

小野田セメント株式会社

正会員

曾根徳明

"

大墟 明

1, 目的 近年、コンクリートの変形能力、引張強度等の諸物性を改善するため、各種繊維を混入した繊維補強コンクリートに関する研究が国内外を通じて広く行われ、貴重な知見が得られている。本報告は高強度および通常の工事に用いられるコンクリートに繊維を混入した繊維補強コンクリート（以下、SFRCと称す）について実施した耐久試験の結果を示し、これらの耐久性について検討を加えたものである。

2. 使用材料 実験に用いた材料は普通セメント、鬼怒川産川砂 ($f = 2.64$, $FM = 2.70$)、岩瀬産山砕石 (高強度コンクリート用, $f = 2.66$, $Max.S = 10mm$)、富士川産川砂利 (普通コンクリート用, $f = 2.66$, $FM = 6.93$, $Max.S = 25mm$) である。混和剤は高強度コンクリート、高強度モルタルおよび普通コンクリートに対して、それぞれ、減水剤 M ($C \times 15\%$)、減水剤 P ($C \times 25\%$) および A 剤 V ($C \times 0.003\%$) を用いた。使用した鋼板繊維は市販の冷延鋼板剪断品 ($l = 30mm$, $\phi d = 60$) である。

3, 試験結果および考察

3-1 繊維を補強した高強度コンクリートの長期耐久性

一般にSFRCは単位セメント量が増大する傾向にあり、また、圧縮強度が1000 kg/cm^2 程度の高強度コンクリートの物性を改善するため、基準のコンクリートが高強度となる場合が多い。そこで、高強度SFRCの長期耐久性について検討するため各種試験を行った。コンクリートの配合は表1に示すとおりであり、モルタルについても試験した。図1はSFRCのクリップと乾燥収縮の2年までの結果を示したものである。これによればSFRCのクリップは2年間で55 $\times 10^{-6}$ 程度であって繊維無混入のものに比べ多少大きい傾向にあるものの乾燥収縮は両者とも82 $\times 10^{-6}$ 程度であった。図2はSFRCの凍結融解試験の結果を示したものである。これによれば基準コンクリート(モルタル)は凍害に対する抵抗性がきわめて大きく、凍結融解を2000回以上繰り返しても相対動弾性係数は90~91%程度である。一方、SFRCの場合には94~95%であって抵抗性がさらに大きい。これは既往の報告にも示される如く、基準コンクリートが凍害に対する抵抗性を具備する場合、繊維の混入はこの網状構造を成す補強作用によってコンクリートの内部破壊を減退させるものと推察され、このことは量量減少が比較的大きいにも拘わらず相対動弾性係数が低下しないことから伺い知ることができる。図3は枚

表1 コンクリート, モルタルの配合

種類	水 (%)	セメント (%)	砂 (%)	単位量 (kg/m ³)					スランプ (mm)	試験 (%)	
				C	W	S	F	WRA			
コンクリート	0	300	50	570	165	864	851	—	8240	22.0	2.5
モルタル	2	321	50	550	180	811	808	157	8240	6.0	3.4
モルタル	0	350	200	695	243	1390	—	—	1738	4.5	7.8

表1 コンクリート、モルタルの示方配合

分類	FV (%)	WC (%)	3/4 WC (%)	單位量 (kg/m ³)					WRA (%)	水分 率 (%)
				C	W	S	G	F		
0	300	50	550	165	864	851	—	8280	20.0	2.5
2	327	50	550	180	811	808	157	8300	6.0	3.4
3	550	200	695	243	1390	—	—	1738	4.5	7.8
4	330	100	934	355	934	—	314	2335	10.0	7.6

注 1) 最大寸法 10 mm 2) $C \times 1.5\%$ 3) $C \times 0.25\%$

図1 クリープおよび乾燥収縮

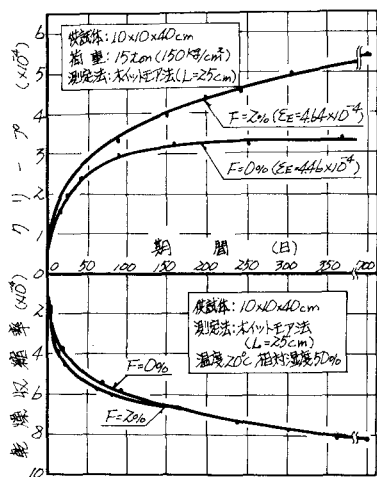


圖2 凍結融解試驗結果

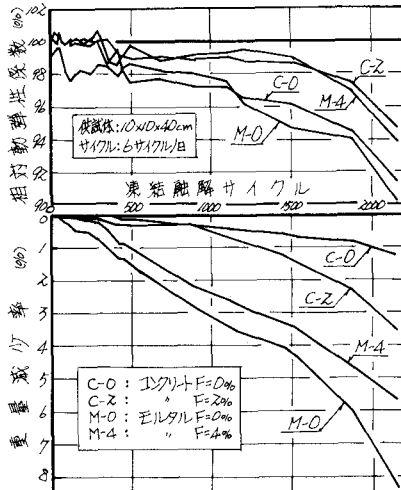
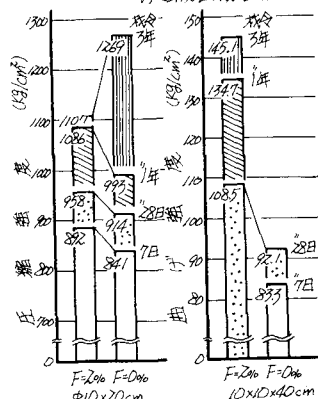


図3 海浜暴露したコンクリートの強度試験結果



校令28日まで水中養生、以後、海浜暴露

令28日まで水中養生した後、海浜に放置したSFRCの圧縮および曲げ強度を示したものである。これによりばう年間経過しても強度増進することが示され、コンクリートの中性化もごくわずかであって、コンクリートの表面には表面付近の鋼繊維に沿って発錆が認められるものの、この発錆した鋼繊維においても供試体の中心に近い部分には錆は無く、鋼繊維全体に及んでいない。以上のように、高強度を対象としたSFRCは基準のコンクリートの優れた耐久性と相まってきわめて耐久的な材料であると考えられる。

3-2 鋼繊維補強した普通コンクリートの耐久性 SFRCの

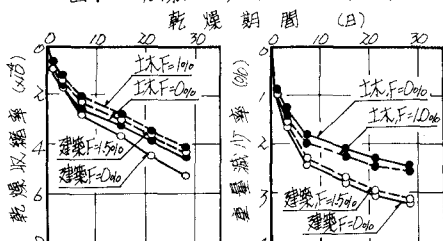
目的のひとつに上述とは別に通常の工事に用いられるコンクリート配合を対象とし、これに鋼繊維を混入して物性を改善することも考えられる。そこで、単位セメント量300kg、スランプが8cm、20cm程度の土木、建築工事に用いられるコンクリートに鋼繊維を混入したSFRCの耐久性について試験した。コンクリートの配合は表2のとおりである。図4は乾燥期間28日までの乾燥収縮および重量減少を示したものである。これによれば、繊維の混入の有無によらず乾燥に伴う重量減少は同程度であるが、乾燥収縮は混入により低減し、この傾向は水セメント比の大きいほど顕著である。すなわち、建築用コンクリートの場合、28日間の収縮は繊維無混入では 5×10^{-3} であるのに対し、混入したものでは 4×10^{-3} に減少している。したがって、乾燥収縮の大きいコンクリートに鋼繊維を混入することは収縮を低減し、収縮によるひびわれ発生防止に有効であると推察される。さらに、凍結融解に対する抵抗性についても図5に示す如く、鋼繊維の混入は基準コンクリートの凍害に対する抵抗性を改善する傾向にあることも示された。このように、コンクリートに鋼繊維を混入することによって乾燥収縮が低減し、凍結融解作用に対する抵抗性が增大するのは前述の如く、混入された鋼繊維の網状構造が体積変化を阻止し、コンクリートの補強材として効果的に作用するためと思われる。図6はコンクリートの圧縮強度と磨耗による重量減少との関係を示したものであり、両者は大抵直線的関係にあることが示された。また、圧縮強度はいずれの投与においても鋼繊維の混入の有無に拘わらず同程度であるが、磨耗に対する抵抗性は混入によって増大し、特に1.5%程度混入した場合、耐磨耗性は大巾に増大することも確かめられた。これは鋼繊維の大きな耐磨耗性がコンクリートの耐久性増進に寄与したものと考えられる。図7はSFRCの水密性について検討するために行った透水試験の結果を示したものである。これによれば、土木、建築用のコンクリートとも鋼繊維を混入したものの方が無混入のものに比し、いくぶん水密性が劣ることが示された。

表2 コンクリートの配合

分類	F ₀ (%)	W/C (%)	S/A (%)	単位量	単位量	単位量	単位量	単位量	単位量
				C	W	S	G ₀	F	AEA ₀
土木	0	5/3	28	300	154	708	1173	—	9
土木	10	5/3	28	297	152	701	1161	185	9
建築	0	6/0	48	300	189	815	972	—	9
建築	15	6/0	48	297	187	807	962	1173	9

注1)最大寸法25mm, 2)C×D.003%

図4 乾燥に伴う収縮および重量減少



供試体: 10×10×40cm, 測定法: ホットモサ法 (L=25cm)
試験条件: 温度20℃, 相対湿度50%

図5 凍結融解試験結果 凍結融解サイクル

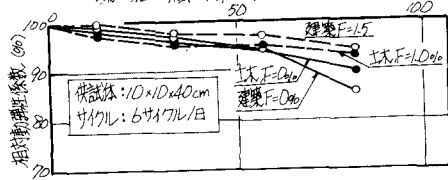


図6 圧縮強度と磨耗による重量減少との関係

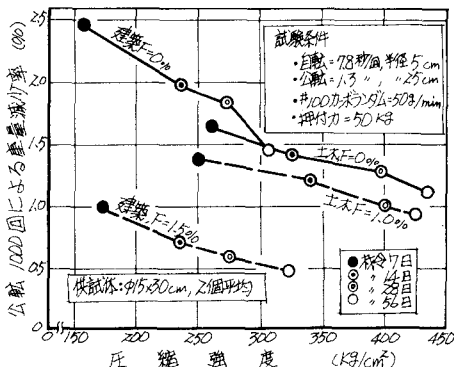


図7 コンクリートの透水試験結果

分類	W/C (%)	F/A (%)	透水係数 D _m (cm)	透水係数 D _m (cm)
土木	0	—	5.45	15.52
土木	10	—	6.65	23.11
建築	0	—	9.76	42.78
建築	15	—	9.93	51.53

試験条件: 圧力=9kg/cm², 期間=2日間, 方法=インフュージョン法
供試体: 915×30cm, 2個平均, B=αD_m/4t₀

以上のように、鋼繊維補強コンクリートは耐久性の観点からも優れた特性を有することが確かめられた。