

무수축 고강도 콘크리트의 특성

Properties of Non-shrinkage High Strength Concrete

조 일 호* · 민 정 기 · 윤 준 노

Cho, Il Ho · Min, Jeong Ki · Youn, Joon No

김 영 익 · 성 찬 용(충남대)

Kim, young Ik · Sung, Chan Yong

Abstract

This study is performed to evaluate slump, air content, compressive strength and length change ratio of non-shrinkage high strength concrete.

The following conclusions are drawn;

According to increase of expansive additive contain ratio, the slump is decreased and air content is increased. Highest compressive strength of non-shrinkage high strength concrete is achieved by 10% expansive additive contained. The length change ratio of non-shrinkage high strength concrete which is in water curing, shows 0.055% expansion in 10% expansive additive contained concrete and 0.308% expansion in 20% expansive additive contained concrete when it is curing 28 days.

I. 서론

콘크리트에 사용되는 혼화재료의 진보와 함께 콘크리트의 경제성에 따른 고내구성화는 비교적 용이하게 되었고, 콘크리트 구조물도 대형화, 다양화, 고급화되어 특수한 용도로서의 사용이 늘어나고 있다. 일반적으로 콘크리트는 건조수축과 경화시에 발생하는 수화열에 의해서 내부응력이 발생하고 그것이 인장강도를 상회하는 시점에서 경화체 표면에 미세한 균열을 발생시켜 누수문제라든지, 탄산화와 염분의 침투에 기인한 철근의 부식 등의 원인이 되며, 특히 교량구조물의 안정성과 내구성을 증진하기 위해서는 고도의 기능성 요구 등으로 설계, 재료, 시공면에 있어 균열을 제어하기 위한 많은 연구가 행하여 지고 있으나 아직 근본적인 해결책은 마련하지 못하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구는 팽창재를 사용한 무수축 고강도 콘크리트를 개발하여 슬럼프, 공기량, 압축강도, 길이변화율 등의 특성을 실험적으로 구명하여, 무수축이 요구되어지는 구조물에 활용하기 위한 기초자료를 마련하는데 그 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 사용재료

가. 시멘트

시멘트는 산화칼슘이 62.5%, SiO_2 가 20.91%인 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

나. 골재

굵은골재는 단위중량이 $1,550\text{kgf/m}^3$, 조립율이 6.69이고, 잔골재는 단위중량이 $1,470\text{kgf/m}^3$, 조립율이 2.60인 레미콘 생산에 사용되는 것으로 표면건조포화상태로 하여 사용하였다.

다. 팽창재

팽창재는 석회, 석고, 보오크사이트를 주성분으로 하는 소성화합물(calcium sulfo aluminate)를 적당한 입도분포가 되도록 분쇄한 것으로 KS F 2562(콘크리트용 팽창재)에 맞는 수축보상용 제품을 사용하였다.

라. 혼화제

화확혼화제는 나프탈렌계 표준형 고성능감수제와 소정의 공기량을 확보하기 위하여 여빈졸레진계 공기연행제를 사용하였다.

2. 공시체 제작

가. 콘크리트 배합

무수축 고강도 콘크리트의 배합은 강도와 수축과 팽창에 대한 길이변화를 고려하여 팽창재의 혼입율을 변수로 하여 시멘트, 잔골재, 굵은골재, 혼화제 등의 배합비를 결정하였으며, 팽창재를 결합재 중량의 0%, 10%, 15%, 20% 혼입한 4가지의 배합비로 하였다.

나. 공시체 제작 및 양생

콘크리트의 혼합방법은 KS F 2403 방법에 따라 강제식 드럼믹서를 사용하였으며, KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)에 준하여 슬럼프, 공기량 및 압축강도 측정을 위한 공시체를 제작하였으며, 길이변화 측정을 위해 $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ 의 JIS몰드 공시체를 제작하였다. 공시체가 응결되기 이전에 현미경 콤포레이터 방법에 의한 표선용 젓빛유리를 공시체의 표면에 부착하였다.

또한, 제작한 몰드는 양생실($20 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $60 \pm 5\%$)에서 24시간 기중 양생후 탈형하여, 압축강도 시험용 공시체는 소정의 재령까지 수중양생($23 \pm 2^\circ\text{C}$)을 하였다.

한편, 길이변화 측정용 공시체는 탈형후 수중양생, 수중양생 4일후 기중양생, 기중양생의 3가

지 방법으로 각각 양생을 하였다.

3. 시험방법

가. 슬럼프 시험

슬럼프 시험은 KS F 2402(포틀랜드 시멘트 콘크리트의 슬럼프 시험방법)에 준하여 측정하였다.

나. 공기량 시험

공기량 시험은 KS F 2421(굳지 않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기함유량 시험방법)에 준하여 측정하였다.

다. 압축강도 시험

압축강도 시험은 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)에 준하여 측정하였다.

라. 길이변화율 시험

길이변화율 시험은 KS F 2424(모르타르 및 콘크리트의 길이변화 시험방법)에 준하여 현미경 콤프레터 방법에 의해 공시체의 길이를 탈형직후 재령 7일 까지는 24시간 간격, 재령 14일 까지는 2일 간격으로 측정을 하고 그 이후에는 7일 간격으로 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 슬럼프 및 공기량

슬럼프 및 공기량은 Fig.1에서 보는 바와 같이 팽창제의 혼입율이 증가할수록 슬럼프는 감소하는 경향으로 나타났는데, 이는 팽창성분인 에트링가이트의 생성을 유발할 목적으로 함유된 CaSO_4 성분의 증가로 인하여 슬럼프가 감소한 것으로 생각되며, 공기량은 팽창제 혼입율이 증가할수록 증가하였는데³⁾, 이는 팽창제의 제품 사용상 용도에 맞게 첨가한 AE제 성분의 함유에 따른 것으로 생각된다.

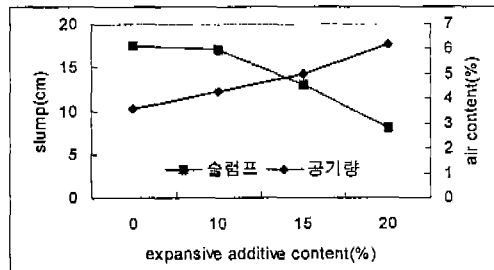


Fig. 1. Slump and air content of expansive additive content

2. 압축강도

압축강도는 Fig.2에서 보는 바와 같이 재령 7일 및 28일 강도 모두 팽창재의 혼입량이 증가함에 따라 강도가 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 팽창재가 응결이후 팽창성 수화물을 생성시켜 경화체 내부에 응력을 발생시킴으로서 높은 팽창압으로 인한 미세균열(결함)의 증가때문인 것으로 생각되며⁴⁾, 팽창재를 10% 혼입한 콘크리트에서는 플레인 콘크리트(팽창재 무첨가) 보다 더 높은 압축강도를 나타내었다. 이는 팽창재가 적정량 이상 혼입되면 유동성 및 강도가 저하되고, 공기량은 증가하는 것으로 나타나 유동성 및 강도 특성이 양호하면서 수축보상효과가 나타나는 적정혼입율이 존재하는 것으로 분석되며, 팽창성의 발현은 작지만 공극부분에서 치밀한 구조를 형성하기 때문에 비교적 안정된 강도발현이 나타난 것으로 생각된다.

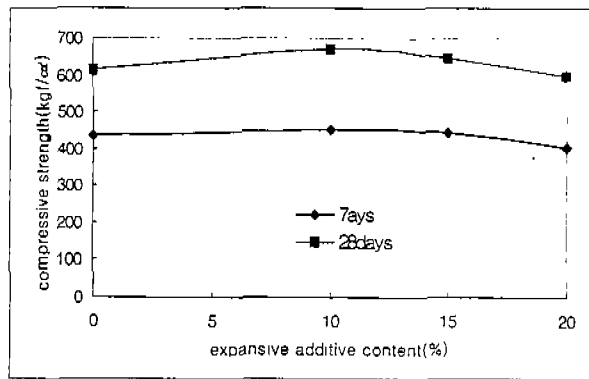


Fig. 2. Compressive strength of expansive additive content

3. 길이변화율

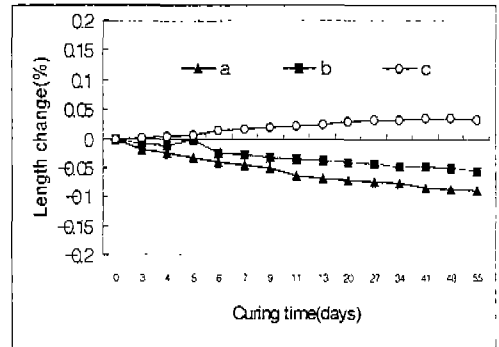
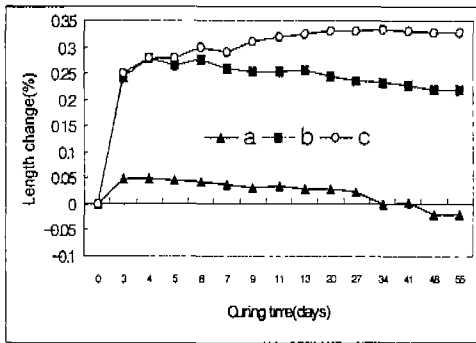
플레인 콘크리트의 길이변화율은 Fig.3에서 보는 바와 같이 수중양생의 경우 재령에 따른 길이변화가 거의 없었으며, 건조양생한 경우에는 재령 27일 까지 급격한 수축을 보였고, 그 이후 55일까지는 비교적 완만하지만 계속적인 수축을 하며 최대 0.089%의 수축을 나타냈다.

또한, 팽창재를 10% 혼입한 콘크리트는 수중양생 27일에서 0.043%, 55일에서 0.047%의 팽창율을 나타내었으며, 팽창재를 15% 혼입한 콘크리트는 수중양생 27일에서 0.07%, 55일에서 0.085%의 팽창율을 나타내었고, 팽창재를 20% 혼입한 콘크리트는 수중양생 27일에서 0.331%, 55일에서 0.328%의 팽창율을 나타내었다. 이와같이, 팽창재의 함량이 증가할수록 부수축 고강도 콘크리트의 팽창율은 급격히 증가를 하였으며, 팽창재를 20% 혼입한 콘크리트가 팽창재를 10% 혼입한 콘크리트보다 0.288%의 팽창량 증가를 나타내었다.

그러나, 이 경우에는 과도한 팽창압의 발생으로 인하여 경화체 조직의 파괴를 초래하여 현장에 적용하기에는 부적절할 것으로 생각되며, 팽창재 함량이 15%이상일 경우에는 탈형 후 건조조건에 놓인 공시체의 장기적인 수축량과 상쇄되는 정도의 팽창량을 초기에 확보하고 있음을 알 수 있

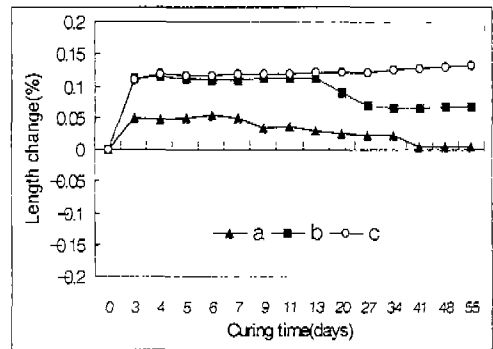
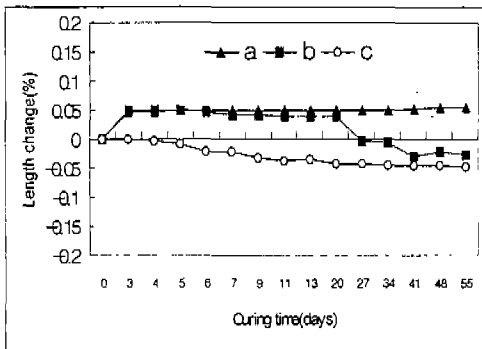
며, 이 경우에는 초기에 불충분한 양생조건으로 인하여 미반응 팽창재가 다량 경화체 내에 존재하게 되어 이후에 적절한 양생조건하에 놓이게 되면 미반응 팽창재가 서서히 반응을 일으킴으로서 경화체의 파괴를 초래할 위험성이 있으므로 적어도 최대팽창의 80%가 얻어지는 시점까지는 충분한 양생을 해야할 것으로 생각된다.^{1,2)}

또한, 수중양생의 경우 재령 7일 이전에 대부분의 팽창반응이 진행된 것으로 보아 필요한 최소한의 초기 수중양생 기간은 4~5일 정도인 것으로 생각된다.



(a) Plain concrete

(b) Expansive additive 10%



(c) Expansive additive 15%

(d) Expansive additive 20%

☞ curing condition ; a(in room), b(in water:4days → in room), c(in water)

Fig.3. Relation between curing and length change ratio for expansive additive contained ratio

IV. 결론

이 연구는 팽창재를 사용한 무수축 고강도 콘크리트의 특성을 실험적으로 구명한 것으로, 이 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 팽창재 혼입율이 증가함에 따라 슬럼프는 감소하였고, 공기량은 다소 증가하였다.

2. 압축강도는 팽창재를 10% 혼입한 콘크리트에서 가장 크게 나타났으며, 혼입율이 10% 이상에서는 팽창재의 혼입율이 증가함에 따라 강도가 감소되었다.
3. 플레인 콘크리트의 길이변화는 수중양생에서는 거의 없었으나 건조조건에 놓인 경우는 재령 28일 까지 급격한 수축을 보였으며, 그 이후에도 비교적 완만하기는 하나 계속 수축을 하여 재령 56일에서 0.087%의 수축량을 나타내었다.
4. 무수축 고강도 콘크리트의 길이변화율은 팽창재의 혼입율이 10%에서 함량 10%에서 수중양생시 0.055%의 팽창을 보였으며, 20%에서는 재령 28일의 경우 0.308%의 팽창을 보였다.
5. 적정량의 팽창재를 혼입한 무수축 고강도 콘크리트를 제조할 경우, 콘크리트 교량 구조물의 신축이음장치 등 무수축을 요하는 구조물에 활용할 수 있을 것으로 기대된다

참 고 문 헌

1. 日本建築學會, 1982, 膨脹材お使用するコンクリートの調合設計・施工指針案・同解説
2. 山田順治, 1983, セメント・コンクリートの知識
3. 友澤史紀, 1988, 新コンクリート用混和材料-技術と市場, pp.124-128
4. 河野俊夫, 1975, 生コン工場における特殊コンクリートつくり方(膨脹コンクリート), セメント・コンクリート, No.343, pp. 124~126