

非貫通ひび割れを持つ鉄筋コンクリート部材の透水性に関する研究

東北学院大学工学部 学生員○澁谷 博雄

東北学院大学工学部 正会員 大塚 浩司

東北学院大学大学院 学生員 小笠原 聡

1. はじめに

コンクリートが高い水密性を持つことは浸透水の作用を直接受ける構造物ばかりでなく多くの構造物において重要なことである。しかし、仮に高い水密性を持つコンクリートであっても荷重作用や地震、基礎の不等沈下などにより、構造物にひび割れが発生した場合、水密性は著しく低下する。従来、コンクリート部材をひび割れが貫通した場合のひび割れと透水性との関係についての実験的研究は行われているが、部材の途中でひび割れが止まっているような非貫通ひび割れと透水性との関係についての研究はあまり行われていない。しかし、実構造物においては、引っ張り側から発生したひび割れは中立軸付近で止まっている場合が多く見られる。そこで、本研究は、ひび割れが部材の途中で止まっているような非貫通ひび割れと透水性との関係を調べることを目的として、水とほぼ同じ浸透性を持つ造影剤をひび割れに浸透させX線造影撮影法を用いて、コンクリート内部のひび割れを通じて水が浸透していく状況の経時変化を観察し、比較検討したものである。

2. 実験の概要

2. 1 実験装置と方法

実験に用いた供試体は $200 \times 600 \times 70$ mmの曲げ供試体で供試体の上面中央部にひび割れを発生させるためのノッチを設けこのノッチの初期の開口値を3種類（0.2, 0.3, 0.4mm）に設定した。供試体にはひび割れの急激な進展を制御するために横筋異形鉄筋（SD345 D10）をかぶり9cmとする位置に配置した。

本実験に用いた実験装置を図-1に示す。矩形供試体を下部のH型鋼材とチャンネル型鋼材により、ボルトを用いて両端で固定し、そのボルトを締めつけることによって供試体に3点曲げ荷重を行い、ひび割れを発生させた。そして、造影剤の水頭差を約10cmとして供試体の状態を自然に乾燥させたものと表面をシールしたものの2タイプについて比較して実験を行い、自然乾燥させた供試体についてはさらに造影剤を圧力 $2.5 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ で注入してひび割れの内部発生状況・内部浸透状況をX線造影撮影法を用いて検出した。

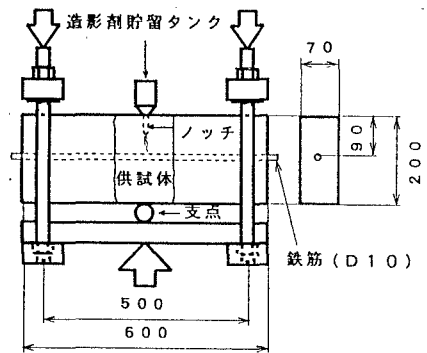


図-1 実験装置

差を約10cmとして供試体の状態を自然に乾燥させたものと表面をシールしたものの2タイプについて比較して実験を行い、自然乾燥させた供試体についてはさらに造影剤を圧力 $2.5 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ で注入してひび割れの内部発生状況・内部浸透状況をX線造影撮影法を用いて検出した。

3. 実験結果

3. 1 微細ひび割れ群および浸透領域の一般的性状

X線造影撮影法により、開口部では一本のひび割れがコンクリート内部では多数の微細なひび割れに枝分かれし、微細ひび割れ群を形成している状況および、その微細ひび割れを通して周囲のコンクリートに造影剤が浸透している状況の経時変化を観察する事に成功した。X線フィルムを撮影した写真を写真-1～3に示す。写真中央の横方向に鉄筋、下部に丸く支点が確認できる。写真-1の浸透後1時間経過した写真よりノッチから微細なひび割れが支点方向に鉄筋を越えて進展している状況が観察できる。また、写真-2から浸透後50日も経つと写真-1の様な微細なひび割れは肉眼では判別しにくくなるが浸透時間の経過に伴って微細ひび割れ群および浸透領域ともに大きく成長している状況が観察できる。

3. 2 微細ひび割れ群および浸透領域の経時変化の解析

1) 浸透領域の比較

X線造影撮影法によって撮影したX線フィルムをトレースしてそのトレース図から微細ひび割れ群および浸透領域の面積、幅、長さをそれぞれ求めた。図-2は初期開口値0.4mm、造影剤の水頭差を約10cmと同一にして、表面をシールした供試体と自然乾燥状態のまま放置した2つのタイプの浸透領域の経時変化を示す。

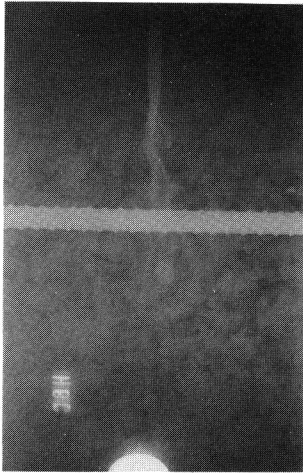


写真-1(凝縮)

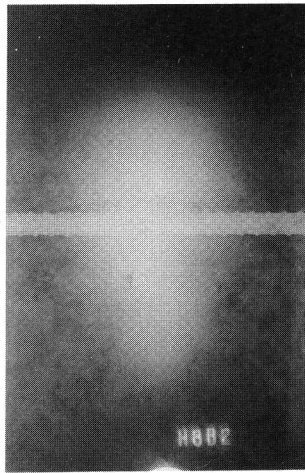


写真-2(50日)

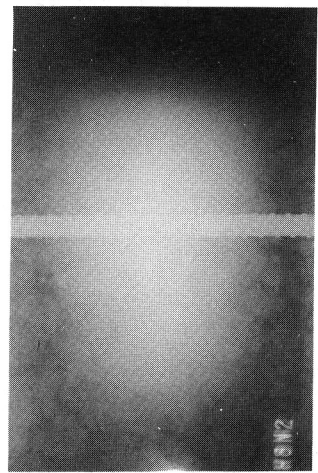


写真-3(100日)

自然乾燥の方は7日以後も約30日ぐらいまでは大きな速度で浸透し続けそれ以後ほぼ増加が停止し一定となる傾向が見られた。これは供試体が乾燥したためにコンクリート内部で浸透した水が浸透領域の先端で液相から気相に変化して平衡状態になったためではないかと思われる。

表面をシールした方は約50日ぐらいまでは、ほぼ同一な増加率を保って浸透し続け、それ以後約100日経過する時点でも緩やかではあるが増加傾向にあると思われる。これは表面をシールして乾燥防止した方は自然乾燥に比べてコンクリート内部が水で満たされているために気体には変化せず、内部の水と造影剤が置き換えながら徐々に浸透し続けているためではないかと思われる。

2) 拡散係数の経時変化

初期開口値0.4mm、自然乾燥状態で造影剤を圧力2.5 (kg/cm²) で注入した供試体について、従来ある透水試験で用いられている拡散理論を応用して拡散係数を求めた。その経時変化を図-3に示す。従来の水を表面より圧入する実験では本実験と同じ水セメント比のコンクリートの場合、約 10×10^{-4} (cm²/sec)になるのに対し、本実験値の拡散係数はそれよりも大きい。これは、理論で仮定した面の近傍では微細なひび割れが多数発生しており、そのひび割れに水が急速に浸透したため拡散係数が大きくなったのではないかと思われる。14日以後の安定した時期では、表面から圧入した実験値とほぼ同じ速度で水が拡散していると考えられる。

4. まとめ

本実験により、水が非貫通ひび割れを通じてコンクリート内部へ浸透していく状況を観察できたことから、ひび割れ深さがわかればコンクリート内部への水の拡散の速度をこの方法によりある程度推定できるのではないかとと思われる。

5. あとがき

本研究は、発表者の他に、東北学院大学工学部土木工学科卒業研修生、今村 謙太郎が行ったものである。

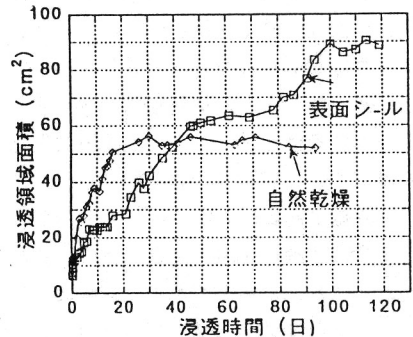


図-2 浸透領域の経時変化

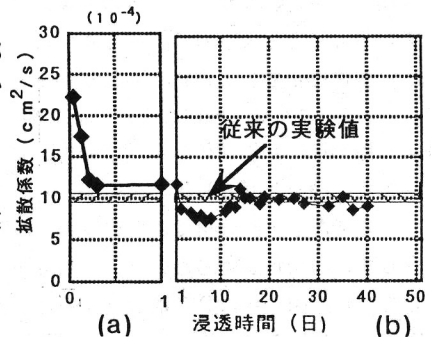


図-3 拡散係数の経時変化