

反発速度比によるコンクリート強度推定の適用性

西松建設株式会社 正会員 ○山本泰介・椎名貴快・高木雄介
非会員 木村仁治・中村雄太

1. はじめに

リバウンドハンマーを用いたコンクリートの強度推定手法は、計測が簡便かつ迅速なため、国内工事で広く利用されている。現在、反発度法による測定が主流であるが、EN や ASTM では、より測定精度が高いとされる反発速度比を用いた方法（以下、反発速度比法）が基準化¹⁾²⁾され、我が国でも NEXCO が圧縮強度の管理方法³⁾に取り入れており、NDIS での規格制定も近い。このため、今後、反発速度比法を施工管理に活用・普及していく上で、測定データの精度や、コンクリートの含水状態が与える影響について、さらに情報が必要と考えた。

そこで本稿では、普通強度から高強度(PC 造想定)までの広い領域を網羅した配合（9 配合）を対象に、円柱供試体を作製し、反発度法および反発速度比法でデータを収集して精度検証を行った。

2. 試験概要

表-1 に使用材料、表-2 にコンクリート配合、フレッシュ性状および 28 日圧縮強度(20℃水中)を示す。W/C は 9 水準(60.0～25.0%)で、28 日強度は 30～110N/mm² の範囲を得た。目標性状は、W/C≥50%の時、SL(12±2.5cm),Air(4.5±1.5%), 35%≤W/C≤45%の時、SL(18±2.5cm),Air(4.5±1.5%), W/C≤30%の時、SLF 配合,Air(2.0～4.5%)とした。なお、試験は室温 20℃環境で実施した。

供試体はφ100mm×H200mm の円柱で、試験材齢は 6 材齢（3 日,7 日,10 日,14 日,21 日,28 日）とした。養生条件は、20℃水中を標準とし、試験前に水揚げし、表面の水分を十分に拭き取って試験を実施した。

ここで文献 3)を参考に、供試体は圧縮試験機により軸力 25kN 程度（約 3.18 N/mm²）で固定した状態で、側面を水平に各々20 点打撃した(写真-1)。なお、高強度となる W/C 25%の配合については、拘束軸力による影響を確認するため、軸力 50kN (6.37N/mm²)でも試験を行った。また、供試体の含水状態による測定値への影響を確認するため、材齢 28 日のみ湿潤状態（試験前に水揚げして表面水を拭き取り）および乾燥状態（105℃で 24 時間炉乾燥後）の 2 条件でも試験を実施した。

今回のリバウンドハンマー試験では、反発度法で得られる値を R 値、反発速度比法で得られる値を Q 値と称し、値は補正なしの生値とした。

表-1 使用材料

記号	材 料 名	密度(g/cm ³)
W	水（上水道水）	1.00
C	普通ポルトランドセメント	3.16
S	川砂（大井川水系）	表乾 2.57
G	碎石 2005（栃木県鹿沼産）	表乾 2.65
Ad	AE 減水剤(高機能タイプ)	1.01～1.13
SP1	高性能 AE 減水剤(一般用)	1.03～1.12
SP2	高性能 AE 減水剤(高強度用)	1.03～1.12
AE	AE 剤 (1A=C×0.001%)	1.02～1.06

表-2 コンクリート配合、フレッシュ性状、28 日強度

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				混和剤			フレッシュ性状			28 日圧縮
		W	C	S	G	種類	使用量 (C×%)	AE (A)	SL (cm)	SLF (cm)	Air (%)	強度* (N/mm ²)
60.0	48.0	170	283	858	958	Ad	1.00	0.50	12.0	23.0×22.5	4.7	30.1
55.0	47.5	170	309	839	956	Ad	1.00	0.75	14.5	24.5×23.5	4.9	34.7
50.0	47.0	170	340	818	951	Ad	1.00	1.00	14.5	25.0×23.5	4.8	40.2
45.0	48.0	165	367	831	929	SP1	1.30	2.50	19.5	31.0×28.0	4.5	50.6
40.0	47.5	165	413	805	917	SP1	1.30	3.00	20.5	35.0×31.5	4.7	60.3
35.0	47.0	165	471	774	900	SP1	1.25	3.00	20.0	31.5×30.5	4.5	70.3
30.0	48.0	165	550	760	849	SP1	1.60	3.00	—	50.5×48.5	4.3	83.9
27.5	47.0	165	600	725	843	SP2	1.90	15.0	—	47.4×45.6	3.3	96.4
25.0	46.0	165	660	687	832	SP2	2.30	20.0	—	70.5×70.1	2.4	109

*20℃水中養生



反発度法



反発速度比法

写真-1 円柱供試体の打撃状況

キーワード 非破壊、リバウンドハンマー、反発度、反発速度比、圧縮強度

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-2-1 住友不動産虎ノ門タワー 西松建設(株)技術研究所 TEL03-3502-0247(代表)

3. 試験結果

(1) 圧縮強度

図-1 に各試験材齢での圧縮強度試験結果 (20℃水中) を示す。9 配合により、普通強度から高強度までの領域データを得られた。

(2) R 値および Q 値と圧縮強度の関係

図-2 に反発度 R 値と強度の関係、図-3 に反発速度比 Q 値と強度の関係を示す。なお、図中には代表的な強度推定式として、土木学会式および建築学会式も併記した。

湿潤試料の場合、R 値は土木学会式で安全側に評価できるものの、従前からの知見と同様に、R 値が大きいほど実強度との乖離が大きくなる傾向が認められた。また、強度が 50N/mm²を超えたあたりからデータ自体のバラツキがやや大きいように見られた。一方で、Q 値は高強度領域でもデータのバラツキが小さく、1本の相関式 (ここでは累乗近似式) で、普通強度から高強度領域までの推定が可能であると思われる。

次に、乾燥試料の場合、R 値および Q 値ともに、湿潤試料よりも同一強度に対して値が大きくなる傾向があり、特に強度が小さいほど差異が大きくなった。これはつまり、コンクリートの含水状態が強度推定精度に影響することを示しており、実構造物を対象にした運用においては、反発速度比法でも何らかの含水率補正が必要ではないかと考える。なお、乾燥試料での Q 値と強度の関係は、Curve EU 式と同じ傾向であった。このため、同式を用いて強度推定する場合、測定部位が乾燥状態に適していると言える。

(3) 拘束軸力による影響

拘束軸力 25kN および 50kN での測定結果 (R 値, Q 値) を各々の強度 F で除した値を図-4 に整理して示す。拘束軸力が大きい供試体の方が、やや値が大きいものの、推定誤差レベルであり、実用上はいずれの拘束軸力でも大差がないと考える。

4. まとめ

本試験で得られた知見として、反発速度比法は、従来の反発度法よりもデータのバラツキが小さく、高強度領域までの推定が可能であると考えられる。ただし、コンクリートの含水状態によって測定精度が影響を受ける可能性があった。

参考文献

- 1) EN 12504-2: Testing concrete in structures-Part2,
- 2) ASTM C805: Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete,
- 3) 東・中・西日本高速道路(株): コンクリート施工管理要領, 4-8 コンクリート構造物 (非破壊試験による管理)

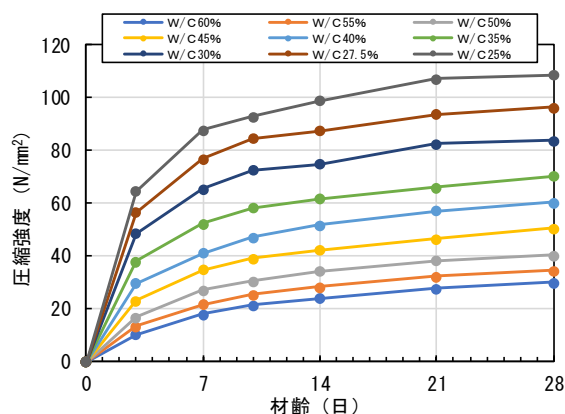


図-1 圧縮強度試験結果 (20℃水中)

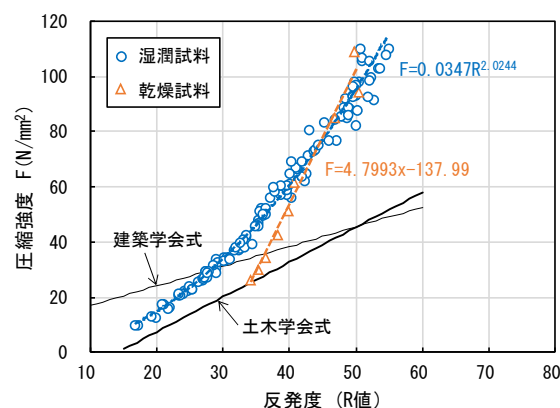


図-2 R 値と圧縮強度 F の関係

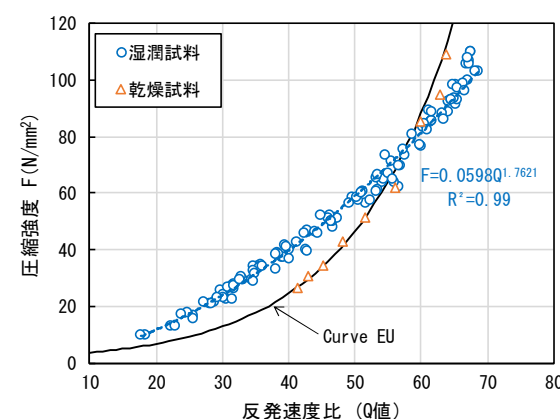


図-3 Q 値と圧縮強度 F の関係

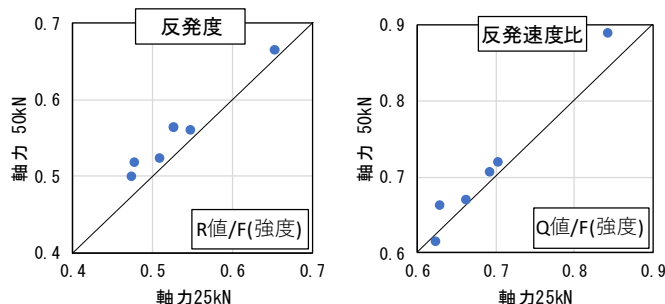


図-4 拘束軸力の違いによる影響 (測定値/F)