

콘크리트의 함수량 측정에 관한 연구

A Study on the Measurement of Moisture Content in Concrete

정 상 진*

Jung, Sang Jin

요 약

콘크리트部材의 함수량기동을 調査하기 위해 기존연구로부터 含水測定法으로 電氣抵抗에 의한 電極法을 選定하였으며, 電極法으로 철근콘크리트 構造物의 含水量을 測定한 結果, 常溫下에서의 含水測定에는 實用性이 있음을 確認하였다. 이같은 電極法은 175℃ 高溫하에서도 使用可能하도록 校正曲線의 作成을 위한 密封法, 測定한 含水量의 精密度 등을 實驗으로 檢討한 結果, 高溫을 받는 乾式 콘크리트 部材의 含水量舉動이 電極法으로 測定될 수 있음을 알 수 있었다.

Abstract

To investigate the moisture content behavior in concrete members, the electrode method was selected for moisture content measure, based on the existing study. From experimental results of moisture content measure in RC structures using electrode method, it was confirmed that the electrode method could be practically used for concrete moisture content measure under normal temperature. Based on examination of sealing method and accuracy of measured moisture contents, relation curves were developed to extend use of electrode method at the high temperature, up to 175°C. It was shown that the moisture content behavior in mass concrete under a high temperature could be measured using electrode method.

Keywords : moisture content, electrode method, sealing, electric resistance, temperature, heating, concrete

* 정회원, 탐라대학교 건축공학과 조교수, 공박

• 본 논문에 대한 토의를 1993년 9월 30일까지 학회로 보내 주시면 1993년 12월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 序 論

콘크리트중의 含水量은 強度性狀이나 熱特性的 物性値에 커다란 영향⁽¹⁾을 주고 있고, 정상진 등의 연구^(2,3)에서도 175℃에서 장기간 가열한 $\phi 10 \times 20$ cm 콘크리트시편이 절건상태일 때, 압축강도는 약 30%, 정탄성계수는 약 50% 정도 저하된다고 지적하고 있다. 그러나 콘크리트중의 含水量을 測定하는 기술이 규격화되어 있지 않아 콘크리트 구조체에 있어서 含水量의 把握이 어려운 상황이며, 시편 크기의 수준에서 重量測定法으로 含水量을 把握하고 있는 실정이다. 한편 일반 구조물과 마찬가지로 원자료와 같이 高温下에 있는 콘크리트 구조물의 강도성상 및 열특성은 含水量에 큰 影響을 받는 것으로 알려져 있다. 그로 인하여 넓은 온도 범위에 있어서 실제 구조물의 함수량분포와 함수량 분포의 시간적 변화를 지속적으로 調査할 필요가 있다.

따라서 본 研究에서는 溫度履歷을 받은 매스콘 콘크리트의 함수량거동을 조사하기 위하여 기존연구^(4,5,6,7,8)에서 함수 측정법으로 전기 저항에 의한 전극법을 選定해서, 電極法으로 常溫으로부터 175℃의 온도(원자력용 콘크리트 격납용기가 사고시에 받는 제한 온도⁽⁹⁾) 범위에서 含水量의 測定 가능성을 檢討하는 것을 목적으로 하고 있다.

2. 실험개요

2.1 상온하에서 함수량 측정

본 실험에서는 상온하에 있는 콘크리트 구조물의 함수량을 전극법으로 장기간에 걸쳐 측정할 수 있는지의 여부를 검토한다.

2.1.1 실험기기 및 측정방법

전극법에서 감지기 역할하는 전극단자의 형상은 Fig.1에 나타내었다. 전극의 길이(L)은 測定値가 전극사이에 있는 空隙이나 골재의 影響을 고려하여 8cm로 하였다. 電極法에 의한 콘크리트 含水量의 測定은 다음과 같은 순서로 실시했다.

① 콘크리트에 매설한 電極端子에 Fig.2에서

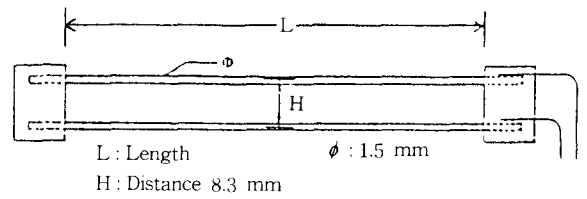


Fig. 1 Size and shape of electroed

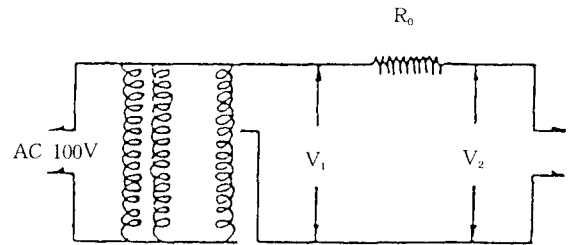


Fig. 2 Measuring circuit for electric resistance

보여주고 있는 회로로서 1차 전압: $V_1 (= 5V \text{ 一定})$ 을 준다.

- ② 2차전압: V_2 를 測定한다.
- ③ 式(1)로서 전극간의 抵抗値 R을 산출한다.
- ④ 인공적으로 건조시킨 콘크리트 함수량에 따른 저항치 R을 온도별로 측정해서 校正曲線을 求한다.
- ⑤ ③에서 구한 저항치 R를 ④에서 구한 저항치 R과 함수량관계의 校正곡선에 적용시켜 콘크리트의 함수량을 구한다.

본 실험에서는 Fig.2에서 보여주고 있는 측정회로를 내장하고, 기록이 자동으로 되는 장치를 사용하였고, 또한 함수량 측정부위의 온도는 자동으로 기록되는 장치를 이용하였다.

$$\text{抵抗値}(R) = R_0 \cdot V_2 \frac{1}{V_1 - V_2} \quad (1)$$

여기서,

R : 電極間 抵抗

R_0 : 既知抵抗 600(Ω)

V_1 : 1次 電壓(V)

V_2 : 2次 電壓(V)

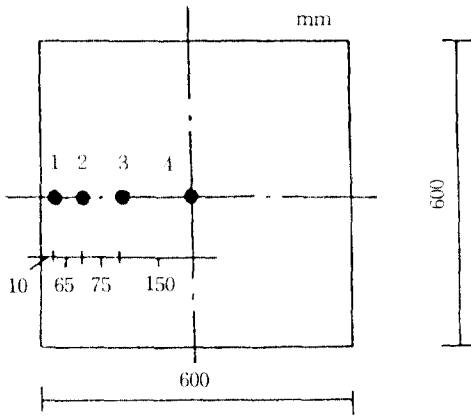


Fig. 3 Shape of column for the measuring moisture distribution

2.1.2 실측구조물

測定 대상으로한 구조물은 지하2층, 지상3층의 철근콘크리트 건물이며, 測定部位는 내부의 기둥으로 하였다. 기둥단면내의 함수분포가 측정될 수 있도록 전극단자는 Fig. 3과 같이 매설하고 측정은 약 1000일간 지속하였다. 함수량은 콘크리트체적중의 자유수의 비율(%/vol)로 표시하였다.

2.2 高温하에 있어서 含水量의 測定方法

본 실험에서는 電極法으로 高温 콘크리트 부재의 含水量 測定에 대한 가능성 여부를 다음과 같이 검토한다.

2.2.1 使用재료 및 배합

시멘트는 저발열용인 플라이애쉬 B종 시멘트를, 굵은 골재는 경질쇄석(비중 2.60, 흡수율 0.86%, 조립율 7.14)을, 산골재는 경질쇄석과 강모래의 혼합골재(비중 2.60, 흡수율 2.68%, 조립율 2.62)를 사용하였다. 혼화제는 나프탈렌계를 주성분으로 한 지연형 감수제 포졸리스 NO.8과 합성계면 활성제를 주성분으로 한 공기연행 조절용 NO.303A의 AE제를 사용하였다. 콘크리트 배합은 Table 1과 같다.

Table 1 Mix proportion of concrete

max. size of coarse agg. (mm)	slump (cm)	air (%)	W/C (%)	S/A (%)	water (kg/m ³)	cement (kg/m ³)	sand (kg/m ³)	gravel (kg/m ³)	chemical admixture (g)
25	12	3	55	43	164	298	777	1030	745

2.2.2 실험기기 및 실험방법

(1) 校正曲線 作成用의 시편 密封方法

Fig. 4에서와 같은 鋼製密封容器에 물을 넣고 175℃의 가열온도(물의 포화 수증기압 9.1kg/cm²)를 실험적으로 가했다. 그리고 密封容器的 密封성을 확인한 密封容器에 다시 전극과 熱電對線을 넣어 각 선으로부터의 물의 누수를 檢査했다. 마지막으로 前述한 密封容器와 密封方法으로 시편의 重量변화를 확인했다. 아울러 拘속재로서 콘크리트 시편의 均열방지 효과를 檢査했다.

(2) 抵抗値와 含水量과의 校正曲線 작성

電極端子를 매설한 콘크리트 시편 3개씩(입경 10mm이하의 자갈 사용, 공시체의 크기는 4×4×16 cm)의 含水量을 미리 5종류로 변화시켜서 前述한 (1)의 實驗결과에 의거한 密封方法으로 密封했다. 密封한 시편은 20℃의 간격으로 최고 175℃온도 범위까지 가열하며, 각 온도에 대한

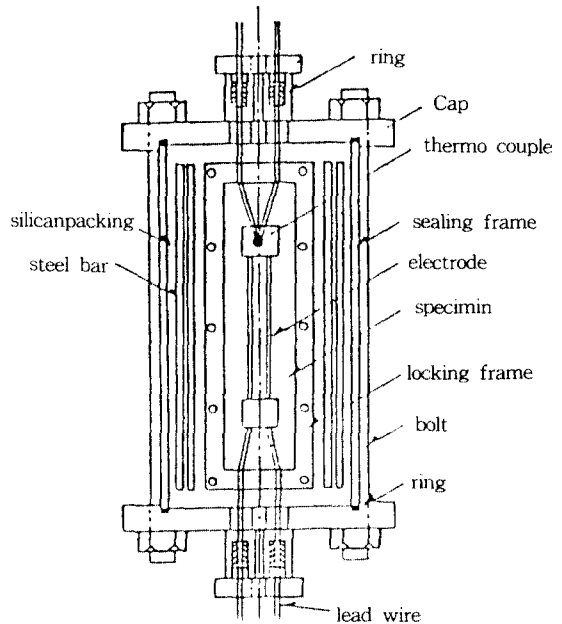


Fig. 4 Sealing method of specimen

電極端子간의 抵抗値를 測定해서 含水量과 온도의 關係를 求했다. 이와 같이 해서 校正曲線을 작성했다. 그리고 시편의 양생 재령은 28일과 56일로 하였다.

(3) 콘크리트 시편의 含水量 測定

콘크리트 시편(φ15×30cm)은 Fig.1의 電極端子를 Fig. 5와 같이 配設하여 6℃/h의 가열속도로 하여 175℃까지 온도를 상승시켜 가면서 시편 3개를 건조시켰다. 각 온도마다 校正曲線을 사용하여 시편의 平均含水量을 구하였다. 또한 電極端子를 配設하지 아니하고 같은 치수로서 동등한 배합으로 製作한 콘크리트 시편 3개는 前術한 溫度履歷을 주어 Fig. 6에서 표시하고 있는 load cell을 사용한 重量測定기(이하에서 自動重量測定器로 칭함)로 含水量을 구하였으며, 自動重量測定

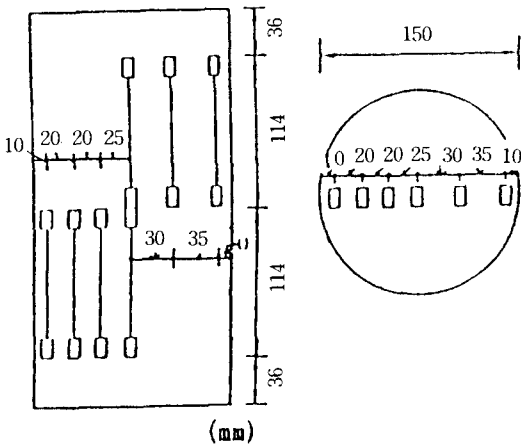


Fig. 5 Cylinder specimen for measuring moisture content

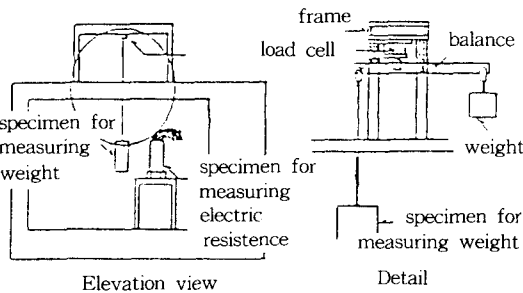


Fig. 6 Automatic weight tester and dry oven

器로 求한 含水量과 電極法으로 測定한 含水量을 상호 比較하였다. 그리고 수중 양생 56일에서 가열 건조시킨 시편은 다시 수중에 넣어 흡수시킨 후, 동등한 溫度履歷하에서 실시한 시편의 含水量을 檢討하였다.

3. 실험결과에 대한 고찰

3.1 철근콘크리트 구조물의 함수량 측정결과에 대한 검토

지하2층, 지하3층 철근콘크리트 건물의 내부기둥에 전극단자를 배설하여 전극법으로 함수분포를 측정된 결과는 Fig. 7에 나타난다. Fig. 7에서는 재령의 경과에 따라 측정개소에 관계없이 함수량이 크게 낮아져, 기둥표면으로부터 1cm되는 곳은 재령 1,000일에 약 5%/vol 정도를 보여주고 있다.

이와같이 실제 구조물의 함수량거동은 개략적으로 밖에 예측할 수 없었던 것을, 전극법에 의해 정량적으로 파악할 수 있었고, 구조물의 건조상태를 고찰할 수 있었다. 이것으로 구조물 내부의 건조상태에 따른 강도분포를 추정할 수 있는 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

3.2 고온하에 있어서 콘크리트 함수량 측정결과에 대한 검토

(1) 校正曲線 作成的의 시편 密封

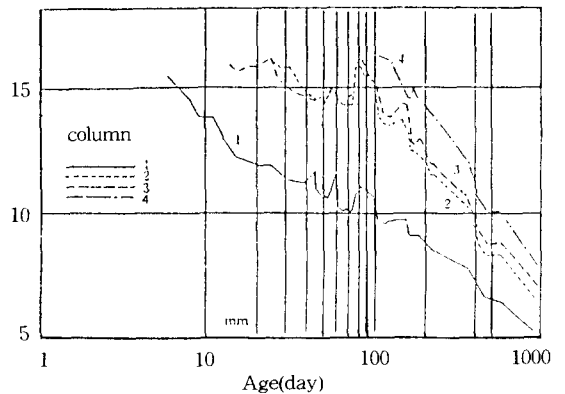


Fig. 7 Moisture content with ages

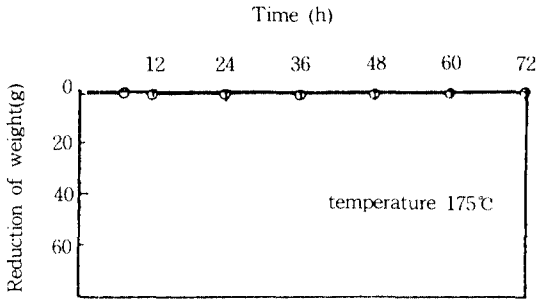


Fig. 8 Moisture content change on heating time

校正曲線 作成用の 콘크리트 시편은 Fig.4에서 나타내는 方法으로 密封하고, 175°C로 가열한 결과는 Fig.8과 같다. Fig.8에서 나타내는 바와 같이 물의 누수는 거의 없어 密封方法이 완벽한 것임을 알 수 있었다. 그리고 電極端子の 耐熱接着材와 콘크리트의 熱膨脹係數의 차로 발생하는 시편의 균열을 Fig.4에 나타내는 구속재(Locking Frame)로서 거의 방지할 수 있었다.

(2) 抵抗値에 미치는 양생재령의 影響

본 실험으로 작성한 校正曲線을 Fig.9와 10에 나타낸다. 양생재령 28일에 작성한 校正曲線과 56일에 작성한 校正曲線을 비교하면, 약간의 차이가 있음을 알 수가 있다. 이와 같은 것은 가열온도에 따른 시편의 저항치를 구하는 과정에서 생기는 것으로 재령 28일 시편이 재령 56일 시편보다 고온가열로 인해 수화가 촉진되어 시편속의 자유수가 감소하기 때문으로 해석할 수 있다.

(3) 電極法으로 測定한 含水量에 대한 精密度

重量法과 電極法으로 測定한 含水量과의 관계는 Fig.11에 나타내고 있다. Fig.11은 양생재령과 관계없이 0.95이상의 높은 상관계수를 보여주고 있으며, 전자법으로 측정된 含水量이 자동중량측정기로 측정된 含水量보다 높게 나타나고 있다. 양생재령 28일에 電極法으로 측정된 含水量은 중량측정기로 측정된 含水量에 비해 저함수량에서 1°/Vol, 고함수량으로 향할 수록 커져 최고 6°/Vol 정도 높게 나타난다. 또한 양생재령 56일에 電極法으로 측정된 含水量은 중량측정기로 측정된 含水量에 비해 저함수량에서는 대개 일치하다가 고함수량에서 최고 4.7°/Vol 정도 차이가 생긴다. 이상과 같은 것으로 양생재령이 경과함에 따라 測定精

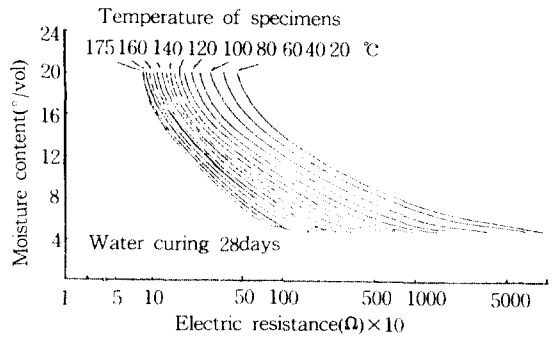


Fig. 9 Relation curves between resistance and moisture content

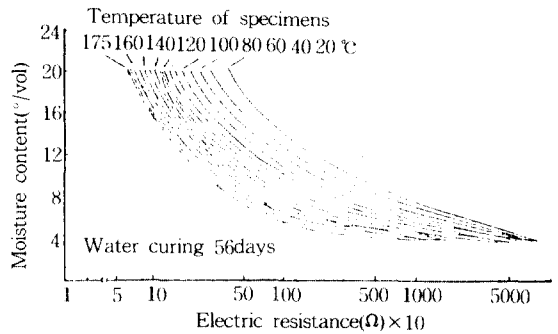


Fig. 10 Relation curves between resistance and moisture content

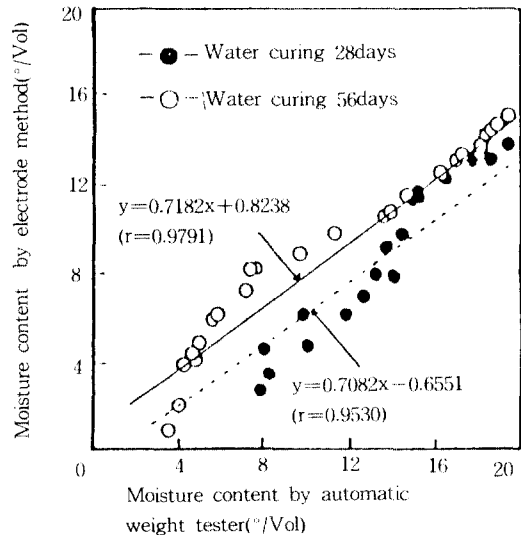


Fig. 11 Accuracy degree of moisture content by electrode method

密度가 향상됨을 알 수 있고, 이러한 원인은 콘크리트 水和의 影響이 校正曲線 작성에 크게 작용한 때문으로 해석할 수 있다.

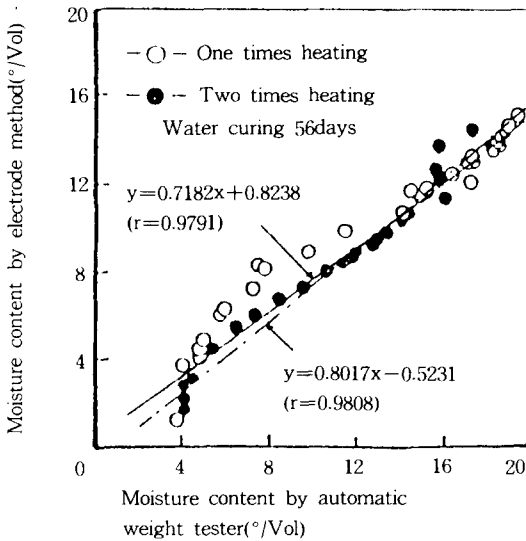


Fig. 12 Moisture content by repeating heating

한편 가열건조한 시편을 다시 흡수 시켜 전술한 방법으로 수량을 검토한 결과는 Fig.12에 나타난다. Fig.12에서 알 수 있듯이 1회가열과 2회가열에 따른 함수량 측정치가 거의 일치하고 있고 電極法으로 함수량을 測定하는데에도 실용성이 있음을 알 수 있다.

4. 結 論

본 연구를 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 상온하에 있는 구조물의 함수량분포는 전국 법을 사용해서 정량적으로 파악할 수 있다.
- (2) 抵抗値와 함수량과의 校正曲線은 고안하여 제작한 密封方法을 이용해서 작성할 수 있다.
- (3) 電極法에 의한 콘크리트 중의 함수량의 測定은 시편의 양생재령이 경과함에 따라 測定精密度가 向上된다.

본 實驗으로 常溫에서 175℃까지의 高溫하에

있어서 콘크리트 시편의 수량은 電極法으로 測定 가능함을 把握할 수 있었다. 금후 실제 가열 받는 구조물의 수량 변화를 장기적으로 把握하기 위해서는 電極法의 安定性을 檢討할 必要가 있다.

참 고 문 헌

1. Walter, H.P, "Factors influencing concrete strength," A.C.I. Journal, 1952.2.
2. 鄭尙鎮, 仕入豊和, 中根 淳, 長尾賞博; 加熱される 콘크리트部材의 諸物性に關する研究(その2 含水率と強度, 彈性係數との關係), 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1987.10.
3. 鄭尙鎮, 仕入豊和, 中根 淳, 長尾賞博; 加熱される 콘크리트部材의 諸物性に關する研究(その4 110℃, 175℃ 加熱後의 強度·彈性係數의 試驗結果), 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1988. 10.
4. Carl A. Menzel, "A Method for determining the moisture condition of hardened concrete in terms of relative humidity," ASTM, 55, 1955.
5. 宮野秋言, 宣野安正, "構造體内の溫度分布とその變動について," 第3報, 日本建築學會論文報告集, 76號, 1962.
6. 仕入豊和, 稚名國雄, 原田 有, "乾燥·濕潤にともなう 콘크리트의 内部濕度分布ならびに變形に關する研究," 日本建築學會學術講演梗概集, 1966. 10.
7. 長龍重義, "콘크리트, 特に鋪裝用 콘크리트의 乾燥收縮に關する研究," 東京大學土木工學科 博士學位論文, 昭和40年
8. 平賀友晃, 三浦勇雄, "發色紙による 콘크리트의 濕度나び含水測定方法に關する研究," セメント技術年報, 1984年
9. 日本建築學會; 原子力用 콘크리트 格納容器設計 指針案·同解説, 1978.

(접수일자 : 1993. 1. 20)