

北海道開発局土木試験所 正員 今井 益隆
同 上 正員 太田 利隆

1 まえがき

鋼繊維補強コンクリートの基本的性質については、すでに多くの研究が行われ、ひびわれに対する抵抗性の増大、曲げ、引張強度、靱性の向上など、その特長が明らかになっている。一方 コンクリートの早期強度発現を目的として、超速硬あるいは超早強セメントが開発され、主に緊急補修工事の分野で活用されている。

本文は、上記のような特性を持つ材料を用いた、複合材料としての鋼繊維補強コンクリートの特質 とくに舗装の薄層オーバーレイ、橋梁床版の打足しなど、構造物の補修・補強用コンクリートとしての適用性を検討するために行った一連の試験¹⁾のうち、積雪寒冷地において要求される重要な性質である、凍結融解抵抗性、摩耗抵抗性について報告するものである。

2 使用材料

1)セメント 市販の超速硬セメント(O社)1種と、超早強セメント(N社)1種を使用した。

2)骨材 細骨材は、苫小牧市錦岡産の海岸砂(比重2.72, 吸水率1.00%, 粗粒率2.35)を、粗骨材は、表-1に示す川砂利1種と、比較のために岩質を異にする砕石2種を用いた。

表-1 粗骨材の物理的性質

種別	岩質	産地	最大寸法 (mm)	比重	吸水率 (%)	安定性 (%)	すりへり減り (%)	単位容積	粒度分布(通過重量百分率)(%)			
								重量 (kg/m ³)	15	10	5	2.5 (mm)
砂利	—	静内川	10	2.79	1.11	0.24	16.0	1680	100	97	8	0
砕石A	安山岩	豊満町	15	2.54	1.67	0.70	15.6	1390	100	69	9	0
砕石B	橄欖岩	三石町	13	3.00	0.72	2.72	16.5	1820	100	89	57	9

3)鋼繊維 薄板せん断方法によって製造されたストレート型の鋼繊維D(N社)であり、アスペクト比は60である。

4)混和剤 AE減水剤Pと、空気量の調節に専用の助剤を併用した。なお、超速硬セメントコンクリートの場合には、減水剤のほか凝結調節剤を使用した。

3 試験方法

1)コンクリートの製造 ステンプ 8 ± 1 cm、空気量 5 ± 1 %, 練上り温度 20°C を目標とし、細骨材率はVB試験により決定した。コンクリートの練り混ぜは、パン型強制練りミキサ(容量100ℓ)によって行ない、粗細骨材、セメント、水、鋼繊維の順で投入し、それぞれ30、60、90秒間練り混ぜた。

2)凍結融解試験 供試体は $10 \times 10 \times 42$ cmのはり型で、所定の材令よりASTM C 666 水中急速凍結融解試験方法に従って実施した。

3)摩耗試験 供試体は $40 \times 15 \times 5$ cmの平板で、図-1に示すトペカラベリング試験機によって試験を行なった。試験は、チェーンを装着した車輪を回転させ、チェーンを叩きつけてすりへり作用を与える機構であり、 -10°C の環境下で3時間作用させた。すりへり量は、摩損した容積を $0.15 \sim 0.3$ mmの単粒度砂によって測定し、砂の単重より平均断面積に換算して求めた。

4 試験結果とその考察

1)コンクリートの品質 2種のセメントにつき、鋼繊維を1~2%混入

し、単位セメント量を $250 \sim 400 \text{ kg/m}^3$ の範囲として検討した。試験に用いたコンクリートの品質を表-2に示す。

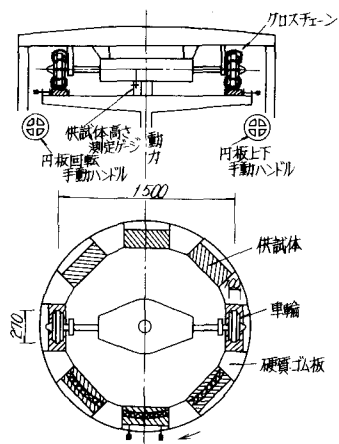


図-1 トペカラベリング試験機の概要

鋼繊維の混入により、マトリックスとしてのコンクリートの水セメント比が増大するが、とくに2%混入の場合の圧縮強度の低下が著しい。同一水セメント比でも若干低下する傾向が認められるが、繊維による締固め効果の阻害も一因と考えられる。

2)凍結融解試験結果 超速硬セメントコンクリートの試験結果を表-3に示す。耐久性能指数は、どれも100以上となり良好といえるが、材令1日からの試験では、強度比でも明らかな通り試験中の水和の進行によって、劣化が抑制されたと推定される。2%混入の場合の重量減少が著しいが、モルタル自体の品質とともに、繊維による温度の影響が大きくなり、表面剥離が促進されたと考えられる。

3)摩耗試験結果 表-2および図-2に示すとおり、ラベリング試験によるすりへり量は、圧縮強度の影響が著しく、鋼繊維を2%混入した場合の補強効果は全く期待できない。これは単に水セメント比の増大に伴うモルタル部分の品質低下によるものでないことは、同一水セメント比とした礫石Aの結果からも明らかであり、ワーカビリティを得るために細骨材率を増加する必要があるという配合上の問題と、密実な組織が得がたいという施工上の問題に起因するともいえる。なお、使用した2種のセメントでは強度発現が異なるが、超早強セメントの場合、1日以後の材令の経過に伴う強度の増進が顕著であり、すりへり量も必然的に減少する。また、同一圧縮強度におけるすりへり量も、超速硬セメントコンクリートに比べて小さい。粗骨材の種類では、同一セメント量の場合礫石が有利となったが、品質による差異は認められなかった。

超早強および超速硬セメントを用いた鋼繊維補強コンクリートの耐久性について検討した結果、凍結融解に対する抵抗性は、AEコンクリートでは極めて耐久であり実用上問題はない。摩耗抵抗性は、圧縮強度との相関があり、鋼繊維を2%混入した場合は超早強、超速硬セメントとも、無混入の場合よりもすりへり量が大きくなった。限界混入量については、今後更に粗骨材寸法、品質、繊維の形状、寸法などの影響とともに検討したい。

参考文献1)今井他 鋼繊維補強超速硬セメントコンクリートの諸性質について、昭55.2. 局技研

表-2 コンクリートの品質(スランプ8±1cm, 空気量5±1%)

配合 番号	セメント の種類	粗骨材 の種類	鋼繊維 混入率 (%Vol)	単位 セメント 量 (kg/m ³)	単位 水 量 (kg/m ³)	水セメント 比 W/C (%)	細骨材 率 S/a (%)	圧縮強度(kg/cm ²) 材令(日)	曲げ強度(kg/cm ²) 材令(日)	すりへり 量 (cm ²)	備 考		
1	超速硬	砂 利	0	300	135	45.0	43	361	542	41.3	66.9	凝結調節 剤量 0.4%	
2			1	300	145	48.3	48	419	559	47.9	71.9		1.61
3			2	300	164	54.0	58	277	495	50.1	63.5		3.13
4			1	250	146	57.2	51	304	—	43.0	—		1.91
5			1	350	144	41.1	46	513	—	52.0	—		1.00
6			0	400	140	34.3	40	536	—	47.6	—		1.19
7	超早強		1	300	172	56.7	49	261	02 357 03 378	44.4	02 494 03 492	2.37	02 1.80 03 1.50
8			1	400	171	42.8	46	374	02 455 03 480	48.0	02 53.7 03 53.4	0.82	02 0.74 03 0.68
9			超速硬	0	300	143	47.7	47	365	—	42.9	—	1.22
10	超早強	礫石 A	0	300	163	—	48	332	—	39.6	—	1.22	
11			1	320	174	54.3	53	346	—	44.0	—	1.13	
12			2	333	181		63	309	—	50.8	—	1.61	
13			礫石 B	1	320	174	53	355	—	44.3	—	1.36	

表-3 凍結融解試験の結果(C=30.0kg)

配合 番号	鋼繊維 混入率 (%Vol)	水セメント 比 W/C (%)	材令1日より試験開始				材令7日より試験開始				備考
			重量減少 率(%)	耐久性能 指数(%)	強度比 (F _{T300} /F _{T0})	曲げ 折片圧縮 率(%)	重量減少 率(%)	耐久性能 指数(%)	強度比 (F _{T300} /F _{T0})	曲げ 折片圧縮 率(%)	
1	0	45.0	2.8	114	139	82	2.9	102	—	—	超速硬
2	1	48.3	2.4	114	129	84	2.3	101	130	93	砂利使用
3	2	54.0	7.2	110	131	97	2.7	102	102	91	

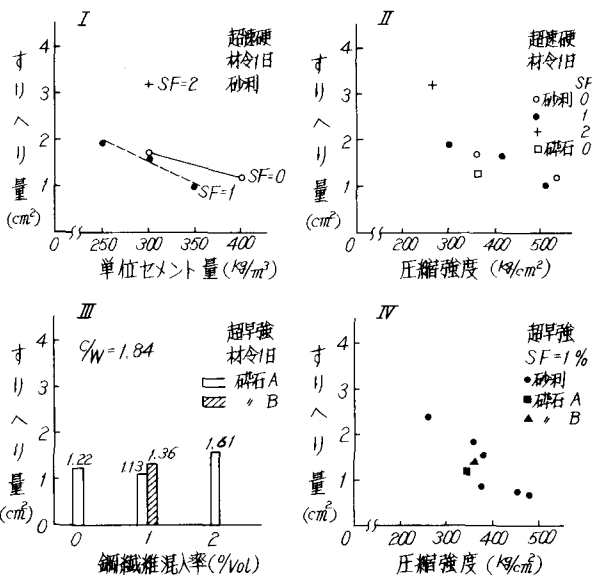


図-2 配合強度とすりへり量の関係