

합성거더교 초기재령 고강도 콘크리트 바닥판의 균열 제어

Crack Control of Early-Age High Strength Concrete Deck in Composite Bridge

배성근^{*} 김세훈^{**} 정상균^{***} 차수원^{****}

Bae, Sung Geun Kim, Se Hun Jeong, Sang Kyoon Cha, Soo Won

ABSTRACT

The risk of transverse cracking in concrete decks of composite bridges is affected by many factors related to the bridge design, materials, and construction. Among others, the thermal and shrinkage stresses are the most important factors that affect the transverse cracking in early-age concrete decks. The thermal stress at the concrete deck is mainly affected by both ambient temperature and solar radiation. The shrinkage stress at the general strength concrete deck is mainly affected by drying shrinkage and the high strength concrete deck is mainly affected by autogeneous shrinkage.

Three-dimensional finite element models of composite bridges were made to investigate the stress due to thermal and shrinkage stress.

요 약

합성형교량의 바닥판 횡방향균열은 재료, 설계, 시공 등 다양한 요인에 의하여 영향을 받으며, 초기 재령 콘크리트 바닥판 균열에 영향을 미치는 주요인자는 온도 및 수축변형에 기인한 것으로 알려져 있다. 온도의 영향은 수화열과 복사열에 모두 영향을 받으며 일반적으로 보통강도콘크리트가 사용되는 바닥판은 건조수축, 고강도콘크리트 바닥판은 자기수축의 영향을 주로 받게 된다. 합성형교량을 범용 유한 요소 구조 해석 프로그램을 이용하여 수화열 및 복사열에 의한 온도응력, 자기 및 건조수축응력 해석을 수행하고, 이를 통하여 합성형교량 바닥판 콘크리트에서 발생한 균열의 원인을 규명하고자 한다. 균열 원인 분석으로 도출된 결과를 토대로 변수해석(parametric study)을 수행하여 향후 시공되는 구조물의 균열제어대책을 제시하고자 한다.

* 정회원, 울산대학교 건설환경공학부 석사과정

** 정회원, (주)대우건설, 공학박사

*** 정회원, (주)대우건설, 공학박사

**** 정회원, 울산대학교 건설환경공학부 조교수, 공학박사

1. 서론

합성거더교는 초기재령에서 콘크리트 바닥판의 횡방향균열이 발생할 가능성이 있다. 초기재령에서의 균열은 구조물의 내구성 및 사용성에 악영향을 미치며 교량의 사용수명을 단축시키고 유지관리 비용을 증가시킨다. 횡방향균열의 주요 인자는 거더의 구속에 의한 콘크리트 바닥판의 온도응력과 건조 및 자기수축, 외기온도, 외기습도, 태양복사열 등이 있다. 보통강도 콘크리트 바닥판의 경우 응력의 주요 원인은 수화열, 태양복사에너지에 의한 응력증감 및 주위습도에 의한 건조수축이며, 본 연구에서는 기 연구된 결과를 바탕으로 고강도 콘크리트를 적용한 합성거더교의 시공시 발생 할 수 있는 균열가능성과 제어방안을 범용유한프로그램 해석을 이용하여 제시하고자 한다.

2. 합성거더교 온도 및 수축응력 해석

해석 시공시기는 겨울철로 하며 초기양생기간(0~8day)동안 온도제어가 가능한 Shelter내의 양생으로 수화열에 의한 응력 발생정도를 고찰하였고, 8일 이후 외부야적장으로서의 이송을 가정하여, Shelter내 온도와 외부온도차, 수축 및 태양복사에너지의 영향을 분석하였다. 그리고 양생기간동안 강주형의 지점을 스프링요소로 모델링 하였다.

합성거더교 바닥판 콘크리트의 설계기준강도는 50MPa이고, 슬래브의 폭은 12.4m 단면 두께는 0.30m이며, 90m 구간을 일체타설로 가정하여 해석을 수행하였다. 콘크리트 총 결합재량은 421kg이고 수화열 저감과 장기적인 내구성 확보를 목적으로 전체 결합재량 중 플라이애쉬 20%, 실리카폼 5% 치환하였으며, 양생조건에 의한 열전달률은 $4.86\text{W/m}^2\text{C}^\circ$ 로 가정하였다.

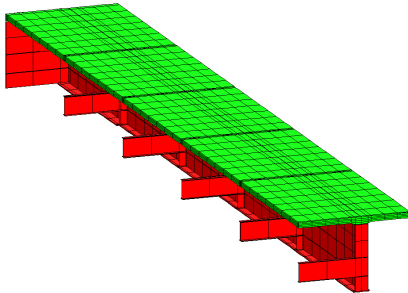


그림 1 합성거더교 모델링(1/4모델)

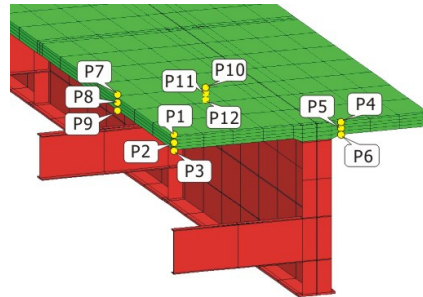


그림 2 검토위치

타설시 콘크리트 온도와 타설 후 Shelter내 온도는 20C° 이다. 8~30일 동안 외기온도는 5C° 이며, 31일 하루 동안 태양복사에너지와 일교차에 의한 외기온도의 변화를 적용하였다. 그리고 해석기간인 0~31일 동안 수분 증발에 의한 건조수축변형 뿐만 아니라 자기수축에 의한 영향까지 해석에 고려하여 고강도 콘크리트의 특징을 반영하였다.

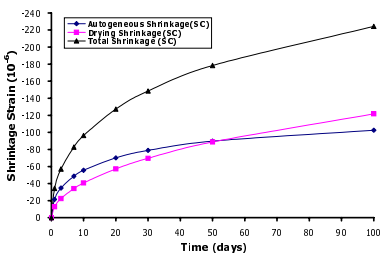


그림 3 시간에 따른 전체 수축량

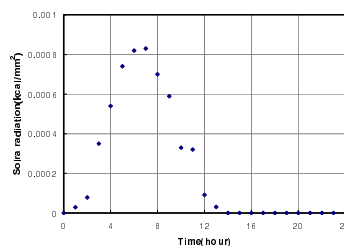


그림 4 태양복사에너지

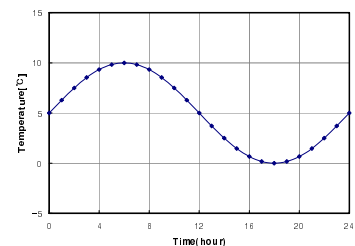


그림 5 외기온도변화

3. 해석결과 및 분석

온도해석 결과 타설 약 1.4일(34시간) 이후 바닥판의 중앙부에서 최대온도 43.04°C가 발생한 후 양생기간 8일 이후부터 10일까지 외기온도와 평형을 이루었다. 또한 30~31일간 태양복사의 영향을 고려하였고, 태양복사열에 의한 효과만큼의 온도변화 폭이 발생 하였다.

중방향 최대 인장응력은 6.79MPa이 발생하였다. Shelter내 초기양생기간 8일 동안 수화열 및 수축에 의하여 3MPa내외, 외기온도 5°C와 평형을 이루는 9일에 추가적인 온도하강으로 2MPa내외, 9일이후 추가적인 수축과 복사열에 의하여 1MPa 내외의 인장응력이 발생하였다.

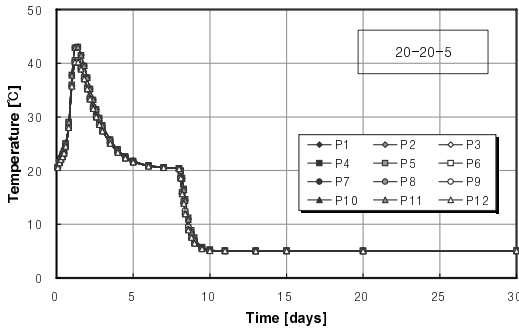


그림 6 온도이력 (0~30day)

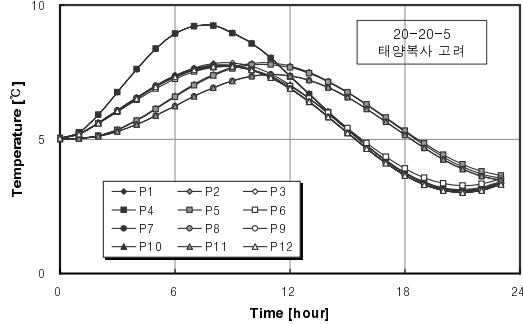


그림 7 온도이력 (31day)

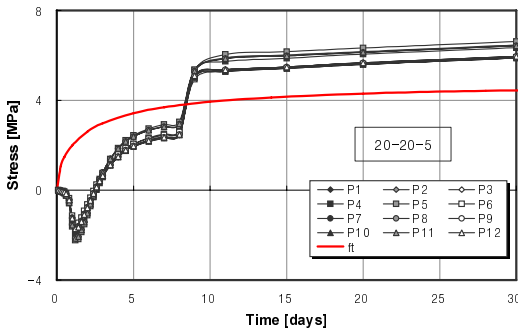


그림 8 응력이력 (0~30day)

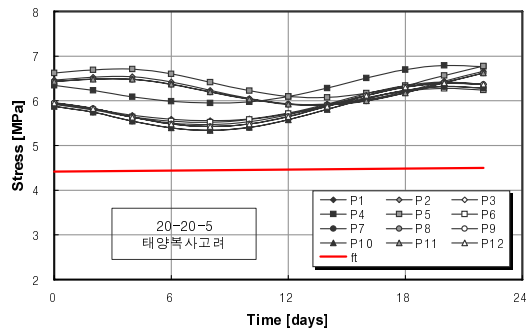


그림 9 응력이력 (31day)

응력분포는 횡방향응력보다 중방향응력이 지배하였고, 중앙단면의 횡단면 온도응력분포를 보면 단면전체가 매우 큰 인장응력을 보이므로 균열의 관통이 예상된다. 또한 길이방향의 온도응력분포를 보면, 경간 중앙을 기준으로 15m 정도까지 인장강도를 초과하는 응력을 보이므로 횡방향균열이 경간 중앙에 집중하여 발생한 것으로 보인다.

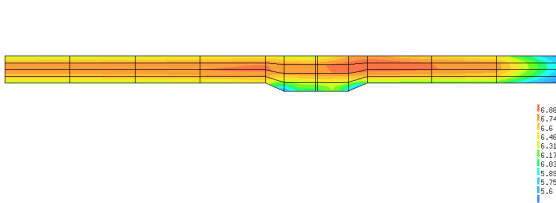


그림 10 중앙단면 응력분포

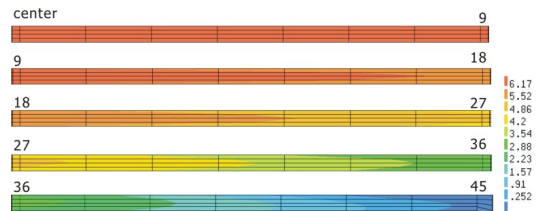


그림 11 길이방향 응력분포

위 해석조건시 합성거더교의 균열발생가능성이 높아 균열을 제어하기위해 타설온도 및 Shelter내 초기양생온도를 변화하여 해석을 수행하였다.

해석조건은 2CASE로 타설온도를 10℃로 고정하고 각각 Shelter내 온도를 20℃, 10℃로 변화하였다.

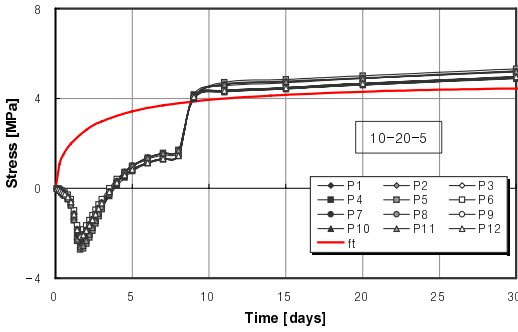


그림 12 응력이력

(콘크리트타설온도:10℃ 초기양생온도:20℃)

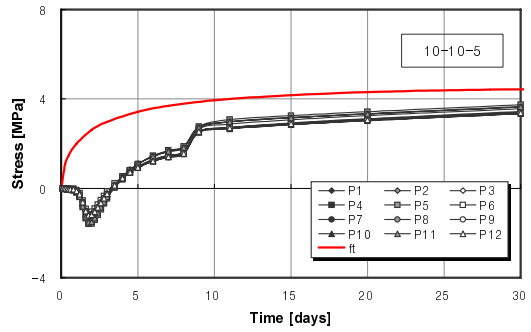


그림 13 응력이력

(콘크리트타설온도:10℃ 초기양생온도:10℃)

표 1 해석결과

해석명	최대온도		최대응력 (MPa)					균열지수
	시간(day)	온도	8 day	9 day	30 day	31 day	max	
20-20-5	1.4	43.04	3.05	5.36	6.43	6.77	6.77	0.64
10-20-5	1.8	39.27	1.71	4.18	5.20	5.61	5.61	0.77
10-10-5	2.0	27.81	1.87	2.76	3.75	3.99	3.99	1.05

주) 해석명 10-20-5 : 10→콘크리트타설온도 20→Shelter내 초기양생온도 (0~8day) 5→야적장외기온도(8~31day)

4. 결론

고강도 콘크리트 바닥판을 가지는 합성거더교를 대상으로 바닥판 횡방향균열의 원인을 분석하기 위하여 수화열 및 복사열에 의한 온도 및 수축 응력 해석을 수행하였고 이를 통하여 발생 가능한 균열 원인을 분석하였다. 이러한 균열은 콘크리트 타설온도 감소, Shelter내 온도와 외기온도의 차이를 줄이는 방안등의 시공관리를 통해서 충분히 제어 할 수 있을 것이라 판단되며, 장기적으로 수축과 복사열에 의한 응력을 고려하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 오병환,최성철,차수원,이필규, "합성거더교 초기재령콘크리트 바닥판의 시간에 따른 비선형 온·습도 해석", 대한토목학회논문집 제 24권 제3A호, 2004
- 오병환,최성철,차수원,이준혁, "합성거더교 초기재령 콘크리트 바닥판의 변형률 및 응력분포", 대한토목학회논문집 제24권 제3A호, 2004
- Paul D. Krauss, Ernest A. Rogalla, "Transverse Cracking in Newly Constructed Bridge Decks" NCHRP PROJECT 12-37, Report380.