

---

# 오산 중학교 구조보강 안전진단 보고서

---



2015. 2.



## 제 출 문

오산 중학교장 귀중

귀 사에게 의뢰받아 진행한“오산 중학교 구조보강 공사에 대한 안전진단 용역”  
에 대한 과업이 완료되었기에 그 결과물을 보고서로 제출하오며, 현장조사 기간  
중 적극 협조 해주셔서 감사드립니다.

2015. 2.

1주에이툼 엔지니어링  
대표이사/건축구조기술사

강 창 선



(☎135-010)서울특별시 성동구 성수동2가 280-13번지 삼환디지털벤처타워 207호

TEL : 02-6959-5104 , FAX : (02) 2024-0331

참여기술자 구분	성 명	기 술 자 격
책임기술자	강 창 선	건축 구조기술사
참여기술자	윤 용 복	건축 고급기술자
	김 진 수	건축 중급기술자
	김 우 일	건축 중급기술자

등록번호 제 서울-42 호



## 안전진단전문기관등록증

상 호 : (주)에이토펜지니어링

대 표 자 : 강창선, 김재현

사무소소재지 : 서울특별시 성동구 아차산로15길 52

(성수동2가, 삼환디지털벤처타워 207호)

분 야 : 건축

등록연월일 : 2005년 01월 20일

「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 제9조에 따른 안전진단  
전문기관으로 등록합니다.

2013년 07월 08일

서울특별시



## 종 합 결 론

### 1. 평가 개요 및 등급

1) 오산중학교 본관동 건물은 정밀안전진단을 통한 안전성 평가 등급이 D등급, 상태평가 C등급, 종합 평가 D등으로 인해 구조 보수 보강 공사를 진행 하였다. 따라서 보수 보강 설계된 도면을 바탕으로 보수 보강 위치의 일치 확인과 보수보상상태를 확인하여 건물안전성 등급을 재평가 하는데 목적이 있으며, 상태평가는 정밀안전진단 보고서의 평가 결과를 참조하였으며, 구조안전성 평가는 정밀안전진단 보고서와 구조보강 설계계산서를 참조하여 구조안전성을 재 평가 하였다.

### 2. 건축물 종합평가 시스템에 의한 평가

#### 2.1 정밀안전진단시 종합 평가 결과

층	구분	상태 및 안전성 평가							기울기 및 접하
		기둥	내력벽	큰보	작은보	슬래브	테두리보	종합	
지상1층 벽식(조적조)	안전성	-	5.00	-	-	3.00	9.00	7.76(D)	5.00 (C)
	상 태	-	5.00	-	-	5.00	5.00	5.00(C)	
	종 합	-	5.00	-	-	4.40	8.60	7.49(D)	
지상2층 벽식(조적조)	안전성	-	3.00	-	-	9.00	7.00	7.43(D)	
	상 태	-	5.00	-	-	5.00	5.00	5.00(C)	
	종 합	-	4.40	-	-	8.60	6.80	7.18(D)	
지상3층 벽식(조적조)	안전성	-	3.00	-	-	-	3.00	3.00(B)	
	상 태	-	5.00	-	-	-	5.00	5.00(C)	
	종 합	-	4.40	-	-	-	4.40	4.40(C)	
최 종 평 가	오산중학교 본관 건축물에 대한 외관조사, 내구성 및 변위조사, 구조 검토 결과를 종합하여 평가한 결과, 주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수보강이 필요하며, 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태인 종합평가등급 "D" 등급으로 평가됨.							안전성 평가	7.68 (D등급)
								상태 평가	5.00 (C등급)
								종합 평가	7.41 (D등급)

## 2.2 보강 후 재평가 결과 등급

### 평가결과(보강후)

층	안전성 / 상태									기울기 및 침하
	기둥	내력벽	큰보	작은보	슬래브	테두리보	접합부	종합		
전층 (1층 ~ 3층) 벽식	안전성	-	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	1.00(A)	5.00(C)
<b>최종결과</b>										

### 각층 보강 후 부재(RC)

부재 내력비 (소유강도/부재강도)								
평가부재	기둥	내력벽	큰보	작은보	슬래브	테두리보	접합부	
평가부재 1		0.366	0.700	0.544	0.486			
평가부재 2		0.369	0.260	0.487	0.553			
평가부재 3		0.585	0.707	0.70	0.6			
평가부재 4		0.706						
평가부재 5								

### <안전성 평가 등급 기준>

종합평가 등급	평가점수		평가 내용
	범위	대표 값	
A	$0 \leq x < 2$	1	구조물의 내력이 설계목표치를 만족하고, 부분 및 전반적으로 문제점이 거의 없는 최상의 상태(보강 후)
B	$2 \leq x < 4$	3	구조물의 내력이 설계목표치를 만족하나, 경미한 손상이 발생된 대체로 양호한 상태
C	$4 \leq x < 6$	5	구조물의 내력이 부분적으로 부족하나, 전반적으로 구조물의 안전성이 확보되어 있는 보통의 상태
D	$6 \leq x < 8$	7	전반적으로 구조물의 내력이 부족하여 구조물의 안전성 확보가 곤란하고 불량한 상태(보강 전)
E	$8 \leq x \leq 10$	9	전반적으로 구조물의 내력부족이 현저하여 붕괴가 우려되는 심각한 상태

## 3. 보수 보강 공사 완료 후 최종판정

본 건물의 정밀안전진단시 전반적으로 구조물의 보 및 트러스 부재의 내력이 부족하여 종합평가 등급이 "D"등급이 었으나 내력 부족 부분에 대한 전반적인 보수 보강이 완료된 상태에서 본 구조물은 **"C"등급으로 상향 판정**하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

금번 대상 구조물의 전반적 보수 보강이 이루어진 상태이므로 장기적 건물 수명연장을 위해서는 지속적 유지관리를 필히 하기를 권장 합니다.

# 01 | 일반 사항

- 1.1 과업의 목적 및 범위
- 1.2 대상 시설물의 위치도
- 1.3 대상 시설물의 개요
- 1.4 과업 수행 방법

## 1. 일반사항

### 1.1. 과업의 목적 및 범위

오산중학교는 준공 후 59년이 경과 되었으며, 2013년 최종 정밀안전진단을 실시하였으며, 그 종합평가 결과 D등급으로 평가되어 구조내력 부족 부재에 대한 보강설계가 이루어 졌으며 점검일 현재(2015년 1월) 구조보강공사가 진행중에 있다. 따라서 진단보고서 검토와 구조물 보수보강 상태를 설계 도면과 비교 검토하여 일치성 여부를 확인하고, 내력부족 부분이 보강이 완료 되었을때 C등급 상향이 가능한지 제 평가하여 안전성 확보여부를 확인하는데 목적이 있다.

- 자료수집 및 분석
- 현황조사 (부재실측, 시설물의 형태 조사)
- 상태조사 (보수 보강 상태 조사)
- 보강 설계 도서 검토
- 시설물의 상태평가 및 안전성 평가(진단 보고서 및 보강설계서 참조)
- 시설물의 보수·보강부위에 대한 효율적인 유지관리방안 제시
- 종합평가 및 보고서 작성

### 1.2. 대상 시설물의 위치도



대상 시설물 위치도

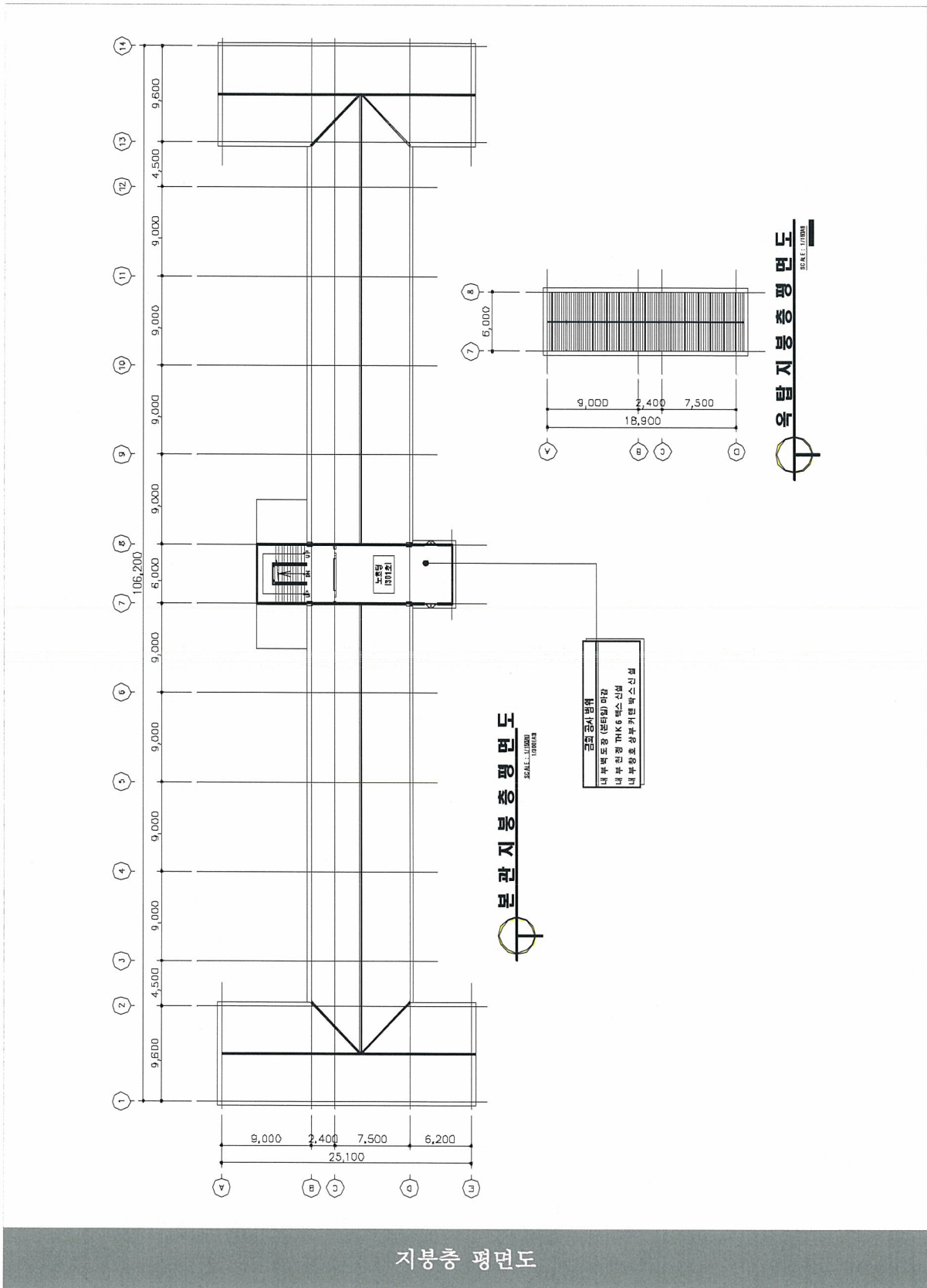


대상 시설물 전경

### 1.3. 대상 시설물의 개요

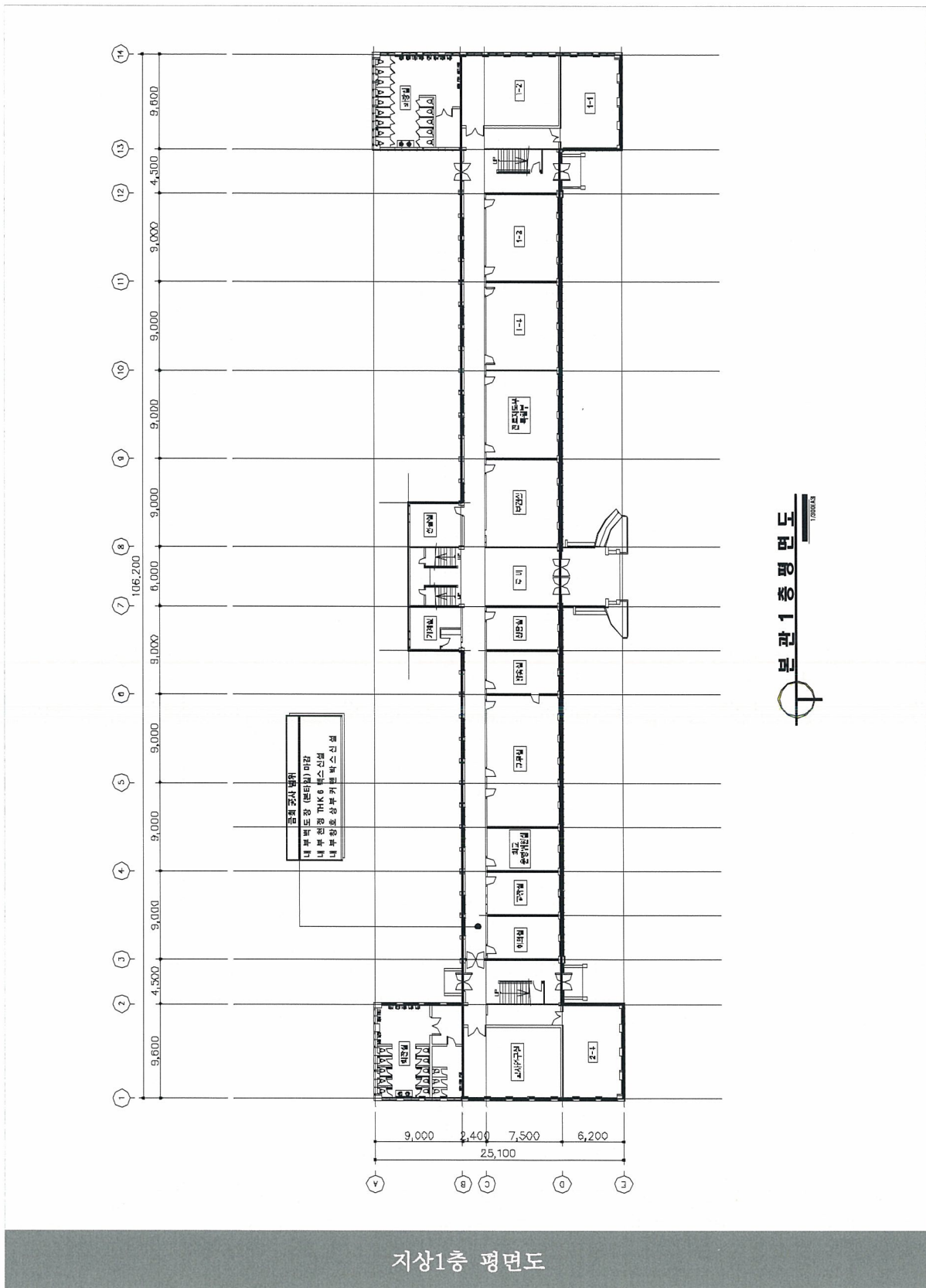
구 분	오산 중학교
위 치	서울특별시 용산구 보광동 168-4
연 면 적	3,121.37 m <sup>2</sup>
층 수	지상3층
주 용 도	교육연구시설 (중학교)
구 조	조적조/지붕 목조트러스
콘크리트 강도	$f_{ck} = 18\text{MPa}$ (180kgf/cm <sup>2</sup> )
철근 강도	$f_y = 240\text{MPa}$ (2,400kgf/cm <sup>2</sup> )
준공 년도	1956년
경과 년도	약 59년 경과

1.3.1. 대상 시설물 건축 평면도



지붕층 평면도





## 1.4. 과업 수행 방법

### 1.4.1. 방법

#### ■ 적용 기준 및 참고 사항

- 건축물의 구조기준등에 관한 규칙
- 극한강도 설계법에 의한 콘크리트 구조설계 기준 및 해설
- 건축물 하중기준 및 해설
- 강구조 설계기준
- 보강 설계서 및 정밀안전진단 보고서 참조

#### 1) 예비조사

대상 시설물에 대하여 현지 답사하여 특성을 파악하고, 정밀안전진단 보고서 및 보강 설계도서를 참고하고 관계자 질의 등의 자료를 요청·수집하여 과업을 수행하는데 활용하도록 한다.

#### 2) 본 조사

사전 예비조사에서 선정된 자료 및 정보를 기초로 육안검사와 간단한 실측 장비를 통해 보수 보강 상태를 확인 하였다.

#### (가) 육안조사

① 시설물의 내부 보수 보강 현황을 도면과 비교 확인 하였다.

② 부재 치수실측

- 보강 부재의 치수를 실측하여 도면과 비교 하였다

#### (다) 분석 평가(내업)

##### (1) 시설물의 상태 평가

시설물에 대한 상태평가는 정밀안전진단 보고서에서 조사한 평가 자료를 활용하였다,

##### (2) 시설물의 구조 안전성 평가

본 진단의 안전성 평가는 정밀안전진단시 오산중학교 본관동이 D등급으로 평가되어 보수 보강을 하여 구조안전성을 확보 하도록 되어 있어 금번 진단에서는 정밀안전진단 보고서와 구조보강 설계서를 참조하여 보강이 설계 도서대로 제대로 이루어 졌는지 확인 하여 최종 안전성 평가를 하였다.

## 02 | 보수 보강 현황조사

- 2.1 예비조사 및 정밀조사
- 2.2 설계도서 및 현장조사 비교 검토
- 2.3 조사

## 2. 보수 보강공사 현장조사

대상 시설물의 현장조사 분석은 예비조사와 정밀조사의 결과에 관하여 각각 실시한다. 예비조사는 설계도서와 관계 자료의 검토를 실시하며, 정밀조사는 정밀 육안조사와 보수보강 부위에 대한 상태 확인을 실시 하였다.

### 2.1. 예비조사 및 정밀조사

예비조사는 정밀조사 착수 전에 관리주체가 보유한 설계도서, 시설물의 유지관리에 관련된 각종 서류의 확인·검토를 통하여 정밀조사의 범위 및 방법을 결정하며, 현장조사에서 수집된 설계 도서는 <표2-1>과 같다.

< 표 2-1 > 설계도서 및 시설물 관련서류

설계도서 및 참고자료	
설계도서	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 2013년 정밀안전진단 보고서</li> <li>◦ 구조보강 구조계산서 및 보강 설계도서</li> </ul>

### 2.2. 관련도서 및 현장조사 비교 검토

#### 2.2.1. 도면 검토 및 현장조사 자료 비교분석

##### ① 관련도서 검토

대상 시설물은 설계도서(구조보강 설계서, 정밀안전진단 보고서)를 참조로 하여 현장 조사 시 비교 검토 하였다.







사진.1 보 하부 탄소섬유 보강(바탕 면처리)



사진.2 보 하부 프라이머도포 및 에폭시 실링



사진.3 보 하부 탄소섬유 보강 완료후



사진.4 보 하부 탄소섬유 보강 후 기포 발생부분 에폭시 주입 보완 작업



사진.5

지붕층 목조트러스 바탕 먼처리



사진.6

지붕층 목조트러스 바탕 먼처리후



사진.7

지붕층 목조트러스 철판보강 완료후



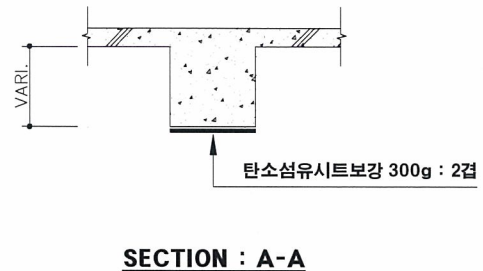
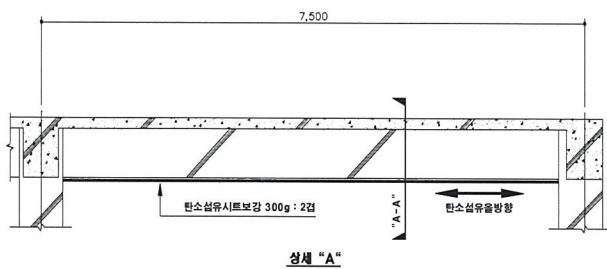
사진.8

지붕층 목조트러스 철판보강 완료후

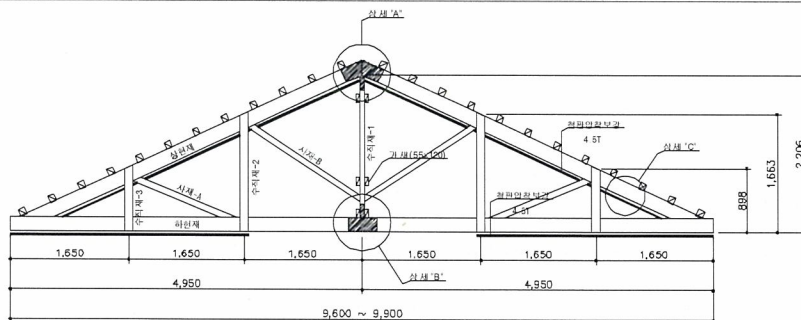
### 2.3. 보강 일치 조사

본 시설물에 대한 보강 위치 조사는 구조보강도면을 바탕으로 현장에서 확인하여 비교·검토를 실시하였으며, 조사결과 보강도면과 일치 하는 것으로 조사 되었다.

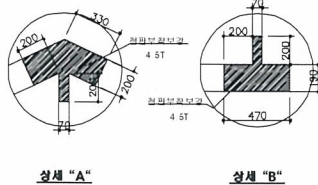
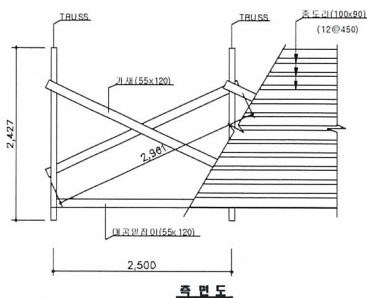
위치	부재명	단 면 치 수(mm)		비 고
		보강방법	현장조사(mm)	
5~7×C~D 8~12×C~D	2B1	탄소섬유 300g 2PLY	탄소섬유 300g 2PLY	일치
지붕층 목조트러스 전체	트러스	상·하현재 4.5t 철판부착	상·하현재 4.5t 철판부착	일치



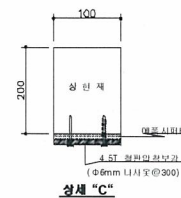
내 용	2층 바닥보(B1) 탄소섬유 보강상세(1)	내 용	2층 바닥보(B1) 탄소섬유 보강 상세(2)
-----	-------------------------	-----	--------------------------



목조트러스 보강도(1)  
SCALE 1/400



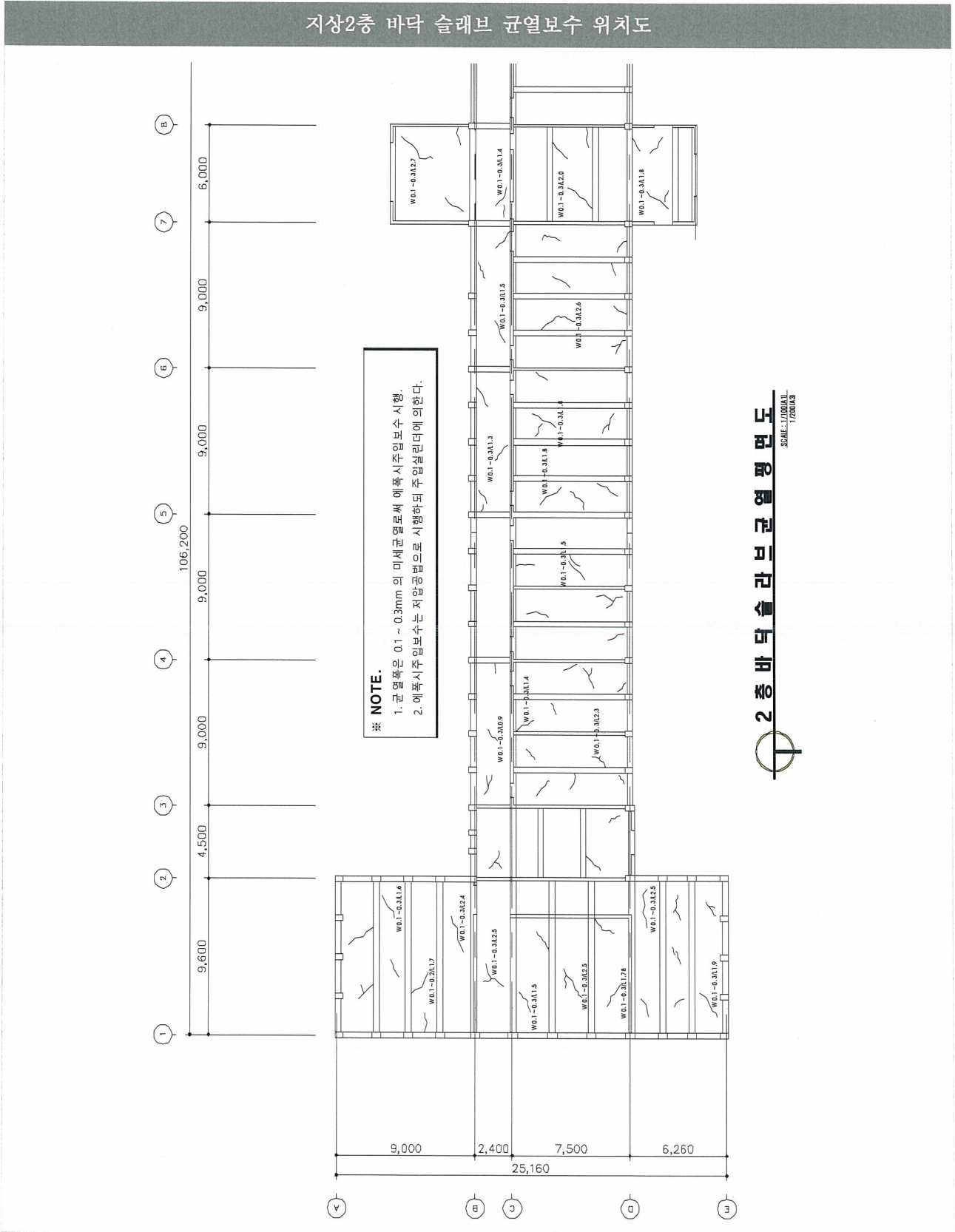
※ NOTE.  
1 기본 목재 표면을 선당직접으로 비방사리 한다  
2 일탄보강 및 각재 및탄보강직접 완료 후 방부방충제를 3회 분무살포 대강한다



부재명	부재 크기(mm)	비고
상 하재	100 200	비방사리
수직부재	90 150	
수직부재-1	90 70	
수직부재-2	55 120	2/A
수직부재-3	55 120	2/A
상재-A	110 80	
상재-B	100 90	

내 용	목조트러스 보강 상세
-----	-------------

2.3.1 균열 보수 위치 평면도



---

## 04 | 진단보고서 구조검토 결과 검토

---

- 4.1 일반사항
- 4.2 구조해석에 의한 검토
- 4.3 내력검토 결과

## 4.1. 일반 사항

### 4.1.1. 시설물의 안전해석의 의의

정밀안전진단 보고서의 구조검토 내용과 구조보강 설계 구조계산서의 데이터를 참조하여 구조물의 안전과 내력 및 구조적·기능적 안전성을 검토하였다.

### 4.1.2. 정밀안전진단 보고서 구조검토

- ① 본 구조물은 설계도서가 없어 구조 해석에 필요한 DATA는 현장조사(단면조사, 각종 비파괴시험)토대로 실시하여 시설물의 구조 안전성 여부가 검토 되었다
- ② 하중은 현장조사 안전진단 보고서 자료를 참조로 고려하였다.
- ③ 진단 시설물의 구조해석 및 부재의 내력검토는 MIDAS / GENw , MIDAS/SET 프로그램을 사용하여 검토를 하였다.

### 4.1.3. 설계방법 및 참고 기준

#### 1. 적용규준

- ① 설계하중 - 건축구조설계기준 2009(KBC 2009)-대한건축학회  
- 적재하중은 시공당시 하중을 적용함.
- ② 부재설계 - 건축구조설계기준 2005, 2009(KBC 2005, 2009)-대한건축학회  
- 극한강도 설계법에 의한 철근콘크리트 구조설계기준(2007, 2012)

#### 2. 참고자료

※ 정밀안전진단 보고서, 구조보강 공사 구조계산서, 보강 구조도면

#### 3. 사용재료의 강도

재 료 강 도	콘크리트 압축강도	$f_{ck} = 18\text{MPa} \quad (180\text{kgf/cm}^2)$
	철근 인장강도	$f_y = 240\text{MPa} \quad (2,400\text{kgf/cm}^2)$
	철 판	$f_y = 240\text{MPa} \quad (2,400\text{kgf/cm}^2)$ (보강재)

4.1.4. 검토 설계 하중(진단 보고서 참조)

단위 : kN/m<sup>2</sup>

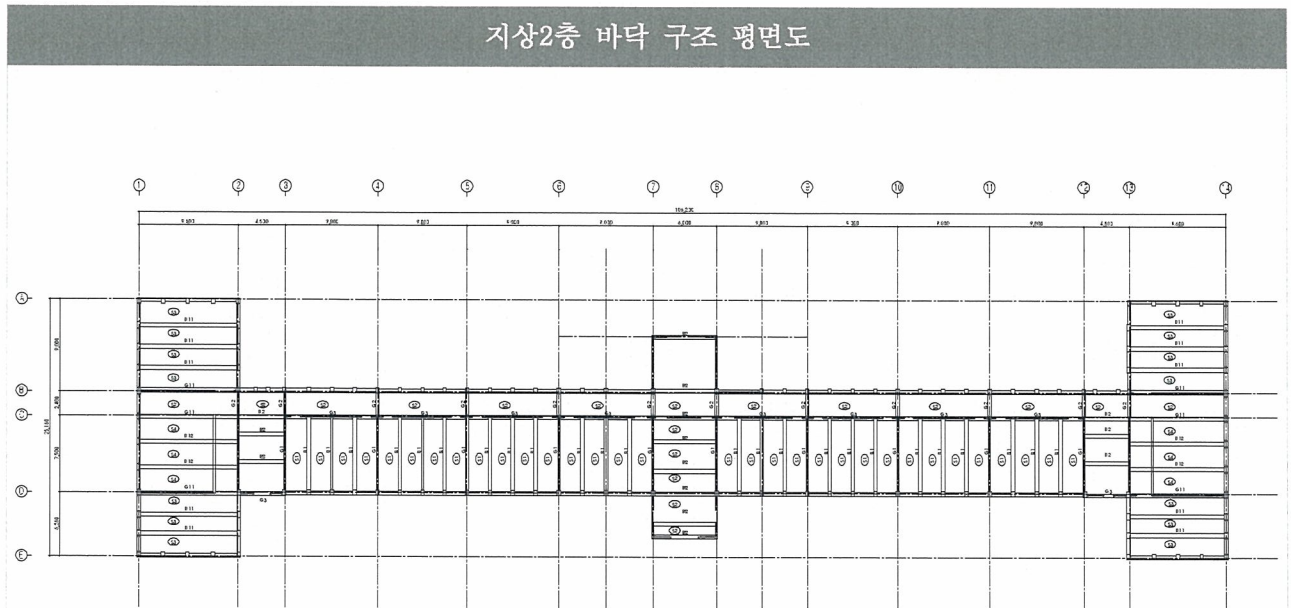
층 수	용도	고정하중 (Dead Load)	활하중 (Live Load)	사용하중 (DL + LL)	비 고
지붕층	-	0.70	1.00	1.70	
지상2층	교실	4.00	2.30	6.30	슬래브
			2.10	6.10	보, 기둥
	계단실	6.70	3.60	10.30	슬래브
			3.30	10.00	보, 기둥
지상1층	교실, 교무실	4.00	2.30	6.30	슬래브
			2.10	6.10	보, 기둥
	계단실	6.70	3.60	10.30	슬래브
			3.30	10.00	보, 기둥

단위 : kN/m<sup>2</sup>

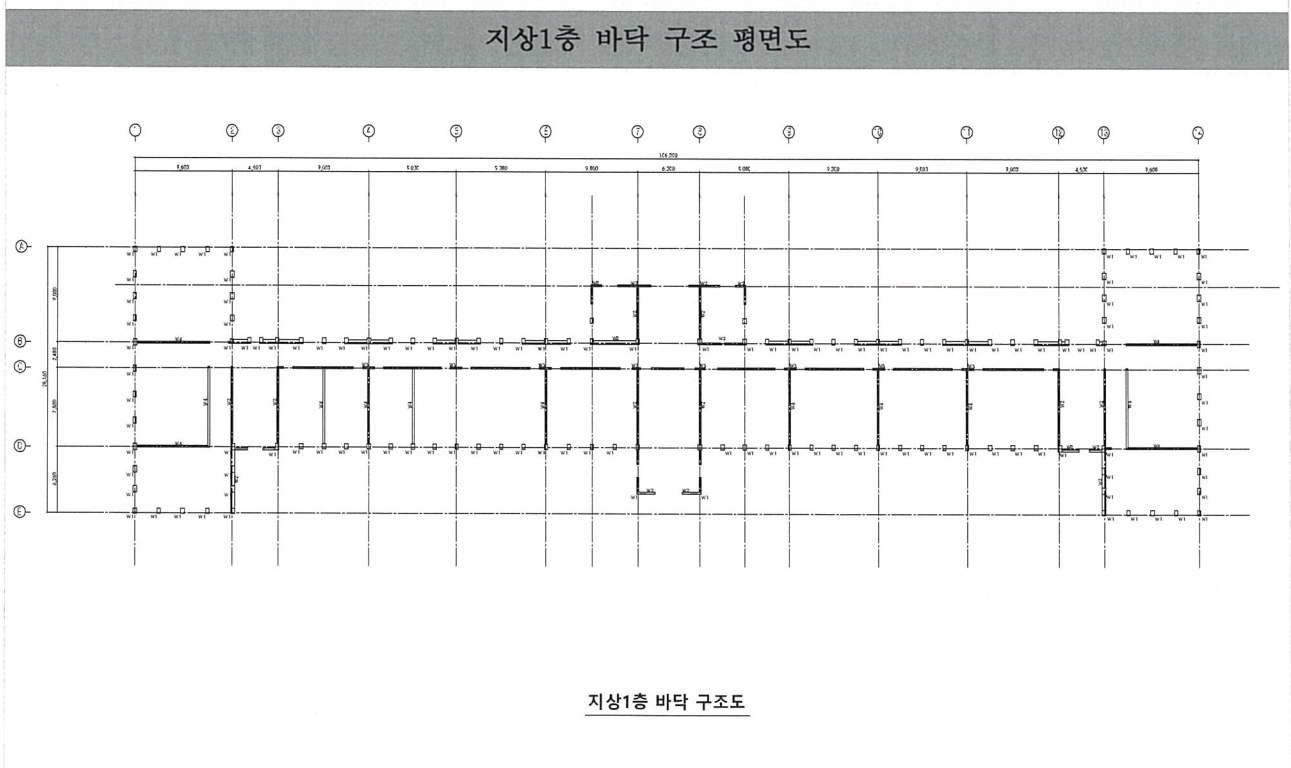
종류	벽체 두께	고정하중 (Dead Load)	비 고
외부벽체	1.5B 벽돌 (t=340mm) + 모르타르 (t=40mm)	7.30	
내부벽체	1.0B 벽돌 (t=300mm) + 모르타르 (t=40mm)	6.54	
	벽돌 (t=230mm) + 모르타르 (t=40mm)	5.21	

※벽돌 → 일반벽돌 단위중량 : 19.0kN/m<sup>3</sup> 적용.

#### 4.1.4. 구조평면도



지상2층 바닥 구조도



지상1층 바닥 구조도

## 4.2. 정밀안전진단 보고서의 구조 검토 결과

### 4.2.1. 슬래브 부재 검토 결과

추정설계기준강도 :  $f_{ck}=18.0\text{MPa}$ ,  $F_y=240.0\text{ MPa}$

부재명			배근상태	모멘트(kN-m)			평가	비고
				M	Ma	응력비 (M/Ma)		
2S1 (T=120)	단변 방향 (Lx=2.25)	단부	D10@150	3.22	6.63	0.486	O.K	
		중양부	D10@150	2.21	6.63	0.334	O.K	
2S2 (T=120)	단변 방향 (Lx=2.4)	단부	D10@150	3.67	6.63	0.553	O.K	
		중양부	D10@150	2.52	6.63	0.380	O.K	
2S4 (T=120)	단변 방향 (Lx=2.5)	단부	D10@150	3.98	6.63	0.600	O.K	
		중양부	D10@150	2.73	6.63	0.413	O.K	

### 4.2.2. 보 부재 검토 결과

추정설계기준강도 :  $f_{ck}=18.0\text{MPa}$ ,  $F_y=240.0\text{ MPa}$

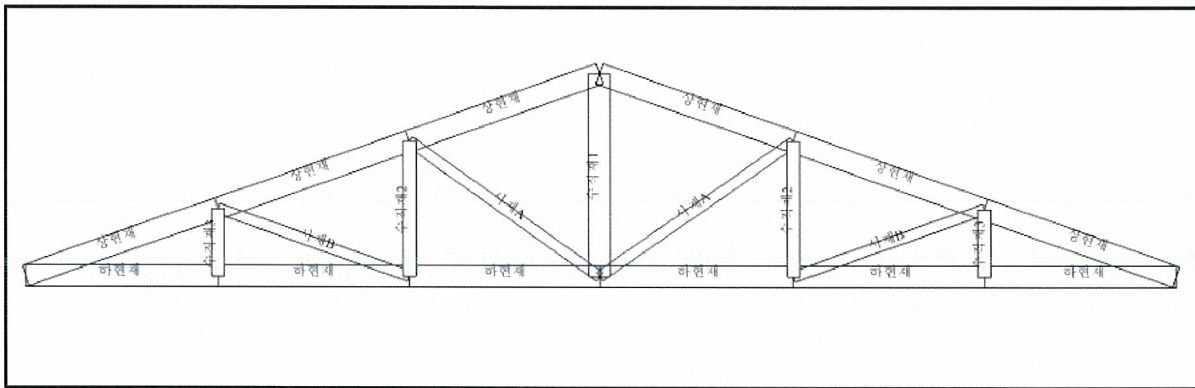
부재명		배근상태	모멘트			평가	전단력			평가
			M (kN-m)	Ma (kN-m)	응력비 (M/Ma)		V (kN)	Va (kN)	응력비 (V/Va)	
2G1 (350×800)	단부	5-D19 2-D10@200	100.9	144.0	0.700	O.K	74.9	183.1	0.409	O.K
	중양부	5-D19 2-D10@200	52.8	144.0	0.366	O.K	41.8	183.1	0.228	O.K
2G2 (350×450)	단부	2-D19 2-D10@200	8.2	31.4	0.260	O.K	15.8	100.0	0.158	O.K
	중양부	3-D19 2-D10@200	4.9	47.2	0.104	O.K	11.1	100.0	0.111	O.K
2B1 (350×600)	단부	5-D19 2-D10@200	74.2	104.7	0.709	O.K	73.9	134.1	0.555	O.K
	중양부	3-D19 2-D10@200	87.2	64.9	1.344	<b>N.G</b>	43.9	134.1	0.319	O.K
2B2 (350×550)	단부	5-D19 2-D10@200	90.7	94.8	0.956	O.K	77.0	120.6	0.638	O.K
	중양부	5-D19 2-D10@200	73.6	94.8	0.776	O.K	51.7	120.6	0.429	O.K
2G11 (350×800)	단부	5-D19 2-D10@200	101.9	144.0	0.707	O.K	88.1	183.1	0.481	O.K
	중양부	5-D19 2-D10@200	85.2	144.0	0.592	O.K	50.0	183.1	0.273	O.K
2B11 (350×800)	단부	5-D19 2-D10@200	93.8	144.0	0.651	O.K	98.3	183.1	0.537	O.K
	중양부	5-D19 2-D10@200	160.2	144.0	1.112	<b>N.G</b>	53.6	183.1	0.292	O.K
2B12 (350×800)	단부	5-D19 2-D10@200	100.9	144.0	0.700	O.K	85.3	183.1	0.466	O.K
	중양부	5-D19 2-D10@200	85.6	144.0	0.594	O.K	55.0	183.1	0.293	O.K

### 4.2.3. 조적벽체 검토 결과

모르타르 압축강도 : 10.4MPa , 벽돌 압축강도 : 10MPa

구분	벽체두께 (mm)	벽체길이 (mm)	유효높이 (mm)	압축력 (kN)	허용압축력 (kN)	응력비	판정	
W1	2F	380	600	3,400	47.90	130.97	0.366	O.K
	1F	380	600	3,700	140.50	129.73	1.083	SAY O.K
W2	2F	340	4,500	3,400	129.00	867.58	0.149	O.K
	1F	340	4,500	3,700	316.00	857.16	0.369	O.K
W3	2F	230	7,400	3,400	64.00	294.51	0.217	O.K
	1F	230	7,400	3,700	169.00	288.67	0.585	O.K
W4	2F	100	7,400	3,400	264.00	1104.41	0.239	O.K
	1F	100	7,400	3,700	764.00	1082.53	0.706	O.K

### 4.2.4. 목구조트러스 검토 결과



【그림 4.1】 지붕 목구조트러스 입면도

$F_c = 4.5\text{MPa}$ ,  $F_t = 3.5\text{MPa}$ ,  $F_b = 4.5\text{MPa}$

부재명	크기(mm)		P (kN)	M (kN·m)	압축 ( $f_c / F_c$ )	인장 ( $f_t / F_t$ )	휨 ( $f_b / F_b$ )	응력비	판정
	B	H							
상현재	90	180	-34.70	1.10	2.14/4.5	-	9.05/4.5	2.488	N.G
					0.476	-	2.012		
하현재	90	180	41.80	0.10	-	2.58/3.5	0.82/4.5	0.920	O.K
					-	0.737	0.183		
수직재 ①	180	90	14.60	-	-	0.90/3.5	-	0.257	O.K
					-	0.257	-		
수직재 ②	110	110	3.20	-	-	0.26/3.5	-	0.076	O.K
					-	0.076	-		
사재 ㉠	90	90	-12.40	0.02	3.24/4.5	-	0.65/4.5	0.867	O.K
					0.721	-	0.146		
사재 ㉡	90	90	-8.20	0.04	1.86/4.5	-	1.31/4.5	0.708	O.K
					0.415	-	0.293		

-지붕 목조 트러스 보강설계 재검토 결과-

트러스 부재 재 실측에 의한 단면크기 고려한 재검토 결과임

$$F_c = 4.5\text{MPa}, F_t = 3.5\text{MPa}, F_b = 4.5\text{MPa}$$

부재명	크기(mm)		P (kN)	M (kN·m)	압축 ( $f_c / F_c$ )	인장 ( $f_t / F_t$ )	휨 ( $f_b / F_b$ )	응력비	판정
	B	H							
상현재	100	200	-50.68	1.32	2.53/4.5	-	1.98/4.5	1.002	N.G
					0.563	-	0.439		
하현재	90	190	44.78	0.82	-	2.62/3.5	1.52/4.5	1.086	N.G
					-	0.748	0.338		
수직재 ①	180	90	16.0	-	-	2.54/3.5	-	0.726	O.K
					-	0.726	-		
수직재 ②	110	110	4.13	-	-	0.31/3.5	-	0.089	O.K
					-	0.089	-		
사재 ㉠	90	90	-11.64	-	1.32/4.5	-	-	0.294	O.K
					0.294	-	-		
사재 ㉡	90	90	-8.6	-	0.96/4.5	-	-	0.212	O.K
					0.212	-	-		

### 4.3. 내력 검토 결과

정밀안전진단시 구조검토 결과는 다음과 같다.

부재	검토 결과
슬래브	▶ 내력 확보함

부재	검토 결과
보	▶ 2B1, 2B11 휨내력 부족

부재	검토 결과
조적벽체	▶ 내력확보함

부재	검토 결과
목조 트러스	▶ 상현재 내력부족 ▶ 목조 트러스 보강설계 재검토에서는 상·하현재 내력부족

- ▶ 보고서 검토 결과 2층 보(2B1,2B11)에서 휨내력이 부족하여 보강이 필요한 것으로 검토 되었으나 보강설계 재검토에서 2B11은 내력이 확보되는 것으로 검토되어 보강에서 제외 되었다. 그리고 지붕층 목조트러스에서 상현재에서 내력이 부족한 것으로 검토되어 보강이 필요한 것으로 검토 되었으나 보강설계 재검토에서 상하현재가 내력이 부족하여 철판 보강으로 보강설계 되었다.

---

# 05 | 보강 방안 검토

---

5.1 개요

5.2 보수 방안

5.3 보강 방안

### 5.1. 개요

오산중학교는 정밀안전진단을 통하여 현장조사 결과와 구조검토 결과를 바탕으로 균열 발생부분은 에폭시 주입 공법으로 균열 보수를 하고 보 구조보강은 탄소섬유 공사, 목조트러스는 전면 교체로 설계되었으나 최종 구조보강 공법은 구조보강 재설계를 통해 보 보강은 원안대로 탄소섬유보강을 하고 목조트러스는 내력부족재인 상하현재에 철판부착 보강으로 설계가 이루어 졌다.

### 5.2. 보수 방안

항 목	보수방법	비 고
콘크리트 균열 및 조적균열	에폭시주입공법 (건식)	슬래브, 보
	V-Cutting(메꿈식 균열보수)	조적벽체

#### 1) 에폭시 주입공법

1. 균열부비탕처리

2. 에폭시퍼티실링

3. 좌 대 부 착

4. 에폭시수지 주입

5. 주입실린더 제거

6. 보수부위 면처리  
(노출면인 경우)

**단면상세**

**※ 시공시 주의사항 및 관리요점**

1. 주재 및 경화제의 배합비율을 제품사양에 따라 정확하게 계량하고 원형 유지에 전동공구를 이용하여 배합할 것.
2. 보수작업 당시의 작업여건 및 환경과 온도에 적합한 재료선택.
3. 콘크리트의 미장마감면 균열을 보수하는 경우 미장면을 취평제거하고 콘크리트 구체 균열에 직접 주입보수함(미장면을 V-커팅 한 후 주입 시행)
4. 균열속 완전주입을 위하여 주입실린더의 잔류량이 남은 상태로 경화될 수 있도록 주입실린더의 주입재가 주입완료되면 즉시 재충진하여 연속주입이 되어야 한다.

**에폭시주입공법 시공순서도**

SCALE : 1/1000 & 1/500 & 1/200 & 1/100 & 1/50

NO.	DATE	REVISION	DRAWN	APPROVED

**(주)두은건축사 사무소**

ARCHITECTS & PLANNERS  
TEL : 02-1583-4780  
FAX : 02-1583-4790

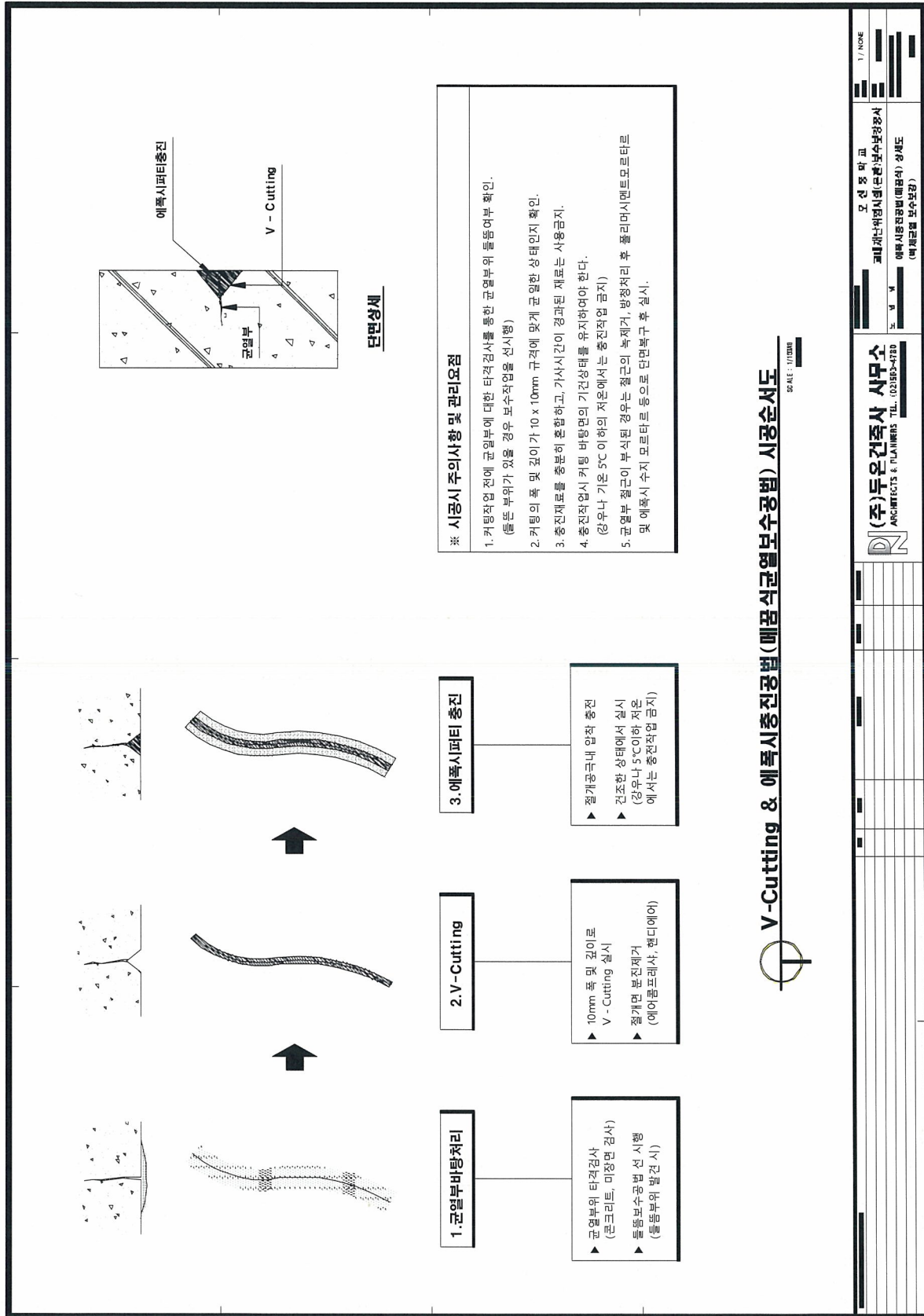
**오산중학교**  
교내재난위험시설(본관)보수보강공사

DATE : 2013.09

도면명 : 에폭시 주입공법 상세도  
(슬래브 보수보강)

SCALE : 1/1000  
PAGE : 1 / NONE

2) V-Cutting 및 에폭시 충전공법(메공식 균열 보수)



### 5.3. 보강 방안

#### 1) 내력보강 공법

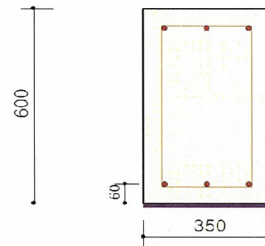
항 목	보강방법	비 고
2층 바닥 보	탄소판 보강	부록 보강위치도 참조
지붕층 목조 트러스	정밀안전진단시-트러스 전면교체 시공 목조트러스 구조보강 설계 - 철판부착 보강	부록 보강위치도 참조

#### 2) 보강 후 내력 검토 결과

##### ① 보 검토(2B1)

##### 1. Geometry and Materials

Design Code : KCI-USD03 (Build.)  
 Stress Profile : Parabolic  
 Material Data :  $f_{ck} = 18 \text{ MPa}$  ( $\beta_1 = 0.850$ )  
 $f_y = 240$ ,  $f_{ys} = 240 \text{ MPa}$   
 Section :  $600 \times 350 \text{ mm}$   
 Top Bar (Layer 1) : 3 - D19 ( $d_t = 60 \text{ mm}$ )  
 Bot. Bar (Layer 1) : 3 - D19 ( $d_b = 60 \text{ mm}$ )  
 Stirrups : 2 - D10 @ 200



##### 2. Strengthening Materials

Location	$W_{FH}$ (mm)	$T_{FH}$ (mm)	$f_{FH}$ (MPa)	$E_{FH}$ , Allow	Reduc.F( $\beta$ )
1	350	0.334	3481	0.015	0.7639

##### 3. Member Force and Moment

$M_u = 135.0 \text{ kN-m}$      $V_u = 54.0 \text{ kN}$

##### 4. Check Tension Reinforcement

$A_s = \Sigma(A_{bar} + A_{FH} * (f_{FH}/f_y) * \beta) = 2155 \text{ mm}^2$   
 $A_s' = \Sigma(A_{bar}') = 860 \text{ mm}^2$   
 $d_c = (A_s * \Sigma d_{cc}) / (A_s) = 24 \text{ mm}$   
 $d_c' = (A_s' * \Sigma d_{cc}') / (A_s')$   
 $d = H - d_c = 576 \text{ mm}$   
 $A_{s,min1} = (0.25 \sqrt{f_{cs}} / f_y) * B d = 891 \text{ mm}^2$   
 $A_{s,min2} = (1.4 / f_y) * B d = 1176 \text{ mm}^2$   
 $A_{s,min} = \text{Max}[A_{s,min1}, A_{s,min2}] = 1176 < 2155 \text{ mm}^2 \dots\dots \text{O.K.}$   
 $\rho_e = 0.85 \beta (f_c' / f_y) * 600 / (600 + f_y) = 0.0387$   
 $f_{so}' = 600 - d_c' / d' * (600 + f_y) = 506.7 \text{ MPa}$   
 $f_{so} = \text{Min}[f_{sb}', f_y] = 240.0 \text{ MPa}$   
 $A_{s,reqd} = 0.75 \rho_e (H - d_c) B + A_c' * f_{cb} / f_y = 6712 > 2155 \text{ mm}^2 \dots\dots \text{O.K.}$

##### 5. Bending Moment Capacity - Before Strengthening

$c = 56 \text{ mm}$   
 Compression : Concrete  $C_c = 246.1 \text{ kN}$   
 Compression : Rebar  $C_s = 0.0 \text{ kN}$   
 Tension : Rebar  $T_s = -246.1 \text{ kN}$   
 Strength Reduction Factor  $\Phi = 0.900$   
 Design Moment Strength  $\Phi M_n = 97.2 \text{ kN-m}$   
 Strength Ratio :  $M_u / \Phi M_n = 1.389 > 1.300 \dots\dots \text{N.G.}$

## 6. Bending Moment Capacity - After Strengthening

- Neutral Axis Depth  $c = 85 \text{ mm}$
- Compression : Concrete  $C_c = 377.3 \text{ kN}$
- Compression : Rebar  $C_s = 139.9 \text{ kN}$
- Tension : Rebar  $T_s = -206.3 \text{ kN}$
- Tension : FRP  $T_{FRP} = -310.9 \text{ kN}$
- Strength Reduction Factor  $\Phi = 0.900$
- Design Moment Strength  $\Phi M_n = 248.3 \text{ kN-m}$
- Strength Ratio :  $M_d/\Phi M_n = 0.544 < 1.000 \dots\dots \text{O.K.}$

## 7. Check Strain in FRP at Required Flexural Strength

- Design Moment Strength  $\Phi M_n = 135.0 \text{ kN-m}$
- Neutral Axis Depth  $c = 102 \text{ mm}$
- Strain in Concrete  $\epsilon_c = 0.0008$
- Max. Strain in FRP  $\epsilon_{FRP} = 0.0040 < \epsilon_{FRP, Allow} = 0.0150 \text{ ---} > \text{O.K.}$

## 8. Check Shear

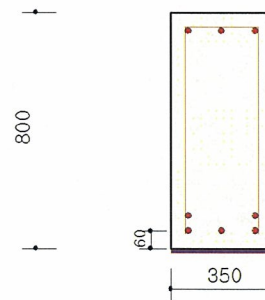
- Strength Reduction Factor  $\Phi = 0.850$
- $V_c = 1/6\sqrt{f'_c}Bd = 133.6 \text{ kN}$
- $V_s = A_v f_y d/s = 92.4 \text{ kN}$
- $\Phi V_1 = \Phi(V_c + V_s) = 192.2 \text{ kN} > V_u = 54.0 \text{ kN} \text{ ---} > \text{O.K.}$

② 보 검토(2B11)

2B11 부재는 정밀안전진단 검토에서는 휨내력이 부족한 것으로 되어 있으나 보강 설계 검토에서 재 검토 한 결과 보강을 하지 않아도 내력을 내력이 확보되는 것으로 검토되었다.

1. Geometry and Materials

Design Code : KCI-USD03 (Build.)  
 Stress Profile : Parabolic  
 Material Data :  $f_{ck} = 18 \text{ MPa}$  ( $\beta_1 = 0.850$ )  
 $f_y = 240, f_{ys} = 240 \text{ MPa}$   
 Section :  $800 \times 350 \text{ mm}$   
 Top Bar (Layer 1) : 3 - D19 ( $d_t = 60 \text{ mm}$ )  
 Bot. Bar (Layer 1) : 3 - D19 ( $d_b = 60 \text{ mm}$ )  
 Bot. Bar (Layer 2) : 2 - D19 ( $d_b = 110 \text{ mm}$ )  
 Stirrups : 2 - D10 @ 200



2. Strengthening Materials

Location	$W_{FRP}(\text{mm})$	$T_{FRP}(\text{mm})$	$f_{FRP}(\text{MPa})$	$\epsilon_{FRP, Allow}$	Reduc.F( $\beta$ )
1	350	0.334	3481	0.015	0.7639

3. Member Force and Moment

-  $M_u = 203.7 \text{ kN-m}$      $V_u = 86.0 \text{ kN}$

4. Check Tension Reinforcement

-  $A_s = \sum(A_{bar} + A_{FRP} * (f_{FRP} / f_y) * \beta)$  =  $2728 \text{ mm}^2$   
 -  $A_s' = \sum(A_{bar}')$  =  $860 \text{ mm}^2$   
 -  $d_c = (A_s * \sum d_{ct}) / (A_s)$  =  $42 \text{ mm}$   
 -  $d_c' = (A_s' * \sum d_{cc}) / (A_s')$  =  $60 \text{ mm}$   
 -  $d = H - d_c$  =  $758 \text{ mm}$   
 -  $A_{s, min1} = (0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y) * B d$  =  $1172 \text{ mm}^2$   
 -  $A_{s, min2} = (1.4 / f_y) * B d$  =  $1548 \text{ mm}^2$   
 -  $A_{s, min} = \text{Max}[A_{s, min1}, A_{s, min2}]$  =  $1548 < 2728 \text{ mm}^2 \dots\dots \text{O.K.}$   
 -  $\rho_b = 0.85 \beta_1 (f'_c / f_y) * 600 / (600 + f_y) = 0.0387$   
 -  $f_{sb}' = 600 - d_c' / d' * (600 + f_y)$  =  $531.9 \text{ MPa}$   
 -  $f_{sb} = \text{Min}[f_{sb}', f_y]$  =  $240.0 \text{ MPa}$   
 -  $A_{s, max} = 0.75 \rho_b (H - d_c) B + A_s' * f_{sb} / f_y$  =  $8561 > 2728 \text{ mm}^2 \dots\dots \text{O.K.}$

5. Bending Moment Capacity - Before Strengthening

- Neutral Axis Depth     $c = 67 \text{ mm}$   
 - Compression : Concrete     $C_c = 297.6 \text{ kN}$   
 - Compression : Rebar     $C_s = 46.2 \text{ kN}$   
 - Tension : Rebar     $T_s = -343.8 \text{ kN}$   
 - Strength Reduction Factor     $\Phi = 0.900$   
 - Design Moment Strength     $\Phi M_n = 212.6 \text{ kN-m}$   
 - Strength Ratio :  $M_u / \Phi M_n = 0.958 < 1.000 \dots\dots \text{O.K.}$

## 6. Bending Moment Capacity - After Strengthening

- Neutral Axis Depth  $c = 105 \text{ mm}$
- Compression : Concrete  $C_c = 461.4 \text{ kN}$
- Compression : Rebar  $C_s = 193.5 \text{ kN}$
- Tension : Rebar  $T_s = -343.8 \text{ kN}$
- Tension : FRP  $T_{FRP} = -310.9 \text{ kN}$
- Strength Reduction Factor  $\Phi = 0.900$
- Design Moment Strength  $\Phi M_n = 418.0 \text{ kN-m}$
- Strength Ratio :  $M_u / \Phi M_n = 0.487 < 1.000 \dots\dots \text{O.K.}$

## 7. Check Strain in FRP at Required Flexural Strength

- Design Moment Strength  $\Phi M_n = 203.7 \text{ kN-m}$
- Neutral Axis Depth  $c = 209 \text{ mm}$
- Strain in Concrete  $\epsilon_c = 0.0005$
- Max. Strain in FRP  $\epsilon_{FRP} = 0.0013 < \epsilon_{FRP, Allow} = 0.0150 \text{ ---} \rightarrow \text{O.K.}$

## 8. Check Shear

- Strength Reduction Factor  $\Phi = 0.850$
- $V_c = 1/6 \sqrt{f'_c} B d = 178.2 \text{ kN}$
- $V_s = A_v f_y d / s = 123.3 \text{ kN}$
- $\Phi V_r = \Phi (V_c + V_s) = 256.2 \text{ kN} > V_u = 86.0 \text{ kN} \text{ ---} \rightarrow \text{O.K.}$

③ 목조 트러스 철판 보강 후 내력 검토 결과

$$F_c = 4.5\text{MPa}, F_t = 3.5\text{MPa}, F_b = 4.5\text{MPa}$$

부재명	크기(mm)		P (kN)	M (kN·m)	압축 ( $f_c / F_c$ )	인장 ( $f_t / F_t$ )	휨 ( $f_b / F_b$ )	용력비	판정
	B	H							
상현재	100	200	-50.68	1.32	1.57/4.5	-	1.25/4.5	0.627	O.K
					0.349	-	0.278		
하현재	90	190	44.78	0.82	-	1.52/3.5	0.94/4.5	0.920	O.K
					-	0.435	0.643		

- 상현재 검토(철판 보강후)-

1. 기본사항

1-1. 부호 :	상현재 (TYPE-1)		
1-2. 휨강도 ( $F_b$ ) :	4.50 N/mm <sup>2</sup>	인장강도 ( $F_t$ ) :	3.50 N/mm <sup>2</sup>
전단강도 ( $F_s$ ) :	3.00 N/mm <sup>2</sup>	압축강도 ( $F_c$ ) :	4.50 N/mm <sup>2</sup>
1-3. 폭 (B) :	100 mm	총 (H) :	200 mm
		최소치수 :	100 mm
1-4. 부재길이 :	m	(압축재일 경우 좌굴 길이)	
1-5. 축방향력 :			
고정하중 :	-50.68 kN	활하중	kN
고정하중 + 활하중 :		P =	-50.68 kN
1-6. 모멘트			
고정하중 :	1318.01 kNm	활하중	kNm
고정하중 + 활하중 :		M =	1318.01 kNm

2. 부재에 작용하는 응력 산정

2-1. 단면적 (A) :	32300 mm <sup>2</sup>	단면2차모멘트 (Ix) :	mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (rx) :	mm	단면2차모멘트 (Iy) :	mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (ry) :	mm	단면계수 (Z) :	1.053E+06 mm <sup>3</sup>
세장비 (L/r(min.))			
2-2. 축방향 응력도 (P/A) :	1.569 N/mm <sup>2</sup>	(압축)	
휨응력도 (M/Z) :	1.252 N/mm <sup>2</sup>		
2-3. 조합(수직+휨) 응력도	2.821 N/mm <sup>2</sup>		

3. 부재 응력 검토

3-1. 축방향응력 검토 :	0.349	<	1.00	OK	(압축)
3-2. 휨응력 검토 :	0.278	<	1.00	OK	
3-3. 조합(수직+휨)응력 검토 :	0.627	<	1.00	OK	

- 하현재 검토(철판 보강후)-

1. 기본사항

1-1. 부호 :	하현재 (TYPE-1)		
1-2. 휨강도 (Fb) :	4.50 N/mm <sup>2</sup>	인장강도 (Ft) :	3.50 N/mm <sup>2</sup>
전단강도 (Fs) :	3.00 N/mm <sup>2</sup>	압축강도 (Fc) :	4.50 N/mm <sup>2</sup>
1-3. 폭 (B) :	90 mm	총 (H) :	190 mm
		최소치수 :	90 mm
1-4. 부재길이 :	m	(압축재일 경우 좌골 길이)	
1-5. 축방항력 :			
고정하중 :	44.78 kN	활하중	kN
고정하중 + 활하중 :		P =	44.78 kN
1-6. 모멘트			
고정하중 :	822.74 kNm	활하중	kNm
고정하중 + 활하중 :		M =	822.74 kNm

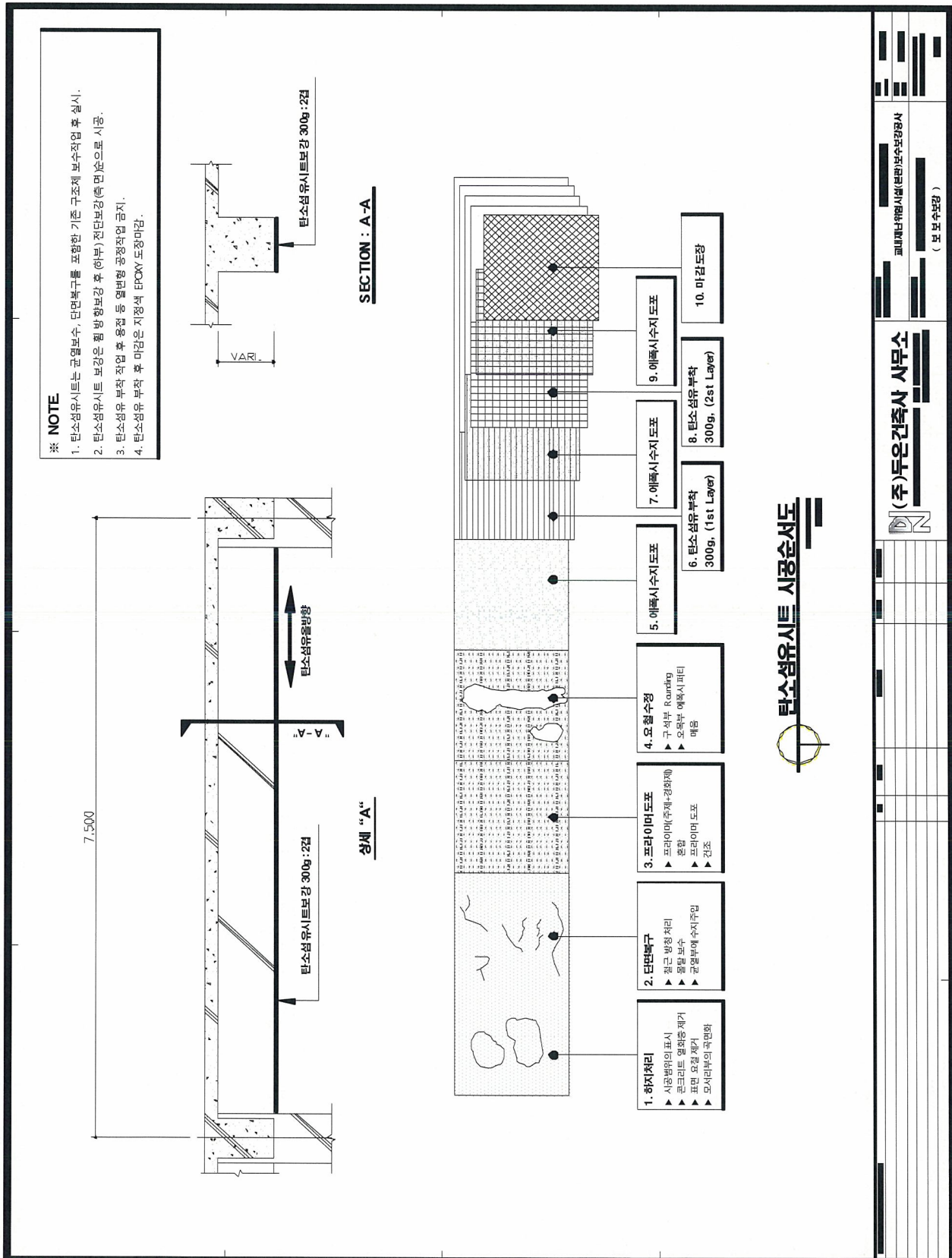
2. 부재에 작용하는 응력 산정

2-1. 단면적 (A) :	29400 mm <sup>2</sup>	단면2차모멘트 (Ix) :	mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (rx) :	mm	단면2차모멘트 (Iy) :	mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (ry) :	mm	단면계수 (Z) :	8.778E+05 mm <sup>3</sup>
세장비 (L/r(min.))			
2-2. 축방향 응력도 (P/A) :	1.523 N/mm <sup>2</sup>	(인장)	
휨응력도 (M/Z) :	0.937 N/mm <sup>2</sup>		
2-3. 조합(수직+휨) 응력도	2.460 N/mm <sup>2</sup>		

3. 부재 응력 검토

3-1. 축방향응력 검토 :	0.435	<	1.00	OK	(인장)
3-2. 휨응력 검토 :	0.208	<	1.00	OK	
3-3. 조합(수직+휨)응력 검토 :	0.643	<	1.00	OK	

① 탄소판 보강 상세

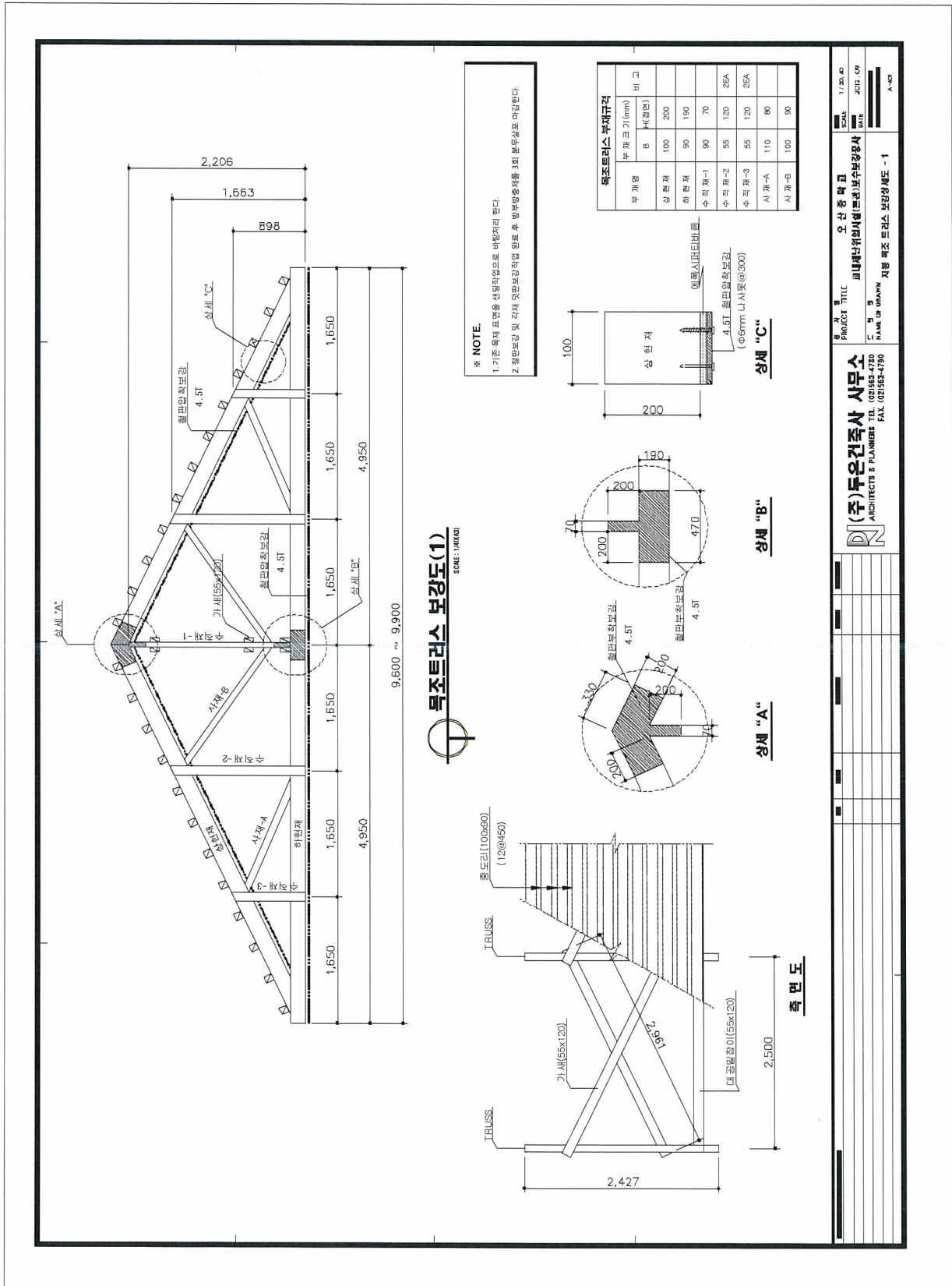


**탄소섬유시트 시공서도**

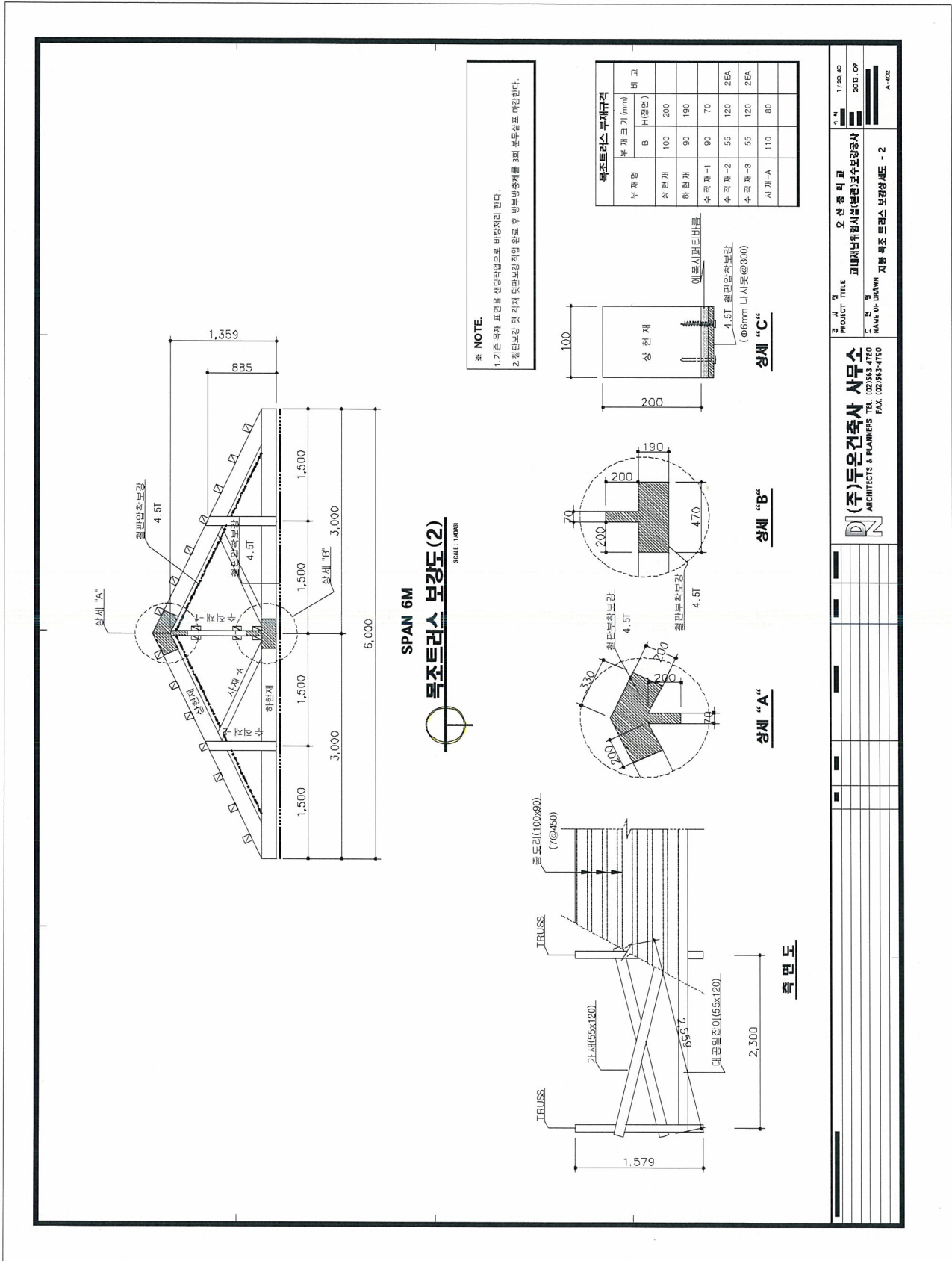
**(주)두은건축사 사무소**

피해재산유해시책(탄판)보수도장공사  
(보 보 수 보 강)

② 목조 트러스 철판 보강상세(1)



③ 목조 트러스 철판 보강상세(2)



## 06 | 상태 및 안전성 평가

- 6.1 평가 개요 및 등급
- 6.2 건축물 종합평가 시스템에 의한 평가
- 6.3 보수 보강 후 판정

## 6.1. 평가 개요 및 등급

1) 오산중학교 본관동 건물은 정밀안전진단을 통한 안전성 평가 등급이 D등급, 상태평가 C등급, 종합 평가 D등으로 인해 구조 보수 보강 공사를 진행 하였다. 따라서 보수 보강 설계된 도면을 바탕으로 보수 보강 위치의 일치 확인과 보수보상상태를 확인하여 건물안전성 등급을 재평가 하는데 목적이 있으며, 상태평가는 정밀안전진단 보고서의 평가 결과를 참조하였으며, 구조안전성 평가는 정밀안전진단 보고서와 구조보강 설계계산서를 참조하여 구조안전성을 재 평가 하였다.

## 6.2. 건축물 종합평가 시스템에 의한 평가

### 6.2.1 보강 후 재평가 결과 등급

#### 평가결과(보강후)

층	안전성 / 상태									기울기 및 침하
	기둥	내력벽	큰보	작은보	슬래브	테두리보	접합부	종합		
전층 (1층 ~ 3층) 벽식	안전성	-	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	1.00(A)	5.00(C)
<b>최종결과</b>										

#### 각층 보강 후 부재(RC)

평가부재	부재 내력비 (소유강도/부재강도)						
	기둥	내력벽	큰보	작은보	슬래브	테두리보	접합부
평가부재 1		0.366	0.700	0.544	0.486		
평가부재 2		0.369	0.260	0.487	0.553		
평가부재 3		0.585	0.707	0.70	0.6		
평가부재 4		0.706					
평가부재 5							

### <안전성 평가 등급 기준>

종합평가 등급	평가점수		평가 내용
	범위	대표값	
A	$0 \leq x < 2$	1	구조물의 내력이 설계목표치를 만족하고, 부분 및 전반적으로 문제점이 거의 없는 최상의 상태(보강 후)
B	$2 \leq x < 4$	3	구조물의 내력이 설계목표치를 만족하나, 경미한 손상이 발생된 대체로 양호한 상태
C	$4 \leq x < 6$	5	구조물의 내력이 부분적으로 부족하나, 전반적으로 구조물의 안전성이 확보되어 있는 보통의 상태
D	$6 \leq x < 8$	7	전반적으로 구조물의 내력이 부족하여 구조물의 안전성 확보가 곤란하고 불량한 상태(보강 전)
E	$8 \leq x \leq 10$	9	전반적으로 구조물의 내력부족이 현저하여 붕괴가 우려되는 심각한 상태

### 6.2.2 정밀안전진단시 종합 평가 결과

층	구분	상태 및 안전성 평가							기울기 및 침하
		기둥	내력벽	큰보	작은보	슬래브	테두리보	종합	
지상1층 벽식(조적조)	안전성	-	5.00	-	-	3.00	9.00	7.76(D)	5.00 (C)
	상태	-	5.00	-	-	5.00	5.00	5.00(C)	
	종합	-	5.00	-	-	4.40	8.60	7.49(D)	
지상2층 벽식(조적조)	안전성	-	3.00	-	-	9.00	7.00	7.43(D)	
	상태	-	5.00	-	-	5.00	5.00	5.00(C)	
	종합	-	4.40	-	-	8.60	6.80	7.18(D)	
지상3층 벽식(조적조)	안전성	-	3.00	-	-	-	3.00	3.00(B)	
	상태	-	5.00	-	-	-	5.00	5.00(C)	
	종합	-	4.40	-	-	-	4.40	4.40(C)	
최종 평가	오산중학교 본관 건축물에 대한 외관조사, 내구성 및 변위조사, 구조검토 결과를 종합하여 평가한 결과, 주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며, 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태인 종합평가등급 "D"등급으로 평가됨.							안전성 평가	7.68 (D등급)
								상태 평가	5.00 (C등급)
								종합 평가	7.41 (D등급)

### 6.3. 보수 보강 후 최종판정

본 건물의 정밀안전진단시 전반적으로 구조물의 보 및 트러스 부재의 내력이 부족하여 종합평가 등급이 "D"등급이 었으나 내력 부족 부분에 대한 전반적인 보수 보강이 완료된 상태에서 본 구조물은 **"C"등급으로 상향 판정**하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

금번 대상 구조물의 전반적 보수 보강이 이루어진 상태이므로 장기적 건물 수명연장을 위해서는 지속적 유지관리를 필히 하기를 권장 합니다.

# 부 록

1. 목조 트러스 변경 보강설계 요청 서류
2. 목조 트러스 구조보강 설계 구조계산서

## 1. 목조 트러스 변경 보강설계 요청서류

# (주) 두온건축사사무소

서울특별시 영등포구 당산로 82 ☎ 02)563-4780 FAX:02)563-4790

시행번호 : 2013-두온-오산0913

발송일자 : 2013. 09 . 13 .

수 신 : 에스큐엔지니어링(주)  
대 표 이 사

참 조 : 사업책임 기술자

제 목 : “오산중학교 교내 재난위험시설(본관) 보수보강공사설계"에 대한  
목조트러스 구조검토의 건.

선 결			지 시	
접 수	일자 시간 번호		결 재 공 람	
처 리 과				
담 당 자				

1. 폐사는 서울시 교육청에서 발주한 오산중학교 보수보강공사 설계용역을 수행하고 있는 설계사무소입니다.

2. 귀사에서 수행하신 상기 교에 대한 정밀안전진단결과 목재트러스를 철제 트러스로 전면 교체토록 안전진단보고서에 제안하고 있으나,

3. 트러스의 전면 교체시에는 공사비 과다에 따른 예산부족 및 공사기간 증가로 인한 학사일정에 문제가 발생 예상되어, 교육청 및 학교에서는 공사기간을 단축하며, 목재트러스의 부족한 내력을 충족하는 대체공법을 요구하고 있습니다.

4. 이에 폐사는 구조사무소에 새로운 구조보강설계안을 검토 의뢰한 결과, 작용하는 하중에 충족함을 증명하는 구조 계산서를 별첨과 같이 제출하오니 귀사에서 검토 후 의견을 주시기 바랍니다.

붙 임: 1. 구조보강설계서 1부.     끝.

(주)두온건축사사무소   대표이사 김 일



# S Q 엔 지 니 어 링 (주)

(SAFETY & QUALITY ENGINEERING CO., LTD)

(우)138-160 서울특별시 송파구 가락동 160-11 드림빌딩 / 전화(02)407-6969 / 전송(02)406-2823  
부 서 명 : 건축사업본부 / 직 위 : 이 사 / 담당자 : 정 준 화 / E-mail : 386jun@naver.com

문서번호 : SQ 2013 - 417

시행일자 : 2012. 09. 16.

수 신 : (주)두온건축사사무소 대표이사

참 조 :

선결			지시	
접 수	일자 시간		결 재	
	번호			
	처리과		공 람	
	담당자			

제 목 : 오산중학교 본관 목조트러스 보강설계안 검토의견 회신

1. 귀 사의 무궁한 발전을 기원합니다.
  2. 귀사 2013-두온-오산0913 (2013.09.13)으로 요청하신 “오산중학교 교내 재난위험시설(본관) 보수보강공사설계”에 대한 목조트러스 구조검토의견과 관련됩니다.
  3. 상기호로 요청하신 붙임의 구조보강설계서 (CS구조엔지니어링 김종수) 검토결과에 따른 보강방안이 적용될 경우 오산중학교 본관 지붕 목조트러스의 구조적 안전성은 확보할 수 있을 것으로 판단합니다.
- 다만, 기존 목재트러스와 보강철판의 접합 방안 등 기술적 사항은 현장 적용성을 고려하여 설계도서에 적시가(전용철물 상세, 특기서방 등) 필요할 것으로 판단·권고 합니다.     끝.

## SQ엔지니어링(주)

대 표 이 사     이 래     철



## 2. 목조 트러스 구조보강 설계 구조계산서



## 1. 구조 개요

### 1.1 건물개요

공시명	오산중학교 교내 재난위험시설(본관) 보수보강공사
소재위치	서울 용산구 보강로7길 17
건물용도	교육연구시설(학교)
규모	지상3층

### 1.2 구조 검토 개요

구조형식	지붕층-목재트러스
내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2013년 03월 정밀안전진단 보고서에 의거 지붕 목조트러스 갈림, 부식 처짐, 이완, 연결철물 부식 등 발생하여 불량 상태 임.</li> <li>- 또한 수직하중에 대한 구조안전성 검토결과, 목조트러스 부재에 대한 내력이 부족한 것으로 검토되어 적절한 보강공법 적용이 요구됨.</li> </ul>

### 1.3 구조설계방법 및 적용기준

설계방법	허용응력설계법(목조)
적용법령	건축법 / 건축법시행령
적용규칙	건축법시행규칙 / 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙
적용기준	건축구조설계기준 (KBC2009)
적용시방	건축공사표준시방서 (대한건축학회)

### 1.4 구조해석 및 설계 프로그램

midas Gen Ver 820	구조해석
기타	기타 필요 부재 설계에 대해 excel sheet 등 사용

### 1.5 하중조건

2013년 3월 작성된 정밀안전진단 보고서에 적용된 설계하중을 적용함.

$$\text{고정하중(DL)} = 0.7\text{kN/m}^2$$

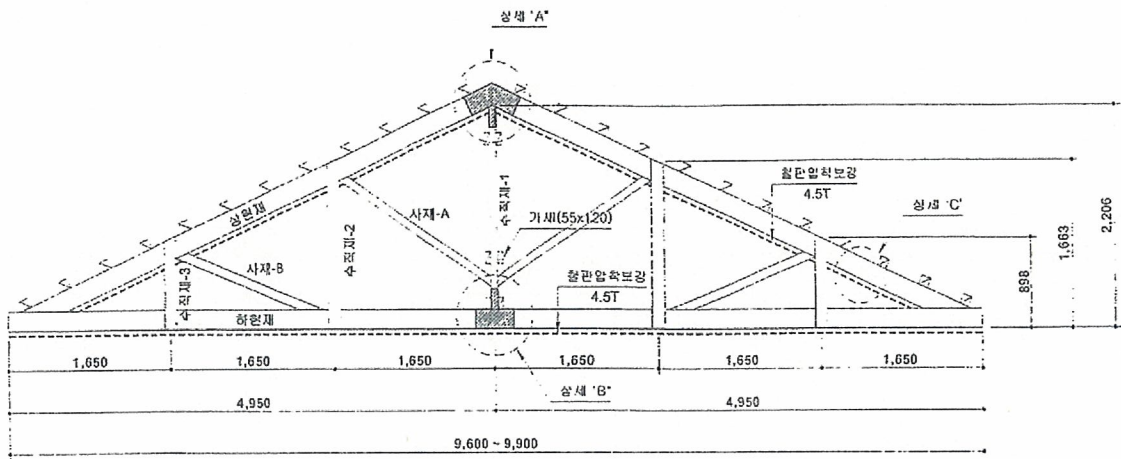
$$\text{활하중(LL)} = 1.0\text{ kN/m}^2$$

$$\text{사용하중(DL+LL)} = 1.7\text{kN/m}^2$$

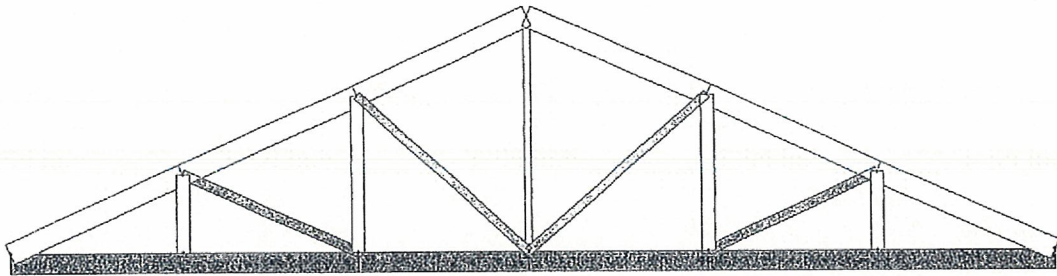
## 2. 구조해석 및 결과

## 2.1 구조 해석

실측한 구조도면을 기준으로 마이더스 프로그램을 사용하여 구조해석을 실시함.



실측 구조도면



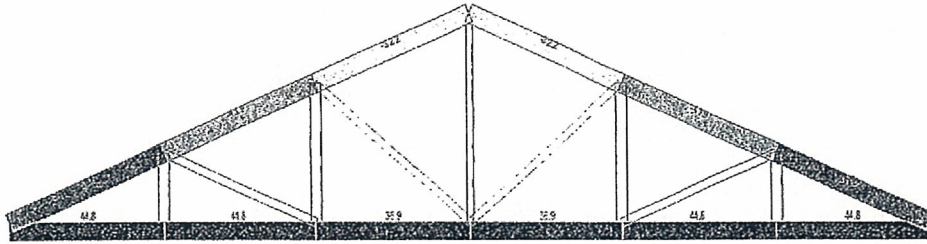
구조해석 모델

부재명	부재크기(mm)		부재명	부재크기(mm)	
	B(폭)	H(춤)		B(폭)	H(춤)
상현재	100	200	수직재-3	55	120
하현재	90	190	사재-A	110	80
수직재-1	90	70	사재-B	100	90
수직재-2	55	120			

상기 부재크기는 실측한 크기임.

## 2.2 구조 해석 결과

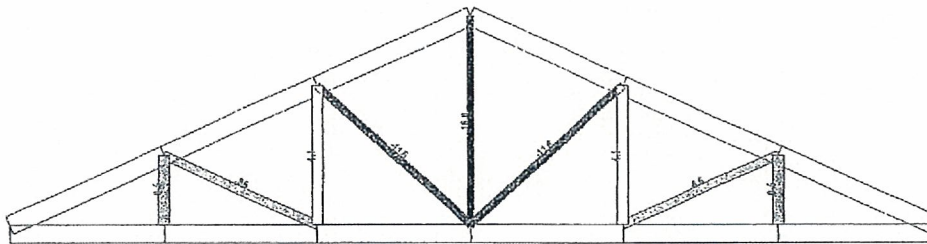
### 2.2.1 축력 (DL+LL)



Axial	
■	4.47520e+001
■	3.61940e+001
■	2.74259e+001
■	1.87479e+001
■	1.00689e+001
■	0.00000e+000
■	-7.26609e+000
■	-1.59641e+001
■	-2.46421e+001
■	-3.33201e+001
■	-4.19981e+001
■	-5.06761e+001

CR: DL  
 MAX : 1  
 MIN : 7  
 FILE: 오산중학교  
 UNIT: KN  
 DATE: 09/12/2013  
 VIEW-DIRECTION  
 X: 0°  
 Z: 0.000

(a) 상현재, 하현재 축력

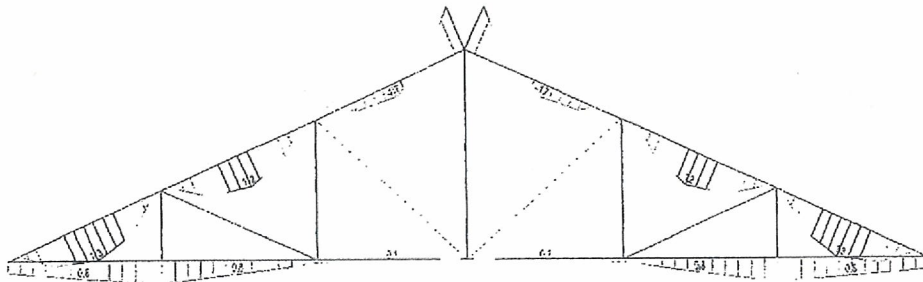


TENS./COMP.	
■	1.59993e+001
■	1.34609e+001
■	1.09625e+001
■	8.44101e+000
■	5.32555e+000
■	3.40727e+000
■	0.00000e+000
■	-1.62853e+000
■	-4.14794e+000
■	-6.46663e+000
■	-9.15474e+000
■	-1.17031e+001

CR: DL  
 MAX : 18  
 MIN : 14  
 FILE: 오산중학교  
 UNIT: KN  
 DATE: 09/12/2013  
 VIEW-DIRECTION  
 X: 0°  
 Z: 0.000

(b) 수직재, 사재 축력

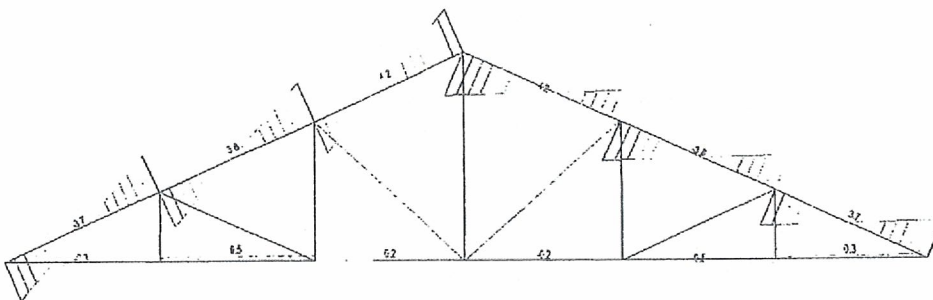
2.2.2 모멘트 (DL+LL)



xida Gen  
 POST-PROCESSOR  
 BEAM DIAGRAM  
 MOMENT-y  
 1.31601e+000  
 1.04544e+000  
 7.72667e-001  
 5.00296e-001  
 2.27728e-001  
 0.00000e+000  
 -3.17412e-001  
 -5.89911e-001  
 -8.62551e-001  
 -1.13512e+000  
 -1.40769e+000  
 -1.4E02e+000

CR: D+L  
 SXX: 7  
 MIN: 21  
 FILE: 09122013  
 UNIT: KN-M  
 DATE: 09/12/2013  
 VIEW-DIRECTION  
 Z: 0.000  
 Z: 0.000

2.2.3 전단력 (DL+LL)



xida Gen  
 POST-PROCESSOR  
 BEAM DIAGRAM  
 SHEAR-z  
 4.17356e+000  
 3.41473e+000  
 2.65590e+000  
 1.89707e+000  
 1.13524e+000  
 0.00000e+000  
 -3.79414e-001  
 -1.13524e+000  
 -1.89707e+000  
 -2.65590e+000  
 -3.41473e+000  
 -4.17356e+000

CR: D+L  
 SXX: 20  
 MIN: 21  
 FILE: 09122013  
 UNIT: KN  
 DATE: 09/12/2013  
 VIEW-DIRECTION  
 Z: 0.000  
 Z: 0.000

### 2.2.4 트러스 내력 검토

상기 구조해석을 통하여 트러스 내력검토 결과, 상현재와 하현재의 응력비가 각각 1.002, 1.086 이므로 상현재, 하현재에 대한 보강이 필요함.

부재명	크기(mm)		P(kN)	M(kN·m)	압축 ( $f_c / F_c$ )	인장 ( $f_t / F_t$ )	휨 ( $f_b / F_b$ )	응력비	판정
	B	H							
상현재	100	200	-50.68	1.32	2.53/4.5	-	1.98/4.5	1.002	NG
					0.563	-	0.439		
하현재	90	190	44.78	0.82	-	2.62/3.5	1.52/4.5	1.086	NG
					-	0.748	0.338		
수직재-1	90	70	16.00	-	-	2.54/3.5	-	0.726	OK
					-	0.726	-		
수직재-2 수직재-3	55	120	4.13	-	-	0.31/3.5	-	0.089	OK
					-	0.089	-		
사재-A	110	80	-11.64	-	1.32/4.5	-	-	0.294	OK
					0.294	-	-		
사재-B	100	90	-8.60	-	0.96/4.5	-	-	0.212	OK
					0.212	-	-		

## 목조 부재 설계

### 1. 기본사항

1-1. 부호 ;	상현재 (TYPE=1)		
1-2. 휨강도 (Fb) ;	4.50 N/mm <sup>2</sup>	인장강도 (Ft) ;	3.50 N/mm <sup>2</sup>
전단강도 (Fs) ;	3.00 N/mm <sup>2</sup>	압축강도 (Fc) ;	4.50 N/mm <sup>2</sup>
1-3. 폭 (B) ;	100 mm	총 (H) ;	200 mm
		최소치수 ;	100 mm
1-4. 부재길이 ;	m	(압축재일 경우 좌굴 길이)	
1-5. 축방향력 ;			
고정하중 ;	-50.68 kN	활하중	kN
고정하중 + 활하중 ;		P =	-50.68 kN
1-6. 모멘트			
고정하중 ;	1318.01 kNm	활하중	kNm
고정하중 + 활하중 ;		M =	1318.01 kNm

### 2. 부재에 작용하는 응력 산정

2-1. 단면적 (A) ;	20000 mm <sup>2</sup>	단면2차모멘트 (Ix) ;	6.667E+07 mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (rx) ;	57.74 mm	단면2차모멘트 (Iy) ;	1.667E+07 mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (ry) ;	28.87 mm	단면계수 (Z) ;	6.667E+05 mm <sup>3</sup>
세장비 (L/r(min.))			
2-2. 축방향 응력도 (P/A) ;	2.534 N/mm <sup>2</sup>	(압축)	
휨응력도 (M/Z) ;	1.977 N/mm <sup>2</sup>		
2-3. 조합(수직+휨) 응력도	4.511 N/mm <sup>2</sup>		

### 3. 부재 응력 검토

3-1. 축방향응력 검토 ;	0.563	<	1.00	OK	(압축)
3-2. 휨응력 검토 ;	0.439	<	1.00	OK	
3-3. 조합(수직+휨)응력 검토 ;	1.002	>	1.00	NG	

## 목조 부재 설계

### 1. 기본사항

1-1. 부호 ;	하형재 (TYPE-1)				
1-2. 휨강도 (Fb) ;	4.50 N/mm <sup>2</sup>	인장강도 (Ft) ;	3.50 N/mm <sup>2</sup>		
전단강도 (Fs) ;	3.00 N/mm <sup>2</sup>	압축강도 (Fc) ;	4.50 N/mm <sup>2</sup>		
1-3. 폭 (B) ;	90 mm	높 (H) ;	190 mm		
		최소치수 ;	90 mm		
1-4. 부재길이 ;	m	(압축재일 경우 좌굴 길이)			
1-5. 축방향력 ;					
고정하중 ;	44.78 kN	활하중	kN		
고정하중 + 활하중 ;		P =	44.78 kN		
1-6. 모멘트					
고정하중 ;	822.74 kNmm	활하중	kNmm		
고정하중 + 활하중 ;		M =	822.74 kNmm		

### 2. 부재에 작용하는 응력 산정

2-1. 단면적 (A) ;	17100 mm <sup>2</sup>	단면2차모멘트 (Ix) ;	5.144E+07 mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (rx) ;	54.85 mm	단면2차모멘트 (Iy) ;	1.154E+07 mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (ry) ;	25.98 mm	단면계수 (Z) ;	5.415E+05 mm <sup>3</sup>
세장비 (L/r(min.))			
2-2. 축방향 응력도 (P/A) ;	2.619 N/mm <sup>2</sup>	(인장)	
휨응력도 (M/Z) ;	1.519 N/mm <sup>2</sup>		
2-3. 조합(수직+휨) 응력도	4.138 N/mm <sup>2</sup>		

### 3. 부재 응력 검토

3-1. 축방향응력 검토 ;	0.748	<	1.00	OK	(인장)
3-2. 휨응력 검토 ;	0.338	<	1.00	OK	
3-3. 조합(수직+휨)응력 검토 ;	1.086	>	1.00	NG	

# 목조 부재 설계

## 1. 기본사항

1-1. 부호 ;	수직재-1 (TYPE-1)			
1-2. 휨강도 (Fb) ;	4.50 N/mm <sup>2</sup>	인장강도 (Ft) ;	3.50 N/mm <sup>2</sup>	
전단강도 (Fs) ;	3.00 N/mm <sup>2</sup>	압축강도 (Fc) ;	4.50 N/mm <sup>2</sup>	
1-3. 폭 (B) ;	90 mm	총 (H) ;	70 mm	
		최소치수 ;	70 mm	
1-4. 부재길이 ;	m	(압축재일 경우 좌굴 길이)		
1-5. 축방향력 ;		활하중	kN	
고정하중 ;	16.00 kN	P =	16.00 kN	
고정하중 + 활하중 ;				
1-6. 모멘트		활하중	kNmm	
고정하중 ;	0.00 kNmm	M =	0.00 kNmm	
고정하중 + 활하중 ;				

## 2. 부재에 작용하는 응력 산정

2-1. 단면적 (A) ;	6300 mm <sup>2</sup>	단면2차모멘트 (Ix) ;	2.573E+06 mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (rx) ;	20.21 mm	단면2차모멘트 (Iy) ;	4.253E+06 mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (ry) ;	25.98 mm	단면계수 (Z) ;	7.350E+04 mm <sup>3</sup>
세장비 (L/r(min.))			
2-2. 축방향 응력도 (P/A) ;	2.540 N/mm <sup>2</sup>	(인장)	
휨응력도 (M/Z) ;	0.000 N/mm <sup>2</sup>		
2-3. 조합(수직+휨) 응력도	2.540 N/mm <sup>2</sup>		

## 3. 부재 응력 검토

3-1. 축방향응력 검토 ;	0.726	<	1.00	OK	(인장)
3-2. 휨응력 검토 ;	0.000	<	1.00	OK	
3-3. 조합(수직+휨)응력 검토 ;	0.726	<	1.00	OK	

목조 부재 설계

1. 기본사항

1-1. 부호 ;	수직재-2 (TYPE-1)		
1-2. 휨강도 (Fb) ;	4.50 N/mm <sup>2</sup>	인장강도 (Ft) ;	3.50 N/mm <sup>2</sup>
전단강도 (Fs) ;	3.00 N/mm <sup>2</sup>	압축강도 (Fc) ;	4.50 N/mm <sup>2</sup>
1-3. 폭 (B) ;	110 mm	총 (H) ;	120 mm
		최소치수 ;	110 mm
1-4. 부재길이 ;	m	(압축재일 경우 좌굴 길이)	
1-5. 축방향력 ;			
고정하중 ;	4.13 kN	활하중	kN
고정하중 + 활하중 ;		P =	4.13 kN
1-6. 모멘트			
고정하중 ;	0.00 kNmm	활하중	kNmm
고정하중 + 활하중 ;		M =	0.00 kNmm

2. 부재에 작용하는 응력 산정

2-1. 단면적 (A) ;	13200 mm <sup>2</sup>	단면2차모멘트 (Ix) ;	1.584E+07 mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (rx) ;	34.64 mm	단면2차모멘트 (Iy) ;	1.331E+07 mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (ry) ;	31.75 mm	단면계수 (Z) ;	2.640E+05 mm <sup>3</sup>
세장비 (L/r(min.))			
2-2. 축방향 응력도 (P/A) ;	0.313 N/mm <sup>2</sup>	(인장)	
휨응력도 (M/Z) ;	0.000 N/mm <sup>2</sup>		
2-3. 조합(수직+휨) 응력도	0.313 N/mm <sup>2</sup>		

3. 부재 응력 검토

3-1. 축방향응력 검토 ;	0.089	<	1.00	OK	(인장)
3-2. 휨응력 검토 ;	0.000	<	1.00	OK	
3-3. 조합(수직+휨)응력 검토 ;	0.089	<	1.00	OK	

# 목조 부재 설계

## 1. 기본사항

1-1. 부호 ;	사재-A (TYPE-1)			
1-2. 휨강도 (Fb) ;	4.50 N/mm <sup>2</sup>	인장강도 (Ft) ;	3.50 N/mm <sup>2</sup>	
전단강도 (Fs) ;	3.00 N/mm <sup>2</sup>	압축강도 (Fc) ;	4.50 N/mm <sup>2</sup>	
1-3. 폭 (B) ;	110 mm	총 (H) ;	80 mm	
		최소치수 ;	80 mm	
1-4. 부재길이 ;	m	(압축재일 경우 좌굴 길이)		
1-5. 축방향력 ;		활하중	kN	
고정하중 ;	-11.64 kN	P =	-11.64 kN	
고정하중 + 활하중 ;				
1-6. 모멘트		활하중	kNm	
고정하중 ;	0.00 kNm	M =	0.00 kNm	
고정하중 + 활하중 ;				

## 2. 부재에 작용하는 응력 산정

2-1. 단면적 (A) ;	8800 mm <sup>2</sup>	단면2차모멘트 (Ix) ;	4.693E+06 mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (rx) ;	23.09 mm	단면2차모멘트 (Iy) ;	8.873E+06 mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (ry) ;	31.75 mm	단면계수 (Z) ;	1.173E+05 mm <sup>3</sup>
세장비 (L/r(min.))			
2-2. 축방향 응력도 (P/A) ;	1.323 N/mm <sup>2</sup>	(압축)	
휨응력도 (M/Z) ;	0.000 N/mm <sup>2</sup>		
2-3. 조합(수직+휨) 응력도	1.323 N/mm <sup>2</sup>		

## 3. 부재 응력 검토

3-1. 축방향응력 검토 ;	0.294	<	1.00	OK	(압축)
3-2. 휨응력 검토 ;	0.000	<	1.00	OK	
3-3. 조합(수직+휨)응력 검토 ;	0.294	<	1.00	OK	

## 목조 부재 설계

### 1. 기본사항

1-1. 부호 ;	사재-B (TYPE-1)			
1-2. 휨강도 (Fb) ;	4.50 N/mm <sup>2</sup>	인장강도 (Ft) ;	3.50 N/mm <sup>2</sup>	
전단강도 (Fs) ;	3.00 N/mm <sup>2</sup>	압축강도 (Fc) ;	4.50 N/mm <sup>2</sup>	
1-3. 폭 (B) ;	100 mm	층 (H) ;	90 mm	
		최소치수 ;	90 mm	
1-4. 부재길이 ;	m	(압축재일 경우 좌굴 길이)		
1-5. 축방향력 ;				
고정하중 ;	-8.60 kN	활하중	kN	
고정하중 + 활하중 ;		P =	-8.60 kN	
1-6. 모멘트				
고정하중 ;	0.00 kNmm	활하중	kNmm	
고정하중 + 활하중 ;		M =	0.00 kNmm	

### 2. 부재에 작용하는 응력 산정

2-1. 단면적 (A) ;	9000 mm <sup>2</sup>	단면2차모멘트 (Ix) ;	6.075E+06 mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (rx) ;	25.98 mm	단면2차모멘트 (Iy) ;	7.500E+06 mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (ry) ;	28.87 mm	단면계수 (Z) ;	1.350E+05 mm <sup>3</sup>
세장비 (L/r(min.))			
2-2. 축방향 응력도 (P/A) ;	0.956 N/mm <sup>2</sup>	(압축)	
휨응력도 (M/Z) ;	0.000 N/mm <sup>2</sup>		
2-3. 조합(수직+휨) 응력도	0.956 N/mm <sup>2</sup>		

### 3. 부재 응력 검토

3-1. 축방향응력 검토 ;	0.212	<	1.00	OK	(압축)
3-2. 휨응력 검토 ;	0.000	<	1.00	OK	
3-3. 조합(수직+휨)응력 검토 ;	0.212	<	1.00	OK	

### 2.3 보강 검토

상현재, 하현재의 보강을 위해 목재 하부에 4.5T 철판으로 이용하여 보강함.

철판보강에 따른 합성단면의 응력비를 검토한 결과, 상현재, 하현재의 응력비는 각각 0.627, 0.643으로 보강 후 내력을 만족하는 것으로 나타남.

부재명	크기(mm)		P(kN)	M(kN·m)	압축 ( $f_c / F_c$ )	인장 ( $f_t / F_t$ )	휨 ( $f_b / F_b$ )	응력비	판정
	B	H							
상현재	100	200	-50.68	1.32	1.57/4.5	-	1.25/4.5	0.627	OK
					0.349	-	0.278		
하현재	90	190	44.78	0.82	-	1.52/3.5	0.94/4.5	0.643	OK
					-	0.435	0.208		
수직재-1	90	70	16.00	-	-	2.54/3.5	-	0.726	OK
					-	0.726	-		
수직재-2 수직재-3	55	120	4.13	-	-	0.31/3.5	-	0.089	OK
					-	0.089	-		
사재-A	110	80	-11.64	-	1.32/4.5	-	-	0.294	OK
					0.294	-	-		
사재-B	100	90	-8.60	-	0.96/4.5	-	-	0.212	OK
					0.212	-	-		

목조 부재 설계 (철판보강)

1. 기본사항

1-1. 부호 :	상현재 (TYPE-1)			
1-2. 휨강도 (Fb) :	4.50 N/mm <sup>2</sup>	인장강도 (Ft) :	3.50 N/mm <sup>2</sup>	
전단강도 (Fs) :	3.00 N/mm <sup>2</sup>	압축강도 (Fc) :	4.50 N/mm <sup>2</sup>	
1-3. 폭 (B) :	100 mm	층 (H) :	200 mm	
		최소치수 :	100 mm	
1-4. 부재길이 :	m	(압축재일 경우 좌굴 길이)		
1-5. 축방향력 :				
고정하중 :	-50.68 kN	활하중	kN	
고정하중 + 활하중 :		P =	-50.68 kN	
1-6. 모멘트				
고정하중 :	1318.01 kNm	활하중	kNm	
고정하중 + 활하중 :		M =	1318.01 kNm	

2. 부재에 작용하는 응력 산정

2-1. 단면적 (A) :	32300 mm <sup>2</sup>	단면2차모멘트 (Ix) :	mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (rx) :	mm	단면2차모멘트 (Iy) :	mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (ry) :	mm	단면계수 (Z) :	1.053E+06 mm <sup>3</sup>
세장비 (L/r(min.))			
2-2. 축방향 응력도 (P/A) :	1.569 N/mm <sup>2</sup>	(압축)	
휨응력도 (M/Z) :	1.252 N/mm <sup>2</sup>		
2-3. 조합(수직+휨) 응력도	2.821 N/mm <sup>2</sup>		

3. 부재 응력 검토

3-1. 축방향응력 검토 :	0.349	<	1.00	OK	(압축)
3-2. 휨응력 검토 :	0.278	<	1.00	OK	
3-3. 조합(수직+휨)응력 검토 :	0.627	<	1.00	OK	

## 목조 부재 설계 (철판보강)

### 1. 기본사항

1-1. 부호 :	하한재 (TYPE-1)		
1-2. 휨강도 (Fb) :	4.50 N/mm <sup>2</sup>	인장강도 (Ft) :	3.50 N/mm <sup>2</sup>
전단강도 (Fs) :	3.00 N/mm <sup>2</sup>	압축강도 (Fc) :	4.50 N/mm <sup>2</sup>
1-3. 폭 (B) :	90 mm	총 (H) :	190 mm
		최소치수 :	90 mm
1-4. 부재길이 :	m	(압축재일 경우 좌굴 길이)	
1-5. 축방항력 :			
고정하중 :	44.78 kN	활하중	kN
고정하중 + 활하중 :		P =	44.78 kN
1-6. 모멘트			
고정하중 :	822.74 kNm	활하중	kNm
고정하중 + 활하중 :		M =	822.74 kNm

### 2. 부재에 작용하는 응력 산정

2-1. 단면적 (A) :	29400 mm <sup>2</sup>	단면2차모멘트 (Ix) :	mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (rx) :	mm	단면2차모멘트 (Iy) :	mm <sup>4</sup>
단면2차반경 (ry) :	mm	단면계수 (Z) :	8.778E+05 mm <sup>3</sup>
세장비 (L/r(min.))			
2-2. 축방항 응력도 (P/A) :	1.523 N/mm <sup>2</sup>	(인장)	
휨응력도 (M/Z) :	0.937 N/mm <sup>2</sup>		
2-3. 조합(수직+휨) 응력도	2.460 N/mm <sup>2</sup>		

### 3. 부재 응력 검토

3-1. 축방항응력 검토 :	0.435	<	1.00	OK	(인장)
3-2. 휨응력 검토 :	0.208	<	1.00	OK	
3-3. 조합(수직+휨)응력 검토 :	0.643	<	1.00	OK	

## 나사못 검토

### 1. 기본사항

#### 1-1. 접합면에 걸리는 전단력

$$V = 4.10 \text{ kN}$$

#### 1-2. 나사못 내력

$$R = 660 \text{ N}$$

<KBC2009, 표0805.4.3.1(2) - 6.2mm 나사못, 상나무 기준>

### 2. 나사못 검토

$$N = V/R = 6.2 \text{ EA}$$

### 3. 나사못 배치

1-Φ6 @150  
2-Φ6 @300