

リバウンドハンマーによるコンクリートの圧縮強度の推定

岐阜県立国際たくみアカデミー
職業能力開発短期大学校 建築科

○ 杉田 和直
阿部 哲哉

1. はじめに

建築構造物の耐震診断、躯体材料の耐久性調査、火害診断を実施する場合、必ずコンクリートの圧縮強度が必要となってくる。この場合、柱、梁部材のコア（ $\Phi 100 \times 200$ ）を抜いて強度を確認することは容易であるが、コアを抜く位置は応力的に部材が限定され、数多くのテストピースを採取することができないのが現状である。

したがって、リバウンドハンマーによりコンクリート強度が精度良く推定が可能ならば、作業も容易であり調査費用等のコストダウンにも繋がる。

また、2003年にJIS A1155『コンクリートの反発度測定方法』が制定され、現在、国の土木構造物については、竣工時検査としてリバウンドハンマーを適用させることになっている。

しかし、反発度と圧縮強度との相関関係、提案の関係式は研究者によってまちまちで異なっており、関係式を一本化させることができていないのが現状である。

実際、リバウンドハンマーを用い測定を実施してみるとコンクリート強度の推定値とコア圧縮強度とに差が見られ、推定が可能かどうかの問題もある。したがって、建築構造物へのリバウンドハンマーの適用について検討を行なった。

2. 実験方法

本実験では、建築構造物の施工を想定し、表1に示す呼び強度（ F_N ）20, 32N/mm²の2種類のレディミクストコンクリートを使用した。このコンクリートに使用した材料を表2に示す。

表1 レディミクストコンクリートの調合表

呼び強度	設計基準強度	調合強度	スラブ	空気量	水セメント比	粗骨材の最大寸法	細骨材率	単位水量	絶対容積			質量			化学混和剤の使用量
									セメント	細骨材	粗骨材	セメント	細骨材	粗骨材	
N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	cm	%	%	mm	%	kg/m ³	l/m ³	l/m ³	l/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³
20.0	15.8	24.8	18.0	4.5	60.0	25.0	47.5	178.0	94.0	328.0	355.0	297.0	846.0	927.0	1.19
32.0	29.8	38.8	18.0	4.5	45.0	25.0	44.8	179.0	126.0	291.0	359.0	398.0	751.0	937.0	1.59

表2 使用材料

材料	規格等
セメント	普通ポルトランドセメント(比重:3.15g/cm ³)
細骨材	木曽川水系産 川砂(粗砂)、(表面密度:2.58g/cm ³ 、粗粒率:3.00)
	飛騨川産 川砂(細砂)、(表面密度:2.55g/cm ³ 、粗粒率:1.70)
粗骨材	木曽川水系産 川砂利(25mm) (表面密度:2.61g/cm ³ 、実績率:61.5%)
混和剤	AE減水剤(標準形 1種)
	AE剤 (1種)

The presumption of concrete compression strength with rebound hammer

Kazunao SUGITA and Tetsuya ABE

製作した試験体寸法は横900mm×縦1800mm×高さ200mmである。

実験は図1の実験フローに従い、材齢1,2,4,6,8,10,13週時に反発度測定(JIS A 1155)、写真1に示すコア採取(JIS A 1107)およびコア強度試験(JIS A 1108)を行い、3本の平均値とした。ただし、反発度の測定点数は、推定強度の信頼度を高める³⁾ため、表3のとおり1つの測定箇所につき20点(全て平均値の±20%の値)とし、3箇所の平均値とした。

3. 実験結果および検討

本実験では反発度(R)から推定強度(F)を求める際、以下に示す呼び強度24N/mm²程度の土木構造物の竣工時検査に適用されている⁴⁾日本材料学会式と、日本建築学会の共同実験で求められた日本建築学会式を使用した。

日本材料学会式

$$F=13R-184(N/mm^2) \dots\dots\dots(1)$$

日本建築学会式

$$F=7.3R+100(N/mm^2) \dots\dots\dots(2)$$

なお、床版を対象とした鉛直方向の反発度測定状況を写真2に、また、壁板を対象とした水平方向の反発度測定状況を写真3に示す。

3.1 呼び強度および打撃方向の違いが反発度に及ぼす影響

各材齢時にそれぞれの呼び強度に対して鉛直・水平の2方向の反発度を求め、その反発度を表4に示した。

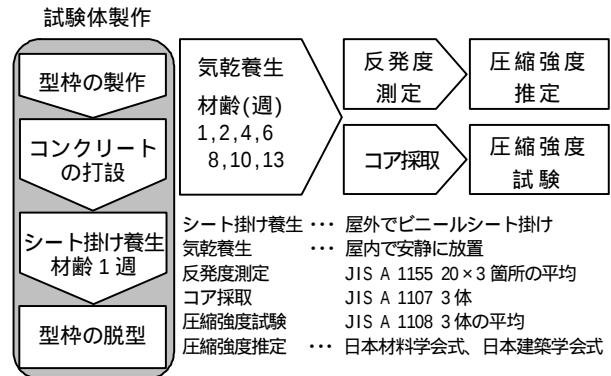


図1 実験フロー



写真1 コア採取状況

表3 反発度の測定条件

測定箇所	3箇所
測定点数	1箇所につき20点(全て平均値の±20%以内の値)
打撃面	試験体製作時の型枠の底面部分で、表面組織が均一な表面部
打撃方向	鉛直方向(床スラブ面方向) 水平方向(壁面方向)
固定方法	鉛直方向 鉄骨に試験体を立て掛け試験体を固定 水平方向 平行なコンクリート面に直置き

表4 呼び強度および打撃方向の違いが反発度に及ぼす影響

	呼び強度 (N/mm ²)	打撃 方向	材齢(週)						
			1	2	4	6	8	10	13
反 発 度	20	鉛直	23.4	29.0	31.2	32.6	33.9	34.0	34.7
		水平	25.7	32.0	36.0	34.3	35.5	37.2	38.2
	32	鉛直	25.1	32.2	30.9	33.4	34.5	34.2	34.7
		水平	27.1	34.7	34.0	36.1	36.6	37.0	38.7

各材齢における呼び強度と反発度の関係を図2に示す。打撃方向の違いにかかわらず、呼び強度32N/mm²のコンクリート($F_N'=32\text{N/mm}^2$)の方が、呼び強度20N/mm²のコンクリート($F_N'=20\text{N/mm}^2$)に比べて高い反発度を示すことが確認できる。これは $F_N'=32\text{N/mm}^2$ の方が $F_N'=20\text{N/mm}^2$ に比べて圧縮強度が高く、表面硬度も高いためと考えられる。

打撃方向と反発度の関係より、 $F_N'=20\text{N/mm}^2$ では水平方向が鉛直方向に比べて、反発度で2.1～6.3(平均値3.7)の範囲で大きく、 $F_N'=32\text{N/mm}^2$ では2.7～5.4(平均値3.6)の範囲で大きいことがわかる。これは打撃角度が鉛直方向になるほど、リバウンドハンマー内部の重錘の跳ね返りが重力の影響を受けるため、水平方向に比べて低い反発度を示す⁵⁾と考えられる。

3.2 推定強度とコア強度の関係

水平・鉛直の2方向の反発度をそれぞれ(1)および(2)式に代入して求めた推定強度とコア強度およびビニール袋を用い現場封緘養生を行なった標準試験体($\phi 100\text{mm} \times$ 高さ200mm)の圧縮強度を表5に示す。

図3および図4より推定強度とコア強度の関係について検討を行なうと、呼び強度や打撃方向の違いにかかわらず、日本材料学会式による推定強度は、日本建築学会式による推定強度に比べて、コア強度に近い圧縮強度を示す。

ただし、 $F_N'=32\text{N/mm}^2$ のコンクリートの圧縮強度が呼び強度以上になると、すなわち材齢10週以降においては、日本材料学会式による推定強度とコア強度(高強度)が一致しなくなる傾向がある。

呼び強度の違いにかかわらず、圧縮強度の変化が大きい若材齢時でも、推定強度とコア強度はよく対応する。

測定精度について図中の標準偏差により検討を行なうと、呼び強度の違いにかかわらず、コア強度に比べて推定強度のパラツキの方が小さいことがわかる。

図5に示すコア抜き位置の反発度とコア強度から求めた値(○印)の太い近似線は、日本材料学会式から求めた反発度と推定強度の実線に、ほぼ近い傾向を示すことが確認できる。これより日本材料学会式は、呼び強度20～32N/mm²程度のコンクリートの強度推定が可能であると言える。



写真2 鉛直方向の反発度測定状況



写真3 水平方向の反発度測定状況

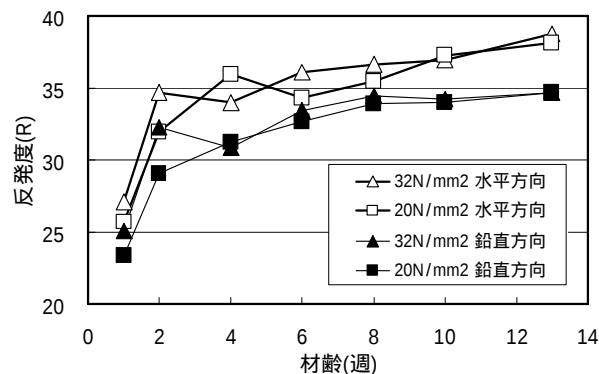


図2 各材齢における呼び強度と反発度の関係

表5 各材齢時の推定強度およびコア強度

呼び強度 (N/mm ²)	実験項目 (N/mm ²)	打撃 方向	推定式	材齢(週)						
				1	2	4	6	8	10	13
20	推定強度	鉛直	材料学会	12.3	19.8	22.6	24.5	26.2	26.3	27.3
			建築学会	27.6	31.8	33.5	34.5	35.5	35.5	36.1
		水平	材料学会	15.3	23.6	28.9	26.7	28.3	30.6	31.8
			建築学会	29.3	34.0	37.0	35.7	36.6	37.9	38.6
	コア強度	現場封緘	材料学会	16.9	22.6	20.4	21.1	25.1	24.8	29.5
			建築学会	13.4	17.4	20.0	21.1	23.7	25.0	26.4
32	推定強度	鉛直	材料学会	14.5	24.0	22.2	25.5	26.9	26.6	27.2
			建築学会	28.9	34.2	33.2	35.1	35.9	35.7	36.0
		水平	材料学会	17.2	27.2	26.3	29.1	29.8	30.2	32.6
			建築学会	30.4	36.0	35.5	37.1	37.5	37.7	39.1
	コア強度	現場封緘	材料学会	16.5	25.5	25.7	24.4	28.0	38.0	39.6
			建築学会	17.2	22.5	28.3	27.6	33.3	34.3	35.7

3.3 コア強度と現場封緘コンクリート強度の比較

コア強度は表5および図3、図4より分かるおとり、現場封緘コンクリート強度とほぼ一致しており、実験室では、コア採取しなくとも、現場封緘養生のテストピースで、コア強度の推定が可能と考えられる。

4. まとめ

リバウンドハンマーによる推定強度とコア強度の関係から、建築構造物へのリバウンドハンマーの適用について検討した結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 材齢13週時までの呼び強度20～32N/mm²程度のコンクリートにおいては、日本材料学会式による圧縮強度の推定が可能である。
- (2) 呼び強度の違いにかかわらず、圧縮強度の変化が大きい若材齢時でも、推定強度とコア強度はよく対応する。
- (3) 水平方向は鉛直方向に比べて重力の影響が少ないため、反発度で4程度高い値を示す傾向にある。
- (4) 反発度法を用いた圧縮強度の推定は、コア強度に比べてバラツキが小さい。
- (5) 呼び強度が高いほど高い反発度を示し、推定強度は高くなる。

「参考文献」

- 1) JIS A 1155 コンクリートの反発度の測定方法, 2003
- 2) 国土交通省中部地方整備局土木工事特記仕様書: 第5章 無筋・鉄筋コンクリート
- 3) 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マニュアル, PP.17～PP.26, 1983
- 4) 国土交通省大臣官房技術調査課 独立行政法人土木研究所技術推進本部構造物マネジメント技術チーム: テストハンマーによる強度推定調査の6つのポイント, PP.8
- 5) セメント技術年報: リバウンドハンマーの水平打撃と反発硬度特性によるコンクリート強度の推定, PP. 279, 1978

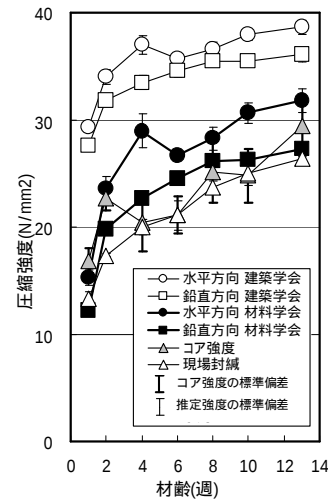


図3 呼び強度20N/mm²における推定強度とコア強度の関係

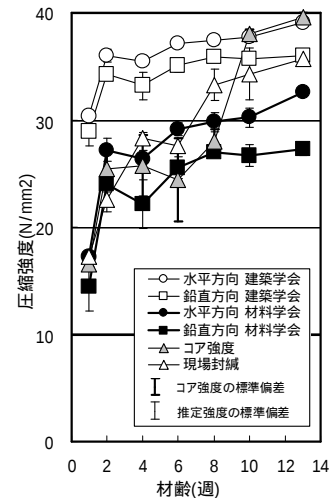


図4 呼び強度32N/mm²における推定強度とコア強度の関係

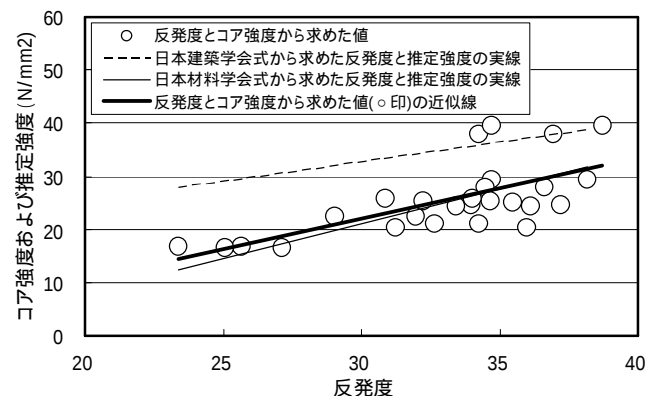


図5 反発度とコア強度および推定強度の関係