

東北学院大学工学部 正員・大塚 浩司
 東北大学工学部 正員 後藤 幸正
 本州四国連絡橋公団 正員 加島 聡

1. まえがき

海洋に鉄筋コンクリート構造物を建設する際の最も大きい問題の一つは、海水による鉄筋の腐食の問題である。しかし、この問題については、いまだ十分明らかにされていない事例が多く、早急に解明することが必要である。この報告は、海水中または海水に接する鉄筋コンクリート構造物中の鉄筋の腐食に及ぼす主な原因と考えられる、かぶり厚さやひびわれ幅などの影響を両引供試体を用いた腐食促進試験によって調べた結果をまとめたものである。

表-1 供試体詳細

NO	鉄筋	かぶり cm (φ)	横ひびわれ間隔 (cm)	横ひびわれ数 (個)	供試体寸法 (cm)
1	D32	34(11φ)	17.0	3	10×10×68
2	"	"	"	"	"
3	"	49(15φ)	24.5	"	13×13×98
4	"	"	"	"	"
5	"	64(20φ)	32.0	"	16×16×128
6	"	"	"	"	"
7	"	99(34φ)	49.5	"	23×23×198
8	"	"	"	"	"
9	D51	51(10φ)	25.5	4	16.3×16.3×127.5
10	"	102(20φ)	51.0	2	25.5×25.5×153

2. 実験材料および方法

セメントは、野田早強ポルトランドセメントを使用した。骨材は砂・砂利とも宮城県黒川産のものを使用した。供試体コンクリートの圧縮強度は載荷時で平均24.0%であった。腐食試験に用いた海水は仙台新港より採取した。鉄筋は市販の横筋異形鉄筋D32およびD51を使用した。

3. 実験方法

供試体は、かぶりを変えて両引供試体である。供試体側面に最大ひびわれ間隔に近い間隔に横ひびわれが発生するようにノッチを設けた。これらの供試体を鉄筋応力度1800%まで引張載荷し、横ひびわれを発生させ、載荷状態のまま50°Cの恒温室内で海水による浸潤および乾燥のくり返しを約10ヶ月間継続する腐食促進試験を行った。なお、その期間中に地震の影響を考慮するために海水中で鉄筋応力度2700%まで載荷を10回くり返した。図-1はその装置を示したものである。試験後、横ひびわれ部の腐食を調べるために、鉄筋を取り出し、さびの表面積の測定およびさびを塩酸に溶解させ、その定量分析を行った。

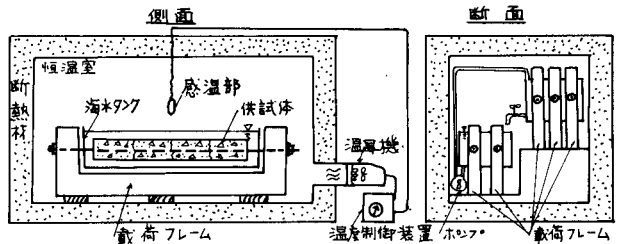


図-1 腐食促進試験装置

表-2 横ひびわれ幅測定結果

鉄筋	かぶり (cm)	NO	1	2	3	4	平均 (mm)
D32	34	1	0.12	0.11	0.11		0.11
		2	0.14	0.13	0.12		0.13
	49	3	0.15	0.21	0.16		0.17
		4	0.21	0.17	0.18		0.19
	64	5	0.21	0.22	0.22		0.22
		6	0.23	0.24	0.19		0.22
	99	7	0.27	0.29	0.36		0.31
		8	0.32	0.38	0.36		0.35
D51	51	9	0.19	0.16	0.23	0.17	0.19
	102	10	0.33	0.30			0.32

4. 実験結果および考察

表-2は腐食試験時に供試体の横ひびわれの幅を測定した結果を示したものである。横ひびわれの間隔が最大ひびわれ間隔になるように制御したので、発生した横ひびわれ幅は、ほぼかぶりに比例して変化しており、それぞれのかぶりにおいて実際に発生しうるほぼ最大のひびわれ幅と考えられる。

腐食試験終了後の内部の鉄筋の腐食状況を調べた結果、D51のかぶり10cmの供試体における1個のひびわれ部を除いて、すべての横ひびわれ部の鉄筋にさびの発生が認められた。このように

7cm以上のかぶりがある場合にも、またひびわれ幅が0.15mm以下の場合にも、さびが生じたのは、今回地震の影響を考慮して、海水中で鉄筋に応力 2700 N/cm^2 まで10回のくり返し載荷を行なったことも原因の一つではないかと考えられる。D32を用いた場合、3.4cm(1.1φ)の供試体では発生した鉄筋のさびの表面積は供試体内の全鉄筋表面積の50%にも達しており、鉄筋のさびによる膨張のため縦ひびわれが発生していた。縦ひびわれの発生は、鉄筋とコンクリートとの付着を破壊するばかりでなくまわりのコンクリートの剥落をまねき、鉄筋のさびの進行がさらに急速となるので重大な問題である。

図-2はさびの表面積とかぶりとの関係を示したものであり、図-3はさびの重量とかぶりとの関係を示したものである。これらの図からわかるように、鉄筋のさびの重量および表面積の大小には、かぶりが明瞭に関係しており、かぶりが大きくなる程、一般にさびの量が小さくなる傾向がみられた。鉄筋のさび量はD32の場合、3.4cmから6.4cmの間はかぶりを大きくしてもあまり大きい減少はみられないが、それを越えて、かぶりが大きくなると、急激に減少し、かぶり9cmになるとかぶり3.4cmの場合のさび量の平均/5となった。

D51の場合、さび量はかぶりが5.1cmから10.2cmに大きくなると平均/5となった。D32よりもD51の方がかぶりが同じ場合には、さび量が増加した。このことは、D51については実験数があまり多くなく、表面形状も横フシ1種であったので、あまり明確とはいえないが、D32鉄筋とD51鉄筋との表面形状の相違が主として関係していると考えられる。

D32でかぶりが10cmの場合には、供試体表面の横ひびわれ幅が0.3mmを越えていても、横ひびわれ内部の鉄筋のさび量は少なく、反対にかぶりが3.4cmと小さい場合には表面の横ひびわれ幅が0.1mm程度であっても、横ひびわれ内部の鉄筋のさび量は大きい。このようにかぶりを大きくすれば露出表面のひびわれ幅は大きくなるけれども内部の鉄筋がさびにくくなる傾向がみられた。

5. まとめ

海水に接するコンクリート構造物中ではかぶりを7cm以上とすれば鉄筋の腐食に対して十分安全であるといわれている。また一方、感潮部では、露出表面のひびわれ幅を0.15mm以下にするのが望ましいと一般にいわれている。しかし、かぶりを大きくすれば、ひびわれ幅も大きくなることからいえば、このような考え方には矛盾があるように思われる。この実験結果からいえば、鉄筋応力を一定としてかぶりを大きくすればひびわれ幅は小さくなるけれども、鉄筋腐食に対する抵抗性は大きく増大している。従って、鉄筋の腐食の問題は、ひびわれ性の良い鉄筋を用いることが大切であることとは明らかにあるが、ひびわれ幅とかぶり厚さで定めるのではなく、鉄筋応力とかぶり厚さで制御することの妥当と思われる。しかしながらこの実験では、鉄筋応力を変えていないこと、ほとんどすべての供試体にさびが見られること、実験数があまり多くないこと、鉄筋の表面形状の影響について検討していないこと等のため、この問題を十分明確にすることはできないと考えられる。