아파트 지하주차장 구조체 균열에 대한 조사 보고

한덕희/ 건축기술개발부 대리

최근 공동주택의 법정 주차면적 증가에 따라 지하주차장 규모가 장대화되고, 아파트 시공시 시공 순서상 중차량 및 중량물이 적재될 수 밖에 없는 현실, 고강도철근과 강도설계법이 도입되면서 구조 단면 내의 철근 및 콘크리트의 인장응력이 증가되었으나, 현 시공은 이러한 새로운 설계방법의 요구 사항들이 반영되지 않은 채 이루어지고 있다. 이러한 사회적 상황들이 콘크리트 구조물의 균열을 일으키는 배경이라고 생각되며, 최근의 빈번한 균열하자는 막대한 하자보수 비용의 투입 및 민원 발생 등의 사회적 문제가 되고 있다. 이러한 이유에서 지하주차장의 균열을 일으키는 직접적,구체적 원인은 무엇이며, 현재 적용하는 설계적재하중은 적정한 것인지를 파악하기 위하여 전형적인 지하 주차장 균열 발생 현장을 조사하고, 적재하중의 적정성을 FEM 해석과 비교하였으며, 균열 제어방법에 대하여 기존자료등을 정리하게 되었다.

현장조사

1. 하중상황 조사

시공된 구조단면의 검토와 설계당시의 설계하중과의 비교를 위하여 주차장 상부의 Top Soil 두께, 조경식재 면적 및 두께, 통행 차량의 차종등을 조사하였다.

2. 균열현황조사

① 거의 모든 보에 예외없이 전형적인 휨 또는 전단균열이 발생되어 있었으며, 0.3mm 이상의 균열폭을 가진 균열도 상당히 많이 관찰되었다.

② 슬라브의 균열양상은 주로 공사초기에 발생된 균열에 의해 누수가 되었던 부분이 보수된 형태(진전없슴)와 미세한 균열이 관찰되었슴.

③ 기타 피복두께 부족등에 의한 균열 및 피복 박리에 의한 철근 부식 현상도 관찰 되었슴.

3. 균열 진전여부의 조사

① 상부의 사용하중이 가장 크다고 판단되는 부위에 Crack Gauge를 설치하여 균열 진전여부를 매 1주일마다 1.5개월 동안 관찰하였슴.

4. 현장조사 내용 고찰

① 주차장 상부의 마감하중 (Top Soil하중)은 설계시 가정된 하중을 초과 하지않았으나, 차량 통행하중중 빈도는 아주 적으나 일부 설계적재하중을 초과하는 경우도 있었다.

② 일부 조경용 수목이 식재된 부분에는 설계 Top Soil 두께를 초과하나 설계적재하중을 초과하지 않았슴.

③ 균열폭 0.3mm이상인 균열의 분포상황으로 판단해 볼때 개략적인 예상시공 중차량 통행로와 일치함을 알수 있었슴.

④ 일부의 균열 형태 중 보 하부보다는 측면균열이 큰부분은 재료적인 원인 및 스터럽의 피복 두께부족에 의한 것으로 판단되었슴.

⑤ 보수보강방법의 결정과 구조물의 사용성 진단에 활용할 목적으로 현재의 사용하중상태에서 균열의 진전여부를 조사하였으나, 진전균열은 확인되지 않았슴.

⑥ 이상의 내용으로부터 관찰된 균열의 대부분은 시공시 중차량 등에 의하여 발생된 것으로 판단할

수 있으며 일부 불규칙한 균열은 재료의 건조수축에 의한 것으로 추정됨.

지하주차장 적재하중 검토

1. 검토조건

① 차량의 충격계수는 0.3으로 고려함.(도로교표준시방서에 근거한 최대값)

② 시공시와 완공시에 대해 검토함.

· 시공시 : 시공하중+마감하중=차량환산하중

· 완공시 : 적재하중=차량환산하중

③ 검토 Module(Span)

· One-way Slab : 3.25m×7.5m

· Two-way Slab : 6.50m×7.5m

④ 차량 1대에 대한 하중효과를 고려함.

⑤ 표준마감

· Top Soil (t=500)

· 무근Con'c (t=100)

⑥ 시공 및 재료의 변수는 고려하지 않았음.

2. 검토 방법

① 해석방법

· 슬라브 : 등분포 시공하중과 실제 차량적재로 인한 하중효과를 고려한 집중하중과 등분포 하중에 대해 FEM 해석 수행.

· 보 : 양단고정보에 대해 등분포하중과 집중하중에 대해 수계산으로 부재해석 수행.

② 차량중량환산방법

· 슬라브 : 2가지 하중에 대해 최대 모멘트가 같아지는 점을 결정하여 차량중량 환산.

· 보 : 2가지 유형의 하중에 대해 최대 모멘트 또는 전단력이 같아지는 점을 결정하여 차량중량환산

3. 검토결과

① 지하주차장의 설계 하중에 대한 차량제한 톤수는 〈표 1〉과 같다. (충격계수 0.3)

설계적재하중이 1200kg/m²일 경우는 중형트럭(4.25ton)의 차량하중으로 환산될 수 있으며, 단지내 통행가능 차량중 최대인 것이 4.25ton 중형트럭 이상일 경우 에는 현재의 설계적재 하중을 높여야 할 것이다.

② 도로교시방서에 명기된 DB하중을 등분포하중으로 환산하면 〈표 2〉와 같다.(충격계수 0.3)

〈표 1〉 (단위 : ton)

LOAD(kg/ m²) / TYPE	550	750	1000	1200
One-way	3.43	4.68	6.23	7.48
Two-way	4.71	6.42	8.56	10.27

〈표 2〉 (단위 ton/m²)

TYPE	중량(ton)	시 공 (One-way)	시 공 (Two-way)	완 공 (One-way)	완 공 (Two-way)
DB-24	43.2	18.9	8.6	6.9	5.1
DB-18	32.4	14.2	6.5	5.2	3.8
DB-13.5	24.3	10.6	4.9	3.9	2.8

〈표 3〉

(단위 : kg/m²)

차 종	중량 (kg)	시 공 (One-way)	시 공 (Two-way)	완 공 (One-way)	완 공 (Two-way)
엑셀	970	426	194	156	113
엘란트라	1,120	492	224	180	131
소나타	1,570	692	315	253	184
뉴그랜저	1,740	765	348	279	203
마이크로버스(15승)	2,620	1,151	524	420	306
중형버스(64인승)	8,345	1,669	1,338	975	
고속버스(46인승)	15,205	6,682	3,041	2,438	1,777
소형트럭(적재 1000kg)	2,125	934	425	341	248
소형트럭(적재1500kg)	3,100	1,362	620	497	362
소형트럭(적재2000kg)	4,030	1,771	806	646	471
중형트럭(적재4250kg)	7,925	3,483	1,585	1,271	926
대 형 트 럭(적 재 10750kg)	19,665	8,642	3,933	3,153	2,298
레미콘트럭(5m³)	22,000	9,668	4,400	3,527	2,571
잔토반출트럭	19,300	8,481	3,860	3,094	2,255
크램쉘	25,000	10,986	5,000	4,008	2,921
크롤러크레인	54,000	23,730	10,800	8,658	6,310
트럭크레인	54,000	23,730	10,800	8,658	6,310

③ 차종및 차량중량에 따른 시공시, 완공시의 환산등분포하중은 〈표 3〉과 같다.(충격계수0.3)

균열 제어 방법

이상과 같은 현장조사와 시공하중의 평가 과정으로 부터 아파트 지하주차장의 균열제어를 위한 다음과 같은 방법을 제시하고자 한다.

1. 시공관리 및 재료적 측면

① 유효춤 및 피복두께 확보를 위한 Spacer, Bar Support 간격 및 위치 준수.

② 배근오차의 최소화.

③ 거푸집및 동바리 존치기간 준수.

④ 시공중 자재적치 제한 설정관리.

⑤ 콘크리트의 건조수축 등을 고려한 타설 및 양생계획 수립.

⑥ 콘크리트 경화전 진동 재하배제.

⑦ 초기양생 중의 급격한 건조방지.

2. 설계관리 측면

① 현재 지하주차장 상부 설계적재하중 1.2t/m²은 차량 총중량 7.9ton(중형트럭 4.3ton) 정도를 허용하는 것으로서, 현실성을 감안(통행가능 차량)할때 1.5t/m² ~1.7ton/m² 까지 상향조정하는 것을 고려할 필요가 있다.

② 지하주차장 Typical Floor의 적재하중도 300을 500kg/m²으로 상향 조정할 필요가 있다.

③ 지하주차장 상부층의 보 전단 설계 시 중차량 이동에 의한 중앙부의 전단 보강의 의미에서 보단부와 같게 보강근을 배근한다.

3. 시공중의 과하중에 대한 처리

예상 중차량 통행 및 자재 적치 계획에 따른 가설 Support(Jack-Support) 설치.

· Support 간격

- Slab : 두께 250mm인 경우는 2.5m전후
- Beam & Girder : 보 span 7.5m인 경우에는 4.0m전후