

V-225

初期欠陥を有するPC桁の20年海岸暴露実験

北海道開発局 開発土木研究所 正会員 佐々木 慎一

北海道開発局 開発土木研究所 正会員 堺 孝司

1. まえがき

北海道でポストテンショニング方式のPC橋が最初に施工されたのは、昭和29年のことであるが、間もなくこれらの桁にグラウトの品質不良や注入不良によるシースに沿った縦ひび割れが発生していることが判明した。そこでPC橋の縦ひび割れについて経年変化調査を行うと同時に、これらのひび割れがPC桁の耐久性に及ぼす影響を調査する目的で、北海道の日本海側に位置する留萌海岸で供試体の暴露実験を行った。実験の要因は、縦ひび割れの有無、グラウトの品質、シースのかぶりおよびプレストレスの有無等である。

本報告は、10年および20年間暴露した供試体の解体調査結果である。

2. 供試体および調査概要

図-1に暴露供試体の諸元を示す。供試体は、20cm×25cmの断面をもつBBRVポストテンショニング方式によるPC桁で、プレストレスを導入したP型、プレストレスを導入しないN型の2種類とし、長さはN型で95cm、P型で145cmである。また、シースの径は36mm、PC鋼線はφ7mm-7本である。表-1に供試体の種類を、表-2に使用したコンクリートの配合を示す。

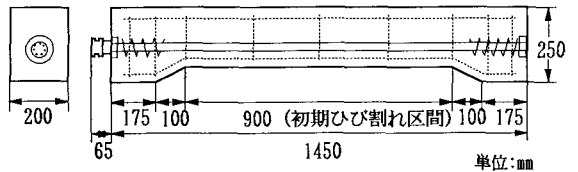


図-1 暴露供試体諸元

表-1 暴露供試体の内訳

グラウト種別	かぶり(mm)	縦ひび割れ有無
A 指針に適合	36	無し
	54	有り
B W/C=0.7その他は指針に適合	36	無し
	54	有り
C グラウトなし	36	無し
	54	有り

供試体は蒸気養生した後、コンクリートが所定の強度になったことを確認してプレストレスの導入を行った。導入時のコンクリート強度は448kgf/cm² ($f'_c=260\text{kgf/cm}^2$)、標準養生を行った28日圧縮強度は645kgf/cm² ($f'_{28}=400\text{kgf/cm}^2$)であった。プレストレス導入力はPC鋼線の応力度にすると94.5kgf/mm²である。

縦ひび割れは、コンクリート打設時に供試体底面に鋼板を設置し脱型後引き抜くという方法で導入したほか、シースに水を注入し凍結膨張により導入したが、当初に意図していたひび割れ幅(0.2, 0.5mm)の制御ができず、いずれの方法でも0.3~1.5mmと比較的大きいものとなった。

グラウトはグラウトポンプを用いて注入したが、供試体の底面を上にしたため気泡などの欠陥が導入したひび割れの直下に

表-2 コンクリートの配合

集中することとなり、縦ひび割れがPC鋼線の腐食に及ぼす影響が大きくなった。

骨材の最大寸法(mm)	スランブ(cm)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m ³)			
				水	セメント	細骨材	粗骨材
20	4~6	38	38	144	380	754	1212

暴露場所は、日本海沿岸の留萌市で、汀線から30~40m、地上1~4mの桁台を設置し暴露した。

暴露地点の日平均飛来塩分量は100cm²当り約3mgである。

調査項目と方法について概要を表-3に示す。

表-3 調査概要

調査項目	調査方法
ひび割れ幅の測定	測微鏡による測定(暴露開始時、5年後、解体前)
自然電位測定	供試体を一定時間吸水させた後、飽和硫酸銅電極を用いて測定した
かぶり厚さの測定	シース、スターラップ、組立筋について行った
中性化深さの測定	フェノールフタレイン1%エタノール溶液を用いて測定
グラウトの充填状態調査	目視によりケーブル断面の充填状態を測定した
シース、PC鋼線の腐食状況調査	基準にしたがって目視により分類した
塩分量調査	試料を0.15mm以下に粉碎し、全塩化物イオン量と可溶性塩化物イオン量を抽出し、吸光度法により測定

3. 結果及び考察

図-2に暴露開始時点と20年後における縦ひび割れ幅の分布を示す。0.5mm以下のひび

割れは暴露開始時点では39%であった。しかし、10年後には1/5になり、1mm以上のひび割れは4倍に増えていた。また、20年後では0.5mm以下のひび割れが3%になり、1mm以上のひび割れが19%から92%へと増加していた。

図-3はコンクリート中の全塩化物イオン量である。この図からシース位置の塩化物イオン量についてみると、深さ36mmでコンクリート1m³当たり約0.8kgと土木学会RC示方書で定められた0.6kg/m³を10年で超えている。一方、54mmでは20年で約0.3kg/m³となっている。

縦ひび割れのない供試体の場合、かぶり36mmの場合でも、20年間の暴露試験ではほとんど腐食が生じていない。また、PC鋼線の腐食程度もA(腐食なし)、腐食程度B(軽度)、腐食程度C(中度)と、全ての測点で耐力に影響を及ぼす腐食は生じていない。

これに対して、縦ひび割れのある供試体の場合、シースの腐食は10年では腐食程度Ⅲ(中度)、Ⅳ(重度)の割合が各々79%、86%となっていた。しかし20年では、今回調査した供試体すべてが腐食によりシースが消失していた。また、PC鋼線の腐食は、腐食程度A、Bの割合がW/Cが40%で39%、W/Cが70%では15%と明らかに違う。この原因として先に述べたグラウト中の塩化物イオン量と、グラウトの充填状態の良否が考えられる。グラウトのW/Cと充填状態の関係を調査した結果、W/Cが40%の場合、シース断面

に対してグラウトが90%以上充填されている測点が全体の80%あるのに対して、W/Cが70%では37%に過ぎず、さらに断面の半分以下しか充填されていないものが30%あった。注入は同一の装置を使用し同様の手順で行ったので、この差は注入後の材料分離などによって発生したものであるといえる。

図-4はグラウトの種類とPC鋼線の腐食程度である。10年後でもW/Cが70%でD(重度:断面の20~30%欠損)の腐食が半数以上を占め、20年ではE(重度:断面の50%以上欠損)の腐食が占めている。この

図からW/CによるPC鋼線の腐食の差がみてとれる。いずれの場合にも、グラウトの充填状態が悪い箇所ではPC鋼線の著しい腐食が確認された。

自然電位とPC鋼線の腐食の関係を図-5に示す。暴露試験10年後の結果では、シースの影響があると思われる、明確な相関がみられない。しかし、今回行った20年後の結果では-350mVより卑となる測点が多数を占め、PC鋼線の腐食もEの腐食がみられた。

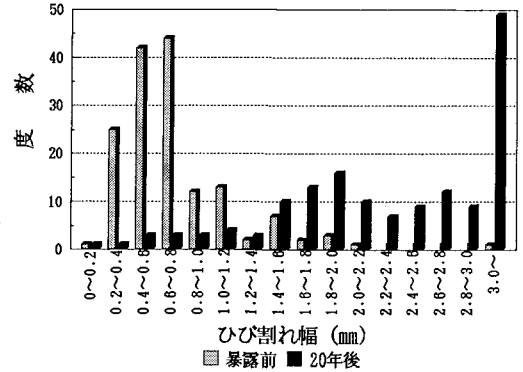


図-2 縦ひび割れ幅の分布

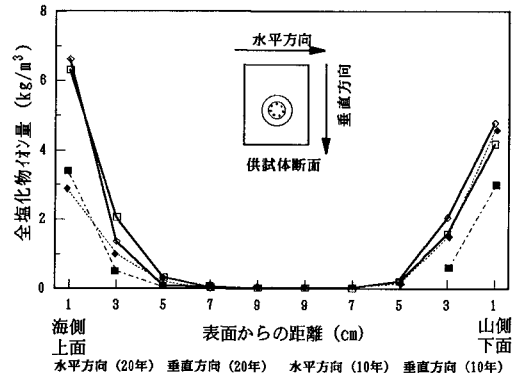


図-3 コンクリート中の塩化物イオン量

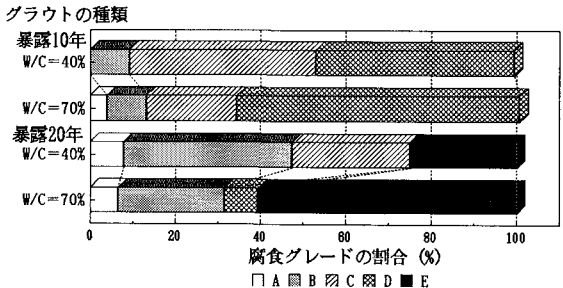


図-4 グラウトの種類とPC鋼線の腐食

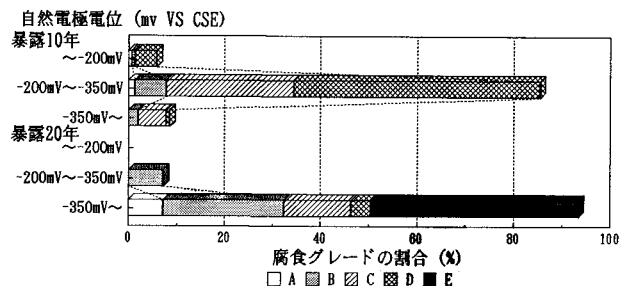


図-5 自然電位とPC鋼線の腐食