X 線造影撮影法による実コンクリート構造物の強度評価に関する研究

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
東北学院大学　環境建設工学科　非 会 員　石幡　大輝
東北学院大学　環境建設工学科　非 会 員　佐久間美里

１．はじめに

コンクリート構造物のアセットマネジメントを効率的に行うためには，現状のコンクリート構造物の状態を把握し，劣化が生じていれば，劣化の原因，劣化深さ，範囲などを正確に診断し，そのデータを維持管理にフィードバックしていくことが重要である．診断の際，劣化が生じている場合は，コア採取などから残存圧縮強度を求め，補修の是非を検討する場合もあるが，コア自体が劣化部と健全部が入り交じった状況の試験となることが多いため，試験結果をそのまま検討材料に使用することには疑問が残る．また，コアによるコンクリートの圧縮試験においては，標準形状と異なる場合は，補正を行って強度を推定しているが，試験体の乾燥状態を考慮して圧縮強度を求めている例は少ない．

本研究では，これまで X 線造影撮影法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 10㎜ 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．この手法を用いて強度推定を行う際，コンクリート中の空隙量（透過線変化量）と水中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，現場より採取されたコアに対して，本手法にて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，本研究室では，これらの影響を調べるため，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，φ100×200 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（800×500×250）とφ100×200 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．

表-1　養生温度の違いによる区分

供試体名	養生温度（℃）	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

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，

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　ＴＥＬ022-368-1119

φ100，φ80，φ60 およびφ40 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φ100×200 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おり，X 線造影撮影法では，1 体の円柱供試体の中央部から 10㎜にカッティングした円板状のものを 3 枚使用した．

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との関係を求めたものである．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．これは，養生初期から高温の水中下にあるコンクリートでは，溶脱が特に進行しやすくなるため，ポーラス化が進行したものと考えられる．ちなみに，60℃28 日間水中養生した容器には，カルシウムの結晶物が多く析出していることからも言えると思われる．

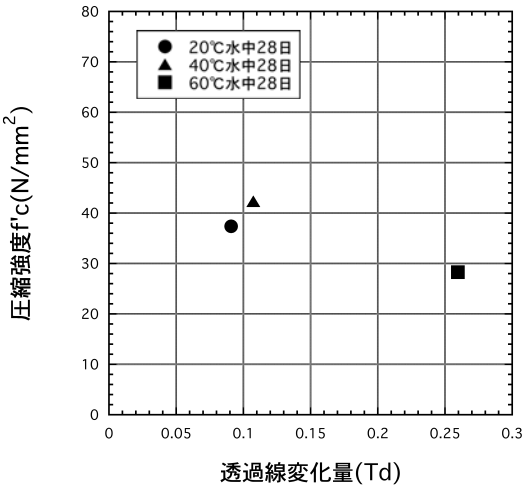

図-1　圧縮強度と透過線変化量との関係（養生温度の影響）

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（φ100×200㎜）と円柱供試体型枠（φ100×200㎜）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．この図より，同条件で養生したにもかかわらず，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．これは堰板効果による影響と思われる．一方，空隙量でみてみると，コア抜きした供試体の方が大きい傾向がみられた．これは，円柱供試体型枠を用いて作製した供試体の方が，締固めによるエントラップトエアの排除が効果的に行われやすい条件のためであると考えられる．つまり，円柱供試体型枠を用いて作製した供試体による強度評価は，実構造物のコンクリート強度よりも過大評価になる傾向が懸念される．

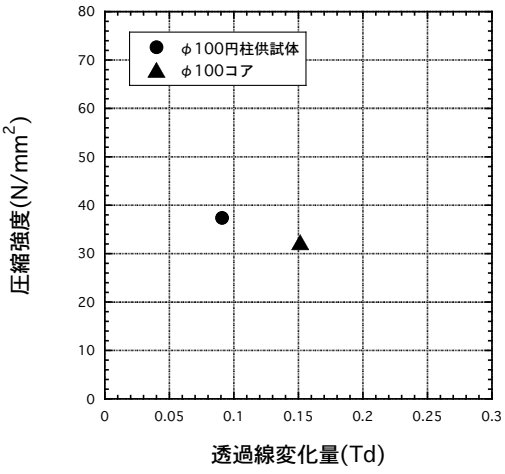

図-2　圧縮強度と透過線変化量との関係（コア抜きによる影響）

3. まとめ

本実験の結果より，以下のことが言える．

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. 型枠で作製した供試体の方がコア抜きした供試体よりも空隙量は小さく，圧縮強度は若干高めになった．これは堰板効果による影響と締固めの効果が出やすい条件のためであると考えられ，円柱供試体型枠を用いて作製した供試体による強度評価は，実構造物のコンクリート強度よりも過大評価になる傾向が懸念される．

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）