

高強度・高流動コンクリートのテストハンマーによる強度推定に関する実験

福岡大学大学院 学生会員 ○濱 尚史 福岡大学 正会員 添田 政司
(株) 富士ビー・エス 正会員 徳光 卓 福岡大学 正会員 大和 竹史

1. まえがき

コンクリート表面を打撃し、得られた反発度から強度を推定するテストハンマー法は簡便な非破壊試験方法として現場の品質管理に用いられることが多い。日本材料学会の強度推定式は普通コンクリートを対象としているが、PC用の高強度コンクリートや粉体量が多く、骨材量が少ない高強度の高流動コンクリート（以下、高流動コンクリート）を用いた場合でも適用できるのか明らかにされていない。そこで、室内実験（実験1）およびPC工場での施工実験（実験2）によって、テストハンマーを用いた高強度・高流動コンクリートの強度推定について検討を行った。

2. 実験概要

使用材料 および配合：結合材には早強ポルトランドセメント（密度 3.14g/cm^3 ，略号：C）と高炉スラグ微粉末（密度 2.91g/cm^3 ，比表面積 $4250,5920\text{cm}^2/\text{g}$ の2種類，略号：BS）を使用した。細骨材は砕砂（密度 2.91g/cm^3 ，実積率 54.8% ）と石灰砂（密度 2.62g/cm^3 ，実積率 56.9% ）の2種類を使用し、粗骨材は碎石（密度 2.95g/cm^3 ，実積率 60.2% ）を使用した。混和剤は高性能AE減水剤（略号：SP）を使用した。コンクリートの種類は、高流動コンクリート、高強度コンクリートおよび普通コンクリートの3種類とした。その配合を表-1に示す。

表-1 コンクリートの配合

	コンクリートの種類	スラグの比表面積 (cm^2/g)	置換率 BS/P (%)	g/glime (m^3/m^3)	W/P (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m^3)				%
							W	P		SP	
								C	BS		
実験1	高流動	4000	-	0.47	35	56.6	175	500	0	1.00	
			30			56.4	175	350	150	0.85	
		6000	50			56.3	175	250	250	0.80	
			30			56.4	175	350	150	0.90	
	高強度	-	50			56.3	175	250	250	0.90	
			-	0.58	40.5	48.2	170	420	-	1.00	
実験2	高流動	4000	30	0.53	35	49.5	175	350	150	0.95	
	高強度	-	-	0.58	40.5	48.2	170	420	-	1.00	
	普通	-	-	0.61	68	48.5	170	250	-	1.00	

g/glime：単位粗骨材かさ容積 p：粉体量

供試体寸法および養生方法：テストハンマー試験用供試体として、実験1（夏季）では立方供試体、実験2（夏季、冬季）では模型ホロー桁（高強度、高流動コンクリート）と平板（普通コンクリート）を用いた。供試体寸法と養生条件の詳細を表-2に示す。実験1、2ともに圧縮強度試験用として、円柱供試体（ $\phi 10 \times 20\text{cm}$ ）を準備し、養生条件はテストハンマー試験用供試体と同一条件とした。蒸気養生条件は、前置時間を3時間、最高温度は、高流動コンクリートでは 50°C とし、高強度と普通コンクリートでは 60°C とした。練上がり温度は、夏季で $30 \pm 2^\circ\text{C}$ 、冬季で $20 \pm 2^\circ\text{C}$ であった。

表-2 供試体の寸法および養生条件

実験1	立方供試体 ($20 \times 20 \times 20\text{cm}$)	蒸気養生	恒温養生
		蒸気養生	湿布養生
実験2	模型ホロー桁 ($64 \times 100 \times 200\text{cm}$)	湿布養生	
		蒸気養生	現場養生
		蒸気養生	湿布養生
	平板 ($90 \times 100 \times 15 \sim 60\text{cm}$)	現場養生	

実験方法：テストハンマー試験は、N型シュミットハンマーを用い土木学会基準（JSCE-G504-1990）に基づき行った。テストハンマー試験および圧縮強度試験（JIS A 1108）は、材齢1、7、28および91日に行った。実験2でのコア供試体（ $\phi 10 \times 20\text{cm}$ ）の採取および圧縮強度試験は材齢28、91日に行った。

3. 実験結果および考察

図-1は実験2（夏季）における模型ホロー桁の充実部と中空部（部材厚 12cm ）の反発度を示したものである。高強度、高流動コンクリートともに中空部に比べ、若干充実部の反発度が高

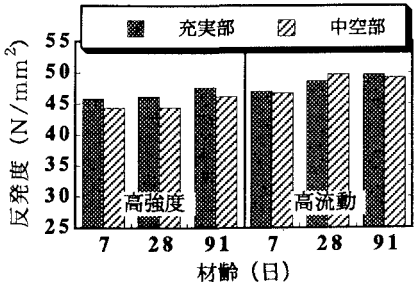


図-1 模型ホロー桁の充実部と中空部（部材厚 12cm ）の反発度

いものの、ほとんどその差は見られなかった。特に高流動コンクリートではその傾向にあった。コンクリートの厚みが30cm以上で反発度は安定することが言われている¹⁾が、高強度でホロ部のような剛性の高い部位であれば、部材厚が12cm程度でも反発度にはほとんど差が生じなかった。

図-2は実験2における高流動コンクリートの圧縮強度と反発度の関係を示したものである。図より、どの養生条件においても圧縮強度の増進とともに反発度も伸びており、養生条件による反発度の影響はほとんどないものと思われる。

図-3は全ての養生条件での実験1、2の円柱供試体の圧縮強度と反発度の関係を示し、表-3にその回帰式を示す。本実験で求められた回帰式はいずれも高い相関性が得られた。今回の実験で得られた普通コンクリートの回帰式は、材料学会が示す強度推定式の傾きとほぼ一致しているが、全体的に材料学会式よりも任意の反発度に対する強度が高い。これは、骨材の種類影響などが考えられる。しかし、この材料学会式は、実験結果の下限を与えており安全側にあると言え、普通コンクリートであれば、現在適用されている材料学会式で強度推定が可能であると考えられる。しかし、材料学会式は、反発度 $R=18\sim45$ （標準供試体強度 $=5\sim45\text{N/mm}^2$ ：網掛け部分）の範囲で得られた関係であり、高強度領域にあるコンクリートにおいては考慮されていない。高強度、高流動コンクリートの強度を学会式で算定すると実際の値をかなり過小評価する事が明らかとなった。本実験で得られた高強度コンクリートの値は、松下²⁾が提案する高強度コンクリートの強度推定式上にほぼあがるが、粉体量が多く、骨材量が少ない高流動コンクリートではそれよりもさらに任意の反発度に対する強度が高くなっている。

図-4は表-3に示した本実験推定式から求めた推定強度と実験2で採取したコア強度の関係を示したものである。推定強度とコア強度は、よく一致しており本実験による推定式により高強度領域の強度推定が可能であることが明かとなった。

4. まとめ

圧縮強度と反発度の関係において高強度・高流動コンクリートと普通コンクリートの間には大きな違いが見られた。これらのことから、高強度・高流動コンクリートを使用した構造物においては、現在適用されている材料学会式で強度を推定するには問題があり、新たな強度推定式（本実験推定式：表-3）の適用が必要であると思われる。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会：コンクリート強度推定のための非破壊試験方法マニュアル 1983
- 2) 松下：シュミットハンマー試験報告書 1978

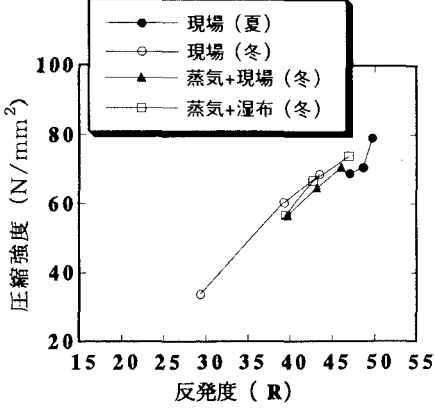


図-2 高流動コンクリートの圧縮強度と反発度の関係（実験2）

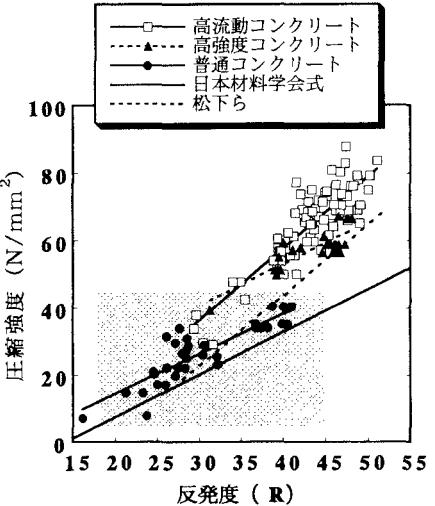


図-3 圧縮強度と反発度の関係（実験1・2）

表-3 強度推定式

	強度推定式	相関係数
高流動コンクリート	$F=27.6+2.13R$	0.87
高強度コンクリート	$F=3.78+1.23R$	0.83
普通コンクリート	$F=-9.30+1.19R$	0.88
日本材料学会	$F=-18.0+1.27R$	-
松下 ²⁾	$F=-40.0+2.10R$	-

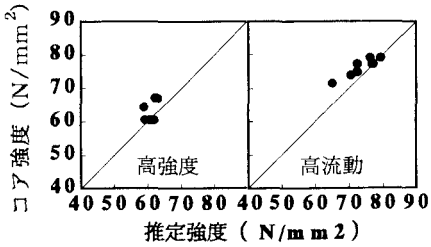


図-4 本実験推定強度とコア強度の関係