

高強度プレストレストコンクリートポールの経年劣化に関する調査研究

九州高圧コンクリート工業(株) 正会員 ○船本憲治

1. はじめに

高強度プレストレストコンクリート（以下、HPC）ポールは、配電、通信、鉄道等の用途に広く用いられ、一般的に利用されている。しかし、近年、HPC ポールの劣化現象が報告されつつあるが¹⁾、まだデータが十分蓄積されていないのが現状である。そこで、本報告では、実機の既設柱を対象とし、表面劣化、中性化、塩分浸透性に関する経年劣化の検討を行った。

2. 20~30 年経過した HPC ポールの劣化調査

2.1 調査方法

表-1 に示すように、一般又は塩害地区で 20 年又は 30 年経過した撤去予定の HPC ポール合計 4 本に関して、まず、目視調査（表面劣化・ひび割れ・鉄筋発錆）を行った。なお、表面劣化は、セメントペーストやモルタルの流出および骨材の露出のグレードを表-2 に示す 5 段階で評価した。

次に、地際から 0m、3m、6m の高さでポールを切出し、それを供試体として外表面から内部への中性化浸透性をフェノールフタレイン溶液で測定した。

更に、上記の各高さから高さ 30 cm の中空円すい体を切出し、それを供試体として外表面から内部への塩分浸透性を JISA1154（塩化物イオン電極を用いた電位差滴定法）により測定した。

なお、HPC ポールは、遠心成形された中空円すい体で、コンクリート設計基準強度（Fc）は 65~80N/mm² 程度で、PC 鋼材により Fc の 10~15% 程度のプレストレスが導入されており、水セメント比は 32% 程度である。

2.2 調査結果

目視調査の結果を表-1 に示すが、表面劣化グレードは、一般地区では、20 年経過柱がグレード②、30 年経過柱がグレード③、塩害地区では、20 年および 30 年経過柱ともグレード②となっている。また、経年劣化とグレード評定点の関係を図-1 に示すが、文献 1) で得られた都市部、山間部、海浜部での相関式ともほぼ一致した。

ひび割れは、一般地区の 30 年経過柱だけ、地際部に幅約 0.1 mm の横ひび割れが 2 本発生していたが、その原因は電線張力によるものと思われ、ひび割れも析出物で閉塞されていた。なお、すべてのポールで鉄筋の発錆は見られなかった。

中性化は、すべてのポールで見られなかった。これは、

表-1 既設柱の劣化調査結果概要

	一般地区		塩害地区	
	20年経過柱	30年経過柱	20年経過柱	30年経過柱
表面劣化	グレード②	グレード③	グレード②	グレード②
ひび割れ	無	地際部に幅0.1mmの横ひび割れ2本あるが、析出物で閉塞	無	無

表-2 外観グレード

グレード	評定点	PCポールの表面状況
①	500	異常なし
②	400	セメントペーストが全体的に流失し、表面に細骨材が認められるが粗骨材は認められない
③	300	モルタルが流失し、粗骨材が表面に認められる
④	200	モルタルが流失し、全体的に粗骨材が表面に現われている
⑤	100	モルタルが流失し、粗骨材が表面に露出している

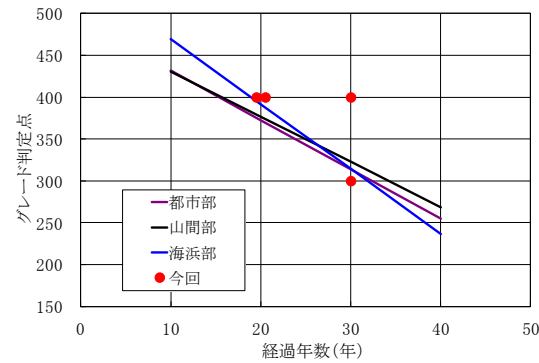


図-1 経年劣化とグレード評定点の関係

遠心成形前の水セメント比が 32% 程度であるのに加え、遠心成形にて密度の大きいコンクリート材料が製品の外側に分布することになり、密度の小さい水が搾り出され、水セメント比が当初の値より小さくなっていることによるものと考えられる。

塩分浸透性は、塩害地区の 20 年経過柱では、表面塩化物イオン濃度 2.0kg/m³、鉄筋位置（かぶり厚 16 mm）塩化物イオン濃度 0.6kg/m³ となっており、鉄筋位置では鋼材腐食限界濃度 1.2kg/m³ までに至っていなかった。これは、前述の中性化の検討と同じく、水セメント比が小さいことによるものと考えられる。なお、塩害地区の 30 年経過柱は、建柱場所が山中であったので塩分測定は行わなかった。

3. 既設 HPC ポールの塩分浸透性調査

3.1 調査方法

表-3 に示すように、重塩害地区に相当すると考えられる九州地方の A 離島の 4 ポール (No. 1~No. 4) および B 離島の 3 ポール (No. 5~No. 7) について、JISA1154 (塩化物イオン電極を用いた電位差滴定法) および土木学会規準 JSCE-G574 (EPM 法) により塩分浸透性の検討を行った。なお、経過年は 16~32 年であり、上部とは地際から 5~7m、下部とは地際から 2~4m から切出された高さ 30 cm の中空円すい体供試体での測定結果である。なお、本ポールは撤去予定の既設ポールであり、水セメント比は 32% 程度であった。

3.2 調査結果

電位差滴定法による、最も外側に近い 0~10 mm の位置における塩化物イオン濃度の値を表-3 に、また、経過年数との関係を図-2 に示す。なお、電位差滴定法と EPMA 法とを比較した結果、両者による塩化物イオン濃度の算定結果はほぼ一致していた。

その結果、A 離島ポール (No. 1~No. 4) と B 離島ポール (No. 5~No. 7) で傾向が異なり、A 離島の塩化物イオン濃度の方が大きい値となっており、これは A 離島の方が外観調査において錆汁やかぶりコンクリートの剥落等の損傷が多く認められた結果と一致する。

Fick の第 2 法則に基づいた拡散方程式の解を用いて、電位差滴定法により求めた塩化物イオン濃度を回帰分析し、塩化物イオンの見掛けの拡散係数 D を算出した結果を表-3 および図-3 に示す。

その結果、一部を除き、塩化物イオンの見掛けの拡散係数が $0.1 \text{ cm}^2/\text{年}$ 以下となっており、塩分浸透速度が非常に小さいことが分かる。また、図-4 に、土木学会コンクリート標準示方書のデータ²⁾を示すが、本検討で得られた $0.1 \text{ cm}^2/\text{年}$ 以下の拡散係数とは、水セメント比が 30% 以下の領域であり、これからも HPC ポールは塩分浸透速度が小さいことが分かり、新たに作成した HPC ポールでの実験結果³⁾とも一致する。

4. まとめ

上記検討により、以下の結論を得た。

- 1) 表面劣化の判定は、既往文献の評価方法によりほぼ評価できる。
- 2) 中性化は、水セメント比が小さいこと、遠心締固めによる製造であることによりほとんど生じない。
- 3) 塩化物イオンの見掛けの拡散係数はほぼ $0.1 \text{ cm}^2/\text{年}$ 以下で、土木学会コンクリート標準示方書の予測式では水セメント比が 30% 以下の領域であり、塩分浸透速度が小さい。

ただし、上記はひび割れが発生していないポールでの結果であり、HPC ポール特有の合わせ目開きも含め、今後、更なる経年劣化データの蓄積が必要と思われる。

【謝辞】本検討にあたり、九州大学大学院工学研究院濱田教授および佐川准教授に御協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

表-3 既設柱概要および塩分浸透性試験結果

No	設置場所	経過年	地際からの高さ (m)	塩化物イオン濃度 (0~10mm) (kg/m^3)	塩化物イオンの見掛けの拡散係数 $D (\text{cm}^2/\text{年})$
1	A 離島	16	上部	6.0	0.089
			下部	3.0	0.023
2		17	上部	7.0	0.044
			下部	4.0	0.049
3		26	上部	6.2	0.037
			下部	2.9	0.048
4		32	上部	5.4	0.480
			下部	3.0	0.102
5	B 離島	20	上部	7.3	0.042
			下部	2.6	0.322
6		28	上部	6.0	0.137
			下部	3.0	0.206
7		29	上部	6.0	0.048
			下部	3.0	0.062

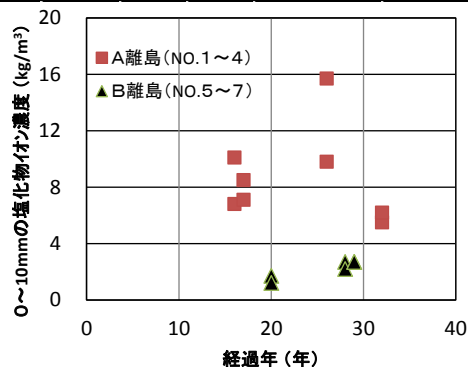


図-2 経過年数と塩化物イオン濃度 (0~10 mm) の関係

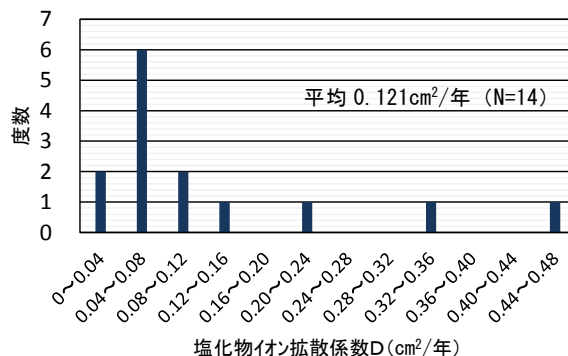


図-3 塩化物イオン拡散係数の度数分布

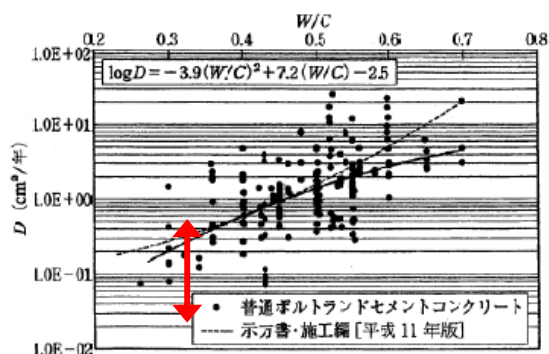


図-4 水セメント比と塩化物イオン拡散係数の関係²⁾

【参考文献】1) 船本憲治ほか：プレストレストコンクリートポールの経年劣化に及ぼす環境条件の影響に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 36, No. 2, pp. 1381-1386, 2014, 2) 土木学会：2012 年制定コンクリート標準示方書改定資料（基本原則編・設計編・施工編），コンクリートライブラリー 138, p. 75, 2013. 3, 3) 佐川康貴ほか：細孔容積に着目した再生骨材コンクリートの中性化および塩分浸透性状の評価，コンクリート工学，Vol. 47, No. 2, pp. 21-29, 2009. 2