

コンクリートの乾燥状況が X 線造影撮影法における強度推定に影響を及ぼす要因について

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 非 会 員 鵜 泰幸
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ものである。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面乾燥飽水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コアに対し、X 線造影撮影法を用いて強度推定を行った場合、この推定値よりもコアによる圧縮試験値の方が、大きな値となる傾向が見られた。この要因の一つとして、圧縮試験を行う際のコンクリートの乾燥状態によって、差異が生じていると考えたため、強度の異なる円柱供試体を複数作製し、供試体の表面水分率が、6.9%以上、5.0%、3.0%の、3つの乾燥状態における圧縮試験値と透過線変化量との関係を求めた。

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 に示す配合条件の円柱供試体(φ100mm×200mm)を作製した。養生終了後、表-2 に示すように、それぞれ違う乾燥温度にて所定の表面含水率になるまで乾燥を促進させた。なお、乾燥を行う期間での強度増進を考慮するため、水中養生期間は早強ポルトランドセメントで 28 日間の養生を行った。所定の表面含水率になった供試体から、圧縮強度および透過線変化量について調べた。なお、本実験におけるコンクリート表面の水分率について、コンクリート水分計(高周波式、最大 6.9%)を用いて測定した値を用いている。

表-2 乾燥条件

乾燥温度 (℃)	含水率 (%)	養生期間
20	6.9 以上	28 日
40	5.0	28 日
40	3.0	28 日

表-1 コンクリート配合

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
40.1	42.8	20.0	175	436	698	382	956	0.031
52.0	42.6	20.0	175	336	733	402	603	0.024
63.3	42.6	20.0	175	276	755	413	620	0.019
68.2	42.6	20.0	175	257	762	417	626	0.018
76.0	42.6	20.0	175	230	771	422	634	0.016
80.0	42.6	20.0	175	219	775	425	637	0.015

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

3. 実験結果

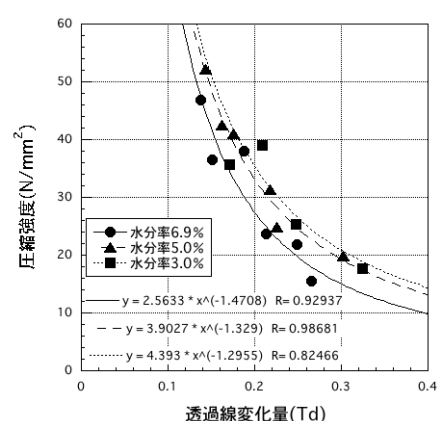
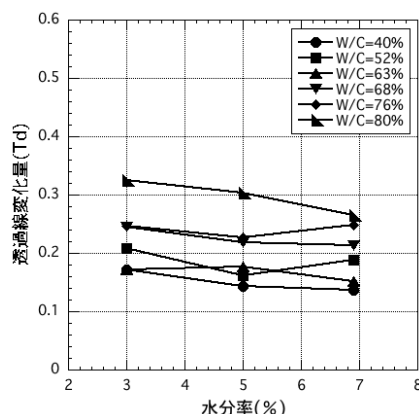
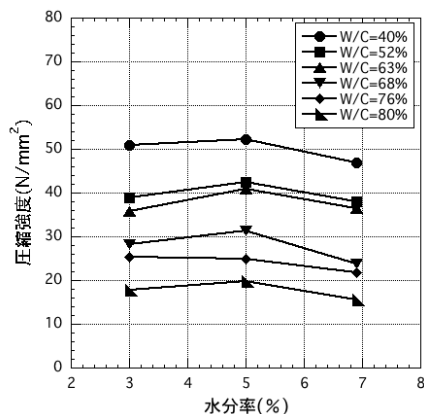


図-1 圧縮強度と水分率の関係 図-2 透過線変化量と水分率の関係 図-3 透過線変化量と圧縮強度の関係

図-1 は、各強度における圧縮強度と水分率の関係を示したものである。この図より、水分率の 6.9%（表乾に近い状態）から、水分率 5.0% に乾燥した場合、圧縮強度は増加する傾向が見られた。この乾燥による各強度の増加量は、平均で約 1.15 倍となった。しかし、更に乾燥が進み、水分率 3% という極度な乾燥状態になった供試体の場合、W/C=76% 以外の各強度において、水分率 5% に対して強度の低下が見られた。

図-2 は、各強度における透過線変化量と水分率の関係を示したものである。図-1 の圧縮強度と水分率の関係と比較すると、水分率 6.9% から 5.0% に乾燥した場合、全強度の透過線変化量のうち、1/3 は減少傾向を示したが、残りの 2/3 は上昇傾向となった。更に乾燥が進み、水分率が 3% という極度な乾燥を受けた場合は、透過線変化量は全体的に増加する傾向が見られた。

図-3 は、各水分率における圧縮強度と透過線変化量の関係を示したグラフである。各水分率における両者の関係を確認すると、水分率 6.9% と 5% では、相関係数が $R=0.93$ と $R=0.99$ と良好な関係であるが、水分率が 3.0% となると、相関係数は $R=0.82$ と低下する傾向となった。また、この図より、回帰曲線の傾向は、水分率が減少すると、より右側にシフトする傾向が見られる。これは、コンクリートの水分率が減少すると、同じ圧縮強度においても透過線変化量が増加することを意味しており、図-2 の傾向と同じく、乾燥が進むことで、コンクリート内部のひび割れや空隙が増加した影響によるものと考えられる。

今回の実験から、表乾状態（水分率約 6.9%）のコンクリート強度に対して乾燥が進んだ場合、圧縮強度は上昇からやや下降する傾向となるが、透過線変化量は増加する傾向となるため、コンクリートの乾燥による見かけの強度上昇分の補正を行うことで、より正確なコア供試体による強度推定が可能になるものと考えられる。

4. まとめ

X 線造影撮影法より、各乾燥状況で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) 標準養生を行った水分率 6.9% 以上（表乾状態）の供試体強度を基準と考えた場合、その後の乾燥によって、圧縮強度は平均で約 1.15 倍増加する傾向が見られたが、更に乾燥が進むと低下する傾向が見られた。
- (2) 表乾状態のコンクリートに対して、乾燥が進んだ場合の水分率と圧縮強度および水分率と透過線変化量の傾向には、違いがあるため、水分率による補正を行うことによって、コア供試体の強度推定がより正確に行うことが可能になるものと考えられる。

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