

かぶりコンクリートの水分浸透性状に関する基礎研究

東京都立大学 学生会員 ○鈴木 愛梨, 正会員 鎌田 知久, 上野 敦, 大野 健太郎
理化学研究所 正会員 水田 真紀

1. はじめに

コンクリート構造物の維持管理において水分浸透が関連する変状の進行予測を適切に行うためには、コンクリートの水分浸透性状に及ぼす要因を整理し、それらの影響を深く理解する必要がある。そこで本研究では、かぶりが小さくなるとかぶりコンクリートの細孔構造が粗となり、透気性が高くなるという既往研究¹⁾を踏まえ、かぶりの大きさがかぶりコンクリートの水分浸透性状に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

本研究では、図-1(a)に示すように D16 の異形鉄筋を埋設した 100×100×372mm の鉄筋コンクリート角柱供試体を作製した。コンクリートの配合は表-1 に示す通りである。コンクリートは2層に分けて打ち込み、各層、φ28mm の棒形振動機を用いて5秒間締め固めた。かぶりは8, 15, 30mm とし、比較のため、無筋供試体も作製した。供試体は、打設後1日で脱型し、20℃の水中で5日間、さらに材齢61日までの56日間、20℃、60% R.H.の室内で養生した。養生後は、水冷式カッターにより各条件2体の角柱供試体を50mm 間隔で切断した上で、実験項目ごとに図-1(b)の寸法に調整し、それぞれ上述した室内にて7日間乾燥させた。実験項目を表-2 に示す。全実験項目において、浸せき面はかぶり面とし、浸せき面から3mm の高さまで水に浸かるよう供試体を浸せきした。なお、質量測定および割裂法の供試体は、7日間の乾燥後に浸せき面以外の面にエポキシ樹脂を塗布してから水に浸せきした。

質量測定では、浸せき直前および浸せき期間中の所定の時間に質量を測定し、質量の増分を浸せき面の面積で除すことで各浸せき時間の吸水量 (g/m²) を求めた。次に、かぶりの大きさが細孔構造に及ぼす影響を把握するため、水銀圧入法により細孔構造を測定した。図-1(b)に示すように、供試体の鉄筋直下 (幅20mm, 表層5~10mm) およびその側部から、一辺5mm 程度のもルタル片を採取し、それをアセトンに24時間以上浸せきした後にD-dry 乾燥を24時間行なったものを分析に用いた。無筋供試体も同様に、図-1(b)に示す位置から、試料を採取した。中性子イメージング法では、既往の方法²⁾を参考にし、理研小型中性子源システム RANS によりコンクリートの透過像 (鉄筋軸方向) を取得するとともに、透過像から吸水量分布を算出した。いずれの条件においても水が到達していないと考えられる43~60mm の吸水量の平均値を基準値とし、これより小さい吸水量となる深さを水分浸透深さとした。割裂法では、水分が鉄筋に到達するまでの鉄筋直下の水分浸透深さを、供試体を鉄筋軸方向に割裂した面に水分検知剤を噴霧することで目視により測定した。

3. 実験結果および考察

質量測定から得られた吸水量の経時変化を図-2 に示す。浸せき初期 (15min まで) では、かぶりが小さいほど吸水量が大きく、無筋コンクリート供試体と比較して、1.14~1.33 倍大きくなった。24h 後では、かぶり30mm 以外の供試体は水分が鉄筋に到達していたため、かぶり30mm と無筋コンクリート供試体とを比較したところ、かぶり30mm の方が吸水量が1.14 倍大きいことを確認した。

表-1 コンクリートの配合

配合	Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					混和剤添加量 C×%		スランブ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)
				W	C	S		G	AE減水剤	AE助剤			
						粗目	細目						
①	20	55	45	170	309	636	162	979	0.35	0.008	9.5	4.8	35.2
②									0.4		5.5		

※配合①...かぶり15,30mm,無筋

配合②...かぶり8mm

表-2 実験項目

実験名	質量測定	中性子イメージング法	細孔構造	割裂法
かぶり (mm)	無筋, 8, 15, 30	無筋, 8, 15, 30	無筋, 8, 15, 30	無筋, 8, 15, 30
供試体寸法 (mm)	48×100×50	70×70×50	100×100×50	100×100×50
1水準あたりの供試体 (本)	2	1	1	8

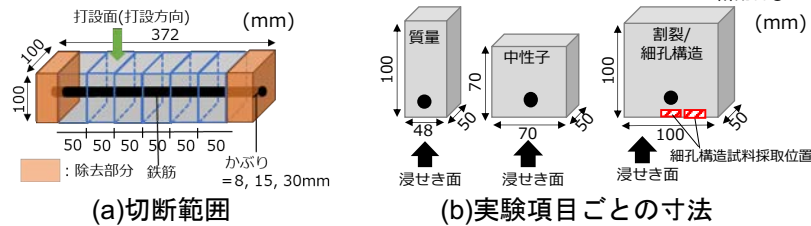


図-1 供試体概要

キーワード 鉄筋コンクリート, かぶり, 水分浸透性状, 水分浸透速度係数, 維持管理
連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学 042-677-1111

中性子イメージング法で得られた水分浸透深さの経時変化を図-3に示す。かぶりの大きさと水分浸透深さとの間に明確な関係は認められないが、同一浸せき時間で比較すると、無筋よりも鉄筋コンクリート供試体の方が水分がより深くまで浸透していることが確認できる。また、図-4に示したコンクリートの透過像において水分が浸透している影の濃い部分に着目すると、かぶり 8mm

の浸せき 5min 後とかぶり 15mm の浸せき 30min 後の透過像において、水分が鉄筋直下付近を選択的に浸透しているような状況を確認できた。各供試体の鉄筋直下およびその側部の総細孔量を図-5に示す。複数の供試体で鉄筋直下の細孔構造がその側部よりも粗になっていた。しかし、鉄筋の影響を受けない無筋供試体でも同様の傾向が確認されたこと、さらに、総細孔量とかぶりの大きさとの間に明確な関係が認められなかったことから、上述した現象が細孔構造とは異なる要因の影響を受けている可能性が示唆された。

次に、割裂法で測定した鉄筋直下の水分浸透深さの結果を用いて、鉄筋コンクリート供試体において浸せき時間の平方根と水分浸透深さとの関係の回帰直線式を求めた。この式から水分が鉄筋に到達する時間を推定し、かぶりを推定時間の平方根で除することで、かぶり部分における水分浸透速度係数を算出した。算出した水分浸透速度係数を図-6(a)に示す。かぶりが小さいほど水分浸透速度係数が大きいことがわかる。これは、かぶりが小さいほど浸透初期の急速な毛管浸透の影響を強く受けるためであると考えられる。図-6(b)は無筋コンクリート供試体を対象に、各浸せき時間（5, 24, 48h）における水分浸透深さを浸せき時間の平方根で除することで求めた水分浸透速度係数と、JSCE-G582と同様の算出方法で求めた水分浸透速度係数との比較を示す。浸せき時間が短いほど JSCE-G582 との差が大きくなっていることがわかる。以上を踏まえると、水分が鉄筋に到達する時間が短いほど、すなわちかぶりが小さいほど、JSCE-G582 で求めた水分浸透速度係数との差が大きくなることから、維持管理において極端にかぶりの小さい構造物の水分浸透速度係数を JSCE-G582 により求めると、実際よりも危険側に評価される可能性があると考えられる。

4. まとめ

異なるかぶりの鉄筋および無筋コンクリートの水分浸透性状について検討した結果、鉄筋コンクリートが無筋コンクリートと異なる水分浸透性状を示すことを確認した。また、かぶりが小さい場合に JSCE-G582 により水分浸透速度係数を求めると、実際よりも過小に評価される可能性があることが示唆された。

参考文献

- 1) Liyanto Eddy et al. : Investigation on quality of thin concrete cover using mercury intrusion porosimetry and non-destructive tests, Journal of Asian Concrete Federation, Vol. 4, No.1, pp.47~66, 2018
- 2) 吉村ら：中性子イメージングによる厚さ 5cm のコンクリート供試体に浸透する水の非破壊定量手法の検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.40，No.1，pp.1683~1688，2018

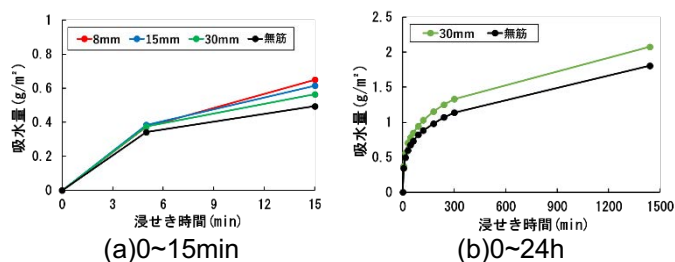


図-2 吸水量の時間変化

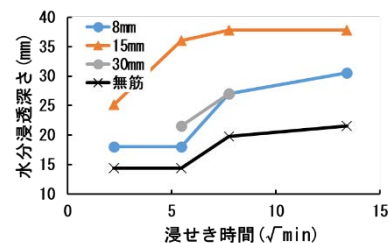


図-3 水分浸透深さ(中性子)

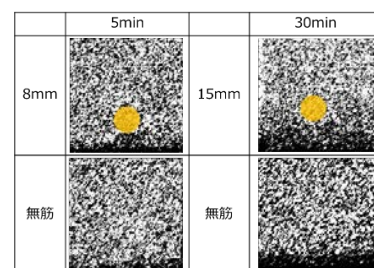


図-4 透過像(約 60×60mm)

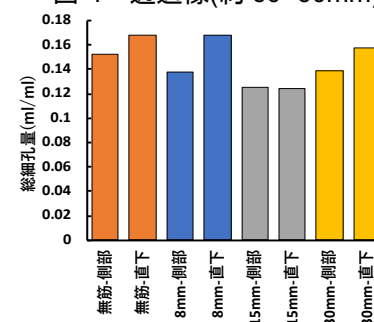
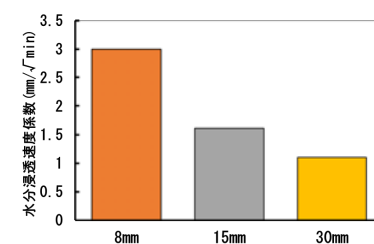
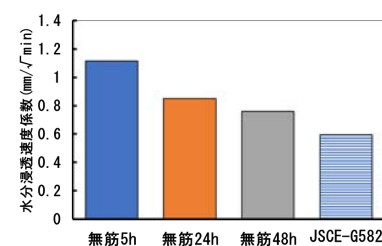


図-5 総細孔量



(a)かぶりによる比較



(b)浸せき時間による比較
図-6 水分浸透速度係数