

反発硬度法による高強度・高流動コンクリートの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)富士ピー・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反発硬度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、PC工場での施工実験（実験1）および室内実験（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 、略号：BS）を使用した。細骨材は砕砂（密度 2.91g/cm^3 ）と石灰砕砂（密度 2.62g/cm^3 ）の2種類を使用し、粗骨材は碎石（密度 2.95g/cm^3 ）を使用した。混和剤は高性能AE減水剤を使用した。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	g/glim (m^3/m^3)	W/P (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)		
					W	P	
実験1	高流動	0.53	35	49.5	175	350	150
	高強度	0.58	40.5	48.2	170	420	-
	普通	0.61	68	48.5	170	250	-
実験2	高流動	0.47	35	56.6	175	500	0
				56.4	175	350	150
				56.3	175	250	250
	高強度	0.58	40.5	48.2	170	420	-

g/glim：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）、実験2では立方供試体を用いた。供試体寸法と養生条件の詳細を表2に示す。実験1および実験2ともに圧縮強度試験用として、円柱供試体（ $\phi 10 \times 20\text{cm}$ ）を使用し、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。

表 - 2 供試体の寸法および養生条件

	供試体寸法	養生方法	
		蒸気養生	現場養生
実験1	模型ホロー桁 ($64 \times 100 \times 200\text{cm}$)	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2	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
		湿布養生	

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）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。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1の高流動コンクリートの模型ホロー桁における反発度と円柱供試体の圧縮強度の関係を養生条件別に示したものである。また、()内は、練り上がり温度を示す。図より、どの養生条

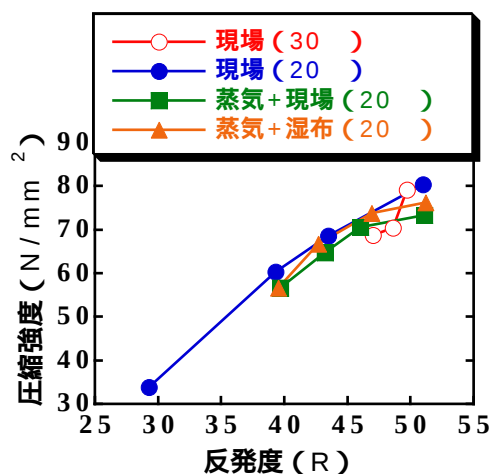


図 - 1 養生条件別の高流動コンクリートの圧縮強度と反発度の関係（実験1）

キーワード：反発硬度法、非破壊試験、コア強度、高強度・高流動コンクリート

連絡先：〒814-0133 福岡市城南区七隈8-19-1 TEL 092-871-6631（内線 6466）FAX 092-864-8901

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 - 2は全ての養生条件での実験1および実験2の円柱供試体の圧縮強度と材料学会式より求めた推定強度の関係を示したものである。円柱供試体の圧縮強度が 35N/mm^2 以下では、推定強度とよく一致しているが、それ以上になると推定強度は円柱供試体の圧縮強度よりも著しく低下する傾向にある。例えば、円柱供試体の圧縮強度が 60N/mm^2 であっても推定強度は概ね 40N/mm^2 程度しか示していない。このことより、高強度コンクリートや高流動コンクリートの強度推定には、材料学会式の適用は不適切であると考えられる。

図 - 3に全ての養生条件での実験1および実験2の円柱供試体の圧縮強度と反発度の関係を示し、その回帰式を表3に示す。また、図中に材料学会が示す強度推定式と松下ら¹⁾が提案する高強度コンクリートの強度推定式を示す。今回の実験で得られた普通コンクリートの回帰式は、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、骨材の種類の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。本実験で得られた高強度、高流動コンクリートの値は、材料学会式よりもかなり上部にあることがわかる。また、材料学会式は、反発度 $R=18\sim 45$ （標準供試体強度 $=5\sim 45\text{N/mm}^2$ ：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と判断される。本実験で得られた高強度コンクリートの値は、松下ら¹⁾の強度推定式上にほぼあるが、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には、高い相関性（相関係数 $=0.92$ ）が認められ、本実験から得られた推定式により普通コンクリートだけでなく、高強度・高流動コンクリートの強度推定が可能であることが明らかとなった。

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日本材料学会式で強度を推定した場合、著しく過小評価する事になり、新たな強度推定式の適用が必要であると思われる。

【参考文献】

- 1) 松下博通：シュミットハンマー試験報告書、1978

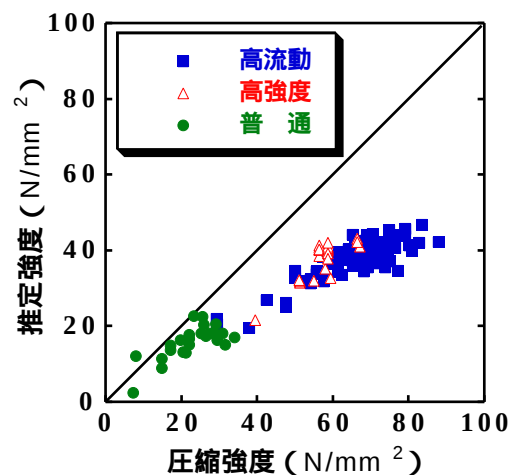


図 - 2 材料学会式で推定した強度と円柱供試体圧縮強度の関係

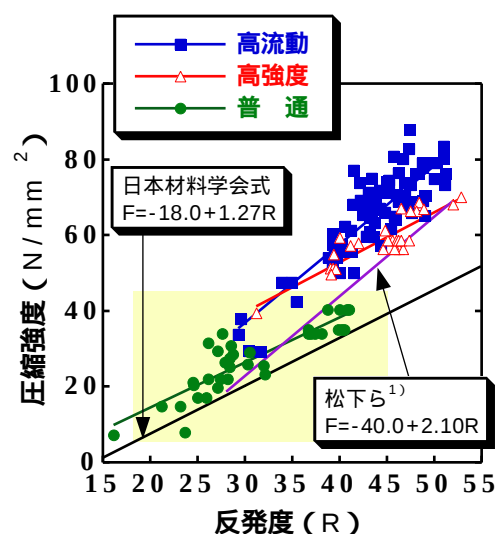


図 - 3 円柱供試体圧縮強度と反発度の関係

表 - 3 本実験で得られた回帰式

種類	強度推定式	相関係数
高流動	$F = -25.5 + 2.08R$	0.87
高強度	$F = 0.15 + 1.32R$	0.88
普通	$F = -9.30 + 1.19R$	0.88

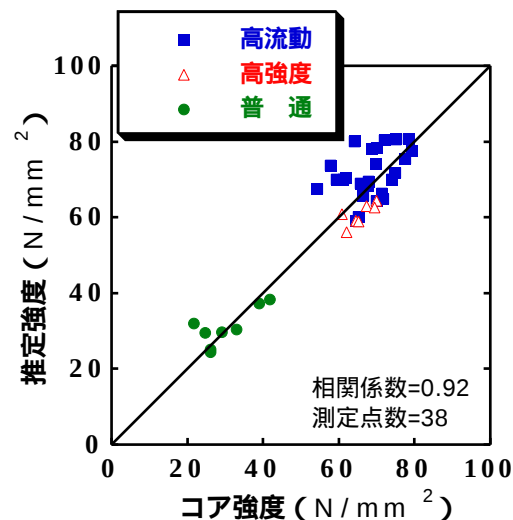


図 - 4 本実験推定強度とコア強度の関係