

공공기관 내진보강 구조 및 시공 사례



노광근
(주)희상리인포스 대표이사

1. 머리말

우리나라도 지진에 대한 안전지대가 아니며 지진에 대한 대비가 필요한 가운데 다행히 2008년 3월 “지진재해대책법”이 입안 공포됨에 따라 향후에 많은 건물과 시설물에 대하여 내진보강을 해야 할 것으로 예상된다.

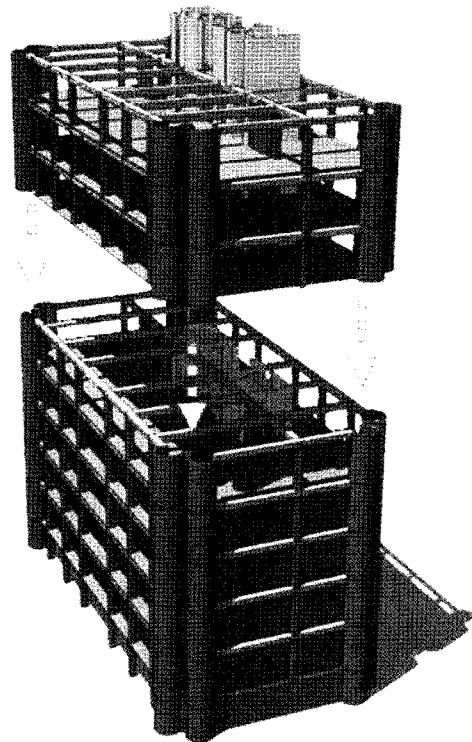
기존건축물에 대한 내진보강공사를 함에 있어서 전면적인 건축물의 리모델링공사와 함께 부수적으로 수반되는 내진보강공사는 공법의 선택이 폭이 다소 넓을 수 있으나 건축물을 사용하는 중에 내진보강을 하는 경우에는 건물의 사용성, 마감, 설비를 포함한 각종 장애물 등 건축물의 다양한 사용 환경으로 인하여 제약이 따를 수밖에 없다.

여기에서 소개하는 공공기관 내진보강공사는 당초 지하1층 지상 5층이었으나 3개층을 증축하고 리모델링함에 있어 지하층 및 5층까지의 기존건물을 평소와 같이 사용하면서 내진보강을 하게 된 공사로서 추후 수행하게 될 각종 건축물의 내진보강공사에 좋은 참고 사례가 될 것으로 예상된다.

2. 공사 개요

- 가) 위치 : 서울특별시 서대문구 미군동
- 나) 용도 : 공공업무시설
- 다) 구조방식 : 철골조, 철근콘크리트 구조

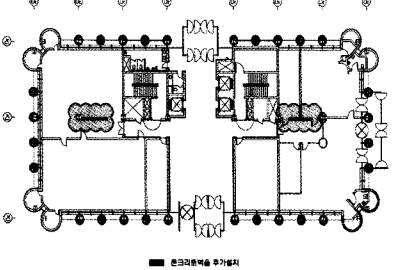
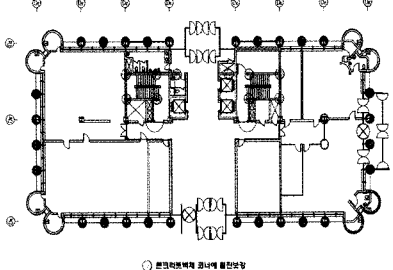
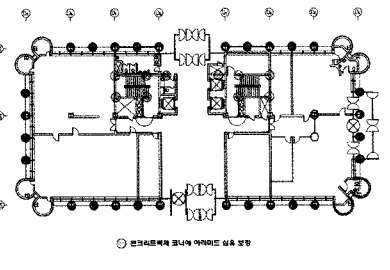
- 라) 기초형식 : 지내력기초
- 마) 규모 : 지하 1층, 지상 5층
- 바) 공사내용 : 3개층 증축 및 리모델링
- 사) 구조설계 : 청림구조
- 아) 내진보강 : (주)희상리인포스



3. 구조 계획

가) 내진보강공법 비교

내진보강공사 구조를 검토함에 있어 당초에는 내력이 부족한 기존코어 벽체에 전단벽을 추가하여 지진력을 분담하는 공법을 채택하였으나 현장 여건상 전단벽 위치에 각종 덕트 및 배관이 간섭되어 전단벽 설치가 사실상 곤란하여 코어 벽체에 필플라이 아라미드스트립을 이용한 내진보강 공법(자연재해저감신기술제 3호)으로 변경 하게 되었다.

구분	철근콘크리트 전단벽체 추가	기존 벽체 단부 철판 보강	기존벽체 단부 아라미드 섬유 보강
적용 공법			
장단점	<ul style="list-style-type: none"> • 내력이 부족한 기존코어 벽체에 전단벽을 추가하여 지진력을 분담함. • 벽체 증설시 기존 덕트, 배관과 간섭으로 시공성 및 효율성이 적음. 	<ul style="list-style-type: none"> • 내력이 부족한 기존코어 벽체를 단부 철판 보강으로 내력 증대. • 철판보강시 철판 및 앵커 등 미관 및 시공성 저하 	<ul style="list-style-type: none"> • 내력이 부족한 기존코어 벽체 단부를 아라미드 섬유보강으로 내력 증대. • 섬유보강으로 시공성, 경제성이 좋음
적 용	기존 설계시 반영안		대안으로 적용

나) 구조 검토

■ 구조 개요

- ① 콘 크 리 트 : $f_{ck}=240\text{kg/cm}^2$ (신설부재)
 $f_{ck}=210\text{kg/cm}^2$ (기존부재)
- ② 철 근 : $f_y=4,000\text{kg/cm}^2$ (신설부재)
 $f_{ck}=2,400\text{kg/cm}^2$ (기존부재)
- ③ 철 골 : $F_y=2,400\text{kg/cm}^2$ (SS400) :
 $F_y=2,400\text{kg/cm}^2$ (SM490) : 부재 LIST 참조
- ④ 아라미드 섬유 : $F_y=14,000\text{kg/cm}^2$ (SK-AP 1014) :
내진보강용

■ 추정 허용지내력 및 지하수위

- ① 허용지내력 : $f_e=50, 70, 100\text{ton/m}^2$ (기준구조계산서 참조)
- ② 지하수위 : GL-2.5M (기준구조계산서 참조)

■ 적용규준

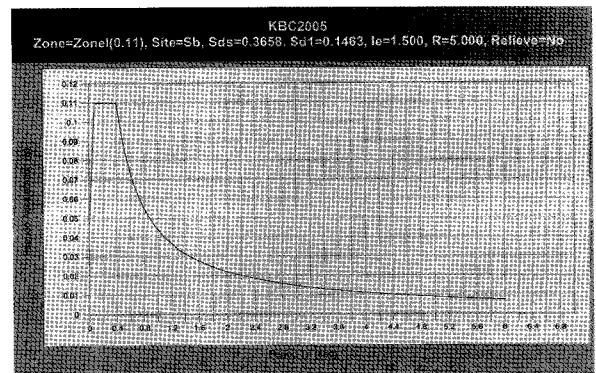
- 건축법 : 건축물의 구조기준등에 관한 규칙(2005, 건설교통부)

- 건축구조설계기준(2005, 건설교통부)
- 콘크리트 구조설계 기준(2003, 한국콘크리트학회, 대한건축학회)
- 강구조계산기준 및 해설(1983, 대한건축학회)

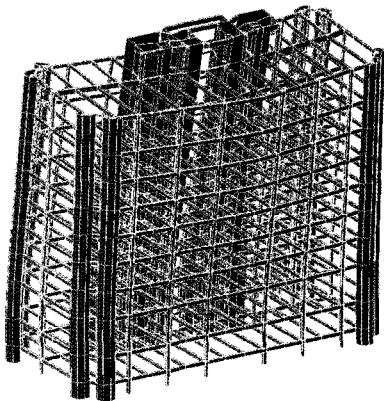
■ 참고규준

- IBC2000
- ACI 318-95 & ACI 318-99

■ 내진설계 검토결과



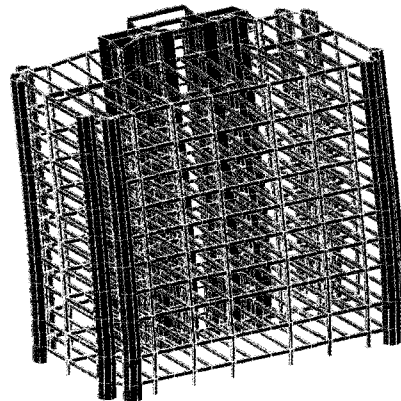
풍하중 개요	기본 풍속	$V_0=30(\text{m/sec})$		노 풍 도	B	
	가스트계수	$G_f=2.2$		중요도계수	$I_w=1.1$	
풍하중 해석 결과	전단벽추가 보강			아라미드 섬유 보강		
		X방향	Y방향		X방향	Y방향
	최고층 변위	$\delta_{x-max}=1.48 \text{ cm}$	$\delta_{y-max}=1.38 \text{ cm}$	최고층 변위	$\delta_{x-max}=2.51 \text{ cm}$	$\delta_{y-max}=1.27 \text{ cm}$
	최대 층간변위	$\Delta_{x-max}=0.23 \text{ cm}$	$\Delta_{y-max}=0.21 \text{ cm}$	최대 층간변위	$\Delta_{x-max}=0.34 \text{ cm}$	$\Delta_{y-max}=0.19 \text{ cm}$
내진 설계 개요	지역계수(A)	0.11 (지진구역 1)		중요도 계수	1.5(내진등급 특)	
	지반종별	Sb		반응수정계수	$R_x=5.0, R_y= 5.0$	
	변위증폭 계수	$C_{dx}=4.5, C_{dy}=4.5$		내진설계범주	D	
고유치 해석	전단벽추가 보강			아라미드 섬유 보강		
		진동주기	질량참여율		진동주기	질량참여율
	1 st mode	2.111 Sec	74.23%	1 st mode	2.413 Sec	61.59%
	2 nd mode	1.776 Sec	65.02%	2 nd mode	1.803 Sec	64.92%
	3 rd mode	1.104 Sec	77.35%	3 rd mode	1.055 Sec	77.69%
내진 설계 주요 결과	전단벽추가 보강			아라미드 섬유 보강		
		X방향	Y방향		X방향	Y방향
	밀면전단력 (정적하중)	482.6 ton	482.6 ton	밀면전단력 (정적하중)	444.4 ton	444.4 ton
	밀면전단력 (동적하중)	198.4 ton	317.8 ton	밀면전단력 (동적하중)	154.3 ton	340.7 ton
	최대 층간변위	$\Delta_{x-max}=3.85 \text{ cm}$	$\Delta_{y-max}=2.67 \text{ cm}$	최대 층간변위	$\Delta_{x-max}=3.66 \text{ cm}$	$\Delta_{y-max}=2.55 \text{ cm}$



```

Nodes On
POST-PROCESSOR
DEFORMED SHAPE
RESULTANT
X-DIR= 4.027E-002
NODE= 1597
Y-DIR= 2.879E-002
NODE= 1356
Z-DIR= 4.247E-003
NODE= 995
COMB.= 4.580E-002
NODE= 1350
SCALE FACTOR=
1.663E+002

RF: RX
MAX : 1550
MIN : 3
FILE: 07월03일
UNIT: N
DATE: 07/03/2008
VIEW-DIRECTION
Z: 0.000
X: 0.150
    
```



```

Nodes On
POST-PROCESSOR
DEFORMED SHAPE
RESULTANT
X-DIR= 4.580E-004
NODE= 1364
Y-DIR= 1.803E-002
NODE= 1449
Z-DIR= 2.818E-003
NODE= 1279
COMB.= 1.820E-002
NODE= 1480
SCALE FACTOR=
4.184E+002

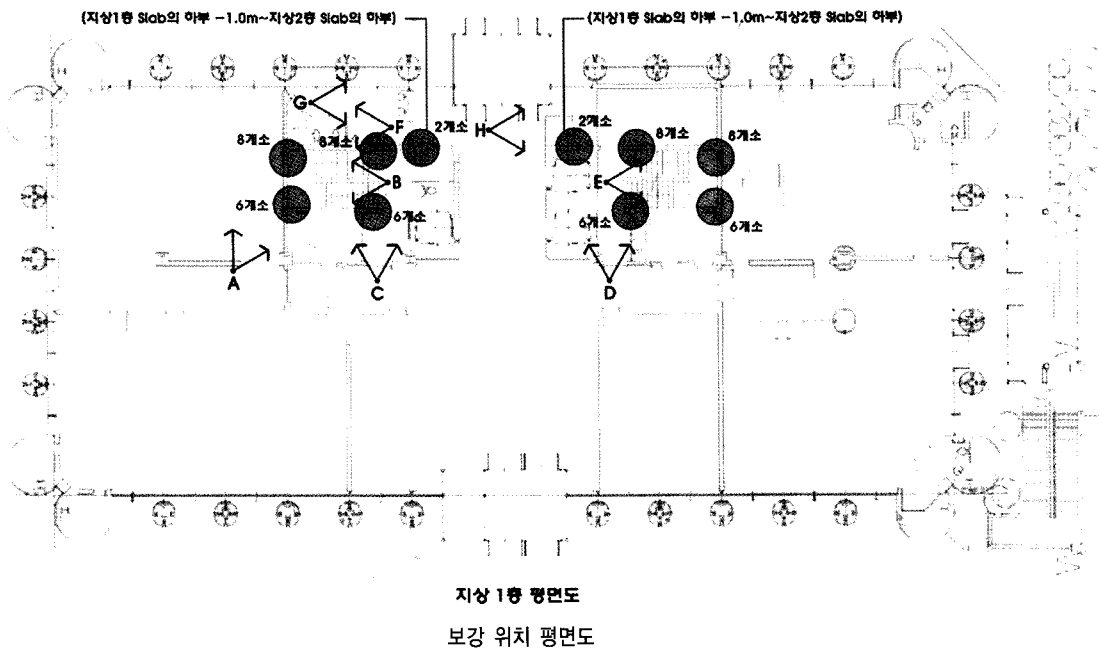
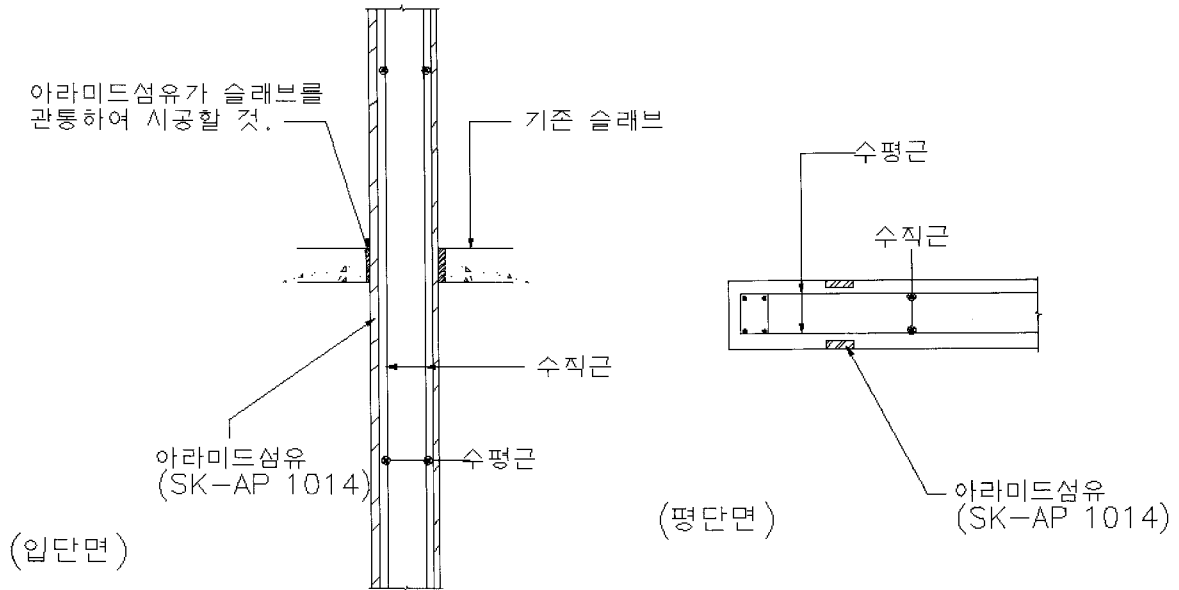
RF: RY
MAX : 1480
MIN : 3
FILE: 07월03일
UNIT: N
DATE: 07/03/2008
VIEW-DIRECTION
Z: 0.000
X: 0.150
    
```

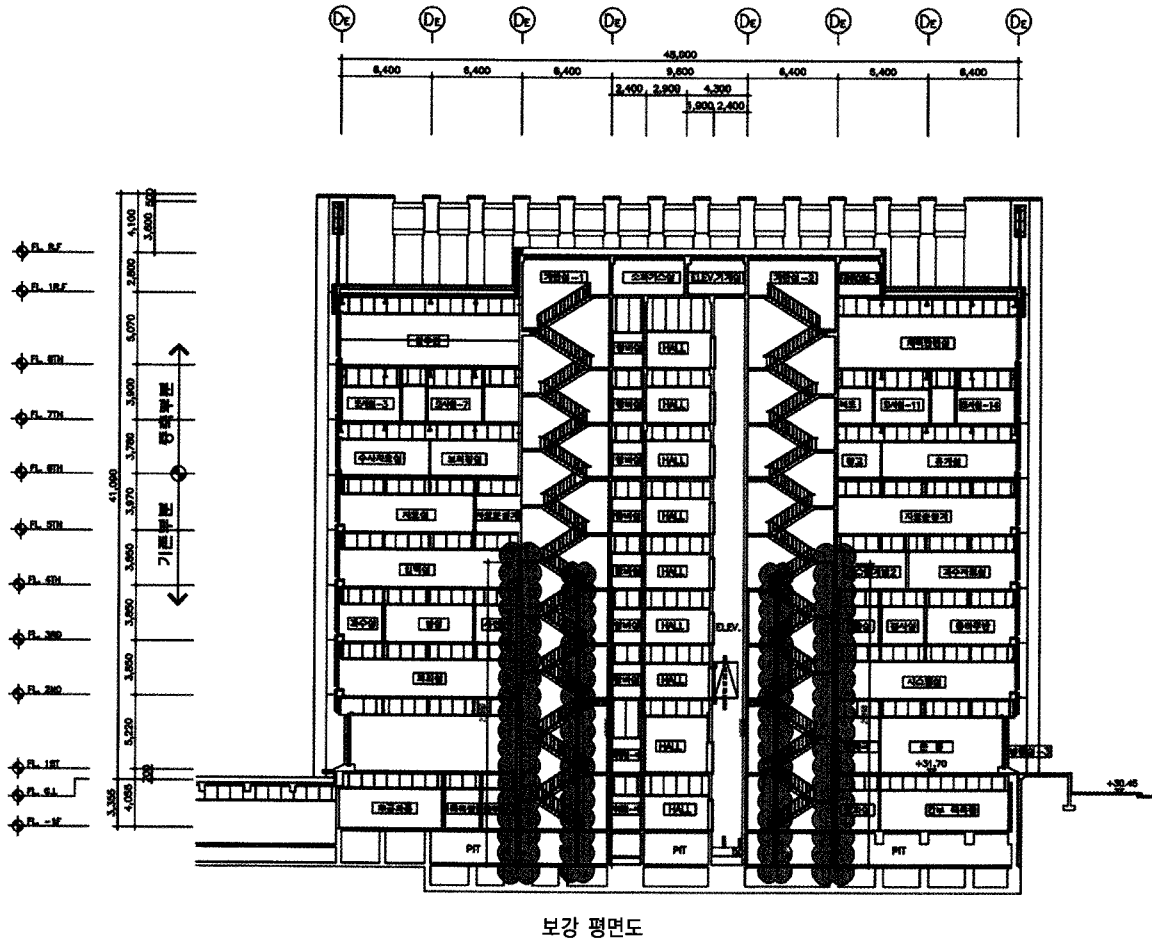
1. X-Direction
2. 0.0079H < 0.01H O.K

3. 0.0053H < 0.01H O.K
4. Y-Direction

■ 보강 설계

보강공법은 아라미드스트립(자연재해저감신기술제3호)을 적용하였으며 지하 1층에서 보강 위치까지 슬라브를 관통하여 보강재의 이음없이 보강하도록 하였고 마감을 고려하여 매입 시공하는 공법으로 설계하였다.





4. 시공

본 공공기관 내진보강공사는 지하1층에서 5층까지의 건물을 평소대로 사용하면서 보강공사를 진행하였으며 실증에는 우체국과 같이 많은 사람들이 수시로 사용하는 실, 공공기관 고위간부들이 사용하는실, 정밀장비들이 있는 실등 주요실에 대한 사용상의 불편함이 없도록 철저한 사전 시공계획을 수립하여 수행하였다.

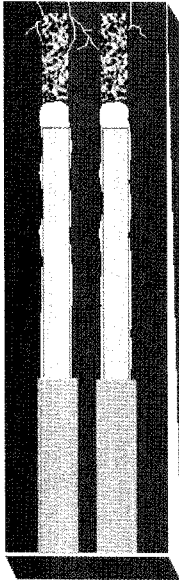
가) 공사기간 : 약 60일

나) 설계공사비 :

항 목	단위	수량	재 료 비		노 무 비		계
			단가	금액	단가	금액	
아라미드스트립 (AP-1014)	m	890	102,620	91,331,800	46,889	41,731,210	133,063,010
보 양	식	1		2,000,000		7,000,000	9,000,000
마감재복구	식	1		3,000,000		9,000,000	12,000,000
계				96,331,800		57,731,210	154,063,000

다) 시공 공정

아라미드섬유판의 표준시공 순서는 다음과 같다.



- | | |
|----------|---------------------------------|
| 콘크리트 취핑 | 1. 콘크리트 커팅 및 취핑
(콘크리트열화부위제거) |
| | 2. 노출된 철근의 방청처리 |
| | 3. 고압 공기 세척 및 건조 |
| | 4. 침투성경화제 도포 |
| | 5. 고강도몰탈 채움(단면복구) |
| 아라미드판 접착 | 6. Peel-Ply 탈착 |
| | 7. 접착제 도포 |
| | 8. 아라미드판 접착(가압접착) |
| | 9. 접착제 유출확인 및 단부코킹 |
| 양생 | 10. 시공부 보호 및 양생 |
| 마감 | 11. 미장 또는 도장(필요시) |

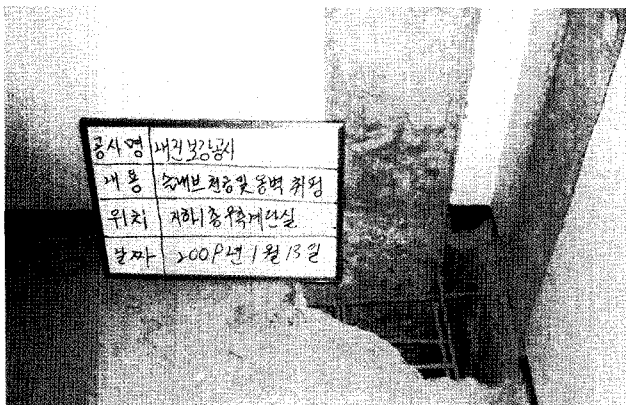
라) 계단실 시공

건물에는 2개소의 계단이 있으며 2개소의 계단 내부를 일시에 공사할 경우 계단 통행에 문제가 발생하므로 1개소의 계단 공사를 하는 동안 다른 계단을 사용할 수 있도록 시공 계획을 수립하여 공사를 하였다. 마감재 복구를 위한 바닥 비닐 타일은 쉽게 구할 수 있는 것이나 기존 계단 눈 슬립은 단절된 제품으로 재활용 방법을 사용하였다.

계단실 및 여러 개소는 미장 부위를 제거한 후 철근콘크리트 구조체에 필플라이 아라미드 스트립을 시공하였는데 보강 후 보강부분 미장마감은 균열유도를 위하여 비드를 설치하게 되면 불규칙한 많은 수직 줄눈으로 미관이 좋지 않게 되는 문제점이 있어 가능한 균열이 발생하지 않도록 메탈라스를 2중으로 설치하여 미장한 후 마감을 실시하게 되었다.

마) 사용중에 있는 주요실 시공

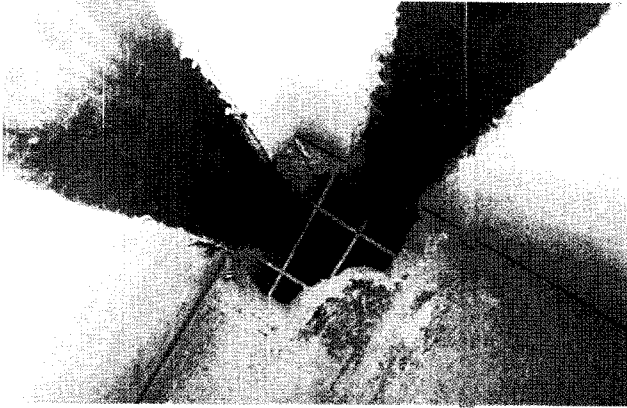
실제 사용하고 있는 실에서 보강을 실시하다보니 보양과 소음이 가장 큰 문제였다. 보양은 보강 벽체 부근에 합판으로 구획하여 철저히 실과 작업공간이 분리되도록 하여 먼지 분진등이 외부에 유출되지 않도록 하였고 작업공간내부에는 환풍시설 설치와 진공청소기를 이용하여 분진을 흡입하는 공법을 채택하였으며 더불어 사무실 분진 피해방지를 위하여 사무실 전체를 비닐로 보양을 실시하였다.



취핑 및 슬라브 천공



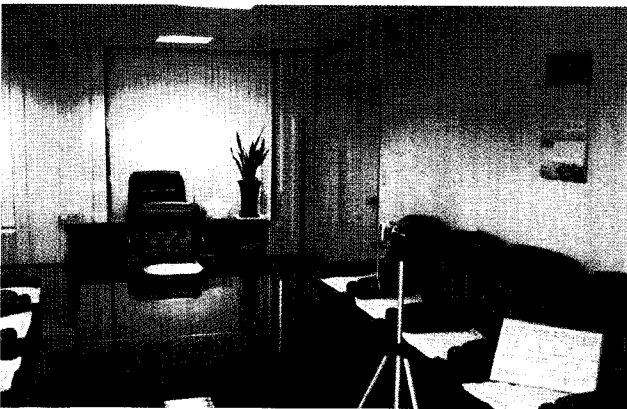
열화 부위 고강도 몰탈 채움



아라미드 스트립 부착



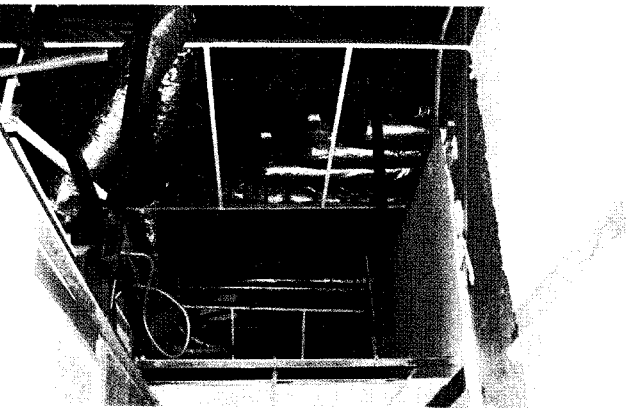
마감복구(미장 및 도장, 타일부착)



벽체 보강공사전



작업 공간 가설재설치 및 보양



마감재 제거 및 취핑

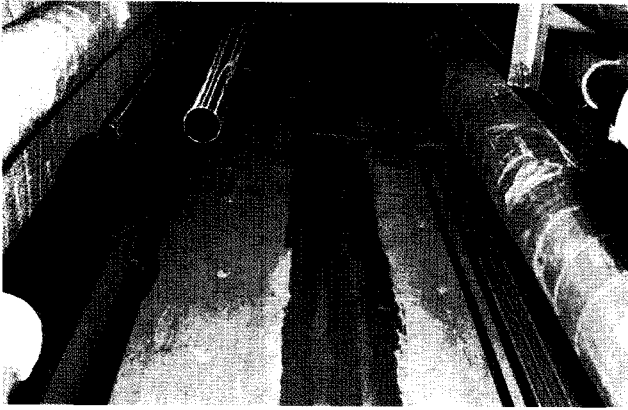


화장실 보강재 설치 후 방수 및 미장

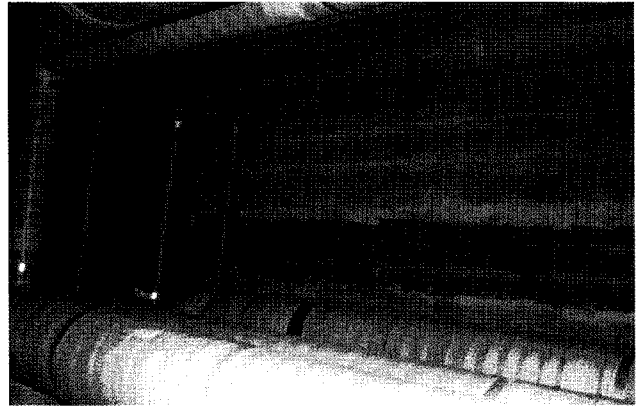
기존 건물에서의 내진보강 공사는 가장 큰 어려움은 마감재 복구에 있다. 천정재와 바닥재의 경우에는 가능한 기존 마감재를 그대로 재사용할 수 있도록 제거하여 보관한 후 복구를 하였다. 벽지가 있는 실의 경우 실 전체를 다시 도배공사를 하였고, 화장실의 경우 다행히 여분의 타일이 있어서 복구를 할 수 있었다.

바) 장애물이 있는 곳의 시공

전기분전반등 이설이 불가능한 장애물은 사전에 검토하여 보강위치를 조정하였으며 통신설비등 이설이 가능한 설비는 이설을 하였으며, 기계 및 전기 배관, 공조 덕트등은 공법의 특성상 시공이 가능하였으므로 이설없이 보강이 가능하였다.



피트 내부 장애물 및 보강

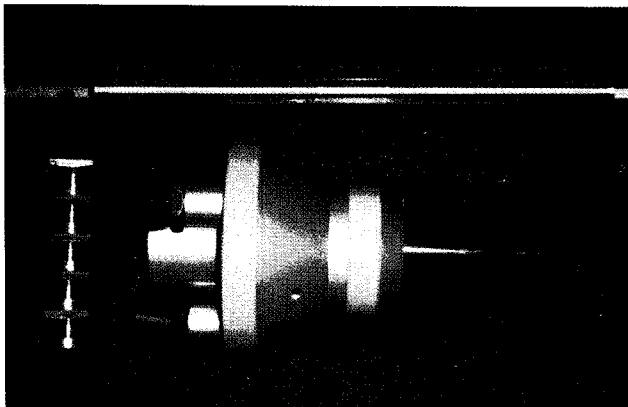


협소한 작업공간에서의 보강

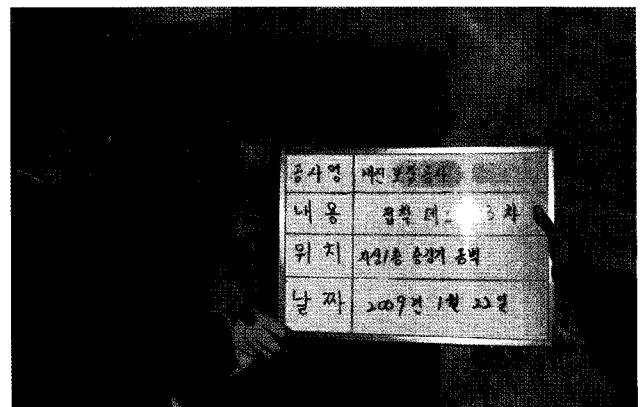
5. 성능시험

아라미드 스트립 및 사출 접착제의 접착력을 검증하기 위하여 현장에서 실제 시공부위와 같은 조건으로 아라미드 시험편개를 설치하여 접착력 시험을 실시하였다.

접착력 시험결과



접착력 시험기



접착력시험

구분	접착제(1차)	접착제(2차)	접착제(3차)	비고
파단시접착 강도(kgf/cm ²)	45	35	30	
파괴형태	모재파괴	모재파괴	모재파괴	
판정	양호(5kgf/cm ² 이상)	양호(5kgf/cm ² 이상)	양호(5kgf/cm ² 이상)	()접착강도 판정기준

6. 결론

건축물의 신축공사와 달리 기존건물의 보강 특히 건축물의 인원 또는 설비를 그대로 운영하면서 보강공사를 하는 것은 공법의 선택시 반드시 현장의 다양한 여건을 고려하여야 하며 시공시에도 철저한 시공 계획이 필요하였다. 또한 보강공사후에도

미관을 고려하여 마감재 복구를 하여야 하는데 이에 대한 검토도 공법선정시부터 사전에 충분히 고려하여야 경제적인 공사를 할 수 있다. 이번 에 실시한 공공기관 내진보강공사가 추후 진행될 내진보강공사에 많은 참고가 되었으면 한다.