

Ⅵ-257 非破壊試験によるコンクリートの品質検査法に関する研究

九州産業大学工学部 正会員 豊福 俊泰

九州産業大学工学部 正会員 宮川 邦彦

九州産業大学工学部 正会員 佐藤 武夫

1. まえがき

構造物中のコンクリートの品質検査は、現状では簡便かつ信頼できる試験技術が確立されていないため、非破壊試験によるコンクリートの品質検査法の確立が望まれている。これまで、テストハンマー法による試験方法を検討してきた¹⁾²⁾が、本研究では、この方法のほか引抜き法³⁾および超音波法⁴⁾による圧縮強度の検査法を比較検討した。

2. 試験方法

試験は、表-1に示すように、コンクリートの種類（表-2参照）、材齢、供試体の種類、養生方法を変えて供試体（図-1参照）を作製し、非破壊試験を行うとともにこれから切り取ったコア供試体および円柱供試体の圧縮強度試験を行った。供試体は、レディーミクストコンクリートを購入して製作した。

非破壊試験によって構造物中のコンクリートの品質検査をする場合、基準とするコンクリートの圧縮強度と非破壊試験値との関係から換算式を定める必要があり、次の4ケースを比較した。

ケースA：空气中養生した円柱供試体の材齢28日における圧縮強度を基準

ケースB：水中養生した円柱供試体の材齢28日における圧縮強度を基準

ケースC：空气中養生した角柱供試体から切り取ったコアの材齢28日における圧縮強度を基準

ケースD：水中養生した角柱供試体から切り取ったコアの材齢28日における圧縮強度を基準

また、非破壊試験による圧縮強度検査法に影響を及ぼす要因を比較検討するため、圧縮強度試験結果と非破壊試験結果との関係から、各試験方法ごとに重回帰分析を行った。重回帰分析は、変数増減法とし、 $F_{IN}=F_{OUT}=2.0$ で解析した。解析では、圧縮強度 f_c (kgf/cm²)を目的変数として、次に示す7項目を説明変数とした。

H：反発度，P：最大耐力値 (kgf)，V_p：音速 (km/s)，Y：養生方法（1：空气中，2：水中），

B：部材場所（1：水平部材，2：柱部材），K：供試体の種類（1：角柱，2：コア），Z：材齢（日）

表-1 試験計画

コンクリートの種類	供 試 体			試験方法
	材 齢	養生方法	供試体の種類	
普通A	7日	空气中、水中	円柱 (φ10×20)	圧 縮 強 度
普通B	17日	空气中、水中	角柱	非破壊試験 ・ テストハンマー法 ・ 引抜き法 ・ 超音波法 コアの圧縮強度
普通C	28日	空气中	柱部材	
普通D	45日		上部 中部 下部 床部材	

表-2 コンクリートの種類

供試体	C (kg/m ³)	W (kg/m ³)	S/a (%)	SL (cm)	A (%)
普通A	237	163	48.3	2.7	3.1
普通B	314	163	45.2	8.1	4.4
普通C	448	170	41.1	10.7	5.7
普通D	700	196	29.4	13.8	2.2

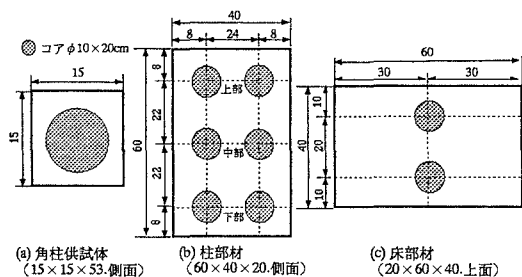


図-1 供試体の種類（コアの切り取り箇所）

キーワード：非破壊試験，圧縮強度，テストハンマー法，引き抜き法，超音波法
〒813 福岡市東区松香台2-3-1 TEL 092-673-5678 FAX 092-673-5699

3. 試験結果および考察

基準とするコンクリートの非破壊試験値を角柱供試体から求め、材齢28日の場合について、圧縮強度とH、P（引き抜き法）、V_p（超音波法）との関係を表-3に示す。これらの関係式を換算式として、ケースA～Dごとに柱部材および床部材に対する圧縮強度の推定値を求め（実測値／推定値）の比率を計算すると、表-4に示すとおりである。床部材より柱部材、柱部材の上部より下部の方が、コアの圧縮強度が高い傾向が認められるため、部材によって比率のばらつきが生じているが、全体的にはテストハンマー法が、他の方法より精度がよく、コアの圧縮強度を基準とする場合の適合性がよい。

試験結果を各非破壊試験法ごとに重回帰分析を行った結果を、表-5および図-2に示す。テストハンマー法の場合、相関の強い順はH、K、B、Yであり、Zとの相関が認められない。引き抜き法の場合、相関の強い順はP、B、K、Y、Zである。また、超音波法の場合、V_p、B、Kとの相関が認められるが、全体的にt値が低く重相関係数Rが最も低くなっている。

以上の3方法を組み合わせた複合法(a)の場合、H、K、P、B、V_pとの相関が認められる。また、このうち円柱供試体の圧縮強度のみの複合法(b)の場合、H、P、Zと、コア供試体の圧縮強度のみの複合法(c)の場合、H、B、V_p、Pとの相関が認められる。

4. 結論

コンクリートの材齢、養生方法、部材位置が変わる条件下における圧縮強度の非破壊試験法としては、角柱供試体から切り取ったコアの圧縮強度を基準とするテストハンマー法が適している。

参考文献

- 1) 豊福俊泰, 亀倉邦男: コンクリートのテストハンマー強度の試験方法に関する研究, 土木学会第51回年次学術講演会講演概要集第5部, pp.1172-1173, 1996年9月
- 2) 阿部久雄, 豊福俊泰, 前田敏也: テストハンマーによるコンクリート強度推定法の研究, 土木学会第51回年次学術講演会講演概要集第5部, pp.1170-1171, 1996年9月
- 3) JHS 309 プルアウト法によるコンクリートの圧縮強度試験方法, 日本道路公団試験方法, 1992年
- 4) 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, 1994年2月

表-3 非破壊試験値と圧縮強度との関係

試験法 ケース	テストハンマー法	引抜き法	超音波法
ケースA	$fc28=28.896H-615.35$ ($r=0.986$)	$fc28=0.6612P-65.419$ ($r=0.948$)	$fc28=14.84V_p-54.18.5$ ($r=0.896$)
ケースB	$fc28=16.649H-146.75$ ($r=0.998$)	$fc28=0.6204P-59.2.65$ ($r=0.956$)	$fc28=58.25V_p-2.005.8$ ($r=0.616$)
ケースC	$fc28=19.116H-338.82$ ($r=0.962$)	$fc28=0.4197P-33.3.91$ ($r=0.885$)	$fc28=95.432V_p-3.394.8$ ($r=0.895$)
ケースD	$fc28=11.766H-49.829$ ($r=0.999$)	$fc28=0.3517P-30.8.35$ ($r=0.989$)	$fc28=42.2.01V_p-1.384.1$ ($r=0.653$)

注) r: 単相関係数 データ数4

表-4 ケース別の（実測値／推定値）の比率

ケース 部材	テストハンマー法				引抜き法				超音波法			
	ケースA	ケースB	ケースC	ケースD	ケースA	ケースB	ケースC	ケースD	ケースA	ケースB	ケースC	ケースD
ケースA	1.00	0.90	1.18	1.09	1.02	1.59	1.18	1.68	1.03	1.16	0.97	1.32
ケースB	1.53	1.00	1.52	1.17	0.70	1.01	0.89	1.18	0.54	1.01	0.69	1.05
ケースC	0.85	0.76	1.00	0.91	0.88	1.38	1.01	1.11	0.71	0.98	1.01	1.11
ケースD	1.32	0.85	1.30	1.00	0.59	0.86	0.75	1.00	0.46	0.75	0.58	1.01
柱 上部	0.97	0.81	1.12	1.01	0.81	1.25	1.02	1.07	0.74	1.04	0.87	1.19
柱 中部	0.93	0.81	1.10	1.02	0.89	1.38	1.06	1.48	0.89	1.19	1.02	1.34
柱 下部	0.98	0.88	1.16	1.07	0.72	1.03	0.92	1.22	1.68	1.34	1.30	1.45
床部材	0.85	0.66	0.93	0.78	0.74	1.19	0.81	1.21	0.17	1.52	0.43	1.21
平均	0.93	0.81	1.08	0.97	0.80	1.21	0.96	1.33	0.87	1.27	0.69	1.30

表-5 圧縮強度の重回帰分析結果

区分	推定式	i	n	R
テストハンマー法	$fc=17.22H-107.61K+36.77B-25.02Y-58.27$ (23.1) (-6.43) (2.3) (-1.5) 式(1)	5	128	0.908
引抜き法	$fc=0.44P-96.65B-71.10K+54.77Y+1.14Z-454.9$ (15.0) (4.6) (-3.2) (2.4) (1.8) 式(2)	5	128	0.829
音速法	$fc=360.80V_p+126.07B-61.50K-1142.37$ (9.4) (4.8) (-2.1) 式(3)	5	128	0.674
複合法(a)	$fc=12.82H-90.64K+0.10P-62.64B-69.47V_p-451.24$ (11.1) (-5.8) (3.1) (4.3) (2.6) 式(4)	7	128	0.922
複合法(b)	$fc=10.81H+0.28P-1.56Z-365.88$ (4.8) (4.3) (-1.7) 式(5)	6	32	0.935
複合法(c)	$fc=13.30H+64.02B+86.52V_p+0.05P-633.06$ (10.3) (4.7) (3.2) (1.4) 式(6)	6	96	0.926

注) () 内はt値 i: 説明変数の数 n: データ数 R: 重相関係数

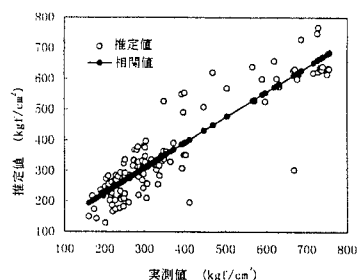


図-2 式(1)の推定値と実測値