

塩分を含むコンクリート中のPC鋼より線の腐食性状に関する実験的検討

独立行政法人土木研究所 正会員 ○中村 英佑

同上 正会員 渡辺 博志

同上 正会員 古賀 裕久

1. はじめに

PC 鋼より線は、腐食感受性が高く、プレストレスが常時作用しているため、鉄筋と比較して腐食による強度低下や破断が起こりやすいといわれている。ところが、プレストレスやコンクリート中の塩化物イオン(Cl⁻)濃度の違いが PC 鋼より線の腐食性状に与える影響については必ずしも明確にされていない。筆者らは、プレストレスと Cl⁻濃度を実験パラメータとした PC 版供試体を製作し、PC 鋼より線の腐食性状について検討してきた¹⁾。本稿では、この供試体を約 2 年間屋外に暴露し、自然電位測定と解体調査を実施した結果を報告する。

2. 実験の概要

図-1 に供試体の形状、表-1 にコンクリート配合、表-2 に供試体の諸元を示す。プレテンション方式の PC 版供試体とし、コンクリート練混ぜ時に Cl⁻濃度が 3, 9kg/m³ となるように塩化ナトリウムを加えた。PC 鋼より線は SWPR7BN を使用し、引張強度の約 65, 30%のプレストレスを導入した。また、プレストレスを導入していない供試体、SD345 を使用した供試体も製作した。いずれも 3 体ずつ製作し、解体調査を適宜実施することとした(図-2 参照)。

製作後、材齢 4, 8, 12 週, 1 年, 3 年 8 ヶ月, 3 年 11 ヶ月で自然電位を測定し、1 回目の解体調査を行った¹⁾。その後、残り 2 体ずつを屋外暴露し、材齢 5 年 6 ヶ月, 6 年 6 ヶ月に自然電位を測定し、2 回目の解体調査を行った。本稿では主に 2 回目の解体調査の結果について述べる。

自然電位の測定は、約 30 分間の湿潤後に銀/塩化銀電極を使用して行った。また、解体調査では、鋼材の腐食状態の観察、質量減少率の測定、引張試験を行った。供試体解体後、鋼材を二等分し、一方を質量減少率の測定、もう一方を引張試験に用いた。質量減少率の測定は JCI-SC1、引張試験は JIS G 2241 と JIS G 3536 に準拠して実施した。

3. 結果および考察

3.1 自然電位の変化と腐食状態

図-3 に自然電位の測定結果を示す。測定値は、4 点の値を平均して 25℃の銅/硫酸銅電極基準に換算した。自然電位は、Cl⁻濃度 9kg/m³ の供試体で卑な値が得られ、暴露後にこの傾向は明確になった。Cl⁻濃度 9kg/m³ の供試体では暴露後に鋼材に沿って幅 0.1~0.4mm の腐食ひび割れが生

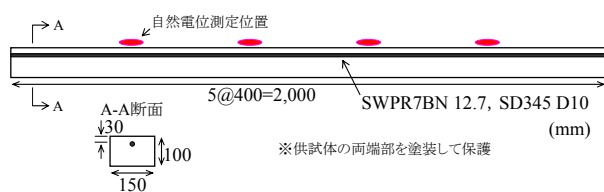


図-1 供試体の形状

表-1 コンクリート配合

W/C (%)	s/a (%)	単位容積重量(kg/m ³)				
		W	C	S	G	混和剤
40	45	160	400	811	1,002	1.0% C

スランプ12cm, 空気量3%, 最大粗骨材寸法20mm

表-2 供試体の諸元

供試体	Cl ⁻ 濃度 (kg/m ³)	鋼材種別	プレストレス※ (N/mm ²)
P9H	9	SBPR7B (φ 12.7)	1,274 (65%)
P9M			637 (30%)
P9N		SD345(D19)	0
R9N			0
P3H	3	SBPR7B (φ 12.7)	1,274 (65%)
P3M			637 (30%)
P3N		SD345(D19)	0
R3N			0

※)内は引張強度に対する割合。3体ずつ製作

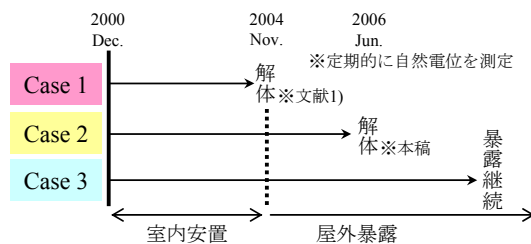


図-2 暴露・解体調査スケジュール

キーワード PC 鋼より線, 鋼材腐食, 塩害, プレストレス

連絡先 〒305-8516 つくば市南原 1-6 独立行政法人土木研究所 TEL029-879-6700

じていたため、ひび割れが生じたことにより腐食環境がさらに厳しくなったことも影響したとみられる。供試体を解体すると、暴露前はPC鋼より線の内部のみに僅かに腐食が生じていた¹⁾が、暴露後のCl濃度 9kg/m^3 の供試体では鋼材表面全体で腐食が生じていた。Cl濃度 3kg/m^3 の供試体では、表面の一部で腐食が生じていた。この傾向は、自然電位の測定結果とも一致する。

3.2 プレストレスとCl濃度が腐食性状に与える影響

図-4に各PC鋼より線の応力-伸び関係を示す。どの供試体の応力-伸び曲線も概ね等しく、プレストレスやCl濃度の違いによる影響を確認することはできない。

図-5に質量減少率と引張強度、表-3に破断位置と質量減少率、引張強度の関係を示す。質量減少率は、暴露前に $0.15\sim0.61\%$ であったが、暴露後に $1.26\sim4.29\%$ に増加した。Cl濃度が大きいほど質量減少率も大きくなったが、プレストレスの大小との明確な関係を確認することはできなかった。また、質量減少率が約4%程度でも引張強度は低下しなかった。塩害劣化したPC桁から取り出したPC鋼線の引張試験では、質量減少率が概ね2%を超えると引張強度が低下している²⁾。これと今回の試験結果が異なった原因は、ここでは供試体製作時にClをコンクリートに練り混ぜたため鋼材表面全体が均一に腐食しており、実構造物の鋼材のように局部的に激しい腐食が生じるようなことはなく、強度的に弱点となる箇所が明確に現れなかったためとみられる。

破断位置に着目すると、暴露前は試験片と試験機の定着部で破断することが多かったが、暴露後のCl濃度 9kg/m^3 の供試体では試験片の中央部で複数のPC鋼より線が破断するものが多くなった。また、PC鋼より線と異形鉄筋の質量減少率を比較すると、PC鋼より線の方が僅かに大きくなる傾向にあることも確認できる。

4. 結論

暴露PC版供試体の解体調査を行い、塩分を含むコンクリート中のPC鋼より線の腐食性状について検討した。本稿の範囲内で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) Cl濃度の大きい供試体でPC鋼より線の質量減少率も大きくなったが、引張強度の低下はみられなかった。
- 2) プレストレスの違いによって、PC鋼より線の質量減少率や引張強度に明瞭な差が生じることはなかった。なお、同種の供試体をもう1体ずつ暴露しており、今後も引き続き検討を行っていく予定である。

参考文献 1)松塚忠政、渡辺博志、古賀裕久、中村英佑：塩分を含むコンクリート中のPC鋼より線の腐食評価に関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.27, No.1, pp.919-924, 2005。2)木村哲士、河野広隆、田中良樹：塩害により腐食したPC鋼線の腐食性状と機械的性質、コンクリート工学年次論文集、Vol.23, No.2, pp.559-564, 2001。

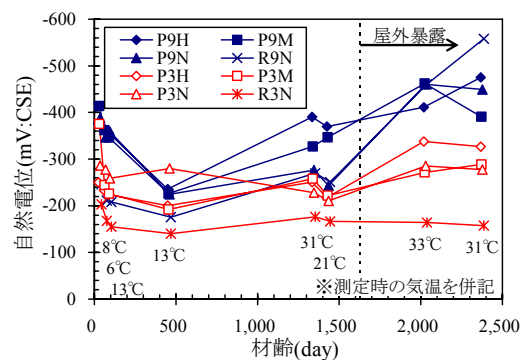


図-3 自然電位の推移

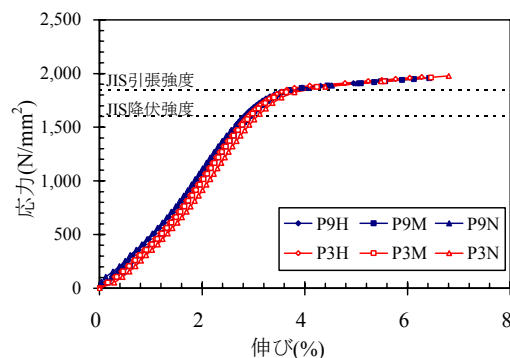


図-4 PC鋼より線の応力-伸び関係

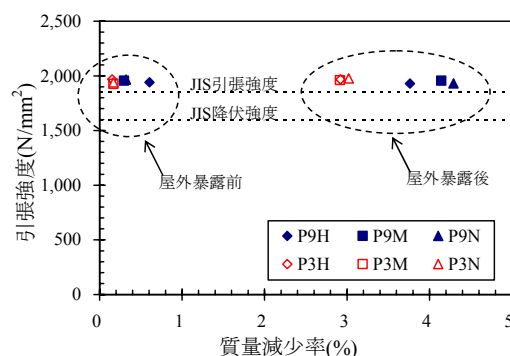


図-5 PC鋼より線の質量減少率と引張強度

表-3 引張試験結果と質量減少率の一覧

供試体	暴露前の解体調査 文献1)			暴露後の解体調査		
	破断位置	質量減少率 (%)	引張強度 (N/mm²)	破断位置	質量減少率 (%)	引張強度 (N/mm²)
P9H	中央部	0.61	1,942	中央部	3.76	1,929
P9M	定着部	0.30	1,956	中央部	4.14	1,957
P9N	定着部	0.32	1,966	中央部	4.29	1,932
R9N	中央部	0.27	523	中央部	2.12	500
P3H	定着部	0.15	1,967	定着部	2.92	1,968
P3M	定着部	0.17	1,925	定着部	2.91	1,961
P3N	定着部	0.17	1,939	定着部	3.02	1,977
R3N	中央部	0.28	524	中央部	1.26	515

※SWPR7BN: JIS引張強度 $1,850\text{N/mm}^2$, JIS降伏強度 $1,600\text{N/mm}^2$