

V-556

高流動コンクリートの耐凍害性に関する研究

(株)青木建設 技術本部研究所 正会員 原田 和樹
筑波大学 構造工学系 正会員 山本 泰彦

1. はじめに

既往の文献を参照すると、高流動コンクリートの耐凍害性が極めて優れていることを示したものが多く、中には、初期養生を軽減しても、満足すべき耐凍害性が確保されると報告しているものもある[1]。また、凍結融解試験中の相対動弾性係数の値が100%を大きく超え、明らかに不合理な結果を示している報告が多い。

本文は、凍結融解試験中における動弾性係数の増加の影響を補正する手法[2]を用いることにより、高流動コンクリートの真の耐凍害性を把握しようと試みた結果を述べるものである。

2. 使用材料、配合および試験方法

(1) 使用材料および配合

使用材料を表-1に示す。結合材には、凍結融解試験中においても水和の進行が予想されるビーライトセメントと、比較試験用として普通ポルトランドセメントを用いた。また、石灰石微粉末も粉体の一部として使用した。高性能AE減水剤は、空気連行作用の小さいものを選び、空気量の調整はAE剤で行った。また、コンクリートのフレッシュ時の品質を安定させる目的で、膨潤性の増粘剤を使用した。

コンクリートは、良好な(自己)充てん性が得られるように、管理目標値をスランプフローで 60 ± 5 cm、V漏斗流下時間で 15 ± 5 秒とし、表-2に示す配合とした。なお、空気量は $4.5 \pm 0.5\%$ を目標とした。

(2) 供試体の作製および養生方法

コンクリートの練混ぜには、容量100ℓのパン型強制練りミキサーを使用し、1バッチ当たりの練混ぜ量を60～70ℓとした。急速凍結融解試験は、JIS A 6204附属書2に従い、2槽式凍結融解試験機で行った。試験開始材齢は、圧縮強度が約10MPa程度となる材齢(2日以内)の他に、14日および28日の計3材齢とした。試験開始時までの供試体の養生方法は以下の通りである。

a)試験開始材齢が2日以内の場合：コンクリート打込み後、直ちに供試体を型枠とともに十分に湿らした綿布で覆い、さらに、型枠と綿布を厚手のビニール袋に入れた状態で密封した後、湿度60%、室温20℃の恒温温室に静置した。脱型は凍結融解試験開始直前に行った。

b)試験開始材齢が14日または28日の場合：材齢2日以内までの養生方法および脱型時期は、a)と同様とし、脱型後、所定の材齢まで20℃水中養生を行った。

表-1 使用材料

材料名(記号)	種 類	比重	記号
粉体	結合材 (B)	普通ポルトランドセメント 3.16	N
		ビーライトセメント(C ₂ S58%) 3.24	BC
(P)	混和材	石灰石微粉末 5000級 2.30	LS
細 骨 材	木更津産陸砂 F.W:2.71	2.71	S
粗 骨 材	青梅産砕石2005 実積率59.1%	2.60	G
混 和 剤	高性能AE減水剤(トリカリン酸系) AE剤(0.3%系界面活性剤) 増粘剤(天然多糖類)		SP AE V

(3) 耐凍害性評価手法

耐凍害性の評価には、氷点下の領域におけるセメントの水和に伴う動弾性係数の増加をも考慮できる次の修正相対動弾性係数[2]を用いた。

$$\text{修正相対動弾性係数}(RE_M) = E_n/E_M \times 100 (\%)$$

E_n :凍結融解nサイクルにおける、凍結融解を与えた供試体のたわみ動弾性係数の実測値(MPa)

E_M :回帰式より算出される、

凍結融解を与えない供試体の、凍結融解nサイクルに相当する(氷点下領域の積算温度も加算した)積算温度Mにおけ

表-2 コンクリートの配合

配合名	W/B (%)	W/P (%)	s/a (%)	単位量 (Kg/m ³)								
				W	N	BC	LS	S	G	SP*	AE*	V**
N	35	—	51.0	169	483	—	—	840	837	1.5	0.007%	0.3%
LS	35	55	51.0	165	300	—	171	840	837	2.4	0.016%	0.3%
BC	35	—	51.0	171	—	489	—	840	837	1.2	0.010%	0.9%

*B×wt.%, **V×wt.%, B:N or BC, P:N+LS

るたわみ動弾性係数(MPa)

3. 実験結果および考察

図-1に凍結融解サイクルと(修正)相対動弾性係数の関係を示す。図-1(a)は試験開始材齢を2日以内とした場合の試験結果であり、試験開始時の配合N、LSおよびBCの圧縮強度はそれぞれ10.9、11.9および7.9MPaであった。Nの試験結果に着目すると、相対動弾性係数の値は試験中に150%を超え、明らかに不合理な結果となっている。これに対し修正相対動弾性係数の値は、試験開始直後から凍結融解サイクルの増加とともに概ね減少し、コンクリートの真の内部劣化を正しく評価しているものと判断される。

図-1(b)は試験開始材齢を14日とした場合の試験結果である。配合BCの供試体は、試験開始時の圧縮強度が約20MPaであったにも拘わらず、凍結融解サイクルの増加とともに相対動弾性係数と修正相対動弾性係数の差は徐々に大きくなり、300サイクルの時点では両者の差は10%程度となった。この傾向は、試験開始材齢を28日とした場合でも同様であった(図-1(c)参照)。これらの結果は、比較的長期に亘って反応する結合材を用いた場合には、試験開始材齢を14日以降としても、凍結融解試験中における結合材の水和が、無視できない程度に進行することを示すものであり、このようなコンクリートの耐凍害性を正しく評価する場合には、本報で示したような手法を用いる必要があると考えられる。

図-2に試験開始時の圧縮強度と修正耐久性指数の関係を示す。この図より、結合材(粉体)の種類に関わらず、両者の関係は同一曲線で表せることが判る。また、高流動コンクリートの場合にも従来のコンクリートと同様に、満足すべき耐凍害性(修正耐久性指数で60以上)を得るためには、圧縮強度が15~20MPa程度になるまで適切な養生を行わなければならないものと判断される。

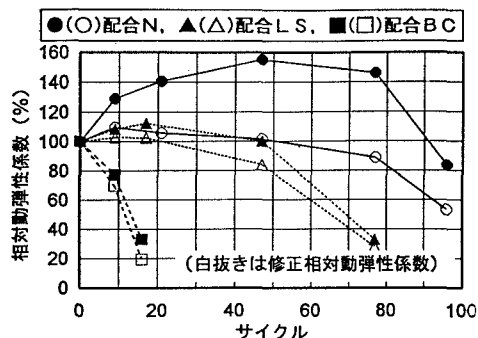
4. まとめ

本実験の範囲内で得られた知見をまとめると以下の通りである。

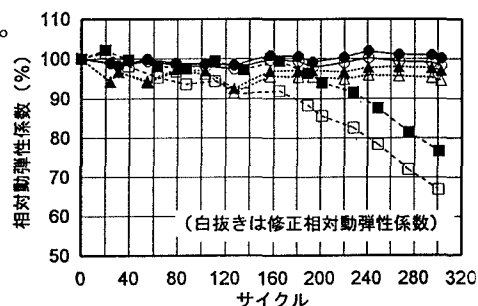
- (1) ビーライトセメント等の比較的長期に亘って反応する結合材を使用した場合には、材齢14日以降でも凍結融解試験中に無視できない程度に水和が進行するため、この影響を考慮して、耐凍害性を評価する必要がある。
- (2) 増粘剤を併用した高流動コンクリートの場合も、その耐凍害性は従来のコンクリートとほぼ同様であり、満足すべき耐凍害性を付与するためには、圧縮強度が15~20MPa程度になるまで適切な養生を行う必要がある。

[参考文献]

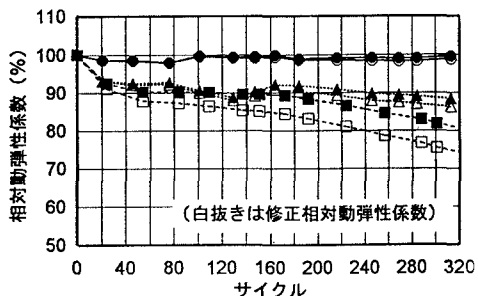
1. 岡村 甫、前川宏一、小澤一雅：ハイパフォーマンスコンクリート、技報堂出版
2. 長合友造、山本泰彦：若材令コンクリートの耐凍害性評価手法に関する研究、土木学会論文集, No. 433/V-15, pp. 71-80, 1991. 8



(a) 試験開始材齢を2日以内とした場合



(b) 試験開始材齢を14日とした場合



(c) 試験開始材齢を28日とした場合

図-1 凍結融解サイクルと(修正)相対動弾性係数の関係

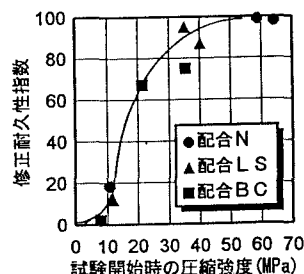


図-2 試験開始時の圧縮強度と修正耐久性指数の関係