

X線造影撮影法による実コンクリート構造物の強度推定に影響を与える要因の基礎研究

東北学院大学大学院 環境建設工学専攻 学生会員 石井 暉
東北学院大学 環境建設工学科 正会員 武田 三弘

1. はじめに

本研究室では、これまでコンクリート内部のひび割れや空隙を検査する手法として、X線造影撮影法¹⁾を提案してきた。この手法は、コンクリート内部をX線透過線画像として検出し、コンピュータ内部に取り込み、画像処理ソフトを用いることで、コンクリート内部の空隙やひび割れを定量化し、その値(以下、透過線変化量と呼ぶ)と強度との関係を求めることができる。例年までは、この手法を用いて強度推定を行う際、透過線変化量と標準養生を行った表乾状態のテストピースの圧縮強度との関係から強度推定を行っており、両者の相関関係は98%と良好な関係となっている。しかしながら、現場から採取された一部のコアに対し、強度推定を行った場合、推定値よりもコアによる圧縮強度試験値の方が、大きな値となる傾向が見られた。この要因としては、コンクリート自体の乾燥状況、コンクリートコアの寸法、骨材の種類、骨材最大寸法等の影響などが考えられた。そこで、今回の実験では圧縮試験を行う際のコンクリート自体の乾燥状況や、コンクリートコアサイズによる影響に着目し、それらの影響について調査した。

2. 実験方法

コンクリートの乾燥条件による影響を調べる実験では、早強ポルトランドセメントを用いて、表-1に示す3種類の配合条件の円柱供試体(φ100mm×200mm)を作製した。その後、乾燥期間における強度増進の影響を除くため、水中標準養生を56日間実施し、表-2に示すように、温度20℃、湿度60%の恒温恒湿室で所定の含水率になるまで乾燥させた。なお、含水率4.0%の供試体に関しては、乾燥期間が掛かることから、40℃の乾燥炉を用いて乾燥させた。規定の含水率になった供試体から、圧縮試験(3体)とX線造影撮影法(2体)を実施し、乾燥条件ごとの圧縮強度および透過線変化量の増減について調べた。なお、コンクリート表面の含水率の測定は、コンクリート水分計(高周波・電気抵抗式)を用いて求めた。

コアサイズによる影響を調べる実験では、表-1に示すコンクリート配合で、φ150の円柱供試体を作製し、φ100、φ80、φ60、φ40mmのコアをそれぞれ5本ずつ採取した。採取されたコアは、直径に対する高さの比を1:2に調整しながら上下面を研磨し、それ

表-2 乾燥状況の違いによる区分

供試体 No.	乾燥温度 (℃)	含水率 (%)	養生期間
1	20	8.0	56日
2	20	6.0	56日
3	40	4.0	56日

表-1 コンクリートの配合

水セメント 比 W/C(%)	細骨材率 s/a(%)	G max (mm)	配合表 (kg/m ³)					
			水	セメント	細骨材 1	粗骨材 1	粗骨材 2	混和剤
40.0	38.1	20.0	170	424	634	418	627	0.030
50.0	42.1	20.0	170	340	730	408	611	0.024
60.0	46.1	20.0	170	283	821	390	585	0.020

キーワード X線造影撮影法, 非破壊検査, 強度推定

連絡先 〒985-8537 宮城県多賀城市中央 1-13-1 TEL 022-368-1119

それぞれの直径毎に、圧縮試験（3本）とX線造影撮影法（2本）を実施し、コアサイズごとの圧縮強度および透過線変化量の増減について調べた。

3. 実験結果

図-1は、圧縮強度と含水率との関係を示したものである。この図より、含水率4～8%の間において、コンクリートの含水率が小さくなると、圧縮強度が大きくなる傾向が見られ、表乾状態と同様の含水率8%に対して、含水率4%では、1.16倍（約5N/mm²）増加することが分かった。

図-2は、含水率毎の圧縮強度と透過線変化量との関係を示したものである。この図より、圧縮強度が大きくなるほど透過線変化量が大きくなる傾向が見られた。これは、これまで求められていた関係とは反対の傾向であり、本来、強度が高くなると緻密になるため透過線変化量は小さくなるはずであった。今回の結果は、強度増進による緻密性よりも、含水率低下による空隙量の増加の影響の方が大きいことを意味していると思われる。

図-3は、コアサイズが異なる条件における圧縮強度と透過線変化量と関係を示したものである。この図より、水セメント毎のコアサイズによる強度自体のばらつきは少ない傾向が見られたが、透過線変化量においては、水セメント比が大きくなると、ばらつく傾向となった。また、φ100mmのコア以外で見ると、コア径が小さくなると透過線変化量が大きくなる傾向となった。水セメント比が大きくなると、内部欠陥の数が増えるためばらつきは大きくなる傾向の為、今後は供試体数を増やし、より正確な傾向を見つける必要があると考えている。

4. まとめ

X線造影撮影法より、各乾燥状況と各コアサイズにより得られたデータから実験の範囲内で以下のことがいえる。

(1)標準養生を行った含水率8%の供試体強度を基準と考えた場合、含水率が4.0%減少することによって、圧縮強度が1.16倍（約5N/mm²）増加するが、透過線変化量は増加することが分かった。

(2)コアサイズによる強度のばらつきは小さい結果となったが、コアサイズが小さくなると透過線変化量は大きくなる傾向となった。

今後もX線造影撮影法により、正確な強度推定を行えるよう各種要因について実験を継続させる予定である。

謝辞：本研究は、同研究室の藤田捷吾、五十嵐大仙、佐藤聖哉並びに、仙台コンクリート試験センターの協力を頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

1) 武田三弘, 大塚浩司: X線造影撮影法によるコンクリートの性状評価手法の開発と応用, 土木学会論文集 E2(材料・コンクリート構造), Vol. 68, No. 3, pp146-156, 2012. 7. 20

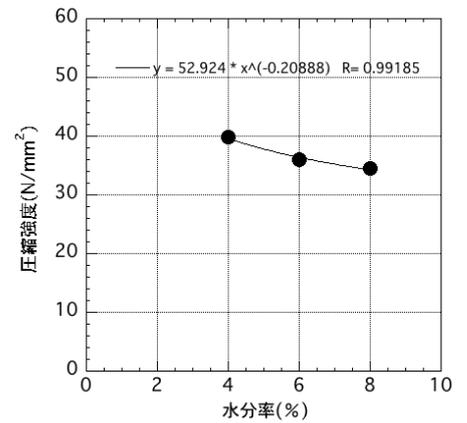


図1 水分率と圧縮強度の関係

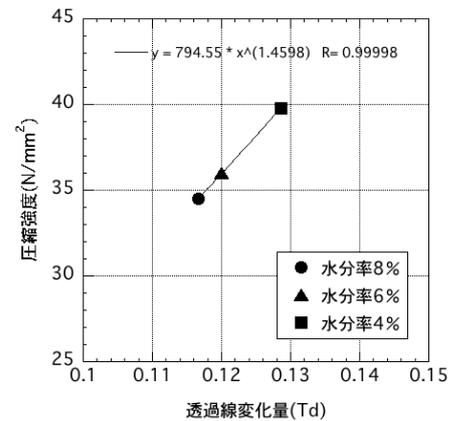


図2 水分率の違いによる強度推定

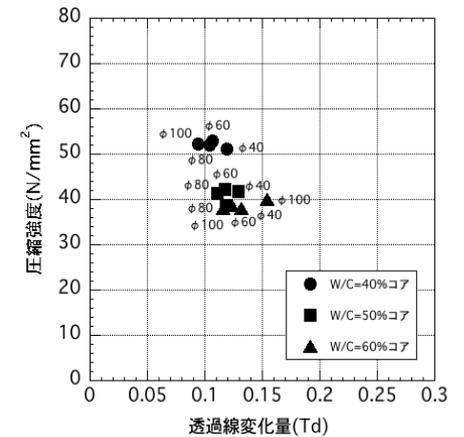


図3 コアサイズによる強度推定