

## 안산암골재를 사용한 콘크리트 구조물의 비파괴

### 압축강도 추정

정 란<sup>1)\*</sup> · 노윤기<sup>1)</sup> · 박현수<sup>2)</sup> · 노영숙<sup>1)</sup> · 민경원<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>단국대학교 건축공학과 <sup>2)</sup>신흥대학 건축설계학과

(2001년 1월 18일 원고접수, 2001년 12월 18일 심사완료)

## Standardization of Estimation Function of Concrete Compressive Strength with Non-Destructive Test Using Andesite Aggregates

Lan Chung<sup>1)\*</sup>, Yun-Ki No<sup>1)</sup>, Hyun-Soo Park<sup>2)</sup>, Young-Sook Roh<sup>1)</sup>, and Kyung-Won Min<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Architectural Engineering, Dankook University, Seoul, 140-714, Korea

<sup>2)</sup> Department of Architectural Design, Shinheung College, Euijungbu, 480-701, Korea

(Received on January 18, 2001, Accepted on December 18, 2001)

### ABSTRACT

The purpose of this research is to obtain a practical expression for the estimation of compressive strength of concrete using non-destructive testing method such as rebound Schmidt hammer and ultrasonic pulse velocity and to discuss its applicability to the evaluation of the compressive strength of existing concrete members.

Experimental investigation were carried out to examine the effects of factors such as water-cement ratio, curing conditions, age of concrete and shape of specimens.

According to the test results, following equations are suggested.

1) Rebound hammer method

$$sf_c = 12.3sR_o - 94.66 \quad \text{<standard water curing>} \quad Af_c = 15.5AR_o - 241.5 \quad \text{<air dried curing>}$$

2) Ultrasonic pulse velocity method

$$sf_c = 359.1sV_p - 1226.7 \quad \text{<standard water curing>} \quad Af_c = 369.4AV_p - 1237.8 \quad \text{<air dried curing>}$$

**Keywords :** concrete compressive strength, non-destructive test, rebound hammer method, ultrasonic pulse velocity method, andesite aggregates

## 1. 서 론

콘크리트 구조물에 있어서 콘크리트의 품질관리는 미리 채취해둔 콘크리트 공시체의 압축강도 시험에 의하여 강도의 관리를 행하는 것이 통례이지만, 시공 중에 발생하는 하자에 의해 품질이 달라지는 것을 찾아내는 방법으로는, 참고문헌 1과 같이 코어를 채취하여 압축강도를 측정하는 파괴 시험과 초음파나 반발강도를 이용하는 비파괴 시험법이 사용되고 있다<sup>1)</sup>. 시공 중인 콘크리트의 품질관리 또는 사용 중인 콘크리트 구조물의 내력판정목적에 이용되는 비파괴 시험방법으로는 참고문헌 2에서 제시한 바와 같이 많은 방법들이 제안되고 있는데<sup>2)</sup>, 각 방법마다 적합한 대상 및 특징들을 달리하고 있으나, 콘크리트의 압축강도와 상관성이 비교적 양호한 방법으로는 슈미트햄머에

의한 표면경도법과 초음파속도법, 이들 두 방법을 복합하는 복합법 등이 있다<sup>3)</sup>.

그러나, 국내의 경우는 이러한 국내실정에 적합한 콘크리트 구조물에 대한 비파괴검사 방법 및 평가기준이 제정되어 있지 않아 현재 안전진단 전문업체에서 적용하고 있는 비파괴검사 기준은 외국의 기준을 그대로 적용하고 있다<sup>4)</sup>. 참고문헌 5부터 14까지에서 보는 바와 같이 강도 평가를 실시하는 기관마다 적용기준이 달라 진단결과에 대한 객관성 및 신뢰성에 의문이 제기되고 있는 실정이다<sup>5~14)</sup>. 따라서, 본 연구에서는 국내실정에 적합한 전국적인 추정식 제안을 목적으로 경상권에 많이 분포하고 있는 사암, 충청권의 화강암과 편마암, 제주권 현무암, 전라권의 안산암, 서울 경인권의 규암, 강원권의 석회암에 관한 종합적인 연구 중 본 연구에서는 특히, 전라권에 많이 분포되어 있는 안산암을 대상으로 하여 일반강도 범위에서 콘크리트 강도에 현저한 영향을 주는 배합사항, 양생조건 및 재령에 따른 반발도법, 초음파전파속도법 및 복합법에 의한

\* Corresponding author

Tel : 02-709-2319 Fax : 02-796-6865

E-mail : lanchung@dankook.ac.kr

압축강도 추정식을 외국의 자료<sup>18~20)</sup>와 함께 비교, 분석함으로써 국내의 콘크리트 압축강도 비파괴시험의 추정식 제정에 한 자료로 제시하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험 계획

본 연구의 실험계획으로 W/C는 30~70%까지 10%간격으로 5개의 변수를 설정하고, 목표슬럼프치와 공기량은 각각 15±1 cm, 4.5±1.0%를 만족시키는 범위로 하였다. 양생 조건은 표준양생과 기중양생으로 하고, 실험사항은 굳지 않은 콘크리트에서는 슬럼프 및 공기량을 측정하며, 경화 콘크리트에서 3, 7, 14, 28, 90, 180일 재령에서 압축강도, 반발도 및 초음파 속도를 측정하였다. 콘크리트의 배합사항은 Table 1과 같다.

### 2.2 사용재료

시멘트는 국내산 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하고, 잔골재는 각 지역에서 쉽게 구할 수 있는 강모래(비중: 2.63, 조립률: 2.61)를 사용하며 실험에 앞서 5 mm체로 쳐서 5 mm를 초과하는 부분을 제거하여 사용하였으며, 굵은골재는 전남 나주산 25 mm쇄석(비중: 2.74, 조립률: 7.2)골재를 사용하였다. 실험에 앞서 굵은골재는 체로 쳐서 25 mm를 초과하는 부분을 제거한 후 다시 물을 뿌리면서 이물질 제거나 동시에 5 mm체를 사용하여 5 mm미만의 잔골재를 제거하였다. 배합시 골재는 표면건조 포화상태를 유지하였고, 실험에 사용된 혼화제는 나프탈렌계 AE감수제를 사용하였고, 물은 상수도를 사용하였다.

### 2.3 실험 방법

콘크리트의 혼합은 강제식 팬믹서를 사용하여 자갈, 모래, 시멘트의 순서로 재료를 투입한 후 1분간에 걸쳐 건비빔을 행하고, 미리 혼화제를 희석한 물을 투입한 후 3분간

비빔을 하였다. 비빔이 끝난 콘크리트는 KS F 2402에 의한 슬럼프 시험과 KS F 2421에 따라 공기량을 측정하였다.

슬럼프는 15±1 cm, 공기량은 4.5±1.0% 이하의 오차범위를 통과하는 콘크리트를 사용하여 공시체를 제작하였다.

경화 콘크리트의 압축강도시험은 KS F 2405규정에 따라 φ10×20 cm공시체로 실시하고, 반발도와 초음파속도측정은 20×20×20 cm 공시체로 반발도의 측정은 Schmidt hammer NR형을 사용하였으며, 초음파전파속도의 측정은 영국 C.N.S사의 PUNDIT를 사용하였다.

양생 방법은 연마와 시멘트 페이스트 캡핑 종료 후에 탈형된 공시체를 표준양생의 경우 20±3 °C의 수중에서 양생을 실시하고, 기중양생의 경우는 20±3 °C, 습도 60%의 양생실에서 양생을 실시하였다.

#### 2.3.1 압축강도 측정

공시체의 압축강도 측정 실험은 KS F 2405에 의하여 실시하였으며, 측정 재령에 도달한 공시체는 수중 양생 중인 공시체는 표면의 물기만 제거하여 습윤상태에서 강도를 측정하고, 기중보관 중인 공시체는 양생되고 있는 상태 그대로 측정하였다. 본 실험에서는 3개의 공시체를 1개조로 하여 압축강도를 측정하여 평균값을 구하였다<sup>45)</sup>.

#### 2.3.2 반발도 측정

측정에 앞서 테스트엔빌로 기기의 반발도값을 80±1범위내에 있음을 확인하였다. 측정재령에 도달한 표준양생 공시체의 경우 수중에 양생 중인 공시체를 대상으로 측정을 하게되므로 표면에 수분이 많은 상태가 될 수 있었다. 이 경우 수분에 의한 영향을 많이 받게되므로 공시체를 양생수조에서 꺼낸 뒤 기중에 1시간 정도 방치한 후 측정 직전에 마포 등으로 표면의 잉여수분을 제거하여 표면건조 포화상태가 되도록 한 후 측정을 실시하였다. 또한, Schmidt hammer 타격시에는 기존의 연구를 반영하여 시험체의 움직임에 의한 타격에너지의 산란을 방지하기 위하여 만능시험기(U.T.M.)를 사용하여 25 kgf/cm<sup>2</sup> (10 tf)의 힘으로 고정하여 측정을 실시하였다.

타격위치는 모서리 부근에서는 반발도가 다르게 나타난다는 기존의 연구 및 타점간의 거리에 관한 외국의 기준등을 참고하여 각 모서리에서 5.5 cm 떨어진 위치부터 3 cm간격으로 선을 그어 이루어진 교차점 16점을 기준으로 하여 표면에 곰보나 골재가 없어 양호한 값을 얻을 수 있다고 판단되는 점을 타격하는 방법으로 시험체의 4면을 각각 16점씩 타격하여 모두 64점의 반발도 값을 평균하여 구하였다<sup>46)</sup>.

#### 2.3.3 초음파 속도 측정

초음파 전파속도의 측정은 영국 C.N.S사의 PUNDIT를 사용하였다. 측정에 적용된 발진자 및 수신자는 콘크리트

Table 1 Mix proportions of concrete

W/C (%)	Unit water (kg/m <sup>3</sup> )	S/A (%)	AE/C (%)	Proportion by unit weight (kg/m <sup>3</sup> )		
				Cement	Sand	Gravel
30	175	38	1.1	583	547	994
40	185	42	0.5	462	618	990
50	185	45	0.5	370	693	983
60	185	47	0.5	308	746	976
70	185	47	0.4	264	809	940

의 측정에서 가장 보편적으로 사용되는 주파수 54 kHz의 발·수진자를 사용하였다. 진자의 인가전압은 1.2 kV, 시간측정 단위는 0.1  $\mu$ s로 설정하였다.

반발경도의 측정이 끝난 시험체에 대하여 전후면, 좌우면을 대상으로 측정하되, 시험체와 측정기의 발·수진자 사이에는 그리스를 발라 밀착되게 하여 측정하였다. 전파시간은 전후, 좌우면 각각 수신자와 발신자를 바꾸어 2회씩 실시하여 총 4회의 값을 평균하여 구하였다<sup>17)</sup>.

### 3. 실험 결과 및 분석

#### 3.1 굳지 않은 콘크리트

굳지 않은 콘크리트의 실험결과는 Table 2와 같이 목표한 결과치를 나타내었다.

#### 3.2 경화 콘크리트

##### 3.2.1 반발도와 압축강도의 관계

W/C가 큰 범위인 60%와 70%의 시험체의 경우 W/C가 40%와 50%의 시험체 실험결과와 비교했을 때 압축강도의 값과 반발경도에 의한 추정식 값의 차이가 크게 나타났다. 따라서 W/C값이 큰 경우 기존제안식에 의한 추정값에 보정이 필요한 것으로 판단된다. 기중양생의 경우 그 차이가 크게 나타나는데 이는 함수율이 큼으로 인해 수분이 빠져나간 후 표면의 경도와 내부의 경도가 다름으로 인한 결과인 것으로 판단된다. W/C가 70%인 시험체의 경우를 제외하고는 재령이 3일, 7일인 시험체의 경우 압축강도와 반발도에 의한 추정값의 차이가 큰 반면, 재령 28일 시험체는 그 차이가 적어 거의 비슷한 값을 나타냈다. 따라서 초기 재령에는 공시체 속의 수분이 반발도에 큰 영향을 주는 것으로 판단된다.

Fig. 1은 각각의 재령마다 회귀식을 서로 비교한 것으로 기중양생이 표준양생보다 기울기의 변화가 큰 것을 알 수 있고, 이는 기중양생이 반발도에 의한 강도차이에 의한 변화의 폭이 크다는 것을 알 수 있다.

Fig. 2는 Fig. 1의 결과를 재령 및 양생조건별의 회귀식을 서로 비교하고, 또한, 반발도를 이용한 강도 추정회귀식을 도출한 것이며, Table 3은 재령별, 양생조건별 반발도에 의한 압축강도추정의 회귀식을 나타낸 것이다.

##### 3.2.2 초음파속도와 압축강도의 관계

초음파 속도에 의한 비파괴 강도와 압축강도를 양생조건별로 비교한 결과 전체적으로 양생조건에 따라 표준양생이 기중양생보다 초음파 속도가 빠르게 나타났다. 이는 시험체 내부의 건조에 따른 함수상태 변화에 따른 영향으

로 전파속도의 차이가 나타나는 것으로 판단된다.

Fig. 3은 각각의 재령마다 양생 조건에 따른 회귀식을 서로 비교한 것으로 초기 재령에서는 공시체 속의 수분의 영향으로 초음파속도에 상당한 영향을 주고 있음을 알 수가 있다. 재령 7일까지는 기중양생이 높은 강도를 보이기도 하였으나, 재령이 증가하면서 표준양생의 강도가 증가하는 것을 알 수가 있었다.

따라서, 초기 재령시의 미세한 속도 증가로 강도증가를 판정하기에는 매우 어렵고 불안정한 것으로 판단된다.

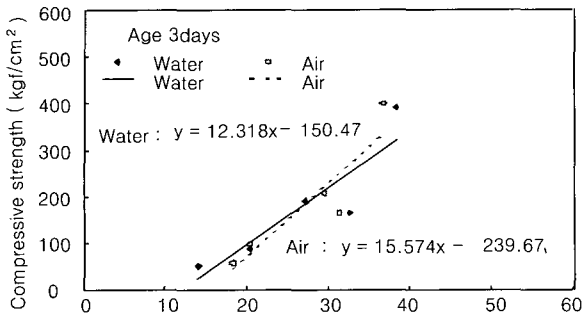
Fig. 4는 초음파 속도법을 이용한 강도추정식만을 양생조건별로 비교하였으며, 또한 초음파 속도법을 이용한 압축강도 추정회귀식을 도출한 것이다. Table 4는 재령 및 양생조건에 따른 강도추정식을 나타낸 것이다.

Table 2 Test results of fresh concrete

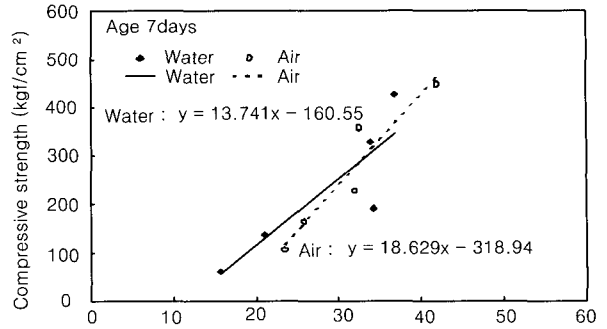
W/C (%)	30	40	50	60	70
Slump(cm)	15.7	14.5	15.5	15.0	15.6
Air(%)	5.1	5.6	4.8	5.3	4.9

Table 3 The estimation formula for rebound hammer method

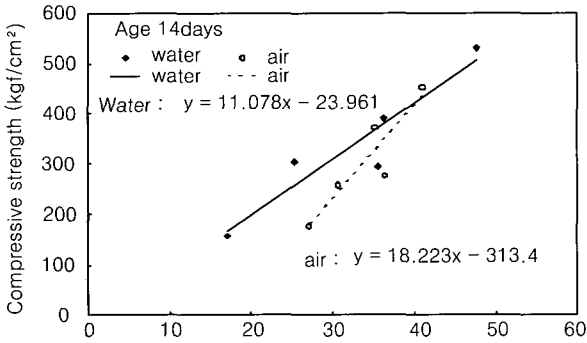
Curing condition	Age (Days)	Regression equation	Correlation coefficient
Water curing	3	$f_3 = 12.3_s R_3 - 150.47$	0.900
	7	$f_7 = 13.7_s R_7 - 160.55$	0.870
	14	$f_{14} = 11.1_s R_{14} - 23.96$	0.941
	28	$f_{28} = 11.6_s R_{28} - 41.61$	0.990
	90	$f_{90} = 9.37_s R_{90} + 22.64$	0.980
	180	$f_{180} = 9.78_s R_{180} + 13.2$	0.997
	Total	$f_c = 12.3_s R_o - 94.66$	0.926
Air dried curing	3	$Af_3 = 15.6_A R_3 - 239.7$	0.909
	7	$Af_7 = 18.6_A R_7 - 318.9$	0.948
	14	$Af_{14} = 18.2_A R_{14} - 313.4$	0.909
	28	$Af_{28} = 27.0_A R_{28} - 611.1$	0.984
	90	$Af_{90} = 16.5_A R_{90} - 310.5$	0.951
	180	$Af_{180} = 20.2_A R_{180} - 486.7$	0.990
	Total	$Af_c = 15.5_A R_o - 241.5$	0.907



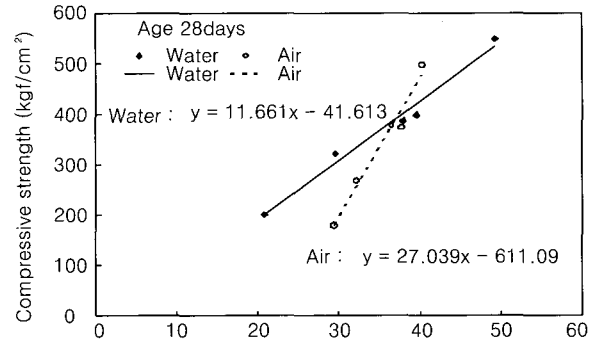
(a) Age 3 days



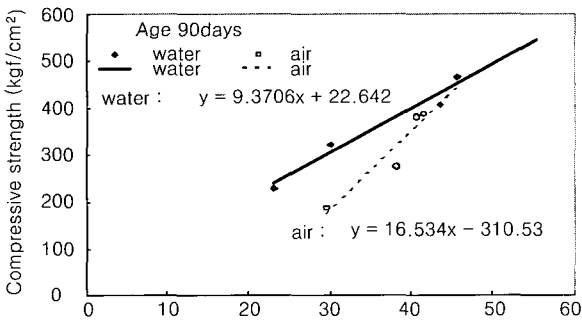
(b) Age 7 days



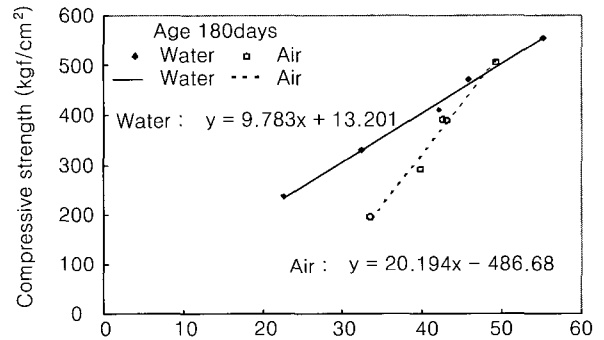
(c) Age 14 days



(d) Age 28 days



(e) Age 90 days



(f) Age 180 days

Fig. 1 Test results of concrete specimens ; rebound hammer method

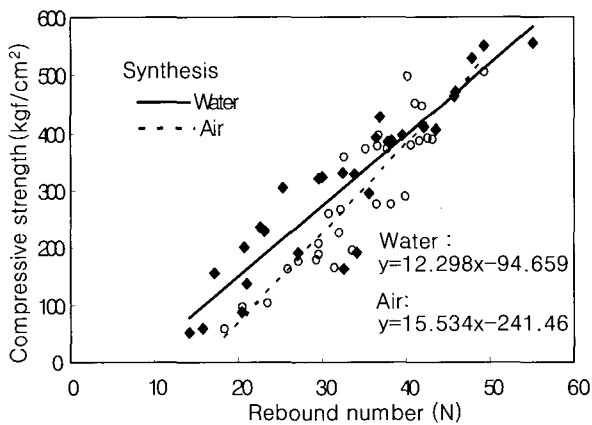


Fig. 2 Test results of whole concrete specimens ; rebound hammer method (3, 7, 14, 28, 90, 180 Days)

### 3.2.3 복합법에 의한 압축강도 추정식

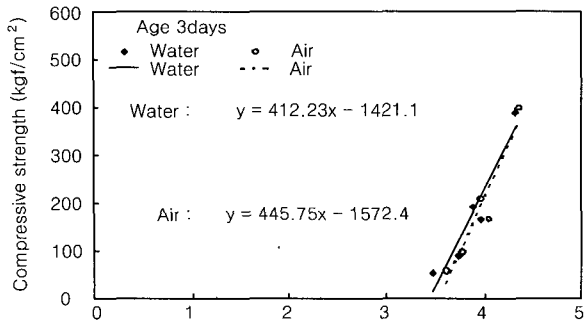
전반적으로 재령 및 양생조건에 따른 압축강도 추정상관성은 약간의 차이를 보이고 있으나, 전체적으로 복합법에 의한 압축강도 추정상관성은 양호한 것으로 나타나고 있다. 재령3일부터 180일까지의 반발도법과 초음파법을 재령 및 양생조건별 다중상관으로 종합한 복합법에 의한 압축강도에 관한 다중회귀 추정식은 표준양생과 기중양생에 대해서 각각 식(1) 및 식(2)과 같다.

$$s f_c = 9.3_s R_o + 141.1_s V_p - 597.4 \quad (1)$$

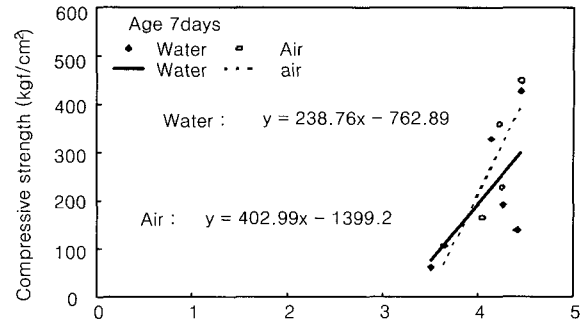
(상관계수=0.936)

$$A f_c = 10.1_A R_o + 180.6_A V_p - 796.4 \quad (2)$$

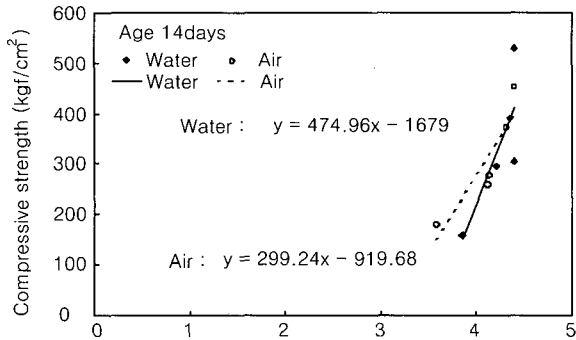
(상관계수=0.946)



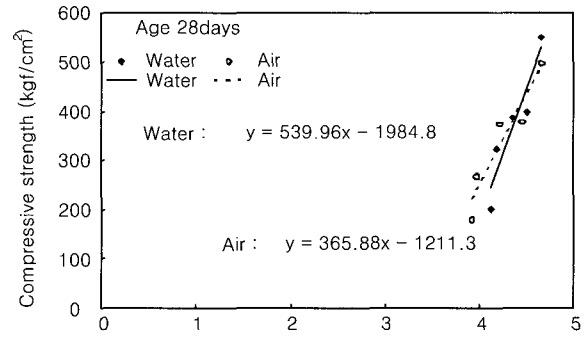
(a) Age 3 days



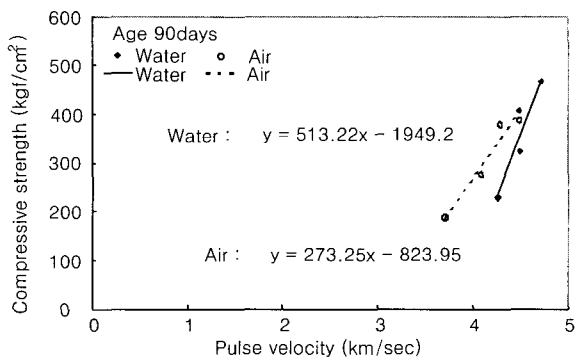
(b) Age 7 days



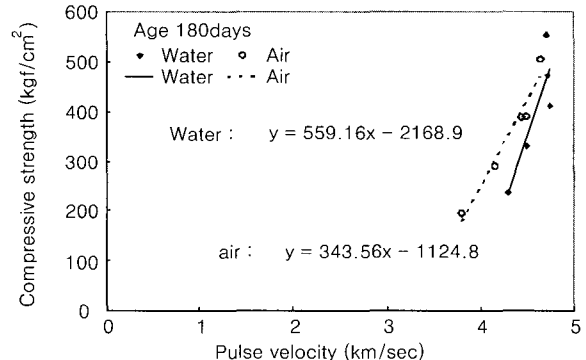
(c) Age 14 days



(d) Age 28 days



(e) Age 90 days



(f) Age 180 days

Fig. 3 Test results of concrete specimens ; ultrasonic pulse velocity method

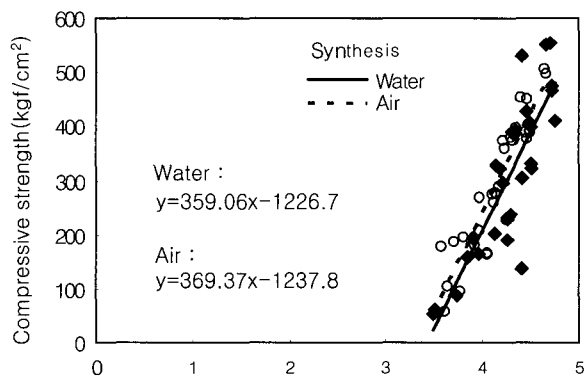


Fig. 4 Test results of whole concrete specimens ; ultrasonic pulse velocity method (3, 7, 14, 28, 90, 180 days)

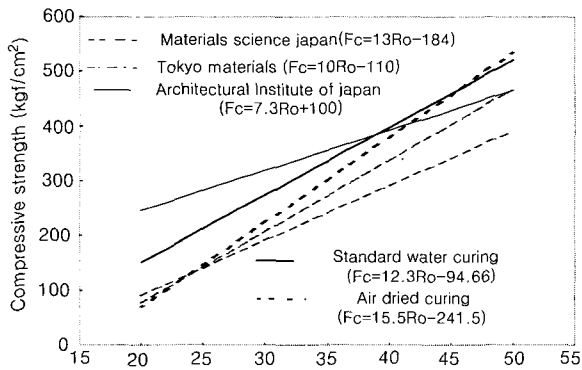
### 3.2.4 기존 제안식과 비교

본 연구에서 나타난 결과와 기존에 제안된 식을 비교하면 Fig. 5와 같다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 반발도는 서로 다른 경향을 보이고 있으며, 반발도의 범위가 작은 경우 동일하거나 약간 크게 평가하고, 큰 범위에서는 전반적으로 크게 평가하고 있다.

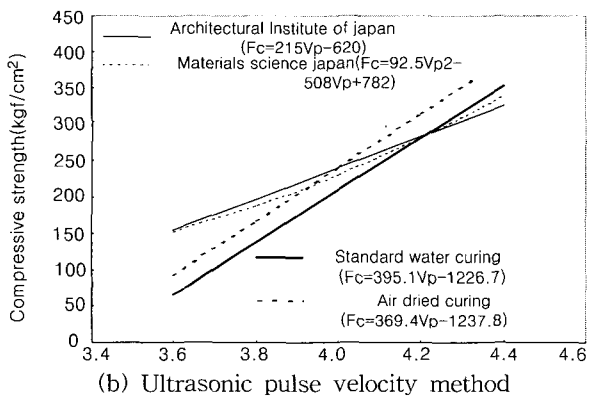
본 연구에서 도출된 추정식의 경우는 초음파속도의 증가에 따라 압축강도 증진이 비례적으로 크게 추정하고 있는데, 기중양생이 보다 큰 구배를 보이고 있으며 초음파속도가 작은 범위에서는 낮게, 큰 범위에서는 전반적으로 크게 평가하고 있다.

Table 4 The formula for estimation of compressive strength by ultrasonic method

Curing condition	Age (Days)	Regression equation	Correlation coefficient
Water curing	3	$sf_3 = 412.2_s V_3 - 1421.1$	0.956
	7	$sf_7 = 238.7_s V_7 - 762.9$	0.615
	14	$sf_{14} = 474.9_s V_{14} - 1679$	0.806
	28	$sf_{28} = 539.9_s V_{28} - 1984.8$	0.939
	90	$sf_{90} = 513.2_s V_{90} - 1949.2$	0.931
	180	$sf_{180} = 559.2_s V_{180} - 1948.3$	0.876
	Total	$sf_c = 359.1_s V_p - 1226.7$	0.846
Air dried curing	3	$Af_3 = 445.7_A V_3 - 1572.4$	0.956
	7	$Af_7 = 402.0_A V_7 - 1399.2$	0.869
	14	$Af_{14} = 299.2_A V_{14} - 919.7$	0.897
	28	$Af_{28} = 365.9_A V_{28} - 1211.3$	0.946
	90	$Af_{90} = 273.2_A V_{90} - 823.9$	0.971
	180	$Af_{180} = 343.5_A V_{180} - 1124.8$	0.976
	Total	$Af_c = 369.4_A V_p - 1237.8$	0.919



(a) Rebound hammer method



(b) Ultrasonic pulse velocity method

Fig. 5 Comparisons of existing suggested formula for the estimation of compressive strength

#### 4. 결 론

본 연구에서 얻어진 결론은 다음과 같다.

1) 양생조건에 따른 반발도 및 압축강도는 재령 3일, 7일의 경우 표준양생이 기중양생보다 상부에 위치한 상태

에서 반발도가 커질수록 압축강도도 유사하게 증가하는 것으로 나타났다. 또한 재령 28일, 91일의 경우는 W/C가 큰 범위인 60, 70 %의 시험체는 동일 압축강도에서 기중양생의 반발도가 크게 나타났다.

2) 안산암 골재를 사용한 콘크리트의 반발도법에 의한 압축강도 추정식은 다음과 같다.

$$\text{표준양생: } sf_c = 12.3_s R_o - 94.66 \quad (\text{상관계수}=0.926)$$

$$\text{기중양생: } Af_c = 15.5_A R_o - 241.5 \quad (\text{상관계수}=0.907)$$

3) 안산암 골재를 사용한 콘크리트의 초음파속도법에 의한 압축강도 추정식은 다음과 같다.

$$\text{표준양생: } sf_c = 359.1_s V_p - 1226.7 \quad (\text{상관계수}=0.846)$$

$$\text{기중양생: } Af_c = 369.4_A V_p - 1237.8 \quad (\text{상관계수}=0.919)$$

4) 안산암 골재를 사용한 콘크리트의 압축강도추정식을 종합하여 복합법에 의해 분석한 결과는 다음과 같다.

$$\text{표준양생: } sf_c = 9.3_s R_o + 141.1_s V_p - 597.4 \quad (\text{상관계수 } 0.936)$$

$$\text{기중양생: } Af_c = 10.1_A R_o + 180.6_A V_p - 796.4 \quad (\text{상관계수 } 0.946)$$

#### 감사의 글

이 연구는 건설교통부 '99 연구개발사업과 2000년도 한국 표준과학연구원에서 수행한 과제에 의해 일환으로 진행되었음을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

#### 참고문헌

- 이리형 외 7인 “콘크리트 구조물의 비파괴검사 및 안전진단,” 한국콘크리트학회, 1995.
- 우시창, “사회간접자본시설의 손상도 평가, 진단, 보수·보강에 있어서 비파괴검사의 역할,” 콘크리트학회지, 제10권 2호, 1998. 4, pp.9~19.
- 한국전력공사 기술연구원, “콘크리트 강도측정을 위한 비파괴검사의 신뢰도 향상에 대한 연구,” 1988. 8.
- 구봉근, 오병환, 김영의, 김대봉, 한승환, “비파괴시험에 의한 기존 콘크리트 구조물의 압축강도 추정,” 콘크리트학회지, 1994. 12, pp.159~172.
- 이리형, 권영용, “제2회기술강좌, 콘크리트 구조물의 비파괴시험 및 안전진단,” 콘크리트학회지, 1993. 2.
- 대한건축학회, “건축공사 표준시방서,” 1994.

7. 연길환, 윤석천, 송인춘, "반발도법과 초음파속도법의 복합법에 의한 콘크리트 압축강도의 추정," 대한건축학회논문집, 1987. 6, pp.161~169.
8. 연길환, "콘크리트 압축강도와 초음파속도의 상관분석," 대한건축학회지, 1986. 2, pp.121~127.
9. 오창희, 반호용, "초음파를 이용한 서울, 경기, 강원지역 레미콘의 비파괴시험에 관한 연구," 대한건축학회지, 1987. 6, pp.143~149.
10. 오창희, 이리형, 서치호, "콘크리트 강도추정을 위한 비파괴시험법에 관한 소고," 대한건축학회논문집, 총권 175호, 1988.10.
11. 김정섭, "현장콘크리트의 강도추정을 위한 복합비파괴 시험법의 신뢰도에 관한 연구," 대한건축학회논문집, 제12권 1호, 1996. 1.
12. 권영웅, "실존 콘크리트구조물의 강도 추정에 관하여 (I)," 대한건축학회논문집, 제36권 1호, 1992.1.
13. 한천구, "콘크리트의 특성과 배합설계," 기문당, 1999
14. 강병서, 김계수, "통계분석을 위한 SPSSWIN Easy," 법문사, 1998.3, pp.175~237.
15. 동부건설기술연구소, "비파괴검사에 의한 구조물 안전 진단," 1996. 8.
16. 권영웅, "콘크리트 표면경도시험법," 콘크리트학회지 제10권 2호, 한국콘크리트학회, 1998. 4., pp.22~26
17. 오병환, 김세훈, "초음파 속도법을 이용한 콘크리트 구조물의 균열측정," 한국콘크리트학회 학술발표회논문집, 제11권 2호, 통권 제21집. 1999. 11.
18. Anderson, D. A., and Seals, R. K., "Pulse Velocity as a Predictor of 28 and 90 Day Strength," *ACI Materials Journal*, Vol.78, Mar., 1981, pp.116~122.
19. RILEM, Recommendation NDT 1 ; *Testing Concrete by The Ultrasonic Pulse Method*. 1972.
20. Jones, R., "Non-Destructive Testing of Concrete," Cambridge University Press, 1962.
21. I. Facaoaru, "Non-Destructive Testing of Concrete in Romania," Architecture and City Planning/ Building Research Institute, 1968.
22. Wheen, R. J., "Non-Destructive Testing of Concrete," *Building Science*, Vol.9, No.4, 1974.
23. Facaoaru, I., "Non-Destructive Testing of Concrete in Romania," *Symposium Proceedings on NDT of Concrete and Timber*, Inst. of Civil Engineer, Londin, 1970.
24. Wiebenga, J. G., "Institute TMO Voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies," The Netherlands, 1968.
25. Facaoaru, I., Dumitrescu I., and Stamate G., "New Developments and Experience in Applying Combined Non-Destructive Methods for Testing Concrete," Report for the RILEM Working Group for Non-Destructive Testing Meeting, 1970.
26. Elvery, R. H., and Ibrahim, L. A. M., "Ultrasonic Assessment Concrete Strength at Early Age," *Magazine of Concrete Research*, 1976. 12., pp.81~190.
27. Chung, H. W., "Effects of Embedded Steel Bars Upon Ultrasonic Testing of Concrete," *Magazine of Concrete Research*, 1978. 3, pp.19~25.
28. Reynolds, W. N., Wilkinson, S. J., Spooner, D. C., "Ultrasonic Wave Velocities in Concrete," *Magazine of Concrete Research*, 1978. 9, pp.193~144.
29. Tomsett, H. N., "The Practical Use of Ultrasonic Pulse Velocity Measurements in Concrete," *Magazine of Concrete Research*, 1980. 3, pp.7~16.

## 요 약

구조물 안전진단 등의 분야에서 콘크리트 압축강도의 추정을 위한 비파괴시험법이 많이 도입되어 사용되고 있으며, 압축강도를 추정하기 위한 방법으로는 코어를 채취하지 않고 기존의 압축강도 추정식을 이용하는 방법이 많이 사용되고 있으나 이 경우 이용되는 압축강도 추정식은 외국에서 이미 제안된 식이 그대로 사용하고 있다. 그러나, 이러한 압축강도 추정식의 적용은 동일한 비파괴 시험값에 대하여 추정 압축강도가 각각 다르게 나타날 수 있다. 왜냐하면 외국의 사용재료나 기후 등이 우리나라와 다르기 때문이다.

따라서, 본 연구에서는 국내실정에 적합한 전국적인 추정식 제안을 목적으로 진행된 종합적인 연구 중 특히, 전라권에 많이 분포되어 있는 안산암을 대상으로 하여 일반강도 범위에서 콘크리트 압축강도에 현저한 영향을 주는 배합사항, 양생조건 및 재령에 따른 반발도법, 초음파전파속도법 및 복합법에 의한 압축강도 추정식을 비교 분석함으로써 국내의 콘크리트 압축강도 비파괴시험의 추정식을 제안하고자 하였다.

실험결과에 따라 국내의 안산암 골재를 사용한 비파괴 시험에 의한 압축강도 추정식을 제안 하면 다음과 같다.

$$1) \text{반발 강도법} \quad f_c = 12.3_s R_o - 94.66 \quad \langle \text{표준양생} \rangle \quad f_c = 15.5_A R_o - 241.5 \quad \langle \text{기중양생} \rangle$$

$$2) \text{초음파 속도법} \quad f_c = 359.1_s V_p - 1226.7 \quad \langle \text{표준양생} \rangle \quad f_c = 369.4_A V_p - 1237.8 \quad \langle \text{기중양생} \rangle$$

**핵심용어** : 콘크리트 압축강도실험, 비파괴실험, 반발경도법, 초음파전파속도법, 안산암골재, 복합법, 표준양생, 기중양생