

V-15

乾燥により発生するコンクリート表面微細ひび割れの性状

東北学院大学大学院 学生員 阿波 稔

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 今野洋一

1. まえがき

コンクリートが乾燥するとその表面には、非常に微細なひび割れが発生することが多い。しかし、この種の微細ひび割れは、肉眼での検出が困難であるため、その性状については、ほとんど明らかにされていない。しかし、このような表面微細ひび割れに水分が浸透し、凍結融解作用を受けるような場合には、部材の耐久性が左右される原因となる恐れがあると考えられる。そこで、本研究は、微細ひび割れの検出手法としてX線造影撮影法およびSEMを併用することによって、普通養生および蒸気養生コンクリートの表面に、乾燥によって発生し、時間と共に進展する微細ひび割れの性状を明らかにすることを目的としたものである。

2. 実験の概要

実験で用いたセメントは、早強ポルトランドセメントである。骨材は、細骨材として川砂、粗骨材として最大寸法20mmの碎石を使用した。コンクリートの配合は、混和剤を用いない一種類のみとした。

表-1 養生方法および条件

実験 No.	養生方法	養生条件				
		前養生時間 (hr)	昇温速度 (°C/hr)	最高温度保持時間 (°C)	最高温度保持時間 (hr)	降温速度 (°C/hr)
1	普通養生					
2	蒸気養生	0	12	55	5.8	-3
3	蒸気養生	4	12	55	4.0	-3

供試体は、図-1に示すような寸法100×100×400mmの角柱である。養生方法は、普通養生および蒸気養生の2種類であり、その概要を表-1に示す。普通養生は、20°Cの水中で材令1週まで行った。蒸気養生は、打設後、前養生を行わず直ちに昇温させたものと、打設後、温度20°C、湿度100%の恒温室中で4時間の前養生を行ったものの2種類を用いた。また、最高温度は55°Cとした。

供試体の養生終了後、供試体の表層部を厚さ20mmにダイヤモンドソーで切断し、図-1に示すように供試体表面を除く全ての面をエポキシ樹脂でシールした。これは、表面微細ひび割れの発生には、表層付近の粗骨材の拘束力の影響が大きく、非乾燥側からの拘束力の影響は、それほど大きくないと考えられるためである。供試体は、温度20°C、湿度50%の恒温恒湿室に3ヶ月間放置し、コンクリート表面微細ひび割れを観察した。

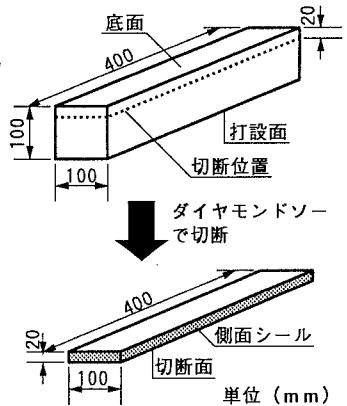


図-1 実験供試体

微細ひび割れの検出には、造影剤を微細ひび割れに浸透させ、X線透過撮影をしてひび割れを検出する、X線造影撮影法を用いた。そして、検出された微細ひび割れを10×10cmの範囲でトレースし、ひび割れ個数密度および長さ密度を求めた。また、走査型電子顕微鏡によるコンクリート表面の観察も併せて行った。

3. 表面微細ひび割れの性状

3.1 普通養生

図-2は、普通養生の場合の発生した微細ひび割れの個数密度および長さ密度の経時変化を示したものである。この図から、養生終了直後、ひび割れの発生は見られなかったが、乾燥開始3日頃から表面微細ひび割れが発生し初め、経時変化と共にその数を増していった。しかし、1ヶ月程度経過

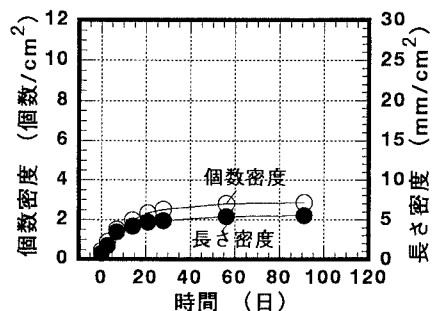


図-2 微細ひび割れの経時変化（普通養生）

するとその増加率は緩やかとなる傾向が見られた。

写真-1は、乾燥3ヶ月のX線フィルム上に検出された微細ひび割れの拡大写真である。写真上の灰色の部分骨材で、その周りの白い線が骨材とペーストとの剥離ひび割れである。そして、その骨材の周辺部および上部に見られる白い線や白い雲状の部分がモルタル部に発生した微細ひび割れであると考えられる。

写真-2は、3ヶ月経過した供試体の表面をSEMで観察を行ったものである。その結果、写真に見られるような長さ2～10mm程度、幅0.01～0.02mm程度の交差する複数の微細ひび割れが観察された。X線造影撮影を行った場合に見られる白い線や白い雲状の部分は、このようなコンクリート表面の微細ひび割れ部に造影剤が浸透したため、また、造影剤がこのひび割れを通じてコンクリート内部の極表面付近に発生する微細ひび割れ部や骨材の剥離部に浸透したために生じたものであると考えられる。

3. 2蒸気養生

図-3は、蒸気養生を行った場合の微細ひび割れ個数密度および長さ密度の経時変化を示すものである。この図に見られるように、前養生時間を十分に取ったものは、養生終了直後、ほとんど微細ひび割れが発生していなかった。しかし、前養生時間を全く取らなかったものは、養生終了後、既に表面に数多くの微細ひび割れが発生していた。これは、前養生時間が短かったために発生したものと考えられる¹⁾。この蒸気養生の場合にも、養生終了直後、乾燥させると表面微細ひび割れが新たに発生し、経時変化と共にその数を増して行った。また、早期における微細ひび割れの増加率は、普通養生の場合より大きくなる傾向が見られたが、1ヶ月程度経つと普通養生の場合と同様に微細ひび割れの増加率は、緩やかとなった。さらに、前養生時間を0時間としたものは、4時間の場合と比べて、養生終了直後のひび割れの量は多いが、乾燥開始後のひび割れの増加量にはあまり大きな差が見られなかった。

乾燥3ヶ月のX線フィルム上に検出された微細ひび割れには、骨材とペーストとの剥離ひび割れに加えてモルタル部に発生する微細ひび割れが見られた。また、その供試体表面をSEMで観察した結果、発生していた微細ひび割れの形態は、普通養生の場合とほぼ同様であった。

4. まとめ

X線造影撮影法を用いることによって、乾燥によりコンクリート表面に発生する微細ひび割れには、骨材とペーストとの剥離ひび割れとモルタル部のひび割れとがあることが明らかにされた。また、SEMを用いてそれらの微細ひび割れを観察した結果、長さ2～10mm程度、幅0.01～0.02mm程度であることが分かった。さらに、普通養生より蒸気養生を行った場合の方が乾燥による微細ひび割れの早期における増加率が大きいこと等が分かった。

参考文献

1) 大塚浩司・阿波 稔: 蒸気養生過程で発生する鉄筋コンクリート部材の微細ひび割れ性状、材料、Vol.43、No.419、pp.949-955、1994.8

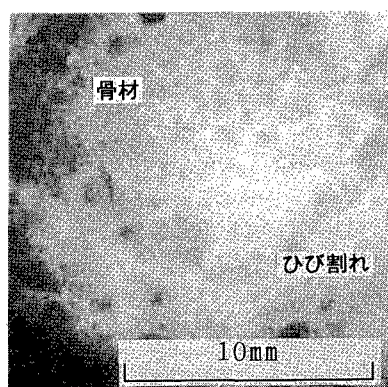


写真-1 X線フィルムの拡大写真
(普通養生、3ヶ月)

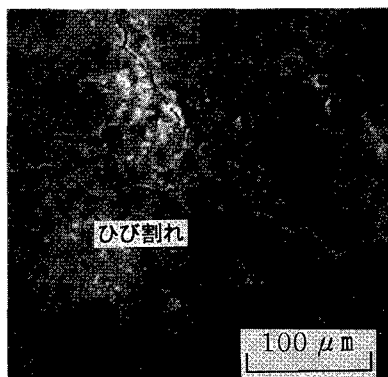


写真-2 SEM (普通養生、3ヶ月)

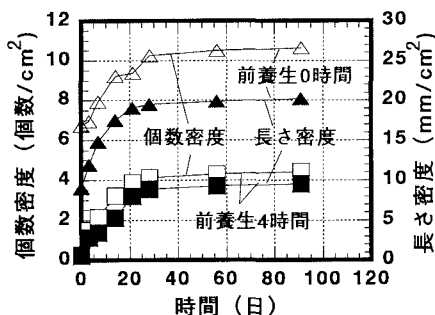


図-3 微細ひび割れの経時変化
(蒸気養生)