

# 고온 열화한 콘크리트의 강도추정을 위한 비파괴검사

## Nondestructive Test for Strength Estimation of Concrete Deteriorated by High Temperature

박 석 균\* 허 재 영\*\* 이 원 홍\*\*\*  
Park, Seok-Kyun · Heo, Jae-Young · Lee, Won-Hong

### ABSTRACT

The concrete is relatively fireproof materials. However, long-term exposure to high temperatures in the concrete strength is a phenomenon that occurs in the rapid degradation. In such a case, even low-strength estimates concrete expression to the General Non-destructive inspection is not appropriate to use the estimate. To overcome this problem, various mix conditions of the concrete specimen under 23, 200, 400, 600, 800°C to a temperature, the correlation relationship between the ultrasonic velocity and the strength of concrete specimen is investigated and analyzed. This analysis estimates the high-temperature strength of the damaged concrete expression Non-destructive inspection of the proposal.

### 요 약

콘크리트는 비교적 내화성이 있는 재료이다. 그러나 화재 등의 고온에 장기 노출될 경우는 콘크리트 강도 등이 급격하게 저하하는 현상이 발생한다. 이와 같은 경우, 저강도 콘크리트를 일반 비파괴검사 강도추정식을 이용하여 추정하는 것은 적절하지 않다. 이 문제를 해결하기 위해 각종 배합조건의 콘크리트시편을 200, 400, 600, 800°C의 온도변화 조건에서 가열한 후, 초음파속도와 콘크리트강도간의 상관관계를 분석하였다. 아울러 이들 결과를 통해 고온에서 손상된 콘크리트 비파괴검사 강도추정식을 제안하였다.

\*정회원, 대전대학교 공과대학 토목공학과 부교수  
\*\*정회원, 대전대학교 대학원 토목공학과 석사과정  
\*\*\*정회원, 대전대학교 대학원 토목공학과 석사과정

### 1. 개요

최근 콘크리트구조물에 대한 화재손상에 관심이 고조되면서, 중요한 손상 평가항목인 콘크리트강도를 비파괴검사로 추정하려는 시도가 많이 시도되고 있다. 그러나 이 경우 일반 비파괴검사 강도추정식은 일정영역(구간)의 강도를 대상으로 제정된 것이 대부분이어서, 화재로 손상된 저장도 콘크리트의 강도 추정에는 적합하지 않다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 23, 200, 400, 600, 800℃의 온도변화 조건에 노출시킨 각종 배합조건(골재종류별, W/C별)의 콘크리트시편을 이용하여 비파괴검사에 의한 화재손상 콘크리트 강도추정식을 제안하였다.

### 2. 시험조건

본 시험의 콘크리트 배합조건으로 골재 2수준(강자갈 max.25mm, 쇄석 max.25mm) 변화에 대해 W/C 혹은 콘크리트 등급별 3수준(W/C : 45% - 고급, 60% - 보통, 75% - 저급)을 선정 하였다.

열손상 조건으로는 200℃, 400℃, 600℃, 800℃의 온도와 일반 콘크리트 시험실 관리온도인 23℃를 포함하여 총 5수준을 변화시켰으며, 상기 배합조건에 압축강도용 시편을 로(爐)가열 온도조건에서 24hr 방치한 후 서냉후 초음파 속도와 압축강도 측정을 함께 실시하였다.(가열용 장치는 300℃용 Dry oven 과 1600℃용 Burnability Testing Furnace를 이용 하였다.)

### 3. 측정결과 및 분석

본 시험의 측정데이터를 표 1에 수록하였으며, 각 조건별 상관관계를 그림1~그림3에 도시하였다.

표 1 콘크리트 열손상조건별 초음파속도 & 강도측정 데이터

| 골재 종류                   | 품질등급 (W/C) | 구분 | 측정치<br>가열온도                      |          |            |        |      |          |            |
|-------------------------|------------|----|----------------------------------|----------|------------|--------|------|----------|------------|
|                         |            |    | 무게(kg), 압축강도(MPa), 초음파 속도(m/sec) |          |            |        |      |          | 속도 (m/sec) |
|                         |            |    | 23℃                              |          |            | 200℃   |      |          |            |
|                         |            |    | 무게 (kg)                          | 강도 (MPa) | 속도 (m/sec) | 무게(kg) |      | 강도 (MPa) |            |
| 전                       | 후          |    |                                  |          |            |        |      |          |            |
| 강자갈<br>Agg.max.<br>25mm | 고급(45%)    |    | 3578                             | 43.9     | 4420       | 3606   | 3435 | 38.1     | 3571       |
|                         | 보통(60%)    |    | 3545                             | 31       | 4301       | 3524   | 3395 | 30.1     | 3142       |
|                         | 저급(75%)    |    | 3426                             | 21.7     | 3992       | 3431   | 3318 | 18.4     | 3221       |
| 쇄 석<br>Agg.max.<br>25mm | 고급(45%)    |    | 3690                             | 46       | 4494       | 3686   | 3485 | 38.4     | 3540       |
|                         | 보통(60%)    |    | 3668                             | 33.7     | 4400       | 3670   | 3487 | 32.6     | 3271       |
|                         | 저급(75%)    |    | 3600                             | 24.5     | 4219       | 3569   | 3394 | 22.8     | 3244       |

| 무게(kg), 압축강도(MPa), 초음파 속도(m/sec) |      |          |            |        |      |          |            |        |      |          |            |
|----------------------------------|------|----------|------------|--------|------|----------|------------|--------|------|----------|------------|
| 400℃                             |      |          |            | 600℃   |      |          |            | 800℃   |      |          |            |
| 무게(kg)                           |      | 강도 (MPa) | 속도 (m/sec) | 무게(kg) |      | 강도 (MPa) | 속도 (m/sec) | 무게(kg) |      | 강도 (MPa) | 속도 (m/sec) |
| 전                                | 후    |          |            | 전      | 후    |          |            | 전      | 후    |          |            |
| 3557                             | 3459 | 27.7     | 3123       | 3570   | 3342 | 12.4     | 1362       | 3589   | 3333 | 3.2      | 625        |
| 3521                             | 3380 | 19.1     | 2786       | 3525   | 3341 | 9.2      | 1252       | 3509   | 3293 | 2.6      | 534        |
| 3419                             | 3283 | 13.9     | 2668       | 3431   | 3251 | 6.8      | 1451       | 3443   | 3236 | 1.7      | 499        |
| 3708                             | 3464 | 32.7     | 2994       | 3682   | 3414 | 17.7     | 1819       | 3698   |      | 측정 불가    |            |
| 3666                             | 3467 | 22.7     | 2764       | 3613   | 3400 | 11.2     | 1629       | 3636   |      |          |            |
| 3572                             | 3377 | 17.4     | 2819       | 3541   | 3333 | 8.9      | 1323       | 3566   |      |          |            |

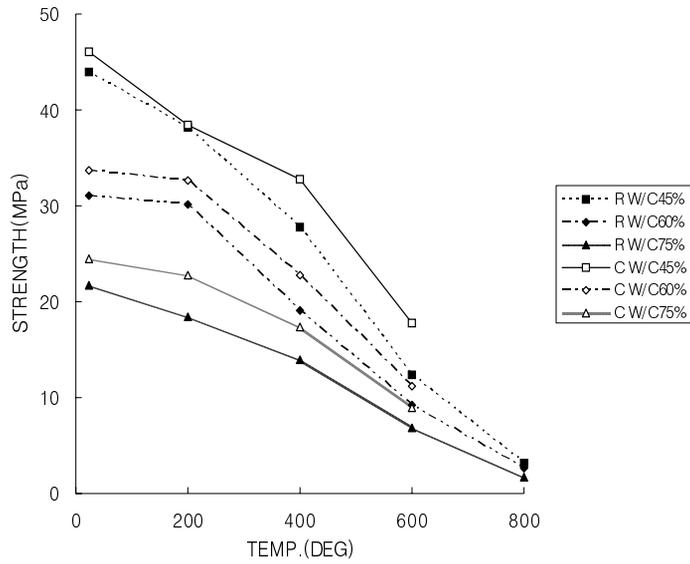


그림 1 각 가열온도 조건별 강도변화

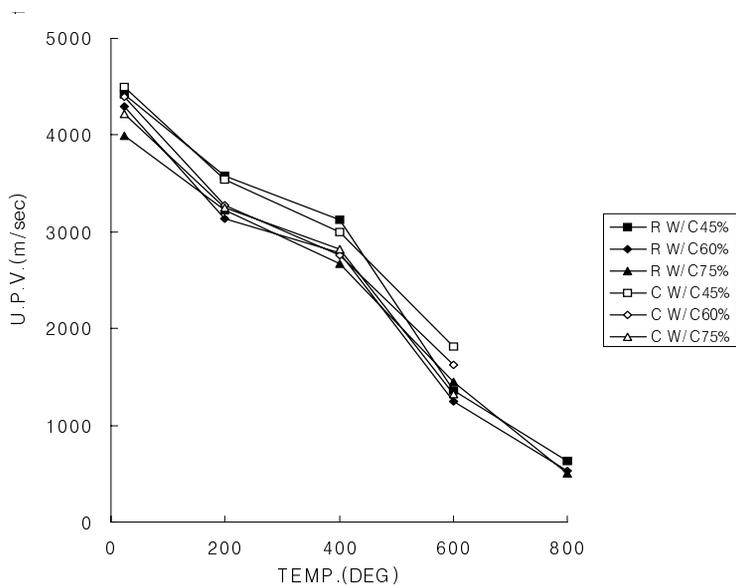


그림 2 각 가열온도 조건별 초음파속도 변화

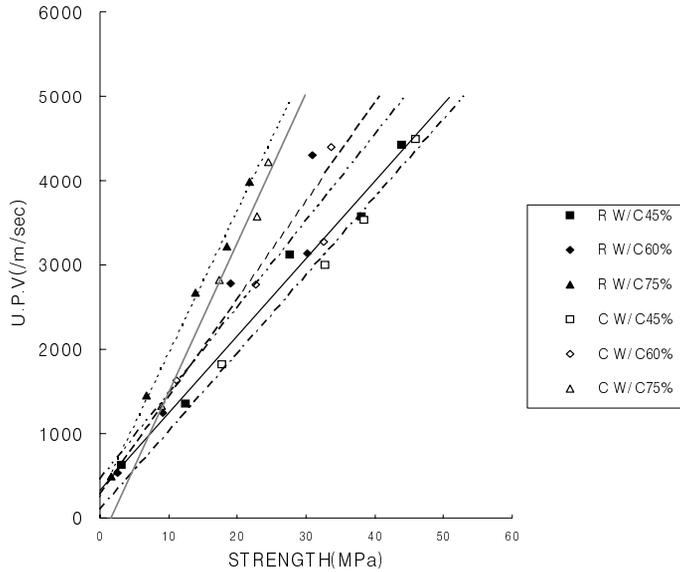


그림 3 열손상 강도와 초음파 속도와의 관계

#### 4. 결론

- (1) 23°C ~ 800°C의 열손상조건 변화에 따른 강도열화 변화폭은 콘크리트 등급별로 차이가 있으나, 온도가 높을수록 열화폭은 일정해져 800°C 이후는 거의 일정값(3MPa이하)에 수렴하는 경향을 보였다.
- (2) 열손상조건별 강도열화에 따른 초음파속도의 감소 경향이 비교적 잘 일치되어, 이의 상관관계가 매우 유의하나, 강도 변화율에 대한 초음파 속도의 변화율은 상대적으로 낮음을 알 수 있다. ( $V \propto f^{1/4}$ 의 이론적 관계 영향으로 사료됨.)
- (3) 각 콘크리트 조건 및 등급별 열손상 강도 추정을 위한 초음파속도 상관식은 표 2와 같다.

표 2 각 콘크리트 조건별 열손상강도와 초음파속도간 상관식  
(압축강도  $f = MPa$ , 초음파속도  $V : m/sec$ )

| 배합조건                    |         | 상관 통계치               |       |                |
|-------------------------|---------|----------------------|-------|----------------|
|                         |         | 상관식                  | R-sq. | Standard Error |
| 강자갈<br>Agg.max.<br>25mm | W/C 45% | $f = 0.0108V - 3.14$ | 0.986 | 68.4           |
|                         | W/C 60% | $f = 0.0080V - 0.84$ | 0.925 | 50.1           |
|                         | W/C 75% | $f = 0.0059V - 1.42$ | 0.996 | 32.9           |
| 채석<br>Agg.max.<br>25mm  | W/C 45% | $f = 0.0106V - 0.5$  | 0.986 | 51.9           |
|                         | W/C 60% | $f = 0.0085V - 0.57$ | 0.869 | 45.4           |
|                         | W/C 75% | $f = 0.0057V + 1.98$ | 0.943 | 30.0           |

#### 감사의 글

본 연구의 일부결과는 한국건설교통기술평가원(KICTTEP)의 연구비 지원에 의해 수행된 것으로 이에 감사드립니다.