

(48) 耐塩性 P C 鋼棒の諸特性

高周波熱錬(株) ヒラオ マサシ
 ○平尾 正 溝口 茂 山下英治
 N K K 白神 哲夫

1. まえがき

近年、東北、北海道の日本海側や沖縄など特に飛来塩分の多い地域では、コンクリート構造物中の P C 鋼棒、鉄筋が塩分により腐食され、コンクリートのひび割れ、はく落が生じる事例が報告されている。そして、種々の塩害対策が検討されており、P C 鋼棒に対しても強度、リラクセーション特性等の基本特性以外に、十分な耐食性、さらに耐遅れ破壊性を有する P C 鋼棒の開発が求められている。そこで、高周波熱処理 P C 鋼棒の特徴を生かしながら、合金元素の添加による耐食性、耐遅れ破壊性の向上を検討した。その結果、3.5% Ni ベースの鋼材を高周波熱処理することにより、本来必要な諸特性に加えて、耐食性、耐遅れ破壊性にも優れている P C 鋼棒を開発した。

2. 供試材

2-1 供試材の概要

供試材は、9.0 mmφ の鋼棒で、図-1 にその製造工程を示す。開発目標は、従来材より優れた耐食性、耐遅れ破壊性を有し、かつ、JIS G3109 「P C 鋼棒」に規定される諸特性を満足することとした。

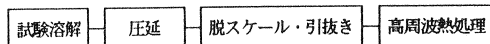


図-1 製造工程

表-1 化学成分 (フェック分析) (wt%)

記号	成分系	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W
A	S30C	0.32	0.26	0.81	0.005	0.007	-	-	-	-
B	3.5Ni	0.31	0.28	0.86	0.018	0.001	3.54	-	-	-
C	Cr+Mo	0.32	0.26	0.84	0.017	0.001	-	1.01	0.35	-
D	Ni+Mo	0.32	0.27	0.85	0.017	0.001	1.00	-	0.35	-
E	Ni+W	0.31	0.27	0.84	0.018	0.001	1.01	-	-	0.36
F	Ni+Cr+Mo	0.31	0.26	0.83	0.017	0.001	0.51	0.49	0.35	-

2-2 供試材の化学成分

供試材は、当社が従来より P C 鋼棒に使用している成分系 (S30C相当) と、それに Ni, Cr, Mo, W を添加した鋼材で、表-1 に化学成分を示す。

3. 試験結果

3-1 引張試験

JIS2号試験片を用い、JIS Z2241 「金属材料引張試験方法」に準拠して行った。その結果、表-2 に示すように、いずれの鋼種も、降伏点、引張強さ、伸びの規格を十分満足する値を示した。

3-2 リラクセーション試験

(以下リラクと略す)

JIS2号試験片を用い、定ひずみ引張

表-2 引張試験結果

記号	降伏点 kgf/mm ²	引張強さ kgf/mm ²	降伏比 %	破断伸び %	一様伸び %	絞り %
JIS規格	130 以上	145 以上	-	5 以上	-	-
A	147.0	151.2	97.2	10.3	3.2	64.5
B	141.1	150.1	94.0	10.4	3.3	64.9
C	138.1	148.0	93.4	140.5	3.4	65.6
D	140.8	148.8	94.6	10.7	3.0	66.6
E	138.8	149.2	93.0	10.8	3.2	67.4
F	143.2	150.6	95.1	10.6	3.4	66.7

試験機を使用して行った。常温リラク試験条件は JIS G3109 に、また、蒸気養生、オートクレーブ養生条件は日本建築センタ

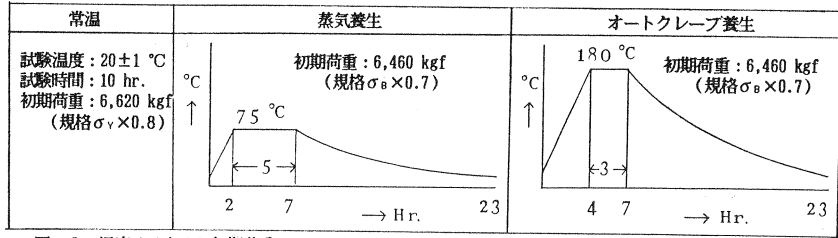


図-2 温度サイクルと初期荷重

ー基礎評定委員会高温リラク小委員会の標準条件に準拠して、図-2に示す温度サイクルと初期荷重で行った。その結果を表-3に示す。常温リラク値は、いずれの鋼種も JIS G3109 の規格値 1.5 % 以下を十分満足する値を示した。また、蒸気養生、オートクレーブ養生条件のリラク値は、鋼種 C と F が A より低い、優れた値を示し、その他は A と同レベルの値を示した。

3-3 衝撃試験

5mm 角 1mm V ノッチのミニサイズシャルピー試験片を用いて 20°C で行った。その結果、表-4に示すように、衝撃値は、鋼種 A に比べて、他のいずれの鋼種も若干高い値を示した。

3-4 スポット溶接試験

15kVA 定置式スポット溶接試験機を使用し、下に示す条件で溶接した後、PC 鋼棒とらせん筋の付着強度試験を JIS G3551 「溶接金網」に準拠して行った。

- らせん筋 : SWRM8, 3.2mmφ
- 加圧力 : 45kgf
- 溶接電流 : 2500A

表-5と図-3に付着強度、スポット溶接後の引張試験結果を示す。溶接部からの破断は、鋼種 A では 1

表-3 リラクゼーション試験結果 (%)

	A	B	C	D	E	F
常温	0.69	0.56	0.39	0.43	0.48	0.45
蒸気養生	5.7	6.5	3.5	5.5	5.9	4.4
オートクレーブ養生	18.7	18.6	12.5	17.8	18.6	15.6

表-4 シャルピー衝撃試験結果 (kgf·m/cm²)

記号	A	B	C	D	E	F
衝撃値	7.3	8.7	8.5	9.2	10.0	8.9

表-5 スポット溶接試験結果

記号	溶接条件 電圧 mV	付着強度 kgf	引張特性				スポット部 破断本数 (n=5)
			引張強さ kgf/mm ²	破断伸び %	一様伸び %	絞り %	
JIS規格	-	-	145 以上	5 以上	-	-	-
A	1536	141	150.9	10.3	3.4	61.9	0
B	1920	133	149.5	8.6	2.6	53.9	4
C	1824	141	147.3	8.9	3.5	51.3	3
D	1944	141	148.5	8.7	2.9	52.5	4
E	1988	139	149.4	8.9	2.9	54.5	3
F	1982	139	150.1	9.0	3.2	50.8	4

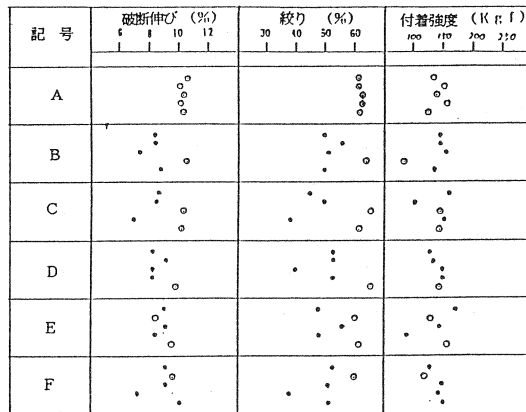


図-3 スポット溶接試験結果

本もなく、その他の鋼種ではいずれも3, 4本見られたが、引張強さ、伸びは、JISの規格値を満足しており、付着強度、絞り値は問題なく、スポット溶接は可能である。

3-5 大気暴露試験

JIS Z2381「屋外暴露試験通則」を参考にして行った。暴露場所は当社平塚工場敷地内(相模川土手外側近傍、海岸より約5.5km上流)に設け、期間は100日(1989年7月4日開始)とした。その結果、100日経過後の腐食による重量減少率は、図-4に示すように、鋼種Bが最も少なく、ついでDとEが小さい値を示した。

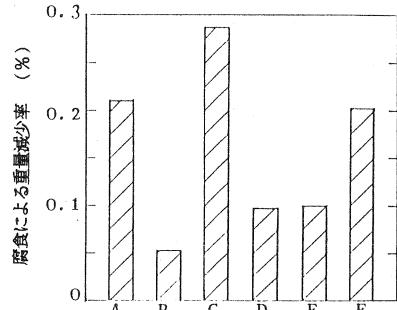


図-4 大気暴露試験結果(100日)

3-6 塩水噴霧試験

塩乾湿複合サイクル試験機を使用して、JIS Z2371塩水噴霧試験に準拠して行い、試験時間は最大480Hr.とした。その結果、図-5に示すように、重量減少率は、鋼種Bが最も小さい値を示した。

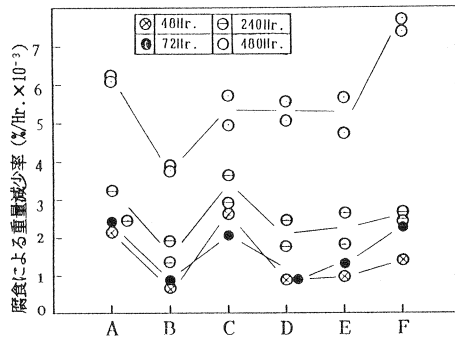


図-5 塩水噴霧試験結果

3-7 オートクレーブ養生(腐食促進)試験

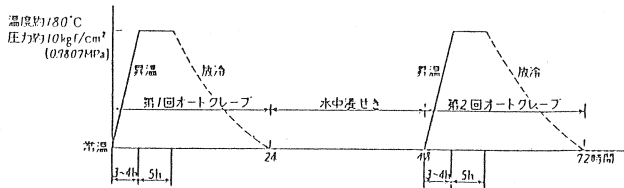


図-7 オートクレーブ養生試験条件

図-6に示すような、腐食促進のために塩分を添加した供試体を製作し、図-7に示す条件で養生を行い、その後、コンクリートから取り出したPC鋼棒の重量減少率を求めた。表-6にコンクリートの配合を示す。そ

表-6 腐食促進用コンクリートの配合

セメント	kg	280
水	kg	196
細骨材	kg	879
粗骨材	kg	933
* NaCl	kg	4.395
NaCl/細骨材重量比(%)		0.5
NaCl/セメント重量換算比(%)		1.57

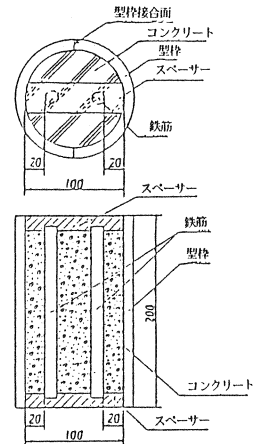


図-6 供試体

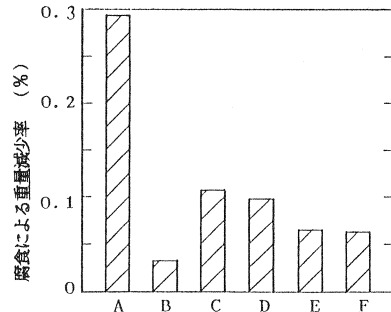


図-8 オートクレーブ養生試験結果

の結果、図-8に示すように、重量減少率は、いずれの鋼種もAよりは少なく、中でもBは、より小さい値を示した。

3-8 遅れ破壊試験

定荷重引張試験機を使用して、FIP方式（試験溶液：20% NH₄SCN, 50±1°C）をもとに行い、

(1) 載荷荷重を0.8×実引張荷重としたときの破断時間

(2) 100時間で破断しない最大載荷荷重

を求めた。その結果、

図-9,10に示すように、耐遅れ破壊性は、鋼種Bが最も優れ、他の鋼種はAとほぼ同レベルの値を示した。

3-9 圧造試験

圧造により頭部を製作し、引張試験を行った。その結果、表-7に示すように、いずれの鋼

種も平滑部から正常な荷重で破断し、良好な圧造特性を示した。

4. まとめ

S30C材にNi, Cr, Mo, Wを添加した鋼材を高周波熱処理することによって、S30C材より優れた耐食性、および、同等以上の耐遅れ破壊性が得られ、かつ、PC鋼棒の基本特性も十分満足することがわかった。中でも3.5%Ni材がより優れた特性を示すことから、今後は3.5%Ni材を中心に実環境暴露試験による実用特性の評価を行う予定である。

(参考文献)

1)建設省：コンクリートの耐久性向上技術の開発報告書：昭和63年11月

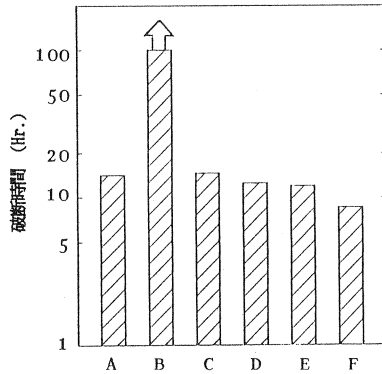


図-9 破断時間 (0.8×実引張荷重)

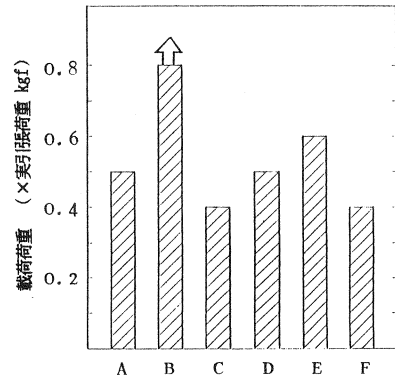


図-10 100時間強度

表-7 圧造頭部引張試験結果

記号	最大荷重 kgf	破断位置
A	9,570	平滑部
B	9,530	↑
C	9,360	↑
D	9,420	↑
E	9,460	↑
F	9,550	↑