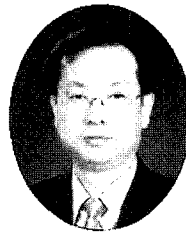


# 현대해상화재보험 광화문사옥 리노베이션 구조설계

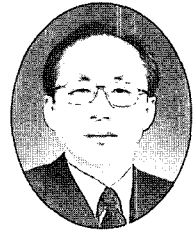
- Structural Design for Renovation of  
Hyundai Marine & Fire Insurance Kwanghwamun Office -



김창호\*  
Kim, Chang Ho



최호철\*\*  
Choi, Ho Chul



유병억\*\*\*  
Yoo, Byoung Eok

## 1. 개요

서울특별시 종로구 세종로 178, 191-1 번지에 위치한 '현대해상 광화문 사옥'은 광화문일대 재개발 사업구역에 묶여 증축이나 신축이 불가능한 건물이었다. 이에 따라 건축주는 업무환경을 개선하고 건물의 부가가치를 높이며 건축계획적 활용도를 극대화하기 위하여 리노베이션을 선택하였다.

미래지향적이고 현대화된 건축물을 구축하기 위하여 정밀안전진단을 실시하였으며, 노후화된 구조에 대한 보수보강이 이루어졌다. 또한 건물의 용도변경에 따른 구조부재의 보강과, 건물 최초 설계 당시 고려되지 않았던 건물의 내풍 및 내진 성능에 대한 검증도 이루어졌다.

<표 1>에서는 건물의 개요를 설명하였으며, 공사현장 배치도와 단면도는 각각 <그림 1, 2>에 나타내었다. <사진 1>은 건물투시도이다.

이 기사에서는 현대해상화재 광화문사옥 리노베이션을 위한 구조설계과정에서 참고가 될만한 몇 가지를 소개하여 향후

표 1. 건물개요

|           |                                   |
|-----------|-----------------------------------|
| 건물명       | 현대해상화재 광화문사옥                      |
| 대지위치      | 서울특별시 종로구 세종로 178, 191-1          |
| 대지면적      | 3,047.65 m <sup>2</sup> (921.91평) |
| 지역, 지구    | 일반상업지역, 중심미관지구, 방화지구, 재개발사업구역     |
| 용도        | 업무시설                              |
| 구조        | 철근 콘크리트 구조                        |
| 규모        | 지하4층, 지상18층(옥탑 2개 층 포함)           |
| 건물높이      | 57.85 m                           |
| 건축면적      | 1,255.30 m <sup>2</sup>           |
| 연면적       | 23만 768.02 m <sup>2</sup>         |
| 리노베이션 설계자 | (주)정림건축종합건축사사무소                   |
| 리노베이션 시공자 | 현대산업개발주식회사                        |

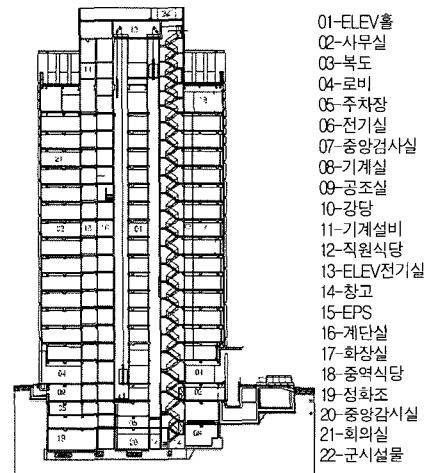
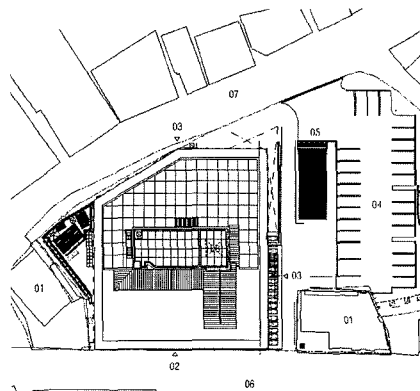


그림 2. 단면도



01-기존건물, 02-주출입구, 03-부출입구  
04-옥외주차, 05-지하주차장, 06-10m보도  
07-10m도로, 08-군사시설

그림 1. 배치도

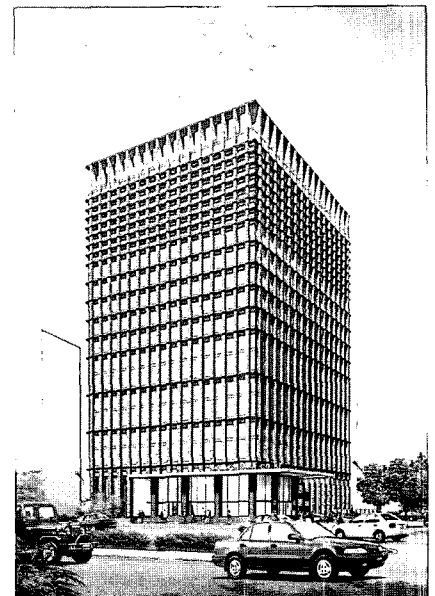


사진 1. 투시도

\* 정희원, (주)CH엔지니어링 대표

\*\* 정희원, 현대산업개발(주) 구조설계팀 부장

\*\*\* 정희원, 강남대학교 도시건축공학부 교수



사진 2. 캔티레버 슬래브 하부철근 노출부분의 부식현상



사진 3. 슬래브 두께의 측정

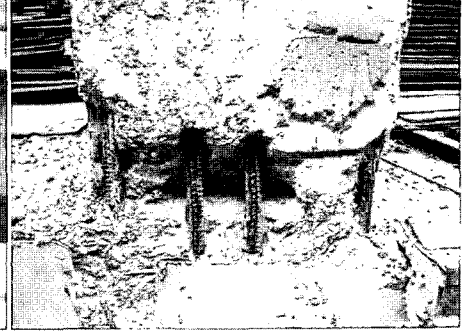


사진 4. 기둥 단면의 훼손 현상

유사한 조건의 철근 콘크리트 구조물의 리노베이션 구조설계 및 시공시에 기초 자료로 활용하고자 한다.

## 2. 기존 건물의 구조적 성능 조사분석

정밀안전진단과 구조해석 등을 통하여 기존건물에 대한 다음의 구조적 성능을 조사 분석하였다.

(1) 현장재료 조사 및 시험을 통한 부재결합 조사분석: ①재료의 부식현상 ②단면의 크기 ③배근상태 ④재료의강도 ⑤균열 및 훼손상태 등을 조사 분석함

(2) 기존 건물의 내풍, 내진 성능 조사 분석: 최초의 건물 설계시에 고려되지 않는 내용설계 및 내진설계를 현행법규에 의하여 검토 분석함

(3) 각 부재의 안정성 조사 분석: 본 건물 슬래브 및 보, 기둥, 기초의 안정성을 검토 분석함

위의 사항을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

### 2.1 현장 재료 조사 및 시험을 통한 부재 결함 조사 분석

#### 2.1.1 재료의 부식현황

콘크리트의 중성화 조사 결과 중성화는 매우 미미한 것으로 조사되었다. 철근부식 조사결과 철근노출 부위에서는 철근부식이 상당히 많이 진행되었으나, 콘크리트 내부의 철근은 매우 양호한 상태이며, 철근부

식 확률시험을 한 결과 철근부식이 진행할 수 있는 철근부식 확률 50% 이상이 44.9% ~ 99.3%(상대변도)로 조사되어 콘크리트의 중성화 방지에 유의할 필요가 있는 것으로 조사되었다.((사진 2) 참조)

#### 2.1.2 단면의 크기

보 및 기둥은 대체적으로 도면의 크기와 일치하게 시공되었으나 슬래브는 여러 곳에서 도면보다 얇은 두께로 시공된 것으로 나타났다.

#### 2.1.3 배근상태

설계도면과 비교해 볼 때 거의 일치하게 시공되었으나 슬래브에서 설계 도면보다 다소 넓게 배근된 것으로 조사되었다.

#### 2.1.4 재료의 강도

콘크리트 압축강도는 19 ~ 24 MPa의 매우 양호한 상태로 조사되었고, 철근의 항복강도 시험결과(D13) 350 MPa 이상으로 나타났다.

#### 2.1.5. 균열 및 훼손상태

여러 슬래브 및 보에서 처짐 현상 및 균열 현상이 발생하였으며, 기둥에서도 수개소에서 <사진 4>와 같은 단면훼손현상이 발생하였다.

### 2.2 기존 건물의 내풍, 내진 성능 조사 분석

이 건물은 설계당시 구(舊) 규준에 의해 규정된 풍하중에 대한 횡력저항 설계는

반영되어 있으나, 현재의 하중기준에서 요구하는 횡력(풍하중 및 지진하중)에 대한 설계가 반영되어 있지 않아 건물 구조의 안정성 검토를 위하여 합리적인 횡력저항 시스템을 결정하는 것이 매우 중요하였다.

기존 건물의 횡력해석을 위한 구조시스템으로 철근 콘크리트 전단벽과 철근 콘크리트 모멘트 연성골조가 횡력에 저항하는 '이중 골조방식'과 철근 콘크리트 모멘트 골조가 횡력에 저항하는 '모멘트골조방식'을 비교 검토하였다.

2.2.1 횡력저항시스템을 이중골조방식(철근콘크리트 전단벽과 철근 콘크리트 연성모멘트 골조가 횡력에 저항하는 구조 시스템)으로 간주한 경우

(1) 지진에 의한 해석결과 최하층의 밑면전단력의 부담비율을 볼 때 전단벽의 횡력부담률이 전체 횡력의 25%를 상회하는 것으로 나타났다.

(2) 풍하중에 의한 횡변위를 검토한 결과 최상층 최대변위는 단면-방향 23.8 mm(H/25.70 m), 장면-방향 29.3 mm(H/20.80 m)으로서 허용치인 122.4 mm(H/5.00 m) 미만으로 나타나 만족하는 것으로 나타났다.

(3) 지진에 의한 최대층간 변위를 검토한 결과 16.6 mm로서 허용층간 변위인 45 mm(0.015 hn) 미만으로 규준을 만족하는 것으로 나타났다.

(4) 이 해석모델이 적용되기 위하여 모든 골조의 단면상세는 중진지역(지진구역 2)에서 요구하는 내진상세를 만족시켜야

하나 이 건물의 배근 및 상세는 이를 만족시키지 못하므로 보강 및 부재 검토시 보다한 보강이 소요되는 문제점이 있는 것으로 판단된다.

2.2.2 횡력저항 시스템을 철근 콘크리트 모멘트 골조방식으로 간주한 경우의 검토

(1) 바람에 의한 횡변위를 검토한 결과 바람에 의한 최상층 최대변위는 단변-방향 50.8 mm(H/10.01 m), 장변-방향 5.69 mm(H/10.76 m)으로써 허용치인 12.24 mm(H/5.00 m) 미만으로 나타나 만족하는 것으로 나타났다.

(2) 지진에 의한 최대층간변위를 검토한 결과 27.9 mm로서 허용층간 변위인 45 mm(0.015hn) 미만으로 규준을 만족하는 것으로 나타났다.

(3) 이 건물의 설계당시 하중조건과 비교하여 상향조정된 적재하중을 고려하면 수직하중에 의하여 부재의 보강이 일부필요하며, 수직하중에 의한 보강단면을 횡력에 의한 추가응력을 부담할 수 있도록 하면 보강개소, 보강재의 큰 부담이 없이 리모델링의 효과를 극대화할 수 있는 경제적인 설계가 될 것으로 판단되었다.

상기 2개의 횡력저항시스템 모두 건물의 변위제한을 만족시키는 방법으로 판단되었다. 그런데 이 건물은 현재의 하중기준(적재하중)의 적용, 건물용도 변경에 의한 적재하중의 증가로 인하여 일부 보 및 슬래브에 보강이 필요하였다.

또한 현재의 하중기준에 의한 횡력설계가 되어 있지 않아 이에 대한 보강이 필요하였다.

이중골조방식을 본 건물의 횡력저항시스템으로 채택할 경우 '지진구역 2'에서 요구되는 내진설계의 상세가 필요하나 현재의 건물은 이를 만족하지 못하고 있어, 횡력에 대한 새로운 보강부재가 필요하였다.

이로 인하여 상당한 비용이 발생하고, 공기가 지연되며 건물 전반에 대한 건축계획적인 재검토가 필요하게 된다.

그러나 모멘트골조방식을 이 건물의 횡

력저항시스템으로 채택할 경우 적재하중 증가로 인한 보강에 약간의 추가적인 보강을 하면 되므로 이 방법이 시공의 용이성, 공기단축, 경제성을 모두 만족시키는 합리적인 방법으로 평가되었다. 결론적으로 모멘트골조방식을 건물의 횡력 저항시스템으로 채택하여 본 과업의 부재내력 검토를 수행하였다.

2.3 각 부재의 안정성 조사 및 분석

이 건물 보 및 슬래브의 안정성 검토결과 건물 용도변경, 적재하중 기준의 변경, 횡력 효과에 의하여 기존 건물 일부분의 내력이 부족하여 보강이 필요한 것으로 나타났다. 또한, 본 건물 기둥의 안정성 검토결과 건축평면 변경에 의한 부분(11층 ~ 15층의 일부기둥)만이 내력이 부족하여 보강이 필요하고 기타부분은 특별한 보강이 필요 없는 것으로 나타났다. 이 건물 기초의 안정성 검토결과 모두 구조적으로 안전한 것으로 나타났다.

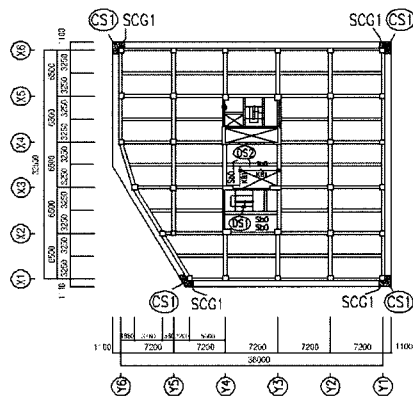


그림 3. 11층 바닥 구조평면도

3. 보수보강 설계

3.1 보수보강의 주요 원인

3.1.1 건물에 대한 주요 보수보강의 주요 원인

- (1) 용도변경 및 건물 평면 변경에 따른 수직하중의 증가(가마재의 변경, 적재하중의 증가)
- (2) 지진하중 등 횡력 효과에 따른 작

- 용외력의 증가
- (3) 도면과 상이한 시공으로 인한 부재 내력의 부족
- (4) 기존 설계의 조정(보의 단부조건 변동)
- (5) 콘크리트 강도의 부족(시공불량)
- (6) 위 원인들의 복합적 요소
- (7) 건물 노후화로 인한 균열 및 결함 발생
- (8) 콘크리트의 재료분리(시공불량)

3.1.2 각 부재별 보수보강 원인

- (1) 슬래브
  - 현장조사 결과 도면상의 부재 단면과 상이한 부분 다수 존재(슬래브 두께의 부족, 철근 배근 간격의 불일치, 피복두께 과다)
  - 용도변경 등 수직하중 증가에 따른 부재내력 부족
  - 건물 노후화로 인한 균열 및 결함 발생
- (2) 보
  - 용도변경 등 수직하중 증가에 따른 부재내력 부족
  - 지진하중 등 횡력 효과에 따른 작용외력의 증가
  - 리노베이션에 따른 보의 단부조건 변화
  - 건물 노후화로 인한 균열 및 결함 발생
- (3) 기둥
  - 콘크리트의 재료분리(시공불량)
  - 옥상층 하중증가 및 일부 기둥 삭제에 따른 인접기둥의 부담하중 증가
  - 횡력 효과에 따른 기둥 모멘트의 증가
- (4) 벽체
  - 건물 노후화로 인한 균열 및 결함 발생

3.2 보수보강 방법

각 부재별 주요 보수보강 방법을 정리하면 다음과 같다.

- (1) 슬래브 : 하중증가에 따른 내력부족 부분과 균열 및 처짐에 따른 내력부족 부분에 대하여 탄소섬유 시트를 고강도 박막 강판과 접착 일체화시켜 복합화한 패널

표 2. 부재 결합 내용 및 보수 방법

| 부재 결합 내용                    | 보수 방법  |
|-----------------------------|--|
| 콘크리트 슬래브, 보, 지하벽체의 균열       | 균열부위를 V-cutting한 후 에폭시충진(epoxy grouting) 처리함 |
| 콘크리트 슬래브의 파취, 기둥 콘크리트의 재료분리 | 모르타르 및 에폭시 모르타르(epoxy mortar)로 충전 시킴         |
| 철근 노출 및 부식                  | 부식부분(녹)을 제거한 후 모르타르 또는 에폭시 모르타르로 피복 처리함      |

(CFSC)를 사용하여 보강하였음.

(2) 보: 내력부족 부분에 대하여 탄소 섬유 부착과 철판보강을 실시하였음.

(3) 기둥: 내력부족 기둥부위는 기둥 전 길이에 대해 철판보강을 사용하였음.

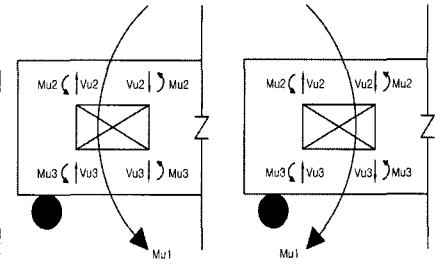
부재결합별 보수방법은 <표 2>와 같이 정리할 수 있다.

### 3.3 보 개구부 주위의 보강

건물이 현대화의 개념으로 리노베이션 됨에 따라 보다 설비 많은 설비 배관이 필요하게 되고 기존 건물의 천정고에 여유가 없어 부득이 기존 철근 콘크리트 보(총 500 mm)에 직경 50 ~ 150 mm의 개구부 및 폭 150 ~ 300 mm, 총 150 mm의 개구부(총 250여 개의 개구부)를 설치하여야 하였다. <사진 5> 참조)

신축 건물의 경우에는 철근 콘크리트 보에 개구부를 설치할 때 콘크리트 타설전 보강근을 배근하여야 하지만 이 건물의 경우 불가능한 상황이므로 개구부 주위 및 보의 상하부에서는 탄소섬유 부착공법에 의한 보강을 실시하였고 보의 측면에는 강판을 접착하여 보강하였다.

개구부 내의 탄소섬유 부착을 위하여 철판을 사용하였다(사진 6) 참조. 개구부 주위의 응력은 <그림 4>와 같이 비렌디 일(Vierendeel) 응력해석 모델을 이용하



$Vu1 = Vu2 + Vu3$  (경우1)  $Mu1$ 이 (-)부호일때       $Vu1 = Vu2 + Vu3$  (경우2)  $Mu1$ 이 (+)부호일때

그림 4. 보개구부 주위의 보강설계를 위한 응력해석모델

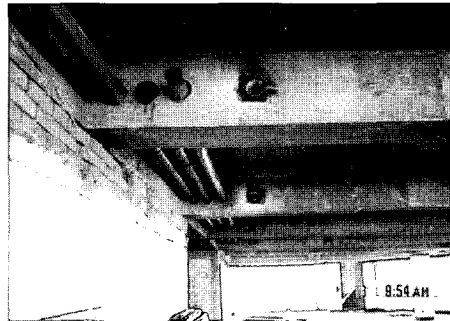


사진 5. 보 개구부의 설치

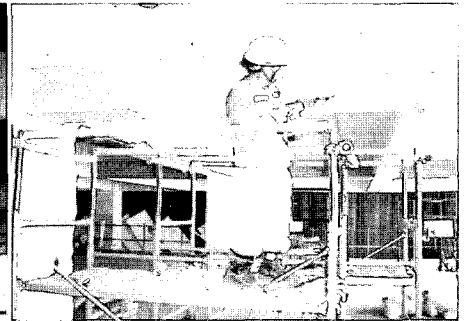


사진 6. 보 개구부의 보강 공사

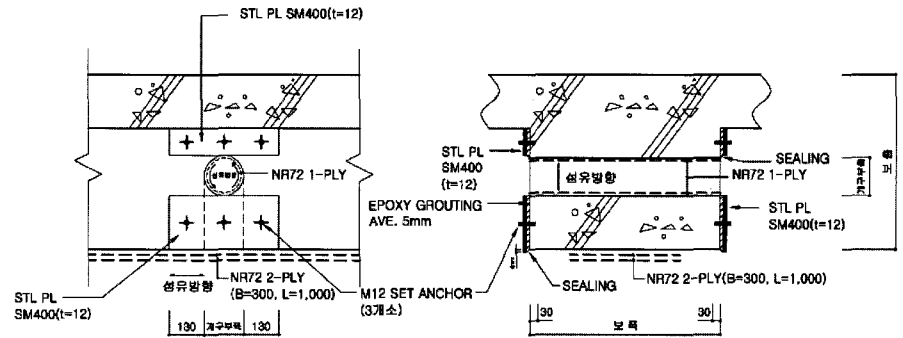


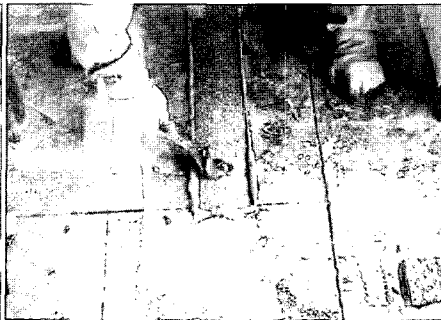
그림 5. 보의 개구부 보강안 제1안

표 3. 보의 개구부 주위 보강안(제1안 ~ 제7안)

| 보 개구부 주위의 보강위치 | 제1안                                  | 제2안                                  | 제3안  | 제4안                             | 제5안                                 | 제6안                                 | 제7안                                 |
|----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 개구부내 (보내부)     | 개구부면 내에 폭 400 mm, 탄소섬유(NR72) 1겹을 부착함 | 개구부면내에 폭 400 mm, 탄소섬유(NR72) 1겹을 부착함  | 개구부면내에 폭 400 mm, 탄소섬유(NR72) 1겹을 부착함        | 보강하지 않음                         | 개구부면내에 폭 400 mm, 탄소섬유(NR72) 1겹을 부착함 | 개구부면내에 폭 400 mm, 탄소섬유(NR72) 1겹을 부착함 | 개구부면내에 폭 400 mm, 탄소섬유(NR72) 1겹을 부착함 |
| 보의 측면          | 보의 양측면에 두께 12 mm의 강판(SM400)을 접착함     | 보의 양측면에 두께 12 mm의 강판(SM400)을 접착함     | 보의 양측면에 두께 12 mm의 강판(SM400)을 접착함           | 보의 양측면에 두께 6 mm의 강판(SM400)을 접착함 | 보의 양측면에 두께 6 mm의 강판(SM400)을 접착함     | 보의 양측면에 두께 9 mm의 강판(SM400)을 접착함     | 보의 양측면에 두께 12 mm의 강판(SM400)을 접착함    |
| 보의 상, 하부면      | 보의 하부면에 폭 300 mm의 탄소섬유(NR72) 2겹을 부착함 | 보의 하부면에 폭 300 mm의 탄소섬유(NR72) 3겹을 부착함 | 보의 상부면(슬래브면)에 폭 300 mm의 탄소섬유(NR72) 3겹을 부착함 | 보강하지 않음                         | 보강하지 않음                             | 보강하지 않음                             | 보강하지 않음                             |



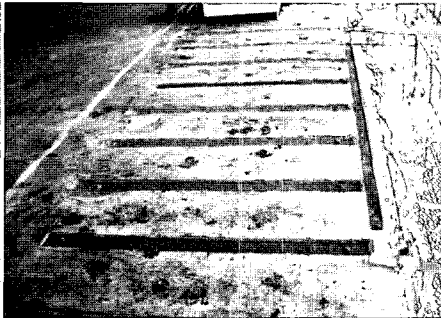
a. 슬래브 폼 설치



b. 접착제 도포



c. 복합패널정착



d. 양생

사진 7. 복합패널에 의한 캔틸레버 슬래브의 보강

여 실시하였다. 보 개구부 주위의 보강은 탄소섬유의 부착 위치 및 부착 겹 수 강판의 부착 두께에 따라 <표 3>과 같이 7가지로 구분하여 실시하였다. <그림 5>에 보 개구부 보강안 제1안을 표시하였다.

### 3.4 캔틸레버 슬래브의 보강

캔틸레버 슬래브의 보강은 복합패널 공법(F&S Composite system)에 의하여 이루어졌다.

F&S Composite system은 강판과 고성능 섬유시트를 공장에서 일체화한 보강재(폭100 mm, 간격 500 mm)를 현장에서 에폭시 접착제와 강제 앵커를 사용하여 콘크리트 표면에 접착시켜 구조물의 내하력을 향상시키는 보강공법이다.

<그림 5>에 복합패널(F&S-Composite panel)에 의한 캔틸레버 슬래브의 보강상을 표시하였고, <사진7>에 시공과정을 나타내었다.

## 4. 맺음말

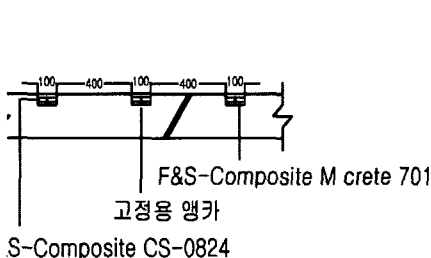
이 건물과 같이 건물의 증축이나 신축이 불가능한 경우 건물 리노베이션을 통하여 건물의 성능을 개선하고 건축계획적인 활용도를 높이며 건물의 부가가치를 올릴 수 있으며, 보다 미래지향적이고 현대화된 건축물을 구축할 수 있다.

그러나 이러한 목적을 위해서는 건축물에 대한 정밀안전진단이 필수적이고 이에 따른 재료의 보수보강으로 용도변경에 따른 구조보강이 반드시 이루어져야 한다.

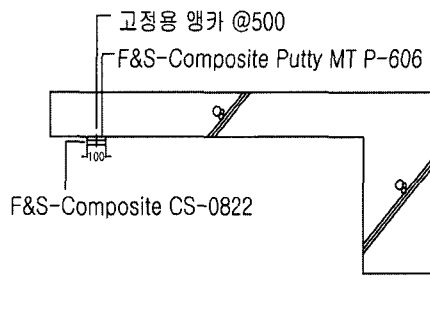
또한 최초 설계당시 고려되지 않을 수도 있는 건물의 내풍 성능 및 내진성능에 대한 검증도 반드시 이루어져야 하며, 보다 정밀한 현장시공 및 구조감리가 이루어져야 한다. 이러한 과정을 통하여 건물 리노베이션 본래의 목적을 달성할 수 있을 것으로 생각된다. ■

## 참고문헌

1. "현대해상 광화문사옥 리노베이션 현장 정밀 안전진단보고서". 2002. 6.
2. "현대해상 광화문사옥 리노베이션 현장 보 개구부 설치에 따른 보강설계서". 2003. 3.
3. "섬유시트 복합 경량 프리캐스트 패널을 이용한 콘크리트 구조물 보강공법". (주)엠프로, 2001.
4. "Structural Renovation of Buildings." Alexander Newman, 2001.



a. 상부면의 보강



b. 하부면의 보강

그림 6. 복합패널(F&S-Composite panel)에 의한 캔틸레버 슬래브의 보강