

P C床版のプレストレス導入における閉断面および開断面箱桁の力学的特性

トピー工業：正会員○竹内征規，正会員 山田聡，佐々木桂介

1. はじめに

近年、コンクリート床版の耐久性向上、鋼上部構造の合理化およびライフサイクルコストを視野に入れた経済性向上などを目的として、鋼橋でのプレストレストコンクリート床版（P C床版）の採用が増加している。床版コンクリートを現場で打設する場合（現場打ちP C床版）、P C鋼材への張力導入はポストテンション方式となる。ポストテンション方式を採用する場合の箱桁断面としては従来の閉断面箱桁（以下、閉断面と略す）と開断面箱桁（以下、開断面と略す）が採用されている。しかし、箱桁上フランジおよびダイヤフラムの拘束度の違いによる床版および鋼桁の応力および変形などの力学的挙動は十分解明されているとは言い難い。そこで、本研究ではポストテンション工法を採用した現場打ちP C床版について、プレストレス導入による閉断面と開断面の力学的挙動を実験とFEM解析により比較検証した。

2. 実験概要

支間長 60m（有効幅員 6.75m）程度の連続合成桁を想定した実物大モデルで、閉断面と開断面のプレストレス導入実験を実施した。試験体断面を図1、図2に示す。使用材料は鋼桁が SM400、床版が早強コンクリート、設計基準強度 $\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$ 、P C鋼材は SWPR19L(1S21.8 プレグアウトタイプ)である。コンクリートの静弾性係数は試験結果により閉断面： 380000N/mm^2 、開断面： 371000N/mm^2 とした。試験体の橋軸方向長さは 2700mm でダイヤフラムを中央に1箇所配置した。箱桁上の床版挙動確認を主目的としたため、床版張り出し長は極力短くした。また、P C鋼材は 500mm 間隔で直線に5本配置し、その導入張力は $422\text{kN}/\text{本}$ でCCL工法により導入した。計測項目は床版と桁の応力、変位、およびP C鋼材張力とした。

3. FEM解析概要

解析ケースは、床版+閉断面、床版+開断面、床版単独の3ケースとした。閉断面と開断面の解析モデルを図3、図4に示す。解析モデルは床版をソリッド要素、桁をシェル要素、スタッドジベルをビーム要素、P C鋼材をリンク要素とした。境界条件はコンクリートと鋼およびスタッドジベルの接触面は剛結、コンクリートとP C鋼材は接触がないものとしてP C鋼材端部のみを剛結とした。荷重はP C鋼材端部にダミーとしてジャッキ相当の要素を挿入し、このジャッキ要素に実験時の導入張力 422kN を発生させるような初期ひずみを与えることで载荷した。

4. 実験とFEM解析の結果

(1) 床版の応力

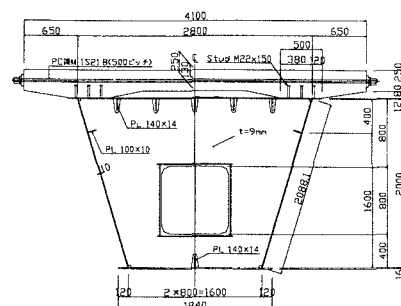


図1 閉断面箱桁断面図

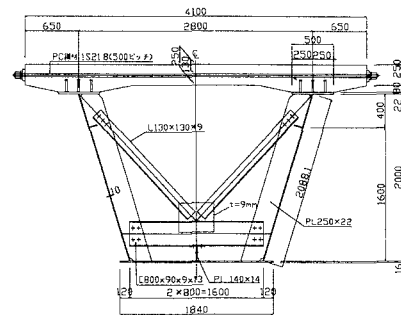


図2 開断面箱桁断面図

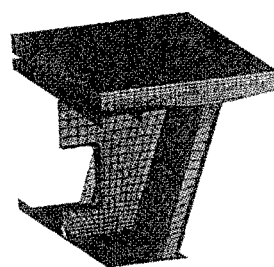


図3 閉断面モデル

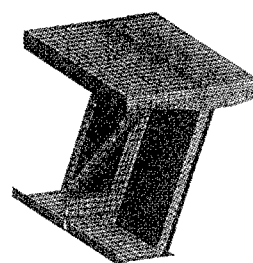


図4 開断面モデル

プレストレス導入直後のダイヤフラム上の床版応力計測結果を図5,図6に示す。

1) 閉断面

床版支間中央部の上面圧縮応力度は設計値に対して実験値で 1.14N/mm^2 (40%), FEM解析値(以下,解析値と略す)で 0.68N/mm^2 (24%)上回った。下面圧縮応力度は設計値に対して実験値で 0.78N/mm^2 (21%),解析値で 1.46N/mm^2 (40%)下回った。一方,床版支点部上面の圧縮応力は実験値で 0.61N/mm^2 (15%),解析値で 0.31N/mm^2 (7%)設計値よりも大きくなった。

2) 開断面

床版支間中央部は,実験値,解析値とも設計値とほぼ一致した。一方,床版支点部の上面圧縮応力度は実験値で 1.07N/mm^2 (26%),解析値で 0.23N/mm^2 (6%),設計値よりも大きくなった。

(2) 床版の変形

プレストレス導入直後の床版の鉛直変位を図7,図8に示す。開断面の解析結果は床版単独での解析結果とほとんど一致しており,実験値も同様の傾向を示している。一方,閉断面は床版単独の解析結果と明らかに異なる挙動を示し,箱桁拘束の影響により張り出し部が大きく上方に変形している。この変形状態は前項で述べた閉断面の床版応力と整合している。

(3) 桁の応力

閉断面の上フランジはダイヤフラム上のハンチ立ち上がり付近の縦リブ貫通孔周りに,板曲げによる応力集中が確認され,全域で平均 7N/mm^2 程度の圧縮応力度が確認された。開断面の上フランジは 1N/mm^2 程度の圧縮応力度で閉断面に比べ小さな値となっている。

5. まとめ

(1) 床版支間中央部

閉断面ではプレストレス導入による床版圧縮応力度は上フランジが床版の変形を拘束する影響により,設計値より上面では高く,下面では低くなる傾向であった。これにより床版応力度が許容値を超える可能性があるため,設計段階で応力の余裕等を見込むなどの配慮が必要であると思われる。

開断面では,変形,応力ともほぼ設計値通りの挙動を示すことが確認できた。

(2) 床版支点部

床版上面では閉断面,開断面とも設計値より大きめの圧縮応力が導入される。これは,有効プレストレスの計算では床版の支持条件を考慮していないのが原因であると思われる。

閉断面の場合,ハンチ打ち下ろし付近の上フランジに応力集中が発生するが,これは箱桁上ハンチを全面打ち下ろしタイプとすることで解決できる可能性がある。

今後はひずみ計測を継続して実施し,クリープおよび乾燥収縮の影響を検証していく予定である。

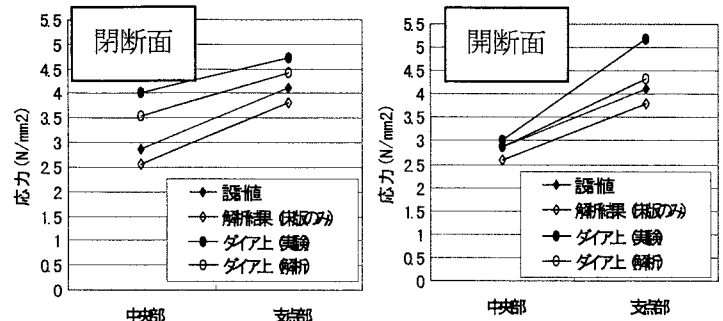


図5 床版上面応力度

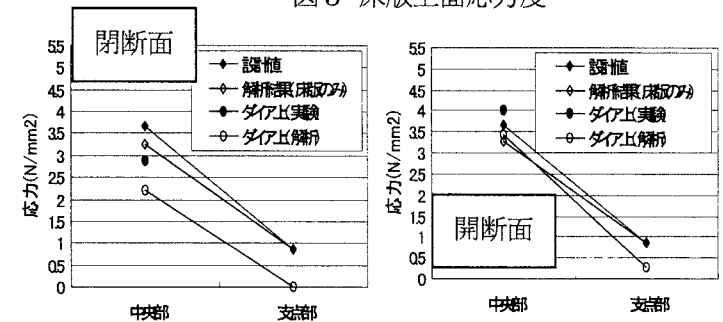


図6 床版下面応力度

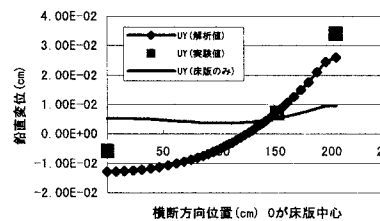


図7 閉断面の床版変形

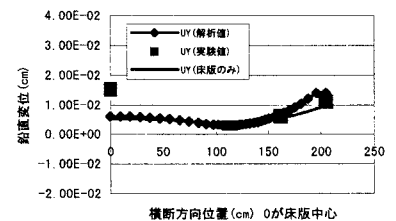


図8 開断面の床版変形