

## 비파괴 시험에 의한 콘크리트 압축강도 및 반발도의 재령계수 추정

김민수<sup>1)\*</sup> · 윤영호<sup>2)</sup> · 김진근<sup>1)</sup> · 권영웅<sup>3)</sup> · 이승석<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>한국과학기술원 건설 및 환경공학과 <sup>2)</sup>대한주택공사 주택연구소 <sup>3)</sup>인천대학교 건축공학과 <sup>4)</sup>한국표준과학연구원  
(2002년 6월 7일 원고접수, 2002년 7월 22일 심사완료)

### Estimation of Aging Effects on Determination of Compressive Strength of Concrete by Non-Destructive Tests

Min-Su Kim<sup>1)\*</sup>, Young-Ho Yun<sup>2)</sup>, Jin-Keun Kim<sup>1)</sup>, Young-Woong Kwon<sup>3)</sup>, and Seung-Seok Lee<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Dept. of Civil and Environmental Engineering, KAIST, Daejeon, 305-701, Korea  
<sup>2)</sup> Housing Research Institute, Korea National Housing Corporation, Seongnam, 463-704, Korea  
<sup>3)</sup> Dept. of Architectural Engineering, Incheon University, Incheon, 402-749, Korea  
<sup>4)</sup> Korea Research Institute of Standards and Science, Daejeon, Seoul, 305-340, Korea

(Received June 7, 2002, Accepted July 22, 2002)

#### ABSTRACT

Several non-destructive test methods have been developed to estimate compressive strength of concrete in other countries. However, their applications are limited in domestic concrete due to their inaccuracies.

The purpose of this study is to propose an aging coefficient of compressive strength of structural concrete in rebound number method and ultrasonic pulse velocity method for domestic concrete. The test variables include type of aggregate, curing condition, and compressive strength. Two approaches are used to estimate aging coefficient. One is evaluated by uniform linear regression equation for all ages and shows uniform strength reduction coefficient regardless of material properties and the other is evaluated by individual regression equation for each ages and shows nonuniform strength reduction and rebound increasing coefficients which decrease with increasing of rebound number and compressive strength. The latter result which can include the effect of rebound number and compressive strength is more reasonable than the former.

**Keywords :** compressive strength, non-destructive test, rebound number, ultrasonic pulse velocity, age coefficient

#### 1. 서 론

콘크리트에서 가장 중요시되는 물성치는 압축강도로서, 콘크리트 구조물을 설계할 때 뿐만 아니라 구조물의 시공 관리나 기존 콘크리트 구조물의 내력판정 등을 위해서도 콘크리트의 압축강도를 알아야 한다. 특히 기존 구조물의 경우 미리 제작해 놓은 공시체가 없을 경우 비파괴 시험을 통해 압축강도를 예측하는 방법이 많이 사용되고 있다. 콘크리트의 비파괴검사에 관한 연구는 목적과 측정원리는 방법마다 다르지만 1930년경부터 현재까지 수많은 방법이 제안되었다. 그 중에서 가장 널리 사용되는 방법이 반발도법과 초음파 속도법이며, 두 방법을 혼합한 복합법 등이 현재 많이 사용되고 있다. 현재 국내에서 사용되고 있는 비파괴 강도 추정식들은 대부분 외국에서 개발된 것으로서 우리 나라 콘크리트 구조물에 직접 적용하기에는 무리

가 따른다고 할 수 있다. 특히 재령에 따른 반발도의 변화에 관해서는 외국에서 제한된 연구결과<sup>6,7)</sup>가 발표되기는 하였지만 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 국내 조건에 맞는 비파괴 강도 추정식의 제안을 목적으로 국내 여러 대학 및 연구기관에서 수행된 연구결과<sup>1~4)</sup>를 바탕으로 일반강도 범위에서 물-시멘트비, 재령 및 양생조건에 따른 반발도 및 복합법에 의한 강도와 재령의 영향을 분석하였으며, 국내의 콘크리트 강도 비파괴시험의 추정식 제안에 있어 재령의 영향을 고려하는데 도움이 될 수 있는 참고자료로 제시하고자 한다.

#### 2. 사용 실험값 및 강도 추정 회귀분석

본 연구의 분석에 사용된 실험결과는 Table 1과 같이 골재의 종류, 양생조건, 콘크리트 강도 등을 변수로 하여 모든 변수에 대하여 콘크리트 압축강도, 반발도 및 초음파 속도를 측정하였다. Fig. 1에서 표준양생인 경우는 재령에 따른 추정식의 차이가 거의 없으며 기건양생에서는 차이가

\* Corresponding author  
Tel : 042-869-3654 Fax : 042-869-3610  
E-mail : kimms@kaist.ac.kr

있음을 알 수 있다. 본 연구에서는 기건양생인 경우에만 재령의 영향이 있다고 판단되어 28일 이후의 실험값을 사용하여 강도에 대한 재령의 영향을 분석하였다.

Fig. 1(c), (d)는 Table 1의 실험결과를 사용하여 기건양생에 대한 회귀분석, t-검정 및 F-검정을 통해 신뢰도가 떨어진다고 판단되는 실험값을 제외한 후 나머지 실험값을 사용하여 재령에 따른 선형회귀식을 구하여 나타낸 것이다. 재령이 증가함에 따라 대체적으로 추정식의 기울기는 커지고 y절편의 값은 작아지는 경향이 나타났다.

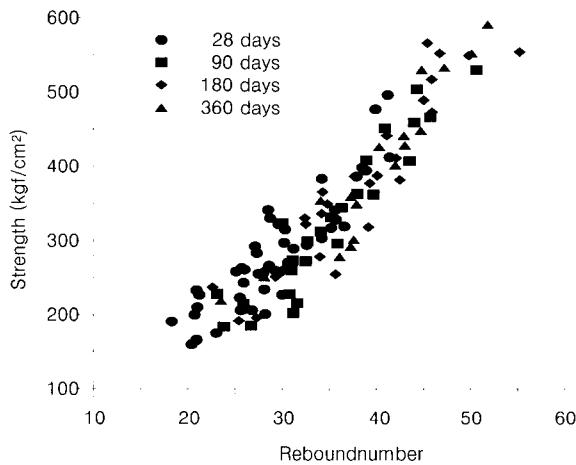
### 3. 재령의 영향인자

재령이 경과함에 따라서 콘크리트 표면에서는 탄산화가 일어나 강도가 증가하게 된다. 그에 따라서 반발도의 증가량이 강도의 증가량보다 훨씬 크게 측정된다. 그에 비해 초음파 속도는 탄산화에 영향을 작게 받으므로 재령의 영향을 거의 받지 않는다고 할 수 있다. 그리고 실험결과에 의하면 탄산화는 수중에서는 일어나지 않고 기중에서만 일어나므로 본 연구에서는 표준양생인 경우는 제외하고 기건양생인

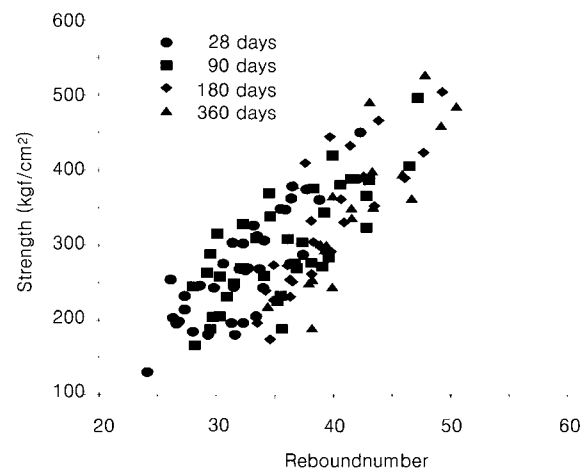
Table 1 Test variables<sup>1~4)</sup>

Types of aggregate	Gneiss, Quartzite, Granite, Sandstone	Limestone, Andesite, Granite 1	Granite 2
w/c (%)	40, 50, 60, 70	30, 40, 50, 60, 70	-*
Testing ages (days)	3, 7, 28, 90, 180, 360	3, 7, 14, 28, 90, 180	3, 7, 14, 28, 90, 180
Curing condition	Standard, dry	Standard, dry	Standard, dry

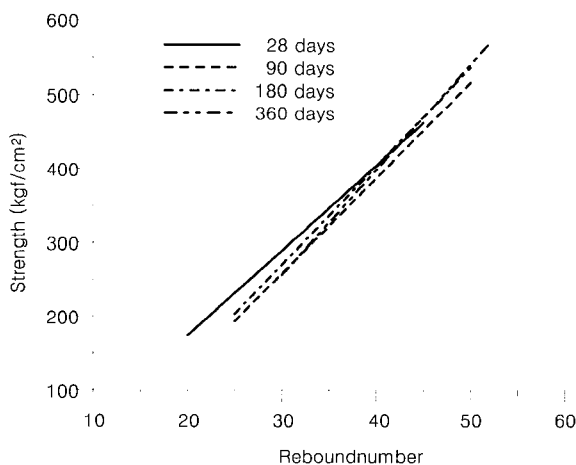
\* Test variable in not w/c but design strength : 180, 240, 300, 400 kgf/cm<sup>2</sup>



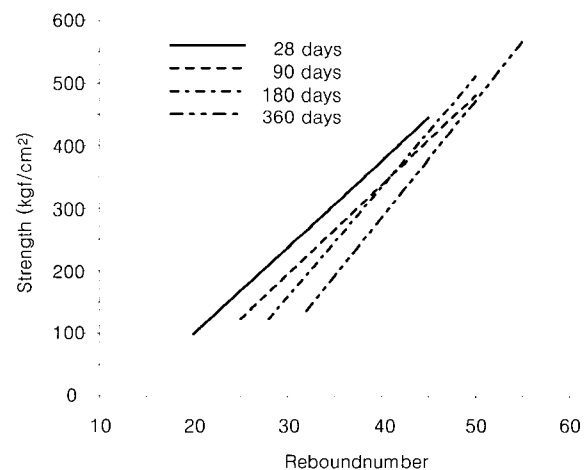
(a) Test results(standard curing)



(b) Test results(air curing)



(c) Regression results(standard curing)



(d) Regression results(air curing)

Fig. 1 Influences of the age and curing condition on the rebound number and compressive strength

경우에 대해서만 재령의 영향을 분석하였다.

### 3.1 단일회귀식(28일에 대한 회귀식) 사용

#### 3.1.1 반발도법

사용된 실험값들은 여러 연구기관에서 서로 다른 실험장비, 골재의 종류, 실험조건 등을 사용하여 구한 결과이기 때문에 하나의 회귀식으로 분석하기에는 무리가 따른다고 판단되어 이와 같은 영향을 줄이고 재령에 따른 콘크리트 강도와 반발도의 관계를 알기 위해 다음과 같은 분석을 실시하였다.

(1) 각 재령에 해당하는 28일 재령의 실험결과만으로 회귀 분석을 실시하여 선형회귀식 도출(아래 식 (1)에서 각 재령에 따라 서로 다른 28일 회귀식을 구하는 이유는 Table 1에서 알 수 있듯이 골재 종류별로 측정재령이 다르고 검정을 통해 분석에서 제외되는 실험값이 있으므로 28일 이후 각 재령에서의 실험값의 데이터 수가 서로 틀리게 된다. 즉 360일 재령을 분석하기 위한 28일 회귀식은 편마암(gneiss), 규암(quartzite), 화강암(quartzite), 사암(sandstone)의 검정을 통과한 28일 측정값만을 사용하고 다른 실험값은 사용하지 않는다.

$$f_{c1j} = aR + b \quad (1)$$

(각 재령에 대한 28일 회귀식)

여기서,  $f_{c1j}$  : 28일 반발도 값을 사용한 각 재령의 추정 강도

$R$  : 반발도

$a, b$  : 회귀계수

$j$  : 재령을 나타내는 첨자

(2) (1)에서 구한 식에 28일 실험 반발도 값을 대입하여 각 시편의 추정강도( $f_{c1ij}$ )를 계산( $i$  : 시편을 나타내는 첨자)

(3) 각 시편의 28일 콘크리트 실험강도( $f_{c2ij}$ )의 추정강도( $f_{c1ij}$ )에 대한 비( $n_{ij}$ )를 계산(분석에 사용된 데이터는 여러 골재와 여러 연구기관에서 실험을 수행하여 구한 것이기 때문에 하나의 식으로 나타내기에 무리가 따른다고 할 수 있다. 따라서  $n_{ij}$  값을 구하는데 이는 식 (1)을 사용하였을 때 28일 재령에서 과소 또는 과대평가되는 실험값은 다른 재령에서도 동일한 정도로 과소 또는 과대평가 될것이라고 가정하여 사용한 것이다.

$$n_{ij} = f_{c2ij} / f_{c1ij} \quad (2)$$

(4) 재령  $t_j$  에 실험이 수행된 각 시편의 반발도  $R_{ij}$  값을 식 (1)에 대입하여 강도( $f_{c3ij}$ ) 계산

(5) 재령  $t_j$  에 실험이 수행된 각 시편의 반발도  $R_{ij}$  에 대한 28일 때의 강도( $n_{ij} \cdot f_{c3ij}$ ) 계산

(6) 재령  $t_j$  의 실험강도( $f_{c4ij}$ )의  $n_{ij} \cdot f_{c3ij}$ 에 대한 비( $\alpha_{ij}$ )를 계산

위와 같은 과정을 도식적으로 나타내면 Fig. 2와 같다. Fig. 3(a)는 반발도법을 사용하였을 때의 재령의 영향을 나타낸 것이다. Fig. 3(a)의 곡선은 재령 28일에서 1의 값을 가지고 재령이 경과함에 따라 점차 감소하다 어느 값에 수렴하는 형태로 회귀분석하였으며 결과는 식 (3)과 같다. (식 (3)에 대한 상관계수나 표준편차 등을 표기하지 않은 것은 28일 재령에서 1의 값을 가질 수 있도록 분석시 사용된 데이터에 (28, 1)이라는 값을 충분히 많이 사용하였다. 따라서 (28, 1)의 데이터 개수에 따라 상관계수 등이 달라지므로 회귀식의 타당성을 나타내기에 적당치 않은 값이라고 판단되어 생략하였다. 그리고 식 (5), (8), (11)에서도 동일한 이유로 표기하지 않았다.

$$\alpha = f_{c4} / n f_{c3} = 1 - 0.427 \frac{t-28}{t+300} \quad (3)$$

여기서,  $\alpha$  : 강도감소계수

$n$  : 식 (1)에 의한 추정강도에 대한 실험강도의 비

$f_{c3}$  : 식 (1)에 의한 각 재령에서의 추정강도

$f_{c4}$  : 각 재령에서의 실험강도

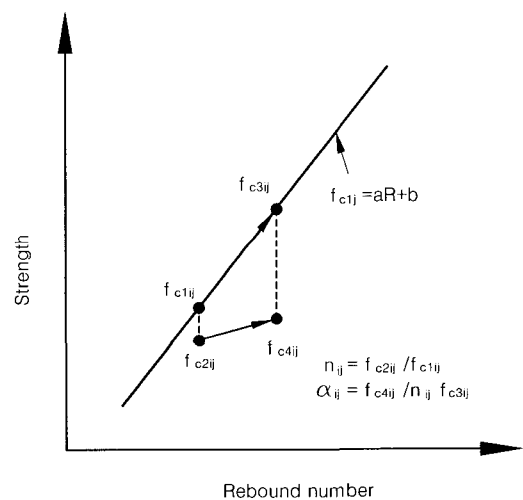


Fig. 2 Analysis method of the rebound number by uniform regression equation

재령에 의한 강도 감소계수는 반발도법을 사용하였을 경우 1년 경과시 28일에 비해 각각 약 20퍼센트 감소하는 것으로 나타났다. 이는 일반적으로 알려진 재령에 의한 강도 감소에 비해 작은 값으로 판단된다. 그리고 각 재령에 따라서 28일에 대한 강도감소계수( $\alpha$ )는 Table 2에 나타낸 바와 같다.

### 3.1.2 복합법

반발도법과 마찬가지로 재령에 따른 콘크리트 강도와 반발도 및 초음파 파속의 관계를 알기 위하여 실시하였다. Fig. 3(b)는 복합법을 사용하였을 때의 재령의 영향을 나타낸 것이다. 반발도법과 다르게 식 (1)을 다음과 같은 식 (4)로 대체한 후 동일한 방법으로 분석을 하였다.

$$f_{clj} = aR + bV + c \quad (4)$$

여기서,  $f_{clj}$  : 복합법 회귀분석에 의한 추정강도

$V$  : 초음파 속도

$a, b, c$  : 회귀계수

Fig. 3(b)의 곡선도 반발도법과 마찬가지로 식 (3)과 같은 형태로 회귀분석하였으며, 결과는 다음 식 (5)와 같다.

$$\alpha = f_{c4}/nf_{c3} = 1 - 0.201 \frac{t-28}{t+113} \quad (5)$$

여기서,  $n$  : 식 (4)에 의한 추정강도에 대한 실험강도의 비

$f_{c3}$  : 식 (4)에 의한 각 재령에서의 추정강도

$f_{c4}$  : 각 재령에서의 실험강도

복합법을 사용하여 구한 재령에 의한 강도 감소량은 1년 경과시 28일에 비해 각각 약 15퍼센트 감소하였다. 강도의 감소량이 복합법을 사용한 경우 반발도법만을 사용한 경우보다 작는데 이는 재령의 영향을 받지 않는 초음파 속도가 포함되어 전체적인 재령의 영향이 줄어든 것으로 판단된다. Tanigawa 등<sup>6)</sup>은 재령에 따라 압축강도, 반발도, 그리고 초음파 속도를 재령 1년까지 측정하여 복합법에 의한 재령계수를 제안하였으며 재령 6개월까지는 선형적으로 10퍼센트의 강도감소가 있으며 6개월 이후에는 10퍼센트로 일정하다고 제안하였다. 그리고 각 재령에 따라서 28일에 대한 강도감소계수는 Table 2에 나타낸 바와 같다.

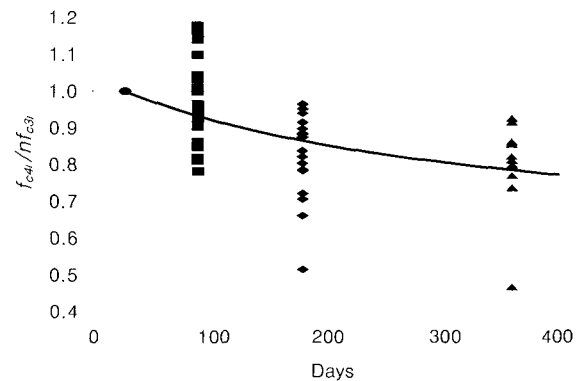
## 3.2 재령별로 회귀식 사용

### 3.2.1 강도감소계수( $\alpha$ )

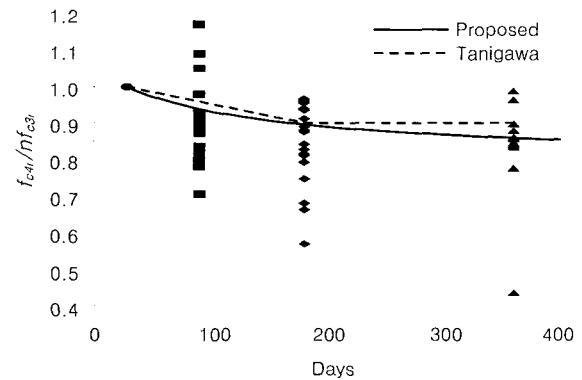
앞서 언급하였듯이 기건양생의 경우 재령이 경과함에 따

라 표면에서 탄산화가 일어나므로 반발도가 증가하게 된다. 그러나 반발도의 증가량은 반발도의 절대값에 비례하지 않으므로 동일한 재령계수를 사용하면 무리가 따른다고 판단된다. 즉 두 가지 시편에 대해 28일 재령에서 반발도가 각각 20과 40이 측정되었을 경우 반발도 20의 시편이 1년 재령에서 30으로 증가하였다면 동일한 재령계수를 사용하기 위해서는 반발도 40의 시편은 60이 되어야 하겠지만 실제로는 그보다 작게 측정되기 때문이다. 이와 같은 영향을 분석하여 재령에 따른 콘크리트 강도와 반발도의 관계를 알기 위해 다음과 같은 분석을 실시하였다.

(1) 각 재령의 실험결과와 그에 해당하는 28일 실험결과만으로 회귀분석을 실시하여 28일과 각 재령에 대한 선형회귀식 도출(각 재령에서 서로 다른 28일 선형회귀식을 구하



(a) Rebound number method



(b) Combined method

Fig. 3 Influence of the age on the compressive strength by using uniform regression equation

Table 2 Strength reduction coefficient( $\alpha$ ) by uniform regression equation

$\alpha$	Method	
	Rebound method	Combined method
28 days	1.00	1.00
90 days	0.93	0.94
180 days	0.86	0.90
360 days	0.79	0.86

는 이유는 3.1.1의 반발도법과 동일하며 각 재령에 대한 28일 선형회귀식 식 (6)은 식 (1)과 같다.)

$$f_{c28i} = aR + b \quad (6)$$

(각 재령에 대한 28일 선형회귀식)

$$f_{ci} = a'R + b' \quad (7)$$

(각 재령에서의 선형회귀식)

여기서,  $i$ : 재령을 나타내는 첨자  
 $a, b, a', b'$ : 회귀계수

(2) ①에서 구한 식을 사용하여 반발도의 변화에 따른  $f_{ci}/f_{c28i}$  값( $\alpha$ )을 계산

이와 같은 방법을 도식적으로 나타내면 Fig. 4와 같다.

Fig. 5(a)는 기건양생에 대해 각 재령에서의 선형회귀식을 구한 다음 반발도의 변화에 따른 압축강도를 계산하고 이를 28일 재령에서의 압축강도에 대해서 정규화하여 나타낸 것이다. 이 그림에서 볼 수 있듯이 동일한 반발도가 측정되더라도 재령에 따라서 압축강도는 많은 차이가 있음을 알 수 있다. 예를 들면 반발도 30인 경우 28일 재령에 비해 1년이 경과하면 동일한 반발도에서 압축강도는 약 67퍼센트로 감소하지만 반발도가 45인 경우에는 약 88퍼센트로 그 감소량이 급격히 감소함을 알 수 있다. 그리고 재령에 따른 강도의 감소량은 3.1에서 동일한 회귀식을 사용한 경우에 비해 반발도가 낮은 경우에는 과소평가를 하게 되며, 높은 경우에는 과대평가를 하게 된다. Fig. 5(a)의 결과를 표로 나타내면 Table 3(a)와 같다. Fig. 5(a)의 곡선은 재령과 반발도 변화에 따른 강도감소계수를 나타낸 것이므로 반발도에 대해서는 지수형태로 재령에 대해서는 재령 28일에서 강도감소계수가 1이 되도록 회귀분석하였으며 결과는 식 (8)과 같다.

$$\alpha = f_{ci}/f_{c28i} = 1 - \frac{2550}{R^{2.56}} \frac{t-28}{t+61} \quad (8)$$

### 3.2.2 반발도증가계수( $\beta$ )

재령에 따른 콘크리트 강도와 반발도의 관계를 알기 위해 강도감소계수와 마찬가지로 재령에 따른 반발도와 강도의 증가량이 강도에도 비례하지 않으므로 동일한 재령계수를 사용할 수 없다. 재령과 강도에 따른 반발도의 증가를 알기 위해 강도감소계수에서의 식 (6), (7)을 다음과 같은 식 (9), (10)으로 대체한 후 동일한 방법으로 분석을 하였다.

$$R_{28i} = af_c + b \quad (9)$$

(각 재령에 대한 28일 선형회귀식)

$$R_i = a'f_c + b' \quad (10)$$

(각 재령에서의 선형회귀식)

여기서,  $a, b, a', b'$ : 회귀계수

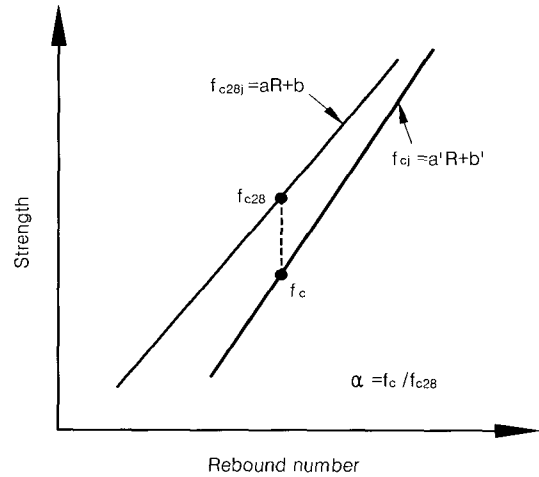
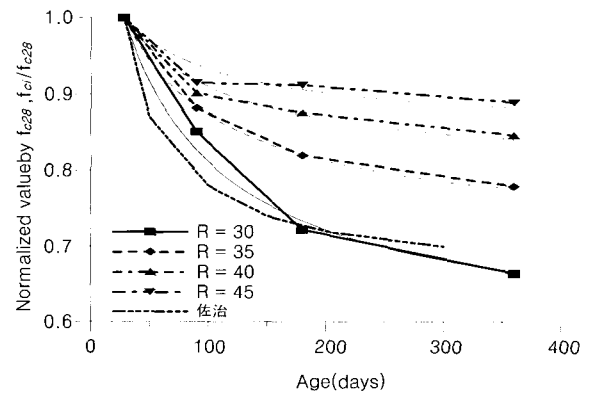
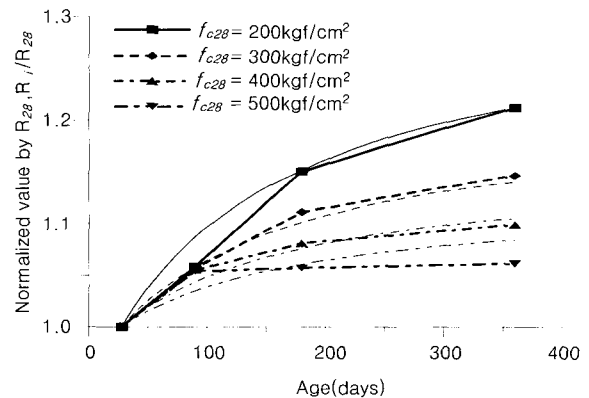


Fig. 4 Analysis method of the rebound number by nonuniform regression equation



(a) Strength reduction coefficient( $\alpha$ )



(b) Rebound increase coefficient( $\beta$ )

Fig. 5 Influence of the age on the compressive strength by using nonuniform regression equation

## 4. 결 론

본 연구는 국내 조건에 맞는 비파괴 추정식 개발을 위해 동일한 목적으로 여러 연구기관에서 수행된 연구결과를 토대로 보통강도 범위에서 여러 가지 변수에 따른 비파괴 강도의 재령계수 추정을 위해 수행되었으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 28일 재령에 대한 회귀식을 사용한 경우와 재령에 따른 회귀식을 사용한 두 가지 방법으로 반발도법과 복합법의 재령계수를 제안하였다.

2) 단일 회귀식을 사용하여 1년 재령이 경과하였을 경우 동일 반발도에 대해 반발도법과 복합법에 의해 다음 식과 같은 강도감소계수를 구하였으며, 재령이 1년 지나면 각각 21퍼센트와 14퍼센트의 강도감소가 있는 것으로 나타났다.

$$\alpha = f_{c4}/nf_{c3} = 1 - 0.427 \frac{t-28}{t+300} \quad (\text{반발도법})$$

$$\alpha = f_{c4}/nf_{c3} = 1 - 0.201 \frac{t-28}{t+113} \quad (\text{복합법})$$

3) 재령에 따른 회귀식을 사용하여 분석하면 반발도와 강도에 따라서 각각 강도감소계수와 반발도증가계수가 변하며 고강도 콘크리트일수록 강도감소계수( $\alpha$ )와 반발도증가계수( $\beta$ )는 작아지는 것으로 나타났으며 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\alpha = f_{c4}/f_{c28i} = 1 - \frac{2550}{R^{2.56}} \frac{t-28}{t+61} \quad (\text{강도감소계수})$$

$$\beta = R_i/R_{28i} = 1 + \frac{64}{f^{1.01}} \frac{t-28}{t+136} \quad (\text{반발도증가계수})$$

4) 단일회귀식을 사용한 경우보다 재령에 따른 회귀식을 사용한 경우의 결과가 좀 더 합리적인 것으로 판단된다.

## 감사의 글

이 논문은 한국표준과학연구원의 2001년도 기관고유사업 “콘크리트 강도추정식 제정”의 연구비 지원에 의하여 연구되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 한국표준과학연구원, “콘크리트 강도의 비파괴시험 추정식 및 절차의 표준화 연구과제(1차년도),” 1999.
2. 한국표준과학연구원, “콘크리트 강도의 비파괴시험 추정식 및 절차의 표준화 연구과제(2차년도)” 2000.

Fig. 5(b)는 기건양생에 대해 각 재령에서의 선형회귀식을 구한 강도의 변화에 따른 반발도를 계산하고, 이를 28일 재령에서의 반발도에 대해서 정규화하여 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 동일한 강도가 측정되더라도 재령에 따라서 반발도는 많은 차이가 있음을 알 수 있다. 예를 들면 압축강도 200 kgf/cm<sup>2</sup>인 경우 28일 재령에 비해 1년이 경과하면 동일한 압축강도에서 반발도는 약 21 % 증가하지만 압축강도가 500 kgf/cm<sup>2</sup>인 경우에는 약 8 %로 그 증가량이 급격히 감소함을 알 수 있다.

Fig. 5(b)의 곡선은 재령과 강도변화에 따른 반발도증가계수를 나타낸 것으로서 강도에 대해서는 지수형태로 재령에 대해서는 재령 28일에서 반발도증가계수가 1이 되도록 회귀분석하였으며 결과는 식 (11)과 같다.

$$\beta = R_i/R_{28i} = 1 + \frac{64}{f^{1.01}} \frac{t-28}{t+136} \quad (11)$$

Fig. 5에 의하면 반발도값과 압축강도가 커지면 각각 압축강도감소계수( $\alpha$ )와 반발도증가계수( $\beta$ )가 작아진다는 것을 알 수 있는데, 이는 고강도 콘크리트인 경우 탄산화에 의한 영향이 작다는 것을 나타내는 것이다. 또한 Fig. 5에서 기존 재령에 따른 외국의 강도감소계수<sup>7)</sup>는 반발도값에 관계가 없는 것으로 나타났으나 그보다는 반발도와 강도값을 고려한 본 연구의 결과가 보다 합리적이고 판단하며, 그 이유는 앞에서 언급한 탄산화에 대한 영향과 기존의 대부분 재령계수는  $R = 30 \sim 35$  정도일 때 구한 것으로서 본 연구의 결과와 유사함을 알 수 있기 때문이다. Fig. 5의 결과를 표로 나타내면 다음 Table 3과 같다.

Table 3 Strength reduction coefficient( $\alpha$ ) and rebound number increase coefficient( $\beta$ )  
(a)  $\alpha$

Rebound number \ Aage (days)	Rebound number			
	30	35	40	45
28	1.00	1.00	1.00	1.00
90	0.83	0.88	0.92	0.94
180	0.73	0.82	0.87	0.91
360	0.67	0.78	0.91	0.88

(b)  $\beta$

Compressive strength (kgf/cm <sup>2</sup> ) \ Aage (days)	Compressive strength (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	200	300	400	500
28	1.00	1.00	1.00	1.00
90	1.09	1.06	1.04	1.03
180	1.15	1.10	1.08	1.06
360	1.21	1.14	1.11	1.08

3. 한국표준과학연구원, “공시체 및 벽식시험체 시험을 통한 콘크리트 비파괴 강도추정식 표준화 연구,” 2000.
4. 한국전력공사 기술연구원, “콘크리트 강도측정을 위한 비파괴검사의 신뢰도 향상에 대한 연구,” 1988.
5. ACI Committee 228, “*In-Place Methods to Estimate Concrete Strength*,” ACI Manual of Concrete Practice, Part 2, 228-1R, 1997.
6. Tanigawa, Y., Baba, K., and Mori, H., “*Estimation of Concrete Strength by Combined Nondestructive Testing Method*,” ACI SP 82-4, 1988.
7. 日本建築學會, 콘크리트 강도추정의ための非破壊試験方法マニュアル, p.26.

## 요 약

콘크리트 구조물의 설계, 시공관리 그리고 내력관정 등을 위해서는 콘크리트의 압축강도를 알아야 하는데 미리 제작해 놓은 공시체가 없을 경우 비파괴 시험을 통해 압축강도를 예측하는 방법이 많이 사용되고 있다. 지금까지 수많은 비파괴 방법이 제안되었지만 그 중 가장 널리 사용되는 것이 반발도법과 초음파 속도법이며, 두 방법을 혼합한 복합법 등이 현재 많이 사용되고 있다. 국내에서도 이에 대한 연구가 많이 수행되어 여러 추정식이 개발되어 있지만 대부분 외국에서 개발된 비파괴 강도 추정식을 사용하고 있으며 국내의 콘크리트 구조물에 적용하기에는 무리가 따른다고 할 수 있으며, 특히 재령에 따른 반발도의 변화에 관해서는 외국에서 제한된 소수의 연구결과만이 발표되었을뿐 국내에서는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 국내 실정에 적합한 비파괴 강도 추정식의 제안을 목적으로 국내 대학 및 연구기관에서 수행된 연구결과를 바탕으로 일반 강도 범위에서 물-시멘트비, 재령의 및 양생조건에 따른 반발도 및 복합법에 의한 강도와 재령의 영향을 분석하였다. 재령이 비파괴 강도에 미치는 영향을 구명하기 위해 28일 회귀식을 모든 재령에 적용하는 단일회귀식 방법과 재령별로 회귀식을 적용하는 방법의 두 가지로 분석을 수행하여 재령계수를 제안하였다. 단일회귀식을 사용하여 반발도법과 복합법으로 구한 재령계수는 반발도나 강도와는 무관한 재령만의 함수가 되어 콘크리트의 물성치를 고려할 수 없지만, 재령에 따른 회귀식을 사용하여 구한 재령계수는 재령뿐만 아니라 반발도와 강도의 함수가 되며 고강도 콘크리트일수록 재령계수들이 작아지는 것으로 나타났다. 그리고 재령에 따른 회귀식을 사용한 경우 반발도와 강도에 따른 재령계수의 변화를 고려할 수 있으므로 더 합리적인 것으로 판단되며, 본 연구에서 제안된 재령계수를 국내의 콘크리트 강도 비파괴 추정식 제안에 있어 도움이 될 수 있는 참고자료로 제시하고자 한다.

**핵심용어** : 비파괴 시험, 반발도법, 초음파 속도법, 강도감소계수, 반발도증가계수