

リバウンドハンマーによる強度推定に関する話題提供 —各種リバウンドハンマーの相互比較, リバウンドハンマーの反発度と圧縮強度との関係を求める方法の提案—

湯 浅 昇*

概要 本報告は、リバウンドハンマーによる強度推定に関する話題を提供するものである。リバウンドハンマーの中からN型、P型シュミットハンマー、新型シュミットハンマー「シルバーシュミット」について、その測定値（反発度・反発速度比）を相互に比較検討した結果を提供し、JIS A 1155「コンクリートの反発度の測定方法」では規定されていない測定値（反発度・反発速度比）と圧縮強度の関係の構築方法を提案する。

キーワード：コンクリート、圧縮強度、リバウンドハンマー、シュミットハンマー、反発度、反発速度比、キャリブレーション

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、さら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、若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およ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の測定方法」が制定された。

その歴史をみると、まず打撃法が1934年頃からイギリス、ドイツ、ソ連などで検討され、1948年にはSchmidtがシュミットハンマーを考案し、世界中で広く実用されるまでに至った。日本では1952年から輸入・検討され、これまでに輸入されたシュミットハンマーは14～15万台にのぼるとみられる。2008年、これまでのN型、P型シュミットハンマーに加え、新型シュミットハンマー「シルバーシュミット」を供給し始めた。

このように、考え方がしっかりし、完成度が高く、歴史もあり、認知度も高いリバウンドハンマーであるが、反発度から圧縮強度を推定するには、多くの未解決な課題が残っており、正確な強度推定に至るまでには、結局のところ、多くの時間と手間がかかる手法といえる。

本報告は、日本で最も普及しているN型シュミットハンマー、低強度用といわれ実績のある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・検討した結果を報告する。さら

に、竣工までのコンクリート強度管理に供することを目的とした、リバウンドハンマーの反発度・反発速度比と圧縮強度の関係を求める方法を提案する。

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、各シュミットハンマー（写真-1）の特徴は、以下のとおりである。

(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 $10\sim70\text{ N/mm}^2$ 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。NR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 $5\sim30\text{ N/mm}^2$ のコンクリートに適用される振り子式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反発速度の比） Q を光学的に測定する。圧縮強度 $10\sim170\text{ N/mm}^2$ 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。



写真-1 各種リバウンドハンマー

* ゆあさ・のぼる／日本大学 生産工学部 建築工学科 准教授（正会員）

3. 各種リバウンドハンマーの相互比較実験

3.1 実験概要

(1) コンクリート

コンクリートの材料として、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砕石 ($\rho=2.68$)、AE減水剤にはP社製78S(T)を使用した。コンクリートの練り混ぜは、表-1に示す割合より行った。表-1にスランプ、空気量、圧縮強度を併記した。

(2) 試験体の作製と養生

$\phi 100 \times 200$, $\phi 150 \times 300$ mmの円柱型枠, $300 \times 300 \times 150$ mmの型枠にコンクリートを打設し、試験材齢(1, 3, 7, 14, 28日)に達するまで20℃の恒温室で封かん養生

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)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)			
				セメント	細骨材	粗骨材	セメント	細骨材	粗骨材				1日	3日	7日	28日
57.5	20	46.3	180	99	313	363	313	820	973	3.13	20.5	4.5	4.7	12.3	20	25.2

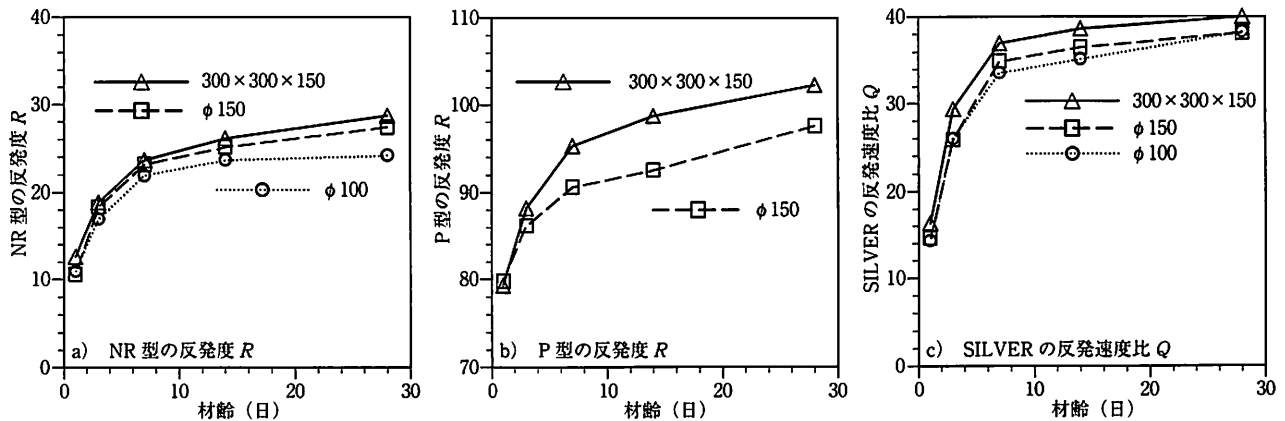


図-1 各測定値の経時変化

を行った。

(3) 反発度 R および反発速度比 Q の測定

材齢 1, 3, 7, 14, 28 日において、 $\phi 100 \times 200$, $\phi 150 \times 300$ mmの円柱供試体, $300 \times 300 \times 150$ mmの壁模倣供試体に、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 25 kgf/cm^2 以上を参考に、 $\phi 100$ mm円柱供試体には 20 kN , $\phi 150$ mm円柱供試体には 50 kN , $300 \times 300 \times 150$ mm壁模倣供試体には 120 kN の軸力を加え、JIS A 1155:2003「コンクリートの反発度の測定方法」に準じて、反発度 R および反発速度比 Q を測定した。

なお、試験体およびハンマーの形状、荷重方法の都合上、P型シュミットハンマーは $\phi 100$ mm円柱供試体には適用できなかった。また、 $\phi 150$ mm円柱供試体, $300 \times 300 \times 150$ mm壁模倣供試体に対して供試体を上下反転し、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 および反発速度比 Q の測定後、 $\phi 100$, $\phi 150$ mm円柱供試体について、JIS A 1108:2006「コンクリートの圧縮強度試験方法」に従い、圧縮強度を測定した。

Topic for Concrete Strength Presumption using Rebound Hammer — Comparison between Rebound Numbers using Various Hammers and Proposal of Requesting Method for Relationship between Rebound Numbers and Compressive Strength —

By N. Yuasa

Concrete Journal, Vol.48, No.12, pp.23~30, Dec. 2010

Synopsis This report offers the topics concerning the strength presumption using the rebound hammer. Firstly, this is deals with comparison between the rebound numbers using N-type Schmidt hammer, P-type Schmidt hammer and "Silver Schmidt" that is new Schmidt hammer produced. The requesting method for relationship between rebound number and compressive strength of concrete is not provided by JIS A 1155 "Method of measurement for rebound number on surface of concrete". So, the requesting method is discussed and proposed in this report.

Keywords : concrete, rebound hammer, schmidt hammer, rebound number, rebound speed ratio, calibration

3.2 結果および考察

(1) コンクリートの材齢経過に伴う各測定値（反発度 R ・反発速度比 Q ）およ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、その後緩慢に増加した。

表-2は、 $300 \times 300 \times 150$ mm 壁模倣供試体で得られた各測定値の標準偏差を示したものである。図-2は、これを変動係数の経時変化として示したものである。後述する図-3から判断すると、この程度の測定値（反発度 R ・反発速度比 Q ）の標準偏差は、推定圧縮強度では1~4 N/mm^2 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よりも小さいといえる。

(2) $\phi 100$ mm 圧縮強度と各測定値の関係

図-3は、 $\phi 100 \times 200$ mm 円柱供試体で得られた圧縮強度と各測定値の関係を示している。 $300 \times 300 \times 150$ mm

壁模倣供試体について、その傾向をみると、NR型、P型シュミットハンマーの反発度は、圧縮強度と直線関係があることがわかる。さらにその傾き（圧縮強度の変化に対する反発度 R の変化）は、NR型の場合よりもP型の場合の方が大きいことがわかる。 $30 N/mm^2$ 程度以下のコンクリート強度推定にはP型がNR型よりも優れているといえよう。

一方、シルバーシュミットによる反発速度比 Q は、 $20 N/mm^2$ 程度以下では、圧縮強度変化に比し変化幅が大きくP型よりも強度推定に有利といえるが、 $20 N/mm^2$ 程度以上では、反発速度比 Q が頭打ちに推移した。

表-2 各測定値の標準偏差 ($300 \times 300 \times 150$ mm)

材齢 (日)	NR型の反発度 R	P型の反発度 R	SILVERの反発速度比 Q
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

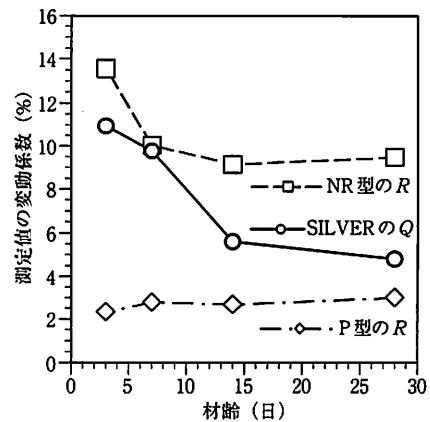


図-2 変動係数の経時変化

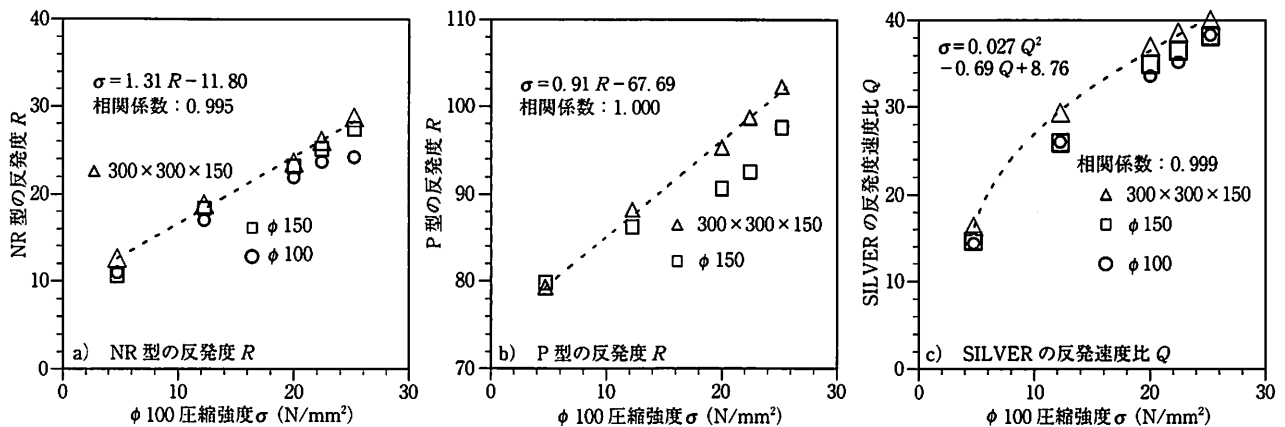


図-3 $\phi 100$ 圧縮強度と各測定値の関係

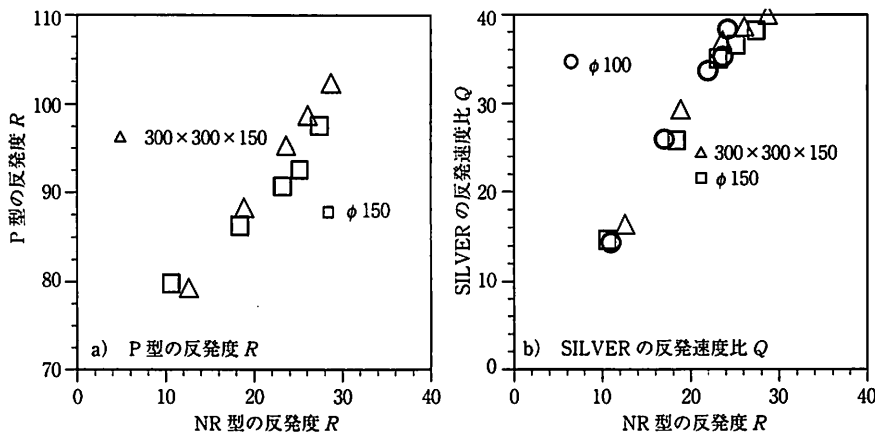


図-4 NR型シュミットハンマーの反発度 R と他の測定値との関係

(3) NR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-4は、NR型シュミットハンマーの反発度とP型シュミットハンマーの反発度、シルバーシュミットの反発速度比の関係を示したものである。300×300×150 mm 壁模擬供試体について、その傾向をみると、図-3において強度との関係が直線関係であった2つの測定値間であるNR型シュミットハンマーの反発度とP型のシュミットハンマーの反発度は直線関係にあった。これに対し、NR型シュミットハンマーの反発度とシルバーシュミットの反発速度比との関係は、NR型シュミットハンマーの反発度が25以下(圧縮強度25 N/mm²程度以下)では直線関係、それ以上ではNR型シュミットハンマーの反発度の増加に対するシルバーシュミットの反発速度比の増分が小さいことがわかる。

しかしながら、直線関係にある範囲だけをみると、NR型シュミットハンマーの反発度に対する測定値の傾きは、P型の反発度、シルバーシュミットの反発速度比ともに1以上であり、NR型シュミットハンマーの反発度で25以下(圧縮強度25 N/mm²程度以下)の範囲では、NR型シュミットハンマーの反発度に対し、P型の反発度、シルバーシュミットの反発速度比の方が、圧縮強度の変化に対しその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。

4. リバウンドハンマーの反発度・反発速度比と圧縮強度との関係を求める方法の提案

4.1 リバウンドハンマーの反発度による強度推定の現状と提案の立場

2003年コンクリートの反発度の測定に関して、JIS A 1155「コンクリートの反発度の測定方法」が制定されたが、反発度の測定結果から強度を推定する方法については、示されていない。

反発度と圧縮強度の関係は、図-5¹⁾に示すように、研究者・試験条件によって異なっている。正確な強度推定

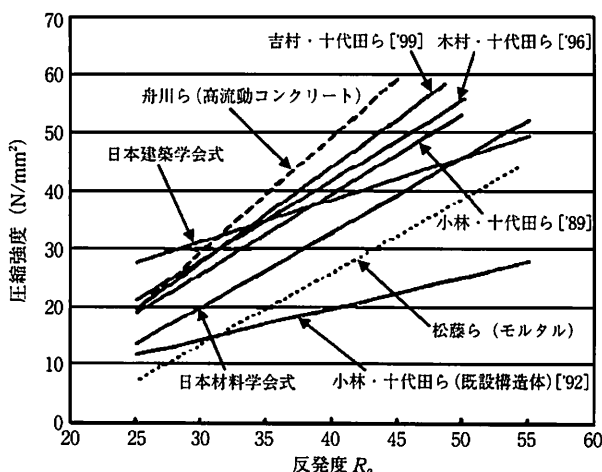


図-5 既往の反発度と圧縮強度の関係

に至るまでには、多くの時間と手間がかかる²⁾。

2005年3月、日本建築学会関東支部で開催されたパネルディスカッション「リバウンドハンマーによって圧縮強度は推定可能か³⁾」での議論によれば、結論は、情報の多い新設ならともかく、竣工後数年経過したコンクリートの強度推定は、相当数のコアによる破壊試験結果と反発度と対応があること、工学的に議論・検証のできる技術者の検証があつて、はじめてなんとかおおよその範囲で可能であり、ただ反発度を測るだけでは無理だということであった⁴⁾。反発度は、深さ1~2 cmまでのコンクリートの品質を反映したものであると考える研究者が多い。

そこで、ここでは、リバウンドハンマーの適用を新設構造物の範囲に限定し、新設のコンクリート強度の推定、すなわち、竣工までのコンクリート強度管理に供することを目的として、N(NR)型、P型リバウンドハンマーおよびシルバーシュミットで得られる反発度あるいは反発速度比と圧縮強度の関係を求める方法を提案する。

4.2 試験方法の基本方針と検討課題

試験方法を下記①~⑤の方針で検討した。

- ①適用の範囲は新設コンクリートに限る。
 - ②反発度 R および反発速度比 Q は、原則として、JIS A 1155:2003「コンクリートの反発度の測定方法」に従い測定する。
 - ③脱型(湿潤状態が保たれ乾燥により水和が阻害されていない)前のコンクリートの圧縮強度を推定する方法を検討する。つまり、構造物コンクリートへのリバウンドハンマーの適用は、無乾燥面に限ることとする。これは、図-6の圧縮強度分布⁵⁾に示すように、打撃面となる表層部は、乾燥により水和が阻害され、内部に比し強度が小さくなるためである。
 - ④現場で打設するコンクリートと同じ材料、調合で混練・打設した試験体、あるいは、打設したコンクリートそのものを用いて作製した試験体について、リバウンドハンマーによる反発度 R もしくは反発速度比 Q の測定および圧縮強度を測定し、リバウンドハンマーの測定値と圧縮強度の関係を求める方法を検討する。なお、可能ならば、試験に供する試験体は円柱供試体だけの範囲としたい。
 - ⑤リバウンドハンマーの測定値と圧縮強度の関係を1カ月程度で求められる方法とする。
- そして、試験方法を次のように想定して検討を進めた。
- i) 現場で打設するコンクリートと同じ材料、調合で混練したコンクリート、あるいは、実際に打設したコンクリートを $\phi 100$, $\phi 150$ mm 円柱供試体、300×300×150 mm の型枠に打設し、成型する。
 - ii) 試験体は密閉状態を保ちながら、所定の温度(標準を20℃とするが任意に定めてもよい)で、所定の材齢(1, 3, 7, 14, 28日)まで養生する。

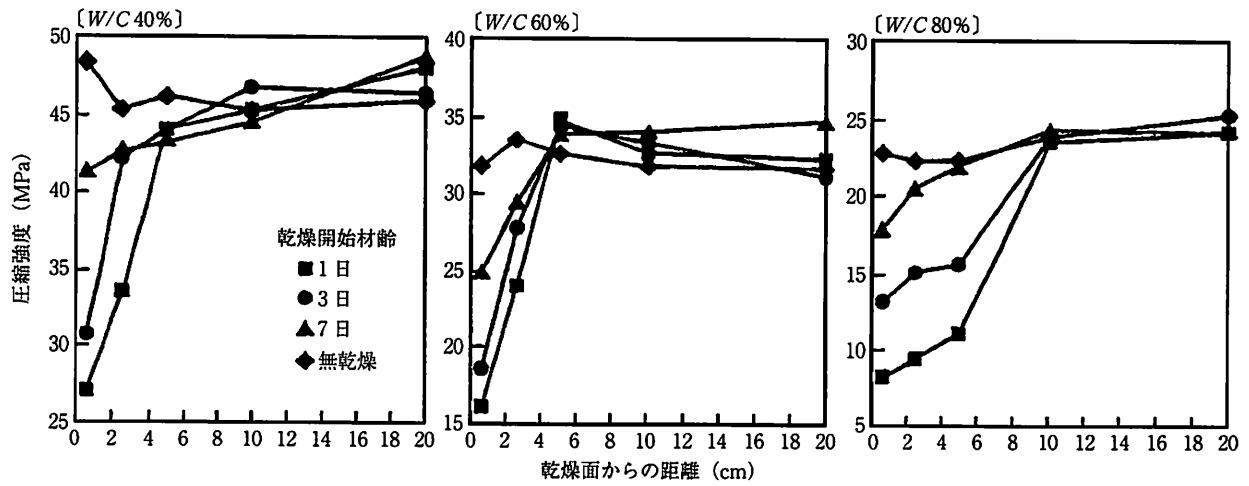


図-6 圧縮強度分布⁵⁾

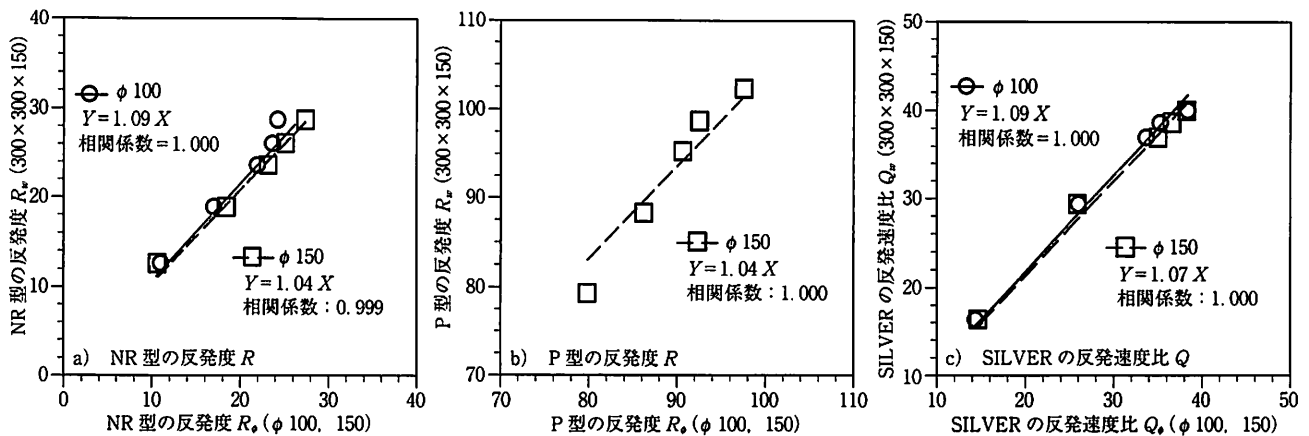


図-7 反発度および反発速度比の曲率による相違

- iii) 材齢 1, 3, 7, 14, 28 日で、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 25 kgf/cm^2 以上を参考に、 $\phi 100 \text{ mm}$ 円柱供試体には 20 kN 、 $\phi 150 \text{ mm}$ 円柱供試体には 50 kN 、 $300 \times 300 \times 150 \text{ mm}$ 壁模倣供試体には 120 kN の拘束圧力をかけ、JIS A 1155:2003「コンクリートの反発度の測定方法」に準じて、反発度 R および反発速度比 Q を測定する。
- iv) 反発度 R および反発速度比 Q 測定後の $\phi 100$ 、 $\phi 150 \text{ mm}$ 円柱供試体について、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 σ を測定する。
- v) 5 材齢 (1, 3, 7, 14, 28 日) における反発度 R および反発速度比 Q と圧縮強度 σ を対応させ関係を確立する。

また、今回は、次のことを検討課題とした。

構造体コンクリートにリバウンドハンマーを適用する場合は、平面に対してリバウンドさせる。一方で、JIS A 1108:2006「コンクリートの圧縮強度試験方法」は、 $\phi 100 \times 200$ 、 $\phi 125 \times 250$ 、 $\phi 150 \times 300 \text{ mm}$ 円柱供試体を試験体の標準と定めている。そして、現在では $\phi 100 \times$

200 mm 円柱供試体を利用することが大半である。しかしながら、 $\phi 100 \times 200 \text{ mm}$ 円柱供試体の曲率は、3つの寸法形状の中で、当然ながら最も大きい。

そこで、実験では、同一コンクリート・同一材齢において、 $\phi 100 \times 200$ 、 $\phi 150 \times 300 \text{ mm}$ 円柱供試体に対する反発度 R および反発速度比 Q と $300 \times 300 \times 150 \text{ mm}$ 壁模倣供試体に対する反発度 R_w および反発速度比 Q_w を比較検討した。その結果を検討し、可能であれば、壁模倣供試体を作製することなく、 $\phi 100 \times 200 \text{ mm}$ 円柱供試体のみによって、それが無理なら $\phi 150 \times 300 \text{ mm}$ 円柱供試体によって、反発度 R および反発速度比 Q と圧縮強度 σ との関係図を作成することを検討した。

4.3 実験結果および考察

(1) 反発度および反発速度比に及ぼす測定面の曲率の影響と推定強度

図-7は、反発度および反発速度比について、 $\phi 100$ 、 $\phi 150 \text{ mm}$ 円柱供試体で得られた値と $300 \times 300 \times 150 \text{ mm}$ 壁模倣供試体で得られた値の対応を示している。どの値も $300 \times 300 \times 150 \text{ mm}$ 壁模倣供試体で得られた値が大きいこと、また若干であるが曲率のより大きい $\phi 100 \text{ mm}$ 円柱供試体に対する値の比 (NR:1.09倍, SILVER:1.09倍) が、 $\phi 150 \text{ mm}$ 円柱供試体に対する値の比 (NR:1.04

倍、P型：1.04倍、SILVER：1.07倍）よりも大きいことがわかる。このことは、円柱供試体のみによって作成した圧縮強度と反発度および反発速度比の関係をもとに、実際の構造物の平面に対して測定した反発度、反発速度比を対応させ求めた圧縮強度は、大きめに推定されることになり、危険側の評価となることを意味する。使用した円柱供試体の直径が小さい（曲率が大きい）ほど、より危険側の評価となる。

さらにNR型シュミットハンマーの反発度をみると、反発度が22を超える範囲では平面の反発度が益々大きくなることがわかる。

（2）圧縮強度と反発度および反発速度比の求め方に関する2方法の提案

圧縮強度の推定では、円柱供試体のみによって作成した圧縮強度と反発度および反発速度比の関係を、平面で得られた測定値をそのまま対応させられないことから、次の対策・方針を考えた。

- ①今回のように、 $\phi 100 \times 200$ mm 円柱供試体と $300 \times 300 \times 150$ mm 壁模擬供試体を同時に同一条件で作製し、反発度 R および反発速度比 Q を $300 \times 300 \times 150$ mm 壁模擬供試体で、圧縮強度 σ を $\phi 100 \times 200$ mm 円柱供試体によって測定し、両者の関係をもって関係式とする。
- ② $\phi 100 \times 200$ mm 円柱供試体もしくは $\phi 150 \times 300$ mm 円柱供試体のどちらかのみにより、圧縮強度 σ と反発度 R_p および反発速度比 Q_p を測定するが、圧縮強度と平面における反発度 R_w および平面における反発速度比 Q_w の関係を構築するため、実績により、円柱供試体で測定された値に実験係数を乗じる。今回の実験では、この実験係数は、 $\phi 100$ mm に対してNR型、SILVERの場合1.09、 $\phi 150$ mm に対してNR型、P型1.04、SILVER1.07となる。

もちろん、①の方が、本質的な関係の構築であるといえるが、簡便性を考えると②を検討する価値は大きい。②における問題点は、曲率が大きいほど反発度および反発速度比は、小さくなることは確かだとしてもその比（上でいう実験係数）がいくらであるかについては、多くの確認実験が必要であろうし、安全側の評価を行うため、仮に妥当な値が得られたとして若干大きい値を設定することも適切であろう。また、今回の $\phi 100$ mm の挙動をみると、適用強度範囲も考える必要がある。

4.4 「コンクリートの反発度および反発速度比と圧縮強度の関係の求め方」の提案

まだ改善の余地はあるが、現時点における成果に基づき下記のように「コンクリートの反発度および反発速度比と圧縮強度の関係の求め方」を2案提案する。

（1）現時点においてベターな方法（方法A）

- ①現場で打設するコンクリートと同じ材料、調合で混練したコンクリート、あるいは、実際に打設したコ

ンクリートを $\phi 100$ mm 円柱供試体、 $300 \times 300 \times 150$ mm の型枠に打設し、成型する。

- ②試験体は密閉状態を保ちながら、所定の温度（標準を 20°C とするが任意に定めてもよい）で、所定の材齢（1, 3, 7, 14, 28 日）まで養生する。
- ③材齢 1, 3, 7, 14, 28 日で、 $300 \times 300 \times 150$ mm 壁模擬供試体には 120 kN の拘束圧力をかけ、JIS A 1155:2003「コンクリートの反発度の測定方法」に準じて、反発度 R および反発速度比 Q を測定する。また、 $\phi 100$ mm 円柱供試体について、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 σ を測定する。
- ④5材齢（1, 3, 7, 14, 28 日）における反発度 R および反発速度比 Q と圧縮強度 σ を対応させ関係（図-3）を求める。

（2）検討課題があるが簡便な方法（方法B）

- ①現場で打設するコンクリートと同じ材料、調合で混練したコンクリート、あるいは、実際に打設したコンクリートを $\phi 100$ (24 N/mm² 程度までの強度推定) もしくは $\phi 150$ mm 円柱供試体に打設し、成型する。
- ②試験体は密閉状態を保ちながら、所定の温度（標準を 20°C とするが任意に定めてもよい）で、所定の材齢（1, 3, 7, 14, 28 日）まで養生する。
- ③材齢 1, 3, 7, 14, 28 日で、 $\phi 100$ mm 円柱供試体には 20 kN、 $\phi 150$ mm 円柱供試体には 50 kN の拘束圧力をかけ、JIS A 1155:2003「コンクリートの反発度の測定方法」に準じて、曲面反発度 R_p および曲面反発速度比 Q_p を測定する。
- ④曲面反発度 R_p および曲面反発速度比 Q_p 測定後の $\phi 100$ あるいは $\phi 150$ mm 円柱供試体について、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 σ を測定する。
- ⑤曲面反発度 R_p および曲面反発速度比 Q_p それぞれに実験係数（例えば、 $\phi 100$ mm に対してNR型、SILVERの場合1.09、 $\phi 150$ mm に対してNR型、P型1.04、SILVER1.07）および必要に応じて安全率を乗じ、（平面）反発度 R_w および（平面）反発速度比 Q_w を求める。
- ⑥5材齢（1, 3, 7, 14, 28 日）における（平面）反発度 R_w および（平面）反発速度比 Q_w と圧縮強度 σ を対応させ関係（図-8、図-9）を求める。

5. ま と め

N型、P型シュミットハンマーによる反発度と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・検討した結果をまとめると、以下のとおりである。

- （1）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 $1 \sim 4$ N/mm² 程度であった。

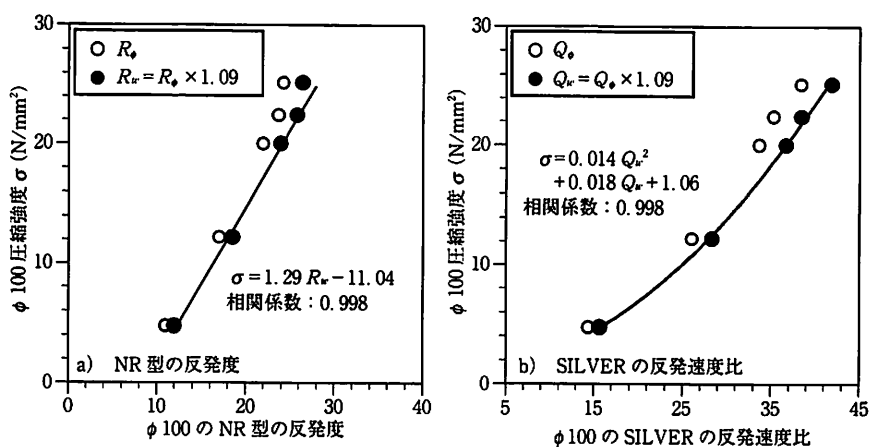


図-8 φ 100 圧縮強度σと反発度および反発速度比の関係

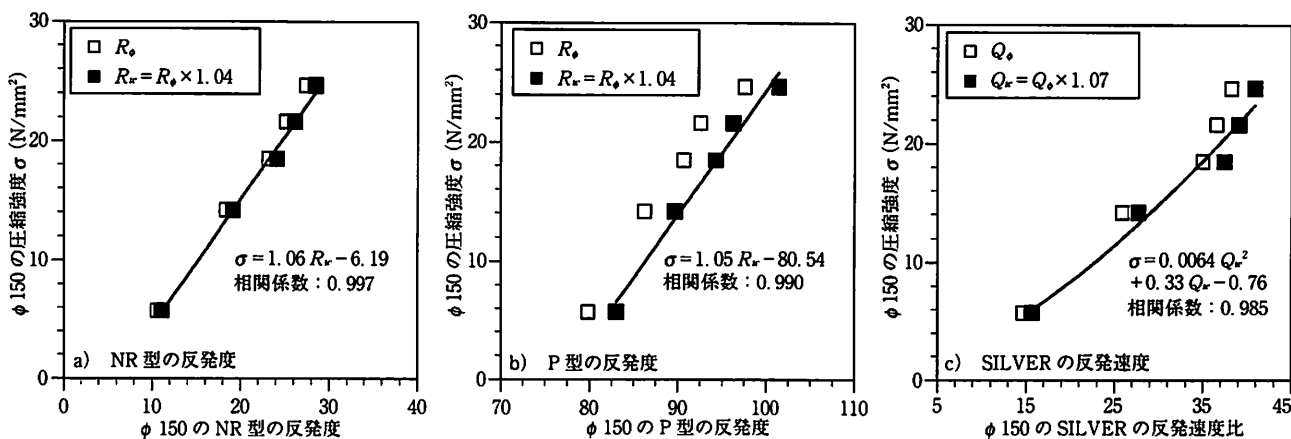


図-9 φ 150 圧縮強度σと反発度および反発速度比の関係

(2) φ 100×200 mm 円柱供試体で得られた圧縮強度と各測定値の関係は、NR 型、P 型シュミットハンマーの反発度では、直線関係があった。シルバーシュミットによる反発速度比とは、20 N/mm² 程度以上では、反発速度比が頭打ちに推移した。

(3) NR 型シュミットハンマーの反発度で 25 以下（圧縮強度 25 N/mm² 程度以下）の範囲では、NR 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、推定には有利であることがわかった。

また、竣工までのコンクリート強度管理に供することを目的とした、リバウンドハンマーの反発度・反発速度比と圧縮強度の関係を求める方法を検討した結果、

(4) 反発度および反発速度比は測定面の曲率が大きいほど小さくなることが明らかとなり、円柱供試体のみによって構築した圧縮強度と反発度および反発速度比の関係に、実構造物の平面に対して測定した反発度および反発速度比を対応させ圧縮強度を求めると、大きめの推定につながるがわかった。

(5) 「コンクリートの反発度および反発速度比と圧

縮強度の関係の求め方」として、φ 100 mm 円柱供試体と 300×300×150 mm 壁模擬供試体を併用する案、φ 100 もしくは φ 150 mm 円柱供試体のみで行う案、2 案を提案した。

6. おわりに

リバウンドハンマーは、反発度とその圧縮強度は正の相関関係があるという点を見る限り、強度を推し量る尺度になっていることは何人とも認めることだろう。その点において、正確な強度を推定できなくともそれなりの強度の尺度であることの意義は高いと考えることができる。それが竣工検査の範囲を逸脱しないならば、今回示したような関係式の作り方が議論されれば、推定強度の精度を高めることも可能であろう。

現在、文献6)で掲載したが、構造体コンクリートの強度試験方法は多種にわたる。容易に、安価で、構造物をあまり傷つけることなく、強度を正確に評価することが可能な試験方法の出現を社会は期待している。今後もこれらをすべて満たす試験方法の出現は難しい状況にあるが、唯一の万能な試験方法でなくとも、試験方法を理解し、目的に応じて選択・採用すれば、強度を主として構造物のコンクリートの品質を理解することは可能な

時代でもある^{7),8)}。その中で、リバウンドハンマーの使い方はどうあるべきなのだろうか。

今後もリバウンドハンマーのあり方、使い方を広く議論していきたい。

なお、本報告で示した実験データおよび考え方は、文献9)、文献10)で既に研究論文として報告している。

参考文献

- 1) 谷川恭雄・魚本健人・湯浅 昇・山田和夫・込山貴仁・永山 勝・濱崎 仁：コンクリート構造物の非破壊検査・診断方法，pp.19～47，セメントジャーナル社，2006.12
- 2) 湯浅 昇：コンクリート強度測定におけるリバウンドハンマーの位置づけ，建築仕上技術，Vol.32，No.383，pp.40～49，工文社，2007.6
- 3) 日本建築学会関東支部材料施工専門研究委員会：パネルディスカッション「リバウンドハンマーによって圧縮強度は推定可能か」資料，2005.3
- 4) 湯浅 昇・笠井芳夫・松井 勇・西田健治：表層から内部への不

均質性・中性化を考慮したリバウンドハンマーによる構造体コンクリートの強度推定，シンポジウム「コンクリート構造物への非破壊検査の展開」，Vol.2，pp.373～376，日本非破壊検査協会，2006.8

- 5) 湯浅 昇・笠井芳夫・松井 勇：構造体コンクリートの表面から内部にいたる圧縮強度分布，セメント・コンクリート論文集，No.51，pp.840～845，セメント協会，1997
- 6) 湯浅 昇：鉄筋コンクリート構造物の耐久性診断方法，コンクリート工学，Vol.46，No.1，pp.23～30，日本コンクリート工学協会，2008
- 7) 湯浅 昇：非（微）破壊試験のための構造体コンクリートの物性解説，非破壊検査，Vol.53，No.9，pp.538～544，日本非破壊検査協会，2005.9
- 8) 湯浅 昇（企画・監修・執筆）：第三者が検証可能なRC構造物の品質性能評価方法，建築技術，No.703，pp.91～177，2008.8
- 9) 平野 友・湯浅 昇・笠井芳夫・美田町雅弘・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，平成22年度春季講演大会（東京）概要集，pp.121～124，日本非破壊検査協会，2010.5
- 10) 美田町雅弘・湯浅 昇・笠井芳夫・平野 友：リバウンドハンマーの反発度と圧縮強度の関係を試験で求める方法の提案，平成22年度春季講演大会（東京）概要集，pp.125～128，日本非破壊検査協会，2010.5