

건축공사용 안전펜스 공법의 개발 및 적용

Development and Application of a Self Climbing Safety Fence for Construction Building

최민우* · 노환길** · 이재용*** · 이현수****

Choi, Min-Woo · Roh, Whan-Gil · Lee, Jae-Yong · Lee, Hyun-Soo

요 약

최근 건축공사는 지가의 상승과 토지의 효율적인 이용을 위하여 지하층 깊이의 증가와 초고층화 되는 추세에 있으며, 건축시공 기술의 발달과 관리기법의 선진화에 따라 신속한 공사진행이 요구되고 있다. 그러나 이와 같은 시공기술과 관련시공법의 괄목할 만한 발전에도 불구하고 초고층화와 신속한 공사진행을 뒷받침하여 줄만한 적절한 가설기법의 개발은 매우 미미한 실정이다. 공사중에는 건축물 외벽부에 대한 적절한 가설설비의 뒷받침이 없으면 건축물의 상층부에서 건축자재, 블록, 이물질 등이 낙하되어 분진 발생 등의 환경오염과 현장주변을 통행하는 사람이나 차량 등에 피해를 입히는 사고가 발생할 수 있으며 작업자의 추락재해와 같은 사고의 위험성도 높아지게 된다. 이에 본 연구에서는 분진, 낙하, 추락, 보양 등의 문제점을 해결하기 위하여 건축공사용 안전펜스공법(SCfence)을 제시하였으며, 이 공법은 건축물의 외측에 유도용 레일을 부착하여 고정시키고 이 유도용 레일을 따라 안전펜스가 승강하여 이동이 가능하고 건축물의 외부를 완전히 방호할 수 있도록 개발되었다. 또한 개발공법을 현장에 적용한 결과, 안전성 확보와 원가절감의 효과가 기존공법보다 우수한 것으로 나타났다.

키워드 : 안전관리, 안전펜스, 추락방지용 방망, 가설설비

1. 서 론

최근 건설공사의 추세는 고층화, 복잡화, 대규모화하고 있으며, 건설입지의 확장에 따른 공사제약조건의 강화와 기술개발에 의한 신공법의 채용 등으로 공사진행 중 재해의 위험성은 계속 증가하여 재해의 규모도 대형화되고 있으며 현장의 가설시설과 사용장비가 다양해지고 인력투입량이 많아지고 있다. 특히 고층화, 대형화 추세를 보이는 건축공사현장에서는 품질과 안전을 중요한 목표로 인식하게 되었으며 재해발생의 방지를 위하여 많은 노력을 기울이고 있다.

건설산업은 다른 어떤 산업보다도 재해율이 매우 높으며^{1,2)}, 건설현장에서는 공사 및 공정에 따라 추락, 전도, 충돌, 낙하, 비레 등의 재해가 발생할 가능성이 높다³⁾. 즉, 건축현장은 높은 장소에서의 작업과 여러 가지 중장비의 사용으로 도처에 재해발생

요소가 잠재되어 있으며 일단 재해가 발생하면 인명과 시설피해로 인해 많은 손실을 초래하게 된다.

따라서 건설현장의 작업환경이 공정의 진행에 따라 끊임없이 변화하므로 그 변화에 따라 발생하는 문제에 어떻게 대처할 것인가 검토함으로써 작업환경의 쾌적함과 근로자의 안전시설을 확보하여야 한다.

이에 본 연구에서는 관련기술과 현장요구조건을 분석하여 쾌적한 작업환경의 조성공사의 안전한 수행을 보장하고 건축분진과 낙하물 등의 외부 유출을 방지하여 민원의 발생을 억제시키고 각각의 공정을 체계적으로 관리할 수 있는 건축공사용 안전펜스(Self Climbing Safety Fence, 이하 SCfence)공법을 개발하고, 이를 현장에 적용하여 안전사고의 대폭적 감소 및 품질관리에 기여하고자 하였다.

한편, 본 연구는 고층 건물의 시공에 사용되는 안전펜스에 적합한 공법의 개발 및 적용방법의 제시로 연구의 범위를 한정하였으며, 연구의 진행방법은 다음과 같다.

(1) 추락재해와 추락방지설비에 관련된 사항을 검토하고, 고층 건물의 공사 특성과 이에 사용되는 안전펜스공법의 유형을 조사하고 각 공법의 문제점을 분석한다.

* 일반회원, 상보엔지니어 이사

** 일반회원, 상보엔지니어 대표이사

*** 일반회원, 서울대 공학연구소 특별연구원, 공학박사

**** 일반회원, 서울대 건축학과 교수, 공학박사

본 연구는 상보엔지니어와 두뇌한국21사업의 연구비 지원으로 이루어짐

(2) 안전펜스의 설계 및 시공을 위한 필수적인 항목을 검토한다.

(3) 기존 안전펜스공법에서 분석된 문제점을 개선하기 위한 새로운 안전펜스공법을 제안한다.

(4) 제안된 안전펜스공법을 실제의 현장에 적용하고 그 결과를 분석하여 공법의 기술적 타당성, 시공성 및 경제성 등에 대한 종합적인 평가를 실시함으로써 실용화 가능성을 검증한다.

2. 예비적 고찰

2.1 추락재해에 관한 고찰

건설재해는 일반산업재해와 마찬가지로 인간의 불안정한 행동과 외부적 조건으로서 불안정한 상태에서부터 발생한다. 한국산업안전공단의 중대재해로 분석이 가능한 최근에 발생한 재해 중 단순재해인 추락에 의한 재해가 약 45%로 일본의 38%에 비해 높고, 작업자체도 고소작업에 의한 재해가 높은 비율을 차지하고 있다.

추락재해는 건설현장의 어느 장소에서든지 발생할 수 있으며, 작업자가 높은 위치에 있을수록 그 위험은 상대적으로 커지기 때문에 건설현장과 같이 공정과 위험환경이 변화되는 상황에 대비하여 설계 및 시공계획단계에서 안전확보문제를 검토하고 예상되는 위험에 대한 적절한 작업공정과 작업순서를 정하는 것이 필요하다.

2.2 추락방지설비에 관련된 규정의 고찰

추락방지에 관련된 규정은 잘못 이해되는 경우가 많으며, 추락방지계획이 빈약하게 실행되는 경향도 있다. 따라서 추락방지설비는 임의로 설정되기 때문에 반드시 편리성, 단순성, 경제성, 방호성과 융통성 등을 충족하여야 한다⁴⁾.

추락방지에 관한 사항은 산업안전보건법과 산업안전기준에 관한 규칙, 고시, 안전작업지침, 기술자료 등으로 규정되고 있다. 안전설비의 현장 적용성 측면에서 미국 및 일본의 관련규정과 비교하면 다음과 같다.

미국은 방망(safety net)의 설치요건 및 사용전 시험, 철골작업의 건립층수 제한, 안전난간의 설치요건 등에 대한 상세한 규정⁵⁾으로 안전시설의 설치기준을 엄격히 하여 작업에 따른 추락위험을 배제시키고 있으며 미국 산업안전보건법(OSHA)에서는 추락방지용 방망에 대해 기준을 위반할 경우에 높은 벌점을 부과하고 기준도 매우 엄격히 하고 있다⁶⁾.

일본의 경우도 노동안전위생법 및 규칙에 고소작업의 경우에는 안전대(safety belt) 부착설비의 설치 및 수시점검 등을 의무화하고 있다. 추락위험개소의 방호조치로서 높이 2미터이상의 작업장소로 작업발판과 난간의 설치가 현저히 곤란하거나 작업의 필요

상 난간을 임시로 철거하는 경우 반드시 방망을 설치해야 하며, 부득이 방망에 의한 방호방법을 택할 경우에도 작업중에는 원칙적으로 안전대를 사용하도록 규정하고 있다.

이에 비해 국내에서는 그림 1에 나타난 추락방지용 방망이 일반적으로 사용되고 있으며, 추락방지시설관련 안전기준의 대부분이 안전설비의 재료, 강도, 구조 등 성능에 관한 규정으로 가장 필요한 안전대 부착설비, 지지 로프(rop) 등에 관한 사항과 구체적인 작업상황에 따른 안전설비의 사용의무에 대한 규정이 미흡한 것으로 판단된다.

2.3 기존안전펜스공법의 문제점 분석

최근의 건축공사는 좁은 국토여건에 따른 지가상승 및 토지의 효율적인 이용을 위하여 지하층 깊이의 증가와 초고층화 추세에 있고, 건축시공기술의 발달과 관리 기법의 선진화에 발맞춰 급속공사의 패턴이 추구하고 있다.

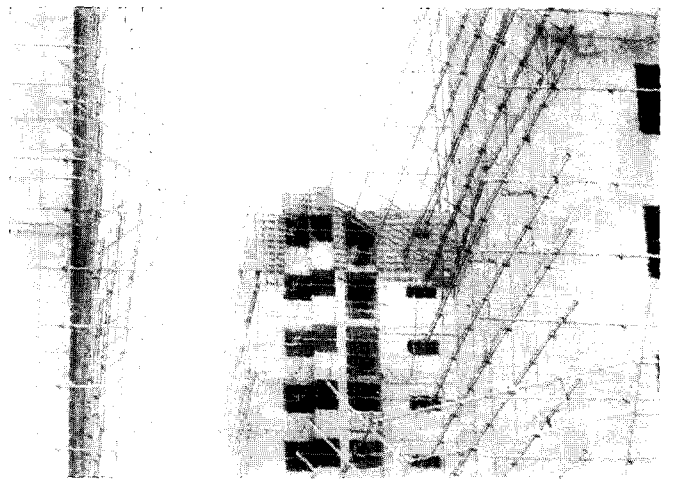


그림 1. 기존 추락방지용 방망

즉, 건축 구조물 공사, 외장 공사 및 내장 공사의 효율적인 공법 적용과 각종 공간의 적절한 활용을 통해 보다 용이하고 신속하게 공사를 진행해 나가고 있는 실정이다.

그러나 위와 같은 시공기술 및 관련공법의 발전에도 불구하고 초고층화와 단기공사의 패턴을 뒷받침하여 줄만한 적절한 가설기법의 개발은 매우 미미한 수준에 머물고 있다. 즉, 건축물 외벽부에 대한 적절한 가설기법이 뒷받침되지 않으면 건축물의 상층부에서 건축자재의 부스러기, 블록, 이물질 등이 낙하되어 분진 발생의 환경 오염과, 현장 주변을 통행하는 사람이나 차량 등에 피해를 입히는 사례가 발생함은 물론 작업자의 추락 사고와 같은 산재 위험성도 높아지게 된다.

한편 기존의 안전펜스(safety fence)는 공사진척에 따라 건축물의 외벽부에 천막을 치거나 그림 1과 같은 추락방지 방망을 수평으로 연장 설치하고 있는 실정이다. 이 방법은 최대 10층 규모

의 현장에서 적용이 가능하고 그 이상의 초고층 빌딩에서는 강풍에 의해 천막이 손상되거나 파열되어 설치효과가 매우 미미하고 설치시의 위험성 등에 대한 우려로 실시되지 못하고 있으며, 특히 공사진행에 따라 설치와 철거를 반복하는 작업은 대단히 번거로워 작업의 효율성이 좋지 않다. 즉, 양생과 분진발생을 막기 위해 기존의 천막을 설치하는 방법과 추락방지용 방망을 설치하는 것은 (1) 작업 위치상 바람의 영향에 따른 건물의 외곽부 철골기둥과 보 부위의 내화피복 작업이 작업위치조건이 불량하여 규정된 피복두께를 확보하기 어렵고 작업자에게 추락에 대한 심리적인 압박감을 줄 수 있으며, (2) 동절기에는 습식공사를 진행할 수 있는 온도를 확보하는 것이 매우 어려워 공사가 중단되고, 온도유지를 위해 과도한 난방비가 지출될 우려가 있으며, (3) 재래식 천막과 추락방지용 방망은 설치·해체 작업시 추락위험이 매우 높다는 등의 문제점이 있다.

그러므로 20층 이상의 고층건축공사현장에서는 공사기간이 3, 4년 이상으로 항상 동절기 기간이 공정진행에 많은 영향을 끼치고, 지상층 습식공사의 원활한 진행을 위해 양생 및 분진방지를 위한 천막과 추락재해를 방지하기 위한 추락방지용 방망을 동시에 설치해야 되므로 중복투자에 의한 공사비용의 증가와 공정관리와 안전관리에도 많은 문제가 발생하는 것으로 판단된다.

3. 건축공사용 안전펜스 공법의 개발

3.1 개발의 기본 전제조건

건축공사용 안전펜스 공법(SCfence)을 개발하기 위한 현장 적용개념, 공법의 기본 운영개념 등과 같은 기본 전제조건은 다음과 같다.

(1) 현장 적용개념

① 안전사고 방지 : 고층 건물의 신축공사를 진행할 때 발생할 수 있는 추락사고 및 각종 안전사고를 방지할 수 있어야 한다.

② 제반 민원의 근원적 차단 : 도심지 공사의 특성 및 주변 환경에 따른 분진의 비산과 같은 제반 민원을 차단할 수 있어야 한다.

③ 쾌적한 작업 환경 조성 : 지상구조체의 외부를 안전하게 감싸 내부에서 각종 작업을 진행하는 작업자에게 심리적 안정감을 부여하고 쾌적한 작업환경을 조성할 수 있어야 한다.

④ 전천후 공사를 통한 공기 단축 : 외적 기상조건(비, 눈, 강풍, 결빙온도 등)에 영향을 받지 않고 전천후로 공사를 진행할 수 있도록 하며 커튼월 공사, 외부 석재마감 등의 후속 외벽 마감공사와의 일정관리를 통해 작업의 원활한 진행과 진도관리의 추진으로 공기 단축과 동절기 보양을 위한 연료비를 대폭 줄여 관련 부대 비용을 절감할 수 있어야 한다.

(2) 공법의 기본 운영개념

개발될 공법은 “안전추구→품질 관리→공기 단축→기술 경

쟁력 확보”를 기본적인 목표로 하여 ① 외부로부터 지원이 없는 자체 구동 방식, ② 유기적이며 함축적인 공정 관리체계 구축, ③ 전문요원에 의한 별도의 운영관리, ④ 현장 특성별 주문 생산 적용 등의 기본적인 운영개념을 갖도록 개발되어야 한다.

3.2 SCfence공법의 개발

(1) 공법의 개요

SCfence공법은 현장적용 개념과 기본적인 운영개념을 기초로 하여, 초고층 건물의 신축공사현장에서 환경오염과 산업재해를 예방할 수 있도록 건물골조의 외부면에 설치되어 외부면을 완벽하게 펜스로 방호하고, 공사의 진행에 따라 방호위치를 수직으로 이동시킬 수 있게 개발되었으며, 공법의 주요 요점과 개요는 다음과 같다.

건축물의 외부면에 지지를 위하여 유도용 레일(guide rail)을 부착하여 고정시키고, 이 유도용 레일을 따라 펜스 프레임(fence frame)이 승강하여 이동이 가능하게 설치된다. 안전난간(platform)은 펜스 프레임의 윗부분에 부착 설치되고, 승강수단은 유도용 레일에 대응하는 부분이 브라켓으로 형성된 난간에 설치된다. 행거(hanger)는 브라켓의 양측에서 스톱퍼(stopper)에 의해 제한되는 범위로 회동이 가능하게 설치되고, 밴드(band)는 건축물의 지주에 부착 고정되고, 레일 홀더는 체결부재를 통해 유도용 레일을 고정시켜 주며 다수의 톨러는 레일 홀더(rail holder)와 브라켓(bracket)의 안쪽에서 유도용 레일을 둘러싸는 위치에 놓여 SCfence는 구성된다. 즉, SCfence는 건축분진의 유출 방지를 위한 텐트가 그물 모양의 안전망(net)으로 보강 배치되고 수직 방향으로 다수의 난간에 다층 구조로 배열된 펜스 프레임으로 구성되어 이 펜스 프레임이 면에 수직 또는 경사지게 설치된 건축물의 외벽부에 상하 방향으로 부착된 유도용 레일을 타고 승강할 수 있게 설치되어서 건축물의 공사 진척에 맞추어 층 단위로 상승 이동할 수 있다.

(2) 공법의 구성과 특징

개발공법의 각 구성부재의 구성원리와 특징은 다음과 같다.

그림 2는 안전펜스(safety fence)를 구성하는 주요 구성요소를 나타낸 것이다. SCfence가 적용되는 건축물의 지주(frame)는 지면에 대하여 수직 또는 임의 각도로 경사지게 설치되며, 보통 H형강 구조물 또는 철근콘크리트구조물로 되어 건축물의 각층마다 설치되는 수평거더(girder)와 함께 조립 연결되는 구성으로 된다. 이렇게 배치되는 지주의 외측면에는 안전펜스가 설치된다.

그림 2에서 안전펜스는 건축물의 4개층을 방호할 수 있는 높이로 나타나 있으나 그 폭과 높이는 현장 여건에 맞춰 임의로 조절할 수 있다. 또 안전펜스는 지주의 외측으로 부설되는 유도용 레일(guide rail)을 타고 승강이 가능하게 배치되며, 이것은 파이프 부재 또는 앵글부재 등에 의해 격자상으로 조립 연결된 펜스 프레

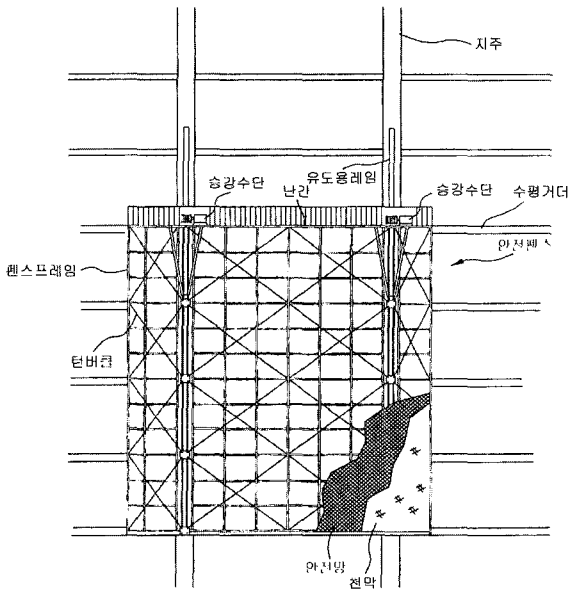


그림 2. SCfence의 구성요소

임을 포함하고, 이 펜스 프레임의 외측에는 안전망(net)과 천막(tent)이 펼쳐지고 윗부분에는 모터 또는 윈치(winch)와 같은 승강수단(driving source)이 설치되는 난간을 갖춘 구성으로 되어 있다. 이 난간은 건물 외측부에 설치되었을 때에 동일 평면상으로 배치되는 인접하는 것끼리 볼트 등으로 상호 일체화시켜 연결시키는 구조로 시설하는 것도 가능하며, 승강수단이 탑재될 수 있는 공간을 제공함과 동시에 작업자를 위하여 외측이 난간대로 보호되어 있다. 또한 난간은 펜스 프레임의 내측면에 각 층과 일

치되는 위치마다 하나씩 다수로 배열되어 작업자를 위한 작업 공간으로 제공될 수도 있다. 한편 안전펜스의 격자상으로 조립 형성된 펜스 프레임은 턴 버클(turn-buckle)에 의해 구조가 보강될 수도 있다.

그림 3은 유도용 레일(guide rail)이 랙(rack)과 일체로 되어 있고 또 승강수단(driving source)은 랙에 맞물리는 피니언(pinion)으로 이루어진 예를 나타낸 것이다.

랙과 일체로 된 유도용 레일은 밴드(band)와 레일 홀더(rail holder)에 의해 지주로 지지된다. 이와 같은 구성은 승강수단에 의해 회전 구동되는 피니언이 랙을 타고 추진력을 발생시킴에 따라 안전펜스 또는 유도용 레일의 승강 이동이 행해진다. 즉, 유도용 레일이 고정된 상태에서 피니언이 그림 3의 시계 방향으로 회전하면 펜스 프레임이 상승하게 되고, 유도용 레일이 레일 홀더에서 개방된 상태일 때에 피니언이 반시계 방향으로 회전되면서 하강하게 된다.

그림 4는 SCfence공법의 안전펜스를 그림 3과 다른 방법(winch+wire)으로 구성하는 예를 나타낸 것이다. 승강수단의 출력축에는 로프(rope)가 감겨진 스펴(spool)이 연결되어 있고, 난간의 바닥면 소정 위치에는 1쌍의 행거(hanger)가 스톱퍼(stopper)에 의해 일정 각도로 제한적인 회동이 가능하게 설치되어 그 윗부분이 각 층별로 지주에 부착 설치된 행킹로드(hanging rod)로 걸려짐에 따라 안전펜스는 지주의 바깥쪽의 일정 위치에서 고정 배치될 수 있다.

행킹로드는 지주에 감아 붙여지는 밴드의 일정위치에 수평으로

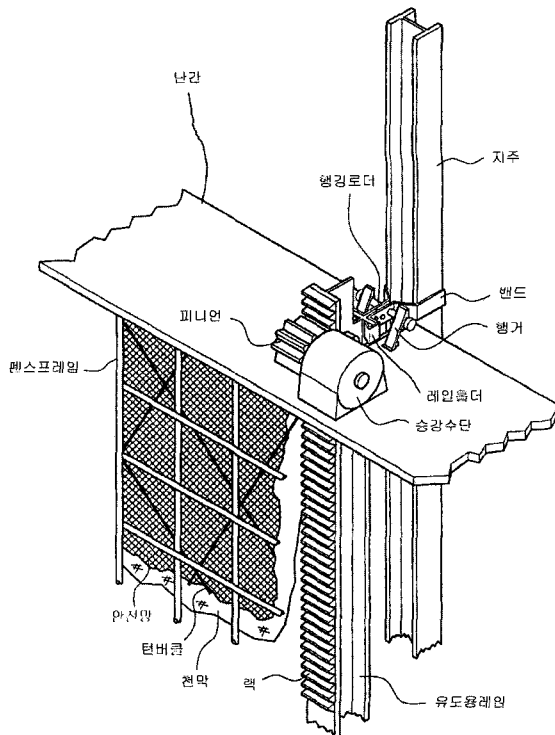


그림 3. 랙과 피니언이 결합된 SCfence

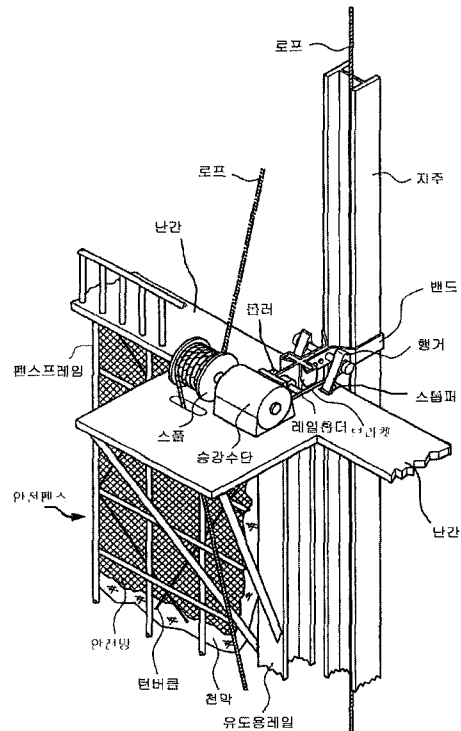


그림 4. 윈치와 와이어가 결합된 SCfence

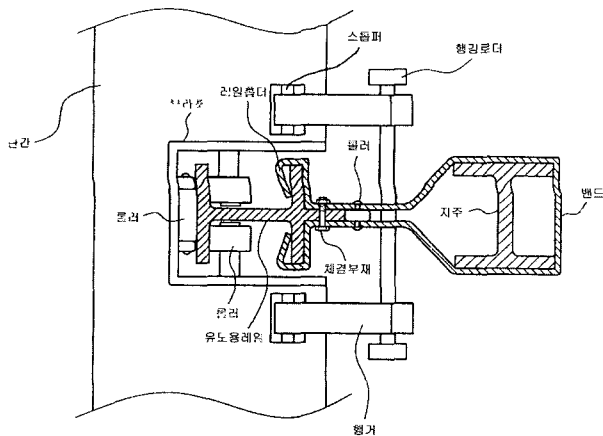


그림 5. 펜스프레임과 레일의 결합상태

부착 고정되며, 그 밴드에는 행잉로더가 부착되는 것 외에 그 위에 형성된 레일 홀더를 통해 유도용 레일이 지지된다. 이와 같은 구조로 안전펜스는 유도용 레일을 타고 승강하게 되고, 이 때의 승강 이동이 부드럽게 이루어질 수 있도록 난간은 상기 유도용 레일에 대응하는 부분으로 브라켓을 형성하고 있고, 이 브라켓에는 유도용 레일을 타고 전동하는 롤러(roller)를 배치하고 있다.

그림 5는 난간(platform)의 브라켓에 있어서 롤러의 배치 예를 나타낸 것이다.

롤러는 유도용 레일의 주위를 감싸는 형태로 배열하면 안전펜스가 승강이동될 때 좌우 방향으로 흔들림이 발생하지 않게 된다. 그리고 레일 홀더에 의해 고정 부착되는 유도용 레일은 볼트, 너트와 같이 해체될 수 있는 체결부재(fastener)를 레일 홀더의 후방 측면에서 관통 설치하는 것으로 더욱 견고하게 부착 고정될 수 있고, 또 유도용 레일의 승강이 원활하게 이루어질 수 있도록 레일 홀더의 중심 내측에도 롤러가 배치될 수도 있으며 밴드는 지주에서 각 층에 해당되는 위치로 하나 정도 배치하여 놓는 것이 작업의 안전성 측면에서 바람직한 것으로 판단된다.

그림 6은 그림 4의 로프가 승강수단에서 비스듬하게 풀려 나온 형태를 나타내고 있으나 실제로는 펜스 프레임과 나란하게 연장된다. 로프가 윗방향으로 연장되어 있을 때 유도용 레일을 체결부재로 고정시켜 놓고 승강수단을 감는 방향으로 구동시키면 펜스 프레임이 유도용 레일을 타고 상승 이동하게 되고 반대로 풀리는 방향으로 구동되면 난간은 하강하게 된다. 또, 로프가 난간을 관통하여 아랫방향으로 연장되었을 때 승강수단을 감는 방향으로 구동시키면 유도용 레일이 상승 이동하게 된다.

물론, 이 경우에는 체결부재가 해체되어서 레일 홀더로부터 유도용 레일이 상하 방향으로 자유로운 상태로 놓여 있어야 한다. 이와 같이 SCfence공법은 로프를 통해 펜스 프레임만 상승시키거나 또는 유도용 레일만 상승 이동시킬 수 있는 구성이기 때문에 펜스 프레임과 유도용 레일을 번갈아 상승 이동시키는 것으로 초

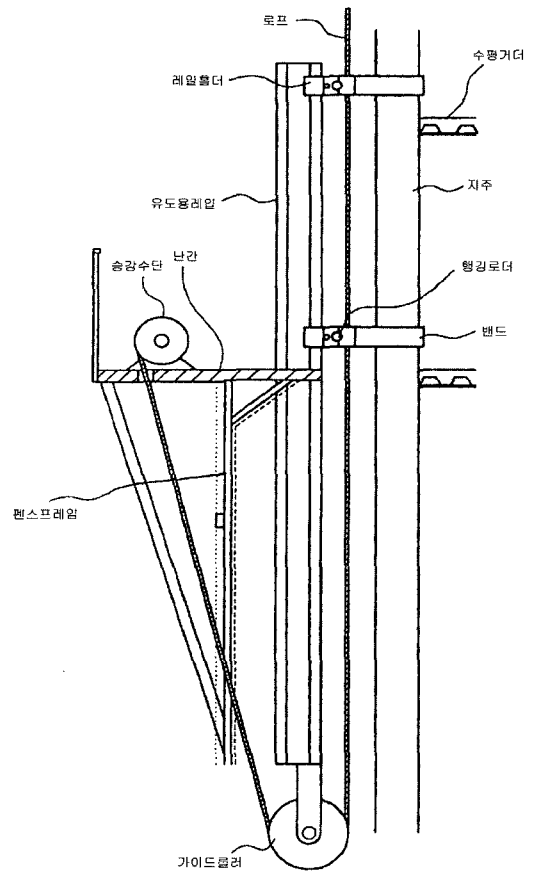


그림 6. 펜스프레임과 승강수단의 결합상태

고층 빌딩의 신축 중에 그 외부를 안전펜스(safety fence)로 방호할 수 있게 되는 것이다.

그리고 SCfence공법에 있어서, 로프를 감거나 풀어 주는 승강수단으로서 전자식 브레이크가 달린 모터를 사용하면 펜스 프레임의 상하 이동시 제동을 병행할 수 있어서 위치 이동의 정교함이 부가될 수 있다.

그림 7과 그림 8은 SCfence공법의 또다른 설치방법의 예를 나타낸 것이다.

그림 7과 그림 8에 나타난 것처럼 안전펜스는 트러스 구조의 단위체로서 중간부가 연결볼트(bolt)에 의해 조립 해체될 수 있는 난간을 상하로 다수 배열하여 구성된다. 다수의 난간은 작업 현장에서 승강수단에 의해 상승될 때 그림 2에서 이용하고 있는 턴 버클과 같이 길이조절이 가능한 연결수단을 교차 배치하여 상하로 연속 연결되는 구성에 의해 5~6개 층을 방호할 수 있는 규모로 설치된다. 따라서 그림 7에 나타난 난간은 양단에 턴 버클과 연결되기 위한 아이렛(eyelet)이 마련되어 있고, 그림 7에는 나타나 있지 않지만 턴 버클의 내측에도 천막과 네트가 펼쳐져 설치된다. 이와 같이 구성된 안전펜스는 펜스 프레임을 생략할 수 있어서 현장에서의 설치와 해체가 대단히 편리하게 된다.

즉, 그림 8에 나타난 바와 같이 일단 모든 난간이 하나로 접혀

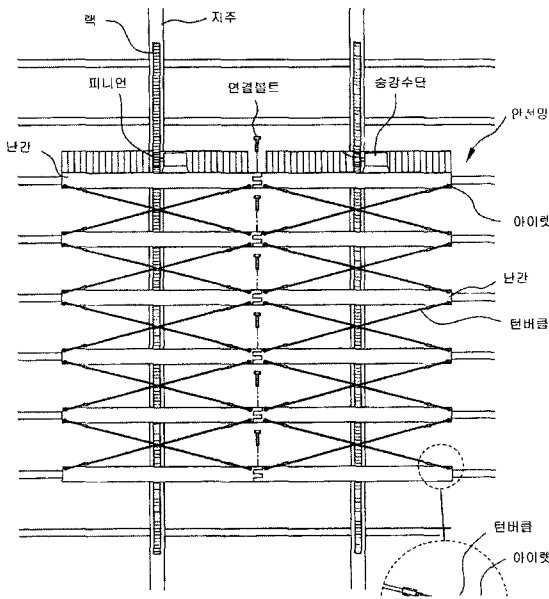


그림 7. SCfence를 변형한 시공방법의 예

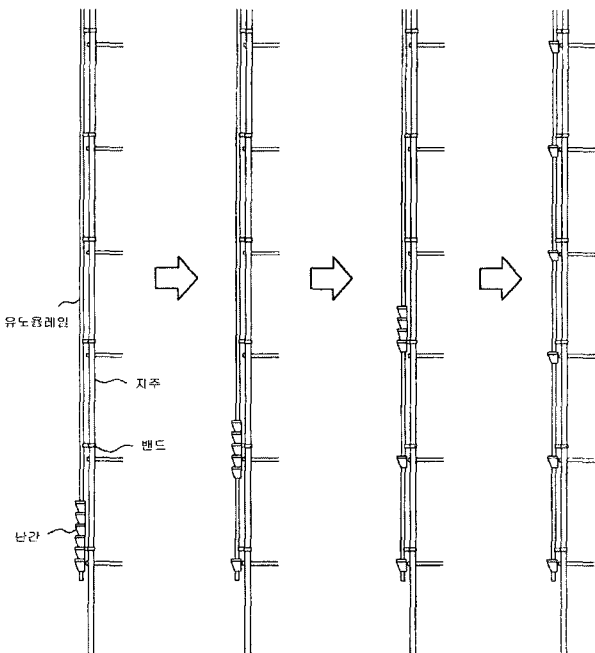


그림 8. SCfence를 활용한 설치방법의 예

지게 건축물의 외부에 설치된 다음에, 최하단층 난간만 남고 나머지는 건축물의 외벽면을 따라 상승 이동시키면 자연적으로 난간이 펼쳐지게 되고, 이렇게 펼쳐진 난간과 그 사이의 턴 버클에 의지하여 안전펜스와 천막을 차례로 펼쳐 설치하면 되고, 모든 난간이 펼쳐진 다음부터는 그림 7과 같이 각층의 안전펜스가 일체화되어 층 사이를 수직적으로 상승 이동하게 된다.

이러한 구성은 안전 펜스의 설치 및 해체를 간편히 할 수 있음과 동시에 난간의 길이를 1/2로 줄일 수 있어서 운반도 간편하게 할 수 있다.

(3) 공법의 적용시 고려사항과 적용예상효과

SCfence공법을 적용할 경우, 보다 효율적이며 합리적인 시스템 운영을 위하여 사전에 점검할 사항은 다음과 같다.

- ① 최초로 SCfence가 설치될 층수를 결정한다. 고층이나 초고층건물에 적용할 경우에는 보통 7층부터 적용하는 것이 바람직하다.
- ② SCfence공법의 시스템 운영단위를 결정한다. 상층부의 원활한 공사진행을 위해 안전펜스 4개층을 하나의 단위(unit)로 하여 운영하는 것이 바람직하다.
- ③ 운영 주기를 결정한다. 합리적인 공사기간을 예상하여 설정하며 보통 1개층을 1주일 단위의 운영주기로 하는 것이 바람직하다.
- ④ 건물의 평면형상에 따른 운영방법을 결정한다. 일반적으로 초고층건물의 경우에는 정방형 평면으로 구성되거나 비정형 부분과 돌출, 함몰 부분에 대한 운영 방법도 고려해야 한다.
- ⑤ 골조공사방법과 양중계획을 고려한다. 바닥골조의 구성형태에 따른 콘크리트의 타설 방법과 호이스트(hoist)의 규격과 설치 위치 등을 고려해야 한다.

한편, SCfence공법을 적용할 경우에 별도의 추락방지용 방망의 설치·해체 비용의 절감, 지붕층과 파라펫부분에 대한 거푸집 공사용 비계의 설치비용 절감, 내화피복과 콘크리트 타설시 천막 설치·해체비용의 절감 등의 직접적인 원가절감과 SCfence외부에 기업홍보를 위한 광고문구를 나타낼 수 있어 부수적인 광고효과를 거둘 수 있는 적용효과를 예상할 수 있다.

4. 사례적용

4.1 대상현장

본 공법을 적용한 현장은 그림 9에 나타난 서울 강남구 삼성동에 위치한 ASEM Office Tower로 현장개요는 표 1과 같다.

표 1. 공법적용현장의 현장개요

공사개요	주요내용
공사명	ASEM 및 무역센터 확충사업
용도	사무소, 회의장 시설
공사기간	1996. 11 - 2000. 6 (44개월)
규모	대지면적 148,523㎡
	건축면적 79,576㎡
	연면적 565,356㎡
구조	지상 41층 지하 4층 철골철근콘크리트조

SCfence공법을 ASEM Office Tower현장에 적용한 주요내용은 다음과 같다. 운영 층수는 10층~41층으로 하였고, SCfence 공법을 1998년 10월에서 1999년 7월까지 적용하였으며 폭

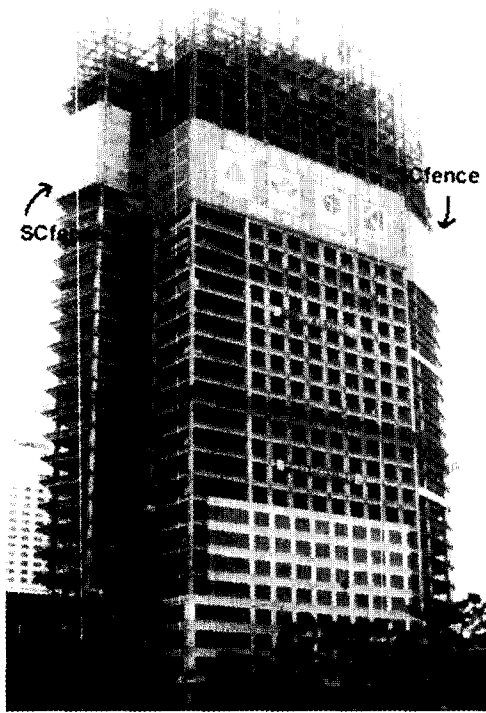


그림 9. SCfence공법을 적용한 현장전경

20m, 높이 6m의 규격으로 안전펜스를 12개를 설치하였다. 또한, SCfence공법의 구동방식은 그림 3과 같은 랙과 피니언(rack+pinion) 구동방식으로 하였다.

4.2 공법적용 결과 분석

ASEM Office Tower현장을 대상으로 한 SCfence공법과 기존공법에 대한 공사기간과 공사비를 비교한 내용은 다음과 같다.

(1) 공사기간의 비교

대상현장에 기존의 재래식 공법을 적용하였을 경우와 본 연구에서 제안한 SCfence공법에 대한 지상층 실제공정을 비교하면 다음과 같다.

표 2. 동절기 기상통계 분석

기상조건	월	11월	12월	1월	2월	계
강설일수		1.8	6.8	8.5	6.2	23.3
동결일수		13.3	26.9	26.9	25.4	94.8
서리일수		10.3	16.5	16.5	14.6	58.3

기상청 자료를 분석한 동절기 기상통계는 표 2에 나타난 바와 같이 11월에서 2월까지는 일반적으로 습식공사의 진행이 불가능한 것으로 나타나 기존의 공법을 채택하였을 경우에는 공사중단을 초래(일반적으로 습식공사의 경우에는 11월에 약 50%, 12월~2월은 100% 공사중단이 됨)하는 것으로 나타났으며, 건물내부의 습식공사진행을 위한 양생온도를 확보하기 위하여 과도한 유류비의 지출이 따르게 된다. 대상현장에서는 일반적 동절기 습식

공사 중단기간인 1998년 11월 20일에서 1999년 2월 28일까지의 기간에도 습식공사(철근콘크리트공사, 내화피복공사)와 제반공사를 진행할 수 있어서 약 7.6%(100일)의 공기단축효과가 있는 것으로 나타났다. 한편 기상청의 여름철 기상자료중 10mm 이상의 강우일이 표 3에 나타난 바와 같이 평균 35.1일로 나타나 이 기간 중에도 어느 정도의 공사중단이 예상되므로 이점까지 고려한다면 SCfence공법을 채용함에 따른 공기단축의 효과는 더욱 커질 것으로 사료된다.

표 3. 하절기 강우량 관련 기상통계 분석

강우량	월	6월	7월	8월	9월	계
10~30mm		3.4	8.1	5.6	3.8	20.9
30mm 이상		1.7	5.8	4.2	2.5	14.2
계		5.1	13.9	9.8	6.3	35.1

(2) 경제성의 비교

기존의 재래식 공법인 추락방지용 방망과 천막을 설치하는 방법과 SCfence공법에 의한 공사원가의 비교는 다음의 표 4와 같다.

표 4의 하단부에 나타난 기존 재래식 공법과 SCfence공법의 직접비에 있어서는 SCfence공법 추가에 따라 하도급비용인 378,000천원이 가산되어 전체적으로 98%가 원가상승이 되는 것으로 나타났다. 그러나 현장에서 집행되는 재료비, 인건비, 현장경비 등에 있어서는 각각 24.9%, 64.6%, 46.2%가 절감되는 것으로 나타났다. 즉, 재료비에 있어서는 양생용 열풍기, 천막, 비계용 단관파이프의 구입비용이 절감되고 기존의 천막설치공법을 채용할 경우에 내부 조도저하에 따른 투광등 및 전구(lamp) 구입비용도 절감되는 것으로 나타났으며, 인건비 측면에서는 습식공사인 콘크리트공사와 내화피복공사의 원활한 진행을 위해 필요한 열풍기의 이동 배치, 천막의 설치/철거, 열풍기용 등유의 주입 및 관리에 소요되는 노무비가 절감되는 것으로 나타났고, 현장경비 측면에서는 기존공법을 채용할 경우에 양생을 위해 소요되는 유류비(등유 약 20만리터)가 절감되는 것으로 나타났다. 따라서, 공법적용에 따른 하도급비용을 고려하지 않는다면 간접적인 원가절감의 효과가 약 48%로 매우 높을 것으로 판단된다.

표 4. 기존공법과 SCfence공법의 경제성 비교

구 분	시공비	공통가설비	현장관리비	합 계
기존공법(A)	259,253	5,793,467	6,443,008	12,495,720
SCfence(B)	513,200	5,354,568	5,954,894	11,822,662
절감액(A-B)	-253,947	438,899	488,106	673,058
절감율(%)	-98.0%	7.6%	7.6%	5.4%

구 분	재료비	인건비	현장경비	하도급	합계
기존공법	20,961	48,096	190,196	-	259,253
SCfence	15,750	17,136	102,314	378,000*	513,200
절감율(%)	24.9%	64.6%	46.2%	-	-98.0%

한편, 기존 재래식 공법과 본 공법을 시공비, 공통가설비, 일반 관리비 등을 고려하였을 경우에는 SCfence공법이 재래식 공법에 비해 약 5.4%(6억7천만원)의 공사비 절감

효과가 있는 것으로 분석되었다. 그러나 이 경우의 비용산정에 공기단축에 따른 금융비용의 절감을 고려하지 않았기 때문에 이를 포함할 경우에는 공법적용에 따른 원가절감의 효과가 더욱 커질 것으로 사료된다.

5. 결론

고층화, 대규모화되고 있는 건축공사의 성공적인 수행을 위해서는 가설공사에 대한 안전하고 경제적인 가설공법의 개발과 적용이 필수적인 과제이다.

본 연구에서는 추락방지용 방망과 천막설치와 같은 기존 가설재 설치공법의 문제점을 검토하고 이를 개선하여 새로운 건축공사용 안전펜스(SCfence)공법의 개발하고 이를 실제 현장에 적용하여 타당성을 검증하였다. 본 연구에서 도출된 주요 결과는 다음과 같다.

(1) 기존의 재래식 천막과 추락방지용 방망은 이를 설치·해체 작업시 추락위험이 매우 높고 이를 동시에 설치해야 되므로 중복 투자에 의한 공사비용의 증가와 동절기에는 습식공사를 중단해야 하는 문제점이 있다.

(2) SCfence공법은 초고층 건물의 신축공사현장에서 환경오염과 산업재해를 예방할 수 있도록 건물골조의 외부면에 설치되어 외부면을 완벽하게 펜스로 방호하고, 공사의 진행에 따라 방호위치를 수직으로 이동시킬 수 있어 작업자의 추락재해 방지, 각종 낙하물의 근본적인 차단할 수 있으며 방풍·방진·보온 효과로

전천후 작업진행을 통한 공기단축 효과가 있는 것으로 나타났다.

(3) 본 공법을 실제 현장에 적용한 결과 기존 재래식 공법에 비하여 공사기간과 공사비에 있어서 약 7.6%(100일)의 공기단축과 5.4%(약 7억원)의 원가절감 효과를 가져올 수 있는 것으로 판단되어 그 적용 타당성을 검증할 수 있었다.

참고문헌

1. Randall S. Harper, and Enno Koehn, "Managing Industrial Construction Safety in Southeast Texas", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 124, No. 6, 1998, pp.452-457
2. 안홍섭, "건설안전활동 평가기준 개발에 관한 연구", *대한건축학회논문집* 11권12호, 1995, pp.309-317
3. 김창한, *건설공사의 추락재해 실태 및 대책에 관한 연구*, 영남대학교 석사학위논문, 1999
4. Holly M. Johnson, Amarjit Singh, and Reginald H. F. Young, "Fall Protection Analysis for Workers on Residential Roofs", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 124, No. 5, 1998, pp.418-428
5. OSHA Part 1926 Construction Industry, 1926.105 Safety Nets
6. Jimmie Hinze and Debra Bosma Russell, "Analysis of Fatalities Recorded of OSHA", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 121, No. 2, 1995, pp.209-214

Abstract

The average height of buildings in most cities is increasing in an effort to more effectively use land. In addition, as construction technology develops, rapid construction methods have been pursued. However, while there have been great strides in construction technology, the development of a temporary structure that can support the high-rise building under construction and the rapid construction methods has been relatively limited.

If the temporary structure is not built on an outer wall of a building being constructed, a worker may be injured or killed in a fall and building materials such as blocks and other objects may fall to the ground, causing the build-up of trash around the building and possible injuries to persons in proximity to the building. This paper proposes a Self Climbing Safety Fence for construction building(SCfence). SCfence was developed to solve the above problems, a tent has been setup to cover the outer wall of the building, or a falling preventing net has been pitched in a direction perpendicular to the outer wall of the building. A case study was performed to verify the validity of SCfence through comparing the safety and cost experience between SCfence and the existing method.

Keywords : safety management, safety fence, safety net, temporary structure