

콘크리트의 탄산화가 반발도에 미치는 영향에 관한 연구

A Study on the Effect of Carbonation on the Rebound Numbers

유 성 현^{*} 전 명 훈^{**} 윤 상 천^{***} 지 남 용^{****}
Yu, Sung Hyun Jun, Myoung Hoon Yoon, Sang Chun Jee, Nam Yong

ABSTRACT

The compressive strength of concrete is one of the most important properties in concrete structures. There are, two methods for the testing of concrete compressive strength in structure ; coring and nondestructive testing. The latter is more often used than the former in a view of time and expenses. The Nondestructive test methods used nowadays include Rebound Hammer test and Ultrasonic Pulse Velocity test. Carbonation through aging makes changes of the interior structure and the properties of concrete. It is well-known fact that the surface hardness of concrete is increased by its carbonation. This fact makes it difficult in estimating the compressive strength of concrete using Rebound Hammer test.

This study aimed to quantitatively analyze the effects of carbonation on results of the Rebound Hammer test.

1. 서론

구조물 안전진단 등에서 구조체 콘크리트의 압축강도는 매우 중요한 요소이며, 이것의 추정을 위해서 비파괴시험이 많이 사용된다. 구조체 콘크리트의 강도를 추정하기 위한 비파괴시험법에는 여러가지 방법이 있으나, 경제성과 간편성 등에서 반발도법이 가장 많이 사용되고 있다.

콘크리트는 재령의 경과에 따라 대기중의 이산화탄소 등과 반응하여 탄산화가 진행된다. 콘크리트는 탄산화에 의해 내부의 조직이 변화하며 이러한 변화에 따라 콘크리트의 강도, 밀도 등의 물리적 특성이 변화한다. 따라서 반발도법으로 장기재령 구조물의 콘크리트 압축강도를 추정하는 경우 중성화된 부분을 제거한 후 실시하도록 되어 있지만¹⁾, 구조물 표면의 손상과 작업의 어려움 등으로 인하여 잘 지켜지지 않는 실정이다.

본 연구는 콘크리트의 탄산화 정도가 반발도에 미치는 영향을 정량화하여 탄산화가 진행된 콘크리트의 압축강도를 추정하기 위하여 반발도법을 이용하는 경우 중성화층을 제거하지 않고 측정하는 보다 간편한 방법의 제시를 목적으로 하는 연구의 일환으로 현재까지 얻어진 결과를 대상으로 탄산화의 진행에 따른 압축강도, 반발도, 중량 등의 변화를 파악하고자 한다.

* 정회원, 한양대학교 대학원 건축공학과 석사과정

** 정회원, 대한주택공사 주택연구소 연구원

*** 정회원, 대한주택공사 주택연구소 선임연구원

**** 정회원, 한양대학교 건축공학부 교수

2. 실험

2.1 실험개요

본 실험의 실험인자 및 수준은 표 1과 같다. 콘크리트강도는 저장도, 보통강도, 고강도 영역으로 나누었고, 공시체는 곡면을 측정할 경우 반발도의 변화가 발생한다는 기존의 연구결과²⁾를 참고하여, 반발도 및 탄산화 깊이의 측정을 위한 입방체형공시체(20×20×20cm)와 중량의 변화 및 압축강도 측정을 위한 원주공시체(∅10cm×20cm)의 두가지로 제작하였다. 제작된 공시체는 표준양생과 기건양생을 거친 후 동일한 온·습도조건을 갖는 탄산화챔버와 일반 항온항습챔버에 각각 나누어 저장하였다. 탄산화 촉진챔버의 온·습도와 CO₂농도는 기존의 연구를 참고하여, 목표 탄산화깊이와 실험기간 등을 고려하여 결정하였다. 여기에서 목표 탄산화깊이는 반발도에 영향을 미치는 부위가 콘크리트 표면으로부터 최대 30mm정도라는 기존의 연구³⁾에 근거하여 결정하였으며, 측정재령은 탄산화 촉진시 초기에 탄산화가 급격히 증가한다는 중성화속도에 관한 기존연구⁴⁾를 참고하여 결정하였다.

표 1 실험인자 및 수준

인자	수준	수준의 수
배합강도	180kg/cm ² , 240kg/cm ² , 300kg/cm ² , 400kg/cm ²	4
측정재령	7일, 14일, 28일, 56일	4
챔버 조건	온도 30°C ± 1°C, 습도 40% ± 5%, ◎ CO ₂ 농도 20% ± 0.5% (촉진탄산화챔버) ◎ CO ₂ 농도 0% (일반 항온항습챔버)	2

2.2 사용재료

본 실험에 사용된 시멘트는 KS L 5201(포틀랜드 시멘트)에 규정된 비중 3.15의 S사제 보통 포틀랜드 시멘트로 화학조성과 물리적 특성은 표 2, 표 3과 같다. 골재는 바다모래와 화강암계 부순돌을 사용하였다. 표 4는 골재의 물리적 특성을 나타내고 있다. 콘크리트 배합표는 표 5와 같다.

표 2 시멘트 화학조성 분석

SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Ig-loss (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	C ₃ S (%)	C ₂ S (%)	C ₃ A (%)	C ₄ AF (%)
21.78	3.03	62.06	2.68	2.13	6.04	1.28	0.88	0.07	36	35	11	9

표 3 시멘트 물리적 특성

비중	분말도 (cm ² /g)	응결시간(h-m)		안정도	압축강도(kgf/cm ²)		
		초결	종결		3일	7일	28일
3.15	3,453	3h-40min	6h-21min	0.09	234	304	401

표 4 골재의 물리적 특성

골재	비중	흡수율 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)	실적율 (%)	최대치수 (mm)	조립율
잔골재	2.56	1.05	1,730	67.58	5	2.93
굵은골재	2.59	0.79	1,510	58.30	19	6.79

표 5 배합표

배합강도 (kgf/cm ²)	Slump (cm)	W/C	S/a (%)	시멘트 (kg/m ³)	물 (kg/m ³)	잔골재 (kg/m ³)	굵은골재 (kg/m ³)
180	15	0.70	54	247	174	973	839
240	15	0.58	52	297	174	916	855
300	15	0.49	50	358	174	855	865
400	15	0.39	46.6	451	174	761	882

2.3 측정항목 및 방법

1) 압축강도

압축강도의 측정은 용량 200tonf의 만능시험기를 이용, KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)에 따라 측정하였다.

2) 반발도

반발도는 PROSEQ사의 N형 슈미트햄머(Schmidt Hammer)를 사용하였고, 시험에 앞서 테스트엔빌(Test Anvil)로 보정한 후 측정하였다. 공시체는 타격시 흔들림 등에 의한 영향을 방지하기 위해 25kgf/cm^2 (10tonf)의 지압력으로 고정하였으며, 타격 방향은 수평으로 하였다. 타격위치는 그림 1의 a와 같이 모서리에서 5.5cm이상 이격되고 표면에 곰보나 골재가 없어 양호한 값을 얻을 수 있다고 판단되는 곳으로 각 측정점 사이의 거리를 2.5cm이상으로 하였다. 반발도는 1면당 20회씩 측정하여 얻은 4면의 측정값 80개를 평균한 값으로 하였다.

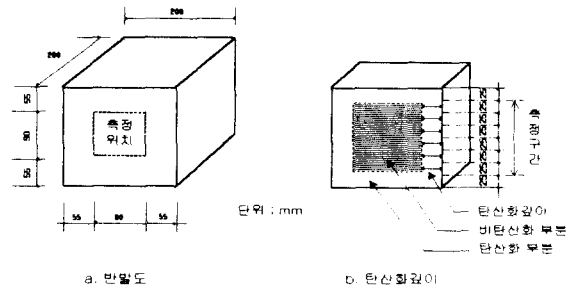


그림 1 반발도와 탄산화깊이 측정방법

3) 탄산화깊이

탄산화 깊이는 반발도의 측정이 끝난 공시체의 중앙을 중앙점 하중법에 의해 활열한 후 측정하였다. 활열한 공시체는 탄산화 경계면을 뚜렷하게 하기 위해 활열면의 먼지를 완전히 제거하고, JIS K 8006의 규정에 따라 만든 페놀프탈레인 용액을 분무한 후 측정하였다. 측정방법은 그림 1의 b와 같이 공시체의 한변을 2.5cm씩 8등분으로 나누어 양 끝쪽 부분을 제외한 6점에서 변색되지 않은 탄산화 영역의 깊이를 측정하였으며, 좌·우 두 면에서 측정한 12개의 평균값을 탄산화깊이로 하였다.

4) 중량변화율

중량변화율은 원주공시체를 이용하여 측정하였으며, 각각의 챔버에 투입하기전 측정된 중량과 측정일에 챔버에서 꺼낸 후의 중량을 측정하여 투입전 중량을 기준으로 하여 측정일에 구한 중량을 나누어 중량변화율을 구하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 축진재령에 따른 탄산화깊이

축진재령에 따른 탄산화깊이는 그림 2와 같으며, 콘크리트 압축강도가 높을수록 탄산화 깊이가 작은 것으로 나타나 기존 연구결과와 동일하다는 것을 알 수 있었다.

3.2 탄산화에 따른 압축강도 및 중량변화

그림 3은 축진재령과 압축강도와의 관계를 나타낸 것으로 탄산화에 의해 압축강도가 증가하는 것을 알 수 있다. 그림 4는 축진 재령에 따른 중량의 변화를 나타낸 것으로 탄산화시킨 공시체는 중량이 증가하였지만, 항온항습조에서 보관한 공시체는 감소하는 것으로 나타났다. 탄산화시킨 공시체의 중량증가는 식 (1.1)과 같이 탄산화반응에 의해 결합한 CO_2 의 중량증가분으로 사료되며, 항온항습챔버에 보관한 공시체의 중량감소는 챔버의

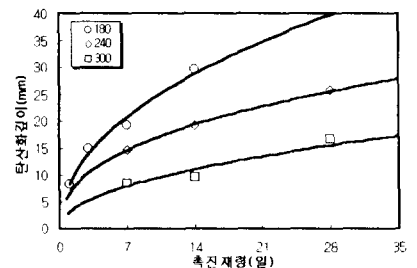
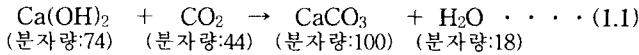


그림 2 축진재령에 따른 탄산화깊이

상대습도가 40%로 비교적 건조한 상태이기 때문에 콘크리트 내부의 수분증발에 의한 것으로 판단된다.



3.3 탄산화에 따른 콘크리트의 반발도와 압축강도

그림 5는 압축강도와 반발도의 관계를 탄산화 촉진 여부에 따라 구분하여 나타낸 것으로, 동일한 압축강도에서의 반발도를 비교하면 탄산화된 콘크리트가 높은 값을 나타내고 있으므로 탄산화에 의하여 콘크리트의 반발도가 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 탄산화된 콘크리트의 압축강도와 반발도의 상관관계도 탄산화되지 않은 콘크리트와 동일한 정도로 나타나는 것을 알 수 있어 탄산화된 콘크리트 표면의 반발도 측정으로 콘크리트의 압축강도 추정이 가능하다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본고는 현재 진행중인 연구의 중간결과를 고찰한 것으로 향후 탄산화 정도에 따른 반발도 변화의 정량적인 분석을 실시할 예정이다. 지금까지의 실험결과를 종합하면

- 1) 콘크리트는 탄산화에 의하여 반발도, 압축강도 및 중량이 증가한다는 사실을 확인할 수 있다
- 2) 탄산화된 콘크리트에서도 반발도와 압축강도 사이에 상관관계가 있다는 점에서 탄산화된 콘크리트 표면의 반발도 측정으로 콘크리트의 압축강도 추정이 가능하다는 것을 알 수 있었다.

□ 본 연구는 한양대학교 부설 초대형구조시스템연구센터의 연구비 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

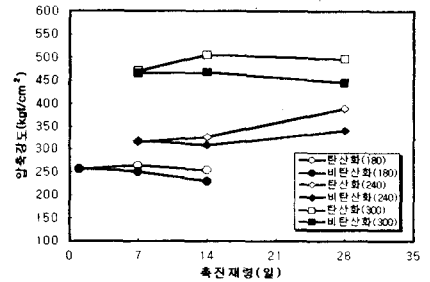


그림 3 탄산화에 따른 압축강도변화

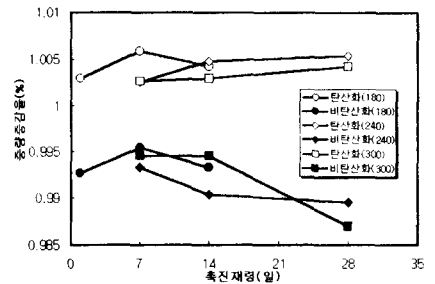


그림 4 탄산화에 따른 중량변화

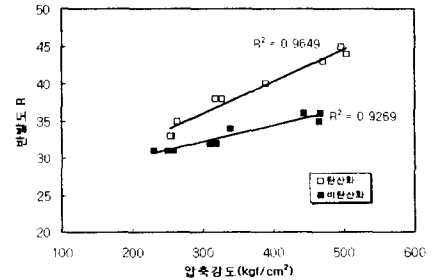


그림 5 콘크리트 반발도와 압축강도

참고문헌

- 1) ASTM C 805-94, "Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete"
- 2) 日本建築學會, "コンクリート強度推定のための非破壊試験方法マニュアル, 日本建築學會", 丸善, 東京, 1983, pp.16
- 3) J. H. Bungey & S. G. Millad, "Testing of Concrete in Structures", Blackie Academic & Professional, 1996, pp.36
- 4) 日本コンクリート工學協會 炭酸化研究委員會, "炭酸化を受けたコンクリート構造物の判定マニュアル", 日本コンクリート工學協會, 1993, pp.1~58
- 5) Malhotra, V.M. and Carino, N.J, "CRC Handbook on Nondestructive Testing of Concrete, CRC Press", 1991, pp.1~316
- 6) 지남용, 윤상천, 이리형, "장기재령 건축물을 대상으로 한 콘크리트 품질 및 내구성에 관한 조사연구", 대한건축학회논문집, 1996.5, pp.223~230