

京都大学 正会員 宮川豊章
 京都大学 正会員 小林和夫
 京都大学 正会員 岡田 清

近年注目されている大型海洋構造物に付して、コンクリート構造の適用が種々試みられている。しかし、海洋環境中においては、環境中の塩分による鉄筋の腐食作用と、比較的長風期の荷重繰り返し作用を同時に受けるため、その耐久性はきわめてきびしい条件下に置かれている。今回は、腐食鉄筋を用いたはり部材に静的載荷および疲労試験の両者を併行して行うことにあり、鉄筋腐食がコンクリート曲げ部材の力学的挙動に与える影響を検討する上においての基礎的な資料を得ることを試みた。

実験概要 供試体としては、特にひびわれ制御、およびじん性の点で海洋構造物に対する適応性にすぐれていると考えられるⅡ種PCを選び、図-1に示す断面とした。要因としては、鉄筋(異形丸棒)の腐食状態、コンクリート中の塩分の有無を取り上げ、以下に示す4種の供試体を用いた。①健全な鉄筋を用い、コンクリート中に塩分を含むもの(略称:非-Non)、②健全な鉄筋を用い、練り混ぜ水として食塩水(3.13% NaCl水溶液)を用いたもの(略称:非-Q)、③等モーメント区画にあたる中央部の40cmについて3年固塩水噴霧により腐食させた鉄筋を用い、練り混ぜ水として食塩水を用いたもの(略称:腐-Q)、④1の供試体に最大ひびわれ幅が0.1mm程度とあるように曲げクリープを発生し、一年固ひびわれに食塩水を注入したもの(略称:クリープ)の4種である。載荷は、曲げスパン40cm、スパン140cmの2点集中載荷とした。疲労試験における荷重レベルおよび載荷速度は、機械の性能および時間の制約から、④はB0tを下限とし、CEB-FIPによる荷重繰り返しがある場合の最大ひびわれ幅算定式から定めた。最大ひびわれ幅が0.2mm程度とある設計モーメント($M_D + M_{L1}$)を上限とする3Hzの載荷と、④下層コンクリート応力度が土木学会PC標準示方書による許容応力度とある時のモーメント(M_D)を下限とし、道路橋示方書をもととして許容しうる最大のモーメント($M_D + M_{L2}$)を上限とする3Hzの載荷の2種類について行った。なお、 $M_{L2} > M_{L1}$ であり、また終局荷重時における鉄筋の荷重増進率は約57%である。供試体は、乾燥収縮などの影響を考慮して、材令8ヶ月で下層で30kg/cm²のプレスストレスを導入し、材令9~12ヶ月で繰り返し載荷を行った。

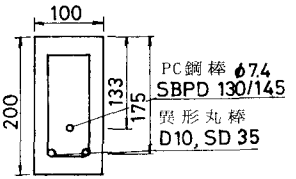


図-1 はり断面

表-1 静的載荷試験結果

		ひびわれ荷重		破壊荷重		ひびわれ本数	
		実測値 t (kN)	算定値 t (kN)	実測値 t (kN)	算定値 t (kN)	$M_D + M_{L1}$	500t (49.0kN)
非-Non	1	2.50 (24.5)	0.84	7.80 (76.5)	1.17	2	8
	2	2.75 (27.0)	0.92	8.50 (83.4)	1.28	1	7
非-Q	1	2.50 (24.5)	0.80	7.70 (75.5)	1.16	2	11
	2	2.50 (24.5)	0.80	8.50 (83.4)	1.28	2	10
腐-Q	2	2.50 (24.5)	0.80	8.35 (81.9)	1.25	1	10

ある。供試体は、乾燥収縮などの影響を考慮して、材令8ヶ月で下層で30kg/cm²のプレスストレスを導入し、材令9~12ヶ月で繰り返し載荷を行った。

実験結果および考察 はりの試験開始時におけるコンクリートの諸特性の平均値は、コンクリート中に塩分を含む場合、圧縮強度730kg/cm²(71.6N/mm²)、曲げ強度72.1kg/cm²(7.07N/mm²)、弾性係数3.87×10⁴kg/cm²(3.80×10⁴N/mm²)であり、練り混ぜ水として食塩水を用いた場合、圧縮強度685kg/cm²(67.6N/mm²)、曲げ強度76.2kg/cm²(7.47N/mm²)、弾性係数3.48×10⁴kg/cm²(3.41×10⁴N/mm²)である。Qを含む場合、圧縮強

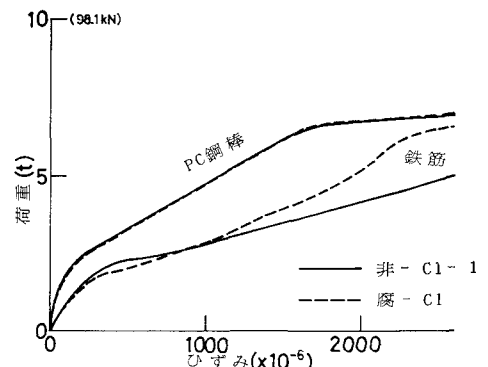


図-2 静的載荷試験における鉄筋、PC鋼棒ひずみ

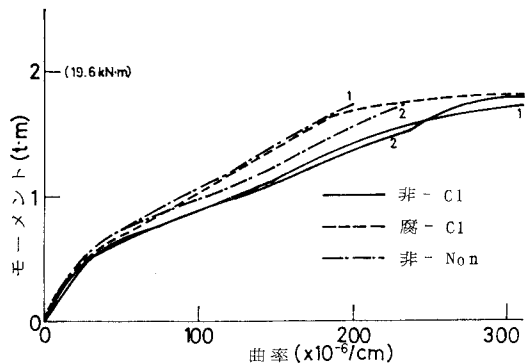


図-3 静的載荷試験におけるモーメント～曲率関係

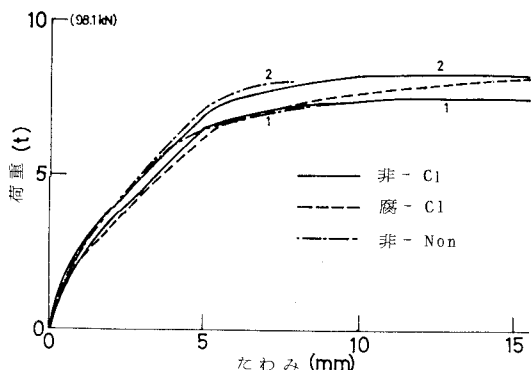


図-4 静的載荷試験における荷重～たわみ関係

度は若干小さく、曲げ強度は大きくなる。また、腐食させた鉄筋の腐食減量は2011～215mmであった。静的載荷試験結果 試験結果の概要を表-1に、各種ひずみの例を図-2、モーメント～曲率関係を図-3に、荷重～スパン中央たわみ関係を図-4にそれぞれ示す。ひびわれ荷重、破壊荷重および最大ひびわれ幅については、前者は差は認められるが、ひびわれ本数については、コンクリート中に鉄筋を露出させた場合の方が多い結果が得られた。また、鉄筋ひずみについては、ひびわれ発生までは腐食鉄筋の方が健全なものよりも若干大きい、それ以降は腐食鉄筋の方が大きくなり、コンクリート上縁ひずみ、および曲率における大小関係と一致している。たわみについては、その影響は認められない。疲労試験結果 載荷方法②については等価粘性減衰係数を、①についても同様の方法で算出した数値を表-2に示す。また、200万回繰返し載荷後の静的載荷試験の結果を表-3に、荷重～たわみ関係を図-5に示す。供試体は、いずれも繰返し載荷200万回まででは破壊しなかった。等価粘性減衰指標については、初期においては、クリープ供試体が小さい傾向にあるが、次第に全ての供試体ともに小さくなる傾向があり、載荷方法ごとに似たような値を示しており、鉄筋腐食の影響は明らかではない。破壊荷重については、静的とはほぼ同様の結果を得たが、じん性率(最大荷重時たわみ/卸荷の降伏時たわみ)については、腐-C1およびクリープど若干小さい値が得られた。

表-2 各くり返し回数における等価粘性減衰指標

$0 \sim M_D + M_{L1}$	1回	2回	5回	1000回	200万回
非-Non	0.062	0.021	0.031	0.028	0.013
非-C1	0.078	0.040	0.066	0.026	0.015
腐-C1	0.056	0.037	0.035	0.020	0.014
クリープ	0.051	0.033	0.027	0.026	0.014
$M_D \sim M_D + M_{L2}$					
非-C1	0.106	0.042	0.025	0.022	0.007
腐-C1	0.112	0.047	0.027	0.012	0.006

表-3 200万回くり返し載荷後の静的載荷試験結果

$0 \sim M_D + M_{L1}$	破壊荷重		じん性率
	実測値 t (kN)	実測値 繰返し値	
非-Non	8.90 (87.3)	1.09	3.94
非-C1	7.90 (77.4)	0.98	4.11
腐-C1	8.50 (83.4)	1.02	3.61
クリープ	7.95 (78.0)	-	3.02
$M_D \sim M_D + M_{L2}$			
非-C1	8.70 (85.3)	1.07	4.31
腐-C1	8.05 (78.9)	0.96	3.46

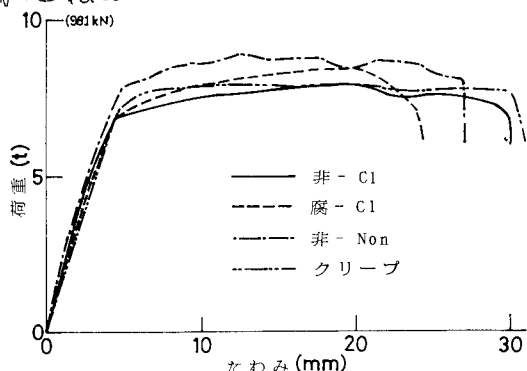


図-5 疲労試験 ($0 \sim M_D + M_{L1}$) 後における荷重～たわみ関係

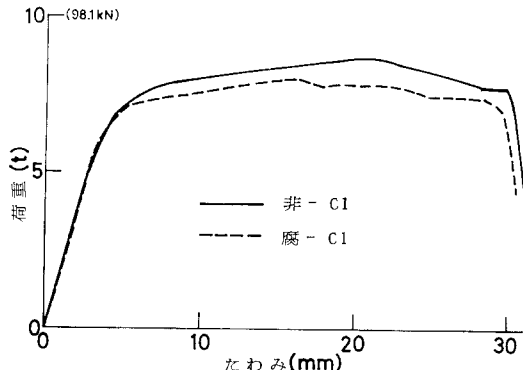


図-6 疲労試験 ($M_D \sim M_D + M_{L2}$) 後における荷重～たわみ関係