

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関する基礎研究

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。

本研究では、これまでX線造影撮影法¹⁾を用いてコンクリートの劣化診断を行ってきた。この手法は、現場より採取したコアを厚さ 10mm に切断し、コンクリート用に開発された造影剤に浸漬させ、X線撮影を行うことにより、コンクリート中のひび割れや空隙を検出し、定量化することによって、コンクリートの劣化深さや強度推定を行うものである。近年までの研究で、圧縮強度と標準養生されたコンクリート中の空隙量（透過線変化量）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%と良好な関係が分かっていた。しかしながら、現場で採取されたコアの圧縮強度に対し、X線造影撮影から推定した圧縮強度の方が低くなる傾向が見られた。これは、養生条件による空隙性状の影響、コアサイズによる影響、圧縮試験時のコア乾燥条件による影響などが考えられた。そこで、本研究では、これらがX線造影撮影による強度推定に与える影響を調べるため、各種条件ごとのコンクリート供試体に対して、X線造影撮影法を実施し、透過線変化量と上記各種条件による圧縮強度の関係を求めた。今回の結果は、養生条件によるコンクリート中の空隙性状の影響、コア抜きによる影響についてのものである。

2. 実験方法

実験には JIS A 5308 の普 30-18-20N のフレッシュコンクリートを使用した。養生条件によるコンクリート中の空隙性状の影響を調べる実験では、φ100×200mm の円柱供試体型枠 (15 本) にコンクリートを打ち込み、打設後 24 時間後キャッピング、48 時間後に脱型を行い、表-1 に示す条件で水中養生を行った。コア抜きによる影響を調べる実験では、矩形型枠 (800×500×250mm) と φ100×200mm の円柱供試体型枠にコンクリートを打ち込み、その後、屋外にて同条件で 28 日間気中養生を行った。

所定の養生後、養生条件によるコンクリート中の空隙性状の影響を調べる実験では、条件毎に 3 体を圧縮試験、2 体を X線造影撮影法に使用した。コア抜きによる影響を調べる実験では、矩形コンクリートから、φ100、φ80、φ60 および φ40mm のコアをそれぞれ 5 本 (圧縮用 3 本、X線用 2 本) 採取し、圧縮試験と X線造影撮影法に使用した。なお、同条件で養生した φ100×200mm の円柱供試体は、コア抜きした条件との比較用として用いている。X線造影撮影法で使用する供試体は、1 体の円柱供試体の中央部から 10mm にカッティングした円板状のものを 3 枚使用した。

表-1 養生温度の違いによる区分

供試体名	養生温度 (°C)	養生条件	養生期間
1	20	水中	28 日
2	40	水中	28 日
3	60	水中	28 日

3. 実験結果

図-1 は、養生温度の違いによる圧縮強度とコンクリート中の空隙量（透過線変化量）との関係を求めたも

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

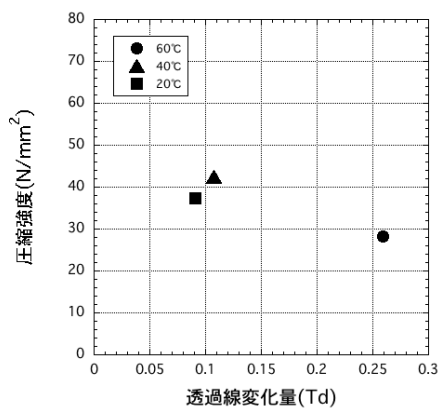


図-1 圧縮強度と透過線変化量との関係
(養生温度の影響)

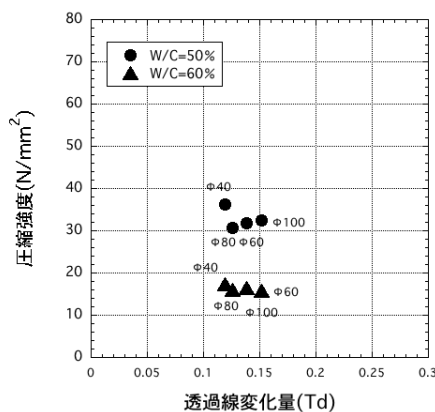


図-2 圧縮強度と透過線変化量との関係
(コアサイズによる影響)

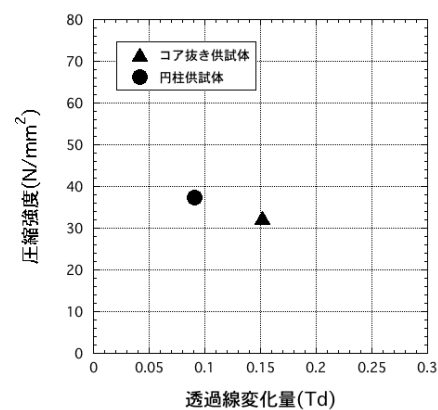


図-3 圧縮強度と透過線変化量との関係
(コア抜きによる影響)

のである。この図より、最も強度が高くなったものは 40℃養生したもので、次いで 20℃、60℃の順となった。コンクリート中の空隙量（透過線変化量）を見た場合、20℃が一番密実で、次いで 40℃、60℃の順となり、一般的に言われている養生温度が低い条件の方が密実となる傾向であったが、60℃の条件では極端に空隙量が大きくなった。60℃で養生した容器の内部では析出したカルシウム分の析出が他の温度と比べて大きいことから、高温下ではカルシウムの溶脱が著しく、ポーラス化したものと考えられる。

図-2 は、コアサイズによる影響を調べるため、φ100、φ80、φ60 および φ40 のコア抜きを行い、圧縮試験による結果と透過線変化量の関係を求めたグラフである。この図から、φ100～φ60 の間では強度の差は少ないが、φ40 になると他の径と比べて強度が大きくなる傾向が見られ、特にコンクリートの強度が大きくなるほどその傾向は大きくなる結果となった。このような傾向が見られた原因としては、今回使用したフレッシュコンクリートの最大骨材寸法は 20mm であり、この寸法の 3 倍以上の径のコアでは、圧縮強度の差は小さいが、それ以下の場合、大きくなる傾向からも、骨材寸法の影響が出たものと考えられた。

図-3 は、コア抜きによる影響を調べるため、矩形型枠（800×520×250）からコア抜きした供試体（φ100×200mm）と円柱型枠（φ100×200mm）で作製した供試体の圧縮強度とコンクリート中の空隙量との関係を求めたものである。同条件で養生したにもかかわらず、円柱型枠で作製した供試体の方が圧縮強度は若干高めになった。一方、空隙量で比較すると、コア抜きした供試体の方が円柱型枠で作製した供試体より大きい傾向がみられた。これは、円柱型枠で作製した供試体の方が、締固めの際にエントラップトエアの排除が効果的に行われたためと堰板効果の影響ではないかと考えている。その結果、圧縮強度が若干大きくなったものと思われる。

3. まとめ

1. 初期水中養生においても、60℃という高温養生となると溶脱が進行し、コンクリートをポーラス化し、強度も標準養生に比べ低下する傾向が見られた。
2. コア採取による強度推定の場合、骨材寸法の 3 倍以上では大きな差は見られなかったが、それ未満の場合、圧縮強度が大きくなる傾向がみられ、その傾向は水セメント比が小さくなるほど大きくなった。
3. 円柱型枠で作製した供試体の方がコアの供試体よりも空隙が小さく、圧縮強度が大きくなる傾向が見られた。これは締固めの影響と堰板効果が原因と思われる。

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）