

海洋環境下における鉄筋コンクリート構造物中の鉄筋の防食に関する一実験

東北大学 正員。板橋洋房
東北大学 正員 三浦尚
東北大学 学生員 渡辺勝弘

1 まえがき

海洋環境下に曝される鉄筋コンクリート構造物は、優れた耐久性を有する陸上構造物と比較して、海水の影響を受ける過酷な環境に存在する。構造物に海水中の塩分が浸透することによって、高アルカリ性のコンクリート中であっても、鉄筋が腐食し、構造物自体の耐久性を半減させる恐れがある。まして、ひびわれが発生している鉄筋コンクリート部材においては、そのひびわれから海水の浸入および酸素の供給によって局部的な腐食が進行するものと思われる。そこで、本実験では、過酷な海洋環境においても最大の防食効果があると思われるエポキシ樹脂被覆ねじ鉄筋と、それと比較のために普通の異形鉄筋を用いて両引供試体を作製した。この供試体に人为的にひびわれを発生させ、室温約50°Cの恒温室の水槽内で海水を出し入れして乾燥-海水中浸漬の繰返しを与える腐食促進実験を行なった。実験終了後、ひびわれ部の鉄筋の腐食状態を調べ、鉄筋腐食におよぼす水セメント比および促進期間の影響についても調べると共に、コンクリートひびわれ部中に含まれる塩分量の測定も行なって比較検討した。

2. 実験材料

実験に使用したセメントは普通ポルトランドセメント粗骨材としては丸森産碎石（比重2.86、吸水率0.76、最大寸法20mm）、細骨材としては白石川産川砂（比重2.51、吸水率2.50）を用いた。混和剤はリグニンスルホン酸塩を主成分とする空気連通性減水剤を用いた。また鉄筋はエポキシ樹脂被覆ねじ鉄筋D22、および横フジ形異形鉄筋D22を用いた。横フジ形異形鉄筋は、両端にねじ切り加工を施し、表面の錆および黒皮を取り除いて使用した。表-1に水セメント比の異なるコンクリートの配合および強度を示す。

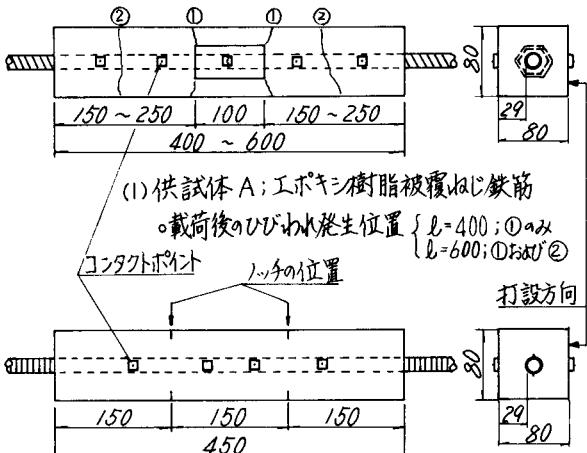
3. 実験方法

実験に使用した両引供試体の形状寸法を図-1に示す。供試体Aは、エポキシ樹脂をねじ締手部のカプラーの中に注入して鉄筋を継いだエポキシ樹脂被覆ねじ鉄筋の供試体であり、供試体Bは、横フジ形異形鉄筋の供試体である。供試体Bにおいては、ひびわれを制御する目的でノッチを設けている。かぶりは両方とも2.9cmと一定にした。

脱型後、約4週間水中養生して材令28日で腐食促進実験を開始した。また、ひびわれ幅測定のため、供試体の打設面側と打設底面側の鉄筋軸線上にコンタクトポイントを取り付けた。これらの供試体をセンターホールドジャッキで鉄筋応力度2000

表-1 コンクリートの配合および強度

W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m³)				圧縮強度 (kg/cm²)	引張強度 (kg/cm²)	
		W	C	S	G			
50	40	168	336	690	1175	3360	440	28.0
60	42	176	294	727	1144	2940	365	26.8



(1)供試体A：エポキシ樹脂被覆ねじ鉄筋
・載荷後のひびわれ発生位置 $\{l=400; l=600; l=450\}$
コンタクトポイント ノッチの位置 打設方向

(2)供試体B：横フジ形異形鉄筋

図-1 供試体形状寸法 単位:mm

kg/m^2 となるように引張り、ひびわれを発生させた状態で載荷フレームに固定した。ひびわれ幅を測定したのち室温を約50°Cと一定に保った恒温室内の容器に入れ、海水を入れたり出したりすることによって、供試体に乾燥一海水中浸漬の繰返しを1日2サイクル(6時間ごと)で1~3ヶ月間与えた。腐食促進実験室の概略を図-2に示す。実験終了後、供試体から鉄筋を取り出し、ひびわれ部の鉄筋に発生した錆の腐食面積およびひびわれ部中の塩分量も測定して比較した。塩分量測定においてはひびわれ部を中心に両側2~3cmのコンクリートを試験片とし、微粉碎後乾燥してコンクリート中に含まれる水溶性の塩分量を測定した。分析結果は、コンクリートの絶乾試料に対するNaClの重量パーセントで表わした。

4. 実験結果

コンクリートの中性化深さを調べた結果、水セメント比50%および60%の供試体A、供試体Bのどちらのコンクリートでも、ひびわれ部の中性化深さは1mm程度であった。この実験においては、コンクリートの中性化による鉄筋の腐食ではなく、コンクリートひびわれ部に浸入する海水中の塩分の影響がかなり大きいものと思われる。

表-2に実験結果を、図-3にひびわれ部の塩分含有量と水セメント比の関係を示す。これからもわかるように、促進1ヶ月および3ヶ月の供試体Aにおいて、水セメント比が50%から60%に増加するに伴って、ひびわれ部の平均塩分含有量もそれなりに増加の傾向を示している。また、供試体Bにおいても同様な傾向がみられる。このことにより水セメント比をできる限り小さくすることで外部から浸入する塩分量をある程度抑制できるものと思われる。

腐食面積からも明らかのように供試体Aにおいては、供試体Bに比べて促進1ヶ月のものでも、まして塩分含有量が増加している3ヶ月のものでもひびわれ部のエポキシ樹脂被覆鉄筋前面に海水が浸入した白い跡は見られただが、腐食は全く発生しておらず直接観察した限りにおいて、エポキシ樹脂被覆ねじ鉄筋はかなりの防食効果を示していると思われる。また促進3ヶ月の供試体Aから取り出したエポキシ樹脂を注入した継手部のカプラーを長さ方向に切断して内部を観察したがこれも同様に錆は発生しておらず、防食効果がはつきりと現われていた。従って、エポキシ樹脂被覆ねじ鉄筋の継手としてカプラーの中にエポキシ樹脂を注入する工法がカプラー内の腐食を防止する良い方法であると思われる。

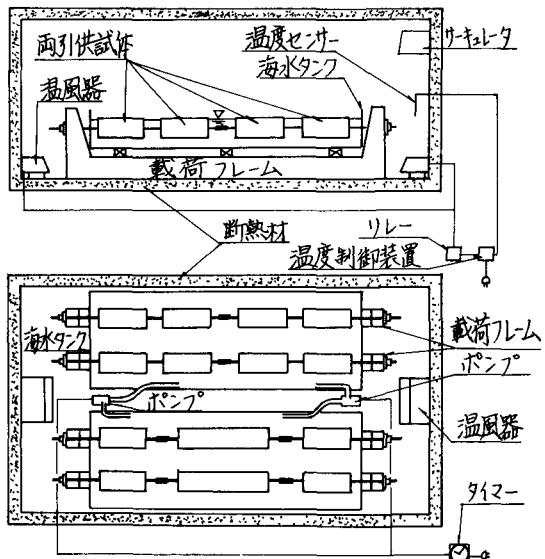


図-2 腐食促進実験室の概略

表-2 実験結果

供試体	W/C (%)	促進期間	平均ひびわれ幅 ($\times 10^{-3} mm$)	平均腐食面積 (cm^2)	平均塩分含有量 (%)
A	50	1ヶ月	172	腐食なし	0.75
		3ヶ月	166	"	1.10
	60	1ヶ月	186	"	1.00
		3ヶ月	151	"	1.46
B	50	1ヶ月	141	22.0	0.68
	60	1ヶ月	155	22.1	0.84

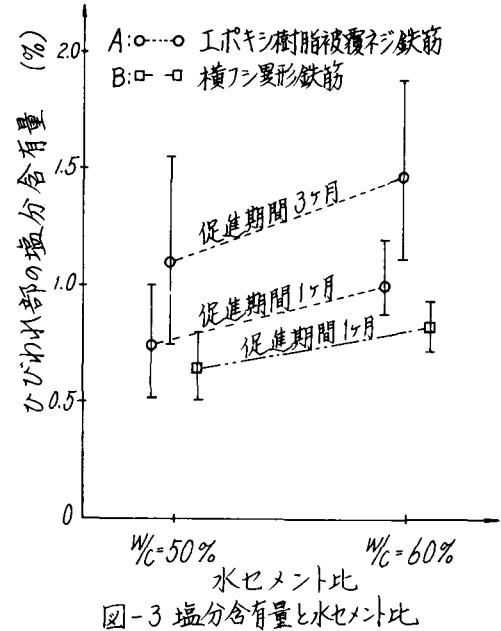


図-3 塩分含有量と水セメント比