

V-359

各種高流動コンクリートの塩化物イオン浸透性と耐凍結融解性について

五洋建設技術研究所

正会員 ○釣谷 叔輝

東北大学大学院（五洋建設）

正会員 内藤 英晴

東北大学工学部

正会員 三浦 尚

1. はじめに

今日、高流動コンクリートの研究・開発が盛んに行なわれているが、耐久性に関する報告例は極めて少ない。本研究は、粉体系、増粘剤系および併用系高流動コンクリートを対象として、特に塩化物イオン浸透性と耐凍結融解性の面から各種高流動コンクリートの性状を比較検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリート配合

使用材料および配合をそれぞれ表-1、表-2に示す。各配合は事前の試験練りにより、表-3の目標性状を満足するように決定した。

2.2 塩化物イオン浸透性試験

図-1に供試体と測定位置を示す。供試体は、10cm角の立方体で、1対の面を浸透面として残し、他の4面をエポキシ樹脂でコーティングした。これを温度20℃、相対湿度60%の恒温恒湿室中に材令2週まで気中養生したのち浸漬した。浸漬液は、浸透を促進させる目的で濃度が10%のNaCl水溶液とした。また、NaCl水溶液の温度の影響を調べるため、水溶液温度を20℃と40℃の2通りとした。所定の期間浸漬させたのち供試体を浸漬面を含む断面で割裂し、その割裂面に1%フルオロセインナトリウム水溶液を噴霧し、続いて、その上に0.1N硝酸銀水溶液を噴霧したときの呈色反応によって塩化物イオン浸透深さを測定した。塩化物イオン浸透部分を図-1のように浸透面からの距離で評価し、割裂面片側7点、1供試体につき計28点計測し、その平均値を採った。

表-1 使用材料

使用材料	種類	物性および成分
セメント	普通ポルトランドセメント (OPC)	比重3.16 比表面積3280cm ² /g
	高ベークライト系セメント (HBC)	比重3.20 比表面積4180cm ² /g
混和材	高炉スラグ微粉末 (BFS)	比重2.90 比表面積6050cm ² /g
	フライアッシュ (FA)	比重2.32 比表面積3350cm ² /g
	石灰石微粉末 (LS)	比重2.73
細骨材	山砂	表乾比重2.59 吸水率1.39
	砕砂	表乾比重2.64 吸水率1.97
粗骨材	砕石 (2005)	表乾比重2.71 吸水率0.70
混和剤	高性能AE減水剤	ネリカキ [®] 酸エーテルと架橋 [®] リマー
	AE剤	変性70 [®] カルボ [®] ン酸
増粘剤		低界面活性型水溶性ポリビニルアルコール系

表-2 コンクリートの配合

No	種 類	粉 体	混和材 (wt%)	W/B (%)	s/m (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					S P (P*wt%)	増粘剤 (W*wt%)	AE助剤 (P*wt%)	スラブ 70- μm (cm)	V7.5D- ト (秒)	空気量 (%)
							W	C	混和材	S	G						
1	粉体系	OPC+BFS	40	30.5	45	52	179	352	235	795	757	0.85		0.002	64.5	9.4	4.9
2		〃	60	31.1	45	52	179	231	346	795	757	0.85		0.002	66.0	10.7	5.2
3		〃	80	31.6	45	52	179	113	454	795	757	0.80		0.002	70.0	11.4	4.7
4		OPC+FA	20	30.5	45	52	176	461	115	795	757	1.10		0.007	68.0	7.5	5.8
5		〃	40	29.8	45	52	167	338	225	795	757	0.95		0.008	70.0	7.2	6.0
6		〃	60	29.0	45	52	160	220	330	795	757	0.80		0.008	65.0	7.1	5.2
7		HBC	0	29.4	45	52	180	612		795	757	1.25		0.002	70.0	9.4	3.8
8		OPC	0	32.0	45	52	187	583		795	757	1.60		0.005	67.0	9.9	4.4
9		増粘剤系	OPC	0	45.5	53	56	187	411		936	757	1.50	0.25	0.003	65.5	10.0
10	併用系	OPC+Ls	27*	43.9*	44	51	186	425	157	776	757	1.05	0.10	0.002	70.0	7.3	4.0

*石灰石微粉末は不活性であるため、結合材 (B) とみなさない

2.3 凍結融解試験

JIS A 6204 (コンクリート用化学混和剤) 附属書2「コンクリートの凍結融解試験方法」に準じて行った。ただし、凍結融解の繰り返し300サイクルで試験を終了した。

表-3 目標性状

試験・測定項目	試験・測定方法	管理目標値
スランプフロー	JIS A 5201に準ずる	65±5cm
空気量	JIS A 1128に準ずる	4.5±1.5%
単位容積質量	空気量試験試料より	
V7.5ルート	H.P.C配合設計法による	10±5s
V6.5ルート	同上	特になし
コンクリート温度	アルコール温度計	20℃

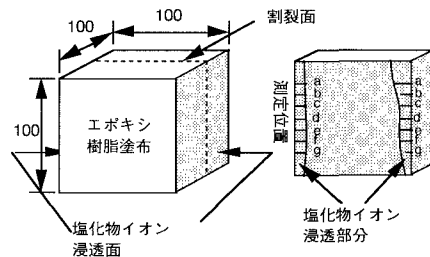


図-1 塩化物イオン浸透深さの測定位置

3. 実験結果および考察

3. 1 塩化物イオンの浸透深さ

図-2に材令8週時の塩化物イオン浸透深さを示す。粉体系、高ピーライト系セメント、普通セメントの各配合は、浸透深さが小さく遮塩性は良好であるが、これらに比べて増粘剤系、併用系で浸透深さが大きくなった。これは、前者の水結合材比が30%前後であるのに比べて、後者は45%程度と大きいことに起因するものと思われる。各種混和材を使用することによる影響を水結合材比が30%前後のものを対象とし、普通セメント単味の結果と比較すると、高炉スラグ微粉末を混入することにより遮塩性は向上した。一方、フライアッシュは必ずしも遮塩性の向上には寄与しない結果となった。また、高ピーライト系セメントはほぼ同程度の遮塩性を有している。NaCl水溶液の温度の影響については、増粘剤系、併用系は20℃に比べて40℃で浸透の促進効果がみられたが、粉体系、高ピーライト系セメント、普通セメントでは逆の結果となった。高炉スラグ微粉末およびフライアッシュについては、その置換率と塩化物イオン浸透深さとの間に高い相関はみとめられなかった。

3. 2 凍結融解試験

図-3～5に凍結融解試験の結果を示す。フライアッシュを60%混入したもので、180サイクル以降において相対動弾性係数の若干の低下がみられるものの、すべての配合で良好な凍結融解抵抗性を示した。これは、水結合材比が大きいものでも45%程度以下であり、かつ空気量が4.5%程度あったことによるものと考えられる。なお、配合および混和材種類による違い、混和材置換率や塩化物イオンの浸透性試験の結果との相関はみられなかった。

4. まとめ

本研究から得られた知見を以下に示す。

1. 水結合材比が小さいほど遮塩性に優れ、同一水結合材比であれば、高炉スラグ微粉末を混入することにより遮塩性が向上する。
2. 増粘剤系および併用系ではNaCl水溶液の温度が20℃より40℃の場合に塩化物イオンの浸透深さは大きく、他の配合のものではその逆の結果となった。
3. 水結合材比が45%程度以下で空気量が4.5%程度の高流動コンクリートは、配合の違いに関わらず良好な凍結融解抵抗性を示した。

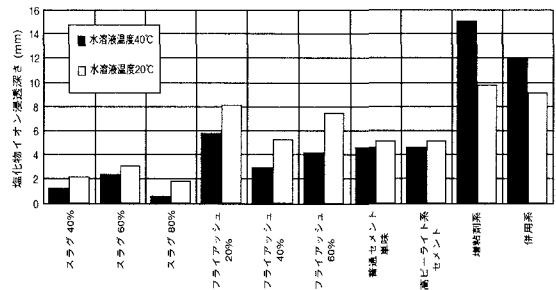


図-2 材令8週の塩化物イオン浸透深さ

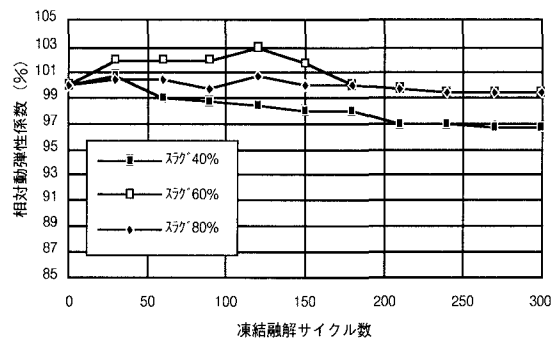


図-3 凍結融解試験結果（高炉スラグ微粉末混入）

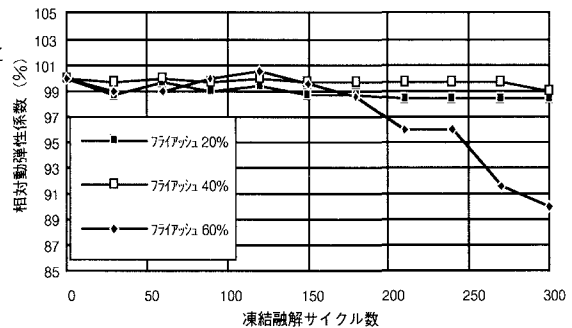


図-4 凍結融解試験結果（フライアッシュ混入）

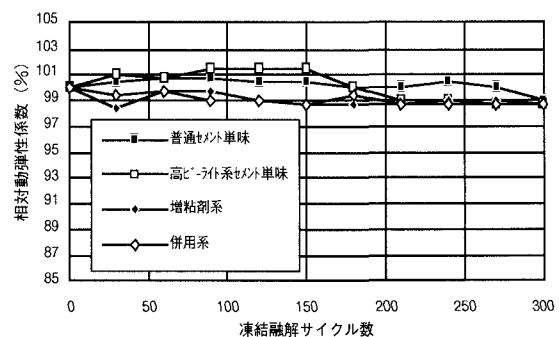


図-5 凍結融解試験結果（その他の配合）