

지연제와 물-시멘트비가 VES-LMC의 자기수축에 미치는 영향

Effect of Retarder and W/C on the Autogenous Shrinkage of VES-LMC

윤경구* 최판길** 김기현***
Yun, Kyong-Ku Choi, Pan-Gil Kim, Ki-Heun

ABSTRACT

Recently, very-early strength latex-modified concrete(below ; VES-LMC) has been developed for repairing and overlaying the old concrete bridge deck. Early-age defects in high-performance concrete due to thermal and autogenous deformation shorten the life cycle of concrete structures. Thus, it is necessary to examine the behavior of early-age concrete at the stages of design and construction. The purpose of this study was to evaluate the autogenous shrinkage of VES-LMC, having an experimental variables such as retarder and water-cement ratio.

The greater the retarder content in VES-LMC, the greater the expansion at early-age. This recommend the small retarder content as possible. The effect of water-cement ratio on early-age behavior is very small, because of the wrapped specimen in order to prevent water evaporation.

Keyword : VES-LMC, autogenous shrinkage, retarder, water-cement ratio

1. 서론

콘크리트 구조물은 타설후 경화과정에서 외부 환경에 노출되면 정도의 차이는 있으나 필연적으로 체적변화를 일으키며, 과도한 체적변화는 콘크리트에 균열을 발생시킨다. 콘크리트에 균열발생은 골구조물의 내구성저하로 이어지고 공용수명을 단축하는 결과를 가져온다. 따라서 궁극적으로는 균열저항성이 우수한 콘크리트 개발을 최우선 당면과제로 삼아야 할 것이다.

최근 콘크리트는 우수한 혼화재료의 사용, 낮은 물-시멘트비 및 콘크리트 타설 장비의 개발 등으로 고성능·고강도화로 변화하는 추세이다. 물-시멘트비가 적고 단위시멘트량이 많은 콘크리트에서는 건조수축에 비해 상당히 작은 값으로 인해 무시되어왔던 자기수축에 대한 관심이 대두되고 있다. 자기수축은 아주 낮은 물-시멘트비의 경우를 제외하면 상대적으로 작다고 알려져 있다. 그러나 물-시멘트비가 작고, 단위시멘트량이 많은 콘크리트에서는 지금까지 무시되었던 자기수축의 영향이 증대되고, 경우에 따라서는 자기수축 만에 의해서도 균열이 발생하는 것이 지적되고 있는 실정이다. 따라서 자기수축 발생기구, 영향인자 및 예측 방법의 확립이 중요한 시점이라 할 수 있다.[1],[3],[4]

이러한 자기수축현상에 대해 일본 콘크리트공학협회에서는 시멘트 수화에 의해 초결 이후 거시적

* 정희원, 강원대학교 토목공학과 부교수, 공학박사

** 정희원, 강원대학교 토목공학과 박사과정

*** 정희원, 강원대학교 토목공학과 박사수료, 기술사, (주)삼우아이엠씨 대표이사

으로 생기는 체적 감소 현상으로서, 물질의 침입이나 이탈, 온도변화, 외력, 외부 구속 등에 기인하는 체적 변화는 포함하지 않는 것으로 정의하고 있다.[1] 따라서 본 논문에서는 일본 콘크리트공학협회에서 규정한 정의에 입각하여 외부 구속조건과 수분증발 조건을 제거한 상태에서 길이변화를 측정하고 열변형률을 계산하여 자기수축 평가의 방법을 마련하고자 하였다. VES-LMC는 타설초기 단계의 급격한 수화반응으로 인해 자체 내부에서 발생하는 수분소산으로 인한 자기수축과 외부로의 수분증발로 인한 건조수축이 빠른 속도로 발생할 수 있다. 본 논문에서는 현장에서 발생하는 문제점 즉, 골재상태의 변화에 따른 물량의 변화와 작업성 확보를 위해 투입량이 달라지는 지연제 함량변화에 따른 VES-LMC의 초기수축특성을 평가하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 콘크리트 내부온도 측정

콘크리트 구조물에서 발생하는 초기균열의 원인은 온도상승과 하강으로 인한 열변형과 초기수축팽창거동의 복합작용에 기인한다. 특히나 초기강도발현 특성을 갖는 콘크리트에서는 수화반응과정에서 발생하는 온도변화로 인한 미세균열발생 가능성이 크므로, 초기온도패턴을 분석이 요구된다.

본 실험에서는 콘크리트 내부온도를 측정하기 위하여 10cm×20cm 원형공시체를 제작하여 높이방향 중앙부에 써머커플(Thermal Couple)을 매립하여 초기 24시간 동안의 온도데이터를 측정하였다.

2.2 자기수축 실험

시험편은 콘크리트 시편과 폴리에틸렌 형틀과의 분리를 위하여 형틀 내부를 테프론 슈트로 일차처리하고, 폴리머 콘크리트용 박리제로 이차처리 하였다. 실험은 0.001mm감도를 가진 10 mm LVDT를 사용하여 시편의 길이변화를 측정하는 방법으로 타설 후 일연의 2차 처리를 필요로 하지 않는다.

2.3 배합설계

배합설계는 현장 온도변화에 따라 투입량이 결정되는 지연제 함량(0, 0.3, 0.6%)과 골재조건에 따라 정확한 컨트롤이 이뤄지기 힘든 물-시멘트비 변화(34%, 38%, 42%)를 주 변수로 설정하여 실험을 수행하였다. 실험초기단계에는 여러 가지 변수를 선정하였으나, 본 논문에서는 위 두 가지 변수에 대해서만 수록하였다. 표 1은 실험에 사용된 배합표를 나타내고 있으며, 기준배합은 현재 현장에서 표준배합으로 사용되고 있는 배합으로 하였다.

표 1. VES-LMC 배합표

Valuable	W/C(%)	S/a(%)	Mix Proportion (kg/m ³)					Antifomer Content	
			C	Latex	W	S	G		
Retarder	0.0%	38	58	390	122	83	920	718	1.0%
	0.3%	38	58	390	122	83	920	718	
	0.6%	38	58	390	122	83	920	718	
W/C	34%	34	58	390	122	67	943	736	1.0%
	38%	38	58	390	122	83	920	718	
	42%	42	58	390	122	99	897	700	

3. 실험결과

3.1 초기 길이변화

(1) 지연제 함량에 따른 길이변형률

VES-LMC의 초기 수축의 90%이상인 콘크리트타설 12시간을 전후하여 발생하였음은 이미 실험적

으로 증명된 바 있다[3]. 본 실험에서는 기존의 연구 자료를 토대로 초기 24시간 동안의 길이변화를 측정하였다. 현장타설 VES-LMC의 경우 현장조건의 상이한 온도 차이를 극복하기 위하여 종종 지연제 투입량이 달라지곤 한다. 따라서 지연제함량 변화가 VES-LMC의 초기변형에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구는 필수적이다.

실험결과 지연제첨가량이 증가할수록 초기에 발생하는 유해한 팽창량이 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 초기팽창량은 현장조건인 기 타설된 콘크리트의 구속에 의해 신규 타설된 콘크리트에 상대적인 수축응력을 유발시키게 된다. 이 때, 신규 타설된 콘크리트의 고유 인장강도가 구속조건으로 인한 수축응력보다 작게 되면 균열이 발생하게 되고, 그렇지 않은 경우엔 균열에 안전하게 된다. 상대적인 크기 비교에서는 지연제함량 증가에 따라 초기팽창량이 증가되므로 과도한 지연제투입을 지향해야 하겠지만, 최종적인 수축량이 작아지므로 적절한 지연제 조절이 필요하다. 실험결과 적정 지연제 함량은 0.3%인 것으로 평가되었고, 유해한 초기팽창 제어에 효과적인 것으로 평가되었다.

(2) 물-시멘트비에 따른 길이변형률

현장타설 콘크리트는 타설시마다 골재상태를 시험하여 시방배합을 현장배합으로 변경하여 사용하는 하지만, 물량을 정확하게 조절하기란 매우 어렵다. 따라서 콘크리트에 투입되는 물량변화가 초기 길이변화에 미치는 영향을 평가할 필요가 있다.

실험결과 물시멘트비가 각각 34%, 38% 및 42%에서의 초기팽창량은 매우 유사하게 평가되었고, 최종적인 초기수축량도 유사하게 평가되었다. 이러한 결과는 물시멘트비 변화가 장기적인 건조수축에는 영향을 미칠 수 있지만, 타설 초기단계에서의 초기변형에 미치는 영향이 매우 적다는 결론에 도달하게 한다. 따라서 장기건조수축을 최대한 억제하기 위해 양생과정에서 충분한 양생제 살포 및 최대한 긴 시간동안의 습윤양생을 실시하면 수축으로 인한 영향을 최소화 할 수 있을 것으로 사료된다.

3.2 콘크리트 중심온도 변화

예상했던 바와 같이 VES-LMC의 최대 수화발열 온도는 지연제함량 변화 변화에 관계없이 일정한 것으로 나타났다. 그러나 그림 4에서 볼 수 있듯이 지연제 함량이 0.6%인 경우에는 온도상승·하강 시간이 기타 변수에 비해 더 길어진 것을 알 수 있다. 이는 VES-LMC 보수 후 교통개방시간(3~4시간)을 고려할 때, 콘크리트의 특성발현이 완전치 못한 시기에 교통이 개방될 수 있음을 의미하므로, 이로부터 과도한 지연제 함량은 피해야 한다는 결론을 얻을 수 있게 한다. 물시멘트비 변화에 따른 최대 수화발열 온도 역시 유사한 온도분포를 보이고 있으며, W/C가 38%인 경우가 그 중 가장 양호한 것으로 평가되었다.

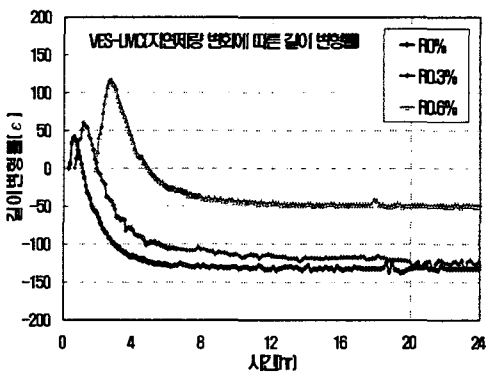


그림 2 지연제 함량에 따른 길이변형률

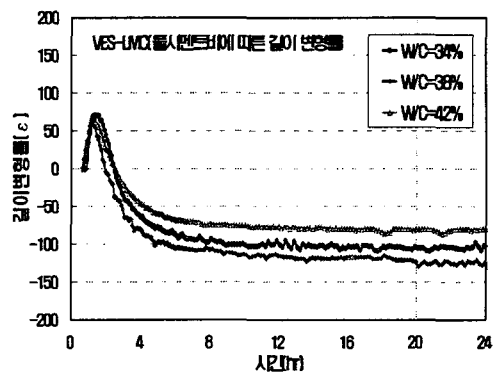


그림 3 물-시멘트비에 따른 길이변형률

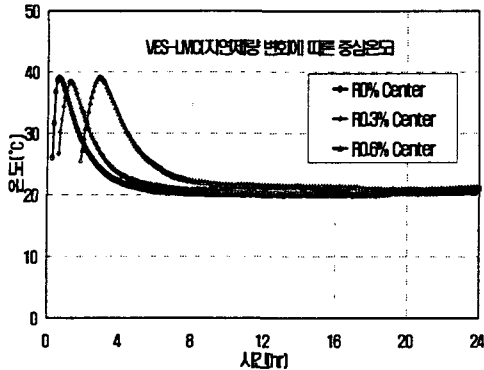


그림 4 지연제함량 변화에 따른 중심온도

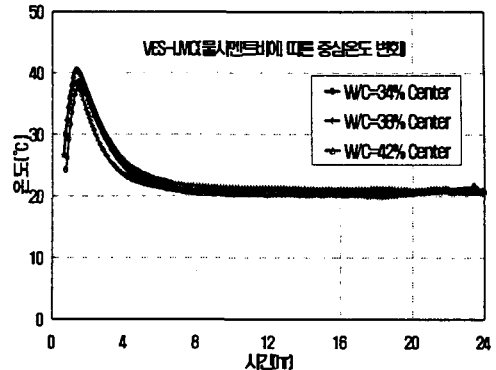


그림 5 물-시멘트비에 따른 중심온도

4. 결론

본 연구를 통해서 도출된 작업성 유지를 위한 지연제함량 변화와 물시멘트비 변화가 VES-LMC의 초기변형에 미치는 영향을 평가한 결과 다음과 같은 결론은 얻을 수 있었다.

- (1) 현장에서 작업성 확보를 위해 투입량이 조절되는 지연제는 함량이 증가함에 따라 초기의 유해한 팽창이 커지게 되므로 과도한 지연제 투입은 피해할 것으로 판단된다.
- (2) 물시멘트비 변화에 따른 초기길이변화는 매우 작은 것으로 평가되어, 장기 건조수축을 효율적으로 제어할 수 있도록 양생제를 충분히 살포하고, 가능한 범위에서 충분한 습윤양생을 실시하여야만 할 것으로 판단된다.
- (3) 지연제 함량이 0.6%인 경우 온도상승·하강 시간이 0, 0.3% 변수에 비해 긴 것으로 나타났으며, VES-LMC 보수 후 교통개방시간(3~4시간)을 고려할 때, 경화콘크리트의 성질을 충분히 발휘하기 전에 교통개방이 되는 결과를 가져오므로 강도특성에 대한 충분한 검토가 이뤄진 후 사용되어야 한다.

감사의 글

본 연구는 한국건설교통기술평가원 CTRM 연구과제, “장수명·친환경 도로포장 재료 및 설계시공기술 개발”의 일환으로 수행되었음

참고문헌

1. 이회근, 이광명, 김병기 (2001), “고성능 콘크리트의 자기수축” 대한토목학회 2001학술발표회 논문집
2. 임홍범(2004), “라텍스개질 콘크리트의 열팽창 및 수화열특성” 공학석사학위 논문, 강원대학교 대학원
3. 최관길(2005), “초속경 라텍스개질 콘크리트의 초기 및 구속건조수축특성” 공학석사학위 논문, 강원대학교 대학원
4. Tazawa, E., Miyazawa, M.(1992), “Autogeneous Shrinkage caused by Self Desiccation in Cementitious Material”, 9th International Congress on the Chemistry of Cement, New Delhi, Vol. 4, pp.712~718