

창녕 영산초등학교 급식소 구조안전진단 연구 요약

Feasibility Study For the Stability of A Youngsan Primary School Building

김 상 대*
Kim, Sang-Dae

박 영 호**
Park, Young-Ho

1. 서 론

본 조사는 용역대상 건물에 대하여 조사내용의 결과를 종합적으로 분석하여, 건물의 안전성 여부를 평가하고, 안전성 및 내구성 재고차원에서 필요한 부위에 대해 보수·보강대책을 제시하는데 목적이 있다.

본 조사대상 건물의 피해상황을 제시한 설계도서 및 수집된 자료를 통하여 1차적으로 검토한 후, 구조체에 나타난 균열의 양상을 조사하고, 피해가 있는 부위에 대해 집중적으로 강도조사 및 배근조사를 실시하였다. 또한 건물의 변형을 측정하기 위해, 기둥의 수평변위와 바닥과 보의 수직변위에 대한 조사를 실시하였다.

2. 현황조사

2.1 균열조사 및 구조체 손상여부조사

대상물의 전반적인 균열에 대해 조사한 결과, 1차 안전진단(한국건설시험연구소)에서 조사한 균

열도와 균열양상이 일치하는 것으로 조사되었다.

또한 추가로 발생한 균열은 거의 없었으며, 균열 진행여부 또한 창호지와 유리붙임상태를 확인 하였지만, 현재로서는 진행이 없는 것으로 조사되었다. 단지 RG1, RG3은 수직균열로서 대다수 부재의 균열폭이 보수를 필요로 하는 0.3mm이상으로 허용균열폭을 초과하였다.

외부에 발생된 균열은 양상을 보아 이질재료의 접합부의 균열로 구조적으로 문제를 일으키는 유해한 균열이라기 보다는 방수성과 미관상의 문제를 일으킬 수 있는 균열로 볼 수 있다. 또한 C/①열의 박공지붕의 처마부위는 콘크리트의 박락이 우려되는 것으로 조사되었다.

지붕층 슬래브의 경우에는 전면에 걸쳐서 스티치로폼으로 단열처리가 되어 있어서 균열조사는 불가능하였지만 스티치로폼 오염상태를 보아 누수가 일어나고 있는 것으로 조사되었다.

초음파 측정기(Pundit)를 이용하여 구조체에 발생된 균열중 임의의 9곳을 선정, 균열의 폭을 측정하여 다음과 같이 표 2.1에 정리하였다.

* 정회원, 고려대학교 건축공학과 부교수, 연구이사

** 정회원, 동양구조 안전기술사장

표 2.1 균열깊이 측정결과

조사 위치	균열폭 (mm)	건전부 음파도달 시간(μs)	균열부 음파도달 시간(μs)	균열깊이 (mm)
P-①	0.3	65	98	112.8
P-②	0.5	65	89	93.5
P-③	0.6	47	79	135.1
P-④	0.6	59	104	145.2
P-⑤	0.3	63	78	73.0
P-⑥	0.4	59	70	63.8
P-⑦	0.4	60	101	135.1
P-⑧	0.3	57	94	131.1
P-⑨	1.2	57	103	150.5

2.2 구조부재 단면치수조사

해당 건물의 주요구조체인 기둥, 보, 슬래브에 대해 부재의 단면치수를 조사한 결과, 실측 단면치는 설계 단면치에 대해서 기둥과 보는 평균 13%와 5%의 여유 단면적(피복두께 제외)을 확보하고 있는 것으로 조사되었으며, 슬래브 두께는 Core를 채취하여 확인한 결과, 평균 150mm로 조사되어 설계치와 일치하는 것으로 조사되었다.

표 2.2 단면치수조사 결과표

(단위 : mm)

층별	조사위치	부재종류	실측치(mm)	설계치(mm)	실측치/설계치
1층 기둥	A/④	1C ₁	265×265	250×250	1.12
	A/⑤	1C ₁	260×265	250×250	1.1
	A/⑥	1C ₁	290×265	250×250	1.23
	A/⑦	1C ₁	280×275	250×250	1.23
	C/⑤	1C ₁	270×255	250×250	1.1
	C/⑥	1C ₁	270×255	250×250	1.1
	C/⑦	1C ₁	265×265	250×250	1.12
	C/⑧	1C ₁	265×270	250×250	1.14
지붕 층 보	A*C/④	1FG ₁	255×620	250×600	1.05
	A*C/⑤	1FG ₁	250×610	250×600	1.02
	A*C/⑥	1FG ₁	255×640	250×600	1.09
	A*C/⑦	1FG ₁	250×625	250×600	1.04
	A*C/⑧	1FG ₁	255×620	250×600	1.05

2.3 철근배근조사

조사 대상물에 전자파를 방사하여 반사되는 전자파를 이용하여 철근의 배근상태 및 피복을 측정하는 RC-Radar JEJ-60B 및 Profometer-4를 사용하여 조사를 수행하였다. 특히, 육안조사시 의심스러운 부분이나 균열이 발생된 부분에 대해서

는 철근의 피복두께 및 배근간격 등을 정량적으로 화면에 나타내서, 빠르고 비교적 정확한 결과를 직접 육안으로 파악할 수 있으며 화상이 프린터로 출력되는 RC-Radar JEJ-60B를 사용하였다.

기둥, 슬래브, 보에 대해 철근배근조사를 실시한 결과는 다음과 같다.

• 기둥

조사결과 대근(Hoop)의 실측 배근량이 설계 배근량보다 평균 약 4%가 부족한 것으로 조사되었다. 배근간격은 평균 @261.9로 설계치(@250)보다 다소 넓게 배근되어 간격의 차이가 있었으며, 피복두께는 평균 37.4mm로 조사되어 A.C.I 기준(B.2.8.1)에서 제시한 피복 40mm보다 약간 부족한 것으로 조사되었다.

표 2.3 철근배근 조사결과(기둥)

(단위 : mm)

조사위치	부재명	설계치	실측치	피복두께
		대근(HOOP)	대근(HOOP)	
R-1	1C ₁	@250	@216	44
R-2	1C ₁	@250	@255	42
R-3	1C ₁	@250	@250	44
R-4	1C ₁	@250	@240	33
R-5	1C ₁	@250	@235	48
R-6	1C ₁	@250	@300	17
R-7	1C ₁	@250	@280	24
R-8	1C ₁	@250	@290	35
R-9	1C ₁	@250	@260	40
R-10	1C ₁	@250	@250	46
R-25	1C ₁	@250	@305	38

• 평균피복두께 : 37.4mm

• 슬래브

조사결과 설계 배근량과 실측 배근량의 비교검토는 실측치가 설계치보다 0.01%정도가 여유있는 배근량을 나타내고 있음이 확인되었다. 또한 슬래브의 피복은 상부에서 조사한 결과 평균 72.5mm

표 2.4 철근배근 조사결과(슬래브)

(단위 : mm)

조사 위치	부재명	설계치		실측치		피복 두께
		단변근	장변근	단변근	장변근	
R-11	1S ₁	@300	@300	@300	@295	56
R-26	1S ₁	@300	@300	@293	@307	89

• 평균피복두께 : 72.5mm

(인조석 포함)로 구조설계상 필요로 하는 피복두께 확보조건을 만족하는 것으로 조사되었다.(참고 - A.C.I 기준 B.2.8.1 철근의 피복두께)

• 보

조사결과 늑근(Stirrup)의 실측 배근량이 설계 배근량보다 평균적으로 약 6% 정도 많은 것으로 조사되었고, 평균 피복두께는 31.8mm로 조사되었다. 중앙부의 배근간격은 평균 @273.8, 단부는 평균 @282로 설계치(@300)보다 좁게 배근되어 있는 것으로 조사되었다.

표 2-5 철근배근 조사결과표[보] (단위 : mm)

조사 위치	부재명	설계치		실측치		피복 두께 (mm)
		늑근(Stirrup)		늑근(Stirrup)		
		CEN	END	CEN	END	
R-12	rG ₁	@300	@300	*	@250	35
R-13	rG ₁	@300	@300	@225	@295	23
R-14	rG ₁	@300	@300	@256	@305	39
R-15	rG ₁	@300	@300	@270	@355	14
R-16	rG ₁	@300	@300	@300	@213	17.5
R-17	rG ₃	@300	@300	@306	@305	31
R-18	rG ₃	@300	@300	@286	@305	27
R-19	rG ₃	@300	@300	@280	@355	8
R-20	rG ₃	@300	@300	@300	@205	24.5
R-21	rG ₃	@300	@300	@260	@246	14
R-22	rG ₃	@300	@300	@255	@290	39
R-23	rCB ₁	@300	@300	*	@270	92
R-24	rCB ₁	@300	@300	*	@280	50

- 빈 칸의 표시 "*"은 현장여건상 실측이 불가능하거나, 필요치 않으므로 실측하지 않은 부분이다.
- 평균피복두께 : 31.8mm

2.4 구조체 변형조사

슬래브, 보의 처짐 및 기둥의 침하여부는 Auto-Level을 사용하여 측정했으며, 조사위치는 1층 바닥슬래브이다. 또한, 건물의 기울기(수평변위)는 광파측량기(GTS 302)로 측정하여 조사하였다.

보의 건전성 및 부재내력의 평가자료로 삼기 위하여 보 중앙부의 최대처짐량을 측정하였다. 그 방법은 레이저레벨에 의해 보의 단부와 중앙부의 고저차를 측정하여 평가하며, 측정결과에 대한 평가는 보의 처짐스팬비를 산출하여 열화도구분을

한다. 또한, 슬래브의 처짐정도를 측량하여 사용상의 용이성 및 부재내력을 판별하는데 참고자료로 삼는다.

표 2.6 보 처짐의 스펠비에 대한 영향

열화도	처짐스팬비
I (없음)	1/300미만
II (輕度)	1/200미만
III (中度)	1/100미만
IV (重度)	1/100이상

보 및 슬래브의 처짐과 기둥의 침하에 대한 조사결과는 다음과 같다.

표 2.7 1방향 슬래브 처짐의 허용치

처짐에 의해 손상되기 쉬운 요소가 없는 지붕	허용처짐
적재하중에 의한 즉시처짐	ℓ /180
지속하중 의한 장기처짐과 추가적인 적재하중에 의한 즉시처짐의 합	ℓ /240
처짐에 의해 손상되기 쉬운 요소가 없는 일반층 바닥	허용처짐
적재하중에 의한 즉시처짐	ℓ /360
지속하중에 의한 장기처짐과 추가적인 적재하중에 의한 즉시처짐의 합	ℓ /240
처짐에 의해 손상되기 쉬운 요소가 있는 지붕 또는 일반층 바닥	허용처짐
지속하중에 의한 장기처짐과 추가적인 적재하중에 의한 즉시처짐의 합	ℓ /480

- A, C열의 태두리보에서 처짐조사한 결과, 최대처짐량은 0.4cm로 처짐스팬비 1/2500으로 사용성평가 I(양호, 처짐스팬비 1/300미만)에 해당되고, 기준치 이상의 처짐을 보이는 곳은 없었

표 2.8 보 처짐 조사결과

조사위치	스팬(m)	처짐량(cm)	처짐·스팬비	사용성 평가
A/④*⑤	5.0	0	0.0	I
A/⑤*⑥	5.0	0.2	1/2500	I
A/⑥*⑦	5.0	0.4	1/1250	I
A/⑦*⑧	5.0	0.05	1/10000	I
C/④*⑤	5.0	0.5	1/1000	I
C/⑤*⑥	5.0	0.05	1/10000	I
C/⑥*⑦	5.0	0.3	1/1667	I
C/⑦*⑧	5.0	0.05	1/10000	I
C/⑧*⑨	5.0	0	0.0	I

다. 슬래브 또한 최대 처짐 스펠비가 1/909로 양호하게 조사되었다.

표 2.9 슬래브 처짐 조사결과

조사위치	스팬(m)	처짐량(cm)	처짐·스팬비
A*C/④*⑤	5.0	0.55	1/909
A*C/⑤*⑥	5.0	0.1	1/5000
A*C/⑥*⑦	5.0	0.4	1/1250
A*C/⑦*⑧	5.0	0	0.0
A*C/⑧*⑨	5.0	0	0.0

• 기둥(1C1)부위 변위량을 A/④ 지점을 기준점으로 기둥 10개소를 조사하여본 결과, 최대의 상대변위량이 발생한 기둥은 A/⑧로 4.4cm로 조사되었으나, 평균변위량은 1.35cm로 시공상의 오차를 고려하면 양호하다고 할 수 있다. 또한 Pro-smart 레벨기로 기둥의 자체 기울기를 조사한 결과, 최대치는 X축으로 1.2°(C/⑦)의 기울기, 평균적으로 X축은 0.73°, Y축은 0.45°로 조사되었다.

광파측정기(GTS 302)로 기둥의 수직변위를 조사한 결과, C/⑥ 열에서 Y축으로 최대수직변위(44mm)가 발생되어, 기둥의 기울기가 1/59로 위험치에 접근하였다.

표 2.10 기둥부위 침하량

(단위 : cm)

조사위치	변위량	조사위치	변위량
A/④	± 0.0(기준점)	C/④	+ 0.1
A/⑤	- 0.3	C/⑤	+ 0.4
A/⑥	- 1.8	C/⑥	+ 0.8
A/⑦	- 2.8	C/⑦	- 0.56
A/⑧	- 4.4	C/⑧	+ 1.0

- 상기치수는 기준점을 기준으로 한 상대적 변위량임.
- ■ 부위는 조사결과, 최대의 상대적 변위량이 발생된 기둥

2.5 강도조사

(1) 개요

보 및 기둥에 대해 강도조사를 실시하였으며, 조사범으로는 슈미트햄머를 이용한 반발도법과 초음파법을 적용하였으며, 이를 구조검토에 적용하여 대상건물의 안전성을 검토한다.

표 2.11 콘크리트강도의 판정

판정정도	콘크리트의 상황
I (건전)	$F \geq f_c + \sigma$
II (보통)	$f_c + \sigma > F \geq 0.5f_c + \sigma$
III (문제있음)	$0.5f_c + \sigma > F$

주) F : 실측치[kg/cm²]
 f_c : 설계치[kg/cm²]
 σ : 표준편차[kg/cm²]

표 2.12 반발도법에 의한 강도추정결과

(단위 : kg/cm²)

조사위치	조사부재	반발도평균	평균	표준편차	강도판정
SH-1	rG ₁	200.2	214.38	7.65	II
SH-2		216.2			
SH-3		212.1			
SH-4		225.2			
SH-5		219.2			
SH-6		213.4			

(2) 슈미트햄머에 의한 콘크리트 강도조사

측정위치는 철근의 위치를 피하기 위하여 사전에 철근탐지기로 철근을 조사한 후 위치를 선정하였으며, 1개소당 20점을 표준으로 하였다.

- 측정장비 : Schmidt Hammer Tester (NR-Type)

(3) 초음파법에 의한 강도추정

초음파법은 초음파(콘크리트의 경우 보통 주파수가 50~100KHz 정도의 초음파 이용)의 투과속도가 콘크리트의 밀도 및 탄성계수에 따라서 변화하는 것을 이용하며, 이 투과속도로부터 콘크리트의 동적특성, 강도, 균열상태 등을 추정하는 방법이다. 그러나 강도추정의 정확도는 높지 않으며 강도추정에 적용할 경우에는 이 방법을 단독으로 사용하지 않고 반발경도법과 함께 이용하는 것이 바람직하다.

이 방법에 의한 강도추정치의 정확도는 높지 않기 때문에 콘크리트의 사용재료, 배합, 재령, 함수율 등의 정보가 부족한 경우에는 어디까지나 참고자료로 사용한다.

(4) 강도추정결과

슈미트햄머에 의한 콘크리트의 압축강도는 평균 214.4kg/cm²로 추정되었고, 초음파탐지기(PUNDIT)에 의한 압축강도는 245.6kg/cm²로

추정되어 설계강도 210kg/cm³을 상회하는 것으로 조사되었다.

표 2.13 초음파법에 의한 강도 추정결과
(단위 : kg/m²)

조사위치	조사위치	음파거리 (mm)	음파도 달시간 (μsec)	음파 속도 (km/sec)	추정 강도 (kg/cm ²)	평균	판정
P-1	rG ₁	285	73	3.904	281.2	245.62	I
P-2		285	82	3.476	237.6		
P-3		290	81	3.580	248.2		
P-4		280	80	3.5	240.0		
P-5		280	70	4.0	291.0		
P-6		275	74	3.716	262.0		
P-7		305	81	3.765	267.0		
P-8		280	79	3.544	244.5		
P-9	rG ₁	255	79	3.228	212.3		
P-10		250	82	3.049	194.0		
P-11		255	79	3.643	254.6		
P-12		250	69	3.623	252.5		
P-13		255	80	3.188	208.2		

3. 구조검토 및 평가

3.1 검토준비자료

구조설계에 적용한 재료의 기준강도는 다음과 같다.

콘크리트 : f'c=210kg/cm²

철근 : fy=2,400kg/cm²

표 3.1 실하중 일람표
(단위 : kg/m²)

실명	D.L	L.L	ΣW	ΣU
옥탑층(P.H. Roof)	300	100	400	590
물탱크실(Water Tank)	440	1250	1690	2741
지붕층(Roof)	408	100	508	742

3.2 도서검토 및 현황검토

구조계산서 및 구조도면을 검토하여 제출된 도서상의 상이점을 조사하고, 아울러 구조도면과 현장조사 상황의 상이점을 정밀조사하였다. 구조안전성에 크게 문제시 되지 않는 사항에 대해서는 언급하지 않았다.

(1) 도서 및 현황조사

① 구조설계도면의 구조평면도는 구조계산서를 잘 반영하고 있고, 부재치수는 설계치보다 상회하였고, 철근배근은 설계도면과 거의 일치하였다.

② 구조계산시 적용되는 하중은 현장조사를 통한 실제하중을 반영하여 구조계산을 하였다.

③ 콘크리트 강도는 설계강도에 실측강도가 일치하는 것으로 조사되었다.

(2) 적용기준

구조물의 검토에서 콘크리트 부재는 1988년 제정된 "극한강도 설계법에 의한 철근콘크리트 구조계산 기준"을 적용하였다.

표 3.2 보의 모멘트 및 전단력 비교표

f'c=210kg/cm², fy=2,400kg/cm²

부재명	SIZE (mm)	위치	모멘트(M)			전단력(S)			판정
			배근량	소요M	적용M	배근량	소요S	적용S	
rG ₁ (A/1*2)	250x1000	내단부	D16-2	0.10	8.07	D10@300	3.37	24.7	O.K.
		중양부	D16-2	3.92	8.07	D10@300	0.87	24.7	O.K.
		외단부	D16-2	4.45	8.07	D10@300	5.11	24.7	O.K.
rG ₃ (A/2*3)	250x1000	내단부	D16-2	4.44	8.07	D10@300	4.34	24.7	O.K.
		중양부	D16-2	0.22	8.07	D10@300	0.19	24.7	O.K.
		외단부	D16-2	3.95	8.07	D10@300	4.14	24.7	O.K.
rG ₁ (A/3*4)	250x1000	내단부	D16-2	3.95	8.07	D10@300	4.24	24.7	O.K.
		중양부	D16-2	2.23	8.07	D10@300	0.01	24.7	O.K.
		외단부	D16-2	3.98	8.07	D10@300	4.25	24.7	O.K.
rG ₃ (A/4*5)	250x1000	내단부	D16-2	3.98	8.07	D10@300	4.24	24.7	O.K.
		중양부	D16-2	2.21	8.07	D10@300	0.00	24.7	O.K.
		외단부	D16-2	3.98	8.07	D10@300	4.24	24.7	O.K.
rG ₁ (A/5*6)	250x1000	내단부	D16-2	3.98	8.07	D10@300	4.24	24.7	O.K.
		중양부	D16-2	2.21	8.07	D10@300	0.00	24.7	O.K.
		외단부	D16-2	3.98	8.07	D10@300	4.24	24.7	O.K.
rG ₃ (A/6*7)	250x1000	내단부	D16-2	3.98	8.07	D10@300	4.24	24.7	O.K.
		중양부	D16-2	2.21	8.07	D10@300	0.00	24.7	O.K.
		외단부	D16-2	3.98	8.07	D10@300	4.24	24.7	O.K.
rG ₁ (A/7*8)	250x1000	내단부	D16-2	3.98	8.07	D10@300	4.25	24.7	O.K.
		중양부	D16-2	2.23	8.07	D10@300	0.00	24.7	O.K.
		외단부	D16-2	3.95	8.07	D10@300	4.24	24.7	O.K.
rG ₃ (A/8*9)	250x1000	내단부	D16-2	3.95	8.07	D10@300	4.14	24.7	O.K.
		중양부	D16-2	2.00	8.07	D10@300	0.10	24.7	O.K.
		외단부	D16-2	4.44	8.07	D10@300	4.34	24.7	O.K.
rG ₁ (A/9*10)	250x1000	내단부	D16-2	4.45	8.07	D10@300	5.11	24.7	O.K.
		중양부	D16-2	3.92	8.07	D10@300	0.87	24.7	O.K.
		외단부	D16-2	0.10	8.07	D10@300	3.37	14.3	O.K.
rG ₁ (A*B/6)	250x600	①단부	D22-2	10.71	8.85	D10@300	20.72	14.3	N.G
		중양부	D22-7	45.47	26.67	D10@300	0.23	14.3	N.G
		②단부	D22-2	10.71	8.85	D10@300	20.72	14.3	N.G

(3) 구조재료의 강도

조사결과 콘크리트는 가정한 설계기준강도와 거의 일치하므로 안전치로 조사된 강도를 적용치 않고, 가정한 설계기준강도를 적용하여 검토한다.

(4) 구조물의 해석

구조해석은 '극한강도 설계법에 의한 철근콘크리트 구조계산 기준'을 따라 수행하였으며, 평면부재의 각 요소에 대한 2-Dimensional Analysis를 채택하였다.

3.3 구조체 내력검토

내력검토는 주요부재(보, 기둥)의 대표적인 것에 대해 내력비교를 행하였다. 보와 기둥의 내력검토는 구조설계도서 및 현재의 하중상태를 토대로 설계전용 프로그램 (RISA - 2D)을 사용하여 구조검토하였으며, 그 결과를 다음 표 3.2에 정리하였다.

4. 보수 · 보강대책

4.1 보수 · 보강의 판정

콘크리트 구조물의 사후 대책인 보수보강의 판정은 다음과 같이 실시한다.

(1) 보수의 판정

보수의 판정에서 내구성이나 방수성의 관점에서 행하는 판단은 표 4-1에 의하고 (A), (B) 사이에 있을 때에는 기술자의 판단에 의한다. 이 때에는 균열상황(패턴, 폭, 길이, 판동 유무 등), 균열경과의 조사, 철근의 녹 등의 결과를 활용할 수 있다. 또한 철근의 열화도의 조사, 중성화 깊이의 조

표 4.1 보수필요여부에 관한 균열폭 한도

구분	그밖의 요인	내구성에서 본 경우			방수성에서 본 경우
		주변환경			
		불량	중간	양호	
(A)보수를 필요로 하는 균열폭(mm)	대	0.4이상	0.4이상	0.6이상	0.2이상
	중	0.4이상	0.6이상	0.8이상	0.2이상
	소	0.6이상	0.8이상	1.0이상	0.2이상
(B)보수를 필요로 하지 않는 균열폭(mm)	대	0.1이하	0.2이하	0.2이하	0.05이하
	중	0.1이하	0.2이하	0.3이하	0.05이하
	소	0.2이하	0.3이하	0.3이하	0.05이하

사, 균열의 상세조사 등을 토대로 하여 철근부식이 진행될 것인지, 균열을 방치하였을 경우에 구조물의 내구성 및 안전성에 영향을 끼칠 것인지에 따라 보수 여부를 판단한다.

(2) 보강의 판정

구조 내력에 기인한 보강 필요여부는 균열의 종별(휨균열, 전단균열, 팽창균열 등)을 분류하거나 부재내력이나 잔존내력을 추정, 또는 하중이나 외력의 변화를 예측하여 판단한다.

4.2 보수공법

균열의 상황이나 발생원인에 따른 보수공법을 표 4.2에서 분류하여 나타내었다.

(1) 보수의 종류

① 표면처리공법 : 표면 처리공법에 쓰이는 재료는 보수목적이나 환경에 따라 다른데, 도막탄성방수제, 폴리머시멘트 페이스트 등이 쓰인다. 시

표 4.2 균열에 따른 보수 공법의 분류

보수 목적	균열현상 · 원인	균열폭 (mm)*	보수공법**						
			표면처 리공법	주입 공법	충전 공법	그밖의 공법			
						침투 성방 수제 도포 공법	기타		
방수성	철근이 부식되지 않은경우	균열폭의 변동小	0.2이하	○	△		○		
			0.2~1	△	○	○			
		균열폭의 변동大	0.2이하	△	△		○		
			0.2~1	△	○				
내구성	철근이 부식되지 않은경우	균열폭의 변동小	0.2이하	○	△	△			
			0.2~1	△	○	○			
			1이상		△	○			
		균열폭의 변동大	0.2이하	△	△	△			
			0.2~1	△	○	○			
			1이상		△	○			
			철근부식				○		
			열 해						●
	반응성 골재						●		

* 균열폭 0.3mm 이상의 균열은 구조적인 결함을 수반하는 일이 많으므로 여기에 표시하는 보수공법 뿐만 아니라 구조내력의 보강을 포함하여 실시하는 것이 보통이다.

** ○ 표는 적당하다고 생각되는 공법

△ 표는 조건에 따라서는 적당하다고 생각되는 공법

● 표는 연구단계에 있는 공법

공에 있어서는 표면을 와이어 브러쉬로 문질러 거칠게 하고 부착물을 제거하고 물 등으로 청소한 후 충분히 건조시킨다. 이어서 콘크리트 표면의 기공 등을 퍼티 등의 수지로 충전하고 보수재료로 균열부분을 씌운다. 피복재의 두께가 작으므로 시간에 따른 열화에 주의할 필요가 있다.

② 주입공법 : 주입구멍을 천공하여 두고, 주입 파이프를 설치하여 밀봉재를 주입한다.

③ 충전공법 : 0.5mm 이상의 비교적 큰 폭의 균열 보수에 적당한 공법으로 균열에 따라 콘크리트를 Cut하고 그 부분에 보수재를 충전하는 방법이다. 철근이 부식되지 않은 경우에는 균열을 따라서 약 10mm 폭으로 콘크리트를 V 또는 U형으로 Cut한 부분에 실링재, 에폭시수지 및 폴리머 시멘트몰탈을 충전해 균열을 보수한다. V형으로 Cut하는 방법은 간단하지만 몰탈이 박리될 우려가 있어 U형으로 하는 것이 바람직하다. 또한, 철근이 부식한 경우에는 철근의 녹을 제거한 후에 녹방지 처리하고, 콘크리트에 프라이머를 도포한 후에 폴리머시멘트 몰탈이나 에폭시수지 몰탈을 충전한다.

④ 기타공법 : 균열폭이 0.2mm 이하의 균열일 경우에는 침투성 도포방수제를 사용할 수 있으나 내구성에는 불명확한 점이 있다.

(2) 보수의 검사 및 확인

작업 중에는 재료의 개량, 혼합, 주입작업을 전문가의 입회하에 실시하도록 하고, 보수공사 완료 시에는 육안으로 확인한다. 방수효과를 비파괴적으로 행하기 위해서는 가스압입 누수진단기로 시행한다. 경우에 따라서는 코어를 채취하여 보수효과를 검사한다.

4.3 보강공법

(1) 보강공법의 종류

① 강판접착공법 : 콘크리트 구조물의 표면에 특히 인장축에 강판을 접착하여 내력을 증가시키는 방법이다.

② 단면증가공법 : 가설부재에 콘크리트를 다져 넣어 단면을 증가시켜서 내력증강을 꾀하는 공법이다.

표 4.3 보강공법의 개요

항 목	주입 공법	압착 공법
적용 조건	콘크리트면이 평편하지 않고 일부 또는 전체적으로 폭면이 포함된 부위	콘크리트면이 평편하여 요철이 없고 콘크리트면에 압착용의 앵커로 고정할 수 있는 부위
에폭시 수지의 도포 및 주입	콘크리트면과 강판면 사이에 스페이서 등에 의해 35mm 정도의 간격을 유지해 주면서 주입한다.	콘크리트면 및 강판접착면에 1-2mm 정도씩 균일하게 도포한다.
공기 제거	한쪽에서 주입하면서 공기를 빼낸다.	강판은 콘크리트면에 고정된 앵커를 이용해 압착하고 에폭시 수지를 밀어냄과 동시에 접착면에 함유된 공기를 내보낸다.
이 점	시공면에 제약이 없다.	공기가 남는 일은 거의 없어 접착효과가 좋다.
문 제 점	약간의 기포가 남을 우려가 있어 주입에 상당한 시간을 필요로 한다.	시공면에 제약을 받는다.

(2) 보강재료

강판 접착공법에는 강판, 에폭시, 앵커볼트가 사용되고, 단면 증가공법에는 철근, 콘크리트, PC 강재, 에폭시수지, 그라우트재가 쓰인다.

(3) 보강효과의 확인

보강효과의 확인은 보강공사 완료 후에 균열에 의해 손상된 콘크리트 구조물의 내력이 회복되었는가에 대해 실시하며, 확인방법에는 균열의 추적 조사, 게이지에 의한 철근 또는 콘크리트의 변형 측정, 그리고 재하시험에 의한 휨의 측정등이 있다.

5. 결 론

보(RG1, RG3)에 발생된 균열은 다수가 0.3mm를 상회하였다. 이 균열은 수직 균열로서 휨응력 부족과 환경 및 온·습도의 변화에 따라 일어난 것으로 판단된다. 구조물 자체가 약화되어 Jack Support로 보강, 긴급조치가 되어있는 상태였지만 건물을 사용하기 위해서는 앞서 제시된 보수·보강안에 따라 시급한 보강이 필요하다.

옥상 슬래브에 발생한 균열은 외부에 접하면서 온도변화에 따른 콘크리트 수축작용이 주요인이 되어 발생한 것으로 판단된다. 따라서 이 균열로 발생한 누수에 대해서는 제시된 보수·보강안에 따라 구조물전체에 대해 방수처리가 이루어지는 것이 바람직하며, 외벽에 발생한 균열은 이질재료(콘크리트와 조적)의 접합부 균열로 구조적으로 문제를 일으키는 균열은 아니므로, 미관과 방수성을 고려하여 보수가 이루어지는 것이 바람직하다고 생각된다.

구조체의 내력검토 결과, RG1(A*B/⑥)의 휨 모멘트는 단부에서 21%, 중앙부에서 70%가 내력이 부족하였으며, 전단력은 단부에서 45%, 중앙부에서 0.2%가 부족한 것으로 검토되었다. 따라서 탄소 섬유판 보강설계에 따른 보수·보강이 이루어져야 한다. 또한 기둥은 250mm×250mm의 크기에 8-D19로 철근비가 0.08% 이상이 되므로, 250mm×600mm의 단면증가는 불가피하며, 기둥 보강상세도에 따라 보강이 이루어져야 한다.

바닥슬래브 하부의 지반상태(침하여부)를 확인하기 위해 바닥슬래브 하부 4개소를 천공하여 확인한 결과, 동공이 평균 3~5cm로 조사되어, 앞으로 구조물의 부동침하가 우려되므로, 구조물의 기초하부에 앞서 제시된 보강안(시멘트 그라우팅)에 따라 지반보강 하는 것이 바람직하다.

지금까지의 조사결과를 토대로 분석·판단할 때, 제시된 방안에 따라 보수·보강을 실시할 경우에는 구조체의 안전에는 문제가 없으리라 판단되나, 비파괴 조사장비의 한계와 조사여건상 구조체 전체에 대한 조사가 불가능하여 제한적으로 조사한 결과에 의한 판단이기 때문에, 보수·보강 부분을 포함한 구조체 및 비구조체의 균열진행상황과 사용성의 문제를 수시로 점검하여 사용성의 문제 및 새로운 균열발생, 기존에 발생된 균열의 진행 등의 문제가 발생한 경우, 구조전문가와 협의하여 조치하는 것이 건물의 효율적인 유지·관리 차원에서 바람직하다고 생각된다.