잉넷 개선모델이다.

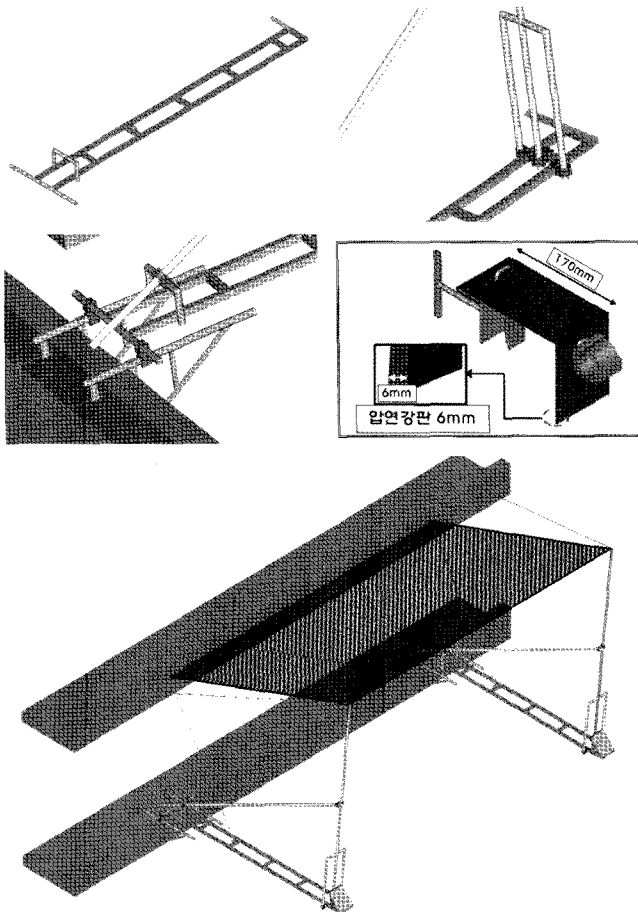


그림 16. 충돌방지 시스템 플라잉넷 개선모델

## 5. 결론

본 연구에서는 선행 연구인 『공동주택 공사의 안전성 향상을 위한 시스템 플라잉넷 개발에 관한 연구(2010)』에서 제안된 3가지 형태의 시스템 플라잉넷 중 최적 대안으로 선정된 ‘충돌방지형 시스템 플라잉넷’의 프로토타입을 실물 제작하여 현장실험을 수행하였으며, 이를 통해 공동주택 34평형, 4세대, 25층을 기준으로 생산성, 안전성, 작업 편의성, 경제성 측면에서 현재 건설 현장에서 사용 중인 기존 플라잉넷과의 성능을 비교 분석하였다. 또한 문제점 분석을 통해 현장적용성 제고 및 범용성 확보가 가능한 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 개선 방안을 도출하였다.

본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 안전성 및 작업 편의성 측면에서의 성능분석 결과, 기존 방식과는 달리 작업자가 모든 작업을 건축물 내부에서 수행할 수 있고, 추락사고 시 강관 지지대에 충돌할 위험이 없는 구조로 설계되어 있으므로 제안된 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 안전성 및 작업 편의성은 매우 높은 것으로 분석되었다.

2) 기존 방식과의 생산성 비교분석 결과, 제안된 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 설치 및 해체 작업은 공동주택 34평형, 4세대, 25층을 기준으로 1개 층당 1시간 52분, 1개 동당 약 13시간의 작업시간 단축이 가능한 것으로 분석되었다. 3) 사용된 재료를 바탕으로 기존 방식과의 경제성 분석결과 또한 1개 층당 53,348원, 1개 동당 약37만원의 재료비용이 감소되는 것으로 분석되었다. 그러나 앞서 언급된 생산성 향상 효과 및 안전사고 예방에 따른 비용 절감 효과를 추가적으로 고려할 경우 기존 방식 대비 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 경제적 타당성은 더욱 확보될 수 있을 것으로 기대된다.

4) 현장 실험을 통한 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 문제점 분석 결과, ‘부재의 중량, 4.2m 지지대의 불안정성, 브라켓의 휨 현상 및 이탈 위험성, 클램프와 외벽간의 작업 간섭 등’이 있는 것으로 분석되어 이에 대한 해결 방안을 제시하고 제안된 충돌방지형 시스템 플라잉넷의 현장적용성 제고 및 범용성 확보가 가능할 수 있도록 하는 개선 모델을 제안하였다.

## 감사의 글

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(No. 2009-0072925).

이 논문은 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었음. 감사드립니다.

### 참고문헌

이정호 · 유현석 · 이상호 · 박선주 · 김영석(2010), 공동주택 공사의 안전성 향상을 위한 시스템 플라잉넷 개발에 관한 연구, 대한건축학회

한국산업안전공단(2007), 건설재해 예방할수 있다. 건설중대 재해 사례와 대책

한국산업안전공단(2007), 낙하물 방지망 설치에 관한 기술지침, KOSHA Code: C-2-2007, 2007. 11

주식회사 프로세이프(2008), 낙하물 방지장치, 특허(공개)10-2008-0071048, 2008. 01

에이치케이안전시스템(2008), "확장형 발코니의 낙하물방지망 설치용 브라켓 및 이브라켓을 이용한 낙하물 방지망 설치 및 해체방법", 특허(공개)10-2008-0071048, 2008. 01

논문제출일: 2011.04.27

논문심사일: 2011.04.29

심사완료일: 2011.05.20

---

### Abstract

Flying net should be installed on every 3 or 4 construction floor from 8m above ground according to the rule. In the apartment housing construction, flying net installation work has been recognized the most dangerous work among the whole works because a small mistake of labors might make their death accident. Sub-contractors specialized in flying net have been developing various flying net types. However, most works of installing flying net as working with the developed system are performed outside the apartment housing, so that the risk of fall in works of installing supports and unfolding net is still high. Furthermore, as using the previously developed flying net system, labors might bump into the steel frame or the wire rope for supporting net, so that it makes secondary accidents. The objective of this research is to produce the proto-type of anti-collision flying net system based on the result of problem analysis on the installation and detachment process and suggest the improved anti-collision flying net system, which is able to improve safety and field applicability by conducting field experiment and analyzing performance.

**Keywords** : *Safety net, Flying net, Apartment housing, Performance analysis*

---