

V-368

蒸気養生コンクリートに発生する表面微細ひび割れと塩化物イオン
浸透性状との関係

八戸工業大学工学部 正会員 阿波 稔

八戸工業大学工学部 正会員 庄谷征美

東北学院大学工学部 正会員 大塚浩司

1. まえがき

コンクリート製品を製造する場合、一般に、常圧蒸気による促進養生が用いられている。しかし、蒸気養生コンクリート製品の表面には、肉眼では検出することが困難な非常に微細なひび割れが多数発生していることがある。このような、蒸気養生コンクリートの表面における微細ひび割れの発生は、コンクリート表層部の緻密さを欠如させ、水や空気などの外界物の侵入速度に影響を与え、コンクリートの耐久性を低下させる恐れがある¹⁾。そこで、本研究は、まず蒸気養生コンクリートの表面微細ひび割れをX線造影撮影法およびWet-SEMを用いて定量化を試みた。続いて、表面微細ひび割れの発生した供試体の塩分浸透試験を行い、表面微細ひび割れと塩化物イオンの浸透性状との関係を検討した。

2. 実験材料

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、細骨材として荒雄川産の川砂(F.M. 3.01、比重2.54)、粗骨材として最大寸法20mmの安山岩碎石(比重2.69)を使用した。コンクリートは、水セメント比 50%のAEコンクリート(目標空気量5%)およびnonAEコンクリートの2種類とした。

供試体は、寸法100×100×400mmの角柱である。本実験で行った蒸気養生条件を図-1に示す。なお、蒸気養生後の二次養生の条件は気中および水中の2種類とした。

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線透過撮影を行い、撮影したフィルムを読影器にかけてひび割れの検出を行う、X線造影撮影法を用いた。蒸気養生終了後、供試体表層部を厚さ20mmにダイヤモンドソーで切断し、蒸気養生過程で発生した微細ひび割れを検出した。そして、X線フィルム上に検出された表面微細ひび割れを100×100mmの範囲トレースし、そのトレース図からひび割れの総長を測定し、それをトレース面積で除したひび割れ長さ密度を求めた。その後、この供試体を二次養生し、蒸気養生過程で発生した表面微細ひび割れが、二次養生の過程で変化する状況を観察した。また、蒸気養生終了直後、気中二次養生開始14日後および28日後においてWet-SEMにより表面微細ひび割れの幅の分布を測定した。

塩分浸透試験は、寸法100×100×400mmの供試体の長手方向を100mm間隔で切断し、試験片とした。そして、供試体底面を除く全ての面をエポキシ樹脂でシールし、NaCl 3%の溶液中に浸せきさせた。所定の期間(28、91、147、182、364日)毎に試験片を割裂によって2分割し、その断面に0.1%フルオレセインナトリウム溶液および2%硝酸銀溶液を噴霧して塩化物イオン浸透深さを測定した。そして、測定後、Fickの第二法則に基づき近似式を用いて、見掛けの塩化物イオン拡散係数を算出した。

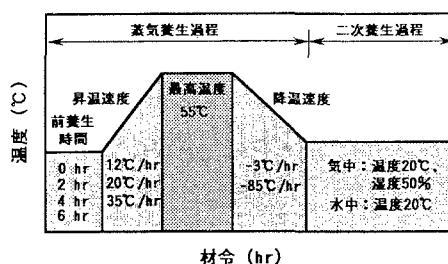


図-1 蒸気養生および二次養生の条件

3. 実験結果および考察

3. 1 表面微細ひび割れの性状

表-1は、表面微細ひび割れの検出結果の一例として、AEコンクリートで前養生時間を0時間、2時間、4時間、6時間の供試体について、蒸気養生終了後の表面微細ひび割れの発生状況、見掛け塩化物イオン拡散係数

〒031 八戸市大字妙字大開88-1 TEL 0178-25-3111 FAX 0178-25-0722

〒985 多賀城市中央1-13-1 TEL 022-368-1115 FAX 022-368-8536

および6時間とした場合の表面微細ひび割れの長さ密度と幅の諸統計量を示したものである。この表から分かるように、蒸気養生終了直後、前養生時間が短くなると、微細ひび割れ長さ密度の増加が見られたが、それらの平均幅は何れの条件の場合も、0.01mm以下と極めて小さいものであった。しかし、これらの表面微細ひび割れは、二次養生の過程で気中に放置されると、

初期乾燥の影響により幅を増加させながらさらに進展成長し、気中二次養生開始28日後においては長さ密度で約3~5倍、平均幅で約8~10倍増加した。なお、nonAEコンクリートの場合もAEコンクリートの場合と比べてほぼ同様の傾向が見られた。

3. 2見掛け塩化物イオン拡散係数に及ぼす表面微細ひび割れの影響

図-2は、見掛けの塩化物イオン拡散係数と微細ひび割れの平均幅との関係を蒸気養生条件に関わらずプロットしたものである。この図に見られるように、蒸気養生終了直後では、養生条件が異なっても、その平均幅は0.008mm付近に集中しており、見掛けの拡散係数にそれ程大きな差はなかった。一方、二次養生として28日間の気中放置を行った場合は、見掛けの拡散係数が微細ひび割れ幅0.06mm付近から急激に増加した。

図-3は、見掛けの塩化物イオン拡散係数と微細ひび割れ長さ密度との関係をプロットしたものである。この図より、蒸気養生終了直後の微細ひび割れ幅が非常に小さい場合は、ひび割れ長さ密度が増加しても、見掛けの拡散係数に大きな差はない。しかし、28日間の気中二次養生を行い微細ひび割れ幅が増大すると、微細ひび割れ長さ密度5mm/cm²付近からひび割れ長さ密度の増加につれて見掛けの拡散係数は増加した。

これらの結果から、表面微細ひび割れの幅が非常に小さい場合は、ひび割れが多く発生していても、見掛けの塩化物イオン拡散係数に及ぼす影響は比較的小さいものと考えられる。これは、表面微細ひび割れの平均幅が非常に小さい場合は、大きい場合と比べて水がひび割れを非常に通り難くなるためであると考えられる。

4. まとめ

蒸気養生終了直後の表面微細ひび割れが非常に小さい段階では、微細ひび割れが見掛けの塩化物イオン拡散係数に与える影響は小さい。しかし、初期乾燥の影響を受けひび割れがさらに進展成長し、平均幅で約0.06mm、且つ長さ密度で約5mm/cm²を越えると、見掛けの塩化物イオン拡散係数を急激に増加させるものと思われる。このことから、塩化物イオンの浸透性状に影響を及ぼさない限界のひび割れ幅および長さ密度が存在するものと考えられる。

参考文献

- 1) 大塚浩司・庄谷征美・阿波 稔：蒸気養生コンクリートの耐久性に及ぼす表面微細ひび割れの影響、土木学会論文集、投稿中

表-1 表面微細ひび割れ長さ密度および幅の諸統計量

前養生 時間 (hr)	蒸気養生終了直後			気中二次養生開始28日後		
	長さ密度 (mm/cm ²)	平均幅 (mm)	標準偏差 (mm)	長さ密度 (mm/cm ²)	平均幅 (mm)	標準偏差 (mm)
0	7.30	0.0097	0.0068	19.10	0.0779	0.0168
2	4.51	0.0081	0.0059	14.53	0.0720	0.0151
4	1.67	0.0066	0.0047	8.94	0.0622	0.0133
6	1.31	0.0059	0.0046	5.37	0.0602	0.0143

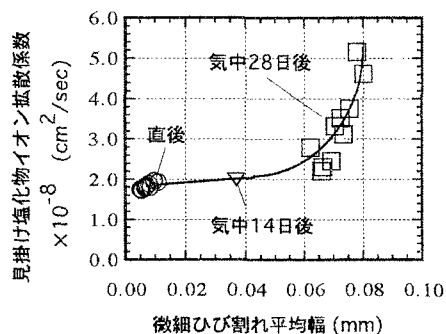


図-2 見掛け塩化物イオン拡散係数と表面微細ひび割れ平均幅との関係

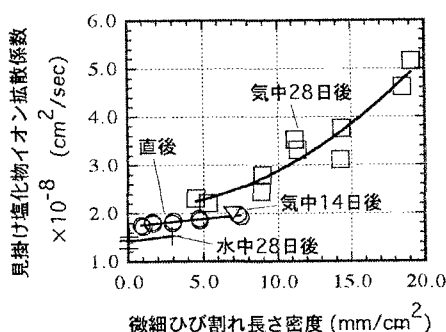


図-3 見掛け塩化物イオン拡散係数と表面微細ひび割れ長さ密度との関係