

材料条件の異なるコンクリート圧縮強度推定のための
各種非破壊検査手法の評価

徳島大学 賛助会員 ○辻 悠弥 徳島大学 正会員 塚越雅幸
徳島大学 正会員 上田隆雄

1. 目的

コンクリート構造物の劣化診断の効率化が求められており様々な非破壊検査手法が提案されてきた。しかし、コンクリートの物性には使用材料や配合条件、養生条件が強く影響を及ぼし、さらに使用環境によっては含水率が大きく異なる。本研究では、これらの要因が各種非破壊検査手法を用いた強度推定精度等に及ぼす影響について検討を行なった。

2. 試験体

本実験で用いたコンクリートの配合を表-1 に示す。試験体名の数字は W/C を、w, d はそれぞれ水中・気中養生を、また+c は銅スラグ細骨材の使用を表す。なお、W/C は 40, 50, 60% の 3 段階、銅スラグ細骨材は普通細骨材代替で 70% とした。コンクリートは打設翌日に脱型後、28 日間水中養生（20℃）または 25 日間気中養生（20℃、60%RH）後 3 日間の水中養生を行った。各種非破壊試験は、養生終了翌日の高含水状態時と、さらに 21 日間 20℃、60%RH 環境下で気中乾燥をした乾燥状態時でそれぞれ行った。なお、供試体は 10φ×20 cm の円柱を 3 本、10×10×40 cm の角柱形状を 1 体ずつ用意した。

3. 試験方法

非破壊試験手法では、反発硬度法、電気抵抗法、衝撃弾性波法、超音波法の 4 手法を行い、試験終了後に圧縮試験強度を求めた。反発硬度は円柱供試体の底部、角柱供試体の側面部をそれぞれ 9 箇所ずつ測定した。電気抵抗法は 4 電極法を用いて、円柱の側面を水で湿らせた状態で測定した。衝撃弾性波法では、円柱供試体の底面から弾性波を入力し反射波を同様に底面に設置したセンサで測定した。角柱供試体では型枠側面の 1 面に、入力波から 30 cm の位置に設置したセンサで測定した。超音波法では、円柱供試体の上下面を 2 端子により挟み込む透過法で測定した。角柱供試体では衝撃弾性波法と同条件で測定した。反発硬度法以外の試験では、各 3 回ずつ測定しておりその平均値を用いた。なお、非破壊試験前には高周波式水分計にて表面 30 mm 位置までの含水率を測定した。

4. 試験結果

(1) 圧縮強度と含水率

圧縮強度を図-1 に、非破壊試験時の含水率を図-2 に示す。既往の研究の通り、w/c が高いものほど低強度となり、同一配合でも水中養生に比べ気中養生の方が低強度となっている。また、今回の配合条件では CUS を置換することで若干強度は低下した。CUS を置換したコンクリートのスランプ量は大きくなっておりブリーディング量の増加を確認している。また CUS はガラス質であるため骨材とペーストとの付着力の低下などが考えられる。

表-1 コンクリートの配合

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m³)							スランプ (cm)	空気量 (%)
			W	C	CUS	S	G	WRA	AEA		
N40	40	45	180	450	0	723	884	2.25	0.01	9.5	2.8
N50	50	45	180	360	0	757	925	1.8	0.01	14.5	5.5
CU50	50	45	180	360	741	227	925	1.8	0.01	21	6.2
N60	60	45	180	300	0	779	952	1.5	0.009	7.5	1.8

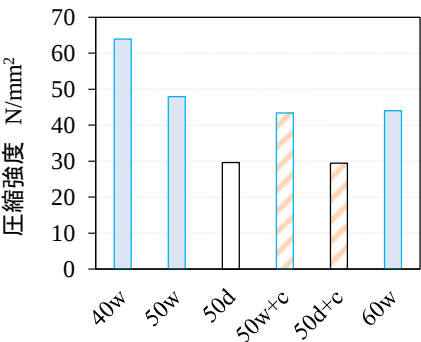


図-1 圧縮強度

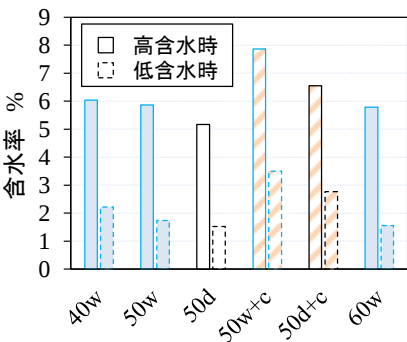


図-2 含水率

(2) 反発硬度法

反発硬度と圧縮強度の測定結果を既報の関係式(1)¹⁾と合わせて図-3(a)に示す。式(1)を用いた値は実測値よりも小さな値となっているが、これは縁部からの距離、および測定間隔が十分に確保できていなかったためと思われる。このような測定条件下で測定された値ではあるが圧縮強度と比較すると使用材料や配合、養生条件によらず両者は一定の相関関係にあった。なお含水率の違いの影響はあまり見られなかった。

(3) 電気抵抗法

電気抵抗値と圧縮強度の測定結果を図-3(b)に示す。一般に緻密で強度が高いほど、抵抗値は高い値を示す事が知られているが、本研究の範囲で電気抵抗値と圧縮強度の間にそのような関係は見られなかった。低含水時に測定した結果を見ると、気中養生を施し比較的低強度であった供試体の抵抗値が大幅に上昇している。細孔構造が粗く乾燥速度が大きかったため、電気抵抗値に影響を与えるコンクリート深部の水分²⁾の乾燥が早かったためではないかと考えられる。

(4) 衝撃弾性波法

弾性波速度と圧縮強度の測定結果を円柱供試体と角柱供試体でまとめ図-3(c)と(d)に示す。円柱供試体の結果を見ると、強度が高いものほど弾性波速度は速くなる傾向にあり、弾性波速度と圧縮強度には比較的高い相関があった。また低含水時の方が弾性波速度が全体的に遅くなる傾向にあった。一方で、角柱供試体の場合、高含水状態での試験結果は大きくバラつき相関が見られなかった。

(5) 超音波法

超音波速度と圧縮強度の測定結果を円柱供試体と角柱供試体でまとめ図-3(e)と(f)に示す。両供試体形状ともに含水率の影響をあまり受けず、コンクリートの強度が高いものほど超音波速度は速くなる傾向にあった。

5. まとめ

本研究で使用した材料と配合、養生条件の範囲では、測定時のコンクリートの含水率の影響を電気抵抗法や弾性波法では大きく受けたが、反発硬度法と超音波法では小さかった。また、同一手法での測定であっても、供試体形状やセンサの設置方法などの違いにより弾性・超音波の速度に差が生じた。

参考文献 1) 社団法人日本材料試験協会、シュミットハンマーによる実施コンクリートの圧縮強度判定方法指針(案)、材料試験 第7巻、第59号、pp.41-44、1968.4、2) 皆川他、乾燥により生じた含水率分布が4プローブ法により計測されるコンクリートの電気抵抗率に及ぼす影響、コンクリート工学年次論文集、Vol.35、No.1、pp.1111-1116、2013.7

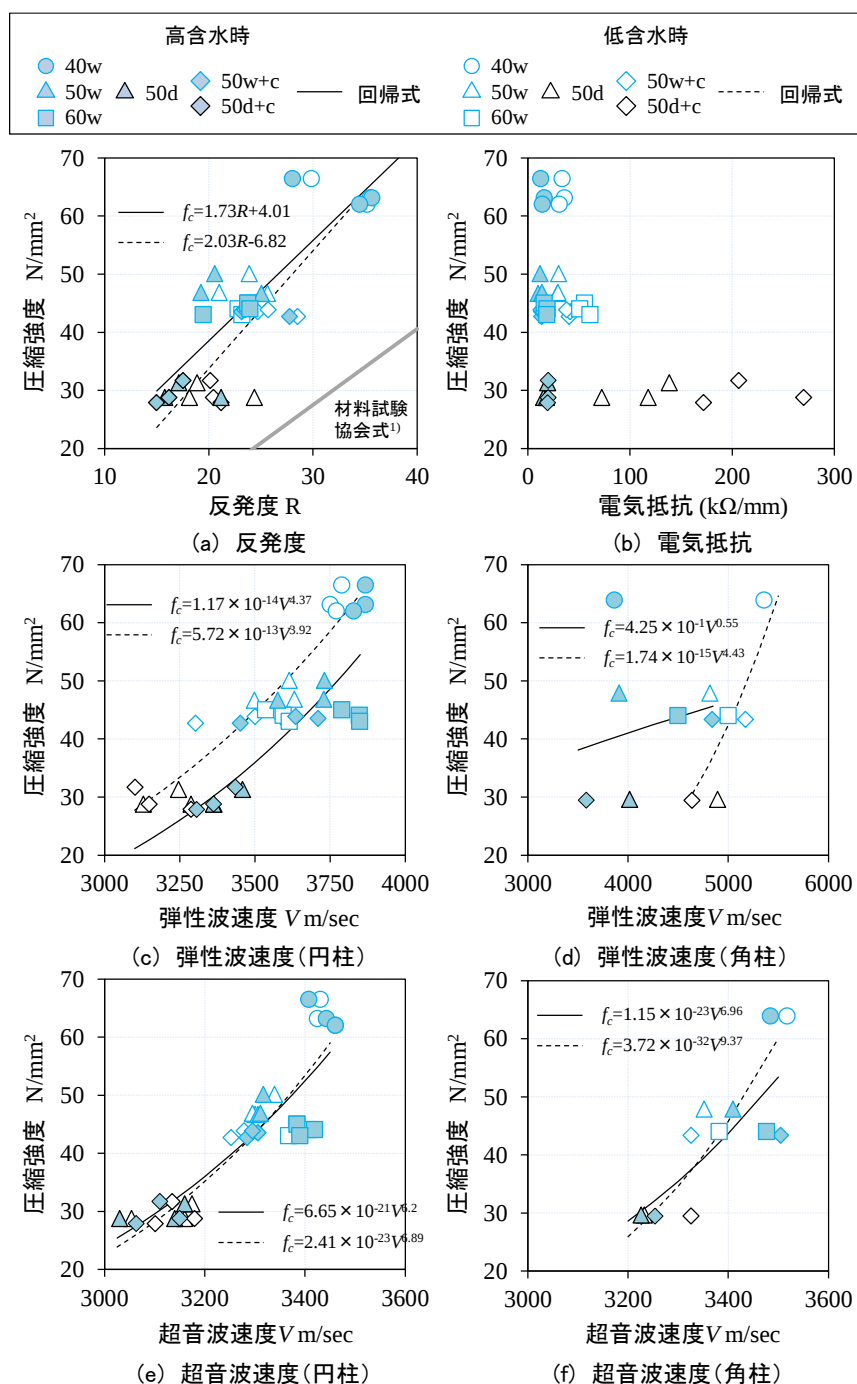


図-3 各種非破壊試験結果と圧縮強度の関係

弾性波速度と圧縮強度の測定結果を円柱供試体と角柱供試体でまとめ図-3(c)と(d)に示す。円柱供試体の結果を見ると、強度が高いものほど弾性波速度は速くなる傾向にあり、弾性波速度と圧縮強度には比較的高い相関があった。また低含水時の方が弾性波速度が全体的に遅くなる傾向にあった。一方で、角柱供試体の場合、高含水状態での試験結果は大きくバラつき相関が見られなかった。