

# 지하 철근콘크리트 박스구조물의 균열제어 시공기술개발

## Development of Construction Methods for the Crack Control of underground RC Box Structures

이 순 환\*      김 영 진\*\*      김 성 운\*\*\*      방 재 원\*\*\*\*      최 용 성\*\*\*\*\*  
Lee, Soon Hwan   Kim, Young Jin   Kim, Sung Un   Bang, Zae Won   Choi, Yong Sung

### ABSTRACT

This research analyzed the factors for crack generation and proposed the recommended construction methods for the efficient crack control of underground RC box structures under the roadway. The selected main factors were: details of contraction joints, ratio of crack control rebars in longitudinal direction, and placement of flyash concrete. These factors were tested on the actual structures and the significance of each factor was analyzed. The results show that the flyash concrete placement and the inducing minor cracks in a certain direction by adopting contraction joints are practical and efficient methods to control cracks. The significance of crack generating factors increases as the sectional loss of contraction joint spacing increases. It was recommended that the sectional loss should be higher than 20 percent to maximize the crack generating effects. It was not possible to verify the effect of crack control rebar spacing, but it was estimated that the ratio of crack control rebar should be increased to minimize cracks.

### 1. 서론

최근들어 신설도로의 하부를 횡단하는 기존도로의 통행성을 확보하기 위한 박스구조물과 도시 지하철 및 전력구등을 건설함에 있어 지하 철근콘크리트 박스구조물의 건설빈도 및 규모가 증가하고 있다. 따라서 철근콘크리트의 균열저감을 통한 지하 철근콘크리트 박스구조물의 품질확보가 중요한 문제로 대두되고 있다. 본 연구에서는 지하 철근콘크리트 박스구조물에 발생하는 균열의 효과적인 제어를 위하여 도로하부를 횡단하는 실제 박스구조물을 대상으로 하여 균열발생 영향인자 중 균열유발조건상세, 종방향 수평철근비, 저발열 콘크리트 타설 등을 주요변수로 선정하고, 이들 변수가 균열제어에 미치는 영향을 규명하기 위해 실험구조물을 대상으로 시험시공을 실시한 후 그 결과검토를 통해 각 변수의 영향을 분석하고 합리적인 시공방안을 제시하고자 한다

### 2. 지하 RC박스구조물의 균열발생현황

도로하부를 횡단하는 철근콘크리트박스 구조물의 균열은 복합적인 요인으로 발생되는데 건조수축·수화열에 의한 재료적요인, 줄눈 및 수평철근등에 의한 설계적 요인, 콘크리트의 타설·다짐·양생등의 시공상 요인이 있을 수 있다. 실제 도로암거, 지하철 박스구조물등에서 발생하는 균열은 주로 외부구속이 큰 벽체에 수직으로 발생되고 있고, 특히 지하철구조물의 경우 유해한 균열 현상이 최근에 다수 발생되고 있어 구조물의 미관을 저해하고 안전성을 위협하고 있는 실정이다.

\*정회원, (주)대우건설기술연구소 연구원  
\*\*정회원, (주)대우건설기술연구소 책임연구원  
\*\*\*정회원, (주)대우건설기술연구소 수석연구원  
\*\*\*\*(주)대우·증평도로현장 소장  
\*\*\*\*\* (주)대우·증평도로현장 차장

### 3. 시험시공계획

#### 3.1 대상구조물의 선정

일반적으로 신설 고속도로를 횡단하여 통과하는 기존도로의 통행성을 보장하기 위하여 본선 고속도로의 하부에 박스구조물을 시공한 후 그 상부를 성토하고 도로를 건설한다. 본 연구의 시험시공 대상구조물은 도로하부를 횡단하는 실물 제원의 통로 및 수로박스 구조물로서, 제원은 표 1과 같다.

표 1 시험대상 박스구조물의 제원

No	용도	길이 (m)	폭×높이 (m)	단면두께(m)			성토고 (m)
				벽체	상부슬래브	하부슬래브	
1	통로박스(18K+494)	54.5	4.5×4.5	0.6	0.75	0.85	6.8
2	통로박스(18k+032)	49.4	4.5×4.5	0.7	0.9	0.95	8.29
3	수로박스(18K+054)	68.3	2.0×2.0	0.3	0.4	0.4	13.0
4	수로박스(15K+500)	53.8	2.0×2.0	0.3	0.3	0.1	7.0

#### 3.2 실험변수의 선정

##### 3.2.1 콘크리트 배합

단면두께가 큰 통로박스 구조물의 경우 수화열에 의한 콘크리트 내부의 온도상승이 클 것으로 예상되며 이에 따른 온도응력의 발생은 콘크리트 배합시의 시멘트 혼입량에 크게 좌우된다. 따라서 본 실험에서는 시멘트량의 일부를 미분말의 플라이애쉬로 치환하여 수화발열량을 최소화한 저발열콘크리트를 사용하여 이것이 균열저감에 미치는 영향을 일반콘크리트와 비교분석하였다. 현장에서 사용되는 일반콘크리트와 저발열콘크리트의 배합설계표는 표 2와 같다.

표 2 콘크리트 배합설계

종류	설계기준 강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	굵은골재 최대치수 (mm)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	물-시멘트비 (%)	잔골재율 (%)	단위량(kg/m <sup>3</sup> )					
							W	C1	C2	S	G	AD
일반 콘크리트	240	25	15	4.5	48	47.7	186	390	-	788	934	1.17
저발열 콘크리트	240	25	15	4.5	44.4	46.9	186	288	72	839	948	6.48

단 ; C1=보통포틀랜드시멘트, C2=플라이애쉬

##### 3.2.2 균열유발준비

콘크리트에서의 균열발생을 완전히 제어하기 위한 여러 가지 조치 이후에도 발생하는 최소한의 균열은 일정한 지점으로 유도하여 보수가능하도록 하여야 한다.

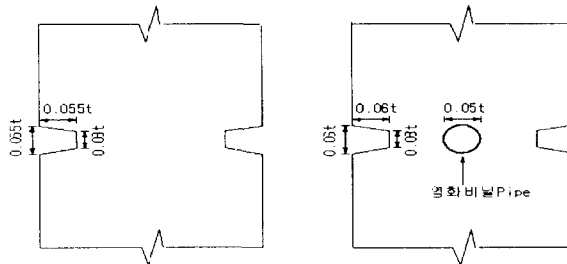


그림 1 균열유발준비의 설치 상세도

이를 위해 콘크리트 표준시방서에서는 균열유발률의 단면감소율을 20%이상으로 규정하고 있으나 줄눈의 규격 및 단면감소율이 명확히 정해져 있지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 단면감소율을 5%, 7%, 11%, 17% 및 25%로 변화시켜 균열유발률을 설치하고 각각의 단면감소율에 따른 균열유발효과를 분석하였다. 균열유발률의 대표적인 상세도는 그림 1과 같다.

### 3.2.3 수평 철근간격의 변화

수화열과 건조수축등에 의해 발생하는 콘크리트 내부의 인장응력을 분산저감시키기 위하여 수평철근을 사용한다. 콘크리트 시방서에서는 최소수평철근비를 콘크리트 총단면적의 0.20~0.25%로 규정하고 있다. 본 연구에서는 수평철근의 설치간격이 균열발생 억제효과에 미치는 영향을 분석하기 위하여 설계에 사용되고 있는 D16의 철근을 철근비는 변화시키지 않고 철근의 직경만 D13으로 바꾸어 철근의 배치간격을 200mm에서 120mm로 줄여서 설치하였다.

### 3.3 시험시공방법

선정된 변수의 영향을 분석하기 위하여 2개의 통로박스과 2개의 수로박스 구조물을 선정하여 약 18m 간격으로 신축이음부를 두고 이를 기준으로 각 블록의 시공조건을 달리하여 시험시공 하였다. 각각의 박스구조물은 우선 기초슬래브를 타설하고 충분한 양생을 실시한 후 그림 2에 나타낸바와 같이 균열유발률, 저발열콘크리트 및 수평철근등을 변화시켜 벽체와 상부슬래브를 동시에 타설하였다. 콘크리트의 타설은 외부기온이 높아 콘크리트 균열방지가 가장 어려운 7, 8월중에 모두 시공완료 하였으며 비교적 외부온도가 일정한 오전에 타설작업을 중점적으로 실시하였다. 각 구조물에 선정된 변수이외의 다른 타설 및 양생조건은 동일하게 시행하였다..

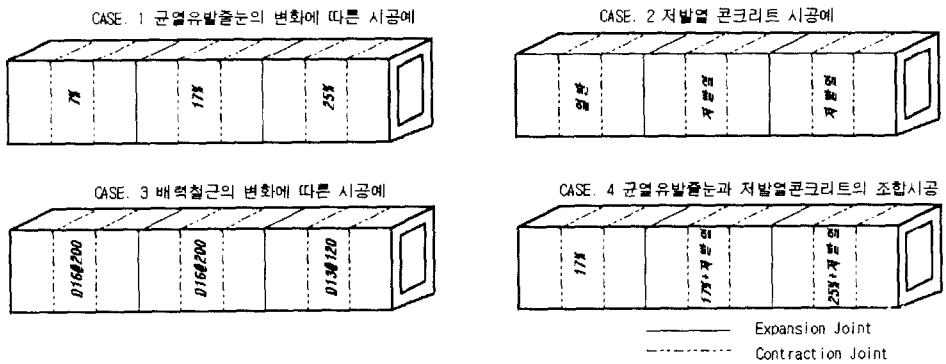


그림 2 박스구조물 시험시공 방법

## 4. 시험시공결과의 분석

### 4.1 균열유발률의 영향

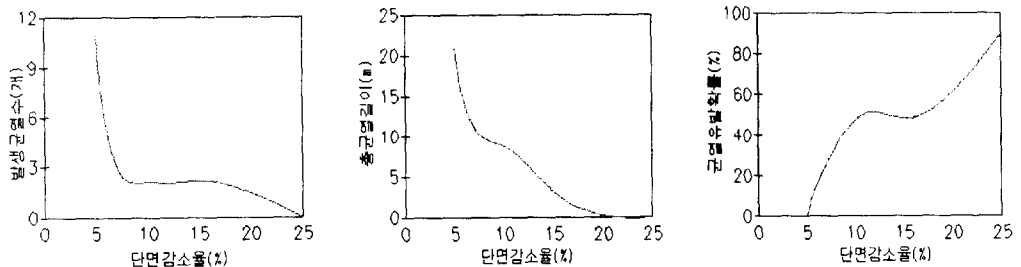


그림 3 단면감소율의 변화에 따른 균열유발 효과

지하철근 콘크리트 박스구조물에 설치하는 균열유발줄눈의 효과적인 단면감소율을 선정하기 위한 시험결과는 그림 3과 같다. 단면감소율 7%이상에서 발생균열수가 2개소 이하로 급격히 감소되었고 17%이상에서는 거의 발생되지 않았다. 또한 단면감소율이 17%이상인 경우 균열유발확률이 50%이상 이 되어 대부분의 줄눈에 균열이 유발되어 있었다.

일반적으로 시공조건이 동일하다면 단면감소율이 커질수록 균열유발확률이 높아져 줄눈의 균열유발효과가 우수하였으며 균열발생개소와 총균열길이가 점차 감소함을 알 수 있었고 25%의 단면감소율에서는 발생 가능성 있는 모든 균열이 줄눈으로 유도되어 벽체에는 전혀 균열이 발생하지 않았다. 당초에는 줄눈 설치간격을 줄여 균열유도효과를 극대화하는 방안도 연구되었으나 유도된 균열을 다시 보수하여야 한다는 점에서 경제성이 낮아지므로 이를 배제하였다.

균열발생의 특징을 살펴보면 대부분의 균열은 거푸집 탈형시에 줄눈 주위에서 최초 발견되었으며 균열이 발생한 벽체의 줄눈에서는 균열이 유도되지 않았으며 균열이 줄눈으로 유도된 경우 그 단면에는 균열발생이 미미하였다. 또한 균열유발줄눈이 연직으로 설치되지 않았을 경우 균열이 일정하게 유도되지 않고 줄눈의 임의지점에서 줄눈을 벗어나는 것을 발견하였다. 충분한 단면감소율의 확보를 위해 설치한 단면중앙의 pvc pipe가 편심되어 설치된 경우에도 균열유발효과가 감소하였다.

#### 4.2 저발열콘크리트와 수평철근의 영향

수화열에 의한 철근콘크리트의 온도균열을 방지하기 위하여 시멘트의 일부를 플라이애쉬 미분말로 치환한 저발열 콘크리트를 사용함으로써 박스구조물의 균열발생개소와 총균열길이를 현저히 저감시킬 수 있었다. 표 3에서 나타낸바와 같이 균열발생개소는 일반콘크리트에 비해 50%정도 줄일 수 있었고 총균열길이는 약 40% 가까이 저감할 수 있었다. 수평철근의 경우, D16의 철근을 200mm간격으로 배근 하던 것을 철근비는 그대로 두고 D13의 철근을 120mm간격으로 줄여서 배근한 경우에는 균열저감 효과가 전혀 없고 오히려 현장시공에서는 균열발생빈도가 높게 나타났다. 이는 현장시공과정에 있어서의 문제도 있지만 근본적으로 수평철근비를 증가시키지 않은데 기인한 것으로 판단된다.

표 3 저발열콘크리트와 수평철근에 의한 균열저감효과

콘크리트	균열발생개소	총균열길이	수평철근	철근비	균열발생개소	총균열길이
일반콘크리트	4	14.69	D16 22@200	0.3%	3	11.00
저발열콘크리트	2	6.07	D13 37@120	0.3%	8	28.43

### 5. 결론

본 연구에서는 지하철근콘크리트 박스구조물의 균열저감을 위한 현실적인 시공대책을 수립하기 위하여 실물구조물을 대상으로 시험시공을 실시하였고, 본 시험시공결과에 근거하여 균열저감효과를 분석하면 다음과 같다.

1. 지하 철근콘크리트 박스구조물의 균열저감을 위해서는 저발열콘크리트를 타설하여 균열발생을 최소화하고 이후에 발생하는 최소한의 균열은 균열유발줄눈을 설치하여 일정한 위치로 유도하는 것이 현실적으로 시공상 유용하다.
2. 시공조건이 동일하다면 균열유발줄눈의 단면감소율이 커질수록 균열유발효과가 우수하였으며 벽체의 균열발생개소와 총균열길이가 점차 감소하였다.
3. 균열유발줄눈의 기능을 확보하기 위해서는 단면감소율을 17%이상으로 유지하여야 효과적이라고 판단된다.
4. 저발열콘크리트의 타설을 통해 균열발생개소와 총균열길이를 현저히 줄일 수 있었다.

#### 참고문헌

1. 콘크리트 표준 사양서, 건설교통부, 1999.
2. "콘크리트 구조물의 시공시 발생하는 균열 저감대책", (주)대우건설기술연구소 기술논문, 1998.
3. Morinaca sikeru, "ひび割れ制御技術の現況", コンクリート工学, 1996.