

蒸気養生コンクリートの耐凍害性に及ぼす表面微細ひび割れの影響

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

八戸工業大学工学部 正会員 庄谷征美

1. まえがき

コンクリート製品を促進養生において製造する場合、一般に、常圧蒸気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することがある。このようなコンクリートの表面における微細ひび割れは、最近問題とされている蒸気養生製品の早期劣化の原因の一つと考えられる。しかし、この蒸気養生コンクリートの表面に発生する微細ひび割れの性状や耐凍害性に及ぼす影響については研究例が少なく殆ど説明されていない。そこで、本研究は、蒸気養生コンクリートの表面微細ひび割れの性状をX線造影撮影法およびWet-SEMを用いて観察し、さらに、その微細ひび割れが耐凍害性に及ぼす影響について実験的に調べた。

2. 実験材料および方法

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。コンクリートは、水セメント比50%のAEコンクリート(Air=5%)およびnonAEコンクリート(Air=2%)の2種類とした。

供試体は、寸法100×100×400mmの角柱である。本実験で用いた蒸気養生条件の概要を図-1に示す。なお、蒸気養生終了後の二次養生の条件は、実際の工場で行われている気中および水中の2種類とした。

蒸気養生終了後、供試体表層部（底面側）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表面微細ひび割れを検出した。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。X線フィルム上に検出された表面微細ひび割れを、100×100mmの範囲でトレースし、そのトレース図からひび割れ総長を測定し、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、この供試体の表面を除く全ての面を樹脂でシールし、二次養生を行った。そして、蒸気養生過程で発生した表面微細ひび割れが、二次養生の過程で時間と共に変化する性状を観察した。

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。

凍結融解試験は、蒸気養生終了直後および気中二次養生開始28日後において行った。試験は、ASTM-C666 A法、水中凍結水中融解法に準じて行ったが、本実験の供試体は、底面（ひび割れ検出面）を除く全ての面を樹脂でシールし、一面から劣化させるようにした。そして、供試体のたわみ一次共振振動数を凍結融解30サイクル毎に300サイクルまで測定し耐久性指数を算出した。

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時間および6時間と変化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、蒸気養生終了直後では、前養生時間が短くなると、非常に多くの微細ひび割れが発生し

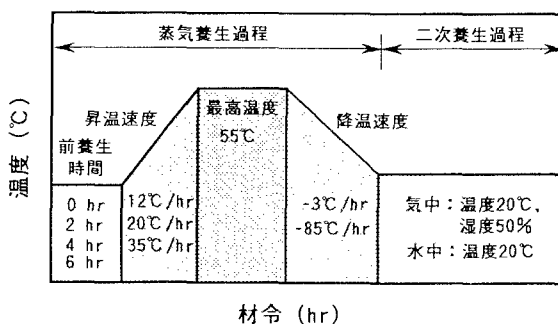


図-1 養生条件

ているが、それらのひび割れ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、蒸気養生過程で発生した表面微細ひび割れは、二次養生の過程で気中に置かれると、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耐凍害性に及ぼす表面微細ひび割れの影響

図-2は、凍結融解試験より得られた耐久性指数と表面微細ひび割れ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。この図に示されるように、蒸気養生終了直後では、AEおよびnonAEコンクリートともにその平均幅は0.008mm付近に集中しており、その耐久性指数にもほとんど差が見られなかった。一方、二次養生として28日間の気中放置を行った場合は、微細ひび割れ平均幅0.06mm付近から平均幅の増大につれて耐久性指数は急激に低下した。

図-3は、凍結融解試験より得られた耐久性指数と微細ひび割れ長さ密度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、AEおよびnonAEコンクリートともに耐久性指数の値はほぼ一定である。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耐久性指数は低下した。これは、表面微細ひび割れが耐凍害性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ことを示唆しているものと考えられる。

これらの結果から、表面微細ひび割れの平均幅が非常に小さい場合は、その耐凍害性に及ぼす影響は小さいことが分かった。これは、ひび割れ幅が小さい場合には、大きい場合と比べて水がひび割れを通り難く、凍結水量が少な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幅が非常に小さい段階では、微細ひび割れが多く発生していても、耐凍害性に与える影響は小さい。しかし、二次養生の過程で初期乾燥の影響を受けひび割れが進展成長し、平均幅で約0.06mm、且つ長さ密度で約5mm/cm²を越えると、耐凍害性を急激に低下させることが分かった。このことから、凍害性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。

5. あとがき

本研究は、東北学院大学工学部土木工学科卒業研修として、発表者の他、安部誠司、鈴木秀和が行ったものである。

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

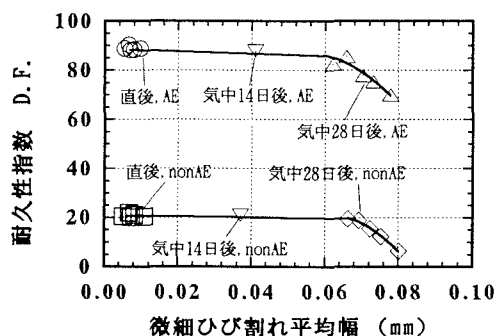


図-2 耐久性指数と表面微細ひび割れ平均幅との関係

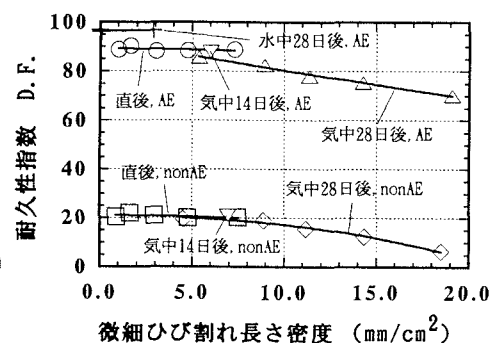


図-3 耐久性指数と表面微細ひび割れ長さ密度との関係