

V-226 海水の作用を受けるPC管のカバーコートモルタルに関する試験—20年試験結果—

三菱鉱業セメント㈱ 正会員 清水正弘 正会員 仁木孟伯
日本ロックラーパイプ㈱ 後藤卯吉

1 まえがき

PC管の性能ならびに耐久性に関し最も重要な要因はPC鋼線の保護および防錆である。本試験は、PC管が海水の作用を受ける場所に使用された場合、PC鋼線を保護しているカバーコートモルタルがどの程度の保護能力を有しているかを知る目的で、PC管を海水試験場に静置し、カバーコートモルタルの中性化や海水による化学的侵食状況及びPC鋼線の発錆の有無を20年間の長期にわたり調査したものである。

2 試験概要

本試験に供したPC管の仕様を図1に示す。PC管のカバーコートモルタルはB種フライアッシュセメントと川砂を用い、C:S=1:2、水セメント比25%前後の超硬練りモルタルを、強力なジェット式吹付け機によってコアパイプ表面に付着させたものである。供試管の設置場所は広島湾内の感潮部につくられた当社海水試験場である。調査方法は、供試管の中央部及び両端部付近の計3箇所のカバーコートモルタルをはつり取り、フェノールフタレイン塗布、偏光顕微鏡観察、X線回折及び化学分析等により、モルタルの中性化や海水による化学的侵食状況を調べるとともに、PC鋼線の発錆の有無や機械的性質を調べた。

3 試験結果

3.1 カバーコートモルタルの中性化深さ

フェノールフタレイン1%アルコール溶液により調べた中性化深さの経年変化を図2に示す。試験開始から20年経過後の中性化深さは最大3.0mm、平均0.9mmであり、最大値で見てもPC鋼線のかぶり厚さの18%とわずかであった。偏光顕微鏡観察によると、表面から約1mmまでのモルタルのセメントペースト部には CaCO_3 の存在を示す複屈折の大きい結晶が多量に認められたが、表面から約1~20mmの部分に認められる CaCO_3 は微少であったことから、カバーコートモルタルの中性化は平均1mm程度であることが裏づけられた。

以上のように、中性化が非常に小さい原因は、モルタルの水セメント比が25%と非常に小さく、かつそれを強力な噴射力で吹き付けたため密実なモルタルであったこと、および供試管表面への貝類の付着により、モルタル表面と大気との接触が阻害されかつモルタルが乾燥されることが少なかったためと考えられる。

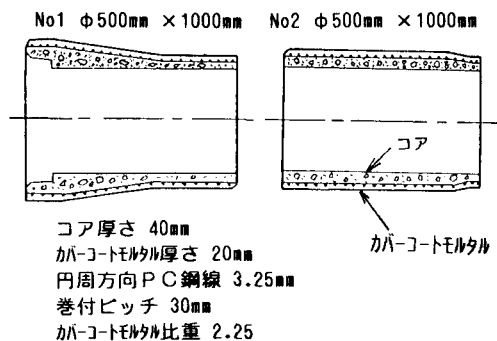


図1 供試管仕様

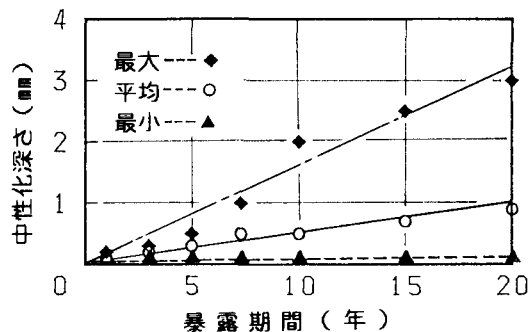


図2 中性化深さの経年変化

表1 カバーコートモルタルの化学分析結果

項目	部位	表層部 (0~5mm)	中層部 (5~15mm)	深層部 (15~20mm)
SO ₃ 量* (%)	15年	0.36	0.04	0.02
	20年	0.33	0.01	0.00
Cl量 (%)	15年	0.98	1.00	0.48
	20年	0.93	0.76	0.44
NaCl換 算量(%)	15年	1.61	1.65	0.79
	20年	1.53	1.28	0.73

* B種フライアッシュセメントに含まれる量を除外した値

3.2 海水によるカバーコートモルタルの化学的侵食

海水がカバーコートモルタルに浸入すると、塩素イオン(Cl^-)および硫酸イオン(SO_4^{2-})によりPC鋼線の腐食やモルタルの膨張破壊を起こす可能性がある。そこで、カバーコートモルタルの破片を表層部、中層部、深層部に分け、各層の SO_3 および Cl 量を化学分析により調べ、結果を表1に示した。 SO_3 は表層部に若干認められたが、わずかでありほとんど問題にならない程度と考えられる。20年経過後の Cl 量は深層部において 0.44%であり、深層部まで海水が浸透したことが窺われる。また、経過年数15年から20年にかけての SO_3 及び Cl 量の増加は認められない。

写真1に示した経過年数20年のX線回折結果より、海水中の硫酸イオンおよび塩素イオンがセメント硬化体と反応して出来ると言われるエトリンガイトおよびFriedel氏塩の有無を調べたところ、表層部からは双方が検出され、中層部からはFriedel氏塩が検出されたが、深層部からは双方とも検出されなかった。化学分析の結果からも、表層部で SO_3 が検出され、表層から中層部にかけて Cl が多く検出されており、X線回折結果とよく対応している。

以上より、海水の化学的作用は中層部にも及んでいると考えられるが、膨張性を呈する可能性があるエトリンガイトの生成は表面から5mm以内であると言える。

3.3 PC鋼線の調査結果

経過年数20年のPC鋼線の状態は、写真2に一例を示すように、どの調査箇所においてもPC鋼線の表面に錆はまったく認められず、光沢のある表面を維持している。また各供試管より採取したPC鋼線の強度性状を表2に示したが、20年経過後もPC鋼線の機械的性質は良好でありJIS規格を満足していた。

4 まとめ

- (1) 20年経過後のカバーコートモルタルの中性化深さは、最大3.0mm、平均0.9mmとわずかであった。
- (2) 塩分浸透量は、カバーコートモルタルの深層部（表面から15～20mm）においてモルタル重量に対し Cl 量 0.44%であった。
- (3) X線回折結果によると、カバーコートモルタルの海水による化学的作用は中層部（5～15mm）まで認められたが、硫酸塩の影響は表面から5mm以内であった。
- (4) PC鋼線の発錆はまったく認められず、機械的性質も正常であり、PC管としての所期の性能を保持していると考えられる。

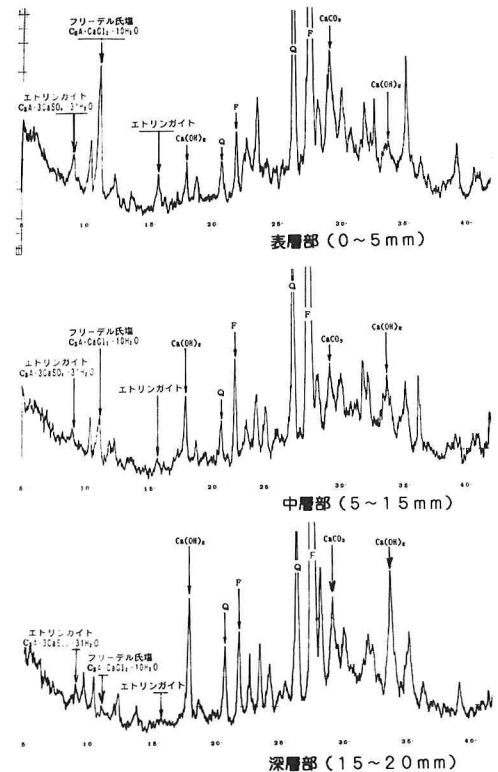


写真1 X線回折結果（経過年数20年）

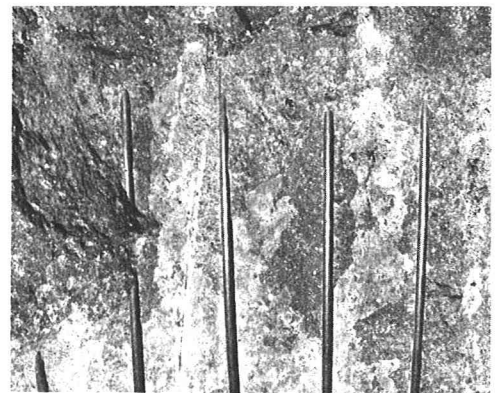


写真2 PC鋼線の状態（経過年数20年）

表2 PC鋼線の強度性状（経過年数20年）

PC鋼線試料の種類		引張強さ (kgf/mm ²)	降伏強さ (kgf/mm ²)
供試管 No1	中央部	196	169
	端部	198	166
No2	中央部	201	169
	端部	201	177
JIS G 3538		170以上	135以上