

スチールとPCの合成構造橋梁 (SPC橋梁) の紹介

黒沢建設 (株) 正会員 ○平井 圭
 黒沢建設 (株) 正会員 田邊 恵三

1. はじめに

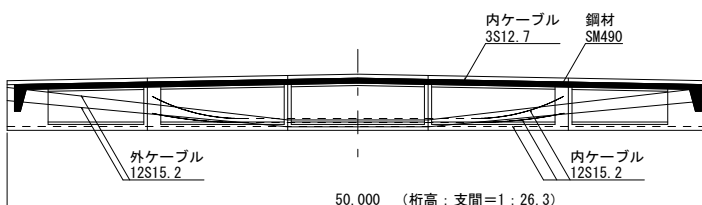
PC構造は、小さいコンクリート断面に多くのプレストレスを導入することや、桁高を低くして桁自重を軽量化して下部構造への負担を軽減することでも経済性向上が期待できる。しかし、両手法によってプレストレスが過多になると、断面圧縮縁の応力度が許容値を超越してしまうことから、導入プレストレス量の制限はコンクリートの圧縮強度に依存して大幅なプレストレス量の増加はできない。

これを改善する方法として、断面の圧縮側に鋼材を配置して見掛けのコンクリート断面を増やして対応する構造が提案されており、解析的、実験的に効果が実証されている^{1), 2)}。この断面の圧縮側に配置された鋼材 (以下、内包鋼材という) は、構造用鋼材としてのみ考慮されたものであったが、橋梁の施工方法によっては内包鋼材が架設材として活用することもできるため、このような活用方法により架設資材の費用削減に効果が期待できる。

本稿では、断面の圧縮側に内包鋼材を配置したスチール・PC合成構造の橋梁 (以下、SPC橋梁という) に関して、実験、解析、現場計測などの結果を報告するとともに、内包鋼材を架設材として利用した例も紹介する。

2. SPC構造の概要

SPC構造は、前述の断面圧縮側に内包鋼材を配置して、見掛けのコンクリート断面積を増やして大きなプレストレス導入量を確保する構造となっている。I型断面に内包鋼材を配置した例を図-1に示す。この例は、プレキャストセグメントの圧縮フランジ内に内包鋼材を配置して、内ケーブルに



<桁側面>

図-1 内包鋼材を構造材として使用した例

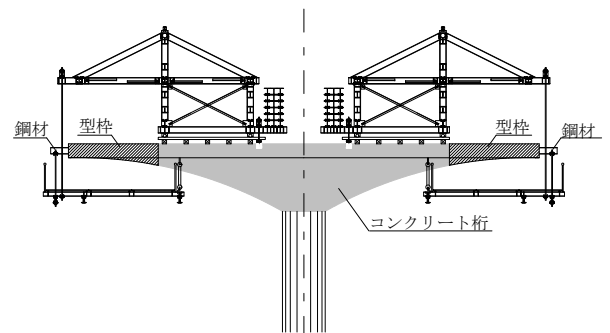


図-2 内包鋼材を構造材と架設材に兼用した例



写真-1 内包鋼材を架設材に兼用した例

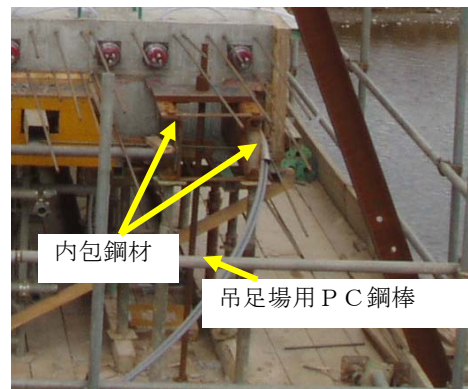


写真-2 内包鋼材の施工時活用 (A部拡大)

てセグメントを一体化し外ケーブルで活荷重に対応したSPC単純桁のものであり、内包鋼材を構造材としてのみ使用したものである。本例では、従来の内包鋼材に対する使用方法に加えて内包鋼材の桁端部に配置した端板に外ケーブルを定着して、内包鋼材と外ケーブルで張弦構造を形成したものである。一方、**図-2**に示した例は内包鋼材を構造材と架設資材とを兼用したものである。張出し施工を行う際に、吊足場や型枠といった資材の荷重を内包鋼材に負担させている。内包鋼材を既設コンクリートから張り出し、張り出し部分で型枠や吊足場などの資材を支持することによって移動式支保工を簡素化することが可能となり、架設費用の削減を図ることができる。また、施工完了後は内包鋼材を構造材として使用することができるため、断面性能を向上させることもできる。

写真-1および**写真-2**に実構造物に適用した例を示す。この例では、現場打ち張り出し工法の型枠および吊足場の死荷重を断面に配置した溝型鋼に反力を負担させて、施工完了後は溝型鋼を構造材として使用している。

3. SPC構造の性能

SPC構造の構造性能は、縮小試験体を用いた耐荷性能試験や実橋による挙動確認試験などによって確認されている。以下に、それぞれの試験結果の概要を示す。

3. 1 縮小試験体を用いた耐荷性能試験

本試験では、SPC構造の特徴である内包鋼材を配置した場合の桁に関して縮小試験体を用いた載荷試験を実施して、断面のひずみ分布や変形性能の確認を行った。**図-3**に縮小試験体の形状および寸法を示す。縮小試験体は、断面圧縮側にSS400の鋼板にφ19mmスタッドジベルを溶植したものを

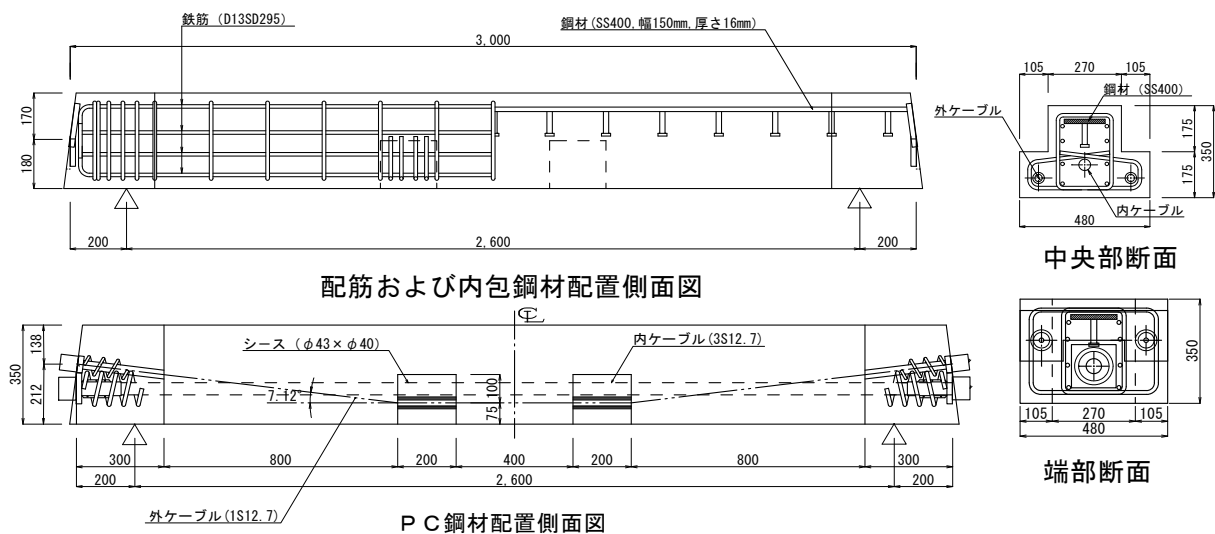


図-3 縮小試験体の形状および寸法



写真-3 載荷試験状況

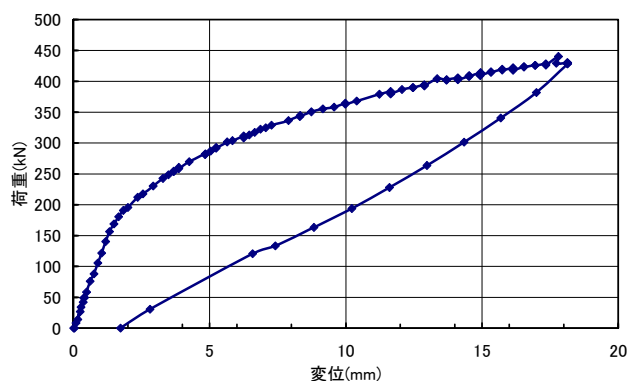


図-4 載荷点直下の荷重-変位関係

配置して、内ケーブル(3S12.7)および外ケーブル(1S12.7)をそれぞれ配置した。荷重試験時のコンクリート強度は45.5N/mm²であった。写真-3に荷重試験状況を示す。スパン中央600mmを等曲げ区間とする2点の荷重点に単調増加にて荷重を行った。

荷重試験より得られた荷重点における荷重と変形の間接関係を図-4に示す。荷重-変位関係によれば、荷重荷重が180kN付近にて勾配の変化があり、さらに明瞭ではないが290kN付近にて勾配の変化がある。一般的なPC構造のモデルであるトリリニア形状となっている。

荷重点における断面ひずみ分布を図-5に示す。断面のひずみは、軸方向鉄筋および内包鋼材にひずみゲージを貼り付けて測定を行った。断面ひずみ分布においては、荷重荷重が212kNまでは中立軸の位置は変化せずに断面上下縁のひずみが増加するが、300kNになると中立軸は急激に圧縮縁に移動している。これは、180kN付近にてひび割れが発生して断面性能が低下したことを示しており、荷重試験中に目視にて確認されたひび割れ発生荷重と一致している。また、圧縮側のひずみ分布においては、荷重荷重の増加とともに圧縮ひずみも増加しており、内包鋼材がコンクリートと一体に挙動していることが確認できる。

3. 2 実橋による挙動確認試験

実際に施工されたSPC単純桁橋において、設計時に断面圧縮側に配置した内包鋼材の断面積をヤング係数比倍してコンクリート断面に換算した。FEM弾性解析により得られた断面ひずみ分布と実橋における断面ひずみ分布を測定して、両者を比較することによって換算断面として扱うことの妥当性の確認を行った。

図-6に検討対象としたSPC単純桁橋の一般図を示す。本橋は、橋長52.1m、支間長50.9mであり、

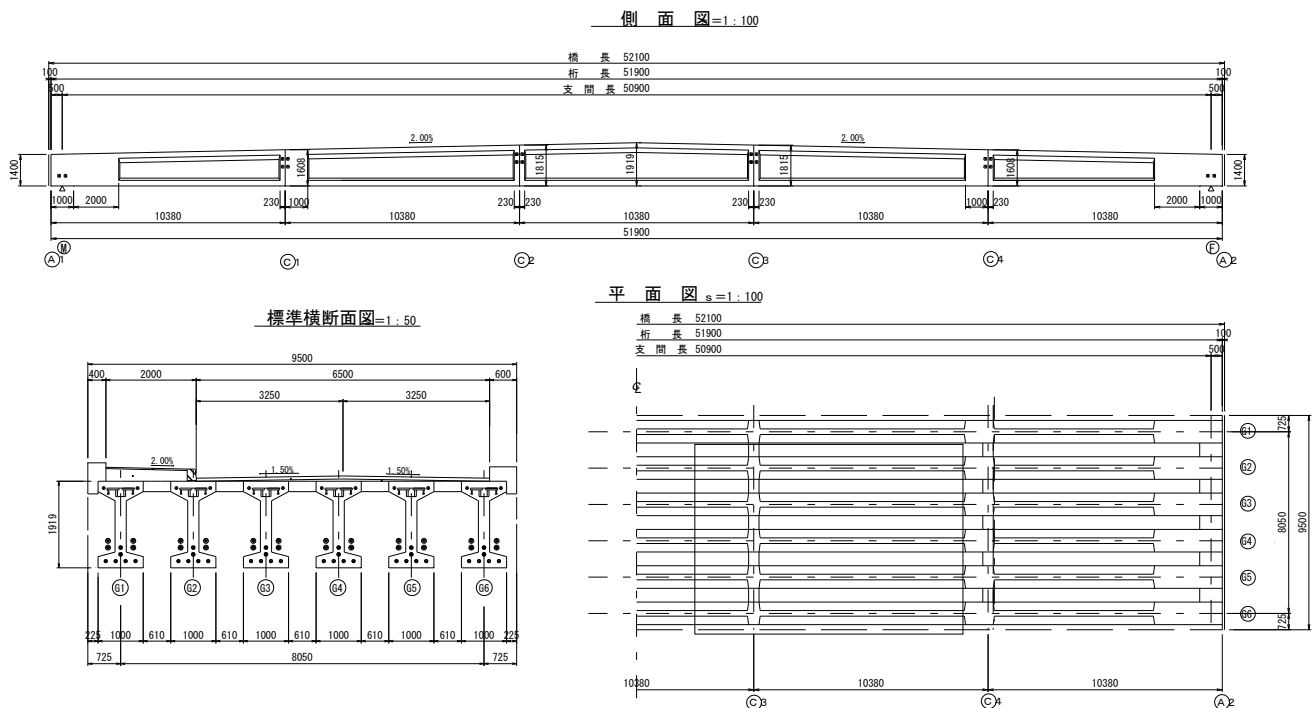


図-6 SPC単純桁橋の一般図

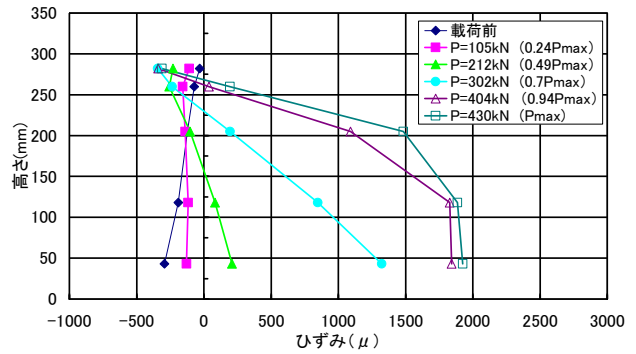


図-5 荷重点における断面ひずみ分布

主桁はI型断面で圧縮フランジに内包鋼材を配置して、5ピースに分割したセグメントを内ケーブルの緊張によって一体化した最大桁高1,919mmの単純桁橋である。桁高/支間は1/26.5であり、桁高が一般のPC桁よりも低くなっている。なお、内ケーブルは死荷重のみを負担し、活荷重は外ケーブルが負担している。

図-7に桁自重作用時の一般的な計算方法によって算出した断面縁応力度と、実橋にて測定したひずみから算出した縁応力度およびFEM解析によって算出した断面ひずみ分布を示す。図-8にFEM解析に用いたモデルを示す。断面上縁の応力度においては、設計時に一般的な計算方法によって算出した縁応力度と実測値は約6N/mm²でありほぼ一致している。また、断面下縁の応力度もそれぞれ約12N/mm²程度でありほぼ一致している。したがって、SPC橋梁の設計においては一般的な計算方法によって設計検討できることが確認された。

FEM解析結果は、断面高さ方向の分布形状や上下縁の応力度にやや乱れがあり実測値と比較しても一致しているとはいえないが、断面検討の目安として参考にすることは可能である。

4. 施工実績

SPC橋梁は、国内のみならず海外にも実績を有している。表-1にSPC橋梁の実績を示す。

表-1 SPC橋梁の実績

橋梁名	橋梁形式	支間長	発注者	施工年月
滋賀の神園第5橋梁	SPC桁橋	58.1m	神事秀明会	1982年6月
跡ヶ瀬大橋	SPC単純桁橋	50.9m	熊本県	2002年7月
菊池川歩道橋	3径間連続SPC斜張橋	29・58・29m	菊池市	2006年3月
Cha Hang 橋	SPC単純桁橋	40m	韓国ソウル市	2005年7月
Kongdan 橋	SPC単純桁橋	50m	韓国ソウル市	2008年12月
Bongam 橋	SPC単純桁橋	46m	韓国ソウル市	2008年12月

5. おわりに

本稿では、スチールとPCの合成構造の橋梁であるSPC橋梁の紹介をした。SPC橋梁は、場所打ちコンクリートの張出し施工などでは内包鋼材が架設機材も兼用し、さらに一般のPC構造に比べて断面により多くのプレストレスが導入できるため断面を小さくすることができ、結果として桁自重が軽くなり下部構造に対する作用荷重の軽減にも繋がる経済的な構造であるといえる。

6. 参考文献

- 野田, 大沢ほか: 圧縮域に補強鋼材を用いたプレストレストコンクリート桁の力学的挙動, 土木学会論文集No. 544, pp235-245, 1996. 8
- 山田, 生田ほか: S.P.C合成橋 (スチール・PC合成桁橋) の開発, 土木学会第57回年次学術講演会, 平成14年9月

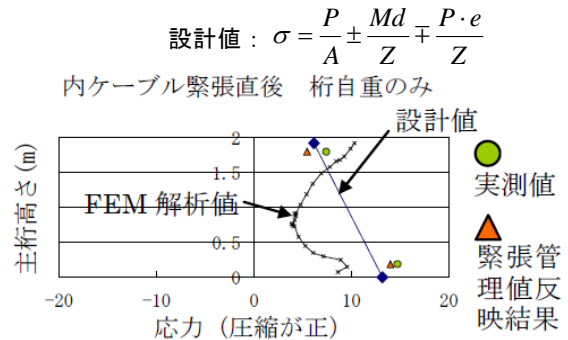


図-7 実橋の断面ひずみ分布 (桁自重のみ)

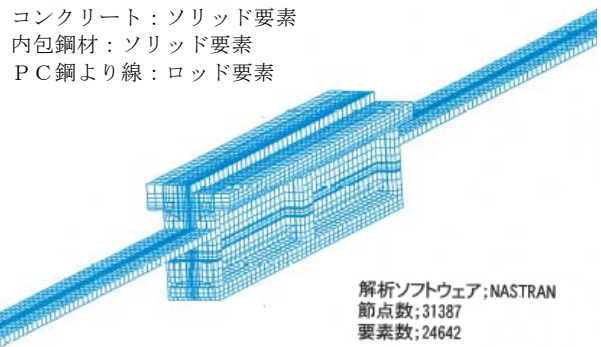


図-8 FEM解析モデル