

V-203 シリカフェーム混和および無混和の高強度コンクリートの耐凍害性

清水建設（株）技術研究所 正会員 橋 大介

1. まえがき

水結合材比 30%以下の高強度コンクリートに関しては、Non-AEコンクリートでも優れた耐凍害性を示すという報告と、優れた耐凍害性を確保するにはAEコンクリートにする必要があるという報告がある^{1), 2)}。高強度コンクリートの耐凍害性は、使用材料、配合、供試体作製方法、養生方法、試験方法等といった実験条件のわずかな相違により、その優劣が著しく変化するとも考えられる。本報告では、コンクリートの空気量、養生温度、養生方法を実験要因とした高強度コンクリートの耐凍害性に関する実験結果について述べる。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリート配合

使用材料は、以下に示すとおりである。セメントは普通ポルトランドセメント（比重3.16）、粗骨材は硬質砂岩碎石（ G_{max} 20mm、表乾比重2.65、吸水率0.63%）、細骨材は川砂（表乾比重2.60、吸水率1.37%）を用いた。混和材は微粉末状のシリカフェーム（比重2.13、比表面積 16.2 m^2/g 、 SiO_2 量97%）、また混和剤はナフタリン系の高性能減水剤、流動化剤および天然樹脂酸塩を主成分とするAE剤を用いた。

コンクリートの配合は、場所打ちが可能な範囲でできるだけ低い水結合材比とした。すなわち、水セメント比 25%（細骨材率38%、単位セメント量 600 kg/m^3 ）の普通コンクリートおよび水結合材比 22%（細骨材率37%、単位結合材量 685 kg/m^3 、シリカフェーム内割 10%混和）のシリカフェームコンクリートの2種類とした。スランブは23cmを目標とした。なお、材令28日圧縮強度は、概ね 800~1100 kgf/cm^2 であった。

2.2 実験方法

空気量、養生温度、養生方法を要因として、供試体を作製した。硬化初期の養生が耐凍害性に影響を及ぼすことを考慮して打込み後から材令 2日まで、養生温度を20℃（春・秋）または35℃（夏・暑中コンクリート）、養生方法を湿布+ビニールシート養生（湿潤養生）または気中暴露（気乾養生）とした。材令 2日以後凍結融解試験開始材令14日までは標準養生とした。供試体寸法は、10×10×40cmとし、凍結融解試験は、ASTM C 666 A法に準拠した急速水中凍結融解試験方法で行った（41ケース）。

3. 実験結果と考察

実験結果を表-1および図-1~3に示す。

表-1から明らかなように、Non-AEコンクリートでは、いずれの養生温度、養生方法においても、必ずしも優れた耐凍害性（耐久性指数 $\geq 80\%$ ）を確保できなかった。気乾養生した供試体は、養生温度に拘らず、全て耐久性指数が小さかった。一方、湿潤養生した供試体は、優れた耐凍害性を示すものとそうでないものが混在する形となった。養生後の供試体を切断・研磨して表面から内部にかけて発生しているひびわれ幅を顕微鏡を用いて測定したところ、湿潤養生で平均10~20 μm 、気乾養生で平均20~40 μm のマイクロクラックが認められた。また、養生温度が35℃で、気乾養生した供試体は表面部に幅 0.3mm程度以上のプラスチック

表-1 実験結果一覧表

Data No.	記号	コンクリートの種類	AE剤使用の有無	養生温度(℃)	養生方法	凍結融解試験結果(該当ケース比)	
						耐久性指数 $\geq 80\%$	耐久性指数 $< 80\%$
(1)	□	普通	Non-AE	20	気乾	0/1	1/1
(2)	◇	普通	Non-AE	20	湿潤	1/2	1/2
(3)	○	普通	Non-AE	35	気乾	0/1	1/1
(4)	△	普通	Non-AE	35	湿潤	0/4	4/4
(5)	●	普通	AE	35	気乾	3/3	0/3
(6)	▲	普通	AE	35	湿潤	1/2	1/2
(7)	□	シリカフェーム	Non-AE	20	気乾	0/1	1/1
(8)	◇	シリカフェーム	Non-AE	20	湿潤	5/6	1/6
(9)	○	シリカフェーム	Non-AE	35	気乾	0/2	2/2
(10)	△	シリカフェーム	Non-AE	35	湿潤	2/7	5/7
(11)	◇	シリカフェーム	AE	20	湿潤	3/3	0/3
(12)	●	シリカフェーム	AE	35	気乾	2/3	1/3
(13)	▲	シリカフェーム	AE	35	湿潤	6/6	0/6

収縮ひびわれが発生していた。高強度コンクリートの耐凍害性は、これらのひびわれの影響を受けるものと考えられる。

耐久性指数と空気量の関係を図-1に示す。同図によれば、シリカフェーム混和の有無が耐凍害性に及ぼす影響は殆ど認められず、ほぼ同等の結果が得られたと考えられる。すなわち、空気量が2%を越えるAEコンクリートにすると、いずれのコンクリートも耐久性が

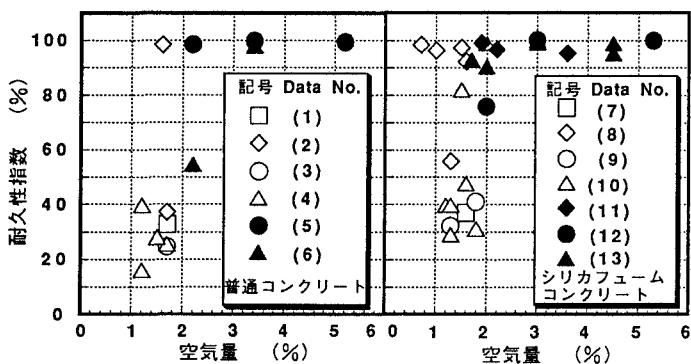


図-1 耐久性指数と空気量

顕著に向上した。空気量3%のAEコンクリートでは、養生温度35℃で、気乾養生した場合においても優れた耐凍害性が確保できた。

耐久性指数と耐久性指数算定時の質量変化率（試験開始時質量に対する相対動弾性係数60%時または300サイクル終了時の質量の比率）の関係を図-2に示す。高強度コンクリートでは、シリカフェーム混和の有無に拘らずほぼ同等の傾向を示し、質量増加を伴って耐久性が低下する結果となった。通常のコンクリートまたは貧配合のコンクリートではスケーリングにより表面から一様に劣化していく傾向を示すが、高強度コンクリートでは、細孔構造が緻密になるためスケーリングが殆ど発生せず、ひびわれの発生および吸水によるひびわれ幅拡大によって劣化が進行していくと考えられる。

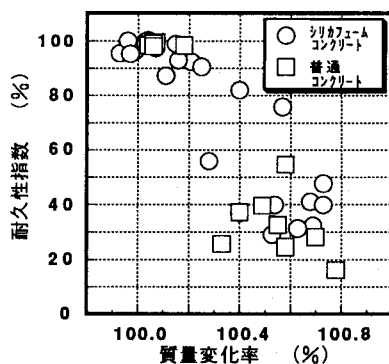


図-2 耐久性指数と質量変化率

凍結融解作用による質量変化率および相対動弾性係数の経時変化を図-3に示す。凍結融解 300サイクルで耐久性指数が約90%であっても質量が増加する傾向にある供試体は、以後のサイクルで相対動弾性係数が大幅に低下した。空気量3%以上のAEコンクリートでは、400サイクルを越えても質量増加はわずかであり、急激な質量増加の徴候も認められなかった。

4. まとめ

凍結融解作用を受ける高強度コンクリートは、通常のコンクリートまたは貧配合コンクリートのようにスケーリング劣化は殆ど示さず、表面から内部にかけて発生・成長するひびわれによって劣化する。養生のいかに拘らず優れた耐凍害性を確保するにはAEコンクリートにする必要があり、連行空気量は通常のコンクリートより少なく、3%程度であれば良いと考えられる。また、シリカフェーム混和の有無による耐凍害性への影響は、本実験の範囲内では殆ど認められなかった。

参考文献

- 1) 服部健一ほか：高性膨減水剤を使用した高強度コンクリートの耐凍結融解性、セメント技術年報34, pp.329～332, 1980
- 2) Pigeon M. et al.: Critical Air-Void Spacing Factors for Low Water-Cement Ratio Concretes with and without Condensed Silica Fume, Cement and Concrete Research, Vol.17, No.6, pp.896～906, 1987

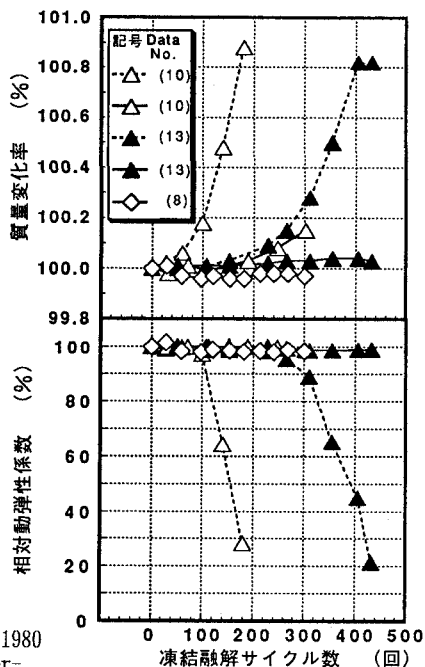


図-3 凍結融解作用による経時変化