

혼화재를 사용한 콘크리트 구조체의 비파괴 시험에 의한 장기재령 압축강도 추정

Estimation of Long-term Aging Compressive Strength Through Non-Destructive Testing of Concrete Structure Using Mineral Admixtures

김 정 섭¹ 신 용 석^{1*} 이 창 현² 이 승 중² 김 광 석³

Kim, Jeong-Sup¹ Shin, Yong-Seok^{1*} Lee, Chang-Hyun² Lee, Seung-Jung² Kim, Kwang-Seok³
Department of Architectural Engineering, Chosun University, Dong-gu, Gwangju, 501-759, Korea ¹
Graduate School, Chosun University, Dong-gu, Gwangju, 509-759, Korea ²
Department of Architectural, Seokang University, Buk-gu, Gwangju, 500-742, Korea ³

Abstract

Recently, the use of mineral admixtures in concrete has been studied in many laboratories, and been applied in the field. But the non-destructive testing equation proposed in Japan for normal strength concrete has been used to determine compressive strength, because there has been a lack of systematic research on the compressive strength of concrete using mineral admixtures. For this reason, it is essential to suggest a non-destructive testing equation to estimate the compressive strength of concrete using mineral admixtures. Therefore, this study made a cylindrical specimen and core tube specimen of concrete using a mineral admixture, and suggested a strength estimation of long-term age (4 years) through non-destructive and destructive tests. The results of the research are as follows. Comparing error rates between conventional suggested equations and this estimated equation shows some differences by age, but the error rate of this study was reduced to 0.3 %~115.0 % compared to conventional equations by re-bound hammering, 0.2 %~22.8 % by the ultrasound velocity method and 0.5 %~102.3 % by complex method. Accordingly, it is judged to be suitable for assessing the compressive strength of concretes using mineral admixtures.

Keywords : mineral admixtures, non-destructive testing, compressive strength estimation

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

콘크리트의 강도를 평가하는 방법은 파괴시험과 비파괴 시험이 이용되고 있다. 파괴시험은 구조물에 손상을 주는 문제점으로 인해 기존 철근콘크리트 구조물의 구조체에 손상을 주지 않고 콘크리트의 물리적 특성을 파악할 수 있으며 손쉽게 할 수 있는 비파괴 시험이 바람직하다.

비파괴 시험을 이용한 압축강도 추정 방법으로는 반발경도법, 초음파속도법, 복합법 등이 주로 이용되고 있으며 [1,2,3,4] 현재 콘크리트 강도를 추정하기 위한 비파괴 추정식은 일본건축학회식과 일본동경도시험소식, U.S Army 실험소식, J.Pysziak 제안식 등의 외국의 추정식을 주로 이용하고 있으며[3], 국내 콘크리트 재료 및 환경 등의 조건이 다른 상황에서 만든 외국의 추정식을 국내의 콘크리트 구조물에 적용할 경우 실제 강도와 추정강도는 차이를 보일 것으로 사료된다.

또한 콘크리트 배합시 자원의 재활용과 자연 환경의 측면에서 시멘트의 대체자원인 혼화재의 사용이 일반화되고 있지만 혼화재를 사용한 콘크리트는 보통콘크리트에 비해 초기강도 지연과 장기강도 증대 등의 특성을 나타내는 것으로

Received : March 18, 2011

Revision received : August 16, 2011

Accepted : August 22, 2011

* Corresponding author : Shin, Yong-Seok

[Tel: 82-62-230-7797, E-mail: ysshin27@naver.com]

©2011 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

알려져 기존의 보통콘크리트에 대한 비파괴 추정식에 적용 시 파괴강도와 추정강도간에 미세한 차이를 보일 것으로 사료된다[5,6,7].

따라서 본 연구에서는 기존의 외국 추정식을 사용했을 경우 발생할 수 있는 추정강도와 파괴강도 차이를 줄이며시멘트의 대체 사용으로 증대되고 있는 혼화재(플라이애시(Fly ash ; 이하 FA), 고로슬래그(Blast furnace slag ; (BF), 실리카흄(Silica-fume ; SF)을 사용한 콘크리트의 비파괴 압축강도 추정에 적용할 수 있는 혼화재 종류별, 시험 위치별 강도 추정식을 제안하고자 한다.

1.2 연구범위 및 방법

본 연구는 국내 건축물에 사용된 혼화재를 사용한 콘크리트의 배합특성 및 기중조건에 적절한 비파괴 시험법을 제안함으로써 실제 콘크리트의 압축강도에 근접한 강도를 추정하는데 목적이 있다.

비파괴 압축강도 제안식은 파괴시험에 의해 측정된 압축강도 값과 반발경도, 초음파속도 등의 비파괴시험을 통해 압축강도와 비파괴 시험값 사이의 상관관계를 나타내는 식이다.

본 연구에서는 보통 콘크리트와 플라이애시(FA), 고로슬래그(BF), 실리카흄(SF) 등의 혼화재를 사용한 콘크리트 원주형(圓柱形) 공시체와 같은 조건의 벽체 구조체를 제작하여, 코어를 채취한 코어공시체에 대하여 재령 4년(1460일)에 대한 반발경도와 초음파속도를 측정하였다. 파괴 시험과 비파괴 시험 실시 후 파괴 압축강도(f_c)와의 반발경도 및 초음파속도 등의 상관관계를 구하여 혼화재 사용 콘크리트의 장기재령 강도 추정식을 제안하였다.

최종적으로 혼화재 사용 콘크리트의 재령에 따른 반발경도, 초음파속도 측정값을 기존 제안식 적용하여 추정강도와 압축강도와의 오차율은 비교하여 본 연구의 추정식의 적용 가능성을 평가하고자 하였다.

2. 실험 계획 및 방법

2.1 실험 계획

본 연구에서는 파괴 시험 및 비파괴 시험을 실시위해 Table 1과 같이 보통콘크리트와 혼화재를 사용한 원주형 공시체와 Figure 2와 같은 3,600(L)×1,800(W)×1,700(H)

mm의 크기의 코어채취용 벽식 구조체와 원주형 공시체를 제작하였다[8,9].

Table 1. Design of experiment

Experiment factor	Content
W/C	45 %
Mix	Fly ash(FA) - 20 % Substitution Blast furnace slag(BF) - 30 % Substitution Silica-fume(SF) - 20 % Substitution
Slump(mm)	150±20
Amount air(%)	4±1
Wall	High, Low
Estimation method	Compressive Strength test, Rebond number test Ultrasonic pulse velocity test

코어 채취는 구조체의 상부(CH)와 하부(CL)로 나누어 채취하였으며, 코어장비의 진동으로 인한 코어공시체의 손상을 최소화 하기 위해 재령 28일부터 구조체에서 저속으로 코어채취 하였으며, 재령 7일과 14일의 실험결과는 원주형 공시체를 이용하여 실험을 실시하였다.

구조체에서 채취한 코어공시체와 원주형 공시체는 재령별로 파괴압축강도와 반발경도, 초음파속도를 측정 후 기존 제안식에 적용하여 파괴압축강도와 추정강도간의 오차율을 비교하였으며 최종적으로 본 실험에 의한 혼화재를 사용한 콘크리트의 파괴압축강도와 반발경도, 초음파속도를 회귀분석 후 추정식을 제안하였다.

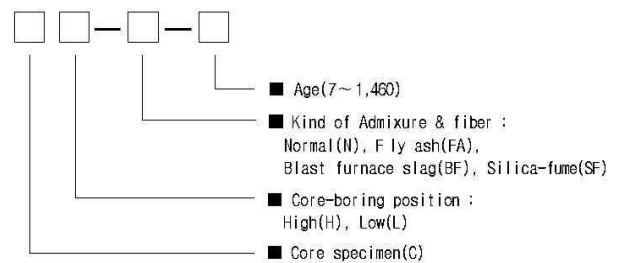


Figure 1. Specimen-index

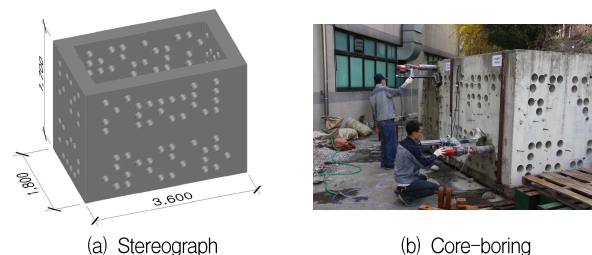


Figure 2. Stereograph and core-boring

2.2 실험 방법

압축강도 측정은 최대하중 1,000 kN의 만능재료시험기(U.T.M)를 사용하여 콘크리트 압축강도 시험 방법(KS F 2405)에 따라 실험하였다.

반발경도 측정은 콘크리트 압축강도 추정을 위한 반발경도시험(KS F 2730)에 의해 실시하였으며, 시험 전 테스트 앤빌로 보정 후 코어채취 전 20회를 타격하여 반발경도를 구하였다. 슈미트 햄머 타격시 콘크리트 표면에 굽은골재의 양과 크기에 의해 반발경도 측정값은 변동폭이 크므로 정확한 반발경도를 구하기 위해서 평균의 $\pm 20\%$ 를 초과하는 시험 값을 제거 후 재 평균하여 반발경도(R)로 하며 이 때 범위를 벗어나는 반발경도값이 4개 이상인 경우 다시 반발경도 측정을 실시하였다.

초음파속도 측정은 콘크리트 압축강도 추정을 위한 초음파 펄스속도 시험방법(KS F 2731)에 의하여 시험을 실시하였으며 측정은 수진자와 발진자를 서로 교대하여 일정한 힘으로 양면을 가압 후 각 2회 측정하여 그 평균값을 초음파속도(V_p)라 하였다.

2.3 배합계획

보통콘크리트의 배합은 기존에 사용된 혼화콘크리트에 적용하기 위해서 혼화재의 혼입 비율은 기존 연구의 상세 비율을 토대로 실험과 참고문헌에서 권고하는 수준의 비율로 실무에서 상용화된 혼화재별 각 배합비율을 선정하였으며[10,11,12] 콘크리트 배합표는 Table 2와 같다.

Table 2. Concrete mix design

Material	Substitution Ratio (%)	Unit weight(kg/m ³)					
		W	C	S	G	Mineral Admixture	Chemical Admixture
N	0	158	350	889	907	0	1.8
FA	20	158	280	889	907	70	2.5
BF	30	158	245	889	907	105	3.5
SF	20	158	280	889	907	70	2.5

구조체에 사용된 콘크리트의 배합순서는 잔골재, 시멘트, 혼화재, 굽은골재, 혼화제와 같은 순서로 투입하며, 비빔을 한 후 콘크리트의 슬럼프 시험 방법(KS F 2402)의 규격에 의하여 슬럼프를 확인한 후 타설하였다.

2.4 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 KS L 5201에 규정된 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며 시멘트의 화학적 성분 및 물리적 성질은 Table 3과 같다.

잔골재와 굽은골재는 KS L 5202(의 규격에 적합한 골재를 사용하며, 잔골재는 섬진강산 강모래, 굽은골재는 쇄석을 사용한다. 골재의 물리적 성질은 Table 4와 같다.

Table 3. Chemical composition and physical properties of cement

Chemical Composition (%)							Density (g/cm ³)
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₃	lg.loss	
21.90	6.59	2.81	60.12	3.32	2.11	2.58	3.15

Table 4. Physical properties of aggregate

Kind	Diameter (mm)	Unit Weight (kg/m ³)	Density (g/cm ³)	Water Ratio (%)	Fineness Modulus
Sand	5	1.65	2.61	1.05	2.69
Gravel	20	1.55	2.67	1.24	6.83

혼화재는 KS 규격(KS F 5405, 2563, 2567)에 적합한 제품을 사용하였으며 플라이애시와 고로슬래그 미분말은 국내에서 생산된 제품을, 실리카흙은 S사에서 수입한 Elken Microsilica를 사용하였다.

Table 5. Chemical properties of mineral admixture

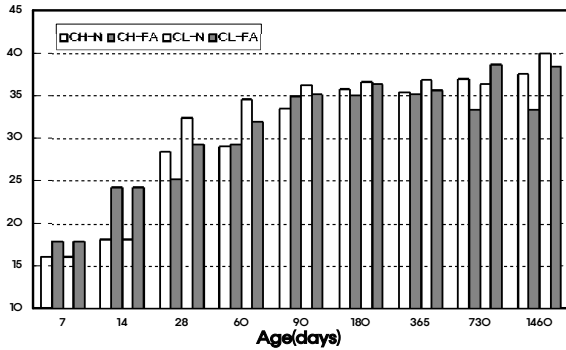
Material	Chemical Composition(%)						Density (g/cm ³)	Fineness(cm ² /g)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₃		
FA	52.09	25.36	12.90	2.58	1.37	0.07	2.15	3,639
BF	34.14	17.04	0.32	43.31	6.35	0.08	2.91	4,463
SF	90.00	1.50	3.00	2.00	3.00	-	2.20	200,000

3. 실험 결과

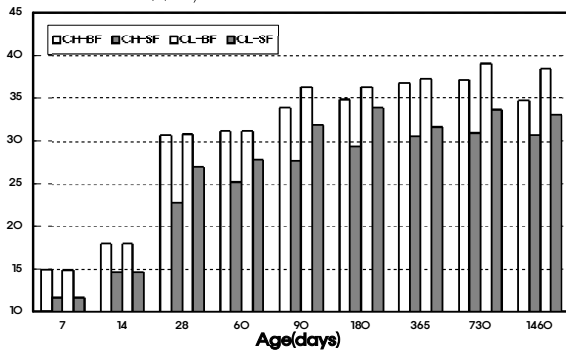
3.1. 실험 결과

3.1.1 파괴 압축강도

보통콘크리트 및 혼화재 혼입 콘크리트 구조체에서 코어 채취한 시험체의 재령별 파괴 압축강도는 Figure 3과 같다.



(a) N, FA substitution concrete



(b) BF, SF substitution concrete

Figure 3. Compressive strength by varying curing age of specimen

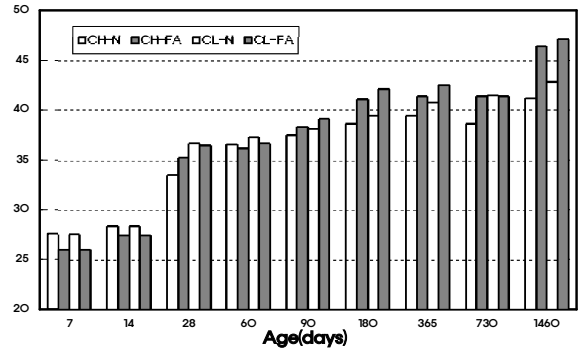
재령별로 보통콘크리트 및 혼화재를 혼입한 콘크리트 구조체에서 코어채취한 실험체의 파괴 압축강도를 측정하고, 실험체 모두 설계기준강도 24 MPa 이상의 강도 발현을 보였다.

보통콘크리트와 혼화재를 혼입한 콘크리트의 재령별 압축강도를 비교했을 경우, 보통 콘크리트가 혼화재를 사용한 콘크리트 보다 초기강도는 높게 나타났으며 재령이 경과할수록 보통콘크리트와 혼화재를 혼입한 콘크리트의 강도 차이는 감소하면서 유사한 강도를 나타냈다.

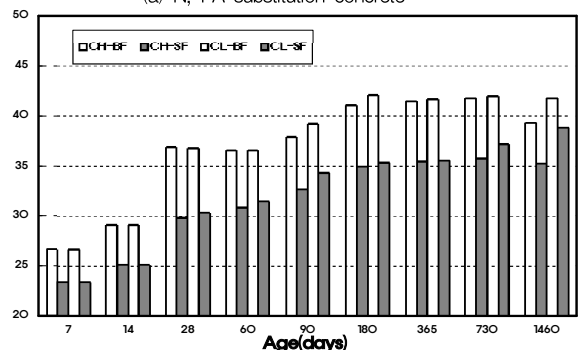
코어채취 위치에 따른 실험체의 상부(CH)와 하부(CL)의 압축강도를 비교하였을 때, 상부보다 하부의 압축강도가 0.4~18.0% 정도 높은 경향을 보였으며, 재령에 따라 상부와 하부의 차이는 일정하게 나타났다. 이는 콘크리트 부어넣기 후 하부에서 습윤상태가 유지되면서 상부보다는 하부의 압축강도가 높은 경향을 보인 것으로 판단된다.

3.2.2 반발경도

보통콘크리트와 혼화재 혼입 콘크리트의 구조체에서 재령별 반발경도 측정결과는 Figure 4와 같다.



(a) N, FA substitution concrete



(b) BF, SF substitution concrete

Figure 4. Rebound number by varying curing age of specimen

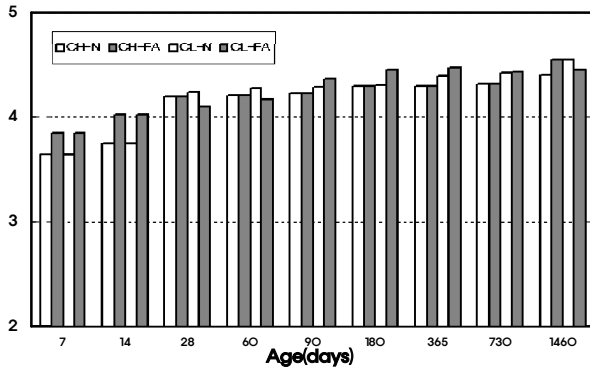
코어공시체의 상부(CH)와 하부(CL) 비교하면, 재령 초기에는 상부와 하부의 반발경도 차이는 크게 나지 않았으나 재령이 경과할수록 하부가 상부보다 표면경도가 증대되면서 반발경도가 높게 나타났다.

3.2.3 초음파속도

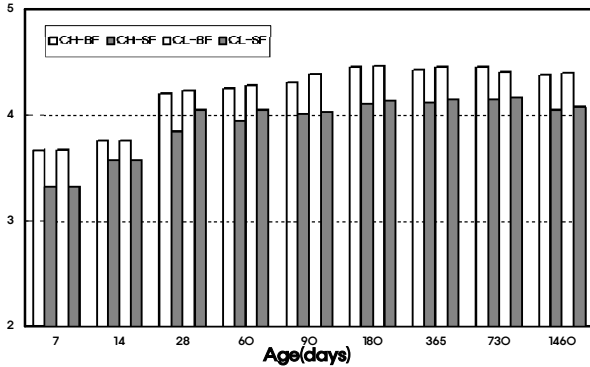
보통콘크리트와 혼화재 혼입 콘크리트의 재령별 초음파속도 측정결과는 Figure 5와 같다.

재령별로 보통콘크리트 및 혼화재를 혼입한 콘크리트 구조체에서 채취한 코어 실험체의 초음파속도를 측정하고, 파괴 압축강도, 반발경도와 마찬가지로 보통콘크리트가 혼화재를 혼입한 콘크리트보다 초음파속도는 높게 나타났다. 재령 60일 이후에는 SF 혼입 콘크리트를 제외한 혼화재 사용 콘크리트가 보통 콘크리트보다 초음파속도가 높게 나타났다.

코어 실험체의 상부(CH)와 하부(CL)를 비교하면 하부가 상부보다 초음파 속도가 높게 나타났으며, 초음파속도 특성상 재령 경과에 따른 반발경도와 파괴 압축강도의 증가 값과 다르게 초음파속도의 변화는 거의 없는 경향을 보였다.



(a) N, FA substitution concrete



(b) BF, SF substitution concrete

Figure 5. Pulse velocity by varying curing age of specimen

4. 회귀분석

SPSSWIN 12.0 통계 프로그램을 이용하여 보통콘크리트와 혼화재를 혼입한 콘크리트의 파괴시험과 비파괴시험 결과를 회귀분석 하였으며, 실험결과 값을 기준으로 단일법과 복합법의 상관관계에 따른 추정식은 Table 6~8과 같다.

보통콘크리트 및 혼화재 사용 콘크리트의 반발경도법에 의한 추정식은 코어 공시체의 상부와 하부를 통합한 추정식 보다는 상부와 하부로 구분한 추정식의 결정계수가 3.2%~17.1% 정도 높게 나타났다.

초음파속도법의 경우, 앞의 반발경도법과 마찬가지로 코어공시체의 상부와 하부를 통합한 추정식 보다는 상부와 하부로 구분한 추정식의 결정계수가 2.1%~16.6% 정도 높게 나타났다.

이와 같이 코어공시체의 상부와 하부를 통합한 추정식 보다 상부와 하부를 구분한 실험체의 결정계수가 높게 나온 것은 상부와 하부의 상관성이 높아 상부와 하부를 구분한 실험체의 회귀식의 적합도를 나타내는 결정계수가 높게 나온 것으로 사료된다.

Table 6. Strength regression analysis of FA substitution concrete

Classification	Name	Equation	Coefficient of determination(%)
Rebound number	CL-FA	$f_{cu}=1.0R-4.9$	84.9
	CH-FA	$f_{cu}=0.8R-1.4$	75.1
	C-FA	$f_{cu}=0.9R-2.2$	72.5
Pulse velocity	CL-FA	$f_{cu}=29.1V_P-92.0$	86.3
	CH-FA	$f_{cu}=22.4V_P-65.5$	77.8
	C-FA	$f_{cu}=23.8V_P-70.2$	74.0
Combined method	CL-FA	$f_{cu}=16.6V_P+0.5R-55.8$	88.3
	CH-FA	$f_{cu}=14.2V_P+0.3R-43.0$	78.7
	C-FA	$f_{cu}=13.7V_P+0.4R-43.0$	76.2

Table 7. Strength regression analysis of BF substitution concrete

Classification	Name	Equation	Coefficient of determination(%)
Rebound number	CL-BF	$f_{cu}=1.2R-14.9$	85.0
	CH-BF	$f_{cu}=1.5R-24.0$	93.6
	C-BF	$f_{cu}=1.2R-14.2$	82.4
Pulse velocity	CL-BF	$f_{cu}=27.1V_P-83.7$	93.2
	CH-BF	$f_{cu}=29.4V_P-92.6$	94.7
	C-BF	$f_{cu}=28.0V_P-87.0$	90.0
Combined method	CL-BF	$f_{cu}=22.3V_P+0.3R-75.9$	95.9
	CH-BF	$f_{cu}=12.2V_P+0.8R-51.4$	94.1
	C-BF	$f_{cu}=19.7V_P+0.4R-68.0$	92.0

Table 8. Strength regression analysis of SF substitution concrete

Classification	Name	Equation	Coefficient of determination(%)
Rebound number	CL-SF	$f_{cu}=1.5R-20.8$	89.6
	CH-SF	$f_{cu}=1.6R-23.9$	91.4
	C-SF	$f_{cu}=1.5R-20.4$	86.5
Pulse velocity	CL-SF	$f_{cu}=26.6V_P-77.9$	87.9
	CH-SF	$f_{cu}=25.2V_P-73.3$	87.4
	C-SF	$f_{cu}=26.3V_P-77.3$	82.0
Combined method	CL-SF	$f_{cu}=13.2V_P+0.8R-52.4$	94.7
	CH-SF	$f_{cu}=7.7V_P+1.1R-40.0$	91.9
	C-SF	$f_{cu}=11.6V_P+0.9R-48.5$	90.2

보통콘크리트 및 혼화재 사용 콘크리트의 복합법에 의한 추정식은 코어 공시체의 상부와 하부를 통합한 추정식 보다는 상부와 하부로 구분한 추정식의 결정계수가 0.2%~15.9% 정도 높게 나타났다.

앞의 단일법인 반발경도법과 초음파속도법과 비교했을 경우, 복합법의 추정식의 결정계수가 반발경도법에 의한 추정

식 보다는 0.5 %~12.8 % 정도, 초음파속도법 추정식 보다는 0.4 %~10.0 % 정도 복합법이 결정계수가 높게 나타나 현장에서 단일법인 반발경도법과 초음파속도법 보다는 복합법을 이용 강도를 추정하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

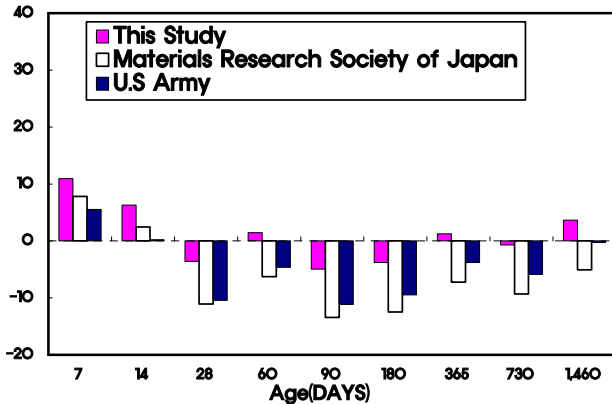
5. 기존 제안식과 본 연구의 추정식 비교

5.1 반발경도법의 기존 제안식과 추정식 비교

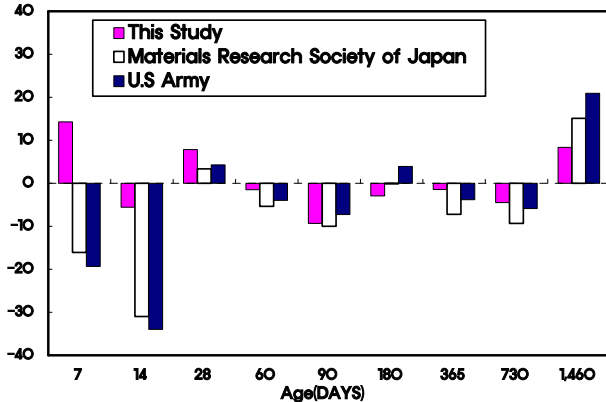
보통 콘크리트 및 혼화재 사용 콘크리트의 재령에 따른 반발경도 측정값을 Table 9와 같은 기존 제안식의 반발경도법에 적용한 추정강도와 압축강도와의 오차율은 Figure 6과 같다.

Table 9. Equation by rebound number method

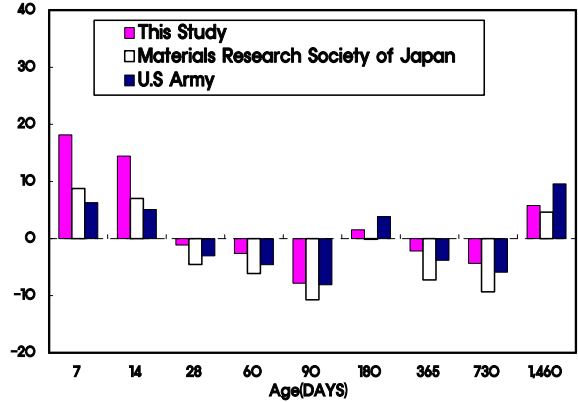
Classification	Equation
Materials Research Society of Japan	$f_{cu}=(7.3R+100)/10$
equation of U.S Army Laboratory	$f_{cu}=(-120.6+8.0R+0.0932R^2)/10$



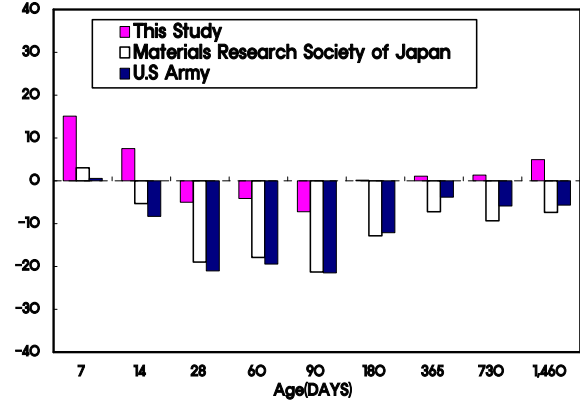
(a) N concrete



(b) FA substitution concrete



(c) BF substitution concrete



(d) SF substitution concrete

Figure 6. A comparison with error of an existing equation & presumption equation by rebound number method

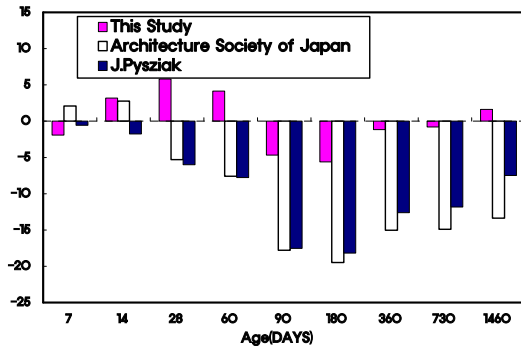
재령에 따른 기존제안식과 본 연구의 추정식의 오차율 비교했을 경우, 본 연구의 추정식은 0.2 %~18.2 % 정도, 일본재료학회식은 0.1 %~31.0 % 정도, U.S Army 실험소식은 0.28 %~34.0 %로 본 연구의 추정식이 기존 제안식보다 재령별로 낮은 오차율을 보였다.

5.2 초음파속도법의 기존 제안식과 추정식 비교

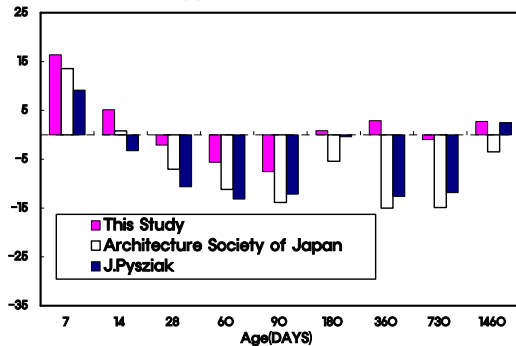
보통 콘크리트 및 혼화재 사용 콘크리트의 재령에 따른 반발경도 측정값을 Table 10과 같은 기존 제안식에 적용한 추정강도와 압축강도와의 오차율은 Figure 7과 같으며 초음파속도법에 따른 기존제안식과 본 연구의 추정식의 오차율 비교했을 경우, 본 연구의 추정식은 0.3 %~29.7 % 정도, 일본건축학회식은 0.8 %~23.8 % 정도, J.Pysziak의 제안식은 0.4 %~29.7 %로 기존 제안식보다 본 연구의 추정식의 재령별 오차율이 낮은 경향을 보였다.

Table 10. Equation by pulse velocity method

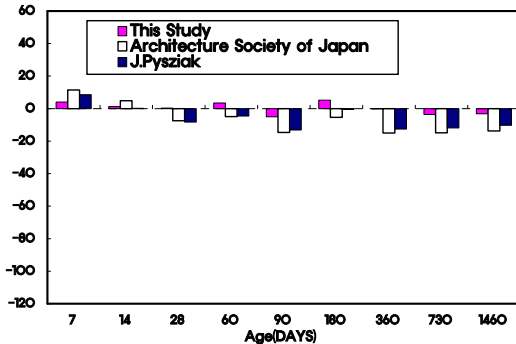
Classification	Equation
Architecture Society of Japan	$f_{cu}=(215V_p-620)/10$
J.Pysziak	$f_{cu}=(92.5V_p^2-508V_p+782)/10$



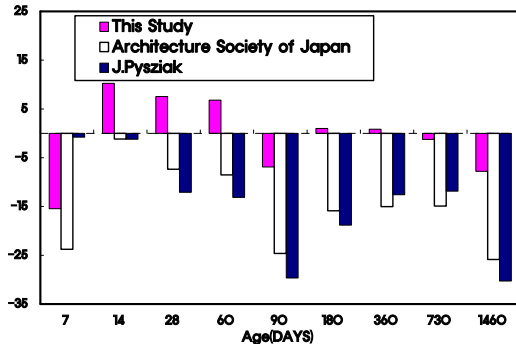
(a) N concrete



(b) FA substitution concrete



(c) BF substitution concrete



(d) SF substitution concrete

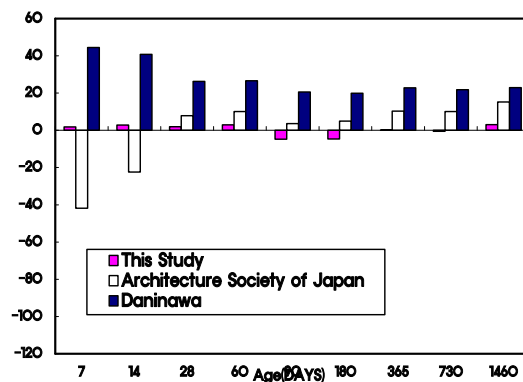
Figure 7. A comparison with error of an existing equation and this study equation by pulse velocity method

5.3 복합법의 기존 제안식과 추정식 비교

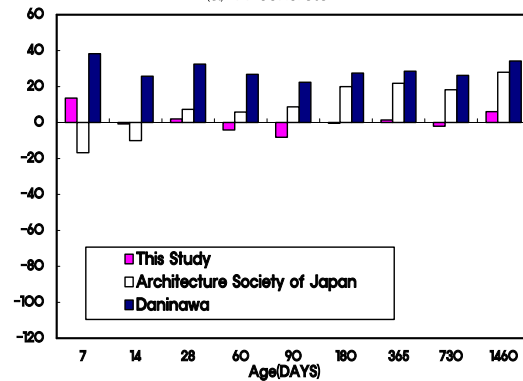
보통 콘크리트 및 혼화제 사용 콘크리트의 재령에 따른 반발경도와 초음파속도 측정값을 Table 11과 같은 기존 제안식의 복합법에 적용한 추정강도와 압축강도와의 오차율은 Figure 8과 같다.

Table 11. Equation by combined method

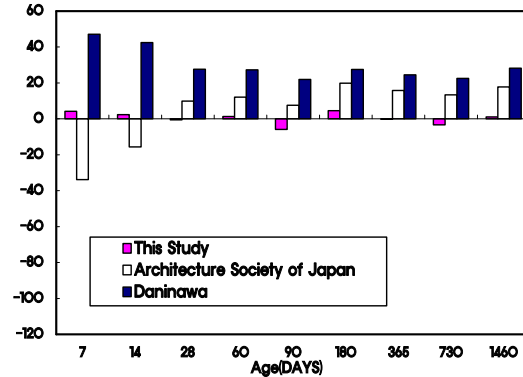
Classification	Equation
Architecture Society of Japan	$f_{cu}=(8.2R_o +269V_p-1094)/10$
Daninawa	$f_{cu}=(10.2(K \cdot R_o)+223V_p-960)/10$



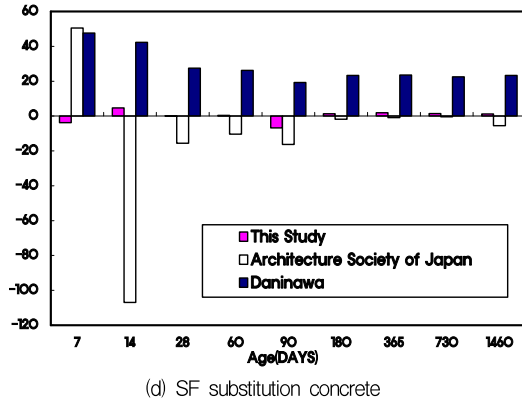
(a) N concrete



(b) FA substitution concrete



(c) BF substitution concrete



(d) SF substitution concrete
 Figure 8. A comparison with error of an existing equation and this study equation by combined method

복합법에 따른 기존 제안식과 본 연구의 재령별 추정식의 오차율 비교했을 경우, 본 연구의 추정식은 0.8 %~13.6 % 정도, 일본건축학회식은 0.5 %~106.9 % 정도, Daninawa 제안식은 19.0 %~47.6 % 정도로 본 연구의 추정식이 기존 제안식보다 재령별로 낮은 오차율을 나타냈다.

6. 결 론

본 연구는 혼화재를 사용한 혼화콘크리트에 대하여 코어 채취용 구조체를 제작하여 비파괴 시험과 파괴 시험을 통해 장기 재령(4년)에 대한 강도 추정식을 제안한 것으로, 그 결론은 다음과 같다.

- 1) 혼화재를 사용한 콘크리트의 강도발현 특성상 보통 콘크리트 보다 초기의 압축강도 및 반발경도, 초음파속도가 낮게 나오는 경향을 보였으나, 재령이 경과할수록 보통콘크리트 보다 높게 나타났다.
- 2) 시험체의 상부와 하부를 구분하여 시험한 결과, 재령에 따라 초음파 속도는 차이가 거의 없지만, 파괴압축강도와 반발경도는 일정한 차이가 있는 것으로 나타났다.
- 3) 반발경도 및 초음파속도를 측정하여 기존 제안식에 적용한 결과, 반발경도법의 경우 일본재료학회식이 76 %~118 %, U.S Army 시험소식이 75 %~134 %이며, 초음파속도법의 경우 일본재료학회식이 77 %~117 %, J.Pysziak 제안식이 85 %~116 %로 파괴압축강도와 가장 비슷한 경향을 보였다. 복합법의 경우 기존 제안식 모두가 파괴 압축강도와 큰 차이를 나타냈다.

- 4) 기존 제안식과 본 연구 추정식의 오차율을 비교한 결과, 재령 7일과 14일에서는 코어공시체 반발경도 및 초음파속도 측정값을 원주형 공시체 측정값으로 대체됨으로써 다소 큰 오차율을 보였으나 재령이 경과할수록 기존제안식 보다 오차율이 감소하는 경향을 보여 본 연구의 추정식이 신뢰도가 높은 것으로 판단된다. 또한, 저강도용 P형 슈미트 햄머 등을 이용하여 본 연구의 재령 초기 오차율을 줄일 수 있는 방안이 필요할 것으로 사료된다.
- 5) 혼화재 사용 콘크리트에 대해 기존의 보통콘크리트 제안식을 적용하면 오차율이 발생되므로, 혼화재를 사용한 콘크리트의 장기재령 강도 추정식 본 연구의 혼화재의 종류, 비파괴 시험 위치, 비파괴 시험 방법에 따라 추정식을 적용함으로써 보다 신뢰도 있는 콘크리트 압축강도를 추정할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

최근, 혼화재를 사용한 콘크리트는 많은 실험실에서 콘크리트에 연구되고 있으며 실제로 건설 현장에 적용되고 있다. 하지만 혼화재를 사용한 콘크리트의 압축 강도의 추정에 대한 체계적인 연구 결과가 존재하지 않기 때문에 일본의 보통 강도 콘크리트에 대한 제안식을 사용하고 있다. 그래서 혼화재를 사용한 콘크리트의 압축 강도의 추정에 대한 비파괴 시험식을 제안하는 것이 필수적입니다. 따라서 본 연구는 혼화재 사용한 콘크리트에 대하여 원주형 공시체와 코어채취용 구조체를 제작하여 비파괴 시험과 파괴 시험을 통해 장기 재령(4년)에 대한 강도 추정식을 제안한 것으로, 그 결론은 다음과 같다. 기존 제안식과 본 연구 추정식의 오차율을 비교한 결과, 재령별로 다소 차이는 있지만 반발경도법에 의한 기존 제안식보다는 0.3 %~115.0 % 정도, 초음파속도법에 의한 기존제안식보다는 0.2 %~22.8 % 정도, 복합법에 의한 기존제안식보다는 0.5 %~102.3 % 정도로 기존의 제안식보다 본 연구의 추정식 오차율이 감소하여 혼화재를 사용한 콘크리트에 사용이 바람직할 것으로 판단된다.

키워드 : 혼화재, 비파괴시험, 압축강도 추정

References

1. Kim MH, Choi SJ, Kang SP, Kim JH, Jang JH. A study on the application of non-destructive testing equation for the estimation of compressive strength of high strength concrete. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2002 Aug;2(3):123-30.
2. Lim, SH, Kang HS, Jee NY. A study on the estimation of compressive strength of concrete by non-destructive tests. *Journal of the Architectural Institute of Korea*. 2002 Aug ;18(8):51-8.
3. Chung HS. An evaluation of the compressive strength of recycled aggregate concrete by the non-destructive testing. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2004 Dec;4(4):63-71.
4. Lim SH, Kang HS. Estimating compressive strength of high strength concrete by ultrasonic pulse velocity method. *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance Inspection*. 2005 Jul;5(3):123-30.
5. Kim JS, Shin YS, Kim KO. A study on the proposal of strength presumption equation of concrete using admixture by nondestructive testing. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2006 Sep;6(3):59-66.
6. Kim JS, Shin YS, Cho CH, Kim PS. A study on the estimation of concrete strength using admixture by nondestructive testing. *Journal of the Architectural Institute of Korea*. 2006 Apr ;22(4):111-8.
7. Back BH. The effect of cement type and mineral admixture on the strength of small size core. In: Kim KJ, Han CG, Han MC, Song SJ, editors. *Journal of the Architectural Institute of Korea fall Conference 2002*; 2002 Oct 26; Kunsan University. Kunsan (Korea): Architectural Institute of Korea; 2002. p. 335-8.
8. Kim PS. Strength estimation by non-destructive testing of concrete using admixture and fiber [dissertation]. Gwangju (Korea): Chosun University; 2006. 154 p.
9. Yoo MH. The estimation of compressive strength by the nondestructive test of concrete structures used mineral Admixture [master' s thesis]. Gwangju (Korea): Chosun University; 2010. 96 p.
10. Kim MH, Kim JH, Cho BS, Na CS, Kim YD. An Experimental Study on the Engineering Properties and Durability of Concrete According to the Fineness and Replacement Ratio of Blast-Furnace Slag. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2005 Mar;5(1):81-8.
11. Kim MH, Kim GY, Cho BS, Na CS, Kim YD. An experimental study on the engineering property and durability of concrete using ground granulated blast furnace slag. *Journal of the Architectural Institute of Korea*. 2007 Mar;23(3):61-8.
12. Han MC. Effect of mineral admixture types on the engineering properties and the drying shrinkage of the concrete. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2009 Oct;9(5):121-7.