

徳島大学工学部 正会員 河野 清
 岡崎工業株式会社 正会員 ○原田辰夫
 徳島県庁 正会員 瀬尾政二

1. 研究の目的

鋼繊維補強コンクリート（以下 SFR C という）は、曲げ強度、引張強度、タフネス、衝撃抵抗性などを改善でき、すぐれた特性をもった複合材料であるが、鋼繊維が表層部にも分散されるし、ひびわれ面を通じて、あるいは海砂を使用すれば、その中の塩分のために鋼繊維が発錆し、その品質とくに耐久性に影響を及ぼすことが考えられる。したがって、本研究では塩分を含んだ砂を使用した SFR C のひびわれと発錆について基礎的資料をえることを目的として、塩分含有量が細骨材の総乾重量に対して 0.05%、0.1%、0.2% および 0.3% になる砂を用い、はり供試体に除荷時においてひびわれ幅が 0.1mm、0.2mm および 0.3mm になる曲げひびわれを導入し 4 週間および 12 週間の促進試験を行ったのち、ひびわれ面の発錆状況と中性化状態を調査し、塩分濃度およびひびわれ幅と発錆との関係を調査し、あわせて防錆剤の効果についても検討を行ったものである。

2. 実験の概要

(1) 使用材料とコンクリートの配合

実験に使用した各材料を表-1に、コンクリートの配合を表-2に示す。

表-1 使用材料

材 料	性 質
セメント	普通ポルトランドセメント, $Q_n=404\text{kgf/cm}^2$, 比表面積 $=3110\text{cm}^2/\text{g}$
細骨材	徳島県吉野川産川砂, FM=2.25, 比重=2.63
粗骨材	徳島県鮎川産川砂, FM=6.00, 比重=2.67
鋼 繊 維	せん断力ハネ, 寸法 $=0.21 \times 0.60 \times 25\text{mm}$, $l/d=62.4$
防 錆 剤	ニトロ有機リン酸エステル多価アルコールニトロエステル系

表-2 コンクリートの配合

配合の 種類	細骨材 最大寸法 (mm)	スラング (cm)	W/C (%)	A/a (%)	単 位 量 (kgf/m ³)					
					W	C	S	G	R	NaCl
N-0.05	10	10	60	68	255	425	1021	488	-	0.504
N-0.10	10	10	60	68	255	425	1021	488	-	1.008
N-0.20	10	10	60	68	255	425	1021	488	-	2.018
N-0.30	10	10	60	68	255	425	1021	488	-	3.024
N+R	10	10	60	68	251	425	1021	488	3.60	3.024

繊維混入率は 1% である

(2) 促進試験方法

短期間に試験結果をえるため、促進試験を行った。これは 24 時間 $50 \pm 5^\circ\text{C}$ の高温温室にひびわれを導入した供試体を静置し、次に 24 時間常温の室外に静置すると同時にひびわれに濃度 1.0% の食塩水を注入した。この乾湿くり返しの促進試験を 4 週間または 12 週間行った。

(3) 強度低下率試験

曲げ試験用供試体を材令 7 日まで水中養生したのち、所定のひびわれ幅を導入するために曲げ試験を行い、X-Y レコーダーで荷重-たわみ曲線を描いた。そして、ひびわれを導入した供試体を用いて促進試験を行い、ひびわれ断面の鋼繊維の腐食によって曲げ強度がどれほど低下しているか調べるために再度曲げ試験を行い、同時に X-Y レコーダーで荷重-たわみ曲線を記録した。そのモデル図を図-1に示す。ここで $\text{Max } P_2$ は再載荷時の最大荷重である。強度低下率は $\text{Max } P_1 - \text{Max } P_2$ の値を $\text{Max } P_1$ で割って、百分率で表わしたものである。

(4) 中性化長さ調査

促進試験を行ったのちの供試体を曲げ破断させ、破断面にフェノールフタレイン溶液を塗布した時の状況を図-2に示す。中性化長さというのはフェノールフタレインで赤色に着色した部分から供試体端までの長

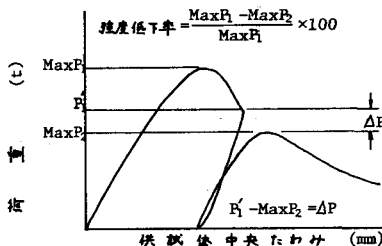
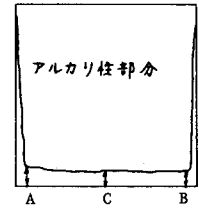


図-1 荷重-たわみ曲線モデル図

さで表わせ、A・B・Cの3ヵ所の長さを測定した。また同時に、ひびわれ破断面の観察により、茶色に錆びた繊維本数も調査した。

3. 実験結果とその考察

(1)塩分濃度の影響について：塩分濃度とひびわれ面で測定した発錆繊維本数との関係を示すと、図-3のとおりである。材令12週では、塩分濃度の増加とともに明らかに発錆繊維本数も増加する傾向がある。とくに塩分濃度が0.1



%以上になると錆びた繊維が急増しており、この点からも、塩分濃度を0.1%以下にすることが望まれる。また、繊維の錆びは中性

化部分の鋼繊維にはほぼ全面的にみられ、塩分濃度の高い場合には、アルカリ性部分の鋼繊維も錆びており、塩分が多いとそれだけ発錆しやすくなることを示している。次に、強度低下率も表-3に示すとおり促進期間が12週間では塩分濃度の増加とともに増大しており、ひびわれ部分における鋼繊維の錆びのために、繊維がもろくなり曲げ強度が低下すると思われる。

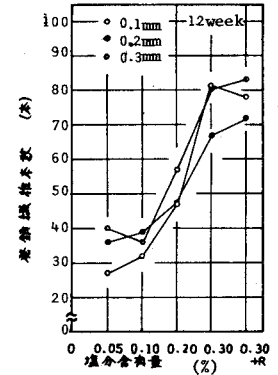
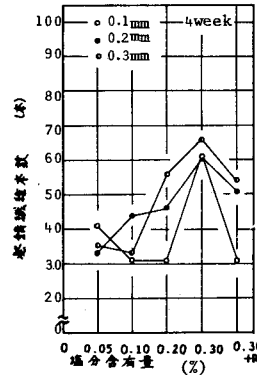


図-3 塩分含有量と発錆繊維本数の関係

(2)ひびわれ幅の影響について：ひびわれ幅と発錆繊維本数との関係は明瞭ではないが図-4に示すようにひびわれ幅が大きい方が多少平均発錆繊維本数は増加

する傾向がある。次に図-2で示された除荷時の荷重 P_1 から求めた曲げ強度と再載荷の際の曲げ強度 P_2 から $\Delta P/P_1$ を計算し、ひびわれ幅と塩分濃度の場合について表-4に示す。この結果より、ひびわれ幅が0.1mm程度であれば、除荷時に比べてむしろ強度が増加する傾向があり、これはひびわれ部分のコンクリートの中着や、鋼繊維の付着が多少回復される影響と思われる。また、ひびわれ面で中性化を測定したが、ひびわれ幅の増加とともに中性化部分も広がっており、材令の進行とともに鋼繊維の発錆する可能性は増大すると思われる。

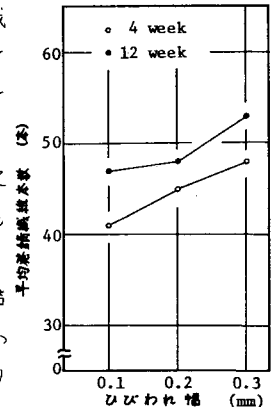


図-4 ひびわれ幅と平均発錆繊維本数の関係

(3)防錆剤の効果：図-3において塩分濃度0.3%で防錆剤(R)を添加した場合の結果も示した。促進期間4週間に比べて、促進期間12週間では防錆剤を使用しない場合と大差なく、ひびわれ面における鋼繊維の腐食防止には期待できず、コンクリート中の鋼繊維に有効に働くと思われる。

4. まとめ

SFRCに海砂を使用した場合の塩分濃度とひびわれ面の鋼繊維の錆びに及ぼす影響を検討した結果をまとめると、SFRCのひびわれ面では塩分濃度が0.1%以上になると錆びが顕著になり、また、ひびわれ幅が大きくなるほど、中性化領域が増し、腐食が進行して曲げ強度が低下する傾向がある。ひびわれのない面での鋼繊維の錆びについては12週間の促進期間では明確につかむことが困難で、さらに長期間の試験結果を待つ必要があると思われる。なお、本研究は昭和54年度文部省科学研究費によって行ったものである。

表-3 強度低下率の値

供試体の種類	促進期間	ひびわれ幅		
		0.1mm	0.2mm	0.3mm
N-0.05	4週間	4	21	22
N-0.10		3	23	19
N-0.20		8	16	9
N-0.30		-13	2	26
N+R		-21	8	11
N-0.05	12週間	-6	7	9
N-0.10		-3	10	42
N-0.20		6	18	29
N-0.30		5	10	29
N+R		26	17	42
NP	6ヶ月	27	11	15
NP	6ヶ月	14	17	5
NP	1年	9	-2	23
P	1年	10	6	29

(%)

表-4 $\Delta P/P_1$ の値

供試体の種類	促進期間	ひびわれ幅		
		0.1mm	0.2mm	0.3mm
N-0.05	4週間	-5	3	5
N-0.10		-12	-11	4
N-0.20		-7	8	2
N-0.30		-21	-5	15
N+R		-26	4	-12
N-0.05	12週間	-21	-12	-3
N-0.10		-17	1	-12
N-0.20		-2	6	7
N-0.30		-1	-4	-14
N+R		-1	-3	18
NP	6ヶ月	9	-26	-26
P	6ヶ月	2	-21	-26
NP	1年	-11	-14	-15
P	1年	-10	-18	-2

(%)