

# 아파트 지하주차장의 균열방지 대책

- 현장사례조사를 중심으로 -

## A Study on the Flaw Prevention Countermeasure of Crack in Apartment House Underground Parking Area

정 순 오\* · 서 상 욱\*\*

Jung, Soon-Oh · Suh, Sang-Wook

### 요 약

공간의 효율적 이용 및 법정 주차대수 확보 등으로 아파트 단지의 지하층은 대부분 지하주차장으로 활용되고 있으며, 주차장상부도 시공중에 성토 및 포장공사가 완성되지 않은 상태에서 작업차량의 통로 및 자재 야적장으로 사용되고 있어 과하중이 작용되고 있는 실정이다. 그러므로 시공중이거나 완공된 지하구조물에서 지속적으로 균열 및 누수현상이 발생하여 구조물의 성능저하는 물론 많은 금액의 하자보수비 투입, 민원유발 및 대외적인 신뢰도 저하 등 많은 문제점이 발생하고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 시공중인 아파트와 준공된 아파트 지하주차장을 대상으로 현장조사를 실시하고, 그동안 실시한 안전진단 사례를 참고하여 아파트 지하주차장의 균열 및 누수현상 원인을 파악하고 그에 따른 설계 및 시공상의 방지대책을 마련하는데 있다.

**키워드** : 균열, 누수, 하자방지

## 1. 서론

### 1.1 연구의 필요성 및 목적

공간의 효율적 이용 및 법정 주차대수의 확보로 아파트 지하층 대부분이 주차장으로 사용되고 있으며, 일반적으로 지하2층으로 계획되어 내부에 기계실, 전기실 및 저수조 등 부대시설이 위치하고 있는 경우가 많다.

그러나 시공중이거나 완공된 지하구조물에서 균열 및 누수현상이 지속적으로 발생하여 이로 인한 품질 저하, 내구성감소는 물론 안전을 위협하고 하자 보수에 많은 금액이 투입되고 있는 실정이다.

특히, 건축물의 균열은 일반 소비자들에게는 부실공사의 대표적인 사례로 지적되고 있으며 많은 오해를 불러 일으킬 수 있는 하자사항으로 여겨진다.

또한 건설공사에 관한 일반시민들의 관심과 의식수준이 높아졌고, 근래의 대형건설사고 발생이후 건물의 안전에 대한 관심

이 높아지면서 하자발생시는 집단 민원이 유발되고 언론보도의 대상이 되는 등 대외적인 신뢰가 크게 저하되는 원인이 되기도 한다.

본 연구에서는 아파트 지하구조물의 균열 및 누수현상의 원인을 파악하고 그에 따른 설계 및 시공상의 방지대책을 강구하여 설계에 반영하고 시공시 주의를 기울여 하자를 줄이는데 그 목적이 있다.

### 1.2 연구방법 및 범위

지하구조물의 하자에는 균열, 누수, 진동, 과도한 처짐 등 다양한 문제가 있으며<sup>1)</sup> 이러한 하자를 방지하기 위해서는 그 원인을 파악하고 대책을 마련하는 것이 필요하다.

이러한 원인을 파악하기 위해 W건설사를 대상으로 시공중이거나 최근에 준공된 아파트건물의 현장조사와 설계도면을 검토하였고, 기존 아파트에 대한 안전진단자료를 참조하였다. 현장조사는 W사를 대상으로만 한정하여 시공중인 현장과 준공된 현장을 조사하였으며, 또한 대형 건설회사간의 지하주차장 설계기준을 비교하기 위해 WTKFMF 포함한 6개 건설회사(W, L, C, D, H, S사) 현장의 설계도서를 참조하여 철근량, 적재하

\* 종신회원, 경북대학 건축과 조교수

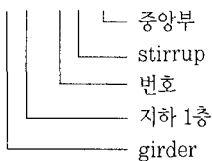
\*\* 종신회원, 경원대학교 건축학과 부교수, 공학박사



표 2.2 철근 배근상태 조사결과 - 보

현장명	조사부위	설 계	조사결과		비 고
			배근	피복	
a1	G1-1 (CEN.)	6-HD25	6	29	
	G1-2 (CEN.)	6-HD25	6	34	
	G1-2S (CEN.)	HD13 @300	@305	19	* Stirrup 간격 @300에 따라 균열발생
	G2-1 (CEN.)	6(4)-HD25	4	39	하부에 배근된 4개의 철근만 측정됨
	G2-2 (CEN.)	6(4)-HD22	4	39	하부에 배근된 4개의 철근만 측정됨
b1	G1-1 (CEN.)	7(5)-HD22	5	50	하부에 배근된 5개의 철근만 측정됨. 균열폭 0.4mm
	G1-2 (CEN.)	7(5)-HD22	5	26	하부에 배근된 5개의 철근만 측정됨
	G1-2S (CEN.)	HD13 @300	@310	9	* Stirrup 간격 @300에 따라 균열발생
	G2-1 (CEN.)	4-HD22	4	50	
	G2-2 (CEN.)	4-HD22	4	46	
c1	G1-1 (CEN.)	14(7)-HD22	7	35	하부에 배근된 7개의 철근만 측정됨
	G2-1 (CEN.)	8(4)-HD22	4	23	하부에 배근된 4개의 철근만 측정됨
	G2-2S (CEN.)	HD13 @200	@198	7	* Stirrup 간격 @200에 따라 균열발생
b2	G1-1 (CEN.)	8(5)-HD25	5	40	* Stirrup 간격 @300에 따라 균열발생 하부에 배근된5개의 철근만 측정됨
	G1-2 (CEN.)	8(5)-HD25	5	37	하부에 배근된 5개의 철근만 측정됨
	G1-3 (CEN.)	12(7)-HD25	탐사불가	약 70	피복두께 두꺼워 탐사불가. 균열폭 0.4mm

\* G 1 - 1 S (CEN.)



40mm 내외였으나 40mm를 초과하는 경우도 많았으며 이 경우 균열이 많이 발생했으며 균열폭도 0.4mm로 타 부위보다 큰 것으로 나타났다.

표 2.2에서와 같이 측정대상 보의 주근 및 스테럽의 철근배근은 설계도면대로 시공된 상태를 확인하였으나, 주근의 피복두께는 29~50mm 내외였으며 50mm이상을 초과하는 부위에서 균열이 많이 발생된 것을 확인하였다. 특히 스테럽의 피복두께가 얇은 곳(7~9mm)은 스테럽의 위치를 따라 균열이 발생하였다.

### 2.2 콘크리트 압축강도

콘크리트 압축강도 측정은 슈미트햄머(schumidt hammer) NR-type를 사용하였고, 조사위치는 철근배근상태를 조사한 위치를 대상으로하여 측정하였다.

콘크리트 압축강도 측정결과는 “대한건축학회식( $F_c = 7.3 \cdot R_o + 110$ )”을 적용하였고, 콘크리트 타설일을 확인하여 강도추정시 재령보정을 실시하였다.

재령보정을 실시한 슬래브의 콘크리트 압축강도는 설계기준 강도의 110%~119%로서 설계기준강도 이상이였다.

보의 경우도 콘크리트의 압축강도가 설계기준강도의 약 117~123%로서 설계기준강도 이상으로 측정되어 콘크리트의 강도

에는 이상이 없는 것으로 판단되었다.

표 2.3 콘크리트 압축강도 측정결과 - 슬래브

현장명	시험부위	설계강도(kg/cm <sup>2</sup> )	시험결과(kg/cm <sup>2</sup> ) -슈미트햄머-	비 고
a2	S1-1	210	31	
	평 균	—	231(1.100)	
a1	S1-1	210	246	
	S1-2	210	248	
	S2-1	210	250	
	S2-2	210	254	
	평 균	—	250(1.190)	
b1	S1-1	210	228	
	S1-2	210	228	
	S2-1	210	230	
	S2-2	210	249	
	평 균	—	234(1.114)	
c1	S1-1	210	263	
	S2-1	210	232	
	S2-2	210	234	
	S2-3	210	238	
	평 균	—	242(1.152)	
b2	S1-1	210	252	
	S1-2	210	245	
	S1-3	210	244	
	평 균	—	247(1.176)	

표 2.4 콘크리트 압축강도 측정결과 - Girder

현장명	시험부위	설계강도(kg/cm <sup>2</sup> )	시험결과(kg/cm <sup>2</sup> ) -슈미트햄머-	비고
a1	G1-1	210	253	
	G1-2	210	250	
	G2-2	210	259	
	평균	-	254(1.210)	
b1	G1-1	210	244	
	G1-2	210	246	
	G2-1	210	253	
	G2-2	210	254	
평균	-	249(1.186)		
c1	G1-1	210	255	
	G2-1	210	240	
	G2-2	210	247	
	평균	-	247(1.176)	
b2	G1-1	210	275	
	G1-2	210	240	
	평균	-	258(1.229)	

2.3 균열 및 누수현황

균열 및 누수현상의 파악은 육안으로 조사하였고 도면 부위에 표기하고 사진을 촬영하여 기록하였다.

현장조사 및 공사이력, A/S이력 등과 현장 담당자와의 면담을 참고하여 균열 및 누수현상의 원인을 파악코자 하였으나 구체적인 자료를 구하는데 한계가 있었다.

(1) 초기 균열

시공중인 b1현장에서 지하주차장의 콘크리트 타설시기가 기온이 높은 여름인 경우였는데 물의 증발량이 블리딩량보다 많을 때 나타나는 소성수축 균열의 형상을 발견할 수 있었고, 거푸집 동바리의 조기 해체로 콘크리트의 경화 전에 과하중의 작용(중차량 통행, 자재야적 등)으로 망상형의 많은 균열이 발생한 것을 볼 수 있었다.

이러한 균열은 주차장의 최상층 슬래브에 많았으며 균열의 폭은 대개 0.1~0.3mm내외로 불규칙한 형상을 나타냈고 누수되는 부위가 많았다.

또한 대부분의 현장에서 골조공사시 거푸집을 해체하고 난후 보나 슬래브에 잭서포트를 설치하였다.

그러나 잭서포트(jack support)가 곧바로 설치되지 않거나 상하층의 설치위치 불일치, 또는 마감작업을 위한 일시적 해체 등으로 균열이 발생한 흔적이 있었다.(a2, b1현장)

(2) 건조수축 균열

준공된 현장의 불규칙한 형상의 많은 건조수축 균열이 발생

하였고 슬래브를 관통한 균열이 누수의 원인이 되고 백화현상(efflorescence) 및 철근의 녹물 유출 등으로 구조물 성능저하는 물론 미관상으로도 보기 흉한상태였다.(a2, b1, b2현장)

(3) 늑근 피복 두께 부족

많은 현장에서 특히 보의 늑근(stirrup)의 배근 간격에 따라 보 표면으로 균열이 발생한 경우가 많았으며, 이 균열은 보 하부에서 양 측면으로 연결된 경우가 많았다.(b1, c1현장)

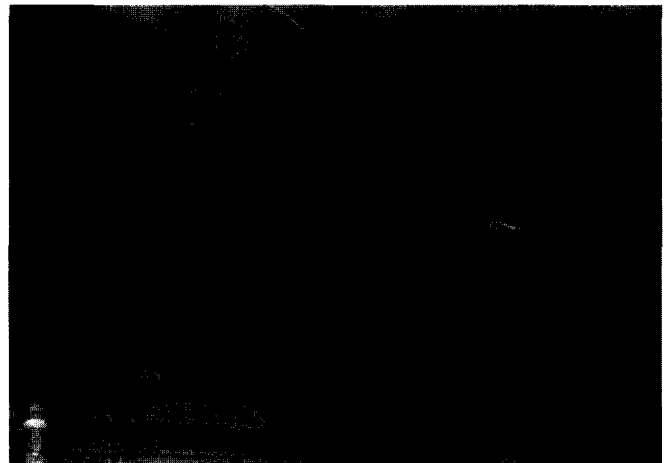


사진 1. 건조수축균열(백화현상)

이 균열은 대개 표면에서 피복두께 깊이까지 발생한 균열이었으며, 피복두께가 약 10mm 내외로 얇은 경우인 경우가 많았다.

이 부위는 균열보수 후에도 같은 부위에서 다시 균열이 발생하고 있는 것으로 관찰되었다.

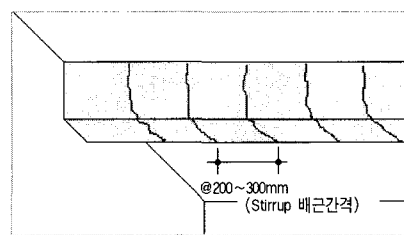


그림 1. 스티럽 위치에 발생한 균열

(4) 변곡점 및 보 교차부위

보에서는 변곡점 및 큰보 작은보가 만나는 교차부위에서 균열이 발생된 것을 볼 수 있었으며(a1, b2현장) 현장 조사결과 이는 변곡점 부위의 철근이음길이 및 보 교차부위 철근의 정착길이를 충분히 확보하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

(5) 시공조인트(construction joint)

현장에서 타워 크레인 설치나 자재반출입 용도로 슬래브의 일부를 오픈(open) 시켜놓고 추 후에 콘크리트를 타설하는 것

이 대부분이다.

그러나 이러한 시공 조인트의 처리미흡으로 균열발생 및 누수현상이 많이 일어나고 있었으며 콘크리트타설이 밀실하지 못하여 외관상으로 쉽게 구별할 수 있었다.(a1, c1현장)

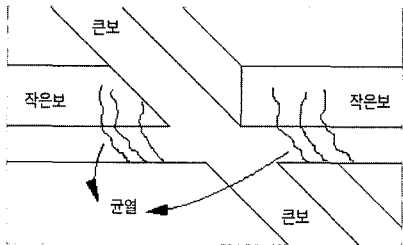


그림 2. 큰보-작은보 교차부위 균열

또한 벽체의 콘크리트 이어치기 부분에도 균열 및 누수가 나타났다.

(6) 장스팬과 넓은 바닥면적

스팬이 길거나(10m이상), 보나 기둥으로 구획된 바닥면적이 넓은 경우 즉, 작은 보(beam)가 설치되지 않은 부위는 중앙부에 많은 휨균열이 발생하였다.(b1, c1, b2현장)

(7) 부력(uplifting force)의 작용

최하층의 경우 바닥이나 벽체에서 공사도중이나 준공후 당시 가정한 지하수위보다 수위가 상승할 때 바닥의 갈라짐이나 벽체의 균열이 발생하여 누수되는 경우가 있었다. 이는 부력산정시 현장에서 발생가능한 최대수위를 가정하지 않은 원인에서 비롯된다.<sup>10)</sup>

현장에서 시공 도중에 지하수위를 수시로 측정하여 공사에 반영하는 것이 필요하다.

(8) 아파트 지하주차장 연결부위

주차대수 확보나 대지이용률 제고 등을 위해 아파트 지하층 전체를 주차장으로 활용하는 경우가 많다. 그러나 연결부위는 양구조물이 부담하는 상부하중의 차이로 인해 상호구조적 거동(behavior)이 달라 필연적으로 조인트부위에 균열이 발생하였고 균열로 인한 방수층의 파괴 및 시공조인트(expansion joint)의 파손으로 누수가 되고 있었다.(a1, a2, c1현장)

(9) 결로 및 곰팡이 발생

지하외벽은 대체로 액체방수 안방수공법으로 시공되고 있었으며, 시공조인트, 부재간 접촉부위, 또는 균열부위에서 누수가 생겼고, 특히 보호벽이 없는 부위는 누수로 인한 페인트 마감의

탈락, 결로 및 곰팡이 등이 발생하였다.(a2, b1, c1현장)

결로 및 곰팡이 발생은 누수 이외에 넓은 지하주차장의 공사 완료한 후 내부의 공기순환을 자연환기에만 의존하기 때문에 원활한 내외부 공기의 순환이 이루어지지 않아서 발생한 것으로 판단된다.

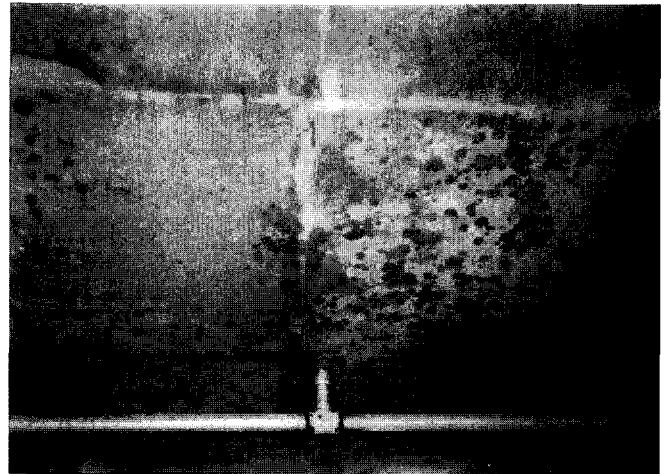


사진 2. 곰팡이 발생

(10) 설계치 이상의 표토하중 작용

아파트 단지 포장공사시에 화단조성, 하수관로매설, 레벨조정 등으로 인하여 설계치 이상의 표토가 시공되어 장기적인 과하중으로 작용하여 균열을 유발하고 있다.(a2현장)

3. 건설회사간의 비교 검토

적재하중의 적용기준, 부재의 크기, 철근 배근간격 및 철근량, 지하층 방수공법 등을 구조계산서와 구조도면을 근거로 비교 검토하였다.

대상현장은 건축물 환경이 유사한 W사 5개 현장과 L, C, D, H, S사의 1개 현장으로 하였고 대표성을 갖는 슬래브와 보 및 기둥을 선정하여 조사하였다.

3.1 하중비교

표 3.1에서 같이 슬래브 두께 및 마감두께에 따라 고정하중은 차이가 났고, 최상층 슬래브의 적재하중의 경우는 W사 이외의 경우 법적기준치인 1,200kg/m<sup>2</sup>이 많이 적용되고 있었고 슬래브와 보, 기둥을 분리하여 2,000kg/m<sup>2</sup>으로 적용하는 경우도 있었다.

W사의 경우는 최상층 슬래브의 적재하중이 현장별로 적용이 1,000, 1,200, 1,250, 1,500kg/m<sup>2</sup>으로 상이함을 알 수 있었다.

표 3.1 마감두께 및 하중 비교

구분		슬래브두께 (mm)	전체두께 (mm)	고정하중 (kg/m <sup>2</sup> )	적재하중 (kg/m <sup>2</sup> )
W사	B1	300~400	1,050~1,200	1,980~2,430	1,000~1,500
	B2	140~200	200~240	456~580	500, 550
L,C, D,H, S사	B1	200~250	700~1,250	1,380~2,200	1,200~2,000
	B2	150~180	150~350	360~820	300, 400, 500

\* B1 : 지하 1층, B2 : 지하 2층

3.2 부재크기 및 철근량 비교

(1) 슬래브

W사 이외의 건설사의 경우는 보와 기둥으로 구획된 슬래브 바닥면적이 7,500×3,250(24.4m<sup>2</sup>)이 대부분이었다.

W사의 경우는 7,500×5,000(35m<sup>2</sup>) 혹은 7,500×6,600(49.5m<sup>2</sup>) 등으로 보나 기둥 등의 구조 부재로 구획된 바닥면적이 넓어 균열의 더 많이 발생이 했던 것으로 판단된다.

철근 배근간격은 W사는 @150~500 이고 그 외의 건설사는 @200~400 간격으로 W사의 경우 철근의 굵기 차이도 있었으나 배근간격이 타 건설사보다 큰 것으로 나타났다.

장변방향의 경우도 타 건설사의 경우 대체로 @400~600간격으로 일정했으나 W사의 경우 @150~600으로 배근간격의 차이가 많았음을 알 수 있다.

표 3.2는 슬래브의 철근 배근간격 및 철근량을 나타낸 것이며 이때의 철근비는 슬래브 체적에 대한 철근량으로 나타내었다.

표 3.2 슬래브 철근 배근 간격 및 철근량

구분	철근간격(mm)		철근직경 (mm)	철근비 (%)	비고
	답변	장변			
W사	B1	150~150	150~400	HD13 HD16	0.69~0.73 a1현장 0.94
	B2	150~140	200~600	H110 HD13	0.45~1.05 a1현장 1.41
L,C, D,H, S사	B1	200~400	400~500	HD10 HD13	0.72~1.05
	B2	250~400	400~600	HD10 HD13	0.48~0.63

(2) 보

보의 경우 부재의 크기(size)와 철근배근도 조사 대상 건설사 모두가 유사하였다.

주근으로는 HD22, H25를 사용되었고 늑근의 경우 HD10, H13을 사용하여 배근간격은 @100~@300 내외로 일정하였다.

(3) 기둥

기둥의 크기는 조사대상 건설사 모두 대체로 500×500mm

였고 기둥 단면적에 대한 주근의 철근량은 W사의 경우 1.72~3.1%, 타 건설사의 경우 1.62~2.48%로 W사가 6~12.5% 철근 배근량이 많음을 알 수 있었다.(표 3.4참조)

대근(hoop)은 HD10, HD13을 사용하였고, 배근간격은 W사가 @300mm로 일정하였고 타건설사의 경우 @250~@300mm를 사용하였다.

3.3 지하층 방수공법 비교

지하층 바닥 및 외벽의 방수공법을 비교해 본 결과 조사대상 건설사 모두 대동소이하였으나 지하층 외벽의 보호벽 시공에는 차이가 있었다.

표 3.3 보 크기 및 철근량

구분	크기(mm)	철근비(%)	늑근간격(mm)	비고
W사	B1 400~500 ×800~900	단부	1.35~2.22	@100~@200
		중앙	0.90~1.77	@100~@300
	B2 300~400 ×600	단부	0.97~1.84	@200~@300
		중앙	0.97~1.51	@300
L,C, D,H, S사	B1 400~600 ×700~900	단부	1.39~1.81	@100~@200
		중앙	0.96~1.81	@200~@300
	B2 300~400 ×600~700	단부	0.97~1.47	@200
		중앙	0.81~1.47	@200~@300

\* 철근비는 보 단면적에 대한 주근의 비임

표 3.4 기둥 크기 및 철근량

구분	크기(mm)	철근비(%)	대근간격 (mm)	비고
W사	B1 400×700 500×500 600×600	HD22 1.72~3.1	HD10 @300	W사 a1현장의 경우 대근으로 HD13 사용
				B2 400×700 500×500 600×600
L,C, D,H, S사	B1 500×500	HD22 HD25 1.62~2.48	HD10 @250~@300	H사 철근비는 1.24%로 타사에 비해 적음
	B2 500×500 500×700	HD22 HD25 1.62~2.48	HD10 @250~@300	

표 3.5을 보면 W사를 제외한 타 건설사의 경우 지하 1, 2층 외벽의 모든 경우에 액체방수 후에 벽돌이나 블록으로 보호벽을 시공하여 방수층 보호하였고, 내부에 파이프를 매설하여 벽체에서 누수되는 물을 집수정으로 유도배수하였다.

그러나 W사의 경우 지하 1층 외벽에 보호벽을 시공하지 않은 경우가 많아 내부결로 및 누수현상이 많이 발생하는 하자가 많았다. 특히 넓은 지하공간의 경우 환기시설이 제대로 되지 않아 주차장 내부 전체에 결로현상이 발생하는 문제점이 지적되었다.

표 3.5 지하층 방수공법 비교

(a) W사 지하층 방수공법

현장명	a2	a1	b1	c1	b2	비 고
시공부위						
주차장 상부	아스팔트	아스팔트	아스팔트	아스팔트	아스팔트	
최하층 바닥	액체방수	액체방수	액체방수	액체방수	액체방수	
지하1층 외벽	액체방수+0.5B조적	액체방수+보호블럭	액체방수	액체방수	액체방수	
지하2층 외벽	액체방수+0.5B조적	액체방수+0.5B조적	액체방수	액체방수	-	
저수조	액체방수+에폭시	액체방수+에폭시	액체방수+에폭시	액체방수(S.M.C)	액체방수+에폭시	

(b) 타건설사(L, C, D, H, S사) 지하층 방수공법

시공부위	W社	L社	C社	D社	H社	S社	비 고
주차장 상부	아스팔트	아스팔트	아스팔트(슈트방수)	아스팔트	아스팔트	아스팔트(슈트방수)	
최하층 바닥	액체방수	액체방수	액체방수	액체방수	액체방수 (또는 구체방수)	액체방수 (또는 침투성방수)	
지하1층 외벽	액체방수+0.5B조적 (또는 Block)	액체방수+보호블럭	액체방수	액체방수+0.5B조적	액체방수+0.5B조적 (환기시설 완비시보 호벽 시공안함)	액체방수+보호벽	
지하2층 외벽	액체방수+0.5B조적 (또는 Block)	액체방수+보호블럭	액체방수	액체방수+0.5B조적	액체방수+0.5B조적	액체방수+보호벽	
저수조	액체방수+에폭시 (S.M.C)	액체방수+에폭시 (S.M.C)	액체방수+에폭시 (S.M.C)	액체방수+에폭시 (S.M.C)	액체방수+에폭시	액체방수+에폭시	SST물탱크도 사용

4. 하자방지 대책

현장조사 결과와 그동안의 진단결과를 토대로 설계, 시공측면의 방지대책을 정리하였다.

4.1 설계적 측면

(1) 시공하중 반영

주차장 상부의 적재하중은 포장완료후 표토에 의한 집중하중의 분산을 가정하여 산정된 것이나 실제로는 현장여건상 포장공사 전인 콘크리트 슬래브 위나 방수층 시공 후에 레미콘 차량, 덤프트럭, 자재이동차량 등 중차량이 통행하게 되어있어 집중하중 및 이동하중으로 작용하여 균열이 발생하는 원인이 된다.

또한 단지 토목의 우배수 계획시 구배처리 및 우수관로 매설 등에 따라 표토깊이가 당초설계보다 증가되는 경우가 많아 설계시 가정한 하중을 초과하게 되어 상대적으로 취약한 부위가 발생할 우려가 있다.

그리고 공사중에는 지하주차장 상부는 대부분 작업통로 및 자재야적장으로 활용되고 있으므로 공사전에 현장시공자와 상의하여 작업통로가 예상되는 부위는 구조보강 및 설계변경 등을 통한 시공하중의 반영이 필요하다 하겠다.

(2) 장방향의 평면계획

주차장이 부정형의 다각형 평면으로 계획될 시는 온도응력과

재료의 건조수축에 의한 응력, 부재의 강성차이 등에 의한 응력 집중이 발생하여 균열이 많이 발생하므로<sup>11)</sup> 지하주차장을 장방향의 평면으로 계획하는 것이 필요하다.

지하주차장 코너 부위 등은 시공시 건조수축과 온도변화에 의한 수축팽창, 슬래브, 보, 벽 등의 강성 차이로 균열이 발생할 수 있으므로 이에 대한 보강근의 배치도 필요하다.

(3) 철근배근 설계검토

현장조사결과 슬래브 및 보의 변곡점 부근에서 많은 균열이 발생한 것으로 나타났으며 이의 원인은 슬래브와 보의 변곡점은 설계시 가정한 위치가 실제로 응력이 변화하는 경향이 있으므로 이에 대비하여 여장길이(15D 이상)를 두어 설계하는 것이 필요하다.<sup>8)</sup> 표 4.1은 각국의 철근비를 나타낸 것으로 일본과 영국은 우리나라보다 철근 배근량이 많은 것으로 나타났다.

또한 우리나라 슬래브는 중앙상부에 철근이 배근되지 않은

표 4.1 각국의 철근비 및 철근 간격

(단위 : mm)

구분	주철근		배력근		비 고
	최소 철근비	최대 간격	최소 철근비	최대 간격	
한국	0.2%	200	0.2	300	일반건축물 기준
일본	0.5%	125	0.3	200	최소철근직경 D13
미국	0.2%	300	0.2	500	두께 15cm 기준
영국	0.26%	185	0.52	300	배력근 상하 전체량

경우가 많아 피로균열의 유발이 쉽고 사용하는 철근의 경우는 직경 D10mm의 사용으로 철근의 처짐을 유발시켜 균열의 발생이 용이한 것으로 판단된다.<sup>4)</sup>

그러므로 균열방지를 위한 슬래브 중앙상단의 배력근의 배근이 고려되어야 하며 사용철근은 처짐을 방지하기 위해 직경 D13mm 이상이 사용되어야 한다.

(4) 적절한 스패의 구조부재 설계

현장조사 결과 바닥면적이 넓거나 스패이 긴 경우에는 중간 보(beam)를 설치하지 않은 경우 균열의 발생 빈도가 많았으며, 이는 구조계산상으로는 가능한 스패이라 할지라도 균열발생 억제를 위해 구조부재로 구획된 바닥면적은 가능한 작게(7.5m x 3.75m정도)하는 것이 바람직하다고 사료된다.

(5) 아파트와 지하주차장의 분리 설계

아파트와 지하주차장이 만나는 조인트 부위는 상부하중의 심각한 불균형으로 하부지반의 불균형 침하가 발생되어 양구조물의 거동(behavior) 차이로 인한 심각한 균열발생 및 누수현상이 나타난다. 그러므로 가능한한 주차장과 아파트는 분리설계하는 것이 바람직하고 부득이한 경우에는 올바른 시공준을 등에 설계에 반영해야 한다.

(6) 지하층 외벽에 보호벽 및 환기시설 설치

지하층 외벽의 경우 대부분 액체 방수 2차의 안방수로 설계되어 있으나 시공조인트 부위, 부재간 접촉부위 등에서 누수현상이 많이 발생하고 지하공간이 넓은 경우 공사중 환기시설의 미설치로 결로현상 및 곰팡이 등이 발생하였다.

이를 방지하기 위해서는 지하층 외벽에 방수보호벽 시공 및 공사중에 내부의 공기를 순환시키는 환기설비 설치가 필요하다.

4.2 시공적인 측면

(1) 설계도서 사전검토 철저

공사전에 설계도면 및 시방서 등을 충분히 검토하여 시공성 및 타당성을 확인하고 개선대책 등을 마련해야 하며, 시공상세도의 작성, 시공계획서 등의 작성으로 하자를 사전에 예방하여야 한다.

(2) 콘크리트 완전경화전 과하중 적재금지

균열을 발생시키는 주요 요인으로 콘크리트가 완전경화(hardening) 되기 전에 레미콘 차량, 덤프차량 등이 통행하여 슬래브에 진동이나 충격을 주고 설계하중 이상의 초과하중이 작용하여 심각한 균열이 유발된다.

이 균열은 대부분 영구적인 균열로 존재하는 경우가 많으며

관통균열이 되어 누수가 되기 쉽다.

(3) 잭서포트(jack support)의 조기설치

거푸집 조립시에 필러(filler) 처리하여 보강대를 선투입하여 설치하면 동바리 바퀴 세우기 등을 방지하여 슬래브 및 보의 뒤틀림(torsion), 처짐(reflection), 균열(crack)을 사전에 예방할 수 있다.

(4) 초기양생 철저 및 거푸집 존치기간 준수

콘크리트는 양생이 부실하면 내부에 균열이 발생하고 초기양생이 제대로 이루어지지 않을 시는 소성수축 및 건조수축으로 균열이 과다하게 발생된다.

또 거푸집의 초기 제거는 콘크리트 구조물의 처짐이나 미세 균열을 유발하며, 동바리의 잘못된 설치, 이동 또한 균열을 발생시키는 요인이 된다.



사진 3. 지하주차장 필러(filler)처리로 잭서포트 설치

(5) 정확한 철근배근 및 피복두께 유지

보 하부와 슬래브 하부의 미세균열은 대체로 철근 배근간격이 부적절하거나 상부근(top bar)의 처짐, 불충분한 스페이서 설치, 작업자에 의한 철근의 위치 이동 및 처짐으로 유효응력 중심거리가 부족하거나 피복두께가 두꺼워져서 발생된다.

특히 보의 경우 늑근(stirrup)의 피복두께 부족에 따른 늑근 위치에 따라 미세균열이 많이 발생하고 있다.

(6) 단지포장 정밀시공 및 진동다짐 장비사용 지양

단지내 포장공사는 대개 준공이 임박하여 시공하는 경우가 대부분이며 포장공사시의 화단조성, 레벨(level) 조성 등으로 포장두께가 설계치보다 두껍게 시공되는 경우가 많아 과하중이 작용하게 되고 진동다짐 장비는 구조부에 손상을 주므로 가능한 진동롤러 등의 사용은 피해야 한다.



## 5. 결론

아파트 지하주차장의 현장조사 및 그동안 수행된 안전진단사례 결과를 토대로 균열 및 누수하자 원인을 파악하고 방지대책을 마련하고자 했으며, W사 현장조사 및 타 건설사간의 설계도서 비교 검토를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 철근 피복두께의 경우 슬래브에서 40mm 이상, 보에서 50mm 이상일 때, 균열이 많이 발생하였고 균열폭도 컸으며, 스테럽의 피복두께가 얇은 경우에 스테럽 위치를 따라 균열이 발생하였다.

(2) 비파괴시험(schumidt hammer)에 의한 콘크리트 압축강도는 슬래브의 경우 110~119%, 보의 경우 117~123%로 설계 준강도를 상회하였다.

(3) 지하주차장 최상층의 마감설계, 적재하중 적용기준 및 구조부재(보, 기둥) 배치설계, 철근 배근설계에 추가적인 검토가 필요하다.

(4) 설계적 측면에서는 주차장 상부 시공하중의 설계반영, 슬래브 중앙상단의 배력근 설계, 장방형의 규칙적인 평면계획, 아파트와 지하주차장 분리설계, 지하층 보호벽 시공 및 환기설비 마련 등이 필요하다.

(5) 시공적 측면으로는 콘크리트 경화전 하중재하금지, 거푸집 존치기간 준수, 거푸집설치시 필러(filler) 처리로 잭서포트(jack support) 설치, 정확한 철근배근 및 피복두께 확보, 단지 포장공사의 정밀시공 등이 요구된다.

## 참고문헌

1. 변근주 외, 콘크리트 구조물의 균열, 한국콘크리트학회 기술강좌, 1997. 2.
2. 김진근, 콘크리트 균열의 원인과 대책, 건설기술 교육원,

1997. 5.
3. 한만엽 · 신영수, 콘크리트 구조물의 탄소섬유шит 보강공법, 선경인더스트리, 1997. 7.
4. 삼성건설기술연구소, 주차장 구조물의 하자요인 분석, 삼성건설기술연구소, 1995. 12.
5. 음성우, 지하주차장 지붕층 일방향 슬래브의 균열 발생 원인 및 대책, 콘크리트학회지 제9권 2호, pp.76~77, 1997. 4.
6. 추영수 譯, 콘크리트의 균열조사, 보수·보강 지침, 건설도서, 1988. 8.
7. 탐구문화사, 콘크리트 건물의 균열, 1995. 1.
8. 대한주택공사, 철근 콘크리트 배근 실무 편람, 1991. 2.
9. 대한주택공사, 철근콘크리트 아파트 구조물의 균열발생 원인 및 대책, 1995. 11.
10. 박승범 외, 콘크리트구조물의 비파괴검사 및 안전진단, 한국콘크리트학회, 1995.
11. 나경준, 부력 검토를 잘못하였을 때, 건설품질, pp.82~93, 1996.
12. 김태중, 아파트 지하주차장의 구조적 하자예방에 관한 연구, LG건설 기술연구보고서, 1996.
13. 건설교통부, 철근 콘크리트 구조물의 균열평가 및 제어대책에 관한 연구, 1996. 12.
14. Sidney Mindess and J. Francis Young, Concrete, Prentice-Hall, Inc. pp.544~580, 1981.
15. A. M. Neville, Properties of Concrete, Pitman, pp.359~432, 1981.
16. E. G. Nawy, Reinforced Concrete, Prentice-Hall, Inc. pp.246~296, 1985.
17. W. H. Mosley and J. H. Bungey, Reinforced Concrete Design, Macmillan, pp.112~153, 1990.

## Abstract

Recently all basement floor of apartment site have utilized as parking area to use efficiently space and to ensure lawful parking car figure. And the top of parking area has used as working vehicle's path and materials' carrying area during construction.

Thus because crack and leakage status in underground parking area of under construction or completion building generate excessively not only performance of structure is diminished but also flaw repair cost is put in a lot of. And abroad confidence is diminish.

So this study is intended to diminish flaw focus on investigation of under construction and completion fields through examine closely cause of crack and leakage status of apartment house underground parking area and preapre countermeasure with respect to design, construction and maintenance.

**Keywords** : crack, leakage, flaw preventionManagement Model