

지하주차장 슬래브 균열저감을 위한 수축저감 콘크리트 현장적용 사례

Application of shrinkage-reduced concrete to mitigate cracks of slab in parking garages

서종해* 이정호** 이규식*** 전병갑**** 김준삼***** 이회근*****
Seo, Jong-Hae Lee, Jung-Ho Lee, Kyu-sik Jeon, Byong-kap Kim, Jun-Sam Lee, Hoi-Keun

Abstract

Concrete has cracks from shrinkage that necessarily result from in hardening process. Shrinkage-reduced concrete developed for crack reduction was utilized at a sample construction project. As a result, it is confirmed that crack initiation ratio was remarkably reduced when compared to the case of normal concrete utilization. Additional sample project is supposed to use delay joints as well as shrinkage-reduced concrete. Subsequently, the result will be reported. The greatest factor which affects in drying shrinkage is unit quantity of water. However, there are a lot off difficulties in field supervision because proper measuring means is not presented in present standard. Therefore, problems depending on ready-mixed concrete concrete companies should be improved by preparing the related standard assoon as possible.

키 워 드 : 균열, 수축저감 콘크리트, 단위수량
Keywords : cracks, shrinkage-reduced concrete, unit quantity of water

1. 서 론

지하주차장의 균열은 누수와 더불어 사용자의 심리적인 불안을 야기하는 대표적인 고객 불만사항으로, 균열 보수비가 하자보수비의 많은 부분을 차지하고 있는 실정이다. 근래의 주차장은 아파트와 일체화된 통합형으로 계획되어 구조체가 건조수축, 온도변화 등으로 인해 일체 거동하므로 더더욱 균열에 취약하다고 볼 수 있다. 최근에는 시공사 별로 지속적인 품질관리 노력 등으로 상당부분 감소현상을 보이고는 있으나 만족할 만한 수준에는 미치지 못하고 있다. 때문에 지하주차장의 균열저감은 고객만족도 향상을 위해서 반드시 필요하나 쉽지 않은 부분이라 생각된다.

콘크리트의 특성상 힘 부재에서의 균열은 어느 정도 불가피하다고 볼 수 있으며 현행 콘크리트 설계기준에서도 강재의 부식환경에 따라 최대 균열폭을 0.3~0.4mm까지 허용하고 있다. 구조설계에서는 이러한 허용 균열폭을 초과하지 않는 범위 내에서 작용하는 하중을 지지하도록 부재의 크기 및 철근량을 결정하고 있다. 그러나, 기준에 적합하게 설계된 구조물도 위치에 따라서는 발생한 균열이 구조적인 문제가 없는 허용균열폭 이내라 하더라도

건물의 미관을 저해하고 사용자의 심리적 불안감을 초래하는 경우가 많고, 시공중 발생한 초기의 부재내의 미세한 균열이 사용하중(입주 후 차량통행 등)에 의해 확대되는 문제를 가지고 있다. 따라서 시공초기 콘크리트 타설 후 경화되는 과정에서 주로 발생하는 건조수축은 초기 균열을 유발하여 사용중 확대되는 경향을 보이므로 재료적인 관점에서 수축량을 최소화 하는 것이 중요하다. 따라서 본고에서는'10년 당사 기술연구센터에서 개발한 수축저감 콘크리트 현장적용 사례 및 적용효과와 도로공사에서 채용하고 있는 단위수량 측정기를 활용한 콘크리트 배합수 관리사례를 소개하고자 한다.

2. 수축저감 콘크리트 소개

2.1 기술 개요

슬래브와 같이 면적이 큰 수평부재, 하부구속이 아주 강한 벽체 등 콘크리트의 주요 균열발생 원인인 건조수축을 일반 콘크리트 대비 20%에서 최대 50% 저감시킴으로써 재료적인 관점에서 콘크리트 균열발생을 최소화 하는 기술이다. 건설현장에 반제품의 형태로 공급되는 레미콘의 품질 확보를 위해 슬럼프, 공기량, 염화물량, 압축강도로 대표되는 시공성, 강도, 내구성에 대한 규정 이외에 콘크리트의 균열 제어를 위한 최대 건조수축량을 제한한다.

* 삼성물산 건설부문 주택ENG팀 상무
** 삼성물산 건설부문 수원 S현장 소장
*** 삼성물산 건설부문 아산 T현장 소장
**** 삼성물산 건설부문 주택ENG팀
***** 삼성물산 건설부문 주택ENG팀
***** 삼성물산 건설부문 기술연구센터 수석연구원

표 1. 등급별 최대수축량 기준(일본 콘크리트 공학협회, 2009)

구분	등급		
	표준	고급	특급
콘크리트 종류	일반	저수축	초저수축
최대수축량 (×10 ⁻⁶)	800	650	500
수축저감률	-	15~20%	40~50%
적용기술	일반배합	수축저감형 고성능감수제	수축저감제, 재료 및 배합기술

콘크리트 종류별 수축성능 및 등급



그림 1. 콘크리트 종류별 수축성능 및 등급

2.2 기술 구현방법

주요 기술은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫째, 일반콘크리트 대비 단위수량 및 시멘트 사용량을 저감하고 물성에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 굵은골재 사용량 증가(S/a 감소)하여 수축저감을 유도하는 수축저감 콘크리트 배합기술이다. 두 번째로 시멘트 경화체내 수축에 기여하는 직경 2.5~50nm 크기의 공극에 존재하는 수분의 표면장력을 감소시켜 콘크리트의 수축을 저감시키는 혼화재료인 고성능 수축저감제의 사용이다. 이러한 요소기술을 이용한 배합설계를 통해서 수축저감 콘크리트의 구현이 가능하다.

표 2. 수축저감 콘크리트 배합설계(규격:25-24-180)

구분	수축저감율	W/B (%)	S/a (%)	단위중량(kg/m ³)								
				W	B	C	F/a	S	G	AD1	AD2	AD3
일반	기준	50.0	48.9	175	360	308	42	862	918	3.06 (0.9%)	-	-
저수축 (보급형)	20%	48.5	48.0	165	340	306	34	864	954	-	3.06 (0.9%)	-
초저수축 (특수형)	50%	48.5	48.0	165	340	306	34	864	954	3.06 (0.9%)	-	6.8 (2%)

AD1: 폴리카르본산계 고성능감수제(SP), AD2: 수축저감형 고성능감수제 AD3: 고성능 수축저감제(SRA)

표 3. 굳지 않은 콘크리트 성질 및 압축강도 발현 특성(실내배합)

구분	슬럼프 (mm)	공기량 (%)	재령별 압축강도(MPa)				
			1일	3일	7일	14일	28일
일반	200	4.8	11	23	31	35	43
저수축 (보급형)	205	3.7	11	22	33	37	42
초저수축 (특수형)	200	3.9	9	22	31	36	41

* 일반 콘크리트 대비 물성 및 압축강도 차이 없음

표 4. 수축저감 콘크리트 제조를 위한 배합설계 방향

배합요소	수축영향인자	세부내용	수축저감정도
단위수량	수량	단위수량 낮을수록 SRA효과 증가	★★★
단위시멘트량	시멘트량	시멘트 사용량이 낮을수록 수축 감소	★★★
	종류	석회암 골재 사용시 수축량 감소	★★
굵은골재	최대치수	25mm 사용시 수축량 감소	★
	체적	골재 사용량 증가시 장기 수축량 감소	★★
잔골재	조립률	조립율 감소시 수축량 증가	★★
혼화재료	팽창재	사용량에 비례하여 수축량 감소 최적 사용량 결정 필요	★★★
	수축저감제	사용량에 비례하여 수축량 감소 수축저감 효과 우수	★★★

3. 현장적용 사례

3.1 파일럿 적용사례

본 프로젝트는 충청남도 아산시 탕정면에 위치하며 삼성전자 직원들을 대상으로 분양한 아파트로 총 5개 블록에 연면적 231,104평, 총 3,953세대로 대규모 현장이다. 1단계 공사인 1~3블럭은 '06년 시공을 시작으로 '09년에 완공하여 현재 약 2,200세대가 입주를 완료하였고 2단계로 4블럭, 3단계로 5블럭을 시공중에 있다. 아파트의 경우는 기동식으로 중심코아 형태로 계획되었으며 지하주차장의 경우는 RPC 복합화 공법으로 당사 신기술인 MRS PC공법이 적용되었다.

표 5. 건물개요

사업명	아산탕정 T아파트 2단계 공사(4블럭)
위치	충청남도 아산시 탕정면 00리
용도	공동주택
규모	지하2층/지상37층, 858세대
대지면적	31,538m ² (9,557평)
연면적	150,271m ² (45,537평)
구조형식	아파트 : 철근콘크리트 기동식구조 주차장 : PC복합화 구조
공사기간	'10.04 - ' 13.01(34개월)



그림 2. 현장 조감도

MRS 공법은 기존 하프슬래브 공법의 단점인 조인트 균열저감을 위해 개발된 공법으로 단순보로 거동하는 더블티 공법을 개선시켜 연속단을 구현함으로써 기존 공법대비 상당량의 균열저감효과를 거두었으나 일반 콘크리트가 적용된 PC토핑구간과 RC구간에서는 일부 불가피 하게 건조수축 균열이 발생하였다. 물론 그 양은 일반 RC적용 현장에 비해 상대적으로 적으나 고객의 시각에서는 아직까지도 미흡한게 사실이다. 1~3블럭 입주 후 시작된 2 단계공사에서는 이전보다 한단계 높은 수준의 균열저감대책 및 실천이 필요하게 되어 당사 기술연구소가 개발한 초저수축콘크리트를 402동 주변 주차장에 시범적용하게 되었다. 상대적인 비교를 위해 총 지하3개층중 지하2층바닥은 저수축 콘크리트를 지하1층 바닥은 일반콘크리트를 타설하여 비교하였다.

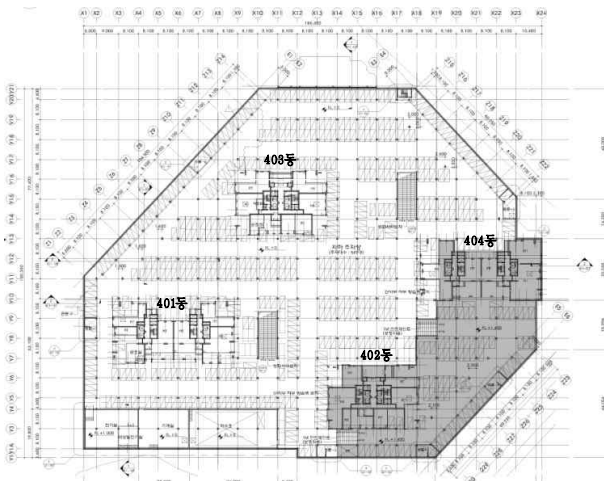


그림.3 지하주차장 평면도

일반적으로 콘크리트는 타설 후 6개월내에 50%이상의 건조수축이 이루어지므로 6개월 경과 후에 균열발생 현황을 조사하였다. 조사면적은 약 284m²으로 단위면적당 균열발생 비율로 비교하였다. 일반 콘크리트를 타설한 층에서는 균열의 총길이가 약 130m로 조사되어 0.458m/m²의 비율이었으나 저수축 콘크리트가 적용된 지하2층 바닥의 경우에는 약 24m로 0.085m/m²의 균열발

생 비율을 보였다. 결과적으로 저수축을 사용한 구간의 균열 발생률이 약 81% 저감되는 것으로 나타났다. 이는 당초 배합설계시 계획했던 50%를 훨씬 넘는 것이며 실질적으로도 구현 가능하다는 의미이다. 물론 각각 구간의 시공조건(날씨, 타설온도 등)이 다를 수 있어 1:1의 정량적인 비교는 다소 무리가 있지만 어느 정도 상대적인 비교는 가능하다고 판단된다.

저수축 콘크리트 적용시 상기와 같은 저감효과가 확인되어 발주처의 요구로 마지막 3단계 공사인 5블럭 현장에서는 지하주차장 전구간에 저수축 콘크리트를 적용중에 있다.

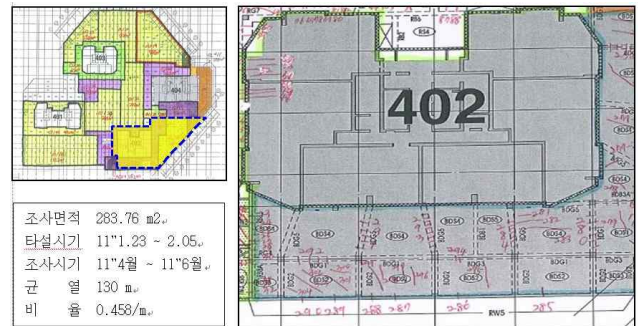


그림 4. 일반콘크리트 타설구간 균열도

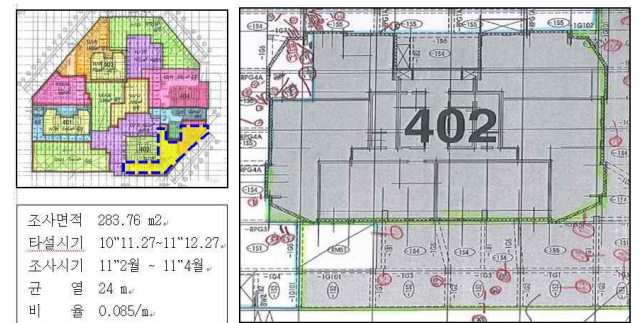


그림.5 저수축 콘크리트 타설구간 균열도

3.2 파일럿 적용사례

본 프로젝트는 경기도 수원시 영통구 00동 일대를 개발하는 사업으로 총 2개 블록에 연면적 69,620평, 총 1,330세대의 공동주택 개발사업이다. 작년 5월 착공하여 현재 지하주차장 골조는 시공을 완료하였고 현재 아파트 기준층을 셋탕중에 있다.

표 6. 건물개요

사업명	수원시 S아파트 신축공사
위치	수원시 영통구 00동
용도	공동주택
규모	지하2층/지상27층, 1,330세대
대지면적	77,757m ² (23,522평)
연면적	230,148m ² (69,620평)
구조형식	아파트 : 철근콘크리트 벽식구조 주차장 : PC복합화 구조
공사기간	'11.05 - ' 13.10(30개월)



그림 6. 현장 조감도

아파트의 주골조 형식은 세대내 일부 기둥이 배치되어 있긴 하나 전형적인 벽식구조이며 지하주차장의 경우는 앞선 탕정현장과 같은 RPC 복합화 공법(MRS PC공법)이 적용되었다. 당현장의 경우도 아파트와 주차장이 통합형으로 계획되어 건조수축, 온도응력 등으로 인한 균열발생의 우려가 상당히 큰 현장이다. 따라서, 앞서 개발된 저수축 콘크리트를 적용하되 비용증가 최소화를 위해 PC토평구간에 한정하여 적용하고 지연조인트(Delay Joint)를 준비하여 후타설 계획을 수립하였다. 후타설 구간은 일반 저수축보다 수축 감소율이 높은 초저수축 콘크리트로 계획하였다.

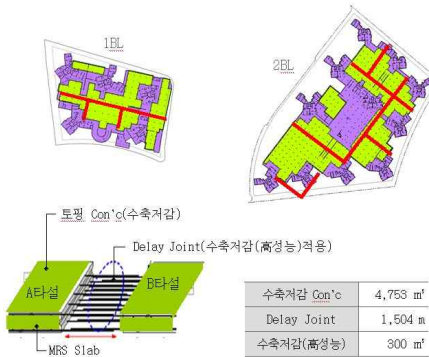


그림 7. 주차장 지연조인트 계획

건조수축은 두께가 얇은 슬래브에 영향이 크므로 철근의 겹침 이음 길이를 고려하여 지연조인트의 폭을 1m 확보하였으나 보 철근의 경우에는 건조수축 응력의 영향이 크지 않고 이음을 고려할 경우 수축대가 지나치게 넓어져 시공성이 떨어지므로 슬래브의 경우와 같은 폭을 적용하여 시공하였다. 타설시기는 주변부 타설 후 약 6~9주후로 계획하고 있다. 지연조인트 타설만 남은 현시점에서 균열저감 효과를 정량적으로 파악할 수는 없으므로 이부분에 대해서는 차후 효과분석을 통해 추가 발표를 계획하고 있다.

3.3 단위수량 관리방안

콘크리트의 건조수축량은 6개월의 경우 $4\sim 8 \times 10^{-4}$ 정도로서 평균 6×10^{-4} 정도로 가정할 경우 10m의 콘크리트 구조물은 약 6mm 수축한다. 이러한 콘크리트 건조수축에 영향을 미치는 가장 중요한 인자가 단위수량인데 현시방 및 기준에서는 배합표 확인 외에 현장에서 확인할 수 있는 명확한 시험기준이 제시되어 있지 않다.

따라서, 수원 S현장에서는 건조수축 저감을 위해서는 생콘크리트의 단위수량 관리가 중요하다는 판단하에 여러 가지 측정법중 측정이 손쉽고 신뢰도가 높으며 도로공사에서 표준으로 채용하고 있는 단위수량측정기(용적질량법)를 도입하여 현장에 활용하고 있다. 측정시기는 KS에 규정된 슬럼프, 공기량 시험빈도와 동일하게 적용하였으며 도로공사 관리기준을 참고로 하여 목표관리 $\pm 15\text{kg/m}^3$, 한계관리 $\pm 20\text{kg/m}^3$ 로 관리중에 있다.

표 7. 現표준시방서의 단위수량 관리기준

건축공사표준시방서 (표 05010.20) 콘크리트의 품질관리, 검사(승인검사) 중

항목	시험방법	시기, 횟수	판정기준
단위수량	배합표 및 콘크리트의 제조기록에 의한 확인	1) 타설초기 2) 타설중, 품질변화가 인정될때	규정한 값 이하일 것

콘크리트 표준시방서 (표 2,30) 콘크리트 운반검사 중

항목	시험방법	시기, 횟수	판정기준
단위수량	굳지않은 콘크리트의 단위수량시험으로부터 구하는 방법	내릴때 오전 2회 이상, 오후 2회 이상	허용값 내에 있을것
	골재의 표면수율과 단위수량의 계량치로 부터 구하는 방법	내릴때 전 배치	허용값 내에 있을것

4. 맺음말

콘크리트는 재료적인 특성상 경화과정에서 필연적으로 발생하는 건조수축으로 인해 균열을 수반한다. 이러한 균열저감을 위해 재료적인 관점에서 접근하여 수축량 최대 50% 저감을 목표로 수축저감 콘크리트를 개발하여 파일럿 현장에 시범 적용하였다. 그 결과 일반 콘크리트 타설 구간에 비해 저수축 콘크리트 타설 구간의 균열발생 비율은 현저히 줄어든 것을 확인할 수 있었다.

추가적인 파일럿 현장은 저수축 콘크리트 사용외에 지연조인트를 계획하여 시공중에 있으며 적용효과에 대해서는 추후에 발표 하도록 하겠다.

앞서 언급한 바와 같이 건조수축에 영향을 미치는 가장 큰 인자가 단위수량임에도 불구하고 현기준 및 시방에서는 이렇다 할 측정방법이 제시되고 있지 않아 현장관리에 어려움이 많은 것이 현실이다. 따라서, 이러한 부분은 조속히 관련기준이 마련돼서 레미콘사의 배합관리에만 의존하는 문제점이 개선되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 삼성건설 기술연구소, 균열저감 콘크리트 개발 및 실용화 연구, 2010.11
2. 이명호, 박형철, 오보환, 지연줄눈 구간의 구속된 보 및 슬래브 철근의 거동, 대우건설기술지 2009
3. 한천구, 레미콘 기술자들을 위한 한천구의 콘크리트 실무가이드 100