

(40) アウトケーブルによる横桁の補修方法

首都高速道路公団 東京保全部 滝沢義郎
 首都高速道路公団 東京保全部 菊地正剛
 住友建設株式会社 東京支店 榎本勝利
 住友建設株式会社 技術研究所 ○山内博司

1. まえがき

補修工事の対象となる高架橋は、ポストテンション桁3本を横締めで一体化した支間18.35mのPC単純桁である。横締めは両端横桁と3本の中間横桁の5ヶ所で行われている。

しかし本高架橋は竣工後20数年経過しているため点検を行った結果、主桁と横桁の境界に一部縁切れが生じているので、将来に向けて健全性を復元させる必要があると判断された。そこで横締め用PCケーブルの増設が計画された。増設PCケーブルは、アウトケーブル方式とするが、その設置方法は図-1のように主桁ウェブを貫通させ、既設横桁の両側に添わせる型式であるから、主桁部以外は空中に暴露している。このためPC鋼材としては防食性があり、かつ高架橋下が国道であるため不測の事態でケーブルが破断した場合、定着具が外部へ飛び出さないように主桁部で固定させる付着性能が要求される。

そこで特殊被覆PC鋼材の採用が検討された。この特殊被覆PC鋼材は防食性については問題は無いが、本工事のような使用状態での付着性能は不明なため、実験によって確認した後施工を行った。本報告は付着性能実験結果及び現場での施工について述べるものである。

2. 実験の種類

実験の種類としては、①静的引抜き試験と②実橋モデルによる緊張材切断試験の2種類

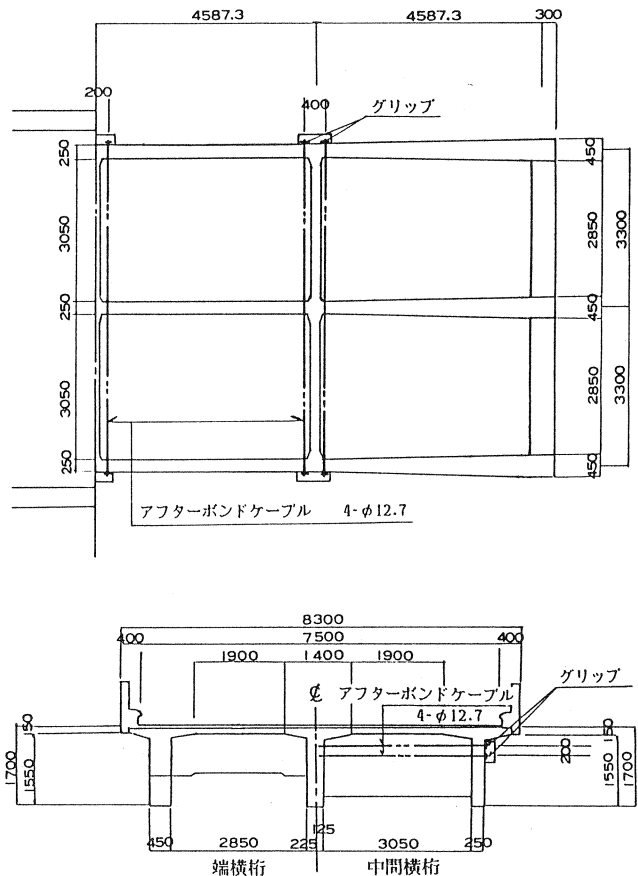


図-1 実橋における増設横締めケーブルの配置図

とした。

3. 静的引抜き試験

3-1 試験体の形状寸法及び試験方法

試験方法は通常の鉄筋の付着試験方法に準じ、試験体は図-2のように矩形のコンクリートブロックの中央にPC鋼材が設置された形とする。付着長は実橋の主桁ウェブ厚さと同じ25cmと低減率80%を考慮した20cmの2種類とし、PC鋼材は実施工と同じ $\phi 12.7$ mmとした。

3-2 試験体の種類

試験体はコンクリートを削孔後PC鋼材を挿入し、グラウト注入により定着するタイプが2種類と比較のため直接コンクリートに埋設するものと、定着方法では3種類とした。(表-1を参照)

3-3 使用材料

PC鋼材は、PC鋼材の表面を常温硬化性樹脂とポリエチレンシースで被覆した特殊被覆PC鋼材である。グラウト材はエポキシ樹脂と無収縮セメントミルクの2種類とした。

3-4 静的引抜き試験結果

表-2に結果を示す。併せて破壊時における各層の境界面の付着強度を示す。

破壊状態はいずれもPC鋼材と樹脂との境界で付着切れが生じ、シースとグラウト、グラウトと孔壁面の境界では異状は無かった。このことから、この特殊被覆PC鋼材の定着力はPC鋼材と樹脂との付着強度が要因となることが明らかとなった。

破壊耐力に着目すると、実施工で予定しているEPXは付着長20cmで10.5Ton、実施工と同じ付着長である25cmでは11.5Tonである。

ここで $\phi 12.7$ mm PC鋼材の使用状態における緊張力は11.2Tonであるから、力のつり合いでは付着切れが生じる可能性がある。定着具の飛び出しは、PC鋼材の切断衝撃によるものなので、これについては切断試験の項について述べる。

CEMは付着長20cmのみについてみるとEPX、CONに比べて耐力は20%前後大きい。これはグラウト材が膨張性の材料であるため、内圧によるものと考えられる。

破壊の境界面であるPC鋼材と樹脂との付着強度は100kg/cm²であり、メーカーの試験結果に近い値を得た。

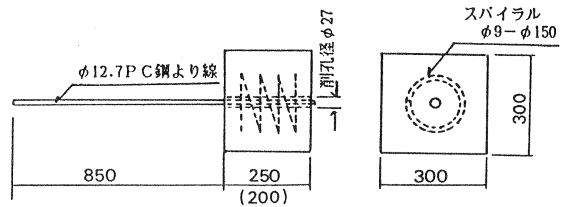


図-2 静的引抜き試験用試験体図

表-1 静的引抜き試験用試験体の種類

タイプ	付着長	グラウト材	数量
EPX-20	20cm	エポキシ樹脂	3
CEM-20	20cm	セメントミルク	3
CON-20	20cm	コンクリート埋設	3
EPX-25	25cm	エポキシ樹脂	3
CEM-25	25cm	セメントミルク	3
CON-25	25cm	コンクリート埋設	3

表-2 静的引抜き試験結果

タイプ	付着長	破壊耐力 (ton)	付着強度 (kg/cm ²)	
			鋼材-樹脂	シース-グラウト
EPX-20	20cm	10.5	102	> 88
CEM-20	20cm	13.2	128	> 109
CON-20	20cm	11.4	111	> 96
EPX-25	25cm	11.5	89	> 77
CEM-25	25cm	9.9*	75	> 66
CON-25	25cm	14.9	116	> 100

*養生条件の相異により樹脂未硬化。

4. 緊張材切断試験

4-1 試験体の形状寸法と製作方法

試験体は図-3に示すように実橋寸法に合わせてフリー区間（主桁と主桁の純間隔）を3,050とし、定着長としては中間横桁部の主桁ウェブ厚さである250とその80%にあたる200の2種類とした。

試験体の製作は、フリー区間はシースを設けておくが、定着区間は実施工と同じように削孔し、PC鋼材を挿入後、所定の緊張力を導入した。その後定着区間にエポキシを注入して完成させた。導入緊張力は実橋の場合11.2Tonに対して表-3に示すようにやや大きい。

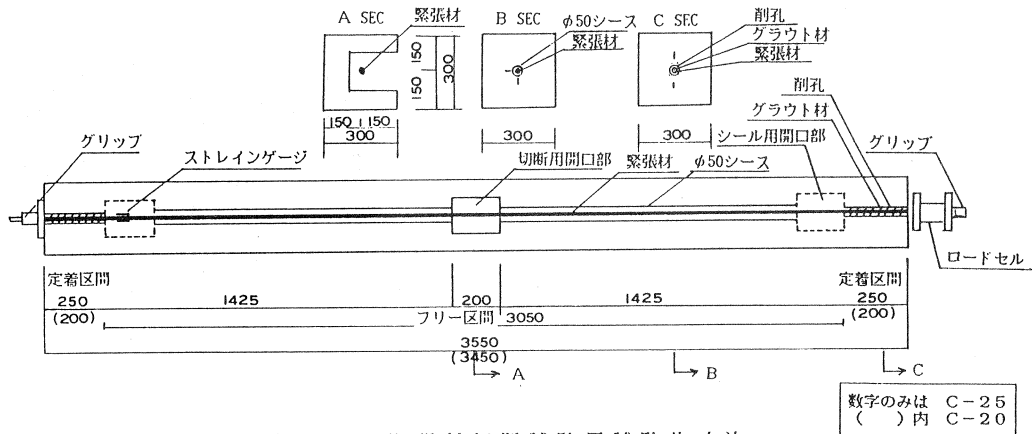


図-3 緊張材切断試験用試験体寸法

表-3 緊張材切断試験用試験体の種類

タイプ	PC鋼材	定着長	グラウト材	導入緊張力	数量
C-20	φ12.7	20cm	エポキシ樹脂	11.8~12.6T	3
C-25	φ12.7	25cm	エポキシ樹脂	12.1~12.2T	3

4-2 試験方法

試験は試験体中央に設けられた開口部でガイドカッターにより、できるだけ迅速に緊張材を切断し、定着具の飛び出しを目視及び電動変位計にて調査した。更にPC鋼材の応力変化をロードセルとストレインゲージにより動的測定を行った。

4-3 緊張材切断試験結果

緊張材の切断によっては、全試験体とも定着具の飛び出しのみならず、定着具のゆるみも生じなかった。緊張材は7本の素線がより合わされているので同時に切断されず、段階的に切断された。通常、PCより線は一時に切断されることはなく、素材が順次切断されるので、今回の実験は妥当なものと思われる。

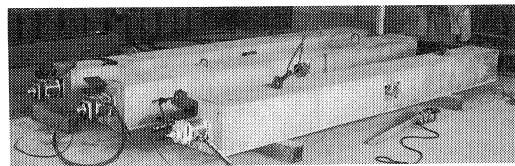


写真-1 緊張材切断試験用試験体

図-4に緊張材切断時の緊張力の時間的変化の一例を示す。ここで緊張力とはフリー区間のPC鋼材の張力であり、ロードセルとは定着区間とグリップの間の張力である。

図より第一段階の切断で導入張力の70%以上にあたる9.3Tonの張力が減少した。この時点ではロードセルに影響が見られないことは定着区間の付着が破壊されていないことを示している。しかし最終的にはロードセルの結果から付着切れを起していることがわかる。これは静的引抜き試験の結果を裏付けている。

PC鋼材の切断による衝撃でグリップが飛ばさないのは以下の事が考えられる。

第一段階の切断で9.3Tonの張力減少に要した時間は0.001秒であった。PC鋼材の移動量を鋼材の平均縮み量 $0.5P_d / A_p \cdot E_p$ 、質量をPC鋼材重量とすると、運動方程式 $F_t = m v_2 - m v_1$ を用いて衝撃力を算出すると0.7Tonとなる。定着区間に作用する力は $9.3 + 0.7 = 10.0$ Tonとなり、これは静的耐力を下回ることになる。

5. まとめ

実橋と同じモデルで試験を行ったが、静的引抜き試験結果からは力と力のつり合いでは定着区間の付着切れは生じるが、切断試験では衝撃力が小さかったためグリップの飛び出しは全く無いことが確認された。

6. 実橋における補修

作業手順としては、①主桁PCケーブルの探査-X線写真、②主桁部削孔-ダイヤモンドドリル、③増設PCケーブルの配置-特殊被覆PCケーブル、④緊張-モノグリップジャッキ、⑤主桁削孔部シール、⑥主桁部注入-エポキシ樹脂、⑦緊張端防落-ステンレスカバーネジ止めである。

使用材料であるPCケーブル、注入用樹脂、使用機器である削孔機、緊張用ジャッキ、注入用機器等全て実験で用いたものと同じのものを使用した。

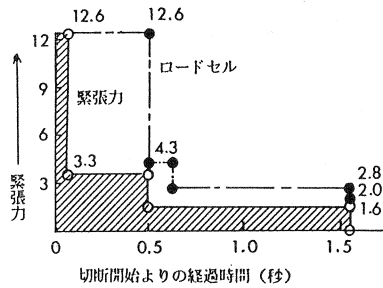


図-4 緊張材切断試験結果(タイプC-20)
(緊張力の時間的变化)



写真-2 主桁部への注入



写真-3 完成後