

鐵道技術研究所 正員	○ 橘田敏之
構造物設計事務所 正員	長田晴道
神鋼鋼線工業	小林 剛

1. まえがき

密実なコンクリートによって防護されているPC桁の鋼材も腐食環境が厳しい海水の飛沫を受ける環境では被害が発生しており見逃せない問題になりつつあるのが現状である。

Ⅲ種PC析は、工事費節減を目的にその実用化の検討を進めているが、使用状態でひびわれが生ずるため、腐食の特性を把握し、その適用を設けられないようにすることが実用化に当たっての最初の課題になる。

この研究は 上記の観点からひびわれを載荷により生じさせた試験桁(スパン 1.8 m, $\sigma_{28}=422\text{ kg/cm}^2$)の腐食促進試験により腐食状態を調査したものである。

2. 試験体および試験方法

試験体に二点集中載荷を行い、曲がりひびわれを発生させ、これを腐食液槽内に据付け食塩水を循環（浸漬と排水）させることによって腐食促進を行った。腐食期間は9.5ヶ月延日にわたっている。食塩水は塩分濃度3.3~3.7%,比重1.02~1.04, PH:8.1~10.3, 浸漬~排水~浸漬のサイクルは3および8時間の二種であった。

試験体は シースの影響調査のため S(シース有り), O(シースなし), ひびわれ幅の影響調査のため 1000, 2000 シリーズ, シースの継かぶりを 30, 40, 65 mm とし表-1に示す 10 体を製作試験に供した。なお本論文には 1000 シリーズの試験結果だけについて報告する。

3. 調查項目

腐食状況を把握するため次の調査を行った。

- (1) 浸漬開始前 および浸漬試験終了時点の析外面のひびわれ形状および幅の観察測定
- (2) 鉄筋表面およびシース内外面のさび
- (3) グラウトの注入状況、グラウトおよびコンクリートの塩素イオン濃度およびpH
- (4) PC鋼線のさびの形状、位置、深さ、成分分析、腐食PC鋼線の引張強度、降伏点応力度

4. 試験体のひびわれ状況

試験体下面の最大ひびわれ幅はかなりのばらつきがあり 最大 0.47mm 最小 0.16mm 平均 0.26mm ばらつき $\sigma = 0.10$ 、ひびわれ本数は桁により相違し 7~10本が生じている。なお腐食試験後のひびわれ幅は減少する方向に変化を示したが、その値は極めて僅かである。

5. 試驗結果

5.1 鋼材の腐食

(1) 鉄筋 鉄筋の腐食箇所数、1ヶ所の腐食長さも各試験体ごとに表-2に示す。タイプ別に腐食状況に傾向的な相違がみられる。タイプ2は1,3に比較して腐食箇所・長さとも多い。ひびわれ位置と腐食の位置はタイプ1,2はほぼ一致しているがタイプ3は全ひびわれが腐食位置と全く一致している。

表-1 試驗體

供試 番号	試験体断面	ポス 上縁/下縁
S-1000-30 0- "		-9.0/45.2 (kg/cm ²)
S-1000-40 0- "		-5.8/26.4 "
S-2000-40 0- "		-5.2/23.4 "
S-1000-65 0- "		+2.0/18.4 "
S-2000-65 0- "		+1.8/16.4 "

S: シースあり, O: シースなし 30, 40, 65 はかぶり

鉄筋にはかなりの腐食がみられる。

(2) シースの腐食

シースの腐食は シースの内面と外側で形態に著しい相違がみられる。

S-1000-30 試験体には シース外面に著しい腐食が発生した。この原因は スターラップ筋との接触によるものである。

シース内面の腐食は シースの下方(桁の底面側)の部分に ほは一定の間隔に発生し、その位置はシースのかしめ部あるいはリブ部 およびかしめ部とリブ部の両方に集中し、1ヶ所の腐食面積が大きく数も多い。

しかし S-1000-40, S-1000-65 では腐食面積も小さく 数も少ない。

(3) PC鋼線の腐食状況 腐食はSシリーズでは PC鋼線とシースの接触部あるいは 近接してグラウトがぶりがい部分に、OシリーズではPC鋼線の表面全体にわずかな荒れが生じている。前者は孔食であり後者は表面腐食である。PC鋼線がグラウトによって十分に包まれている箇所には腐食は全く見当らない。

表面アラサ計による測定では S-1000-30 で約 60 μ 、S-1000-65 で 25 μ のアラサを示した。光学顕微鏡では 腐食深さは 最大 120 μ と判定された。Oシリーズのアラサは数 μ 程度とわずかである。

5.2 塩分濃度およびPH値

コンクリート S-1000-30 の中央部ひびわれ付近のコンクリートを桁底部より順次CLイオン濃度およびPH値を測定した結果を表-3に示す。なお試験(浸漬)前のCLイオン濃度は 0.04~0.05 の範囲にあった。

グラウト 各試験体の浸漬試験後の硬化グラウトを桁中央部から1サンプル採取しCLイオン・PH値を測定した結果を表-4に示す。

S-1000-30のCLイオン濃度が他の桁と比較して著しく低い値を示しているが サンプル量が10gと少なく位置によるばらつきがあったためと考えられる。

5.3 PC鋼線の引張試験

PC鋼線の引張強度の低下はわずかであるが 降伏比は平均85.1%($\eta=12, \hat{\sigma}=0.6$) で健全材の8%程度低下した。

6. まとめ

PC桁の食塩水による浸漬促進試験により 鋼材に与える影響が次のように解明された。

- (1) CLイオンは シースの内面に浸透した。その結果PC鋼線は孔食電位領域に達し孔食が急速に進行した。
- (2) PC鋼材の腐食はシースに接するか近接した箇所にあるが、他の部分にも腐食のおそれがある。
- (3) 鉄筋の腐食位置はひびわれ位置とかなり一致しており ひびわれが腐食しやすさに影響が大きいことを示す。したがってPC鋼材に対しても同様の影響をもつと想像できるが本試験の結果は別の原因であった。

以上の試験ならびに過去の経験により 次のように結論する。

海岸線に近接し塩風などの影響のある地域のポステン方式PC桁で長期間グラウトされないまま放置された場合においても過去の調査では PC鋼材は腐食に対し不動態領域にあり PC鋼材の腐食はほとんど進行せず 実用上支障のない程度であったことを筆者は確認している。しかし海水の飛沫を直接受ける環境の桁では耐海水材料の選定のほか PC鋼材のかぶりの値に制限を設けるなどの配慮が必要である。また亜種PC桁はこのような環境での使用に当っては特別の対策が要求されるものと考えられる。

表-2 主鉄筋の腐食状況

試験体番号	ひびわれ本数	腐食箇所	腐食長合計	最大ひびわれ幅	鉄筋がぶり
S-1000-30	7	6	175 mm	0.19 mm	底から45
O- "	9	4	105	0.12	側面から35
S-1000-40	9	13	350	0.15	底から35
O- "	7	9	205	0.35	側面から45
S-1000-65	10	4	100	0.20	"
O- "	6	5	70	0.41	"

表-3 コンクリートの塩素イオン・PHの分布

サンプリング位置 (底面からの距離)	塩素イオン濃度	PH
0~15 mm	0.26 %	11.4
15~30	0.24	11.7
30	0.15	11.9
50	0.10	12.0

S-1000-30中央部より各位置3個採取した平均値

表-4 グラウトの塩素イオン・PH

試験体	塩素イオン濃度	PH
S-1000-30	0.064	12.1
S-1000-40	0.20	11.9
S-1000-65	0.17	12.0