

各種リバウンドハンマーによる測定値の相互比較

－ 水セメント比を変えた場合 －

日大生産工(学部) ○平野 友 日大生産工 湯浅 昇
日大生産工 笠井 芳夫

1. はじめに

リバウンドハンマー法は、リバウンドハンマーによりコンクリート表面の反発度を求め、その反発度に基づいてコンクリートの圧縮強度を推定する方法である。反発度が弾性係数と比例関係にあり、更に弾性係数と圧縮強度は相関が強いことから構築された方法である。反発度の測定は、熟練を要することなく容易に非破壊で行えることから、初期材齢における強度管理、既存構造体コンクリートの各種診断及び調査手法として広く採用され、このような実績を踏まえて、2003年、JIS A 1155「コンクリートの反発度測定方法」が制定された。

本報告は、日本非破壊検査協会平成22年度春季講演大会にて報告した「各種リバウンドハンマーによる測定値の相互比較」(水セメント比57.5%について各種リバウンドハンマーの測定値を相互比較したもの)に、水セメント比20%、40%、60%、100%、120%、140%の測定値を加え、N型、P型シュミットハンマーによる反発度及びシルバーシュミットハンマーによる反発速度比を相互に比較・検討したものである。

2. 各種シュミットハンマーの特徴

製造会社シュミット社によれば、各シュミット(写真-1)の特徴は、以下の通りである。

(1) N (NR) 型シュミットハンマー

反発度 R (反発の高さを測定する) を測定する。圧縮強度 $10 \sim 70 \text{ N/mm}^2$ のコンクリートに適用される最も一般的なシュミットハンマーである。N 型は、データを印字する機能をもっている。

(2) P 型シュミットハンマー

反発度 R を測定する。圧縮強度 $5 \sim 30 \text{ N/mm}^2$ のコンクリートに適用される振子式のシュミットハンマーで、低強度コンクリート、若材齢コンクリートの強度推定に適している。

(3) シルバーシュミットハンマー

反発の速度比 (インパクトする前後の



写真-1 各種シュミットハンマー

Comparison between Rebound Numbers using Various Hammers
for Compressive Strength of Concrete
－ Effect of Water-Cement Ratio －

Yu HIRANO, Noboru YUASA and Yoshio KASAI

反発速度の比) Q を光学的に測定する。圧縮強度 $10\sim 170\text{N/mm}^2$ のコンクリートに適用が可能とされ、角度の影響を受けないとされる。

3. 実験の概要 (1) コンクリート

コンクリートの材料として、水セメント比 20% については U 社製シリカフェュームプレミックスセメント ($\rho = 3.08$)、飯淵産砂 ($\rho = 2.62$)、飯淵産砂利 ($\rho = 2.65$)、水セメント比 57.5% については T 社製普通ポルトランドセメント ($\rho = 3.16$)、細骨材として 6 割を君津産砂 ($\rho = 2.58$) 4 割を栃木鍋山砕砂 ($\rho = 2.68$) としたもの、粗骨材として栃木鍋山碎石 ($\rho = 2.68$)、水セメント比 40%、100%、120%、140% については大井川産砂 ($\rho = 2.62$)、大井川産砂利 ($\rho = 2.66$) を使用した。表-1 に調合、スランプ、スランプフロー、空気量を併記した。

(2) 試験体の作製と養生

水セメント比別に、作製する試験体型枠 ($\phi 100\times 200$ 、 $\phi 150\times 300\text{mm}$ の円柱型枠、 $100\times 100\times 200\text{mm}$ 、 $300\times 300\times 150\text{mm}$ の型枠) にコンクリートを打設し、試験材齢に達するまで 20°C の恒温温室で封かん養生を行った。(表-2)

(3) 反発度 R および反発速度比 Q の測定

各試験材齢において、 $\phi 100\times 200$ 、 $\phi 150\times 300\text{mm}$ の円柱供試体、 $100\times 100\times 200\text{mm}$ 角柱供試体、 $300\times 300\times 150\text{mm}$ の壁模擬供試体に、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」(昭和 58 年) p. 17 に記載の拘束圧力 25kgf/cm^2 以上を参考に、 $\phi 100\text{mm}$ 円柱供試体には 20kN 、 $\phi 150\text{mm}$ 円柱供試体には 50kN 、 $100\times 100\times 200\text{mm}$ 角柱供試体には 30kN 、 $300\times 300\times 150\text{mm}$ 壁模擬供試体には 120kN の拘束圧力をかけ、JIS A 1155:2003「コンクリートの反発度測定方法」に準じて、反発度 R および反発速度比 Q を測定した。なお、試験体と試験器の形状の都合上、P 型シュミットハンマーは $\phi 100\text{mm}$ 円柱供試体及び $100\times 100\times 200\text{mm}$ 角柱供試体には適用できなかった。また、 $\phi 150\text{mm}$ 円柱供試体、 $300\times 300\times 150\text{mm}$ 壁模擬供試体に対しては供試体を上下反転し同数の測定点を確保した。

(4) コンクリートの圧縮強度の測定

反発度 R 及び反発速度比 Q 測定後、 $\phi 100\times 200$ 、 $\phi 150\times 300\text{mm}$ 円柱供試体、及び $100\times 100\times 200\text{mm}$ 角柱供試体について、JIS A 1108:2006「コンクリートの圧縮強度試験方法」に従い、圧縮強度を測定する。

4. 結果及び考察

(1) コンクリートの材齢経過に伴う各測定値及びそのばらつきの変化

図-1 は、各測定値の経時変化を示したものである。シュミットハンマーによる測定値は程度の差はあるが材齢 7 日までの変化が大きく、その後緩慢な増加であった。

表-1 調合表

水セメント比 (%)	粗骨材の最大寸法 (mm)	細骨材率 (%)	単位水量 (kg/m ³)	絶対容積 (L/m ³)				質量 (kg/m ³)				混和剤の使用量 (kg/m ³)	スランプ (cm)	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)
				セメント	シリカフェュームプレミックスセメント	細骨材	粗骨材	セメント	シリカフェュームプレミックスセメント	細骨材	粗骨材					
20	25	44.9	46	-	263	270	331	-	812	708	876	2.13	-	48.9×46.8	6.9	22.0
40	25	47.5	194	102	-	334	370	323	-	875	983	2.89	18.5	-	5.5	22.0
57.5	20	46.3	180	99	-	313	363	313	-	820	973	3.13	20.5	-	4.5	20.0
60	25	41.1	194	153	-	268	384	485	-	703	1022	5.32	16.5	-	4.5	22.0
100	25	45.2	180	57	-	324	394	180	-	850	1047	2.25	18	-	4.9	19.5
120	25	45.2	180	47	-	329	399	150	-	861	1061	2.52	19	-	4.6	20.0
140	25	45.2	180	41	-	332	403	129	-	869	1071	2.01	18.5	-	4.9	20.5

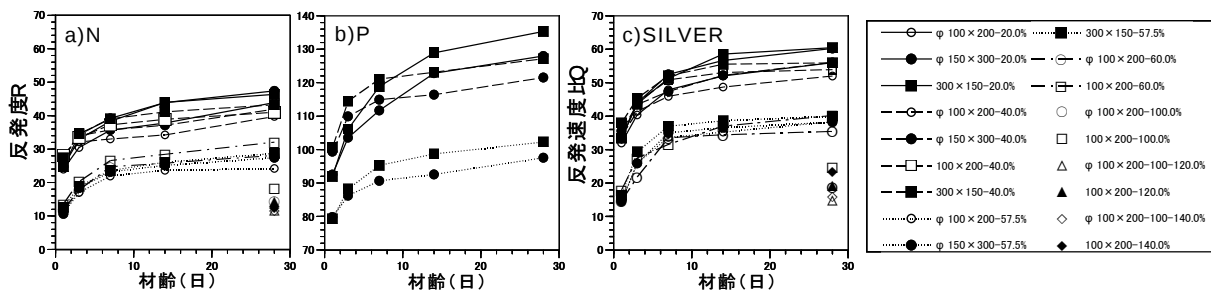


図-1 材齢と測定値の関係

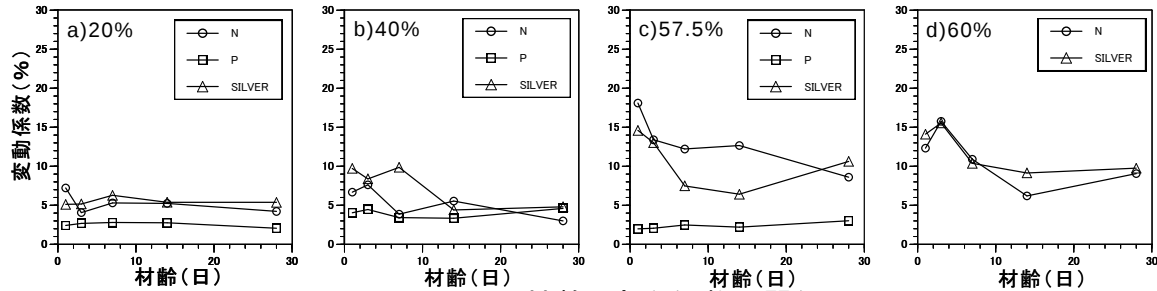


図-2 材齢と変動係数の関係

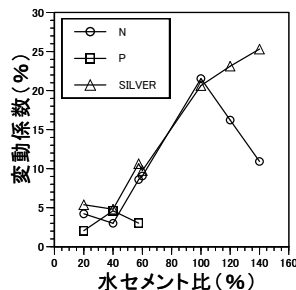


図-3 水セメント比別
変動係数

表-2 作成試験体及び試験材齢

水セメント比(%)	試験材齢(日)	φ100×200	φ150×300	100×100×200	300×300×150
20.0	1,3,7,14,28	○	○	-	○
40.0	1,3,7,14,28	○	○	○	○
57.5	1,3,7,14,28	○	○	-	○
60.0	1,3,7,14,28	○	-	○	-
100.0	28	○	-	○	-
120.0	28	○	-	○	-
140.0	28	○	-	○	-

表-3 測定値の標準偏差
(300×300×150mm及び100×100×200mmについて)

水セメント比	材齢	N型	P型	SILVER型
20%	1	1.22	2.22	1.71
	3	1.00	2.84	2.25
	7	1.61	3.32	3.22
	14	1.69	3.54	3.15
	28	1.40	2.77	3.25
40%	1	1.91	4.06	3.69
	3	2.63	5.10	3.80
	7	1.51	4.14	5.13
	14	2.27	4.12	2.44
	28	1.30	5.84	2.48
57.5%	1	1.69	1.86	1.79
	3	1.91	2.47	2.87
	7	2.16	2.56	2.08
	14	2.48	2.98	1.86
	28	1.85	3.80	3.19
60%	1	1.68	-	2.53
	3	3.19	-	4.28
	7	2.89	-	3.48
	14	1.77	-	3.39
	28	2.90	-	3.93
100%	28	3.95	-	5.12
120%	28	2.32	-	4.51
140%	28	1.37	-	4.25

表-3 は、300×300×150mm 壁模擬供試体及び 100×100×200mm 角柱供試体で得られた各測定値の標準偏差を水セメント比ごとに示したものである。図-2 は、これを変動係数の経時変化として示したもの、図-3 は材齢 28 日の測定値の変動係数を水セメント比ごとに示したものである。後述する図-5 をみると、この程度の標準偏差だと推定圧縮強度では 1～6N/mm² 程度に対応する。P 型シュミットハンマーの反発度の変動係数は他の測定値と比べ、小さいといえる。

(2) φ100×200mm 円柱供試体の圧縮強度と各測定値の関係

図-4 は φ100×200mm 円柱供試体で得られた圧縮強度とすべての水セメント比の各測定値の関係を示したものである。図内の式は、水セメント比 40%、57.5%、

60%、100%、120%、140%の 300×300×150mm 壁模擬供試体及び 100×100×200mm 角柱供試体の測定値に対応する近似線の式である。

水セメント比 40%、60%、100%、120%、140%について、300×300×150mm 壁模擬

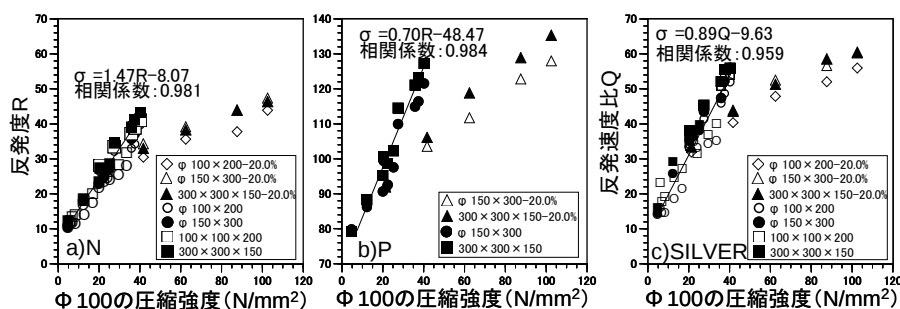


図-4 Φ 100の圧縮強度と測定値の関係

(近似線は300×300×150mm及び100×100×200mmについて)

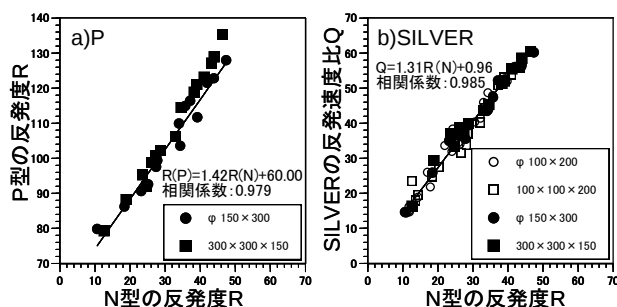


図-5 N型の反発度と各試験器の測定値の関係

供試体及び 100×100×200mm 角柱供試体の測定値をみると、N 型、P 型シュミットハンマーについては水セメント比が関係なくほぼ直線関係にあることがわかる。シルバーシュミットハンマーについては、水セメント比 57.5%についてのみ見たときに圧縮強度 20N/mm² までの測定値の変化が大きく、それ以上では数値が頭打ちに推移するような曲線を描いたが、他の水セメント比と併せてみると、N 型、P 型シュミットハンマーと同様に直線関係になった。

水セメント比 20%については他の測定値が描いた直線とは別の直線関係を築いた。水セメント比 20%については、セメントとしてシリカフュームプレミックスセメント、骨材として飯淵産の砂利、砂を使用したため、他の水セメント比と違う直線関係になったと考えられる。

(3) N 型シュミットハンマーの反発度と他の測定値との関係

図-5 は N 型シュミットハンマーの反発度と他の測定値の関係を示したものである。測定値の関係はいずれも直線関係となった。また、その傾きは 1 以上であり、

シルバーシュミットハンマーよりも P 型シュミットハンマーの方が大きいので、N 型シュミットハンマ

ーの反発度に比べ、P 型の反発度、シルバーシュミットハンマーの反発速度比の方が絶対値の変化が大きく推定には有利であることがわかる。

6. まとめ

N 型、P 型シュミットハンマーによる反発度、シルバーシュミットによる反発速度比を相互に比較・検討した結果をまとめると、以下の通りである。

ある。

- (1) 測定値は材齢 7 日までの変化が大きく、その後緩慢な増加であった。
- (2) どの各測定値も標準偏差が小さく、標準偏差に対応する推定圧縮強度では 1～6N/mm² 程度であった。
- (3) Φ 100×200mm 円柱供試体で得られた圧縮強度と N 型、P 型シュミットハンマーの反発度及びシルバーシュミットハンマーの反発速度比は水セメント比 40%、57.5%、60%、100%、120%、140%について直線関係になった。水セメント比 20%については他の水セメント比とは別の直線関係を築いた。
- (4) 水セメント比 57.5%と同様に、N 型シュミットハンマーの反発度に比し、P 型の反発度、シルバーシュミットの反発速度比の順に絶対値の変化が大きく、圧縮強度の推定には有利であることがわかった。

参考文献

- 1) 平野友、湯浅昇、笠井芳夫、美苗町雅弘、三浦彰吾：「各種リバウンドハンマーによる測定値の相互比較」