

# 貫通・非貫通ひび割れを有するコンクリート中における水蒸気の拡散透過

指導教員 下村 匠  
コンクリート研究室 大原 涼平

## 1. はじめに

コンクリート構造物にひび割れが生じることによりコンクリートの物質透過抵抗性が損なわれ、塩害などの経時的な劣化に対する抵抗性が低下し構造物の耐久性に影響を及ぼす。本研究では、水蒸気移動を対象としてひび割れ形状がひび割れ内の物質移動に及ぼす影響とひび割れ表面における物質伝達特性の検討を目的とし、貫通・非貫通ひび割れを有するコンクリートの水分透過実験を行い、2次元水分移動解析と比較検討した。

## 2. 水蒸気拡散透過実験

### 2.1 実験方法

貫通・非貫通ひび割れを模擬したコンクリート供試体を2つの異なる相対湿度の空気に接する状態にし、水分を一方向に透過させる実験を行った。

主な供試体の形状を図-1に示す。供試体は、ひび割れの無い供試体 (normal)、貫通ひび割れを有する供試体 (tc\_series)、角柱アルミを用いた供試体 (al\_series)、非貫通ひび割れを有する供試体 (ntc\_series) の4種類とした。貫通・非貫通ひび割れ幅  $w$  は、1.0,0.5,0.25,0.1mm の4種類とし、非貫通ひび割れではひび割れ深さ  $d$  を30,20,10mm の3種類とした。ひび割れ間隔  $l$  は、すべて60mm で統一した。

供試体は水を入れたプラスチック容器と固定し、温度20°C、相対湿度50%の恒温室内に静置することで、水分を供試体下面から上面へ1次元に透過させた(図-2)。

定期的に容器ごと重量を電子天秤(測定精度0.01g)で測定した。測定重量の変化から供試体を透過した水分量と各時間における流束を求めた。

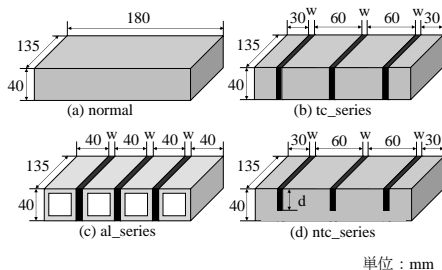


図-1 供試体形状

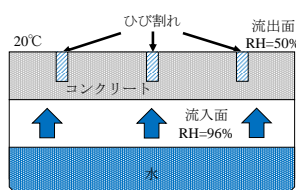


図-2 透過試験のイメージ

## 2.2 実験結果

貫通ひび割れを有する供試体の水蒸気透過量の経時変化を図-3に示す。貫通ひび割れを有するコンクリート供試体の水蒸気透過量は角柱アルミ供試体とひび割れの無いコンクリート供試体の水蒸気透過量の和より大きいことから、ひび割れ表面とひび割れ内空間との間の水分伝達の影響による水蒸気透過量の増加を示唆している。

ひび割れ幅 1.0mm の非貫通ひび割れを有する供試体の水蒸気透過量の経時変化を図-4に示す。非貫通ひび割れを有する供試体はひび割れの無い供試体より水蒸気透過量が大きいことから、ひび割れの貫通の有無にかかわらずひび割れが生じることでコンクリート中の物質透過抵抗性が低下することが確認できた。

水蒸気拡散透過実験結果から、ひび割れ表面とひび割れ内空間との間の水分伝達の影響による水分流束の増加が示唆されること、ひび割れ幅が増加すると供試体を透過する水分流束は増加することが明らかとなった。

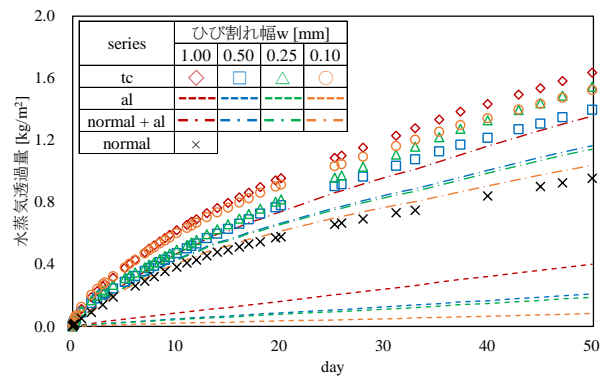


図-3 貫通ひび割れを有する水蒸気透過量の経時変化

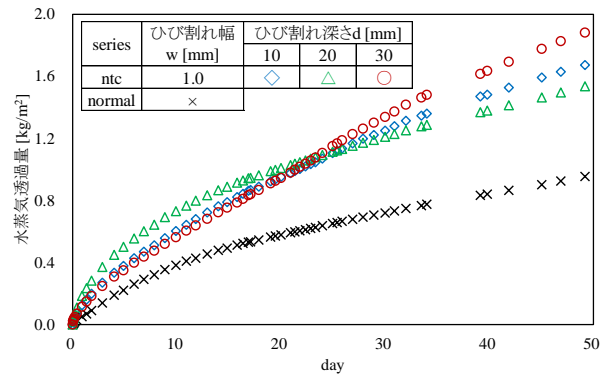


図-4 非貫通ひび割れを有する水蒸気透過量の経時変化

### 3. 2次元水分移動解析による再現解析

#### 3.1 水分移動モデル

既往の研究により定式化されたコンクリート中およびひび割れ部分の水分移動モデルを貫通・非貫通ひび割れを有するコンクリート中の2次元水分移動解析に適用できるよう整理し、水蒸気拡散透過実験の再現解析を行った。

コンクリート中の水分移動は、下村らが提案しているコンクリートの細孔組織構造と水蒸気移動・液状水移動を考慮した気液2相水分移動則を用いた。

ひび割れ内の水分移動は、西らが提案しているひび割れ内空間では自由な空間と同じ分子拡散が起こると仮定したひび割れ内空間の水分移動則を用いた。

ひび割れ表面を通じたコンクリート部分とひび割れ内空間の間の水分伝達特性の有無を検討するために、2種類の仮定を用いた。①大気に接する流入・流出面での水分移動と同様の水分移動モデルを用いて、ひび割れ表面での水分伝達を考慮する。これを「解析1」とする。②ひび割れ表面での水分伝達を無視する。これを「解析2」とする。

#### 3.2 計算条件

コンクリート細孔組織中の水分移動解析に用いた材料パラメータは、同一条件下で測定したコンクリート角柱供試体の逸散水量の経時変化と炉乾燥後の重量より同定した。境界条件は、実験における測定結果から、温度20℃、容器内の相対湿度を96%、供試体乾燥面側の相対湿度を50%とし、供試体の初期条件は飽和度96%とした。

計算に用いた格子の大きさは、コンクリート部：浸透方向2mm×浸透直交方向2mm、ひび割れ部分：浸透方向2mm×浸透直交方向1mm～0.1mm（計算対象のひび割れ幅）とした。

#### 3.3 再現解析結果

貫通ひび割れを有する供試体の水蒸気透過量の経時変化の計算結果と実験結果の比較を図-5に示す。ひび割れ表面での水分伝達を考慮した解析1は実験結果より大きい傾向を示す。ひび割れ表面での水分伝達を無視した解析2は実験結果に近い傾向を示すことから、ひび割れ表面での水分伝達特性は無視できるほど小さいことが示唆される。

ひび割れ幅1.0mmの非貫通ひび割れを有する供試体水蒸気透過量の経時変化の計算結果と実験結果の比較を図-6に示す。ひび割れ表面での水分伝達を考慮した解析1は実験結果より大きい傾向を示す。ひび割れ表面での水分伝達を無視した解析2は実験結果より小さい傾向を示すことから、ひび割れ表面での水分伝達特性は大気に接する面での水分伝達特性と異なることを示唆している。

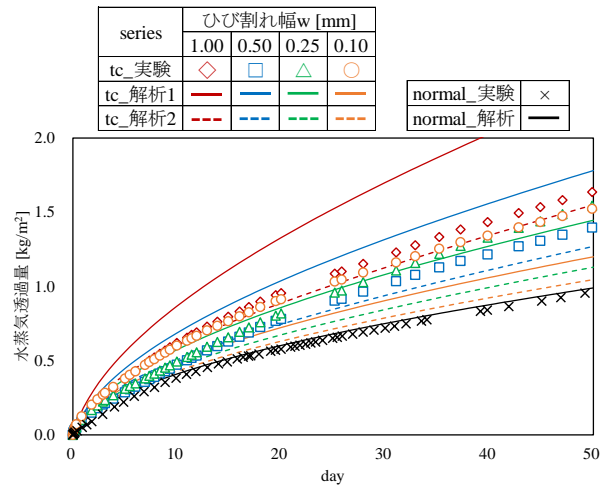


図-5 貫通ひび割れを有する水蒸気透過量の経時変化の実験結果と計算結果との比較

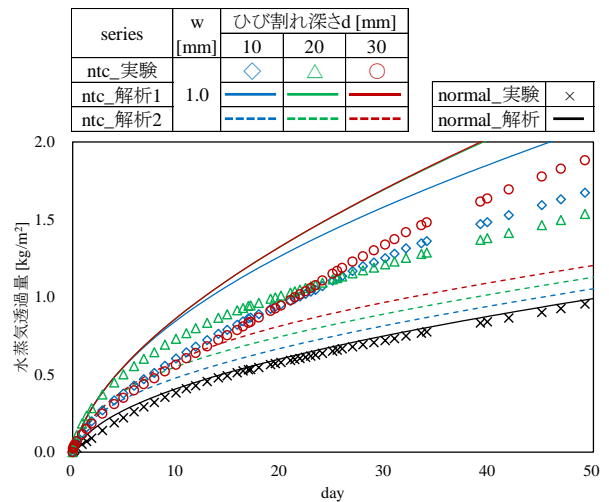


図-6 非貫通ひび割れを有する水蒸気透過量の経時変化の実験結果と計算結果との比較

貫通・非貫通ひび割れを有するコンクリート中の2次元水分移動解析を用いた再現解析結果から、貫通・非貫通ひび割れを有するコンクリート中の2次元水分移動解析を用いて水分透過実験の傾向を再現可能であること、ひび割れ表面での水分伝達特性は大気に接する面での水分伝達特性と異なることが明らかとなった。

### 4. まとめ

ひび割れ形状がひび割れ内の物質移動に及ぼす影響とひび割れ表面における物質伝達特性の検討を目的とし、水分透過実験および2次元数値解析により検討を行った。その結果、ひび割れ幅が増加すると供試体を透過する水分流束は増加すること、ひび割れ表面での水分伝達特性は大気に接する面での水分伝達特性と異なることが示された。