

京都大学大学院 学生会員○尾崎 健

中部大学工学部 正会員

小林 孝一

京都大学大学院 正会員 服部 篤史

京都大学大学院 フェロー会員 宮川 豊章

表-1 供試体一覧

供試体名	コンクリート	横拘束筋・CFRPシート	塩害環境
oa1d	普通+NaCl	0.6%	塩水散水
oa2d		1.2%	
oacd		0.6%+CFRPシート	
op1d	普通+マクロセル	0.6%	塩水散水中央部
ha1d		0.6%	
ha2d		1.2%	
ha2d	高流動+CaCl ₂	1.2%	塩水散水
ha2d		1.2%	
ha2d		0.6%+CFRPシート	
hp1d	高流動+マクロセル	0.6%	塩水散水中央部

1.はじめに 本研究では、横拘束筋体積比、CFRPシート補強の有無、マクロセル腐食を想定した塩分を含むコンクリートの打継ぎ、高流動コンクリートの使用を要因として、塩水散水促進環境におけるRC曲げ部材の軸筋腐食のモニタリングを行なうとともに、劣化部材の耐荷性能を解析により推定した。

2実験概要 供試体一覧を表-1に示す。コンクリートは普通および高流動コンクリートの2種類(表-2、 $f_{ck}=30\text{N/mm}^2$)とし、塩水散水により鉄筋腐食を促進させる供試体および打継ぎ部(曲げスパン)には塩分を混入した(普通コンクリート:NaCl、高流動:CaCl₂、Cl量にして11.3kg/m³)。供試体は図-1に示す矩形断面のRCはりで、曲げスパン近傍の横拘束筋体積比を $\rho_s=0.8\%$ あるいは1.6%、せん断補強筋間隔は一方向荷重時にせん断破壊が先行しないよう10cmとした。なお、フープ筋には防錆塗料を塗り腐食が生じないようにした。CFRPシート幅は5cmとしてゼ

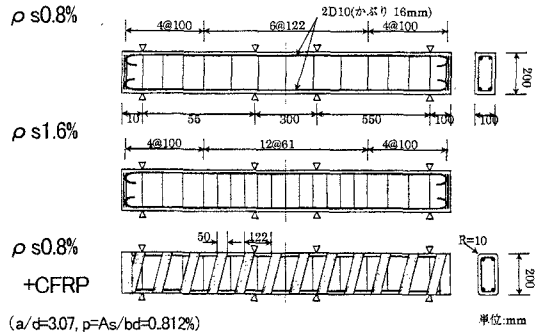


図-1 供試体略図

表-2 コンクリートの配合

Gmax (mm)	スランプ (cm)	Air (%)	W/C (%)	W/P (%)	単位量(kg/m ³)					混和剤(cc/m ³)		(g/m ³)		(普通)
					W	C	Lp	S	G	No.70	No.303	-	NaCl	
10	9±1	4	55	55	168	305	-	882	950	762.5	610	-	-	
10	-	-	55	55	168	305	-	863	950	762.5	610	-	18780	

Gmax	フロー	Air	W/C	W/P	W	C	Lp	S	G	SP-8SXII	No.775S	SFCA2000	CaCl ₂	(高流動)
10	60±5	4	55	41.1	185	336	114	820	832	6180	1350	334	-	
10	-	-	55	41.1	185	336	114	802	832	12600	1350	-	17600	

ブラ状に巻付けを行い、非巻立て部から塩分が浸透するようにした。28日の散水湿布養生後、CFRPシートを適用し、劣化促進の供試体は、室内で常に打設面を上側と

して、材令約360日から700日を除き1日1回5%塩水を散水した。打継ぎ供試体は中央部30cmのみ塩水散水した。

腐食モニタリング項目は、二重対極方式による交流分極抵抗法(周波数:10kHzから10mHz)、矩形波分極抵抗法(周波数800Hzおよび0.1Hz)およびひび割れ性状の観察とした。分極抵抗は供試体表面に散水約2時間後に測定を行なってコンクリート含水率による値の変化を極力少なくした。交流法では交流電流の及ぶ範囲は長さ4cm区間の鉄筋と考えられ、局所的な分極抵抗を測定しようとしている。一方、矩形波法では1本の鉄筋の平均的な分極抵抗を測定している。図-2にモニタリング方法を示す。

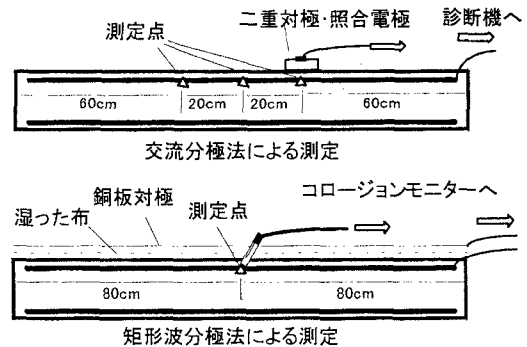


図-2 モニタリングの概略

3実験結果 図-3にひび割れ図の一例を示す。現在塩水散水を継続している劣化供試体には全て幅0.2mm以上、長さ数cm以上の軸方向ひび割れが生じている。 ρ_s によるひび割れ性状の差は明確ではなかったが、CFRPシー

ト巻立て供試体ではひび割れ幅が小さくなる傾向にあった。また、高流動コンクリート供試体のひび割れ幅、長さともに普通コンクリートより大きくなる傾向が見られたが、高流動コンクリート部材の腐食速度、腐食減量共に普通コンクリートより若干大きいためであると考えられる。

図-4 に劣化供試体の交流分極法による曲げスパン中央部の腐食減量率を示す。なお、腐食速度 I_{corr} ($\mu A/cm^2$) は、分極抵抗を用いて定数 K 値を 0.026V として算定し、腐食により鉄がすべて 2 価イオンになるとして I_{corr} を時間で積分し腐食減量を得た。横拘束筋の増加により若干腐食量の増加が見られ、フープ筋と軸筋の接合部などのコンクリートの欠陥の影響が考えられる。CFRP シート補強供試体(oacd・hacd)の腐食減量率は比較的小さくなっており、CFRP シートの表面被覆に加えてひび割れの抑制による塩分の遮蔽が考えられる。また、打継ぎ供試体(op1d・hp1d)は同一横拘束筋の供試体(oa1d, oa2d)より若干腐食量が多いものの、現時点ではマクロセルによる激しい鉄筋腐食はなく、他と同様にミクロセル腐食の割合が高いと考えられる。供試体上下(上部から塩水散水を行なっている)による値の差はほとんど同じかやや上部が大きくなる傾向にあり、上部は水分の乾燥が速く、塩分浸透がより加速されたと考えられる。

図-5 に矩形波法による腐食速度の経時変化の一例を示す。ばらつきはあるものの、軸方向ひび割れ発生時期(97/7 頃)から腐食速度が一旦増加しその後減少する傾向にあり、ひび割れによる腐食の加速および腐食生成物の目詰まりによる腐食速度の減少が考えられる。ただし、夏季であるため高い温度、湿度による腐食速度の増加の可能性もある。

図-6 に劣化供試体の曲げ耐力の計算値と腐食減量率の関係を示す。軸筋の機械的性質は、曲げスパンの腐食減量率を用いて、文献[1][2]から降伏強度、引張強度、伸び、ヤング係数について直線回帰で与え、コンクリートは劣化初期段階と同一とした。横拘束が曲げ耐力に与える影響はデータ数が少ないため判断が難しいが、同一腐食減量率での CFRP シート補強供試体の曲げ耐力の低下が少ないことが予想される。

4.まとめ (1)CFRP シート巻立てによる補強は、ひび割れ抑制および表面被覆により劣化因子の浸入を軽減する効果がある。(2)軸ひび割れ発生時期と分極抵抗法による腐食速度の増加時期に対応が見られた。

参考文献：[1]大井孝和「コンクリート円柱供試体に埋設した鉄筋の腐食実験結果(続)鉄筋腐食進行の評価について」、第 25 回セメント・コンクリート研究討論会論文報告集 pp.111-116、1998.10、[2]コンクリート構造物のリハビリテーション研究委員会報告書、日本コンクリート工学協会、1998.10

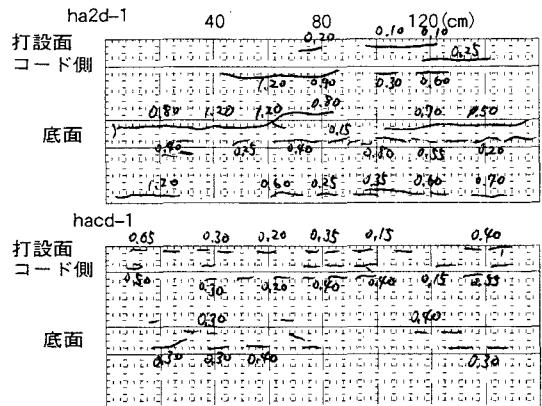


図-3 ひび割れ図の例 (単位mm)

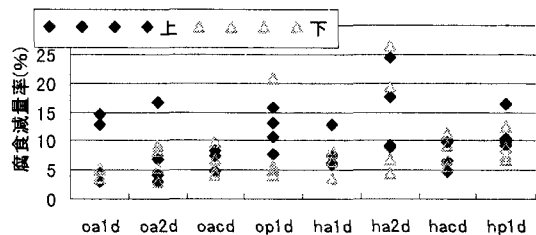


図-4 劣化後 交流法による局所的な腐食減量率

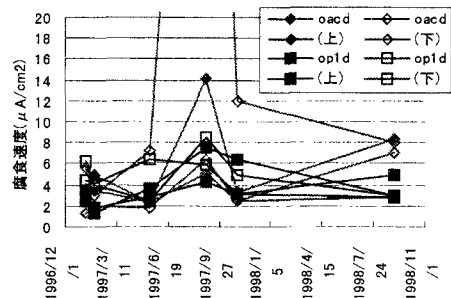


図-5 腐食速度の経時変化

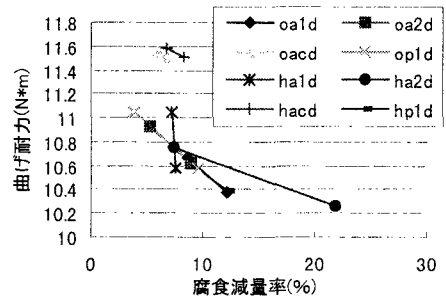


図-6 劣化後 腐食減量率と曲げ耐力(計算値)の関係