

# 재생골재 콘크리트 실구조물의 비파괴 시험에 의한 압축강도 추정에 관한 실험적 연구

## Experimental Study on Assumption of Compressive Strength of Recycled Aggregate Concrete by Nondestructive Test to Practical Building

송 영 찬\*      심 중 우\*      전 명 훈\*\*      이 세 현\*\*\*      이 도 현\*\*\*\*  
Song, Young Chan   Shim, Jong Woo   Jun, Myoung Hoon   Lee, Sea Hyun   Lee, Do Heun

### ABSTRACT

As the ministry of construction and transportation established quality standards for recycled aggregate in August, 2005, the consumption of recycled aggregates is expected to be increased in construction fields in the future. Thus the relations between compressive strength of general concretes and that of recycled aggregate concretes which are applied to actual structures are attempted to investigate through non-destruction testing method. Presently Schmitt-Hammer test method is that concrete compressive strength is predicted by measuring surface hardness of concretes, and is well known as the most convenient and simply operated method among many non-destruction testing methods.

In this study, cylinder specimen and mock-up were constructed using recycled aggregate concretes made by the first class recycled coarse aggregates and recycled fine aggregates specified in KS F 2573 (recycled aggregate for concrete), and compressive strength of hardened concrete of middle ages was evaluated.

### 1. 서론

지난 2005년 8월 건설교통부의 순환골재 품질기준이 마련됨에 따라 앞으로 건설공사에서의 순환골재 사용량이 증가할 것으로 예상된다. 이에 실구조물에 적용된 재생골재 콘크리트의 압축강도를 추정하기 위하여 비파괴시험방법을 통하여 기존의 일반 콘크리트 압축강도 추정식과의 상관관계를 규명하고자 하였다. 현재 콘크리트 압축강도의 추정을 위한 비파괴시험방법 중 슈미트해머시험법은 콘크리트의 표면경도를 측정하여 이를 가지고 콘크리트의 압축강도를 추정하는 방법으로서 사용의 편리성과 간단한 조작법 등의 장점으로 인하여 가장 널리 이용되고 있다.

이에 본 연구에서는 KS F 2573(콘크리트용 재생골재)에서 규정하는 1종 재생 굵은골재 및 재생 잔골재를 사용하여 제조한 재생골재 콘크리트를 이용하여 원주 공시체 및 Mock-up을 제작하고 경화 콘크리트의 장기재령의 압축강도 평가를 수행하였다.

\* 정회원, 한국건설기술연구원 건축연구부 연구원

\*\* 정회원, 대한주택공사 주택도시연구원 책임연구원

\*\*\* 정회원, 한국건설기술연구원 건축연구부 수석연구원

\*\*\*\* 정회원, 대한주택공사 주택도시연구원 연구위원

## 2. 실험

### 2.1 실험계획

본 연구는 실구조물에 적용한 재생골재 콘크리트의 압축강도를 추정하기 위하여 표1과 같이 실제 현장에서 사용되는 레디믹스트콘크리트를 기준으로 천연골재 대신 재생골재만 치환한 8개 배합을 대상으로 Mock-up과 실험실용 시험체를 제조하여 각 배합에 대한 압축강도를 측정하였다.

표 1. 콘크리트의 배합표(기준)

| 설계기준 강도<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 골재<br>최대치수(mm) | 슬럼프<br>(cm) | W/C<br>(%) | S/A<br>(%) | 단위재료량(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |      |
|---------------------------------|----------------|-------------|------------|------------|---------------------------|-----|-----|-----|------|
|                                 |                |             |            |            | W                         | C   | S   | G   | AD   |
| 24                              | 25             | 15          | 47.2       | 48.9       | 166                       | 352 | 872 | 923 | 2.64 |

### 2.2 사용재료

#### (1) 재생골재

본 연구에 사용된 재생골재는 KS F 2573(콘크리트용 재생골재)의 1종 굵은골재 및 잔골재의 품질기준을 만족하는 것을 사용하였으며 품질시험결과는 표2와 같다.

표 2. 재생골재의 품질 및 KS F 2573의 요구품질

| 구 분                    | 천연<br>굵은골재 | 재생<br>굵은골재 | 천연<br>잔골재 | 재생<br>잔골재 | KS F 2573(콘크리트용 재생골재) |      |      |       |       |
|------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------------------|------|------|-------|-------|
|                        |            |            |           |           | 굵은골재                  |      |      | 잔골재   |       |
|                        |            |            |           |           | 1종                    | 2종   | 3종   | 1종    | 2종    |
| 밀도(g/cm <sup>3</sup> ) | 2.64       | 2.61       | 2.67      | 2.45      | 2.2이상                 |      |      | 2.2이상 |       |
| 흡수율(%)                 | 1.13       | 1.14       | 0.9       | 4.9       | 3%이하                  | 5%이하 | 7%이하 | 5%이하  | 10%이하 |
| 마모감량(%)                | 214.1      | 24.6       | -         | -         | 40 이하                 |      |      | -     |       |
| 입자모양판정실적률(%)           | 60.8       | 59.0       | 70.3      | 58.0      | 55 이상                 |      |      | 53 이상 |       |
| 0.08mm체 통과량(%)         | -          | 0.2        | -         | 0.4       | 1.5 이하                |      |      | 5 이하  |       |

#### (2) 레디믹스트콘크리트

재생골재콘크리트 제조시, 원칙적으로 레미콘사에서 보유하고 있는 배합을 그대로 활용하는 것으로 하되 그 간 수행되었던 관련 연구결과 및 문헌등을 참고하여 다음과 같이 레디믹스트콘크리트 제조기준을 제시하고 H 레미콘사에 재생골재콘크리트의 제조를 의뢰하였다.

### 2.3 실험방법

#### (1) 실험체 제작

Mock-up을 제작하는 것을 실험실에서 공시체를 제작하는 것과는 달리 실구조물에서 발생할 수 있

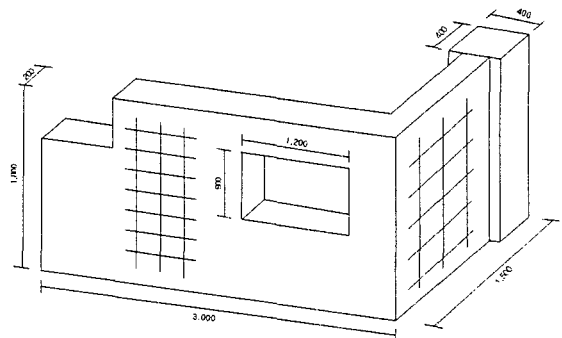


그림 1 Mock-up 시험체의 형상

는 여러 인자가 동일하게 적용된 상태에서 콘크리트의 물리적 특성을 파악하기 위한 것이다. 본 연구에서는 건물을 구성하고 있는 기둥 및 벽, 개구부 등의 형태를 복합적으로 반영한 Mock-up 시험체를 그림 1과 같이 디자인하였다.

(2) 실험항목

실구조물에 적용된 재생골재 콘크리트의 비파괴검사를 통한 압축강도 추정을 위하여 경화 콘크리트에 대하여 원주 공시체의 재령 12개월의 압축강도를 측정하였고, Mock-up 구조물에 대해서도 12개월에 슈미트해머를 이용한 반발도 시험과 코어를 채취하여 실제 강도를 측정하였다. 그림 2는 반발경도 측정 위치 설정 및 측정과 실구조물에서 코어를 채취하는 모습을 나타내었다.



그림 2. 반발경도 측정 및 코어채취

3. 실험결과 및 분석

3.1 경화 재생골재 콘크리트

경화 재생골재 콘크리트의 압축강도 측정결과는 표3과 같다. 코어의 압축강도 결과와 원주 공시체의 압축강도 결과는 일치하는 것이 원칙이나, 구조체 콘크리트의 강도와 공시체 콘크리트 강도는 타설시의 영향, 다짐 및 양생조건 등의 차이로 편차가 발생하게 되며, 본 실험에서 원주공시체의 압축강도를 독립 변수로 하고, 코어 압축강도를 종속변수로 하여 상관관계를 분석한 결과 그림3과 같이 선형비례관계로 나타났으며, 회귀분석결과 결정계수( $R^2$ )가 0.6588로 나타나 비교적 유의한 것으로 판단되었다.

표 3. 재생골재 콘크리트의 압축강도 특성

| 시험체 부호 | 압축강도(MPa) |      |
|--------|-----------|------|
|        | 재령 12개월   |      |
|        | 원주공시체     | 코어   |
| Plain  | 33.5      | 31.8 |
| C30    | 31.8      | 35.4 |
| C60    | 30.6      | 33.3 |
| CF30   | 35.0      | 32.6 |
| C100   | 34.1      | 33.0 |
| F30    | 29.0      | 27.1 |
| F60    | 27.7      | 25.4 |
| F100   | 27.0      | 24.0 |

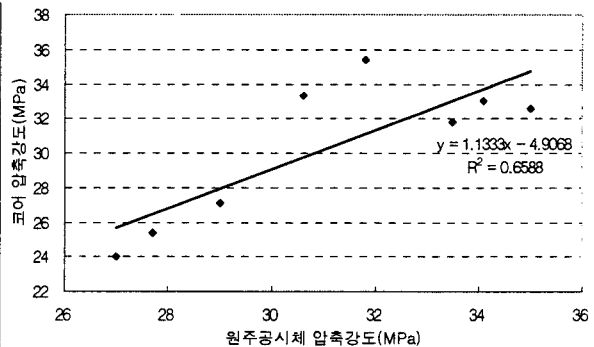


그림 3. 코어 및 원주공시체의 압축강도 상관관계

\* C : 재생굵은골재 치환율, F : 재생잔골재 치환율, CF : 재생굵은골재 및 잔골재 치환율

또한 Mock-up에 적용한 재생골재 콘크리트의 측정위치에 따른 반발경도는 표4와 같으며, 측정된 결

과로부터 측정위치에 따른 반발경도의 차이를 알아보기 위하여 상하부의 차이를 구한 결과를 나타내었다. 여기에서 상하부의 차이는 동일한 구조물이라 하더라도 구조물 하부의 콘크리트 강도가 상부의 강도보다 크다는 기존의 연구결과들을 참조하여 하부의 측정값에서 상부의 측정값을 제한 값으로 나타내었다. 시험체 하부에서 측정한 반발경도와 상부에서 측정한 반발경도의 차이를 조사한 결과, 대부분의 시험체에서 기존의 보고와 동일하게 하부의 반발경도가 높게 나타났다. 측정위치에 따른 반발경도의 차이는 0.2~2.9의 범위로 나타났으며, 재생골재의 치환율이 증가함에 따라 유동성의 저하로 상하부의 차이가 작게 나타나는 것으로 판단된다. 반발도( $R_N$ )를 독립변수로 하고 코어의 압축강도를 종속변수로 하여 상관관계를 분석한 결과 재생골재 콘크리트의 압축강도와 반발경도는 어느 정도 유사한 경향을 나타내고는 있으나 상관성은 그리 크지 않은 것으로 나타났으며, 그림4와 같은 선형회귀식을 도출할 수 있었다.

표 4. 측정위치에 따른 반발경도의 차이

| 부호    | 재령 12개월       |       |      | 측정위치에 따른 차이 |
|-------|---------------|-------|------|-------------|
|       | 반발경도( $R_N$ ) |       |      |             |
|       | 상부(U)         | 하부(L) | 평균   | 상하부(L-U)    |
| Plain | 37.4          | 38.4  | 37.9 | 1.0         |
| C30   | 35.6          | 38.5  | 37.1 | 2.9         |
| CF30  | 37.6          | 38.6  | 38.1 | 1.0         |
| C60   | 35.3          | 35.5  | 35.4 | 0.2         |
| C100  | 38.2          | 37.3  | 37.8 | 0.9         |
| F30   | 35.5          | 34.7  | 35.1 | 0.8         |
| F60   | 35.6          | 35.9  | 35.8 | 0.3         |
| F100  | 34.8          | 34.3  | 34.6 | 0.5         |

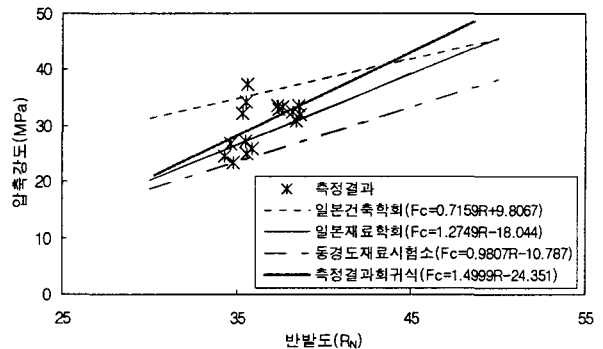


그림 4. 기존추정식과 실험결과의 비교(반발경도)

그림4에서 나타난 바와 같이 현재 반발경도에 의한 강도추정에 많이 사용되는 일본재료학회식, 일본건축학회식, 동경도재료시험소식 등의 기존의 강도추정식과 실험결과의 회귀분석에 의한 추정식을 비교한 결과 측정결과에 의한 회귀분석식이 일본재료학회식이나 동경도재료시험소식 보다는 다소 높게 나타나고 있으나, 그 경향은 유사하게 나타나 재생골재 콘크리트의 반발경도에 의한 압축강도를 추정함에 있어서 신뢰성 있는 기존의 강도추정식을 그대로 사용하여도 무방할 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 연구는 실구조물에 적용된 재생골재 콘크리트의 압축강도를 추정하기 위하여 기존의 일반 콘크리트 압축강도 추정식과의 상관관계를 검토한 결과 재생골재를 사용한 콘크리트라 하더라도 반발경도법을 이용한 압축강도의 추정은 일반콘크리트의 경우와 동일한 방법으로 적용하는 것이 합리적이라 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 건설교통부 05건설핵심기술연구개발사업(과제번호:05건설핵심D02)의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 건설교통부, 순환골재 품질기준 제정을 위한 공청회, 2004. 11.
2. 이세현, 재생골재콘크리트의 성능개선에 관한 연구, 건국대학교 박사학위논문, 2001
3. 건설교통부, 구조용 재생골재 및 재생골재콘크리트 구조물의 장기안정성에 관한 연구, 2004. 8.