



슈미트 해머 시험에 의한 고강도 콘크리트의 강도 추정식

권영웅¹⁾ · 박송철²⁾ · 김민수³⁾*

¹⁾인천대학교 건축공학과, ²⁾인천교육과학연구원, ³⁾(주)합건설방재기술단

Strength Prediction Equations for High Strength Concrete by Schmidt Hammer Test

Young-Wung Kwon¹⁾, Song-Chul Park²⁾, and Min-Su Kim³⁾*

¹⁾ Dept. of Architectural Engineering, University of Incheon, Incheon 402-749, Korea

²⁾ Incheon Educational & Science Research Institute, Incheon 400-340, Korea

³⁾ Hap Technological Group for Structural Safety, Incheon 405-855, Korea

ABSTRACT For the assessment of existing concrete structures, it is important to get the real strength of concrete. The load test or core test has many problems due to cost, time, easiness, structural damage, and reliability and so on. Thus, various non-destructive test and statistical analysis techniques for strength assessment have been developed. As a result, the real strength of concrete can be obtained by both direct and indirect test. In this study, a series of experimental tests of core strength and Schmidt hammer tests on 3, 7, 14, 28, 90, 180, 365, and 730 days' were done for predicting the compressive strength of high strength concrete with 65.0 MPa of 28-days' strength. Each experimental results was analyzed by simple regression analysis. Then, reliability level and error rate between the proposed equations and the existing ones was examined. However, the application of the existing equations was inadequate to high strength concrete, because they were conducted under normal strength concrete. Therefore, the following compressive strength equations were proposed for predicting the compressive strength of high strength concrete by Schmidt hammer test. The proposed equations by Schmidt hammer test are as follows

Keywords high strength concrete, regression analysis, strength equation, Schmidt hammer test

1. 서 론

최근 급속한 경제발전과 더불어 도시인구의 과밀화로 구조물은 초고층화, 대형화 그리고 복잡화 되어가는 추세에 있다. 이러한 새로운 시스템에 발맞추어 고강도, 고성능화된 콘크리트 개발이 요구되고 있으며, 국내에도 50 MPa 전후의 고강도 콘크리트가 건축물에 적용되고 있다. 1987년 미국 시애틀의 Two Union Square 건물에는 130 MPa의 콘크리트가 사용되기에 이르렀다¹⁾.

1999년에 개정된 한국 콘크리트 표준시방서에서는 토목이나 건축구조물 모두 고강도 콘크리트의 설계기준강도(f_{ck})를 40 MPa 이상으로 규정하고 있으며, 미국 ACI363에서는 42 MPa 이상을, 일본토목학회 콘크리트 표준시방서에서는 60~80 MPa 이상을 고강도 콘크리트라고 하고 있다²⁾.

실제 시공중에 있거나 사용되고 있는 구조물의 안전성에 의문이 생길 때 해석적 방법이나 재하시험 등으로 콘

크리트의 강도를 구하기에 앞서 여러 가지 비파괴 시험을 통하여 콘크리트의 강도를 구하는 행위가 선행되고 있다. 구조물의 강도를 추정하는 비파괴 시험은 국부 파괴 방식의 관입저항법, 인발법과 접촉방식의 표면타격법, 초음파법과 비접촉방식의 전자파법, 적외선법등이 있으나 이러한 비파괴 시험은 소요되는 비용이나 속도, 편이성, 구조체의 손상, 신뢰성 등 저마다의 문제점을 가지고 있을 뿐만 아니라 실험 환경이나 수준에 따른 자료나 추정식도 크게 부족한 실정이고, 특히 고강도 콘크리트의 경우 기존의 강도 추정식이 보통 콘크리트에 관한 것이 대부분이어서 고강도 콘크리트에 대한 별도의 강도 추정식이 필요하게 되었다^{3,4)}.

지금까지 많은 연구자들은^{5,6)} 실존하는 콘크리트 구조체로부터 실제강도를 구하려는 노력을 끊임없이 하여 왔으며, 이는 콘크리트 공학의 발전과 더불어 계측 기술이나 통계학 및 표준화의 도움으로 상당한 수준의 성과를 이뤄냈다고 할 수 있다. 하지만 고강도 콘크리트에 기존 추정식을 적용시 킬 경우 발생하는 오차가 무시할 수 없을 정도임이 밝혀져서⁷⁾ 현장에서 적용하기엔 무리가 있는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 콘크리트의 비

*Corresponding author E-mail : con925@hanmail.net
Received October 13, 2005, Accepted March 30, 2006
©2006 by Korea Concrete Institute

파괴 시험 중 슈미트 해머 시험에 의한 고강도 콘크리트의 강도 추정식을 제안하고 그 특성을 비교·분석그 목적이 있다. 측정된 각 시험값의 회귀분석은 SPSS (statistical package for social science)⁸⁾ 프로그램을 사용하였다.

2. 실험 계획 및 방법

2.1 실험변수 및 수준

본 연구는 28일 모 콘크리트(mother concrete) 강도가 65.0 MPa인 콘크리트 구조체를 제작하고, 재령 3, 7, 14, 28, 90, 180, 365, 730일에 도달할 때 마다 슈미트해머 시험과 코어 강도 시험⁹⁻¹¹⁾을 통하여 강도발현과 여러 파라미터들의 관계를 알아보고자 하였다. 이때 시험 환경으로 습도, 온도 등 기타 변수들은 고려하지 않고 대기 노출 양생 시켰으며, 각 시험 이후 강도 기저(basis)가 되는 콘크리트 코어는 가능한 한 시험부위와 일치시켜 천공하였다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용된 콘크리트는 인천에 소재한 S사의 레미콘으로서 그 재료적·물리적 특성은 Tables 1~3과 같다.

2.3 콘크리트 배합설계⁷⁾

본 실험에 사용된 콘크리트의 만능시험체는 28일 표준실린더 압축강도가 65.0MPa로 설계되었다. 이때 강도에 따라 사용한 단위시멘트량은 506kg/m³, 단위수량 134kg/m³, 세골재율 37%, 물·시멘트비(W/CM)는 25%, 최대골재치수, 슬럼프, 공기량 등은 각각 25mm, 120mm, 4.5%로 하였다. 또한 플라이애쉬와 혼화제도 사용되었으며, 이들을 종합하면 Table 4와 같다.

2.4 시험체의 제작 및 양생

시험 구조체는 가로 × 세로 × 높이 × 두께를 2000 × 3000 × 1000 × 205mm 크기로 제작하였으며, 성형 및 양생은 제작에서 시험때까지 흔들리거나 진동을 받지 않는 평평하고 단단한 슬래브 위에서 대기양생 하였다. 시험체의 형태 및 규격은 Figs. 1~2와 같으며, 구조체가 보통의 콘크리트 구조물과 비슷한 조건이 되도록 D10, D13철근을 200mm간격으로 2단으로 배근하였다. 시험체의 벽두께는 코어 길이를 고려하여 205mm로 하였는데 5mm는 가공

Table 1 Physical properties of type I cement

Specific gravity	Blaine (cm ² /g)	Stability (%)	Setting time(min)		Compressive strength(MPa)		
			initial	final	3 day	7 day	28 day
3.15	3,350	0.03	250	360	21	28	36

Table 2 Physical properties of aggregate

Aggregate	Specific gravity	Finess modulus	Absorption (%)	Unit weight (kg/m ³)	Percentage passing of 0.08 sieve(%)
Fine	2.62	2.82	0.8	1600	0.3
Coarse	2.62	5.75	0.5	1560	0.3

Table 3 Physical properties of admixtures

Concrete strength (MPa)	Type	Principal element	State	Color	Specific gravity (20°C)
65.0	Poly-carbon acid salts	Poly carbon acid	Fluid	Light orange	1.20

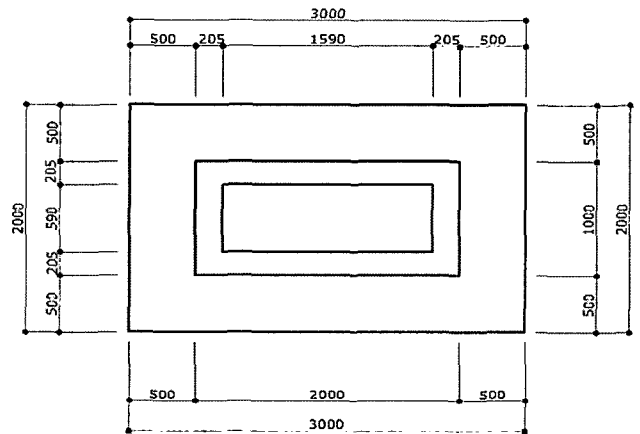


Fig. 1 Plan of test specimen(unit:mm)

을 위한 여유분이다. 또한 구조체의 높이는 1m로 하여 상·중·하 부분을 각각 천공하였다.

2.5 시험방법

철근탐사기를 이용하여 철근의 위치를 확인한 후 시험체가 건조한 상태에서 해당 재령일에 슈미트 해머 시험을 행한 후 코어를 채취하였다. 시험에 사용된 슈미트해머는 일본 카메쿠라(Kamekura)사의 보통 강도용 슈미트해머(a-750RX)이다.

Table 4 Mix proportioning of concrete

Concrete strength (MPa)	W/C (%)	S/a (%)	Unit weight of ingredient (kg/m ³)						Max. aggregate size (mm)	Slump (mm)
			W	C	S	G	F	A		
65.0	25	37	134	506	597	904	127	14.56	25	120

W: Water, C: Cement, S: Sand, G: Gravel, F: Fly ash, A: Admixture

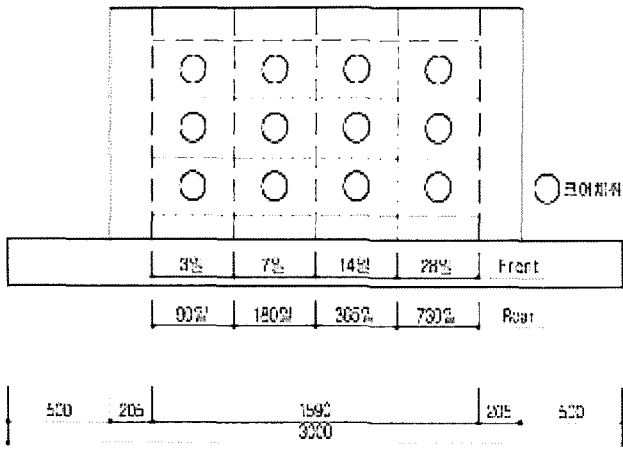


Fig. 2 Drilled position of concrete core (unit:mm)

3. 시험 결과 및 분석

3.1 시험 결과

콘크리트 구조체에서 각 재령마다 상·중·하 3곳을 선정하여 슈미트 해머로 반발도 시험을 한 결과 평균반발도 R값은 Table 5와 같이 36.5~47.9로 나타났으며, 시험위치 3곳을 천공 채취하여 평균 압축강도 시험¹²⁾을 한 결과는 34.9~68.9 MPa로 나타났다.

3.2 재령과 반발도의 관계

고강도 콘크리트에서 초기재령(3일)의 반발도는 28일 반발도의 87%값을 나타내고 있다. Table 5에서 알 수 있듯이 고강도 콘크리트는 재령 28일 이후에 재령에 따른 반발도 증가율이 현저히 감소되게 나타났다.

3.3 콘크리트 강도의 정규화

콘크리트 코어강도 시험 결과를 재령에 따라 정규화하여 표시하면 Table 6, Fig. 3과 같다.

3.4 반발도의 정규화

콘크리트의 경도(hardness)를 반발도로 하여 재령에 대해 정규화하여 도시하면 Table 7, Fig. 3과 같다. Fig. 3에서 볼 수 있듯이 콘크리트 코어강도와 슈미트 해머의 반발도 사이에는 그 성향(tendency)이 일치하여 상관성을 가지고 있음을 알 수 있다.

4. 슈미트 해머 시험에 의한 강도 추정식

4.1 회귀분석^{13,14)}

본 연구에서 제안된 회귀분석식은 추정된 회귀식이 관측값을 얼마나 잘 설명하는지는 결정계수 r^2 을 사용하였

Table 5 Test results of concrete core and schmidt hammer test

Age (Day)	Core strength		Rebound index(R)	
	Individual (MPa)	Average (MPa)	Individual (R)	Average (R)
3	38.4	34.93	36.3	36.53
	(24.1)		36.2	
	42.3		37.1	
7	40.1	41.86	37.7	37.83
	44.7		37.7	
	40.8		38.1	
14	48.2	44.00	37.5	37.30
	39.6		37.4	
	44.2		37.0	
28	63.2	63.23	39.3	39.10
	63.6		38.9	
	62.9		39.1	
90	65.3	64.00	43.6	43.06
	63.1		43.8	
	63.6		41.8	
180	67.1	64.56	43.1	43.23
	62.9		43.3	
	63.7		43.3	
365	65.6	65.36	46.3	46.53
	66.6		46.9	
	63.9		46.4	
730	69.3	68.90	46.4	47.90
	68.4		48.6	
	69.0		48.7	

Table 6 Normalized strength of concrete core

Concrete strength(MPa)	Age (days)							
	3	7	14	28	90	180	365	730
65.0	0.55	0.67	0.69	1.00	1.01	1.02	1.03	1.08

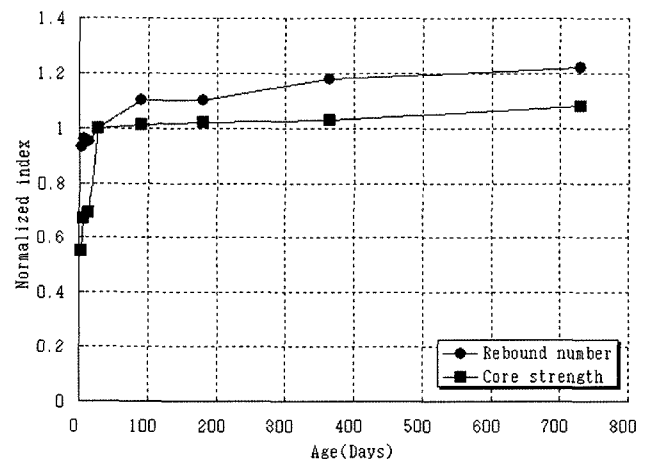


Fig. 3 Normalized indices of high strength concrete due to the effect of age

Table 7 Normalized rebound index of concrete structure

Concrete strength(MPa)	Age (days)							
	3	7	14	28	90	180	365	730
65.0	0.93	0.96	0.95	1.00	1.10	1.10	1.18	1.22

고 그 값이 1에 가까울수록 신뢰할 수 있다고 보았다.

$$r^2 = 1 - \frac{\sum (Y_j - \hat{Y}_j)^2}{\sum (Y_j - \bar{Y})^2} \quad (1)$$

여기에서, r^2 = 결정계수

Y_j = 실제측정값

\hat{Y}_j = 표본모형에서 Y_j 의 추정값

\bar{Y} = Y 의 평균값

단순회귀모형의 설정은 식 (2)로 가정하였으며,

$$Y_j = \beta_0 + \beta_1 X_j + \epsilon_j \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

여기에서, Y_j = 종속변수 Y 의 j 번째 관측값

β_0, β_1 = 모집단회귀 계수

X_j = 독립변수 X 의 j 번째 관측값

ϵ_j = j 번째 확률오차항

β_1 에 대하여는 F분산과 P값을 검증하였는데,

$$F = \frac{MSRG}{MSR} = \frac{SSRG/1}{SSR/n-2} \quad (3)$$

여기에서, $MSRG$ = 회귀제곱평균

MSR = 잔차제곱평균

SSR = 잔차제곱합

$SSRG$ = 회귀제곱합

이고, 만약 $F \geq F_{\alpha(1, n-2)}$ 이면 귀무가설은 기각된다. 또한 P값은 단측검증인 경우에

$$P_r(T \leq t_0), t_0 = \frac{b_1}{S_{b1}} \quad (4)$$

$$P_r(T \geq t_0)$$

임을 검증하였으며, 이때 P값이 유의수준 α 보다 적으면 귀무가설은 기각된다.

4.2 회귀분석 내용

슈미트 해머 시험과 28일 표준 실린더 압축강도 65.0 MPa인 콘크리트에 대한 회귀분석 결과는 Tables 8-9와 같다.

4.3 회귀분석에 의한 강도 추정식

반발도와 코어 강도를 회귀분석한 강도 추정식은 Fig. 4와 같다. 또한 슈미트해머 시험에 의한 1차 강도추정식 $f_c = 2.593R - 51.577$ 에 의한 추정강도와 코어강도와의 오차율은 Table 10과 같이 11.73%이었고, 2차 강도추정식 $f_c = -0.388R^2 + 35.287R - 733.435$ 에 의한 추정강도와 코어강도 시험값의 오차율은 Table 11과 같이 9.10%로써 오차율이 2.63% 감소하였으며, 로그함수 $f_c = -308.91$

Table 9 Proposed equation

	Unstandardized coefficients		T	Sig.
	B	std. error		
Constant	-51.577	15.321	-3.366	0.030
	2.593	0.368	7.047	0.000
Proposed equation	$f_c = 2.593R - 51.577$			
Coefficient	35.287	-	4.692	0.0001
Coefficient ²	-0.388	-	-4.350	0.0003
Constant	-733.435	-	-4.667	0.0001
Proposed equation	$f_c = -733.435 + 35.287R - 0.388R^2$			
Constant	-308.911	-	7.289	0.000
Coefficient	98.294	-	-6.148	0.000
Proposed equation	$f_c = -308.91 + 98.294 \ln(R)$			

Table 8 The results of regression analysis

	Source	r square	DF	SS	MS	F	Sig.
Linear	Regression	0.693 (0.679)	1	2732.904	2732.904	49.656	0.000
	Residual Error		22	1210.814	55.037		
	Total		23	3943.718			
Quadratic	Regression	0.838 (0.823)	2	3306.858	1653.429	54.520	0.000
	Residual error		21	636.859	30.326		
	Total		23	3943.717			
Logarithmic	Regression	0.716 (0.703)	1	2072.257	2072.257	53.133	0.000
	Residual error		21	819.017	39.000		
	Total		22				

note) 1. () = Adjusted r square.

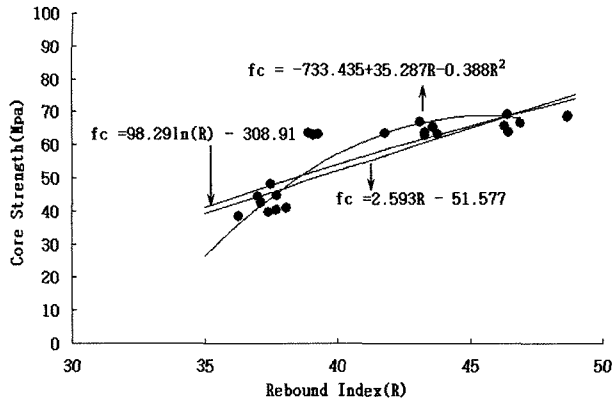


Fig. 4 Proposed strength equation of concrete by schmidt hammer test

+ 98.294ln(R)에 의한 추정강도와 코어강도 시험값과의 오차율은 Table 12와 같이 12.13%였고, 1차식과 비교해서 오차율이 0.4% 증가하였다.

4.4 제안식과 기존식의 비교

슈미트 해머 시험에 의한 강도추정식과 기존식^{15,16)}을

시험값의 평균으로 비교한 결과는 Table 13과 같이 1차 추정식 $f_c = 2.593R - 51.577$ 에 의한 오차율 11.09%, 2차 추정식 $f_c = -733.435 + 35.287R - 0.388R^2$ 에 의한 오차율 7.26%, 로그함수에 의한 강도추정식 $f_c = -308.91 + 98.29\ln(R)$ 에 의한 오차율은 11.07%, 일본재료학회식 $f_c = 13R - 184$ 에 의한 오차율 35.26%, 일본건축학회식 $f_c = 7.3R + 100$ 에 의한 오차율 25.99%, 일본동경도식 $f_c = 10R - 110$ 에 의한 오차율은 44.14%로써 2차추정식에 의한 오차율이 가장 낮았으며, 동경도시험식과 2차추정식과는 36.88%의 오차율 차이가 났다. 이는 기존식이 보통강도 콘크리트에 대한 강도 추정식이기 때문이며 고강도 콘크리트의 강도추정에는 본 시험에 의한 강도 추정식이 적합함을 알 수 있다. 더욱이 재령계수를 사용하면 그 정도는 더욱더 커질 것임을 알 수 있다. Fig. 5는 제안식과 일본재료학회식, 일본건축학회식, 일본동경도식을 비교한 그래프이다.

5. 결 론

본 연구는 실존하는 고강도 콘크리트 구조체에 슈미트 해머에 의한 비파괴 시험을 하여 그 강도를 추정할 것

Table 10 Error of proposed equation and core strength (linear)

Item	Age (days) 3			7			14			28		
	90			180			365			730		
Proposed equation	42.54	42.28	44.62	46.17	46.17	47.21	45.66	45.40	44.36	50.32	49.29	49.80
	61.47	61.99	56.81	60.18	60.69	60.69	68.47	70.03	68.78	68.73	74.44	74.70
Core strength	38.40	24.10	42.30	40.10	44.70	40.80	48.20	39.60	44.20	63.20	63.60	62.90
	65.30	63.10	63.60	67.10	62.90	63.70	65.60	66.60	63.90	69.30	68.40	69.00
Error rate	10.78	75.43	5.48	15.13	3.28	15.71	-5.26	14.64	0.36	-20.37	-22.50	-20.82
	-5.86	-1.75	-10.67	-10.31	-3.51	-4.72	4.37	5.15	7.63	-0.82	8.83	8.26

Table 11 Error of proposed equation and core strength (quadratic)

Item	Age (days) 3			7			14			28		
	90			180			365			730		
Proposed equation	35.50	36.20	41.60	45.40	45.40	47.70	41.00	43.50	44.20	52.10	53.10	54.00
	63.60	67.50	67.70	66.60	67.00	67.00	68.60	68.50	68.00	68.50	65.00	64.80
Core strength	38.40	24.10	42.30	40.10	44.70	40.80	48.20	39.60	44.20	63.20	63.60	62.90
	65.30	63.10	63.60	67.10	62.90	63.70	65.60	66.60	63.90	69.30	68.40	69.00
Error rate	-7.55	50.20	-1.65	13.21	1.56	16.91	-14.93	9.84	0.00	-17.56	-16.50	-14.14
	2.60	6.97	6.44	-0.74	6.51	5.18	4.57	2.85	6.41	-1.15	-4.97	-6.08

Table 12 Error of proposed equation and core strength (logarithm)

Item	Age(days) 3			7			14			28		
	90			180			365			730		
Proposed equation	44.14	43.87	46.28	47.86	47.86	48.90	47.34	47.07	46.02	51.94	50.94	51.44
	62.15	62.60	58.01	61.02	61.47	61.47	68.08	69.28	68.35	68.27	72.92	73.02
Core strength	38.40	24.10	42.30	40.10	44.70	40.80	48.20	39.60	44.20	63.20	63.60	62.90
	65.30	63.10	63.60	67.10	62.90	63.70	65.60	66.60	63.90	69.30	68.40	69.00
Error rate	14.82	82.03	9.40	19.35	7.06	19.85	-1.78	18.86	4.11	-17.81	-19.90	-18.21
	-4.82	-0.79	-8.78	-9.06	-2.27	-3.50	3.78	4.02	6.96	-1.48	6.60	5.82

Table 13 Comparison of proposed equation with others^{15,16)}

Equation	Age(day)									Error rate (%)
	3	7	14	28	90	180	365	730		
Core strength(average)										
Proposed ($f_c=2.593R-51.577$)	A	43.66	46.43	45.14	49.80	60.18	60.44	68.99	72.62	11.09
	B	24.99	10.91	2.59	-27.01	-5.96	-6.38	5.55	5.39	
Proposed ($f_c=-733.435+35.287R-0.388R^2$)	A	37.62	46.02	42.94	53.10	66.68	66.86	68.45	66.53	7.26
	B	7.70	9.93	-2.40	-22.17	4.18	3.56	4.72	-3.43	
Proposed ($f_c=-308.91+98.29\ln(R)$)	A	44.76	48.20	46.81	51.44	60.93	61.31	68.54	71.40	11.07
	B	28.14	15.14	-2.40	-24.60	-4.79	-5.03	4.86	3.62	
Japan Institute of Materials ($f_c=13R-184$)	A	29.05	30.74	30.09	32.43	37.63	37.76	42.05	43.87	35.26
	B	-16.83	-26.56	-31.61	-52.46	-41.20	-41.51	-35.66	-36.32	
Architectural Institute of Japan ($f_c=7.3R+100$)	A	36.64	37.59	37.22	38.54	41.46	41.53	43.94	44.96	25.99
	B	4.89	-10.20	-15.40	-39.04	-35.21	-35.67	-32.77	-34.74	
Tokyo ($f_c=10R-110$)	A	255.3	268.3	263.0	281.0	320.6	322.3	355.3	369.0	44.14
	B	-26.91	-35.90	-40.22	-58.81	-49.90	-50.07	-45.63	-45.73	

note) 1. A : Error rate of proposed equation, 2. B : Error rate = $\{(\text{proposed strength}-\text{core strength})/\text{core strength}\} \times 100$, 3. C : Average of strength for test results.

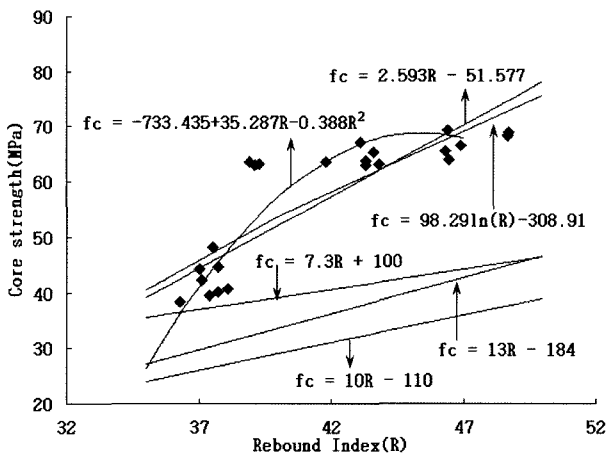


Fig. 5 Comparison of proposed equation

이다. 일련의 슈미트 해머 시험과 코어강도 시험결과를 바탕으로 고강도 콘크리트의 강도 추정을 위해 제안된 강도식은 다음과 같다.

5.1 1차식

$$f_c = -51.5 + 2.59 R (\text{MPa})$$

R = Rebound Index

$$r^2 = 0.693$$

(평균반발도) = 42.22

(코어강도와의 오차율) = 11.73%

5.2 2차식

$$f_c = -733.4 + 35.28 R - 0.388R^2 (\text{MPa})$$

R = Rebound Index

$$r^2 = 0.838$$

(평균반발도) = 42.22

(코어강도와의 오차율) = 9.10%

5.3 대수식

$$f_c = 98.29\ln(R) - 308.9 (\text{MPa})$$

R = Rebound Index

$$r^2 = 0.716$$

(평균반발도) = 42.22

(코어강도와의 오차율) = 12.13%

5.4 향후의 과제

본 연구는 실존 고강도 콘크리트 구조체에 대한 강도 추정식이 마련되었다는 점에 의의가 있다. 차후로 보다 다양한 고강도의 수준에 따라 추가시험을 통하여 그 적용성을 높여나가야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 (주)합건설방재기술단이 지원한 연구비에 의해 수행되었으며, 이에 다시 한번 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 한국콘크리트학회, 최신콘크리트공학, 기문당, 2005, pp. 468, 635~641.
2. ACI 228.1R-95, "On-Place Methods to estimate Concrete Strength", ACI, 2002.
3. 권영웅, 박송철, 김민수, 유재은, "슈미트해머 시험법에 의한 고강도 콘크리트의 강도추정식", 한국구조물진단학회 가을학술발표대회 논문집, 2004, pp.15~20.

4. 박송철, “비파괴 시험법에 의한 고강도 콘크리트의 강도 추정”, 인천대학교 공학박사학위논문, 2005. 8.
5. 김영의, “비파괴 검사법에 의한 기존콘크리트 구조물의 압축강도 추정”, 충북대학교 공학박사학위논문, 2004.
6. 정일영, “콘크리트의 적절한 비파괴 시험에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, Vol.9, No.8, 1993.
7. 이성용, “실존 콘크리트 구조체의 코어강도에 관한 연구”, 인천대학교 석사학위논문, 2003. 6.
8. 서혜선, Spss를 활용한 회귀분석, spss아카데미, 2003, pp.5~93.
9. ASTM C 42-90, “Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete”, ACI, 1981.
10. KSF 2412, 콘크리트 코어의 길이 측정 방법, KS 규정집, 2001.
11. KSF 2422, 콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도 시험 방법, KS 규정집, 2001.
12. KSF 2405, 콘크리트의 압축 강도 시험 방법, KS 규정집, 2001.
13. 오광우, 회귀분석 입문 및 응용, 탐진, 2003, pp.38~187.
14. 박광배, 변량분석과 회귀분석, 학지사, 2003, pp.265~322.
15. 권영웅, “콘크리트 구조물의 비파괴검사 및 안전진단”, 제2회 KCI 기술강좌, 한국콘크리트학회, 1993.
16. 권영웅, “콘크리트 구조물의 강도추정에 관한 연구(I)”, 대한건축학회지, Vol.36, No.1, 1992. pp.112~118.

요 약 실존하는 콘크리트 구조체를 평가할 때, 그 콘크리트의 강도를 알아내는 것이 매우 중요하다. 콘크리트의 강도를 알아내기 위하여 재하시험이나 코어시험을 하는 것은 시험비용, 편의성, 시간, 구조체에 대한 손상, 신뢰성등 많은 문제점이 있다. 그러므로 이러한 문제점들을 극복하기 위하여 여러 가지 비파괴 시험과 통계적 해석을 통한 구조해석법이 발전해 오고 있다. 본 연구에서는 재령 3, 7, 14, 28, 90, 180, 365, 730일에 대하여 28일 표준실린더 압축강도 65.0 MPa인 고강도 콘크리트 구조체의 실제강도를 알기 위한 일련의 실험을 하였고, 각 실험결과를 SPSS 프로그램으로 회귀분석 하였다. 회귀분석에 의한 강도추정식과 코어강도값을 비교하여 오차율을 계산하고, 기존식과 비교하여 추정식의 유의성을 검토한 결과 기존식들은 보통강도 콘크리트에는 적용할 수 있지만 고강도 콘크리트에는 적용에 한계가 있음이 밝혀졌다. 따라서 40 MPa 이상의 고강도 콘크리트의 슈미트 해머 시험에 의한 강도 추정을 위해 다음과 같은 강도식을 제안하였다.

핵심용어 고강도 콘크리트, 회귀분석, 강도식, 슈미트 해머 시험