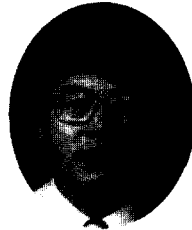


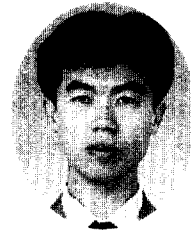
자체건조를 고려한 초기재령 콘크리트의 부등건조수축

Differential Drying Shrinkage of Concrete at Early Ages
Considering Self-desiccation



김진근*

Kim, Jin-Keun



이철성**

Lee, Chil-Sung

ABSTRACT

The differential drying shrinkage occurs due to the moisture diffusion in concrete structures exposed to the ambient air at early ages, and autogenous shrinkage also occurs due to self-desiccation during hydration of cement. Consequently for total shrinkage strain of concrete the autogenous shrinkage must be considered with drying shrinkage of concrete.

In this study, experiments and analysis for differential drying shrinkage considering autogenous shrinkage were carried out at early ages. The shrinkage strain was measured at various positions in drying specimen, and the autogenous shrinkage was also measured in sealed specimen. And the validation of analysis method for differential drying shrinkage was verified by comparing test results with analytical results.

In low-strength concrete, the rate of the differential drying shrinkage was very high, but autogenous shrinkage was very small and negligible. Meanwhile in high-strength concrete the rate of the differential drying shrinkage was small, but autogenous shrinkage was considerably large. And analytical results obtained in this study were in good agreement with test results.

Keywords : differential drying shrinkage, autogenous shrinkage, moisture diffusion

* 정회원, 한국과학기술원 토목공학과 교수
** 정회원, 한국과학기술원 토목공학과 박사과정

• 본 논문에 대한 토의를 1999년 2월 28일까지 학회로 보내주시면 1999년 2월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

초기재령에서 콘크리트를 외기에 노출시키면 수분확산으로 인하여 부재 단면에서 부등수분분포가 발생하며, 이로 인하여 부등건조수축(differential drying shrinkage)이 발생한다^(1,2). 또한 초기재령에서 시멘트의 수화반응 과정에서 콘크리트의 자체건조(self-desiccation)로 인하여 자기수축(autogenous shrinkage)이 발생한다⁽³⁾. 특히 고강도 콘크리트의 경우에 자체건조로 인한 수분손실이 크기 때문에 자기수축도 크게 발생한다. 따라서 초기재령에서 외기에 노출된 콘크리트 내부의 각 위치에서 수축변형도는 수분확산에 의한 수축변형도와 자체건조로 인한 수축변형도를 동시에 포함한다⁽⁴⁾.

부등건조수축은 콘크리트 표면에 인장응력을 발생시키며, 이 때 발생한 인장응력에 의해 초기재령에서 콘크리트 표면에 균열이 발생하는 경우가 빈번하다. 이러한 콘크리트의 초기균열은 외부하중에 의하여 더 크게 진전하여 사용성을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 장기적으로 구조물의 강도를 떨어뜨리고 콘크리트의 내구성에 문제를 야기시킨다. 또한 콘크리트의 부등건조수축은 콘크리트의 수분확산과 밀접한 관계가 있기 때문에 수분확산을 근거로 부등건조수축에 대한 정확한 예측이 필요하다.

따라서 본 연구는 초기재령에서 콘크리트에서 자체건조로 인한 자기수축의 영향을 고려하여 수분확산으로 인한 부등건조수축이 콘크리트 내부의 각 위치에서의 수축변형도 분포에 미치는 영향을 검토하였다. 이를 위하여 매입형 게이지(embedded strain gauge)를 이용하여 수분확산으로 인한 콘크리트 내부의 각 위치의 수축변형도에 대한 실험을 실시하였다. 그리고 콘크리트 내부의 부등수분분포로 인한 수축변형도를 예측할 수 있는 해석방법을 제시하였으며, 실험결과와 해석결과와의 비교를 통하여 해석방법의 타당성을 검증하였다.

2. 실험

2.1 실험개요

초기재령에서 외기에 노출된 콘크리트는 수분확산과 자체건조가 동시에 발생하므로 콘크리트 내부의 각 위치에서 수축변형도는 자체건조에 의한 자기수축을 포함하고 있다. Fig. 1은 초기재령에서 콘크리트 내부의 수축변형도 변화를 나타내고 있다. 따라서 전체 수축변형도에서 자체건조에 의한 자기수축 변형도를 제외하여야 수분확산만에 의한 각 위치에서 수축변형도의 변화를 구할 수 있다. 자체건조를 고려한 경우에 콘크리트 내부의 각 위치에서 전체 수축량은 식 (1)과 같이 자체건조에 의한 수축량과 수분확산에 의한 수축량으로 나타낼 수 있다.

$$\epsilon_{sh}(t, t_0) = \epsilon_a(t, t_0) + \epsilon_d(t, t_0) \quad (1)$$

여기서, $\epsilon_a(t, t_0)$ 는 콘크리트의 노출이 시작되는 시간(t_0) 이후에 콘크리트의 자체건조에 의한 자기수축량으로, $\epsilon_a(t, t_0) = \epsilon_a(t) - \epsilon_a(t_0)$ 으로 나타낼 수 있다. 그리고 $\epsilon_d(t, t_0)$ 는 외기에 노출되어 건조가 발생하고 수분확산으로 인하여 발생한 콘크리트 내부의 부등건조수축량이다.

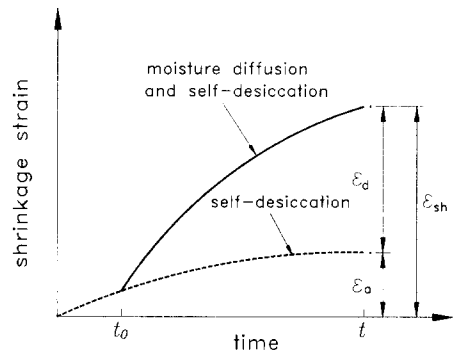


Fig. 1 Variation of shrinkage strain in concrete at early ages

따라서 본 연구는 초기재령에서 콘크리트 내부의 여러 위치에서 수축변형량뿐만 아니라 자체건조에 의한 자기수축량을 측정하여 수분확산만에 의한 수축변형량을 구하였다. 또한 수분확산으로 인한 콘크리트의 수분손실량에 대한 실험을 실시하였다. 그리고 각 경우에 2개의 동일한 실험체

를 제작하였다.

실험에 사용한 시멘트는 1종 포틀랜드 시멘트이고, 잔골재는 금강유역의 강모래이며, 굵은골재로는 최대치수가 19mm인 화강암 부순자갈을 사용하였다. 또한 콘크리트 강도에 따른 자체건조의 차이가 콘크리트 내부의 수축변형도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 Table 1과 같이 고강도, 중간강도, 저강도 배합을 선정하였다.

Table 1 Mix proportions of concrete

Mix	W/C (%)	S/A (%)	Unit weight(kg/m ³)				S.P. (%)	f' (kg/cm ²)
			W	C	S	G		
H	28	38	151	541	647	1055	2.0	780
M	40	42	169	423	736	1016	0.5	540
L	68	45	210	310	782	955	-	220

실험은 온도 20±1℃, 상대습도 50±2%로 한 항온항습실에서 실시하였다. 실험체를 제작한 후 24시간이 지난 후에 거푸집을 제거하고, 2일 동안 수증양생을 실시하였다. 그 이후에 건조용 실험체는 외기에 노출시키고 자체건조용 실험체는 밀폐시켜서 실험을 수행하였다.

2.2 콘크리트 내부의 수축변형도 측정 실험

2.2.1 콘크리트 내부의 수축변형도 측정

실험을 통하여 콘크리트 내부의 각 위치에서 부등수분분포로 인한 부등건조수축 변형도를 측정하였다. 이를 위하여 콘크리트 내부의 여러 위치에 매입형 게이지(embedded strain gauge)를 설치하였다. 왜냐하면 매입형 게이지는 콘크리트 내부의 변형도를 측정하는데 유효하게 사용될 수 있음을 여러 문헌^(5,6)에 의해 밝혀졌기 때문이다.

콘크리트 내부의 부등건조수축량을 측정하기 위한 실험체의 형상 및 크기는 Fig. 2와 같다. 실험체의 크기는 10×10×20cm이며, 노출표면은 10×10cm이다. 또한 콘크리트 내부의 수축변형도를 측정하기 위하여 콘크리트의 노출표면에

서 3, 7, 12cm 깊이에 매입형 게이지를 설치하였다.

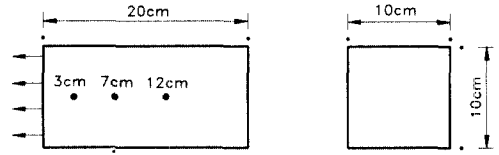


Fig. 2 Geometry and size of drying specimen

한편 건조시에 수분확산이 일차원으로 일어나게 하기 위하여 한 면을 제외한 모든 면을 파라핀으로 밀폐시켜 수분의 증발을 방지하도록 하였다.

2.2.2 자체건조로 인한 콘크리트 내부의 수축 변형도 측정

Fig. 2의 건조용 실험체에서 측정된 수축변형도는 자체건조에 의한 수축변형도를 포함하고 있다. 따라서 수분확산에 의한 부등건조수축은 자체건조에 의한 수축과 구분되어야 한다. 이를 위하여 밀폐 상태의 실험체에서 자체건조에 의한 수축변형도를 측정하였다.

자체건조로 인한 수축변형도를 측정하기 위하여 10×10×10cm의 실험체를 제작하였다. 이러한 실험체의 모든 면을 파라핀으로 밀폐시켜 외기로의 수분손실을 차단하고 실험체 내부에 매입형 게이지를 설치하여 각 재령에서 자체건조로 인한 수축변형도를 측정하였다.

3. 수분확산에 의한 콘크리트 내부의 부등건조수축 해석

3.1 콘크리트의 자유수축량

수분확산에 의한 콘크리트 내부의 각 위치에서의 상대습도와 자유수축량의 관계를 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다⁽⁷⁾.

$$\Delta \epsilon_{sh}(t, t_0) = k_{sh} f_s(h_d) = k_{sh} (1 - h_d) \quad (2)$$

여기서, k_{sh} 는 수축계수(shrinkage coefficient)이고 $\varepsilon_s^0 g_s(t)$ 로 나타낼 수 있다. ε_s^0 는 콘크리트가 완전히 건조되었을 때의 최종 극한건조수축량이다. 그리고 $g_s(t)$ 는 각 재령에서 콘크리트의 탄성계수에 대한 건조가 시작하는 시간(t_0)에서 콘크리트의 탄성계수의 비를 나타내며, $g_s(t) = E(t_0)/E(t)$ 이다.

3.2 콘크리트의 크리프 (creep of concrete)

수분확산으로 인하여 콘크리트 내부에는 부등수분분포를 이루게 되고, 이로 인하여 부등건조수축 현상이 일어난다. 부등건조수축은 콘크리트에 응력을 유발하며, 이러한 잔류응력은 장시간 계속되기 때문에 현저한 크리프의 영향을 받는다. 크리프는 내부의 잔류응력을 이완시키고 재분배한다. 따라서 부등건조수축을 해석할 때에는 크리프의 영향을 고려해야 한다.

콘크리트가 건조하게 되면 건조 크리프(drying creep)가 발생한다. 이와같이 추가적으로 발생하는 콘크리트의 크리프는 본질적으로 응력에 의한 수축(stress-induced shrinkage)이며, 부등건조수축 해석시에 고려되어야 한다. 이러한 응력에 의한 수축은 Bazant가 제시한 식⁽⁷⁾에 의하여 계산하였으며, 건조 크리프에서 응력에 의한 수축량을 따로 분리하여 고려하였다. 건조 크리프는 자체건조와는 무관하며 건조에 의한 상대습도만을 고려하였다.

따라서 시간 t_0 에서 t 까지 작용하는 응력증분이 $\Delta\sigma_c(t, t_0)$ 이면 순간적인 탄성변형도와 크리프에 의한 변형도는 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta\varepsilon_c(t, t_0) &= \frac{\Delta\sigma_c(t, t_0)}{E_c(t_0)} [1 + \chi\phi(t, t_0)] + \Delta\varepsilon_{cs}(t, t_0) \\ &= \frac{\Delta\sigma_c(t, t_0)}{E_c(t, t_0)} + \Delta\varepsilon_{cs}(t, t_0) \end{aligned} \quad (3)$$

여기서, $\Delta\varepsilon_{cs}(t, t_0)$ 는 응력에 의한 수축량이다. 그리고 χ 는 재령계수(aging coefficient)이며, 응력이 일정하지 않는 경우에 그 효과를 고려하기 위하여 사용된다. χ 는 0.6에서 0.9사이의 값

이며, 일반적으로 0.8 정도이다⁽⁸⁾. 또한 식 (3)에서 $\bar{E}_c(t, t_0)$ 는 콘크리트의 재령보정 탄성계수(age-adjusted elasticity modulus)이며, $\bar{E}_c(t, t_0) = E_c(t_0)/(1 + \chi\phi(t, t_0))$ 이다⁽⁸⁾.

3.3 콘크리트의 부등건조수축 해석

시간 t 에서 콘크리트 단면은 자체건조와 수분확산에 의하여 부등수분분포 상태에 있으므로 구속응력($\Delta\sigma_r$)이 발생한다. 그리고 각 위치에서 구속응력($\Delta\sigma_r$)으로 인한 변형도와 크리프, 자유수축 변형도의 합은 0이 되어야 한다. 즉 식 (4)의 조건을 만족해야 한다.

$$\begin{aligned} \Delta\varepsilon_{sh}(t, t_0) + \frac{\Delta\sigma_r(t, t_0)}{E_c(t_0)} (1 + \chi\phi(t, t_0)) \\ + \Delta\varepsilon_{cs}(t, t_0) = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

식 (4)에서 콘크리트 단면의 각 위치에서 구속응력($\Delta\sigma_r$)을 구하면 식 (5)와 같다.

$$\Delta\sigma_r(t, t_0) = -\bar{E}_c(t, t_0) [\Delta\varepsilon_{sh}(t, t_0) + \Delta\varepsilon_{cs}(t, t_0)] \quad (5)$$

이 때 콘크리트 내부의 각 위치에서 변형도는 구속응력($\Delta\sigma_r$)에 의하여 구속을 받게 되고, 구속응력은 기준위치에서 축력(ΔN)과 휨모멘트(ΔM)를 발생시킨다. 기준위치에서 축력과 휨모멘트는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\Delta N = \int_A \Delta\sigma_r(t, t_0) dA \quad (6)$$

$$\Delta M = \int_A \Delta\sigma_r(t, t_0) y dA \quad (7)$$

따라서 단면에 $-\Delta N$, $-\Delta M$ 을 작용시키면 시간 t 에서 기준위치에서 수축변형도($\Delta\varepsilon_o(t, t_0)$)와 곡률($\Delta\Psi(t, t_0)$)을 구할 수 있다.

$$\begin{Bmatrix} \Delta\varepsilon_o \\ \Delta\Psi \end{Bmatrix} = \frac{1}{E_c(\bar{A}\bar{I} - \bar{B}^2)} \begin{bmatrix} \bar{I} & -\bar{B} \\ -\bar{B} & \bar{A} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} -\Delta N \\ -\Delta M \end{Bmatrix} \quad (8)$$

여기서, \bar{A} , \bar{B} , \bar{I} 는 기준 위치에서 재령보정 환

산단면(age-adjusted transformed section)의 단면적, 단면 일차 모멘트, 단면 이차 모멘트를 각각 나타낸다.

시간 t 에서 콘크리트 단면의 각 위치에서 변형도는 식 (9)와 같이 구할 수 있다.

$$\epsilon_c(t, t_0) = \Delta \epsilon_o(t, t_0) + \Delta \Psi(t, t_0) y \quad (9)$$

그리고 콘크리트 단면의 각 위치에서 작용하는 응력은 식 (10)과 같다.

$$\sigma_c(t, t_0) = \Delta \sigma_r(t, t_0) + \bar{E}_c(t, t_0) [\Delta \epsilon_o(t, t_0) + \Delta \Psi(t, t_0) y] \quad (10)$$

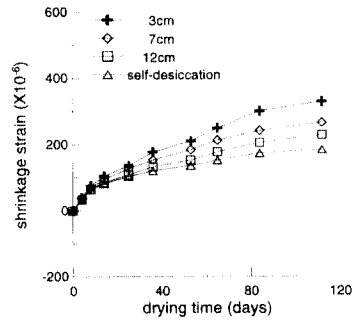
4. 실험결과 및 분석

4.1 콘크리트 내부의 수축변형도 분포

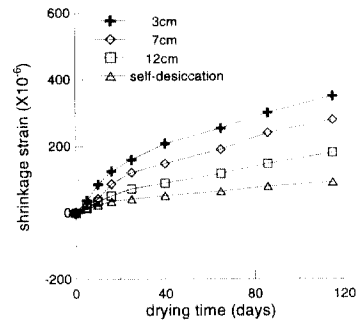
건조용 실험체 내부의 각 위치에서 수분확산과 자체건조에 의한 수축변형도 분포는 Fig. 3과 같다. 또한 밀폐시킨 실험체에서 수분확산은 일어나지 않고 콘크리트 내부의 자체건조로 인한 수축변형도를 Fig. 3에서 나타내고 있다. 여기서 자체건조에 의한 자기수축량은 외기로 노출이 시작되는 시간(t_0) 이후에 콘크리트의 자체건조에 의한 자기수축량이다.

저강도 콘크리트는 자체건조로 인하여 수축변형도의 변화는 매우 작지만 수분확산으로 인하여 콘크리트 내부의 수축변형도의 차이는 매우 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 그렇지만 고강도 콘크리트는 수분확산으로 인한 수축변형도뿐만 아니라 자체건조로 인한 수축변형도도 콘크리트 내부의 수축변형도에 큰 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 그러나 수분확산에 의한 수축변형도는 저강도 콘크리트에 비하여 작음을 알 수 있다. 이는 고강도 콘크리트는 공극조직이 저강도 콘크리트보다 치밀하기 때문에 수분확산이 느리게 일어나서 콘크리트 내부와 표면의 상대습도 차이가 작기 때문이다. 본 연구의 실험결과에서 나타났듯이 고강도 콘크리트는 초기재령에서 자기수축으로 인하여 상당한 수축변형도를 나타내고 있으며, 콘

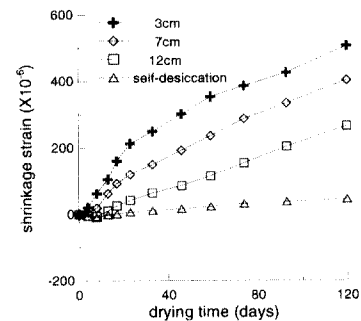
크리트 내부의 수축변형도를 계산할 때에 고려되어야 한다는 것을 알 수 있다.



(a) H(W/C)=0.28)



(b) M(W/C)=0.40)



(c) L(W/C)=0.68)

Fig. 3 Shrinkage strain distribution in concrete due to moisture diffusion and self-desiccation

이와 같이 초기재령에서 저강도 콘크리트는 주로 수분확산의 영향을 받아 수축현상이 일어나지만 고강도 콘크리트는 자체건조에 의해서도 상당한 수축량이 발생한다. 따라서 초기재령에서 수분

확산에 의한 부등건조수축의 실험을 위해서 자체 건조로 인한 수축변형도에 대한 실험을 동시에 수행하여야 한다는 것을 알 수 있다. 특히 고강도 콘크리트를 사용한 콘크리트 구조물이 초기재령에서 외기에 노출되었을 때에 균열발생 가능성에 대하여 수분확산의 영향뿐만 아니라 자체건조의 영향을 고려해야 한다는 것을 또한 알 수 있다.

4.2 수분확산에 의한 콘크리트 내부의 수축 변형도 분포

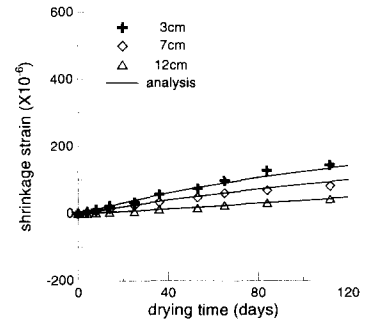
수분확산에 의한 콘크리트 내부의 수축변형도 (ϵ_d)는 식 (1)에서 보이는 바와 같이 전체 수축 변형도에서 자체건조로 인한 수축변형도(ϵ_a)를 제외하면 구할 수 있는데, 콘크리트 내부의 수축변형도 실험결과로부터 수분확산만에 의한 콘크리트 내부의 수축변형도를 나타내면 Fig. 4와 같다.

Fig. 4를 보면 수분확산에 의하여 콘크리트 내부의 위치에 따라 수축변형도가 큰 차이를 보이고 있다. 콘크리트의 노출표면 근처는 노출이 시작된 후 수분이 빠른 속도로 외기로 발산하기 때문에 수축변형도가 크고, 증가 속도도 빠르다. 그러나 콘크리트 내부는 수분함유량이 많으므로 수축변형도가 작고, 증가 속도도 느린 것을 알 수 있다. 즉 수분량의 차이에 따라 수축변형도가 위치에 따라 현저하게 다르게 나타나는 것을 알 수 있다. 이와 같은 수분확산에 의한 콘크리트의 부등건조수축은 콘크리트 구조물의 표면에 인장응력을 발생시키며, 따라서 중요한 콘크리트 구조물의 해석에서 고려해 주어야 할 것으로 판단되었다.

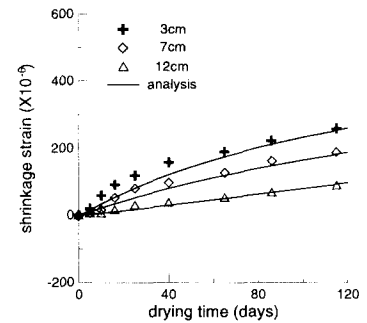
또한 본 연구에서 제시된 해석방법을 사용하여 수분확산이 일어나는 경우에 콘크리트 내부의 수축변형도 분포에 대하여 해석을 실시하여, Fig. 4에서 실험결과와 해석결과를 비교하였다. 콘크리트 내부의 각 위치에서 실험결과와 해석결과는 거의 일치하고 있음을 알 수 있으며, 따라서 제시된 해석방법은 초기재령의 경우에도 콘크리트의 부등건조수축을 예측하는데 적합한 것으로 판단되었다.

Fig. 5는 콘크리트 노출표면으로 3cm 깊이

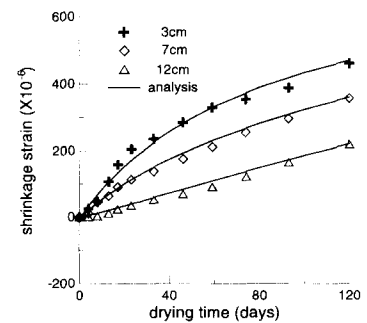
서 수분확산에 의한 수축변형도와 자체건조에 의한 수축변형도의 변화를 나타낸 것이다. Fig. 5에서 기울기는 자기수축 변형도에 대한 수분확산에 의한 수축변형도의 변화량을 나타내며 저강도 콘크리트에서 기울기가 매우 급하게 변하며, 고강도 콘크리트는 기울기가 매우 작은 것을 알 수 있다. 이는 저강도 콘크리트보다 고강도 콘크리트에서 자기수축이 콘크리트 내부의 수축변형도에 크게 영향을 주고 있음을 나타내는 것이다.



(a) H(W/C=0.28)



(b) M(W/C=0.40)



(c) L(W/C=0.68)

Fig. 4 Shrinkage strain distribution in concrete due to moisture diffusion

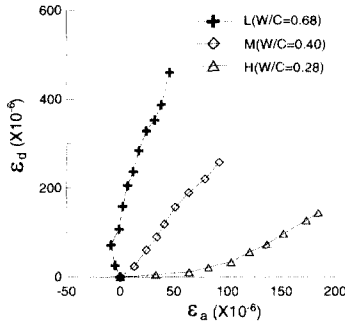


Fig. 5 Relationship between ϵ_d at 3cm from exposed surface and ϵ_a from t_0 to t

4.3 수분손실량과 수축변형도의 관계

콘크리트의 수분확산에 의하여 발생하는 수분 손실량은 자체건조와는 상관이 없으며, 따라서 수분손실량은 수분확산 속도와 밀접한 관련이 있다. Fig. 6은 콘크리트 노출표면으로부터 3cm 깊이에서 수분확산에 의한 콘크리트의 수축변형도와 수분손실량의 관계를 나타낸 것이다. 여기서 콘크리트의 수분손실량은 단위 노출면적당 수분손실 중량(kg/m^2)으로 나타냈다. 초기에는 수분손실량에 대하여 각 위치에서 수축량이 작지만 시간이 경과함에 따라 거의 선형관계를 이루고 있음을 알 수 있다.

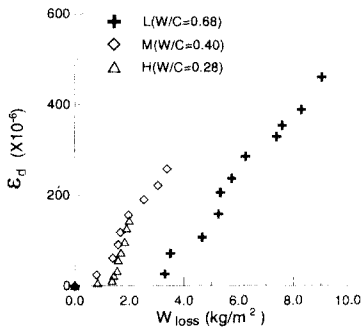


Fig. 6 Relationship between ϵ_d at 3cm from exposed surface and moisture loss (W_{loss})

5. 결론

초기재령에서 자체건조의 영향을 고려한 콘크리트의 부등건조수축에 대한 실험과 분석을 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 초기재령에서 저강도 콘크리트는 주로 수분확산의 영향을 받아 수축현상이 일어나지만 고강도 콘크리트는 자체건조에 의하여 큰 영향을 받는다. 따라서 초기재령에서 수분확산에 의한 콘크리트의 부등건조수축을 파악하기 위해서, 자체건조로 인한 수축변형도의 영향도 함께 고려해야 한다.

(2) 콘크리트 내부의 수분확산에 근거하여 부등건조수축에 대한 해석방법을 제시하였으며, 이러한 해석방법에 의한 해석결과는 초기재령의 경우에도 실험결과를 잘 예측하고 있음을 알 수 있었다.

(3) 노출 초기에는 수분손실량에 대하여 수분확산에 의한 각 위치에서 수축량의 변화가 작지만 시간이 경과함에 따라 거의 선형관계를 나타냈다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단(ERC-STRESS)의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고 문헌

1. Bazant, Z. P., and Najjar, L. J., "Nonlinear Water Diffusion in Nonsaturated Concrete," *Materials and Structures*, Vol. 5, No. 25, 1972, pp.3-20.
2. 김진근, 이철성, "콘크리트의 부등건조수축에 관한 연구," *콘크리트학회지*, Vol. 9, No. 2, 1997, pp.153-161.
3. Persson, B., "Self-desiccation and Its Importance in Concrete Technology," *Materials and Structures*, Vol. 30, No. 199, 1997, pp.293-305.
4. Tazawa, E., and Miyazawa, S., "Experimental Study on Mechanism of Autogenous Shrinkage of Concrete," *Cement and Concrete Research*, Vol. 25, No. 8, 1995, pp.1633-1638.

5. Scott, R. H., and Gill, P. A. T., "Measurement of Internal Concrete Strains Using Embedment Strain Gauges," Magazine of Concrete Research, Vol. 39, No. 139, 1987, pp.109-112.
6. Tazawa, E., and Miyazawa, S., "Influence of Curing Conditions on Autogenous Shrinkage of Concrete," International Conference on Engineering Materials, Ottawa, Canada, 8-11 June, 1997, pp.373-384.
7. Bazant, Z. P., and Xi, Y., "Drying Creep of Concrete : Constitutive Model and New Experiments Separating Its Mechanisms," Materials and Structures, Vol. 27, No. 165, 1994, pp.3-14.
8. Ghali, A., and Favre, R., "Concrete Structures - Stresses and Deformations," E&FN SPON, 1994, 444pp.

요 약

초기재령에서 외기에 노출된 콘크리트는 수분확산으로 인하여 부등건조수축이 발생하고, 또한 자체건조로 인하여 자기수축도 발생한다. 따라서 콘크리트 내부의 수축변형도는 이러한 자기수축을 포함하고 있으므로 이를 고려하여야 한다.

본 연구에서는 초기재령에서 콘크리트 강도에 따라 자기수축의 영향을 고려하여 부등건조수축에 대한 실험과 해석을 수행하였다. 또한 콘크리트 내부의 부등수분분포로 인한 수축변형도에 대하여 실험결과와 해석결과를 비교하여, 해석방법의 타당성을 검증하였다.

실험 및 분석결과에 의하면 저강도 콘크리트는 수분확산으로 인하여 주로 수축현상이 일어나고, 자기수축의 영향은 거의 없었다. 그렇지만 고강도 콘크리트는 자기수축에 의해서도 영향을 받았다. 그리고 콘크리트의 부등건조수축은 강도에 따라 큰 차이를 나타냈다. 또한 제시한 해석방법에 의한 해석결과는 실험 결과를 잘 예측하였다.

(접수일자: 1998.5.29)