



## 공시체 크기 변화 및 철근구속에 따른 고성능콘크리트의 수축 특성

한천구<sup>1)\*</sup>·강수태<sup>2)</sup>·고경택<sup>2)</sup>·한창평<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>청주대학교 <sup>2)</sup>한국건설기술연구원

(2005년 1월 31일 원고접수, 2005년 9월 20일 심사완료)

## Shrinkage Properties of High Performance Concrete Depending on Specimen Size and Constraint of Reinforcing Bar

Cheon-Goo Han<sup>1)\*</sup>, Su-Tae Kang<sup>2)</sup>, Kyung-Taek Koh<sup>2)</sup>, and Chang-Pyung Hann<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Dept. of Architectural Engineering, Chongju University, Chongju 360-764, Korea

<sup>2)</sup>Korea Institute of Construction Technology, Goyang 411-712, Korea

(Received January 31, 2005, Accepted September 20, 2005)

### ABSTRACT

This paper reports the test results for shrinkage properties of low shrinkage high performance concrete developed by the authors depending on specimen size and constraint of reinforcing bar. As properties in fresh concrete, low shrinkage high performance concrete(LSHPC) combined with expansive additives and shrinkage reducing admixture resulted in increase SP dosage due to loss of fluidity compared with that of control mixture concrete, while the dosage of AE agent was decreased. LSHPC exhibited higher compressive and tensile strength than control mixture concrete. For the effect of specimen size, an increase in specimen size led to a reduction of drying shrinkage. However, it was found that the autogenous shrinkage was not affected by the specimen size and measuring method. For constraint condition, an increase in the ratio of reinforcing bar caused the slight reduction in the strain of reinforcing bar, while it increased the autogenous shrinkage stress. It was seen that LSHPC was effective to reduce autogenous shrinkage by as much as 70 % compared with control mixture high performance concrete.

**Keywords :** high performance concrete, drying shrinkage, autogenous shrinkage, specimen size, constraint of reinforcing bar

### 1. 서 론

고성능콘크리트는 고유동, 고강도 및 고내구성 등 현대 개념에 부응하기 위하여 필연적으로 물-결합재비(이하 W/B)를 작게 하고, 단위 결합재량 및 고성능 감수제를 다량으로 사용하는 상황에 놓이게 된다. 이로 인하여 발생하는 자기수축 및 건조수축 등 수축균열은 고성능콘크리트에서 반드시 해결해야만 하는 문제점으로 제기되고 있다<sup>1)</sup>.

특히, 최근의 고성능콘크리트는 시멘트만으로 제조하기에는 많은 어려움이 따르게 되므로, 콘크리트 배합설계상 플라이애쉬 및 실리카폼 등 광물질 혼화제를 시멘트량에 일부 치환하여 사용하는 것이 기본이 되었고<sup>2,3)</sup>, 자기 및 건조수축 등 균열문제를 해결하기 위하여 팽창재 및 수축저감제를 효율적인 비율로 조정하여 사용하는 연구도 진행된 바 있다<sup>4)</sup>. 또한, 고성능콘크리트의 수축을 효율적으로 저감하기 위하여 저자들은 팽창재와 수축저감제의

사용을 검토한 결과, 단독으로 사용하는 방법보다 두 재료를 조합하여 사용하는 방법이 더 효과적인 연구 결과도 보고 한 바 있다<sup>4,6)</sup>.

그러므로 본 연구에서는 상기의 연구 결과를 통해 개발된 저수축 고성능콘크리트를 실구조체에 적용하기 위함을 목적으로 단면 크기 변화 및 철근구속에 고성능콘크리트의 수축 특성에 미치는 영향에 대하여 검토한다.

### 2. 실험 계획 및 방법

#### 2.1 실험 계획

본 연구의 실험 계획은 Table 1과 같다. 즉, 배합사항으로는 플라이애쉬(FA) 20%와 실리카폼(SF) 10%를 치환한 W/B 30%의 1수준에 대하여, 팽창재(EA)와 수축저감제(SR)를 무첨가한 콘트롤과 팽창재 5%와 수축저감제 1%를 동시에 치환한 최적배합의 2수준으로 배합 계획한다. 공시체 크기는 75×75×400 mm, 100×100×400 mm, 150×150×400 mm, 400×400×400 mm의 4수준으로 한다. 100×100×400 mm

\* Corresponding author

E-mail : cghan@cju.ac.kr

©2006 by Korea Concrete Institute

**Table 1 Design of experiments**

Items	Factors	Levels	
Mixture	W/B (%)	1	30
	Binder composition	2	① Control [C:FA:SF=7:2:1] ② Optimum [C:FA:SF=7:2:1, EA 5%, SR 1%]
	Specimen size (mm)	4	① 75×75×400, ② 100×100×400 <sup>1)</sup> ③ 150×150×400, ④ 400×400×400
Experimental	Fresh concrete	7	① Slump, ② Slump flow, ③ Washing test of coarse aggregate, ④ U type filling test, ⑤ Air content, ⑥ Unit weight, ⑦ Setting time
	Hardened concrete	4	① Compressive strength (7, 28, 91, 180days) ② Splitting tensile strength (28days) ③ Drying shrinkage (1, 2, 3, 7, ....., 180days) ④ Autogenous shrinkage (Initial set, 1, 2, 3, ....., 49days)

1) Specimens for autogenous shrinkage were made with constraint of reinforcing bar(D19 and D25) and without constraint.

**Table 2 Mixture proportions of concrete**

W/B (%)	Kinds	Water content (kg/m <sup>3</sup> )	S/a (%)	Super plasticizer (B×%)	AE agent (B×%)	EA (%)	SR (%)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )						
								C	S	G	FA	SF	EA	SR
30	Control	175	45	1.75	0.030	0.0	0.0	408	685	839	117	58	0.0	0.0
	Optimum			2.20	0.018	5.0	1.0	373	681	832	117	58	29	6

자기수축 공시체에 대하여는 철근과 콘크리트의 구속면적을 변화시켜 각각 D19mm 철근(철근비 2.83%)과 D25mm 철근(철근비 4.91%)을 배설하여 자기수축에 미치는 철근의 구속효과에 대하여 검토하는 것으로 한다. 이때, 콘트롤 및 최적배합 콘크리트는 목표 슬럼프플로우를 고유동콘크리트의 범위인 600±100 mm, 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하도록 SP제 및 AE제량을 배합설계 하였다. 굳지 않은 콘크리트와 경화 콘크리트의 실험 사항은 Table 1과 같고, 배합 사항은 Table 2와 같다.

**2.2 사용 재료**

본 연구의 사용재료로써 시멘트는 국내산 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 골재로써 잔골재는 충남 연기군산 강모래, 굵은골재는 충북 옥산산 25mm 부순 굵은골재를 사용하였다. 혼화제로써, 플라이애쉬는 국내 보령 화력산, 실리카퓌름은 노르웨이산, 팽창제는 일본산 CSA계, 수축저감제는 독일산 글리콜계를 사용하였는데, 각 재료의 물리적 성질은 Table 3과 같다.

**2.3 실험 방법**

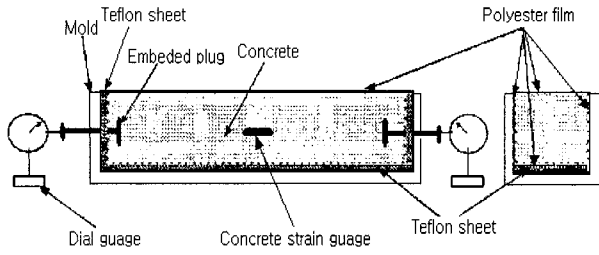
본 연구의 실험 방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 펜타입믹서를 사용하였고, 굳지 않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402, 슬럼프플로우는 슬럼프 측정이 끝난 후 최대직경과 이에 직교하는 직경의 평균치로 하였으며, 공기량 및 단위용적질량은 KS F 2421 및 KS F 2409의 규정에 의거 실시하였다. 또한, 충전성 및 재료분리 저항성은 U형 충전시험 및 굵은골재 씻기시험에 의거 실시하였으며, 응결시간은 KS F 2436의 프록터 판입저항 시험법에

**Table 3 Physical properties of material**

Materials	Sign	Principal properties
Cement	C	Type : ordinary portland cement Density : 3.15 g/cm <sup>3</sup> Blaine : 3,413 cm <sup>2</sup> /g
Fine aggregate	S	Kind : River sand Density : 2.67g/cm <sup>3</sup> Fineness modulus : 2.58
Coarse aggregate	G	25mm crushed aggregate Density : 2.67 g/cm <sup>3</sup> Fineness modulus : 6.87
Super plasticizer	SP	Type : Naphthalene
AE agent	AE	Type : Negative ion
Fly ash	FA	Product : powder produced in Boryeong Density : 2.22 g/cm <sup>3</sup> Blaine : 3,850 cm <sup>2</sup> /g
Silica fume	SF	Density : 2.20 g/cm <sup>3</sup> Blaine : 240,000 cm <sup>2</sup> /g
Expansive additive	EA	Density : 2.90 g/cm <sup>3</sup> Blaine : 3,117 cm <sup>2</sup> /g
Shrinkage reducing agent	SR	Density : 1.02 g/cm <sup>3</sup>

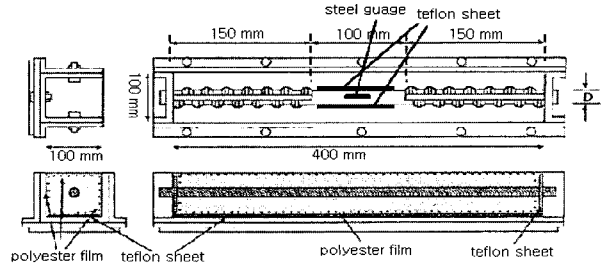
의거 측정하였다.

경화 콘크리트의 실험으로, 압축 및 인장강도는 KS F 2403에 따라 공시체를 제작·양생한 다음 계획된 재령에서 KS F 2405 및 2423의 규정에 따라 실시하였다. 건조수축 시험은 KS F 2424에 의거 수중 7일 양생 후 기중양생하는 것으로 하였다. 또한, 공시체 크기변화에 따른 자기수축 시험은 일본콘크리트공학협회의 시험 방법<sup>2)</sup>과 매설형 스트레인 게이지에 의한 측정 방법을 동시에 실시하였고, 철근 구속에 따른 자기수축 공시체는 철근게이지를 부착해 실시하였다.



(a) Strain gauge for concrete strain

Fig. 1 Test set up for monitoring autogenous shrinkage



(b) Strain gauge for steel strain

Table 4 Test results of fresh concrete

Items Kinds	Slump (mm)	Slump flow (mm)	Air content (%)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )	Filling height (mm)	Segregation resistance (%)	Setting time(hour)	
							Initial	Final
Control	265	643	5.6	2,339	320	91	24.2	26.7
Optimum	260	628	4.6	2,327	310	90	15.5	18.0

Fig. 1은 콘크리트의 자기수축 공시체 설치 및 측정 모습을 나타낸 것이다.

### 3. 실험 결과 및 분석

#### 3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

Table 4는 콘트롤 및 최적배합의 굳지 않은 콘크리트 실험 결과를 나타낸 것이다.

콘트롤 및 최적배합 콘크리트의 유동성 및 공기량은 모두 배합설계를 실시하였으므로 목표 슬럼프플로우 600±100mm 및 목표 공기량 4.5±1.5%의 범위를 만족하였다.

U형 충전높이는 비교적 양호한 충전성을 나타내었고, 재료분리 저항률은 모두 90% 이상으로 양호하게 나타났으며, 응결시간은 CSA계 팽창재의 속경성에 의하여 최적배합 콘크리트의 경우가 콘트롤과 비교하여 6시간 정도 단축되는 것으로 나타났다. Figs. 2, 3은 굳지 않은 콘크리트의 특성인 경우, 배합설계를 실시하여 얻어진 결과로써, 팽창재 및 수축저감제와 관련하여 그 영향을 분석하기에는 어려움이 있으므로, SP제 및 AE제의 양에 대한 배합사항을 분석한 것이다. 즉, Fig. 2는 콘트롤 및 최적배합 콘크리트의 슬럼프 및 슬럼프플로우와 SP제의 사용량을 나타낸 것이다. 팽창재와 수축저감제를 병용한 최적배합 콘크리트인 경우는 콘트롤 배합과 비교하여 유동성이 저하하므로 SP제량을 증가시켜 배합설계 하였다.

Fig. 3은 콘트롤 및 최적배합 콘크리트의 공기량 및 단위용적질량과 AE제량을 나타낸 것이다.

팽창재 및 수축저감제를 병용한 최적배합은 콘트롤과 비교하여 공기량이 증가하여 AE제량을 감소시켜주어야 함을 알 수 있었다.

#### 3.2 경화 콘크리트의 특성

Fig. 4는 재령별 콘트롤과 최적배합 콘크리트의 압축강도 및 재령 28일에서의 쪼갬 인장강도를 나타낸 것이다.

압축강도는 재령 7일에서 40MPa 이상, 재령 28일에서 60MPa 이상, 재령 91일에서 70MPa 이상의 고강도를 나타내었다. 특히, 최적배합 콘크리트의 압축강도는 콘트롤 콘크리트와 비교하여 다소 크게 나타났는데, 이는 팽창재의 수화

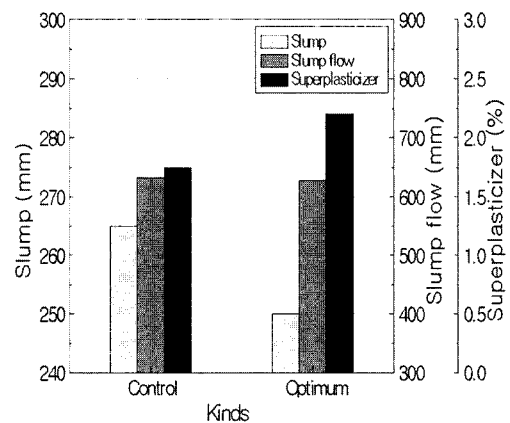


Fig. 2 Fluidity and SP agent dosage with type of mixture

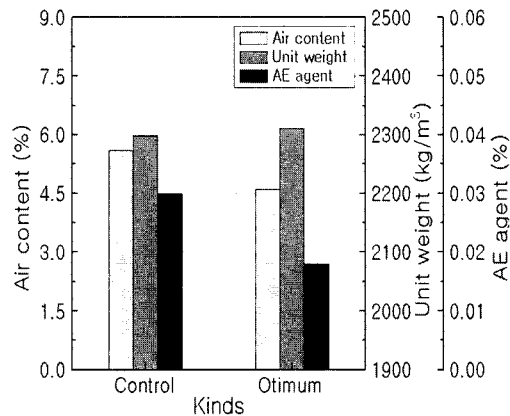


Fig. 3 Air content and AE agent dosage with type of mixture

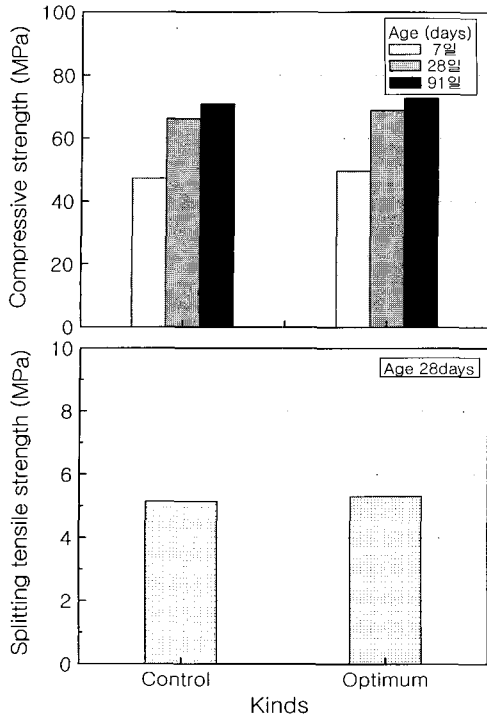


Fig. 4 Compressive and splitting tensile strength with type of mixture

생성물에 의한 조직의 치밀성 증대에 기인된 것으로 사료된다. 인장강도는 압축강도와 유사한 경향으로 최적배합 콘크리트가 콘트롤보다 다소 크게 나타났는데, 압축강도에 대한 인장강도 비율은 8%~10% 정도로 나타났다.

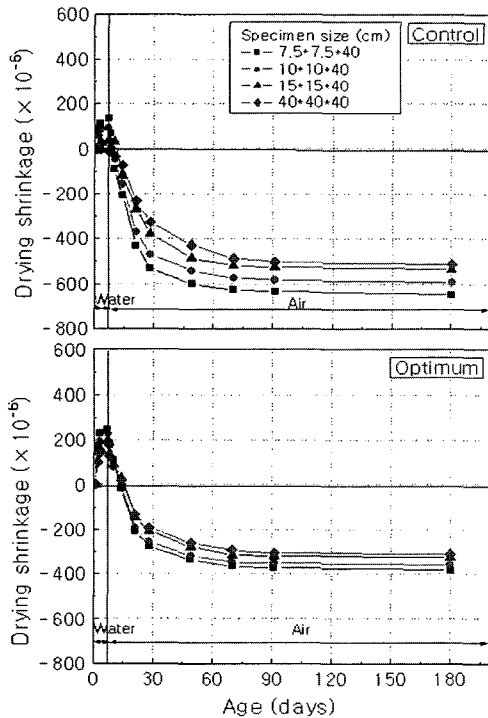


Fig. 5 Drying shrinkage with specimen size and age

### 3.3 공시체 크기에 따른 수축특성

#### 3.3.1 건조수축 특성

Figs. 5 및 6은 배합 및 공시체 크기별 재령경과에 따른 건조수축 길이변화율 및 질량감소율을 나타낸 것이다. 공시체 크기에 따른 건조수축 길이변화율은 전반적으로 수중양생 7일 동안 팽창한 후 기중양생 기간에 수축하는 경향이었는데, 공시체 단면치수가 클수록 수중양생 기간에서의 습윤팽창이 적게 발생하였다. 심지어, 콘트롤 400×400×400 mm인 경우는 수축현상도 발생하였는데, 이는 단면치수가 클수록 조직이 치밀한 고성능콘크리트의 공시체 표층부에서 침투되는 물이 중심부로 침투하지 못하고, 내부에는 수화반응에 따른 자기 건조 상태가 발생함에 기인된 것으로 사료된다. 또한, 공시체 단면치수가 클수록 기중양생 기간에는 공시체 체적에 대한 수분증발률이 작음에 따라 질량감소율이 작게 발생하고, 건조수축 길이변화율도 적게 발생한 것으로 분석된다.

배합요인으로 최적배합 콘크리트의 건조수축 길이변화율은 공시체 크기에 따라 초기 수중양생에서의 습윤팽창은 팽창제의 영향으로 콘트롤 보다 크게 발생하였고, 이후 기중양생에서는 팽창제의 초기 팽창증대와 수축저감제의 모세관 장력의 완화로 건조수축 길이변화율이 공시체별로 차이는 있지만 콘트롤보다 40% 정도 저감하는 것으로 나타났다. 공시체 크기에 따른 질량변화율은 배합비에 관계없이 초기 수중양생에서 증가하다가 기중양생 기간에 서서히 감소하는 것으로 나타났고, 공시체 크기에 따라서는 단면

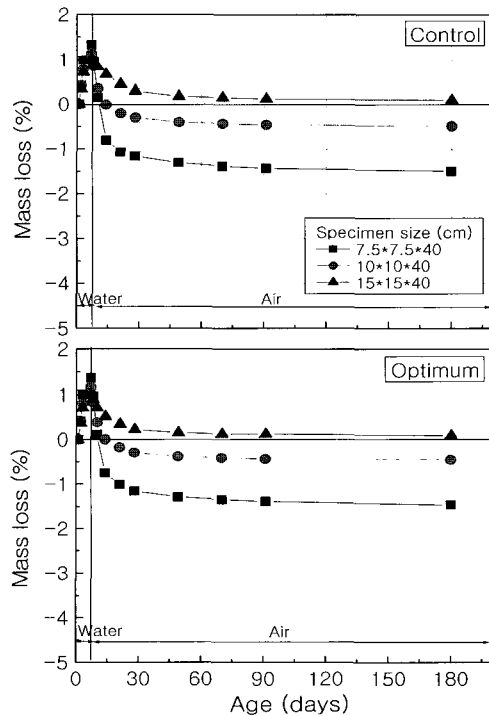


Fig. 6 Mass loss with specimen size and age

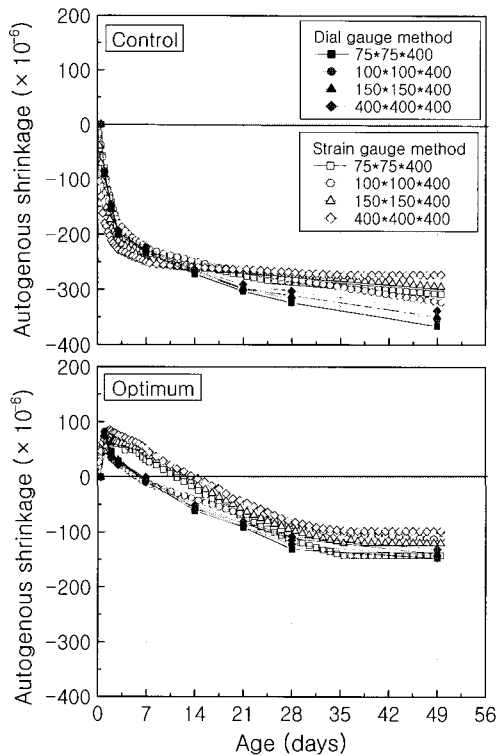


Fig. 7 Autogenous shrinkage with specimen size and age

치수가 클수록 수중 및 기중양생 기간에서의 질량변화가 적게 발생하는 것으로 나타났다.

### 3.3.2 자기수축 특성

Fig. 7은 배합, 측정방법 및 공시체 크기별 재령경과에 따른 자기수축 길이변화율을 나타낸 것이다.

콘트롤 콘크리트의 공시체 크기에 따른 자기수축은 초기 재령에서 급격히 발생하고, 이후 완만한 경향이었는데, 공시체 크기에 따라서는 공시체 크기가 작을수록 자기수축이 다소 크게 발생하는 경향이 있기는 하지만, 건조와 관련한 오차일 뿐 거의 차이가 없는 것으로 분석된다.

최적배합 콘크리트의 자기수축은 콘트롤과 달리 초기재령에서 팽창재의 영향으로 팽창한 후 수축하였고, 콘트롤과 비교하여 자기수축량이 절반 정도로 크게 감소하였는데, 공시체 크기에 따라서는 콘트롤과 마찬가지로 공시체 크기가 작을수록 자기수축이 다소 크게 나타났지만, 역시 오차일 뿐 차이는 없는 것으로 분석된다.

또한, 공시체 크기에 따른 질량감소율은 재령이 경과할수록 미소하게나마 감소하는 것으로 나타났는데, 재령 49일까지 일본콘크리트공학협회의 자기수축 측정방법의 한계치인 0.05%를 만족하는 것으로 나타났다. 단, 49일 이후는 그 규정값을 초과하는 것도 존재하였으므로 본 분석에서는 그 이후의 자기수축 결과 분석은 생략하였다.

측정 방법에 따른 자기수축은 수축량이 클 경우에만 다

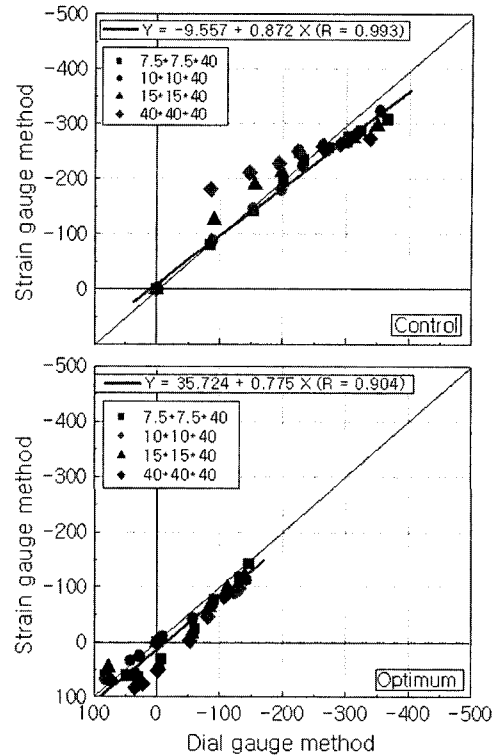


Fig. 8 The comparison of shrinkage between measuring method

이열게이지법이 약간 크게 나타났지만, 이것은 오차요인일 뿐 매설형게이지법과 다이얼게이지법에 의한 차이는 거의 없는 것으로 분석된다. 또한, 공시체 크기에 따라서는 큰 영향이 없는 것으로 분석된다.

Fig. 8은 콘트롤 및 최적배합에서 다이얼게이지법과 매설형게이지법에 의한 자기수축 측정값을 상호 비교하여 산점도로 나타낸 것이다.

다이얼게이지법과 매설형게이지법에 의한 자기수축은 대체적으로 비례하는 경향으로 나타났는데, 이때, 상관계수는 각각 0.99, 0.90으로 양호하게 나타나, 실용상 큰 차이는 없는 것으로 분석된다.

### 3.4 철근구속에 의한 수축특성

Fig. 9는 콘트롤 및 최적배합 콘크리트에서의 무근 콘크리트 및 철근구속에 따른 자기수축 변형률을 나타낸 것이다. 콘트롤 콘크리트의 경우는 재령 49일에서 공시체 종류별에 따라서 무구속 콘크리트 변형률이  $-320 \times 10^{-6}$  정도로 제일 크게 나타났고, D19mm 철근구속 공시체에서의 변형률은  $-163 \times 10^{-6}$ , D25mm 철근구속 공시체에서의 변형률은  $-151 \times 10^{-6}$ 로 나타나, 각각 무근 콘크리트 공시체에 대한 변형비율은 51% 및 47% 정도로 나타났다.

최적배합 콘크리트에서의 무근 콘크리트 변형률은 재령 49일에서  $-110 \times 10^{-6}$  정도로 콘트롤 배합 콘크리트에 비하

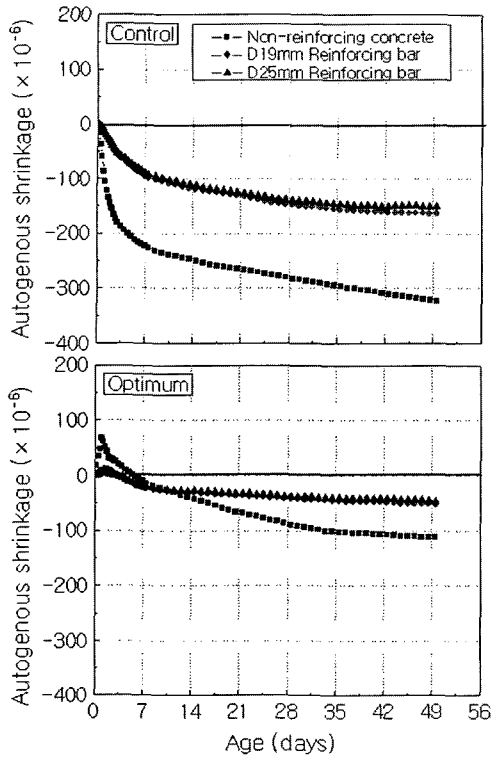


Fig. 9 Autogenous shrinkage strain depending on constraint condition

여 67% 정도 저감하였고, 철근구속 공시체에서의 철근변형률은 각각  $-52 \times 10^{-6}$ ,  $-46 \times 10^{-6}$ 로 나타나 콘트럴에 비하여 68%, 70% 정도 저감하였으며, 최적배합 무근 콘크리트 공시체 변형의 47% 및 42% 정도를 차지하였다.

Fig. 10은 자기수축 응력의 해석에 적용한 각 변형량간의 상호관계를 보여준 모델이다. 즉, 이 모델에서 철근구속 시험체의 콘크리트에 인장응력으로 작용하는 변형량이 철근구속에 의하여 인장응력으로 작용하는 것으로 간주하였고, 공시체 임의의 단면에서 콘크리트와 철근이 힘의 균형

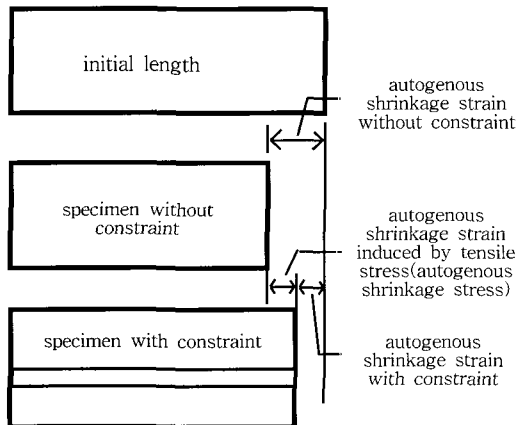


Fig. 10 The schematic diagram of strain depending on constraint condition

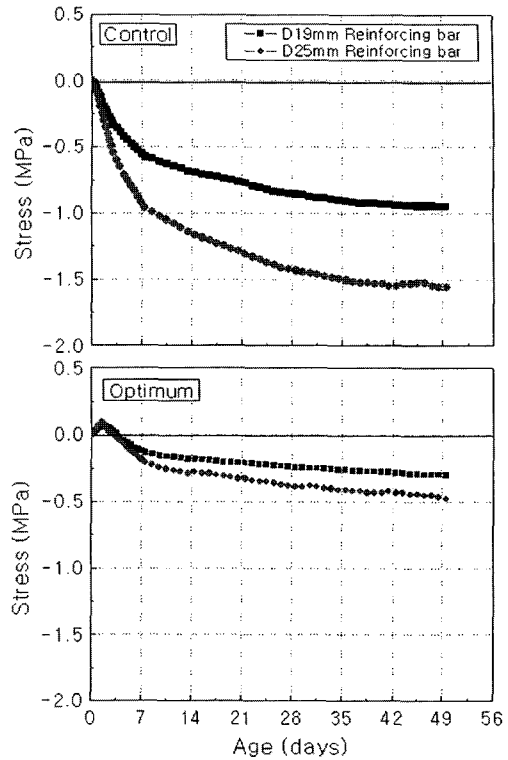


Fig. 11 Autogenous shrinkage with the size of reinforcing bar

을 이룬다는 조건을 이용하여 콘크리트가 받는 인장응력을 일본 콘크리트공학협회 자기수축위원회<sup>2)</sup>에서 제안한 아래의 (1)식에 의거 자기수축응력을 계산하였다.

$$\sigma_c = (E_s \times \epsilon_s \times A_s) / A_c \quad (1)$$

여기서,  $\sigma_c$  : 콘크리트의 자기수축응력(MPa)

$E_s$  : 철근의 탄성계수(MPa)

$\epsilon_s$  : 철근의 변형률

$A_s$  : 철근의 중앙부 단면적( $\text{mm}^2$ )

$A_c$  : 콘크리트의 순단면적( $\text{mm}^2$ )

Fig. 11은 콘트럴 및 최적배합 콘크리트의 구속철근별 재령경과에 따른 자기수축응력을 나타낸 것이다. 먼저 구속철근별 재령경과에 따른 자기수축응력은 철근비가 클수록(굵은 철근일수록) 크게 발생하였고, 배합별에 따라서는 콘트럴 배합 콘크리트의 D19mm 및 D25mm 구속철근 공시체의 자기수축응력이 재령 49일에서 각각 0.95MPa, 1.56MPa 정도로 재령 28일 인장강도의 18% 및 30%로 나타났지만, 최적배합 콘크리트 공시체의 자기수축응력은 재령 49일에서 각각 0.30MPa, 및 0.47MPa 정도로 인장강도의 7% 및 9% 밖에 되지 않았으며, 콘트럴 콘크리트의 32% 및 30%로 작게 나타났다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 공시체 크기 변화 및 철근구속에 따른 고성능 콘크리트의 수축특성에 대하여 실험하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 굳지 않은 콘크리트의 특성으로, 최적배합 콘크리트는 콘트롤에 비해 유동성이 저하하여 SP제량이 증가하였고, 공기량은 증가하여 AE제 사용량이 감소하였다. 재료분리 저항률은 90% 이상으로 비교적 양호한 것으로 나타났고, 응결시간은 CSA계 팽창제의 속경성에 기인하여 단축되는 것으로 나타났다.
- 2) 최적배합의 경우 압축강도는 재령 91일에 70 MPa 이상의 고강도로 나타났는데, 콘트롤보다 팽창제의 수화생성물에 의한 조직의 치밀성 증대에 기인하여 다소 크게 나타났다. 또한, 인장강도는 압축강도와 유사한 경향으로 최적배합 콘크리트가 콘트롤보다 다소 크게 나타났다.
- 3) 공시체 크기변화에 따른 건조수축 길이변화율은 공시체 단면치수가 클수록 적게 발생하였다. 배합요인에 따라서는 최적배합의 길이변화율이 초기 수중양생에서의 습윤팽창으로 콘트롤보다 크게 발생하였으나, 기중양생 기간에서는 건조수축이 적게 발생하였다.
- 4) 공시체 크기에 따른 자기수축은 공시체 크기별에 따라 거의 차이가 없었고, 측정방법간에도 차이가 없는 것으로 나타났지만, 최적배합의 자기수축은 콘트롤의 절반 정도로 크게 감소하였다.
- 5) 철근구속에 따른 수축특성으로 최적배합 콘크리트에서의 자유수축 변형, D19mm 및 D25mm 구속철근 변형은 모두 콘트롤 배합 콘크리트와 비교하여 각각 66%, 68% 및 70% 정도 저감하였다. 또한, 자기수축 응력은 구속철근비가 클수록 크게 나타났는데, 최적배합 콘크리트에서의 D19mm 및 D25mm 구속철근 공시체의 자기수축응력은 콘트롤 콘크리트에 비교하여 68% 및 70% 정도 저감되는 것으로 나타났다.

이상을 종합하여 볼 때, 팽창제와 수축저감제를 병용한 최적배합 콘크리트를 구조체에 적용할 경우, 콘트롤과 비교하여 기초적 물성에 큰 영향이 없이 공시체 크기변화와 철근구속 공시체에서도 건조 및 자기 등 수축특성에 저감효과가 큰 것으로 나타나, 결국 고성능콘크리트에 문제시되는 수축문제를 효과적으로 해결할 수 있는 것으로 분석되었다.

## 참고문헌

1. 日本コンクリート工學協會, “コンクリートの自己收縮研究委員會報告書”, 日本コンクリート工學協會, 2002, pp.1~111.
2. 한천구, 반호용, 진병채, 홍상희, “CSA계 팽창제 및 무기질 혼화제를 이용한 고성능 콘크리트의 특성에 관한 연구”, 콘크리트학회지, Vol.11, No.1, 1999, pp.141~148.
3. 近松龜一, 竹田宣典, 鎌田文男, 十河茂幸, “結合材の種類がコンクリートの硬化收縮に及ぼす影響”, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol.15, No.1, 1993, pp.543~548.
4. 한천구, 김성욱, 고경택, 배정렬, “팽창제 및 수축저감제를 이용한 고성능 콘크리트의 수축특성”, 콘크리트학회 논문집, Vol.15, No.6, 2003. 12, pp.785~793.
5. 한국건설기술연구원, “콘크리트 교량의 내구성 향상기술 개발”, 한국건설기술연구원, 2002.
6. 한천구, 김성욱, 고경택, 한민철, “팽창제와 수축저감제를 조합 사용한 고성능 콘크리트의 기초물성 및 수축특성”, 콘크리트학회논문집, Vol.16, No.5, 2004, pp.605~612.
7. 牧隆輝, 下山善秀, 榮川裕之, “收縮低減劑を用いたコンクリートのひび割れ調査”, 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1998, pp.1085~1086.
8. 加藤淳司, 津崎淳一, “發泡劑および膨脹材を用いたコンクリートの膨脹性能および強度特性について”, 日本建築學會大會學術講演梗概集, 2001, pp.203~204.
9. 閑田徹志, 鈴木康範, 小田部裕一, 櫻本文敏, “ひび割れ低減コンクリートの開發”, 日本建築學會大會學術講演梗概集, 2003, pp.109~110.
10. 田中敏嗣, 杉山彰徳, 小川鑑, 富田六郎, “混和材料を組合せて使用したコンクリートの諸特性”, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol.17, No.1, 1995, pp.157~162.

## 요 약

본 연구는 기존연구에서 개발된 저수축 고성능 콘크리트의 기초적 물성과 공시체 단면크기 변화 및 철근구속에 따른 수축특성에 대하여 검토한 것이다. 굳지 않은 콘크리트의 특성으로, 팽창제와 수축저감제를 사용한 최적배합의 경우 콘트롤에 비해 유동성이 저하하여 SP제 사용량이 증가하였고, 공기량은 증가하여 AE제 사용량이 감소하였다. 또한, 최적배합 콘크리트의 압축 및 인장강도는 콘트롤과 비교하여 다소 크게 나타났다. 공시체크기에 따른 수축특성으로, 건조수축 길이변화율은 공시체 단면치수가 클수록 적게 발생하였으며, 자기수축은 공시체 크기변화, 측정방법별에 따라 큰 영향이 없는 것으로 나타났다. 철근구속에 따른 수축특성으로, 철근구속 공시체에서의 철근변형은 철근비가 증가할수록 감소하였고, 자기수축응력은 증가하였으며, 배합별에 따라서는 최적배합의 경우 콘트롤과 비교하여 70% 정도로 크게 저감되게 나타났다.

**핵심용어** : 고성능콘크리트, 건조수축, 자기수축, 팽창제, 수축저감제, 공시체 크기, 철근구속