

プレストレス低下によるポストテンション単純T桁橋の健全性に関する検討

東京地下鉄株式会社 正会員 ○柳沢有一郎, 非会員 小柴 康平, 亀井 啓太, 保栖 重夫
株式会社 CORE 技術研究所 正会員 西 弘, 小椋 紀彦, 橋本 達朗, 非会員 益村 拓朗

1. はじめに

東京地下鉄株式会社(以下,東京メトロと称す)では,現在,営業線約195kmのうちトンネルが85%程度を占め,残り15%の地上構造物のうち9%(17.4km)がポストテンション方式単純T桁橋(以下,PCT桁橋と称す)である.東京メトロのPCT桁橋の特徴は,昭和40年代に建設されている高架橋が多く市街地に隣接している.主ケーブルには上縁定着方式のPC鋼線が採用されており,幅員が4.5m程度であることから横締めケーブルにはPC鋼棒が使用されている.これらのPC鋼材が破断すると,第三者災害を引き起こす可能性があるばかりでなく,部材の耐荷性能の低下にも繋がる.以上から,現在,PCT桁橋を多く保有している東西線では,予防保全として,主ケーブルと横締めケーブルのPCグラウト充填度調査,横締め突出防止,表面保護工等の工事を実施している.一方,リスクマネジメントの一つとして,仮にPCT桁橋のPC鋼材が破断に至った場合,どの部位に変状が生じるかを把握し,点検時においても速やかに判断する必要がある.そのため,今後の維持管理の指標として,3次元FEM解析を用い,プレストレス低下によるPCT桁橋の健全性に関する解析的検討を行った.

2. 検討内容

2.1 検討対象橋梁

対象橋梁は東西線の標準桁「PCT桁橋(2主桁)」とし,建設当時の設計図書より設計荷重時に最も大きい断面力が生じている径間を選定した.橋梁諸元を表-1に示す.

表-1 橋梁諸元

構造形式	ポストテンション方式単純T桁橋(鉄道橋)
橋梁規模	橋長24.96m(支間長24.20m),幅員4.39m
斜 角	90°00'00"
活 荷 重	軸重16tf(列車荷重)
コンクリート	主桁 40N/mm ² , 床版・横桁 30N/mm ²
PC 鋼材	主方向 PC 鋼線 SWPR 12 φ 7mm
	横方向 PC 鋼棒 SBPC110 φ 24mm
鉄 筋	主桁・床版・横桁 SR235

2.2 検討方法

検討方法は3次元ソリッドモデルによる線形FEM解析を用いた.主桁の検討ではプレストレスによる曲げ応力度の影響が大きい最下段の主ケーブルからプレストレス量を除去することとし,1ケーブル毎に除去していき,最大4ケーブルのプレストレス低下による主桁,床版,横桁の応力状態を検証した.主ケーブルのプレストレスを低下させていく主桁はG1桁を基本とし,G2桁が健全な場合と主ケーブル1本除去した場合を検討した(図-1).また,床版,横桁の横締めケーブルについてもプレストレス低下による検討を行った.

評価方法は死荷重時と設計荷重時における各部材の引張応力度が,コンクリート標準示方書の曲げひび割れ強度に達した時にひび割れが発生することとした.

2.3 解析モデル

解析モデルを図-1に示す.解析モデルは主桁および横組を構成した2主桁で,橋軸方向の対称性を考慮した支間1/2モデルとした.使用要素はコンクリートがソリッド要素,PCケーブル,鉄筋を埋込鉄筋要素とした.

解析ステップは建設当時の施工順序(主桁架設,横組工,橋面工,活荷重)を再現した.

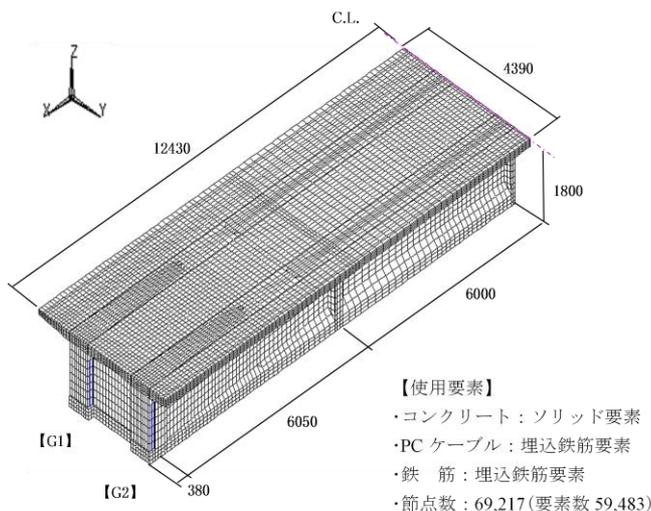


図-1 PCT 桁の解析モデル

キーワード ポストテンションT桁橋, グラウト充填不良, PC鋼材破断, ひび割れ, たわみ, 維持管理
連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野3丁目19番6号 東京地下鉄株式会社 TEL: 03-3837-7264

3. 検討結果

3.1 主桁のひび割れ

図-2にG1桁の主ケーブルのプレストレス低下による支間中央部における主桁下縁応力度を示す。設計荷重時において、主ケーブルを3本除去した場合に主桁下縁には引張応力度 2.12N/mm²が生じ、曲げひび割れ強度の1.34N/mm²以上の引張応力度が発生する。さらに、主ケーブルを4本除去すると3.00N/mm²が生じ、コンクリート引張強度の2.69N/mm²以上となる。

死荷重時においては、G1桁の主ケーブルを9本除去すると、支間中央部において主桁下縁に曲げひび割れ強度以上の引張応力度が発生し、主ケーブルを10本除去するとコンクリート引張強度以上となる。

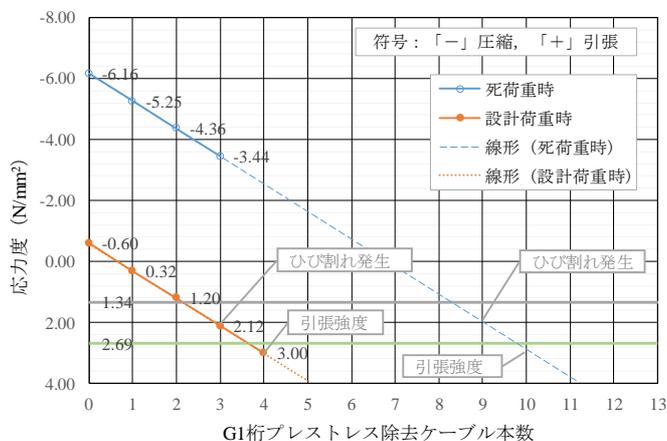


図-2 G1桁の主桁下縁応力度

表-2にG2桁が健全な場合と主ケーブルを1本除去した場合の検討結果を示す。主桁にひび割れ等が生じる事象は、1径間当り(2主桁)の主ケーブル除去本数が同じ場合、ほぼ同様なタイミングで発生する結果となった。

表-2 ひび割れ発生強度に達する主ケーブルの除去本数

項目	死荷重時		設計荷重時	
	G2桁健全	G2桁1本除去	G2桁健全	G2桁1本除去
ひび割れ強度	9本	9本	3本	3本
引張強度	10本	10本	4本	5本

【凡例】

ひび割れ強度 $f_{bc} = 1.34 \text{ N/mm}^2$ (40 N/mm^2 $h=1.80 \text{ m}$)

引張強度 $f_{tk} = 0.23 \times 40.0^2 = 2.69 \text{ N/mm}^2$

G2健全: G2桁が健全でG1桁の主ケーブルを1本毎除去したケース

G21本除去: G2桁の主ケーブルを1本除去しG1桁を1本毎除去したケース

3.2 横桁のひび割れ

上部工の挙動は、主ケーブルのプレストレス低下によりG1桁の支間中央部がたわみ、主桁と横桁にねじりが生じることで、主桁と端部横桁、中間横桁の接続部に橋

軸直角方向の引張力が発生する(図-3)。そのため、死荷重時においては、端部横桁でケーブル2本除去、中間横桁では主ケーブル3本除去で曲げひび割れ強度以上の引張応力度が発生する結果となった。

3.3 変位

図-3にG2桁は健全でG1桁の主ケーブルを4本除去した場合の鉛直変位を示す。G1桁の支間中央部で「-4.17~-4.79mm」の鉛直変位が発生していることから、主ケーブル1本除去当たり1mm程度の鉛直変位が生じることが判った。

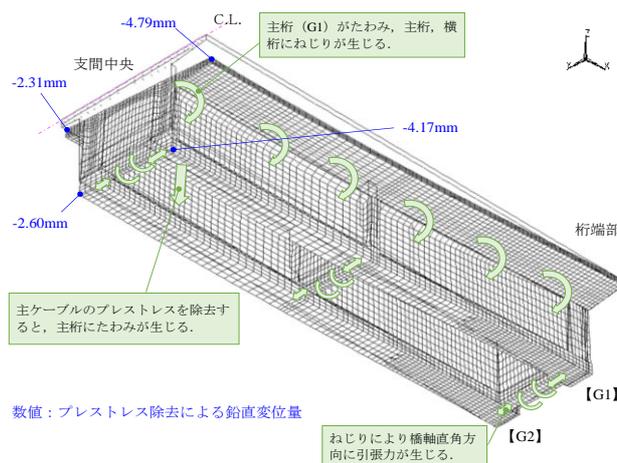


図-3 G1桁主ケーブル4本除去による鉛直変位

4. まとめ

- (1) 上部工の挙動は、主ケーブルのプレストレス除去によりG1桁の支間中央部がたわみ、主桁と横桁の接続部にひび割れが生じる。その後、除去本数の増加に伴い支間中央部の主桁下縁に曲げひび割れが生じる。
- (2) 今回の検討の結果、①主ケーブルが2本破断した場合、死荷重時に主桁と横桁の接続部にひび割れが発生する。この時、主桁に曲げひび割れは生じていない。②主ケーブルが3本破断し、列車荷重が載荷されると主桁の支間中央部にひび割れが発生する。そのため、主桁の曲げひび割れが認められた場合は、速やかに詳細調査による原因を究明して、列車運行停止の準備を行うとともに耐荷性能を回復するための補強の検討が必要となる。
- (3) 径間当りの主ケーブルを1本除去する毎に1mm程度のたわみが主桁の支間中央部で生じることから、高感度の計測機器等を用いると上部工の健全度がモニタリングできる可能性があることが判った。
- (4) 今後、定期点検の結果を利用して断面欠損等の剛性低下を評価した上部工の健全性を検討し、実情にあった維持管理の指標の整理とデータ蓄積を行う予定である。