

X線造影撮影法における強度推定に影響を及ぼす各種要因について

○ 東北学院大学 環境建設工学科 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

近年コンクリート構造物において、一部の施工不良や過酷な環境条件が原因で、早期に劣化する現象が確認されている。既存のコンクリート構造物のライフサイクルコストの算出や維持管理を行う上でも、コンクリート構造物を定期的に点検し、現状の強度や劣化深さなどの情報を得ることは、今後、重要な要素となってくる。

本研究室では、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、コンクリート内部に発生した空隙やひび割れを表層から深さ方向に対して検出・定量化し、その値(以下、透過線変化量と呼ぶ)とコンクリート強度との関係を求めることで、深さ方向の強度を推定することができるものである。これまで、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。この要因としてコア寸法や骨材の影響、乾燥条件など色々と考えられるが、今回は圧縮試験を行う際のコンクリートコアのコアサイズによる影響、コンクリートの最大骨材寸法による影響に着目し、圧縮推定に与える影響について調べた。

2. 実験方法

現場から採取するコアサイズは、鉄筋の配置状況により寸法が決まることが多く、従来、コアサイズが小さくなると欠陥の存在や骨材配置により、強度のばらつきの影響を受けやすくなる。同様の要因により、X線造影撮影法における透過線変化量の測定値にも影響を受けることが考えられる。今回の実験では、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、φ40のコアを、それぞれ5本(圧縮試験用3本、X線用2本)を採取し、それぞれの直径における、圧縮強度と透過線変化量の関係を求めた。なお、圧縮試験を行う際に表面の凹凸による影響をなくするためコア表面の研磨を行い、寸法比による補正を行っている。また、コンクリートの強度試験用供試体の作り方(JIS A 1132:2020)では、供試体の直径は、粗骨材の最大寸法の3倍以上かつ100mm以上と規定されているが、供試体寸法や骨材寸法がどの程度強度に影響を及ぼすのか調べるため、基礎実験として表-2に示すような、φ100円柱供試体で、骨材寸法を変化させた供試体を用意し、圧縮強度と透過線変化量の関係を求め、各要因の影響について比較検討した。

表 1 コンクリートの配合条件

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	細骨材 2	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 T985-8537 宮城県多賀城市中央 1-13-1 TEL 022-368-7479

3. 実験結果

図1は、コアサイズによる圧縮強度と透過線変化量への影響を調べたグラフである。今回行った Gmax20mm の条件での実験では、水セメント比が変化した場合でも、強度推定におけるばらつきはあまり見られなかった。図2のように例年のデータと比較した場合であっても、相関

関係が 0.98 と良好な関係にあるため、コアサイズの違いにおける強度推定には補正などは特に必要ないと考えられる。

図3は、骨材寸法の違いによる、圧縮強度と透過線変化量の関係を示したグラフである。圧縮強度については、各水セメント比による圧縮強度の差は概ね過去の知見によるデータと同じである。一方、透過線変化量については、骨材寸法が大きくなるにつれて、小さくなる傾向が見られた。これは、骨材寸法が大きくなるにつれ実績率が大きくなるため、モルタル量の減少により、造影剤が入り込む空隙の割合が低下したと考えられる。また、コンクリートの強度が低下すると、透過線変化量の範囲が広がる傾向がみられた。この理由として、水セメント比の増加に伴い、ブリーディングによる、空隙の発生のはらつきが原因と考えられる。

4. まとめ

本実験の X 線造影撮影法より、各コアサイズと各骨材寸法から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) Gmax20mm の条件でコアサイズを変化させた実験では、圧縮強度と透過線変化量の関係には影響が少ない結果となった。
- (2) $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ の供試体サイズの条件で、骨材寸法を変化させた実験では、最大骨材寸法が大きくなるにつれ、透過線変化量は小さくなる傾向となった。

今後は、以上の二つの実験に加え、乾燥の影響について同様の実験を行い、強度推定を行うための補正値を求めていきたいと考えている。

謝辞：本実験を遂行する為に、(株) 仙台コンクリート試験センターのご協力を得た。ここに記して謝意を表する。

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）

表 2 骨材寸法の違いによる条件

W/C (%)	養生条件	最大骨材寸法(mm)	本数(本)
50	水中 7日	15	5
		20	
		25	
		40	
60	水中 7日	15	5
		20	
		25	
		40	

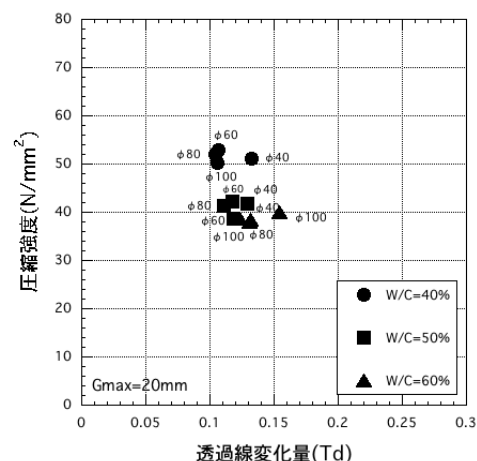


図1 コアサイズによる強度推定

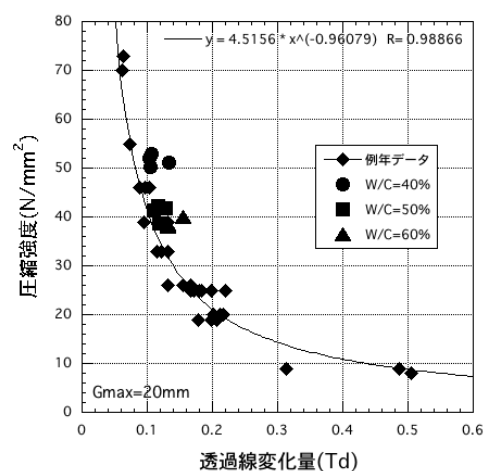


図2 例年のデータとの比較

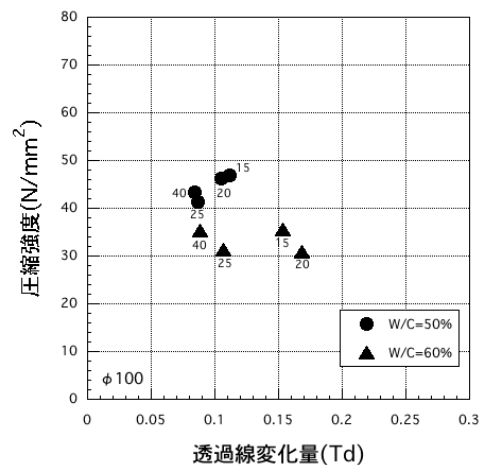


図3 骨材寸法による強度推定