

V-330 補修・補強を施したPC橋の劣化および耐荷力

北海道開発局 開発土木研究所 正会員 小尾 稔

北海道開発局 開発土木研究所 正会員 堺 孝司

1. まえがき

海岸地方、特に海から強い季節風を受ける環境に置かれたコンクリート構造物は、飛来してくる塩分によって内部の鋼材が腐食する、いわゆる塩害を受けるケースが多い。これまで、塩害を受けたコンクリート構造物の補修・補強が数多く行われてきている。本報告は架設後32年、補修・補強後13年を経過したPC橋の劣化度および耐荷力を調べるために行った各種非破壊試験および主桁静的載荷試験の結果について述べるものである。

2. 試験概要

試験を行った橋は、北海道宗谷管内を通る国道238号に架設され、海岸から約70mに位置している。したがって凍害や塩害を受ける環境にあった。3径間のマニエル式ポストテンションPC単純T桁橋で、橋長60.42m、支間19.44m、有効幅員6.0mである。1径間5本の主桁から成っており、今回は、第3径間の上流側から第1、4、5桁の主桁を切り出し調査を行った。3本の主桁のうち第4、5桁を載荷試験用とし、第1桁を非破壊試験→解体調査用とした。補修・補強の内訳は、第1、5桁が、ウェブにエポキシ樹脂含浸のガラス繊維（以下FRP）を接着し、下フランジに厚さ4.5mmの鋼板をエポキシ樹脂の注入により接着する方法であった。第4桁は全面にFRPが接着されていたが、第1、5桁より薄いものであった。第4、5桁で行った静的載荷試験は200tfアムスラー型載荷試験装置を用い、間隔1.5mの支間中央2点載荷とした。また支点は両端ヒンジ支点とした。第1桁に行った非破壊試験は、表面に接着された補修・補強材を全面取り除いた後、コンクリート強度推定としてシュミットハンマーによる反発硬度、PUNDITによる超音波伝播速度を測定し、鋼材腐食推定として自然電位と分極抵抗を測定した。自然電位を測定する際、照合電極（飽和硫酸銅電極）の対極の接続はシースへ接続する方法と鉄筋へ接続する方法について、そして測点をシース、鉄筋の真上にとった場合と；任意に15cm間隔の格子状で取った場合について測定を行った。

3. 試験結果および考察

破壊荷重は、第4桁が59.6t、第5桁が63.8tとなり計算値54.6tとほぼ近い値となった。ひびわれ荷重は第4、5桁ともほぼ30tとなった。FRPの接着力は場所によってばらつきがあったが、ひびわれ付近のコンクリートはFRPに引き剥される形となり、発生したひびわれは引っ張られた方向に表面から内部に斜めに刺さり込んだものとなった。第5桁は、試験時には既に鋼板の内側に錆が発生し、注入されていたエポキシ樹脂と完全に剥れた状態で、36cm間隔に打たれた固定用アンカーのみで機械的に定着されていた。荷重-たわみ曲線を図-1に、ひびわれ性状を図-2に示す。第5桁はアンカーのみで定着されて

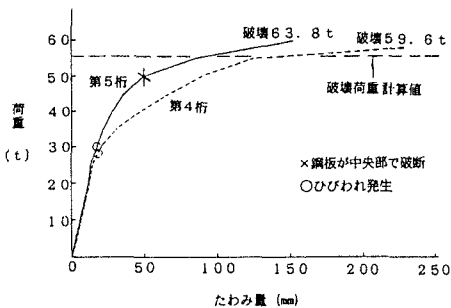


図-1 荷重-たわみ曲線

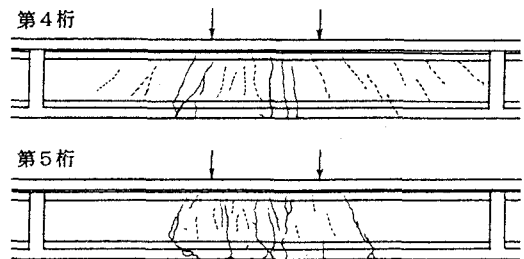


図-2 載荷桁ひびわれ性状

いたにもかかわらず、4桁に比べて桁全体の剛性が上がっており、ひびわれ発生後もたわみ量の増加が小さかった。しかし荷重が50tになり鋼板が桁中央の溶接部から破断すると

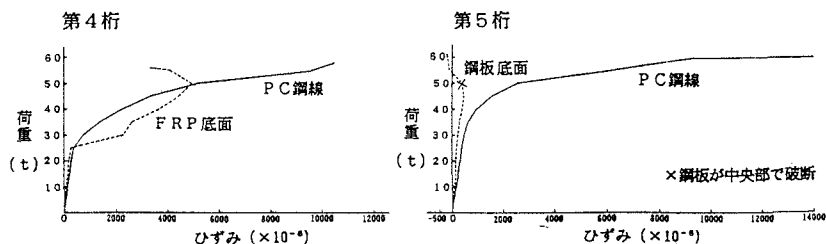


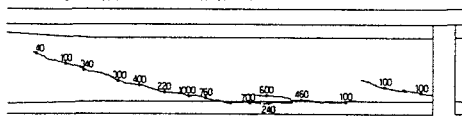
図-3 PC鋼線と補強材料のひずみ変化

ひびわれが桁中央に集中し破壊した。図-3は、PC鋼線と桁中央底面に貼り付けたひずみゲージの変化を表わしたものであるが、4桁のFRPのひずみはひびわれ発生後急激に増大し耐荷力に影響していないことが分かる。

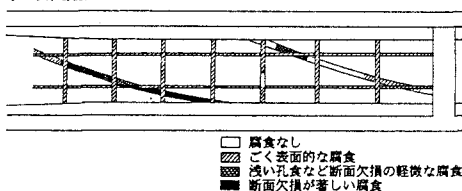
コアコンクリートの圧縮強度は、ばらつきが大きかったものの平均 741.6kg/cm^2 であった。また、反発硬度による推定強度は平均 515.3kg/cm^2 であった。複合非破壊強度式による推定強度は平均 584.5kg/cm^2 であった。なお、この値は現場における超音波伝播時間の測定値に問題があったので、代わりとしてコア供試体による測定結果を用いて求めた。図-4にひびわれ・腐食状況と自然電位および分極抵抗分布を示す。対極の接続方法の違いの影響は、測定データからはほとんど見られなかった。測点の違いの影響について言えば、図-4の様に電位勾配および分布はシースの部分についてはほぼ一致している。これは、シースのかぶり鉄筋のかぶりより倍以上も大きく、また、シースそのものの絶対的な表面積も大きいことから、多少測点が異なっても評価できる範囲内にあったためと思われる。したがってシースの腐食を評価するうえでは両者のどちらの測定方法でも有効であると考えられる。分極抵抗は、腐食速度、腐食量等を求める場合は更に別な評価を行わなければならないが、一般的な関係である自然電位が卑である程分極抵抗が小さいという関係は図中にも表われている。また、図中の「断面欠損が著しい腐食」として示した位置は、完全にシースおよびPC鋼線が腐食欠損しており、プレストレスがかかっていない状態であった。

今回調査したPC橋の主桁の補修・補強効果は、終局耐力以下について見ると全面FRP接着桁はその効果がなく、鋼板・FRP接着桁は変形抑制に対する効果があった。終局耐力については2桁とも実際の耐荷力は計算値を10%程上回ったが、FRPおよび鋼板のひずみ測定結果から見るとこれらの終局耐力に対する寄与はなかったと判断される。コンクリートの品質はきわめて良く、塩分量、細孔分布等を現在分析中であるが、その圧縮強度から推定すると組織も緻密であると思われる。したがって、PCケーブルの腐食はグラウト部の凍結によってひびわれが生じ、そこから塩分が浸入したことが原因であると考えられる。

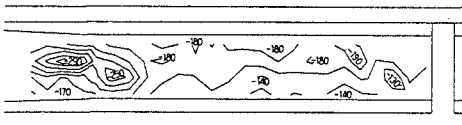
ひびわれ状況 数値はひびわれ幅 (μm)



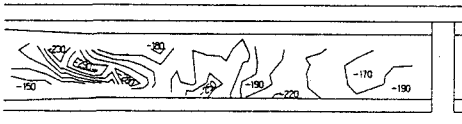
シース、鉄筋腐食状況



自然電位分布（一定間隔で測点をとった場合）(mV vs. CSE)



自然電位分布（鉄筋、シース上に測点を取った場合）(mV vs. CSE)



分極抵抗分布 ($\text{k}\Omega$)

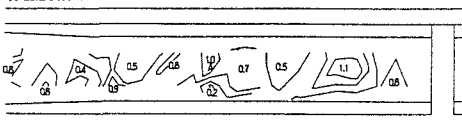


図-4 ひびわれ・腐食状況と自然電位および分極抵抗分布