Journal of the Korea Concrete Institute
Vol.16, No.4, pp.459~465, August 2004

P형 슈미트해머에 의한 콘크리트의 압축강도 추정에 미치는 재료요인의 영향

한천구[1] · 이용성[1] · 한민철[1]*

[1] 청주대학교 건축공학과

(2003년 10월 10일 원고접수, 2004년 6월 11일 심사완료)

Influence of Material Factors on Estimation of Compressive Strength of Concrete by P Type Schmidt Hammer

Cheon-Goo Han[1], Yong-Sung Lee[1], and Min-Cheol Han[1]*

[1] Dept. of Architectural Engineering, Chongju University, Chongju, 360-764, Korea

(Received October 10, 2003, Accepted June 11, 2004)

ABSTRACT

The present paper is intended to investigate the influence of materials such as cement, mineral admixture and aggregate, on the estimation of compressive strength by P type schmidt hammer. According to the results, the materials of concrete, such as the types of cement, the replacing ratio of mineral admixture, the kinds and maximum size of aggregate, hardly influence on non-destructive test by P type schmidt hammer except for alumina cement, hence, P type schmidt can be applicable to most of the concrete with a wide range. Since the correlativity between the rebound value of P type schmidt hammer and compressive strength is very favorable(above coefficient of correlation 0.96) regardless of materials, it is considered that compressive strength can be estimated comparatively exactly by P type schmidt hammer. The estimating formula of compressive strength by rebound value are derived from this experiment as following.

· Horizontal strike : F_c = 0.765RH - 5.74 (R=0.965) · Vertical strike : F_c = 0.793RV - 8.66 (R=0.959)

Keyword : P type schmidt hammer, estimation of compressive strength, material factor, kinds of cement, replacing ratio of mineral admixture

1. 서 론

콘크리트를 타설한 후 초기동해 방지기간의 설정, 거푸집 제거시기의 결정, 설계기준강도 및 호칭강도의 확인 등 초기 품질관리에 있어서 정확한 압축강도를 관리하는 것은 매우 중요한 사안이다. 특히 초기동해 방지기간 및 측면거푸집의 제거 가능시기는 압축강도 5MPa 이상을 발휘하는 시점으로, 이를 확인하기 위하여 10~60MPa 범위에서 적용되는[1] N형 슈미트해머는 적절하지 않고, 또한 구조체 관리용 공시체를 이용하는 방법은 번거롭다는 이유로 잘 활용되지 않는 것이 현실이다. 따라서 본 연구팀에서는 압축강도 5~30MPa에서 적용되는[1] 것으로 알려진 저강도용 P형 슈미트해머를 이용하여 콘크리트 초기강도 품질관리에 활용할 수 있는지에 대하여 검토하고, 아울러 압축강도 추정식을 제안한 바 있다.[2]

그러나, 최근에는 사용목적에 따라 다양한 시멘트가 선택되고 있고, 레미콘 공장에서는 산업부산물의 효율적 활용 및 경제성을 목적으로 플라이애쉬, 고로슬래그미분말 등 혼화재의 사용이 증가하고 있다. 또한 골재의 경우도 지역마다 생산되는 골재의 특성이 다른데, 즉, 제주도의 경우는 지질학적 특성상 다공질인 현무암골재를 사용하고 있고, 굵은골재 최대치수 또한 다양하게 활용되고 있다. 이러한 다양한 사용재료의 조건에 따라 제조되는 콘크리트는 굳지않은 상태의 성질, 강도발현특성 뿐만 아니라 P형 슈미트해머법의 반발도도 달리 나타나, 이를 통한 구조체 콘크리트의 압축강도 추정시에도 어느정도 편차가 존재할 수 있을 것으로 사료된다.

그러므로 본 연구에서는 P형 슈미트해머에 의한 콘크리트 초기강도 품질관리의 범용적인 적용성을 검토하기 위하여 시멘트 종류, 혼화재의 종류와 치환율, 골재의 종류 및 굵은골재 최대치수 등 다양한 재료요인의 영향에 대하여 검토하고자 한다.

* Corresponding author
Tel : 043-229-8480 Fax : 043-229-8480
E-mail : twhan@cju.ac.kr

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 Table 1과 같고, 배합사항은 Table 2와 같다.

실험계획으로서 먼저, 배합사항은 W/C 45, 55%의 2수준에 대하여, 보통포틀랜드시멘트(OPC)에 혼화재를 사용하지 않고, 화강암 25mm 골재를 사용하는 플레인 배합의 목표 슬럼프치를 150mm±25mm, 목표 공기량을 4.5±1.5%가 만족되도록 배합설계한 후 이를 기타 재료요인의 실험에도 동일하게 적용하였다. 재료요인으로서, 시멘트 종류는 OPC, 초 조강포틀랜드시멘트(UHC), 알루미나 시멘트(ALC)의 3수준으로 하였고, 혼화재는 고로슬래그 미분말(BS)과 플라이애쉬(FA)로, 그 치환율을 0, 20, 40% 및 0, 10, 20%의 6수준으로 하였으며, 골재요인으로 굵은골재 종류는 화강암, 현무암 및 석회암의 3수준, 굵은골재의 최대치수는 화강암을 대상으로 10, 20, 25mm의 3수준으로 실험계획 하였다. 실험사항으로는 굳지않은 콘크리트에서 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량 및 단위용적중량을 측정하였고, 경화콘크리트에서 계획된 재령에서 표준양생 공시체의 압축강도와 수평 및 수직면 타격 P형 슈미트해머의 반발도를 측정하는 것으로 하였다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 재료로, 시멘트는 국내산 H사제 OPC, S사제 UHC 및 U사제 ALC를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Table 3, 4와 같다.

Table 1 Experimental program

Factors			Levels
Mixture	W/C (%)	2	45, 55
	Slump (mm)	1	150±25
	Air content (%)	1	4.5±1.5
Material factor	Types of cement	3	· Ordinary portland cement · Ultra high early strength cement (UHC) · Alumina cement
	Admixture (%)	6	· Blast furnace slag powder(0, 20, 40%) · Fly ash (0, 10, 20%)
	Kinds of aggregate	3	Granite, basalt, lime stone
	Maximum size of aggregate	3	10, 20, 25mm(Granite)
Experi-ment item	Fresh concrete	4	Slump, Slumpflow Air content, Unit mass
	Hardened concrete	2	· Compressive strength (1, 2, 3, 7, 28, 91days) · Rebound value of P type schmidt hammer(1, 2, 3, 7, 28, 91days)

혼화재로서 플라이애쉬는 보령화력산을 사용하였고, 고로슬래그미분말은 광양제철소산을 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Table 5, 6과 같다. 골재로써 잔골재는 인천 중구 항동에서 채취한 세척사를 사용하였고, 굵은골재는 충북 옥산산 화강암, 제주도 제주산 현무암, 충북 제천산 석회암을 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Table 7과 같다. 혼화제는 국내산 나프탈렌계 AE 감수제를 사용하였다.

Table 2 Mixture proportions

W/B (%)	W (kg/m³)	S/a (%)	AE R*/C (%)	Binder		Aggre-gate	Unit weight(kg/m³)				
				Cement	Admi-xture		C	S	G	FA	BS
45	170	45	0.45	OPC	-	G-25	378	778	966	0	0
				UHC			378	775	962	0	0
				AMC			378	773	959	0	0
				OPC	BS20	G-25	302	776	963	0	76
					BS40		227	774	960	0	151
					FA10		340	772	958	38	0
					FA20		302	766	951	76	0
				OPC	-	B-25	378	778	991	0	0
						L-25	378	778	977	0	0
				OPC	-	G-10	378	778	966	0	0
						G-20	378	778	966	0	0
55	170	48	0.3	OPC	-	G-25	309	857	943	0	0
				UHC			309	854	940	0	0
				AMC			309	852	938	0	0
				OPC	BS20	G-25	247	855	941	0	62
					BS40		185	853	939	0	124
					FA10		278	852	937	31	0
					FA20		247	847	932	62	0
				OPC	-	B-25	309	857	968	0	0
						L-25	309	857	954	0	0
				OPC	-	G-10	309	857	943	0	0
						G-20	309	857	943	0	0

* AE water reducing agent
G : Granite, B : Basalt, L : Lime stone

Table 3 Physical properties of cement

Type	Density (g/cm³)	Blaine (cm²/g)	Soundness (%)	Setting time (min.)		Compressive strength(MPa)		
				Ini.	Fin.	3 days	7 days	28 days
OPC	3.15	3,522	0.16	209	353	21.8	31.1	40.0
UHC	3.08	6,035	1.0	130	250	31.2	44.4	52.4

Table 4 Physical properties of alumina cement

Density (g/cm³)	Blaine (cm²/g)	Chemical content(%)				
		CaO	Al_2O_3	SiO_2	TiO_2	Fe_2O_3
3.03	4,849	36.06	53.08	3.63	3.05	1.23

Table 5 Physical properties of fly ash

Density (g/cm³)	Blaine (cm²/g)	L.O.I (%)	Compressive strength ratio(%)	SiO_2 (%)	Moisture content(%)
2.22	3,850	4.2	92	67.5	0.2

Table 6 Physical properties of blast furnace slag powder

Density (g/cm^3)	Blaine (cm^2/g)	Chemical content(%)			
		MgO (%)	SO_3 (%)	Ig-loss (%)	Chloride ion(%)
2.91	4,463	5.90	2.78	0.05	0.001

Table 7 Physical properties of aggregate

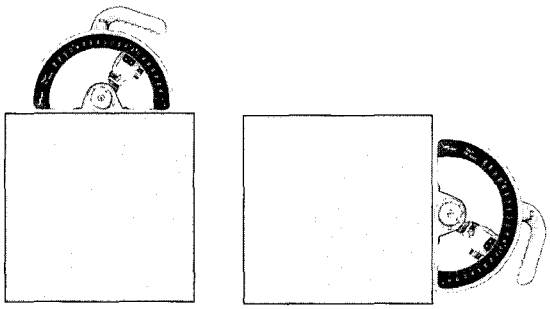
Kind		Density (g/cm^3)	F.M	Water absorption ratio(%)	Unit mass (kg/m^3)
Fine aggregate		2.60	2.80	1.17	1,622
Coarse aggregate	Granite	2.64	6.90	1.20	1,526
	Basalt	2.71	7.11	1.77	1,502
	Lime stone	2.67	6.83	2.01	1,482

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 먼저, 콘크리트의 혼합은 강제식 팬믹서를 사용하여 혼합하였다.

굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402에 의거 실시하였고, 슬럼프플로우는 슬럼프 측정이 끝난 후 최대직경과 이에 직교하는 직경의 평균치로 하였으며, 공기량 시험은 KS F 2421, 단위용적중량은 KS F 2409의 규정에 따라 실시하였다.

경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 Φ10×20 cm공시체를 실험계획된 재령에서 KS F 2405 규정에 의거 100 ton UTM을 이용하여 측정하였고, P형 슈미트해머의 반발도는 한 변의 길이가 20 cm인 입방공시체를 제작한 후, 수평면과 수직면 타격으로 구분하여 측정하였는데(Fig. 1 참조), 수직면 타격시에는 시험체의 움직임에 의한 타격에너지의 산란을 방지하기 위해 2.5 MPa의 압정력으로 고정한 후 측정하였다.3) 타격위치는 Fig. 2와 같이 모서리에서 4 cm 떨어진 위치로부터 3 cm 간격으로 방안선을 그어 이루어진 25점을 대상으로 하였다.



Horizontal strike Vertical strike

Fig. 1 Striking direction of P type schmidt hammer

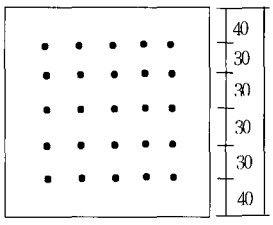


Fig. 2 Striking position (unit:cm)

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

Table 8은 굳지 않은 콘크리트의 실험결과를 나타낸 것이다.

먼저, 슬럼프 및 공기량은 UHC 및 ALC의 경우 OPC에 비하여 감소하였고, FA 및 BS를 사용한 경우 슬럼프는 약간 증가하나, 공기량은 감소하는 경향으로 나타났다. 골재종류에 따라서는 화강암을 기준으로 현무암을 사용한 경우 슬럼프는 큰 차이가 없었으나, 석회암의 경우 약간 큰 것으로 나타났고, 공기량은 골재종류에 관계없이 4.5±1.5%를 만족하였는데, 단, 현무암골재를 사용한 경우는 골재수정계수를 고려하지 않을 경우 다공질의 영향으로 다소 크게 나타났다. 또한, 굵은골재 최대치수가 증가하면 슬럼프 및 공기량은 감소하였다. 전반적으로 슬럼프플로우치는 슬럼프와 유사한 경향이었고, 단위용적중량은 공기량과 반대 경향을 나타내었다.

Table 8 Experiment result of fresh concrete

W/B (%)	Binder		Kind and size of aggregate	Slump (mm)	Slump flow (mm)	Air content (%)	Unit weight (kg/m^3)
	Cement	Admixture					
45	OPC	-	G-25	154	245	5.3	2,260
	UHC			140	240	3.5	2,308
	ALC			14.0	248	3.0	2,325
	OPC	BS20		160	267	3.0	2,321
		BS40		170	276	4.2	2,321
		FA10		175	285	4.7	2,260
		FA20		170	265	3.5	2,306
		-	B-25	150	261	5.7(4.7)	2,337
			L-25	160	267	4.5	2,349
			G-10	170	283	5.1	2,321
			G-20	160	268	4.4	2,330
55	OPC	-	G-25	153	257	5.0	2,210
	UHC			137	228	4.4	2,264
	ALC			130	223	3.1	2,272
	OPC	BS20		170	286	4.2	2,291
		BS40		170	288	3.5	2,288
		FA10		173	272	4.5	2,239
		FA20		175	280	3.7	2,250
		-	B-25	168	271	5.5(4.5)	2,284
			L-25	170	283	4.1	2,299
			G-10	173	278	6.0	2,281
			G-20	168	270	5.0	2,290

( ) : Application of aggregate correction factor

3.2 경화콘크리트의 특성

3.2.1 시멘트의 영향

Fig. 3은 시멘트 종류별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이다. 시멘트 종류에 따른 압축강도는 ALC, UHC, OPC 순으로 크게 나타났는데, UHC의 경우 1일 재령에서 OPC의 7일 강도를 발휘하는 것으로 나타났다. 이는 UHC의 큰 분말도 및 화합물 조성의 차이에 기인한 것으로 분석된다. 또한, ALC를 사용한 경우는 1일 압축강도에서 OPC의 28일 압축강도를 상회하는 결과를 나타냈는데, 이는 ALC의 경우 화학성분 중 Al_2O_3 성분이 50% 이상을 함유하고, 알루미네이트상(C_3A)이 매우 빠르게 수화반응하였기 때문인 것으로 분석된다[4].

Fig. 4는 시멘트 종류별 재령경과에 따른 P형 슈미트햄머의 반발도를 타격 방향별로 구분하여 나타낸 것이다.

전반적인 반발도의 변화경향은 압축강도와 유사한 경향으로, 즉, 재령이 경과할수록, W/C가 작을수록 크게 나타났고, 시멘트 종류에 따라서는 수평면, 수직면 타격 공히 ALC, UHC, OPC 순이었다.

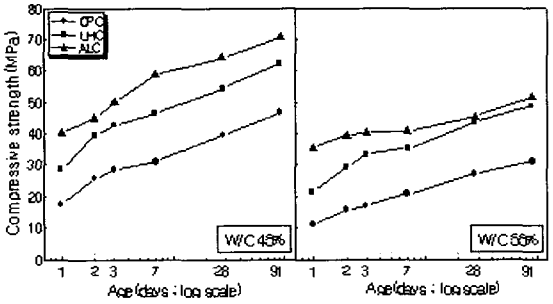


Fig. 3 Compressive strength with variation of the kinds of cement

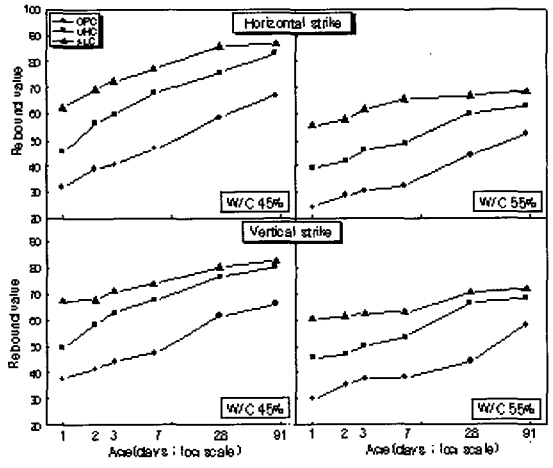


Fig. 4 Rebound value of P type schmidt hammer with variation of the kinds of cement

Fig. 5는 압축강도 추정에 미치는 시멘트 종류의 영향을 분석하기 위하여 시멘트 종류별 P형 슈미트해머의 반발도와 압축강도 관계를 산점도로 비교한 것이다.

시멘트 종류에 따라서는 초조강을 사용한 경우는 OPC와 거의 유사하게 나타났으나, ALC를 사용한 경우는 다소 차이를 나타내어, 즉, 압축강도 약 45 MPa를 기준으로 그 이하에서는 다소 작게, 그 이상에서는 크게 추정되었다. 이는 알루미나 시멘트의 빠른 강도발현으로 인하여 작은 압축강도 범위의 데이터값이 없고 고강도 범위만이 존재하기 때문에 P형 슈미트해머의 기기 특성상 고강도 범위에서는 큰 강도차이에도 불구하고 반발도의 차이가 상대적으로 작은 이유 및 ALC의 경우 알루미나 성분이 고강도 콘크리트임에도 불구하고 반발도를 작게 하는 이유 등의 복합인 것으로 분석된다. 따라서, ALC를 사용한 콘크리트에 P형 슈미트해머의 비파괴시험을 적용할 경우에는 신중을 기하여야 할 것으로 사료된다.

3.2.2 혼화재의 영향

Fig. 6은 혼화재 종류 및 치환율별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이다.

OPC를 기준으로 고로슬래그미분말을 치환한 경우는 전반적으로 재령 7일까지는 압축강도가 작게 나타났으나, 28일 이후 재령에서는 고로슬래그미분말의 잠재수경성 반응에 기인하여 OPC보다 더 크게 나타났다.

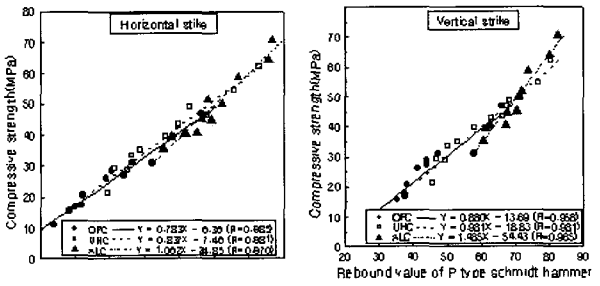


Fig. 5 Comparison between rebound value and compressive strength with variation of the kinds of cement

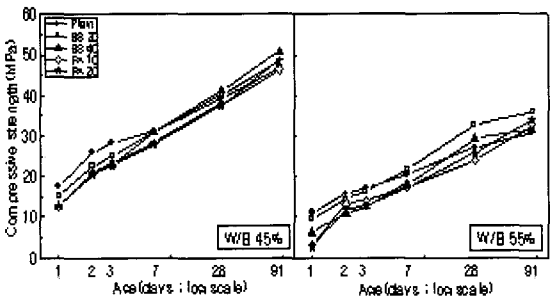


Fig. 6 Compressive strength with variation of the replacing ratio of admixture

또한, 플라이애쉬를 치환한 경우의 압축강도는 OPC와 비교하여 28일까지는 다소 작게 나타났으나, 91일에서는 포졸란 반응에 기인하여 더 크게 나타났다.

Fig. 7은 혼화재 종류 및 치환율별 재령경과에 따른 P형 슈미트해머의 반발도를 나타낸 것이다. P형 슈미트해머의 반발도는 압축강도 발현과 유사하게 고로슬래그미분말을 치환한 경우 재령 7일까지는 플레인보다 다소 작게 나타났으나, 재령 28일 이후에서는 대체로 크게 나타났고, 플라이애쉬를 치환한 경우 재령 28일 이전에서는 플레인보다 다소 작게 나타났으나, 91일에서는 큰 경향이었다.

Fig. 8은 혼화재 치환율 변화에 따른 P형 슈미트해머의 반발도와 압축강도의 관계를 타격방향별로 나타낸 것이다.

P형 슈미트해머의 반발도와 압축강도간의 상관성은 모든 경우에서 0.9 이상으로 양호하게 나타났는데, 혼화재 치환율 변화에 있어서는 기존의 N형 슈미트해머의 연구결과[3]와 같이 고로슬래그미분말 및 플라이애쉬를 치환한 모든 경우에서 플레인과 비교하여 다소의 차이는 있으나 상호교차하고 있어 오차 요인일 뿐 유의할만한 수준은 아닌 것으로 분석된다.

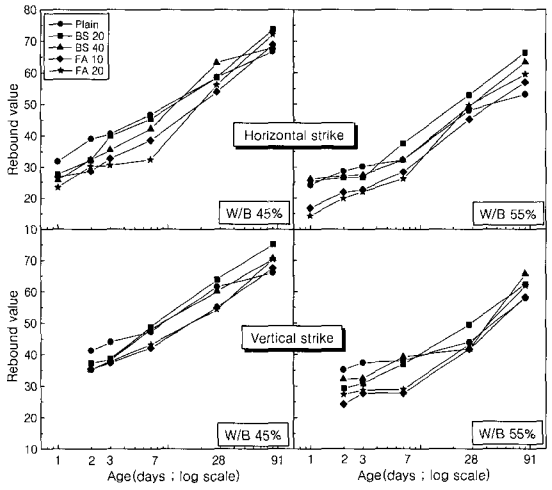


Fig. 7 Rebound value of P type schmidt hammer with variation of the replacing ratio of mineral admixture

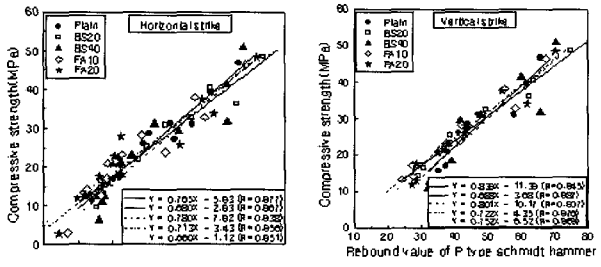


Fig. 8 Comparison between rebound value and compressive strength with variation of the replacing ratio of mineral admixture

3.2.3 골재 종류의 영향

Fig. 9는 골재 종류별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이다.

골재 종류의 영향은 화강암을 사용한 콘크리트의 압축강도를 기준으로 현무암 골재의 경우가 3% 정도 크게 나타났고, 석회암 골재의 경우는 4% 정도 작게 나타났다. 이는 현무암 골재의 경우 표면에 노출된 다공조직에 기인하여 골재간 결합력이 크고, 시멘트 페이스트와의 부착력이 증대되어 압축강도가 다소 크게 나타난 것으로 분석된다[5]. 또한, 석회암 골재의 경우는 골재의 강도가 다소 작고 표면조직이 매끄러움에 기인하여 약간 저하한 것으로 사료된다.

Fig. 10은 골재 종류별 재령경과에 따른 P형 슈미트해머의 반발도를 나타낸 것이다.

골재 종류별 P형 슈미트해머의 반발도는 압축강도와 유사한 경향으로 현무암의 경우가 화강암보다 다소 크게 나타났고, 석회암의 경우는 약간 작게 나타났다.

Fig. 11은 P형 슈미트해머의 반발도와 압축강도를 골재 종류 및 타격 방향별로 구분하여 산점도로 비교한 것이다.

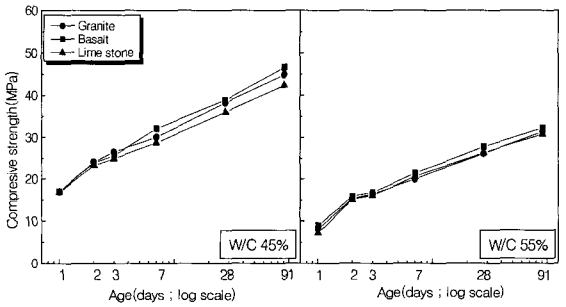


Fig. 9 Compressive strength with variation of the kinds of aggregate

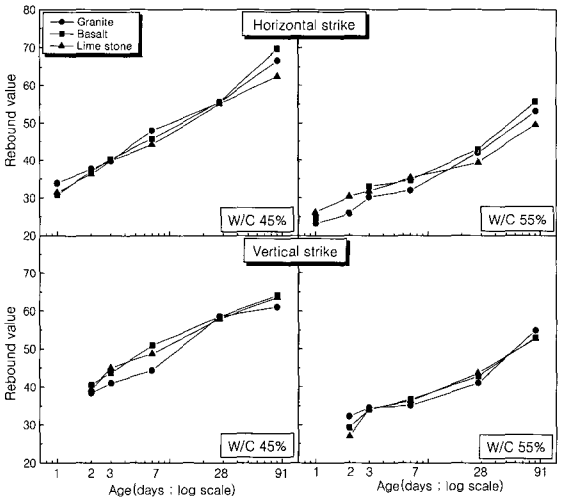


Fig. 10 Rebound value of P type schmidt hammer with variation of the kinds of aggregate

골재 종류 변화에 있어서 화강암과 현무암의 경우는 수평 및 수직면 타격 공히 유사한 것으로 나타났으나, 석회암의 경우는, 특히 수직면 타격시에, 같은 반발도에서 추정된 압축강도가 화강암 및 현무암보다 다소 작게 나타났다. 이는 콘크리트 내부의 골재의 영향이 어느정도 반영된 결과, 혹은 오차요인 등으로 사료되나, 그 차이는 미소한 것으로서 압축강도 추정식을 별도로 적용할 정도는 아닌 것으로 판단된다.

3.2.4 굵은골재 최대치수의 영향

Fig. 12는 굵은골재 최대치수별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이다.

압축강도는 굵은골재 최대치수 25mm를 기준으로 10 mm 및 20mm의 경우가 다소 작게 나타나, 기존의 이론과는 반대 경향이었으나, 이는 공기량의 영향에서 기인된 것으로 판단된다. 그러나 굵은골재 최대치수별 압축강도는 최대 5% 이내로 큰 차이를 보이지 않았다.

Fig. 13은 굵은골재 최대치수별 재령경과에 따른 P형 슈미트해머의 반발도를 타격방향별로 나타낸 것이다.

P형 슈미트해머의 반발도는 굵은골재 최대치수 25mm를 기준으로 굵은골재 최대치수 10mm 및 20mm에서 다소 작게 나타났는데, 이는 굵은골재 최대치수가 클수록 공기량의 영향으로 압축강도가 더 커짐에 따라 P형 슈미트해머의 반발도도 더 커진 것으로 판단된다.

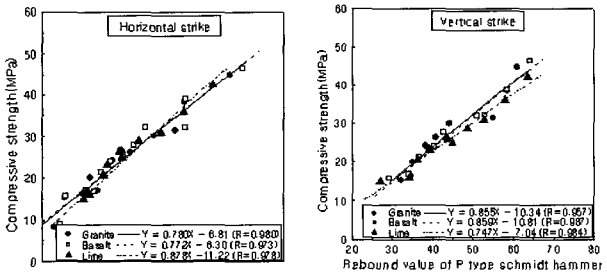


Fig. 11 Comparison between rebound value and compressive strength with variation of the kinds of aggregate

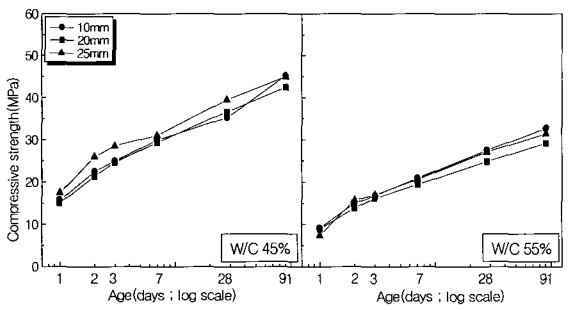


Fig. 12 Compressive strength with variation of the maximum size of aggregate

그러나 굵은골재 최대치수별 P형 슈미트해머의 반발도 차이는 압축강도와 유사하게 매우 미소한 것으로 분석된다.

Fig. 14는 굵은골재 최대치수별 P형 슈미트해머의 반발도와 압축강도의 관계를 타격방향별로 나타낸 것이다.

동일한 반발도에서 추정된 굵은골재 최대치수에 따른 압축강도는 N형 슈미트해머의 결과[3]와 같이 타격방향에 관계없이 다소의 차이는 있으나 실용상 큰 차이를 나타내지 않았다. 따라서 굵은골재 최대치수에 상관없이 동일한 비파괴시험 추정식을 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

3.2.5 압축강도 추정

Fig. 15는 본 실험 조건에서 ALC를 제외한 모든 재료요인에서 거의 차이를 보이고 있지 않음에 따라 ALC 데이터를 제외한 모든 데이터을 종합하여 P형 슈미트해머의 반발도와 압축강도간의 관계를 산점도로 나타낸 것이다. 이를 통해 P형 슈미트해머에 의한 콘크리트 압축강도 추정식을 도출할 수 있었는데, 타격 방향별 압축강도 추정식은 다음과 같다.

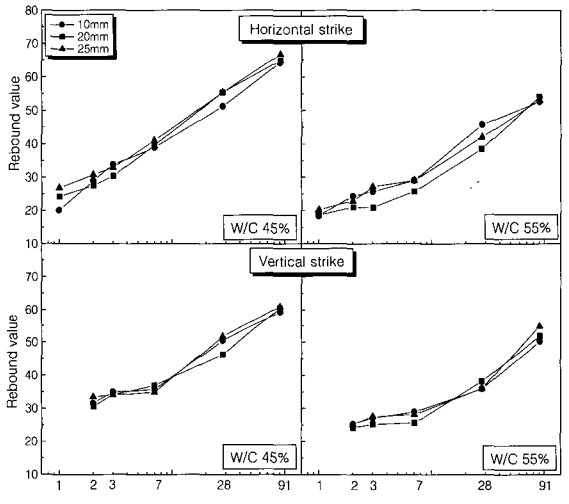


Fig. 13 Rebound value of P type schmidt hammer with variation of the maximum size of aggregate

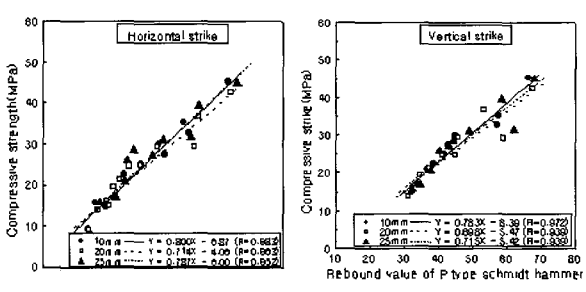


Fig. 14 Comparison between rebound value and compressive strength with variation of the maximum size of aggregate

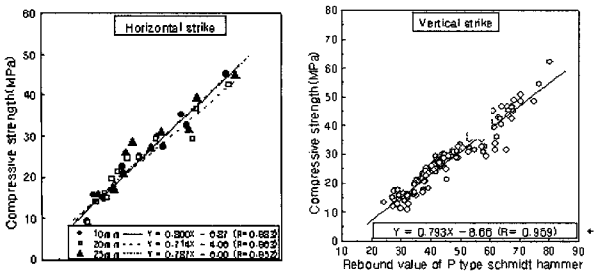


Fig. 15 Comparison between rebound value and compressive strength considering all material factors

- 수평면 타격 : $F_c = 0.765 R_H - 5.74$ (R=0.965)
- 수직면 타격 : $F_c = 0.793 R_V - 8.66$ (R=0.959)

이때, P형 슈미트해머의 반발도와 압축강도간의 상관성은 상관계수 0.96정도로 매우 양호하게 나타나 P형 슈미트해머를 통한 정확한 초기 압축강도 추정 품질관리가 가능한 것으로 분석되었다.

4. 결 론

본 연구는 P형 슈미트해머의 범용적인 활용을 검토하기 위하여 P형 슈미트해머에 의한 콘크리트 압축강도 추정에 미치는 각종 재료요인의 영향에 대하여 분석하였는데, 그 결과를 종합하면 다음과 같다.

1) 시멘트 종류에 따른 압축강도 및 P형 슈미트해머의 반발도는 시멘트의 분말도 및 화학성분의 차이에 기인하여 ALC, UHC, OPC 순으로 크게 나타났는데, 시멘트 종류별 반발도에 의한 압축강도 추정식은 OPC와 UHC의 경우는 유사하게 나타난 반면, ALC의 경우는 다소 차이가 존재하므로 신중을 기하여야 할 것으로 분석되었다.
2) 고로슬래그미분말 및 플라이애쉬를 치환한 경우 압축강도 및 반발도는 초기 7일 이전에는 플레인보다 작게 나타났으나, 28일 이후에서는 더 크게 증진되는 것으로 나타났다. 압축강도 추정에 미치는 혼화재 치환에 따른 영향은 매우 미소하였다.
3) 골재 요인에 따른 압축강도 및 반발도의 분석으로 먼저 골재 종류는 화강암과 비교하여 현무암의 경우 다공질에 의한 부착력 증진으로 다소 크게, 석회암은 매끄러운 표면 및 연질에 의해 다소 저하하였고, 굵은골재 최대치수는 25 mm보다 작을수록 공기량 증가의 요인에 의해 저하하였다. 반발도에 의한 압축강도 추정에 미치는 골재요인의 영향은 석회암의 경우 다소 적게 추정되었으나, 기타요인은 실용상 문제시되지는 않으므로 동일한 추정식을 적용할 수 있을 것으로 판단된다.
4) 종합적으로 P형 슈미트해머에 의한 압축강도 추정에 미치는 각종 재료요인의 영향은 ALC를 제외한 모든 요인에서 매우 작은 것으로 나타나 P형 슈미트해머를 일반적인 콘크리트에 광범위하게 적용할 수 있을 것으로 판단되었다. 본 실험조건에서 종합된 반발도에 의한 압축강도 추정식은 다음과 같이 밝혀졌다.

- 수평면 타격 : $F_c = 0.765 R_H - 5.74$ (R=0.965)
- 수직면 타격 : $F_c = 0.793 R_V - 8.66$ (R=0.959)

참고문헌

1. 日本建築學會, "コンクリート强度推定のための非破壞試驗方法マニュアル", 日本建築學會, 1982, pp.35~87.
2. 김기정, 신병호, 이용성, 윤기원, 한천구, "콘크리트의 초기강도 품질관리를 위한 P형 슈미트해머 비파괴시험에 관한 연구", 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 14권 1호, 2002,. 5, pp.157~162.
3. 明石外世樹, "コンクリートの非破壞試驗法", 株式會社技報堂, 1980. 8, pp.11~81.
4. 한국콘크리트학회, "최신 콘크리트공학", 기문당, 1997, pp.402~407.
5. 이백수, 한천구, "제주지역 골재를 이용한 콘크리트의 슈미트해머법 비파괴시험 적용", 대한건축학회논문집, 18권 3호, 2002. 3, pp.91~98
6. 한국콘크리트학회, "콘크리트 구조물의 비파괴 검사 및 안전진단", 기문당, 1996, pp.25~90.

요 약

본 연구는 시멘트, 혼화재료 및 골재 등 콘크리트용 재료가 P형 슈미트해머에 의한 압축강도 추정 비파괴 시험에 미치는 영향에 대하여 검토하였다. 실험결과, 알루미나 시멘트를 제외한 시멘트 종류, 혼화재 종류와 치환율, 골재 종류 및 굵은골재 최대치수 등 사용재료 요인이 P형 슈미트해머법 비파괴시험에 미치는 영향은 매우 작은 것으로 나타나 P형 슈미트해머를 여러 조건에서 사용되는 일반적인 콘크리트에 광범위하게 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 P형 슈미트해머의 반발도와 압축강도간의 상관성은 콘크리트의 사용재료에 관계없이 매우 양호하게 나타나(상관계수 0.96 이상) P형 슈미트해머를 이용하여 비교적 정확하게 압축강도를 추정할 수 있었다. 본 실험조건을 종합한 반발도에 의한 압축강도 추정식은 다음과 같다.

- 수평면 타격 : $F_c = 0.765 R_H - 5.74$ (R=0.965)
- 수직면 타격 : $F_c = 0.793 R_V - 8.66$ (R=0.959)

핵심용어 : P형 슈미트해머, 압축강도 추정, 재료요인, 시멘트 종류, 혼화재 치환율