

인공 경량골재를 사용한 콘크리트의 부등  
건조수축에 관한 실험적 연구

이 창 수 (서울시립대학교 토목공학과 교수)

김 영 옥 (서울시립대학교 토목공학과 박사수료)

림 연 (서울시립대학교 토목공학과 석사과정)

**An Experimental Study on The Differential  
Dry Shrinkage of Concrete Using Artificial  
Lightweight Aggregate**

Lee, Chang-soo

Kim, Young-ook

Lin, Yan

## Abstract

Exposure to the outside, the concrete is differential moisture distribution depending on the depth. Such a differential moisture distribution causes the differential drying shrinkage in concrete structures. This thesis is researched to compare the shrinkage of lightweight concrete depending on depth to normal concrete. It is used artificial lightweight aggregate which has 20% of pre-absorb value by lightweight concrete. When water-binder ratio is 30%, average shrinkage of lightweight concrete section decreased than normal concrete, but differential shrinkage of lightweight concrete section increased. However water-binder ratio is 40% and 50% average shrinkage and differential shrinkage of lightweight concrete section decreased than normal concrete.

[*Key word*: Lightweight Concrete, Pre-absorb, Water-binder Ratio, Differential Shrinkage ]

## I. 서 론

최근 수도권 골재 파동과 더불어 더 이상 골재는 무한자원이 아닌 유한자원이라는 인식의 전환과 함께 천연골재 채취에 따른 하천, 해양, 산림의 환경파괴문제 해결을 위한 국가적 차원의 방안으로서 천연골재 대체 재료에 대한 법률적 의무사용범위가 확대되는 추세이다.(장학봉, 2004: 건설교통부, 2006)

이런 천연 골재의 부족으로 건설 폐기물에서 생산되는 재생골재의 활용, 산업부산물인 석탄재, 철강슬래그의 활용외에 자원재활용기술개발을 통해 무기계 산업폐분진, 하수오니, 폐주물사 등의 유해폐기물 친환경 인공경량골재 제조에 성공함으로써 고품질 인공 경량골재를 제조기술을 향상하고있으나 용도 측면에서 건축물 바닥슬래브, 프리캐스트 제품 등에 제한되어 있다.(산업자원부, 2002)

한편 국외의 구조 설계 기술 발달에 따른 건축물의 초고층화, 토목구조물의 장대화, 세장화 경향을 나타내고 있으며 그 밖에 전시장, 운동시설, 공항 등 대형 구조물 건설 재료에 부합하는 고강도, 경량화 콘크리트를 적용하기 위해 경량골재의 제조 및 적용이 활발히 이루어지고 있다. 예를 들면 Bank of America Tower, Chateau on the Lake, White Plains City Center Garage 등의 고층주차시설, 토류구조물, 선박제작 등에 적용함으로써 교량 바닥판 뿐만 아니라 경량화가 요구되는 건설 구조물에 적용하면서 지금까지 경량골재의 경량성이

활발히 사용되고 있다. (윤성민, 2006: Thatcher, 2002)

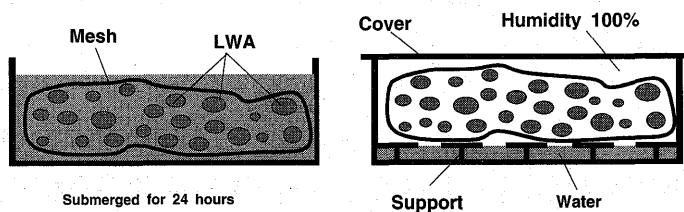
콘크리트는 외부 노출면에서의 수분 손실로 인하여 깊이에 따라 부등건조수축이 발생하게 된다. 인공 경량 골재는 경량성 뿐만 아니라 다공성과 높은 흡수율을 지니고 있는데 높은 흡수율로 인하여 골재에 사전흡수된 물은 콘크리트의 건조 수축에 영향을 주게 된다.

이에 본 연구는 사전흡수를 진행한 인공 경량골재가 다양한 물-결합재비에서 재령에 따라 수축에 어떤 영향을 나타내는지를 규명하고자 한다. 1개의 수분이동면만 남겨 수분이동이 1방성인 경우 재령의 경과에 따라 깊이별로 수축량을 측정하여 경량 콘크리트와 일반 콘크리트를 비교분석하여 경량 골재가 콘크리트의 부등 건조수축에 어떤 영향을 주는지 규명하고자 한다.

## II. 경량 골재의 특성

### 1. 경량 골재의 사전 흡수수

경량골재의 흡수율은 굳지 않은 콘크리트에서의 유동성과 경화 콘크리트의 물성에 큰 영향을 미치게 되므로 주의를 기울여야 한다. 본 연구에서는 입경별, 침수 시간별, 보관 시간별 흡수율을 측정하여 그 특성을 파악하고 실용적으로 일정한 흡수율을 유지할 수 있는 방안을 강구하였다.



<그림 2-1> 경량골재의 습도 보관 방법

골재 입경이 작아질수록 흡수율이 작아지는 경향을 나타내며 이는 골재 입경이 작을수록 골재 내 공극이 작음을 의미한다. 침수시간에 따라서는 침수시간이 증가할수록 흡수율이 커지지만 24시간 침수 흡수율은 19.76%는 7일 침수 흡수율 20.63%의 95% 이상을 나타내므로 24시간 침수 골재 내의 흡수수 상태는 안정적으로 간주할 수 있다. 그래서 배합설계 과정과 콘크리트 타설 시 24시간 침수 골재를 적용하기로 한다.

24시간 침수골재의 표면에는 불규칙적인 표면수가 존재하게 되며 표면건조포화상태로 만들기

위해서는 <그림 2-1>과 같이 습도유지 보관함에 골재를 방치하고 시간에 따른 흡수율 변화를 관찰하였다. 그 결과 <표 2-1>와 같은 흡수율 변화를 나타내었으며, 24시간 보관 했을 경우 흡수성 천으로 닦아내었을 경우보다 큰 흡수율을 나타내므로 골재의 표면수가 다소 존재하는 것으로 판단되고, 2일 보관 이후부터는 흡수성 천으로 닦아낸 흡수율 결과와 거의 동일한 값을 나타내었다. 이는 100% 습도유지 보관함에서 24시간 침수 골재의 흡수율은 2일 이상 보관할 경우 주변 습도와 거의 안정성을 유지하며 일정한 흡수율을 나타내는 것으로 해석할 수 있다.

<표 2-1> 경량 골재의 습도 보관 시간에 따른 흡수율

흡수성 천	흡수율(%)			
	24 시간	2 일	3일	7일
19.76	20.21	20.19	20.41	20.77

## 2. 경량 골재의 수분 공급도

경량골재의 사전 흡수수에 의한 수분공급능력을 평가하기 위해 <그림 2-2>와 같이 모르타르, 굵은 골재로 구성된 2상 구조로 가정할 경우 경량골재의 수분 공급도  $q_w$ 는 식 2.1와 같이 나타낼 수 있다. 즉, 콘크리트 내에서 수분의 외부 이동, 내부소모 등의 수분 변화 요인에 의해 시간에 따라 습도가 변화하게 되면, 이러한 변화하는 시간, 습도에서 경량골재의 수분공급도가 결정되는 것으로 설정하였다.

경량골재의 수분공급도  $q_w$ 는 포화염 용액으로 일정 습도를 유지하는 밀폐상자를 이용하여 시간에 따라 감소되는 경량골재의 질량을 측정하여 산정한다.

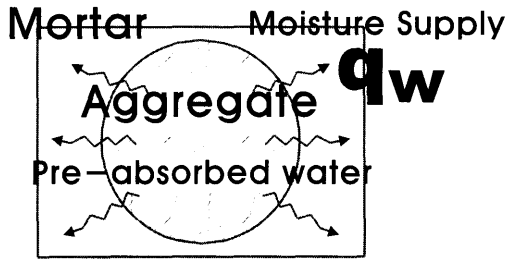
$$q_w = f(h, t) = \frac{\Delta w_{LA}}{w_{LA} \Delta t} \quad \text{식(2.1)}$$

여기서,  $q_w$ : 단위부피 경량골재에서 단위시간당 방출되는 수분질량 [ $kg/m^3 \cdot sec$ ]

$V_{LA}$ : 경량골재의 부피 [ $m^3$ ]

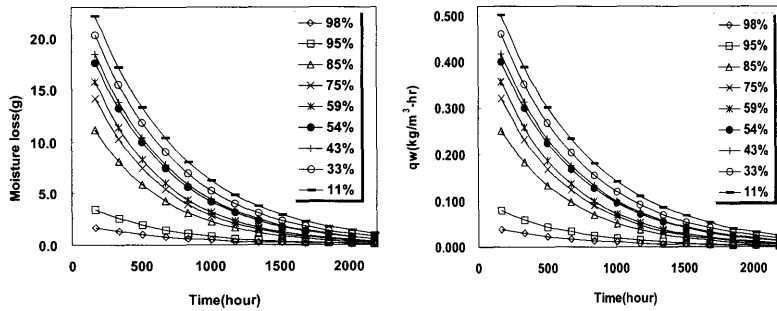
$\Delta t$ : 시간 변화 [ $sec$ ]

$$V_{LA} = \frac{\text{표면건조포화상태 시편의 질량} [kg]}{\text{표면건조포화상태 시편의 밀도} [kg/m^3]}$$



<그림 2-2> 경량골재의 사전흡수수의 습도 공급

경량골재 사전흡수수의 콘크리트 내 수분 공급도를 파악하기 위하여 습도를 조절하여 시간에 따른 경량골재의 수분 감소량을 측정 한 결과 <그림 2-3>와 같이 나타났다. <그림 2-3>에서 나타난 바와 같이 경량골재에서의 수분 방출량은 주변 습도에 반비례하고 시간에 비례하는 뚜렷한 경향을 나타내고 있다.



<그림 2-3> 경량 골재의 습도와 시간에 따른 수분 방출과 공급

### Ⅲ. 배합의 설정 및 실험 방법

#### 1. 배합 설정

시멘트가 질량 100g이 수화 반응을 통하여 CSH겔이 생성될 때 생성된 겔공극내에 외적 수분 공급에 의해 19g 이상이 존재 할 경우 수축은 진행하지 않으며, 19g 이하가 존재할 경우 수축이 발생하게 된다. 이는 시멘트질량 100g에 대해 화학적 결합수 23g과 겔 공극수, 물리적 흡착수, 층간수의 증발 가능수 19g과의 합인 42g의 존재할 경우 수축이 진행하지 않으며 존재하지 않을 경우 수축이 진행함을 의미한다. 따라서 외부에서의 수분공급을 차단한 경우 물-결합재비 42%는 이론적 수축 진행 여부를 판단하는 기준으로 적용할 수 있다.(NISTIR,

1999)

본 연구에서는 켈 공극 내에 포화조건을 만족하지 못하는 경우와 포화조건을 임계치, 그리고 수화잉여수의 존재로 표화 조건을 만족시킬 수 있는 물-결합재비로서 0.3, 0.4, 0.5를 선정하고 각각의 물-결합재비에서 경량골재의 사전흡수수가 콘크리트의 수분이동 및 수축에 미치는 영향을 파악하고자 한다.

<표 3-1> 일반 콘크리트와 경량콘크리트의 배합

종류	배합명	w/c	G <sub>max</sub> (mm)	공기량 (%)	단위 중량(kg/m <sup>3</sup> )				부피(m <sup>3</sup> )			
					W	C	S	G	W	C	S	G
경량 콘크리트	LWC30	0.3	19	5.0 ±1.0	165	550	647	685	0.165	0.175	0.244	0.336
	LWC40	0.4			190	474			0.190	0.15		
	LWC50	0.5			208	416			0.208	0.132		
일반 콘크리트	NWC30	0.3			165	550	1006	1006	0.165	0.175		
	NWC40	0.4			190	474			0.190	0.15		
	NWC50	0.5			208	416			0.208	0.132		

한편 본 연구의 목적은 물-결합재비 변화에 따라 경량골재가 콘크리트 수분이동 및 수축에 미치는 영향을 파악하기 위함으므로 물-결합재비 변화, 경량골재 치환 이외의 배합요소는 모두 동일하게 제한하여야 한다. 이를 위해 시멘트 페이스트와 골재 부피비율은 일정하게 유지하면서 물-결합재비 변화시키고 각 물-결합재비에서 경량골재의 영향을 파악하고자 하였다. 이와 같은 조건하에 단위결합재량과 압축강도와의 관계를 고려하여 <표 3-1>과 같은 실험배합을 정정 하였다.

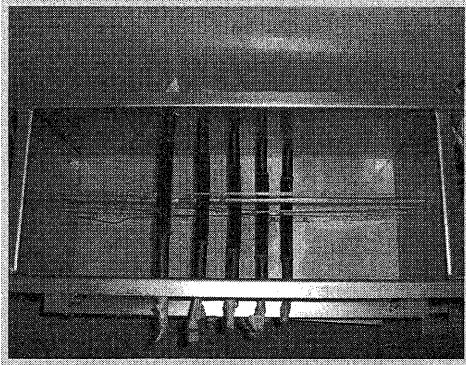
### 2. 압축강도의 측정

콘크리트의 압축강도는 KS F 2405 에 따라 φ100×200mm의 공시체를 각 배합별로 3개씩 제작하여 20±3℃ 조건하에 기중 양생하였다. 측정은 재령 3일, 7일, 14일, 28일, 56일, 90일 별로 수행하였다.

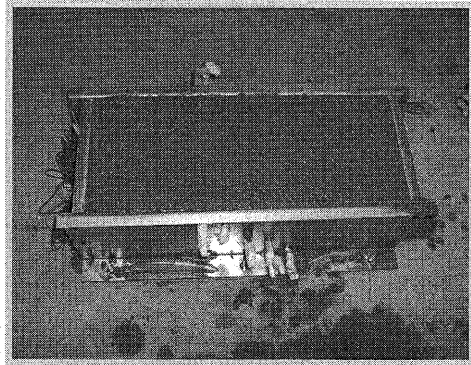
### 3. 깊이별 수축량의 측정

콘크리트 내부의 변형률을 파악하기 위하여 <그림3.2>, <그림3.3>와 같은 실험방법을 구성하였다. 먼저 <그림 3-3>와 같이 200×200×500mm공시체에서 변형률 게이지를 매입한 후 1개의 수분이동면을 제외하고 다른 5면은 모두 테프론 시트와 파라핀으로 밀봉하여 시간과 깊이에 따

른 변형률을 측정하였다. 수분의 내부소모, 외부 이동에 의한 콘크리트의 변형을 살펴보기 위하여 타설 후 90일까지 깊이별 변형률을 측정하였다.



<그림 3-2> 변형률 게이지의 설치



<그림 3-3> 콘크리트의 타설

#### IV. 실험결과 및 분석

##### 1. 압축강도의 측정 결과 및 분석

<표 4-1>와 <그림 4-1>에서 알 수 있는 것은 같은 물-결합재비에서 경량콘크리트는 일반콘크리트보다 압축강도가 모두 작은 것을 알 수 있다. 이 원인은 경량 골재의 낮은 압축강도 때문이라고 판단된다.

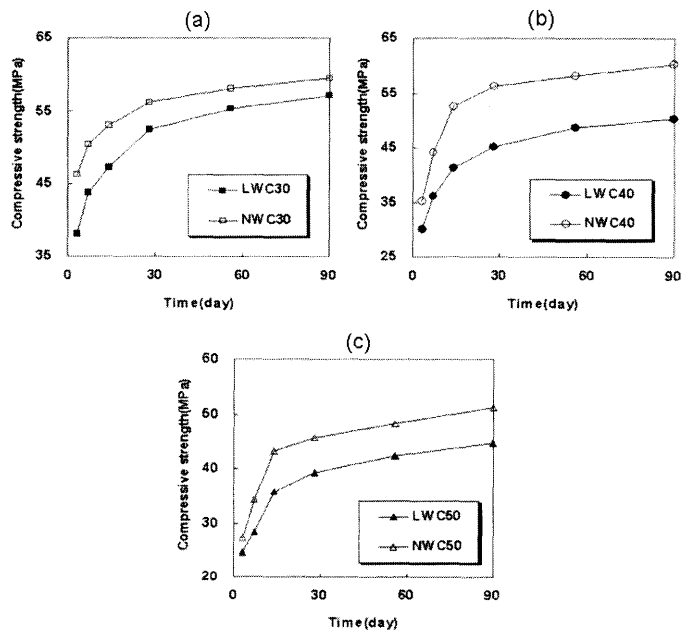
<표 4-1> 배합별 재령에 따른 압축 강도

Mixture	압축 강도 (MPa)					
	3 일	7 일	14 일	28 일	56 일	90 일
LWC30	38.2	43.9	47.2	52.5	55.4	57.2
LWC40	30.1	36.2	41.4	45.2	48.7	50.3
LWC50	24.8	28.4	35.8	39.3	42.3	44.8
NWC30	46.3	50.5	53.0	56.2	58.1	59.5
NWC40	35.3	44.1	52.4	56.1	58.2	60.2
NWC50	27.3	34.3	43.3	45.6	48.3	51.1

그리고 각 배합별로 살펴보면 물-결합재비가 0.3일 때 재령 초기에서는 경량 콘크리트가 일반 콘크리트보다 강도차가 가장 크지만 재령이 경과 할수록 차이가 감소하는 경향이 나타났다. 이것은 물-결합재비가 0.3일 때는 초기 재령 때 일반 콘크리트인 경우 수화 잉여수의

부족으로 내부의 급격한 습도 감소로 인하여 수화 반응이 미비해져서 강도 증진이 작아지지만 경량 콘크리트는 초기에 내부의 습도 감소와 동시에 경량 골재의 사전흡수수의 수분 공급으로 인하여 강도 발현에 기여한 것으로 판단된다.

반면에 물-결합재비가 0.4와 0.5일 때는 초기에는 일반 콘크리트와 경량 콘크리트의 강도 차이가 크게 나지 않았지만 재령이 커질수록 강도차이가 커지는 결과를 볼 수 있다. 재령 초기에서 콘크리트 내부의 높은 습도로 인하여 사전 흡수수에 의한 수분공급이 진행되지 않지만 시간이 경과할수록 골재 외부의 습도가 낮아지면서 경량골재의 수분 공급이 진행되고 사전흡수수가 골재에서 페이스트로 이동하며 만들어지는 통로가 콘크리트의 강도를 저하시키는 원인으로 작용하는 것으로 판단된다.



<그림 4-1> 배합별 재령에 따른 압축 강도

## 2. 경량 콘크리트의 부등 건조수축의 측정 결과 및 분석

물-결합재비 0.3인 경우 일반 콘크리트의 변형률을 <그림 4-2>에서 보면 타설 시부터 약 7일 재령까지 급격한 단면 등수축 변형률은  $339 \times 10^{-6}$ 을 보이며, 이후 재령 90일에서는 단면 평균 변형률  $396 \times 10^{-6}$ , 변형률 분포 폭은  $125 \times 10^{-6}$ 을 나타내었다. 물-결합재비가 0.4일 때 일반 콘크리트의 변형률은 <그림 4-4>에서 확인 하면 타설



시부터 7일 재령까지의 초기재령에서는 물-결합재비가 0.3일때 보다 완만한 형태의 변형률을 나타내었다. 그리고 장기재령으로 갈수록 NWC30보다 급격한 기울기의 변형률을 가지게 된다. 초기 재령 때의 단면 평균 변형률은  $51 \times 10^{-6}$ 이고 변형률 분포 폭은  $86 \times 10^{-6}$ 을 보였으며 90일에서는 단면 평균 변형률  $154 \times 10^{-6}$ 이고 변형률 분포 폭은  $237 \times 10^{-6}$ 을 나타내었다.

마지막으로 물-결합재비가 0.5일 때의 일반 콘크리트는 NWC40보다도 완만한 기울기를 가지고 그 후 장기 재령에서는 급격한 기울기의 변형률을 나타내며 전체 재령에서 NWC40보다 급격한 기울기의 변형률 진행 양상을 <그림 4-6>에서 확인 할 수 있다. 7일 초기재령에서의 단면 평균 변형률은  $44 \times 10^{-6}$ 이고 변형률 분포 폭은  $146 \times 10^{-6}$ 이었으며 재령 90일에서는 단면 평균 변형률  $168 \times 10^{-6}$ 이 되었고 변형률 분포 폭은  $519 \times 10^{-6}$ 이 나타났다.

일반 콘크리트의 각 배합별 수축률 분포를 시간에 따라 변화하는 과정을 살펴보았을 때 물-결합재비가 낮은 경우 초기에는 급격한 등 수축 변형이 발생하는 것은 자기 건조에 의한 수분의 내부 소모로 인하여 단면내서에 동일한 습도 감소가 발생한 것으로 판단된다. 그리고 물-결합재비가 낮은 경우와 높은 경우를 비교하면 물-결합재비가 높을수록 장기재령 시 변형률 분포 폭이 큰 것을 발견할 수 있는데 이것은 물-결합재비가 높을수록 수분의 확산이 빠르기 때문에 상하부의 습도차가 많기 때문으로 추측된다.

LWC30의 경우 <그림 4-3>에서 볼 수 있는데 재령 7일까지 등 수축 변형률은  $207 \times 10^{-6}$ 을 나타냈고 재령 90일에서는 단면 평균 변형률은  $193 \times 10^{-6}$ 이고 변형률 분포 폭은  $177 \times 10^{-6}$ 을 나타내었다. 그래서 재령 90일에서 보았을 때 일반 콘크리트와 비교하였을 때 수축률은 51%을 저감하였지만 변형률 분포 폭은 42%를 증가하는 현상이 나타났다.

변형률 분포 폭이 증가한 원인은 경량 골재의 사전흡수수가 다소 과도한 것으로 판단된다. 습도의 분포를 살펴보면 초기에 자기수축에 의한 급격한 습도의 감소에 의해 경량골재의 높은 공급도를 초래하여 단면 내부에서는 습도가 감소하지 않고 오히려 증가하여 변형률의 회복을 초래한 것으로 추측된다. 그래서 변형률의 분포 폭을 감소하려면 사전흡수율이 20%보다 작은 경량골재를 사용해야 할 것으로 판단된다.

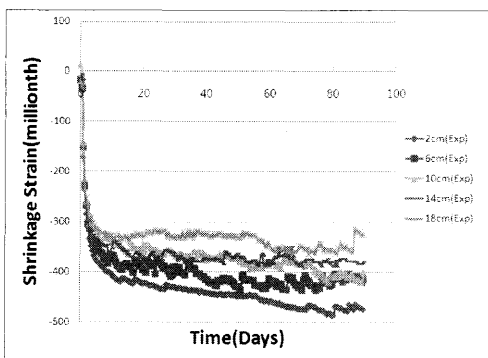
물-결합재비가 0.4일 때 경량 콘크리트의 7일 초기재령에서 평균 변형률이  $39 \times 10^{-6}$ 으로 일반 콘크리트 보다 저감율이 24%를 나타냈고 변형률 분포 폭은  $61 \times 10^{-6}$ 으로 일반콘크리트 보다 29%감소하였다. 재령 90일에서의 평균 변형률이  $105 \times 10^{-6}$ 으로 일반 콘크리트보다 저감율은 32%이고 변형률 분포 폭은  $193 \times 10^{-6}$ 으로 일반 콘크리

트보다 19% 감소하는 것으로 나타 난 것을 <그림 4-5>에서 확인 할 수 있다.

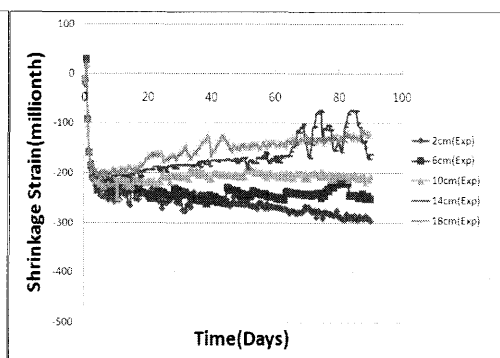
물-결합재비가 0.4일 때 LWC40은 NWC40에 비하여 초기뿐만 아니라 장기 재령에서도 평균 건조수축과 수축률 분포 폭 즉, 부등 건조수축 량이 모두 감소한 것을 알 수 있다. 이것은 수화 잉여수가 물-결합재비가 0.3일 때보다 많은 것으로 초기에 급격한 습도소모가 발생하지 않아 습도의 감소는 습도의 외부 이동이 주요 원인으로 발생한 것이라고 추측된다. 그래서 상부의 습도가 천천히 낮아지는데 동시에 경량 골재가 습도를 공급해주어 습도를 유지하는 작용을 하여 상하부의 습도차가 작아 평균 건조수축뿐만 아니라 수축률 분포폭도 감소한 것으로 판단된다.

<그림 4-7>에서 보면 LWC50은 7일 초기 재령에서는 평균 변형률이  $26 \times 10^{-6}$ 으로 일반 콘크리트와 비교하였을 때 저감율은 41%이고 변형률 분포 폭은  $100 \times 10^{-6}$ 으로 일반콘크리트와 비교하였을 때 감소율은 32%였다. 재령 90일에서의 평균 수축률은  $100 \times 10^{-6}$ 으로 일반콘크리트와 비교하였을 때 저감율은 38%이고 변형률 분포 폭은  $349 \times 10^{-6}$ 으로 일반콘크리트와 비교하였을 때 감소율은 33%를 나타냈다.

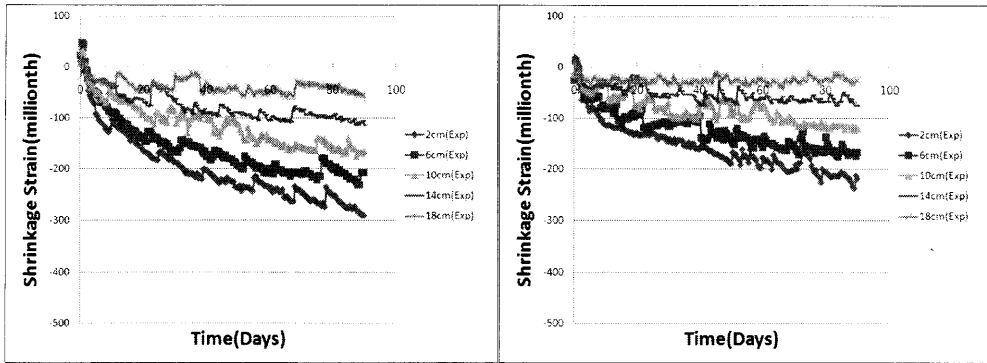
물-결합재비가 0.5일 때도 LWC50은 NWC50에 비하여 초기뿐만 아니라 장기 재령에서도 평균 건조수축과 수축률 분포 폭 즉 부등 건조수축이 모두 감소하였다. 이 원인도 물-결합재비가 0.4일 때와 같지만 물-결합재비가 0.5일 때가 0.4일 때보다 감소량이 다소 많은데 이것은 물-결합재비가 0.5일 때 물-결합재비가 높을수록 수분의 확산이 빠르기 때문에 물-결합재비가 0.4일 때보다 상하부 습도차가 더 큰 것으로 판단된다. <그림 2-3>에서 확인할 수 있는 것은 외부의 상대습도가 작을수록 습도의 공급은 더 높아 LWC50일 때가 경량 골재의 공급의 효과가 더 큰 것으로 판단된다.



<그림 4-2> NWC30의 시간 이력적 깊이별 변형률

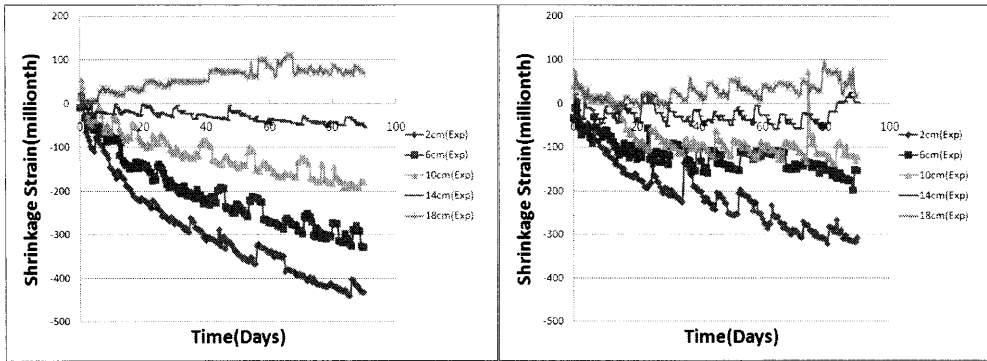


<그림 4-3> LWC30의 시간 이력적 깊이별 변형률



<그림 4-4> NWC40의 시간이력적  
깊이별 변형률

<그림 4-5> LWC40의 시간이력적  
깊이별 변형률



<그림 4-6> NWC50의 시간이력적  
깊이별 변형률

<그림 4-7> LWC50의 시간이력적  
깊이별 변형률

## V. 결 론

본 연구는 인공 경량 콘크리트의 부동건조수축에 관한 연구로서 사전 흡수수가 20%인 인공 경량 골재를 사용하였다.

같은 물-결합재비에서 경량 골재의 작은 압축강도 때문에 경량콘크리트는 일반콘크리트보다 압축강도가 모두 작은 것으로 나타났다. 하지만 물-결합재비가 0.3일 때 재령 초기에서는 경량 콘크리트가 일반 콘크리트보다 강도차가 가장 크지만 재령이 경과 할수록 차이가 감소하는 경향이 나타났다. 이것은 압축강도를 수화도로 가정할 경우 경량골재의 사전 흡수수에 의한 수화도 증진효과가 나타난 것으로 수화 잉여수가 적은 경우 사전 흡수수가 강도 증진 효과가 있음을 알 수 있다.

압축강도 측정결과 물-결합재비가 0.3,0.4,0.5일 때의 경량콘크리트의 부등 건조 수축 특성을 규명하기 위하여 같은 물-결합재비일 때의 일반 콘크리트와 비교하여 분석해본 결과 아래와 같은 결과가 나왔다. LWC30의 평균 수축률은 NWC30보다 50%감소하였고 LWC40은 NWC40보다 31%감소하였으며 LWC50은 NWC50보다 38% 감소한 것으로서 물-결합재비에 따라 량의 차이는 있지만 평균수축률은 모두 감소한 것으로 로서 외부구속에 의한 응력의 감소를 추측할 수 있다.

부등건조수축에서 보았을때 LWC40은 NWC40보다 변형률 분포폭은 29%감소하였고 LWC50은 NWC50보다 33%감소한 것으로 나타났지만 LWC30은 NWC30보다 분포폭이 42%증가한 것으로 나타났다. 이것은 경량골재의 높은 수분공급으로 인하여 단면의 내부에서 습도가 감소하지 않고 오히려 증가에 의해 수축률의 회복이 발생했기 때문으로 판단되며 사전 흡수수가 20%보다 작은 흡수량을 사용하면 더 좋은 결과를 가질 것을 추측할 수 있다.

이로서 경량콘크리트는 교량, 건물의 바닥판에 사용하였을 때 골재의 경량성 뿐만 아니라 부등 건조 수축량을 감소시키면서 균열의 위험성을 감소하는 작용을 할 수 있음을 예측할 수 있다.

추후에는 경량 골재의 사전 흡수수의 양을 조절하여 실험함으로써 경량 콘크리트의 평균 수축뿐만 아닌 부등 건조수축도 최적화 하는 결과를 유도하는 것이 요구된다.

## [참 고 문 헌]

1. 윤성민, “해외 건설폐기물 처리현황과 순환골재 재활용 사례”, 국토연구원 건설경제, 2006.
2. 장학봉, “바닷모래 채취의 경제, 환경적 통합평가 모형에 관한 연구”, 한국해양수산개발원 기본 연구, 2004.
3. 건설교통부, 『순환골재 품질기준 제정 및 인증제도 시행방안연구』, 2006.
4. 산업자원부, 『석탄회를 이용한 구조용 경량골재 제조연구』, 2002.
5. NISTIR 6295, Curing of high performance Concrete: Report of the State of the art, United states Department of Commerce Technology Adiministration, 1999
6. Thatcher, D. B. et al, "Stuctural Lightweight Concrete Prestressed Girders and Panels", Center for Transportation Research, University of Texas at Austin, 2005.

논문접수일 : 2010년 3월 12일

심사의뢰일 : 2010년 3월 17일

심사완료일 : 2010년 5월 29일