

경량골재 콘크리트의 수축 저감효과에 관한 적용성 연구

A Study on the Applicability of Shrinkage Reduction Effect of Light-weight Aggregate Concrete

임 상 준*

방 창 준**

박 종 혁*

Lim, Sang-Jun

Bang, Chang-Joon

Park, Jong-Hyok

Abstract

Applying previous studies performed in the moisture transportation characteristics and shrinkage of lightweight concrete application of shrinkage reduction is to discuss. Applicability of shrinkage reduction effect of lightweight concrete applies for the analysis of PSC girder bridge beam placed on the construction site. Stress of the concrete bridge deck, rebar quantity is calculated by effective elastic modulus method and crack risk is assessed by moisture transport and differential shrinkage analysis. After approximately 10 days maximum tensile stress occurs 6MPa, similar to the case of normal concrete, a maximum tensile stress occurs 3MPa in lightweight concrete and comparing to normal concrete stress was reduced to approximately 50%. Normal and lightweight concrete crack index, respectively, is reduced 1.6 to 1.2, 1.2 to 0.9 in surface and boundary region. Therefore, reduction in shrinkage of concrete were able to confirm reduction of crack risk.

키 워 드 : 경량콘크리트, 수분이동, 수축

Keywords : light-weight aggregate concrete, moisture transport, shrinkage

1. 서 론

국내 사회기반시설과 주택건설의 확충에 따른 연간 골재수요량은 2억5천만 m^3 이상이 지속적으로 발생하고 있으며 골재 부족량 102억 m^3 , 개발 가능량 55억 m^3 에 따른 천연골재 채취가능연수는 약 20~30년 정도로 예상되고 있다.¹⁾ 이러한 천연골재 부족에 대한 대안으로서 인공경량골재콘크리트와 이를 이용한 수축저감연구가 진행되었다.^{2),3),4)} 본 연구에서는 기존 연구에서 수행된 경량콘크리트의 수분이동특성 상수와 수축 특성을 이용하여 경량콘크리트의 수축저감 효과의 적용성에 대해 논의하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

경량콘크리트의 수축저감효과의 적용성을 분석하기 위한 적용 대상은 PSC 빔 거더교에 시공되는 현장 타설 바닥판으로 설정하였다. 콘크리트 바닥판의 경우 타설 후 거더에 의한 수축 변형의 구속으로 인해 교축 직각 방향의 횡방향 균열이 빈번하게 발생하며, 고성능 콘크리트 적용 시 재령 7~10일 사이에 균열 위험성이 가장 높은 것으로 보고되고 있다.

본 연구에서는 기존연구^{2),3)}에서 도출된 경량콘크리트와 일반콘

크리트의 수분이동특성 상수, 수분-수축 관계 등을 적용하여 콘크리트 바닥판의 응력, 철근량을 기존 해석 방법인 재령보정 유효탄성계수법으로 산출하고, 수분이동해석과 부등수축해석을 통해 균열위험성을 평가하고자 한다.

먼저 해석 대상의 단면 제원은 그림 1과 같이 거더에 구속되어 있는 콘크리트 바닥판이며, 두께는 현행 경험적설계법에서 제시하는 240mm로 선정하였다.

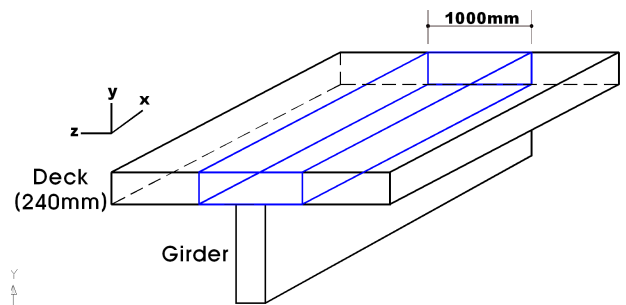


그림 1. 콘크리트 교량 바닥판 해석 제원

다음으로 바닥판 종방향 응력을 유발하는 요소로는 수축과 온도를 설정하였으며, 응력 산출은 식(1)과 같이 응력의 이력을 포함하는 크리프 효과를 식(2)와 같이 고려하여 재령보정 유효탄성계수로서 수축 응력을 계산하고, 온도 응력은 각각의 시점에서의

* (주)한국수력원자력 플랜트건설기술연구소 연구원

** (주)한국수력원자력 플랜트건설기술연구소 책임연구원

탄성계수를 적용하여 산출하였다. 이 때 탄성계수와 균열강도는 식(3)~(6)과 같이 CEB FIP 모델⁵⁾을, 수축은 기존연구결과³⁾ 표 5의 수축변형률을, 그리고 식(7)에 적용되는 온도 변화는 도로교 설계기준⁶⁾에 따라 5°C를 적용하였으며, 기타 요구되는 해석 상수는 표 1과 같이 적용하였다.

$$f_c(t') = E_c(t, t') \cdot \epsilon_{sh}(t) + E_{ci}(t) \cdot \epsilon_T \quad \text{식(1)}$$

$$\text{여기서, } E_c(t, t') = \frac{1}{\frac{1}{E_{ci}(t)} + \frac{\chi(t, t') \cdot \phi(t, t')}{E_{ci}}} \quad \text{식(2)}$$

$$E_{ci} = E_c / 0.85 \quad \text{식(6.22)}$$

$$E_c = \begin{cases} 0.043 \cdot w_c^{1.5} \cdot \sqrt{f_{ck}} & , \text{ for } f_{ck} \leq 30 \text{ MPa} \\ 0.03 \cdot w_c^{1.5} \cdot \sqrt{f_{ck}} & , \text{ for } f_{ck} > 30 \text{ MPa} \end{cases} \quad \text{식(3)}$$

$$E_{ci}(t) = \exp[0.25(1 - \sqrt{28/t})] \cdot E_{ci} \quad \text{식(4)}$$

$$f_{tc}(t) = \exp[0.35(1 - \sqrt{t/28})] \cdot f_{cu} \quad \text{식(5)}$$

$$f_{tc}(t) = \begin{cases} 0.63 \sqrt{f_{cu}(t) - 8} & , \text{ for } NWC \\ 0.53 \sqrt{f_{cu}(t) - 8} & , \text{ for } LWC \end{cases} \quad \text{식(6)}$$

$$\epsilon_T = \alpha \cdot \Delta T \quad \text{식(7)}$$

표 1. 콘크리트 배합 별 입력변수

	LWC30	LWC40	LWC50	NWC30	NWC40	NWC50
f_{cu} [MPa]	53	45	39	56	56	45
w_c [kg/m ³]	1,98	1,90	1,81	2,34	2,28	2,20
$2A_c/u$ [mm]	240					
t' [day]	1					
RH [%]	50					
$\chi(t, t')$	0.8					
α	10-5					
ΔT [°C]	5					

3. 실험결과 및 고찰

이상에서의 조건으로 바닥판에 발생하는 응력과 균열강도, 그리고 이에 소요되는 필요철근량을 그림 2에 나타내었다. 물-결합재비 0.3의 경우 일반콘크리트는 재령 약 10일을 전후로 하여 최대인장응력 6MPa이 발생하였으며, 경량콘크리트의 경우 유사한 재령에서 최대인장응력 3MPa이 발생하여 일반콘크리트에 비해 약 50%의 응력이 감소하였다. 이러한 응력에 저항하기 위한 필요철근량은 일반콘크리트의 경우 약 320mm²이 소요되지만, 경량콘크리트의 경우 발생응력이 콘크리트의 균열강도를 초과하지 않아 온도 및 수축 철근이 필요하지 않는 결과를 나타내었다.

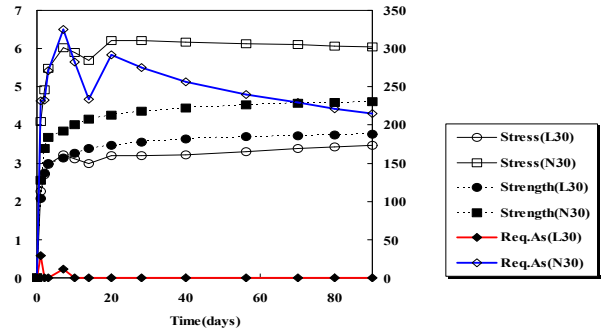


그림 2. 응력, 균열강도 및 필요철근량(LWC30, NWC30)

콘크리트 바닥판 단면의 깊이별 균열 위험성 평가는 물-결합재비 0.3에 대하여 기존연구에서 도출된 수분이동특성상수로서 유효수분확산계수, 수분용량, 습도공급도, 습도소모도와 수분-수축 관계를 이용하여 수행하였다. 이에 대해 균열의 주요 관심 부위인 콘크리트 표면부와 거더, 콘크리트 경계면에 대한 응력 및 균열지수를 살펴보면, 일반콘크리트의 경우 표면부 및 경계부에서 재령 10일을 전후로 약 4MPa의 인장응력이 발생하였으며, 경량콘크리트의 경우 약 2.5MPa을 나타내어 약 38%의 응력 감소를 보였다. 이에 따른 균열 지수는 일반콘크리트와 경량콘크리트 표면부, 경계부에서 각각 1.6에서 1.2로, 1.2에서 0.9로 감소되어 25%의 균열 발생 위험성 저하를 나타내어 경량콘크리트의 수축 저감 효과에 따른 균열 감소 효과를 확인할 수 있었다.

3. 결론

경량콘크리트는 수축저감으로 균열 감소효과로 온도 및 수축철근이 필요하지 않아 필요철근량을 줄일 수 있어 철근조립 공정과 자재 비용을 줄일 수 있는 것으로 확인되었다.

상기의 연구결과를 확장하여 향후 대표적 평면구조부재로서 원자력발전소 비안전성 구조물인 터빈건물 옥상층 슬래브 등에 대한 경량콘크리트 적용가능성 연구가 후행되어야 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 건설교통부, 2006년도 골재수급계획, 2005
2. 대한토목학회, 도로교설계기준, 2008
3. 이창수, 경량콘크리트 및 일반콘크리트의 수분관련 수축에 대한 다중물리모델, 한국콘크리트학회 논문집, 제22권 제2호, pp.159~169, 2010
4. 이창수, 물-시멘트비에 따른 경량콘크리트 및 일반콘크리트의 수축과 습도와의 관계, 대한토목학회 논문집, 제29권 제4-A호, 2009
5. 이창수, 인공경량골재 콘크리트의 수분이동 특성에 관한 연구, 대한토목학회 논문집, 제29권 제4-A호, 2009
6. Lausanne, CEB-FIP Model Code 90 for Concrete Structures, Comite Euro-Inter-national du Beton, 1990