

콘크리트의 中性化

李 承 燦 (譯)

〈韓國洋灰工業協會 技術課代理〉

1. 서 론

현재까지도 철근 콘크리트의 내구성은 반영구적인 것으로 생각하고 있다. 실로 그의 수명은 매우 길다고 볼 수 있겠으나 철근 콘크리트의 내구성은 콘크리트 자체가 튼튼하면 철근이 녹슬 때까지도 충분히 보호된 상태에 있게 된다. 그러나 콘크리트는 시간이 지날수록 공기 중의 탄산가스를 흡수, 중성화하여 철근 보호의 역할을 해 내지 못하는 것으로 알려져 있다. 중성화는 콘크리트에 있어서 중요한 문제로서 이에 대해 수편의 조사 보고가 있으며 이에는 다음과 같은 사례가 있다.

고바야시의 우노¹⁾는 콘크리트 중의 알칼리 성분이 중성화에 미치는 영향에 관한 실험을 한 바 있다. 즉 R₂O의 함량이 각기 다른 5종류의 시멘트로 직경 5cm×10cm의 원주형 모르타르 시험체를 만들어 중성화 촉진 시험을 실시한 결과 시멘트 중에 알칼리 함량이 높을수록 중성화 속도가 빠르다는 것을 알게 되었으며 또한 중심에 직경 8mm의 구멍을 낸 시험체에 pH 7~13의 용액을 붓고 시험체의 중심에서 주변쪽으로 물을 계속하여 확산시킨 결과 공극 용액의 이동이 있을 때는 <그림-1>에서 보는 바와 같이 현저하게 중성화됨을 확인하였다.

田村²⁾은 중성화나 염분함량이 부식에 미치는 영향을 전기화학적으로 고찰하여 본 바 1.0%의 진한 염분농도에서도 중성화되지 않으면 부식속도는 시간이 지남에 따라 감소하며 부식속도는 분극저항의 역

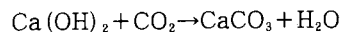
수에 거의 비례한다는 것 그리고 0.1% 이하의 염분 함량은 부식속도에 영향을 미치지 않는다는 것이 확인되었다.

본고에서는 중성화의 개요를 소개하고 콘크리트의 중성화 요인과 그 영향에 관해 최근의 해외연구 사례를 열거해 보고자 한다.

2. 중성화

1) 중성화란?

경화된 콘크리트에는 시멘트 수화생성물인 수산화칼슘 등이 있으므로 이는 강알칼리성(pH 12~13)을 나타내나 표면으로부터 공기 중의 탄산가스를 흡수하여 수산화칼슘은 서서히 탄산칼슘으로 변화한다.



이와 같이 알칼리성을 잃어 pH가 8.5~10 정도로 될 때의 현상을 중성화라 한다.

2) 중성화의 영향

중성화는 콘크리트의 표면으로부터 내부로 향하여 진행하며 콘크리트는 탄산가스를 흡수, 반응하여 중량이 약간 증가하게 된다. 중성화는 콘크리트 그 자체에서는 문제시되지 않으나 그것이 내부에 있는 철근에 영향을 미친다는 점이 문제다. 콘크리트의 pH가 10 정도만 되어도 철근에 녹이 발생하여 녹슨 철은 약 2.5배 정도로 체적이 팽창한다. 따라

서 그 녹이 퍼지지 않은 콘크리트에도 균열이 발생하며 철근과의 부착력 저하, 콘크리트 표면의 박리, 철근 단면적의 결손 등이 발생하여 철근 콘크리트에 중대한 손상을 입힘은 물론 그 내구성을 대단히 후퇴시키게 된다.

콘크리트의 중성화는 그것이 철근의 부식과 관계된 것도 중요한 문제이지만 철근 콘크리트 구조물의 내구성에 직접적인 영향을 미친다는 것 또한 중요한 문제가 되고 있는 것이다.

3. 최근의 연구사례

1) 중성화의 과정

중성화에 있어서 표면에서는 수산화칼슘 농도가 거의 없으나 이 농도는 어느 심도까지는 급격한 변화없이 서서히 변한다. 다음에 이를 측정 한 사례를 소개해 본다.

Parrott and Killoh³⁾는 재령 36년, 두께 225mm의 현장타설 콘크리트로부터 드릴로 깊이 5mm 간격의 시료를 채취하여 열중량 분석(TGA)을 시도하였

다. 그 결과 실내쪽의 시멘트 겔은 깊이 45mm까지 중성화되어 있었으나 깊이 25mm에서는 수산화칼슘이 존재하였으며 최대 65mm에서는 중성화 변화의 폭은 40mm인데 비해 실외쪽의 중성화 변화범위는 약 10mm 정도에 불과하였다.

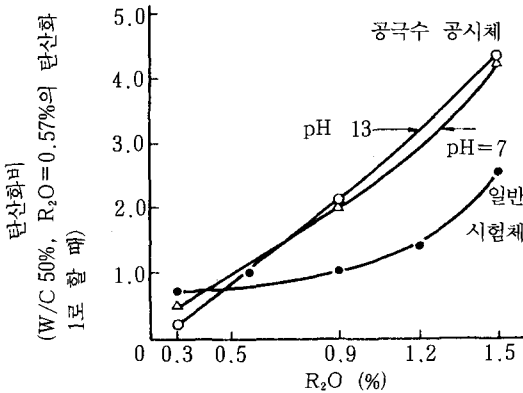
수산화칼슘이 존재하기 시작한 부분은 페놀프탈레인에 의한 중성화 측정결과와 일치하였다. 또한 중성화를 방지하기 위해서는 콘크리트의 보호와 보수가 중요한 것으로 강조하고 있다.

Reardon, James and Abouchar⁴⁾는 중성화 과정을 연구하기 위해 시멘트계 그라우트재에 고압 이산화탄소를 이용한 중성화 촉진시험을 실시하였다. 그 그라우트재의 배합은 <表-1>과 같다. 그라우트재는 수일동안 완전히 중성화하여 <그림-2>에서 보는 바와 같은 3단계 즉 ① 세공 중의 알칼리수에 이산화탄소의 신속한 진입 ② 수막에서 고상으로 이산화탄소의 완만한 확산 ③ 중성화로 방출된 물에 의한 세공의 폐쇄라는 연속과정으로 되어 있다. 이들 단계의 어느 것이든 중성화를 지연시킬 수가 있는데 예로서 중성화 반응이 일어나기 전에 극단적인 건조 상태에 둔다든가 중성화의 ① 단계인 이산화탄소가

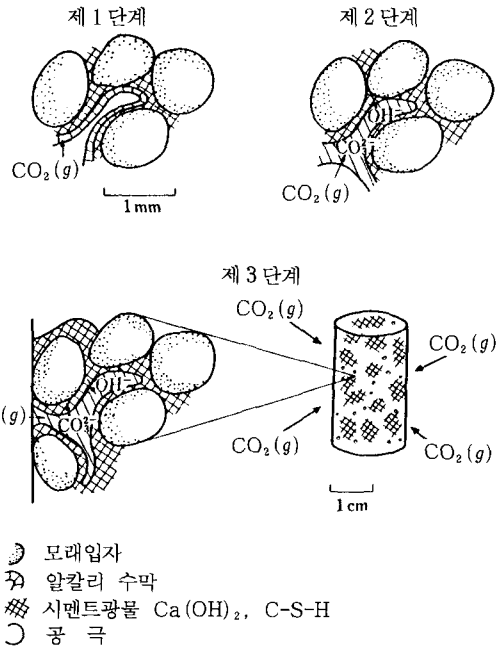
그라우트재의 배합

<表-1>

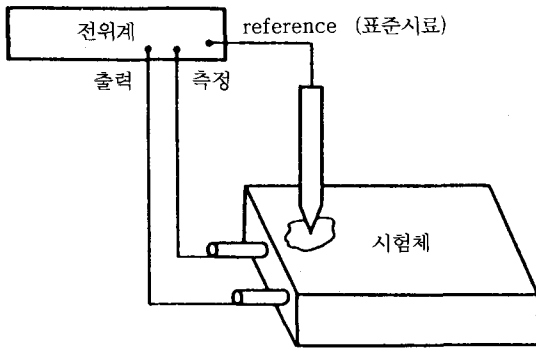
시멘트	8.8kg (보통 포틀랜드 시멘트)
모래	13.2kg (FM=2.75)
혼화제	132ml (멜라민 포름 알데히드)
물	3.52kg



<그림-1> R₂O와 탄산화비의 관계



<그림-2> 시멘트계 그라우트재의 중성화 과정



〈그림-3〉 전위측정 배치도

알칼리 세공용액으로 진입하는 것을 방해한다든가 하여 시험체의 중성화를 매우 서서히 진행시키는 것이 그것이다.

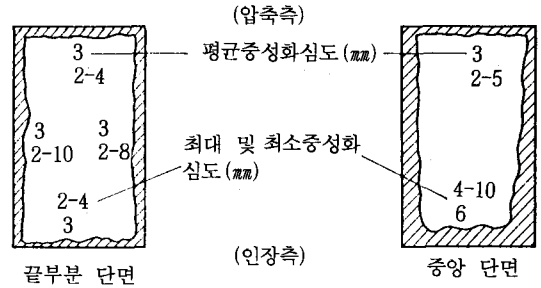
2) 중성화의 영향

중성화의 영향에 있어서 가장 중요한 것은 철근의 부식이다. Alonso, Andrade and Gonzalez⁵⁾는 콘크리트 중에 타설된 철근의 부식률과 전기저항의 관계를 연구한 바 있다.

보통 포틀랜드 시멘트, 내황산염 포틀랜드 시멘트, 슬래그 시멘트, 포졸란 시멘트, 플라이 애쉬 시멘트, 보통 포틀랜드 시멘트 + 30% 플라이 애쉬 등 6종류의 시멘트를 사용하여 W/C 0.5, 시멘트 : 모래 = 1 : 3으로 한 치수 2×5.5×8cm의 모르타르 시험체를 제작하여 중성화를 촉진시킨 후 모르타르의 전기저항(편극 전기저항)을 측정하였다. 그 측정방법은 〈그림-3〉에서 보는 바와 같다.

그 결과 철근의 부식과 전기저항간에는 그 어느 시멘트에 대해서도 뚜렷한 상관관계가 있음이 확인되었다. 이 실험에서는 전기저항이 $5 \times 10^4 \Omega$ 이하에서는 부식의 진행이 빠르며 $1 \times 10^5 \Omega$ 이상의 저항이 주어지면 부식이 거의 진행하지 않는 등 중성화된 콘크리트 중의 철근의 부식속도는 콘크리트의 전기저항으로부터 큰 영향을 받는다. 또한 이 실험에서도 흔히 알고 있는 바와 같이 전기저항이 적은 산소의 공급이 충분한 시험편을 물에 반쯤 침지시킨 상태의 철근이 가장 부식되기 쉬운 것으로 나타났다.

철근의 발청에 대해서는 콘크리트의 중성화뿐만



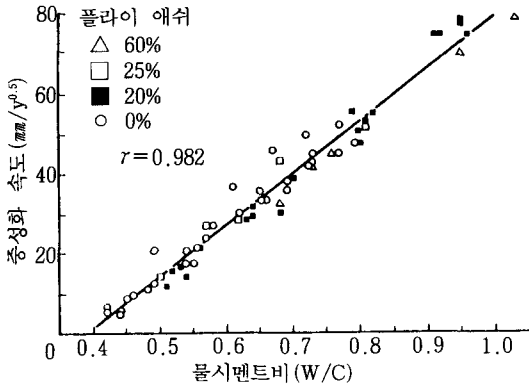
〈그림-4〉 빔의 중앙 및 끝부분 단면의 중성화부분 (40주 실험 후)

아니라 염화물로부터도 큰 영향을 받고 있다. 염화물의 침투와 중성화의 관계에 대해서는 Kayyali and Haque⁶⁾이 세공용액 중의 염소이온 농도에 미치는 중성화의 영향을 검토기 위해 다음과 같은 실험을 수행하였다.

플라이 애쉬 혼합 모르타르와 혼합치 않은 모르타르를 사용하여 결합재에 대해 1%의 염소이온을 첨가하여 양생기간, 온도, 온도의 변화에 따른 중성화의 촉진, 세공용액 중의 염소이온 농도 등을 측정하여 중성화의 영향을 검토한 결과 중성화가 진행됨에 따라 보통 모르타르나 플라이 애쉬 혼합 모르타르 모두 세공용액중의 염소이온이 증대하였으며 타설 후 양생기간을 길게 하면 보통 모르타르는 염화물의 고정을 촉진시키게 되나 플라이 애쉬 모르타르에서는 세공용액 중의 염화물의 유리가 대폭 증대하게 됨을 밝히고 있다.

또한 Francois and Maso⁷⁾는 균열된 RC 구조물에서의 중성화나 염화물의 침투에 대하여 다음과 같은 실험을 한 바 있다.

길이 3m의 RC 빔 시험체를 재하 상태하에 그리고 염화물 분위기하에 두고 중성화 심도 및 염화물량을 측정된 결과 중성화와 염화물의 침투심도는 서로 밀접한 관계가 있으며 중성화나 염화물 등의 공격적인 이온에 의한 영향은 압축측보다 인장측에서 크며 인장측에서는 중성화가 골재의 표면을 따라 진행된다는 것을 밝히고 있다. 이 시험체의 단면을 〈그림-4〉에 나타냈다. 또한 염화물 이온은 0.5mm 이하의 작은 균열까지도 철근쪽으로 침투하기 위해 균열 주위에까지 미세한 줄모양으로 진행된다고 하였다.



〈그림-5〉 중성화 속도와 W/C의 관계

3) 중성화에 영향을 미치는 요인

배합에 있어서 중성화에 영향을 미치는 요인으로서 시멘트의 종류, 골재의 종류, W/C 등이 있다.

일반적으로 조강 포틀랜드 시멘트를 사용했을 때 가장 중성화가 낮고 보통 포틀랜드 시멘트는 그보다 약간 빠르며 혼합 시멘트를 사용하면 수산화칼슘의 함량이 적을수록 중성화 속도가 빠른 것으로 알려져 있다. 또한 철근의 부식방지를 위한 표면의 콘크리트는 대개 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하여 W/C를 되도록 적게 하고 조밀한 콘크리트를 타설하는 것이 좋다. 그러나 플라이 애쉬 시멘트에 대해서는 다음과 같은 보고가 있다.

Ho and Lewis⁸⁾는 콘크리트의 품질은 표준재령 28일의 압축강도뿐만 아니라 투수성이나 중성화까지도 관리하여야 한다고 보고 폭넓게 배합조건을 달리한 실험을 시도하였다. 즉 플라이 애쉬 혼합비, W/C를 각각 달리한 60가지의 배합에 대해 시험한 결과 중성화 속도와 W/C는 시멘트의 종류에 관계 없이 뚜렷한 상관관계가 있는 것이 확인되었다. W/C와 중성화 속도의 관계를 〈그림-5〉에 나타냈다. 또한 콘크리트용 감수제는 본래 경제적인 목적에서 사용되고 있으나 내구성면에서도 유리한 것으로 확인되고 있다.

4. 결 론

콘크리트의 중성화는 RC 구조물의 내구성에 직

접 영향을 미치는 중요한 문제이다. 이에 중성화에 관한 최근의 연구사례의 일부를 소개하여 보았으나 중성화에 미치는 요인은 대단히 많으며 그 복합적인 영향에 대해서 충분한 연구가 이루어져 있다고 보기는 어려우므로 앞으로도 폭넓은 연구가 요망된다.

〈参 考 文 献〉

- 1) Kobayashi, K. and Uno, Y.: Influence of Alkali on Carbonation of Concrete, Part I. Preliminary Tests with Mortar Specimens, Cement and Concrete Research, Vol. 19, pp. 821~826, 1989.
- 2) 田村 博: 콘크리트中鋼材의腐食舉動に及ぼす中性化, 鹽分含有量の影響・その電氣化學的考察, 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp. 115~116, 昭 60.
- 3) Parrott, L. J. and Killoh, D. C.: Carbonation in a 36 Year Old, In-situ Concrete, Cement and Concrete Research, Vol. 19, pp. 649~656, 1989
- 4) Reardon, E. J., James, B. R. and Abouchar, J.: High Pressure Carbonation of Cementitious Grout, Cement and Concrete Research, Vol. 19, pp. 385~399, 1989
- 5) Alonso, C., Andrade, C. and Gonzalez, J. A.: Relation Between Resistivity and Corrosion Rate of Reinforcements in Carbonated Mortar Made with Several Cement Types, Cement and Concrete Research, Vol. 8, pp. 687~698, 1988
- 6) Kayyali, O. A. and Haque, M. N.: Effect of Carbonation on the Chloride Concentration in Pore Solution of Mortars With and Without Flyash, Cement and Concrete Research, Vol. 18, pp. 636~648, 1988
- 7) Francois, R. and Maso, J. C.: Effect of Damage in Reinforced Concrete on Carbonation or Chloride Penetration, Cement and Concrete Research, Vol. 8, pp. 961~970, 1988
- 8) Ho, D. W. S. and Lewis, R. K.: The Specification of Concrete for Reinforcement Protection—Performance Criteria and Compliance by Strength, Cement and Concrete Research, Vol. 18, pp. 584~594, 1988 ▲

〈資料: 콘크리트工學 Vol. 29, No. 9, 1991〉