

高強度鋼を用いた合成ハイブリッド細幅箱桁の正曲げ耐荷特性に関する実験的研究（その2）

－鋼・コンクリートサンドイッチ型複合床版の適用ならびにウェブ幅厚比の考察－

住友金属工業(株) 正会員○利根川太郎 京都大学大学院工学研究科 正会員 杉浦 邦征
京都大学大学院工学研究科 フェロー 渡邊 英一 京都大学工学部 学生会員 浦野 友樹
住友金属工業(株) 岩川 貴志 福山大学工学部 正会員 中村 雅樹

1. はじめに

筆者らは、支間長 100m クラスの鋼橋の適用性拡大を図るため、合成ハイブリッド細幅箱桁を提案している¹⁾。(図-1 参照) 別途実施した RC 床版ハイブリッド合成桁（以下 RC 合成桁）の載荷実験では、コンクリートの圧壊まで、薄肉ウェブの座屈等による耐力低下がみられないことがわかった。本研究では、床版にサンドイッチ型複合床版（以下、サンドイッチ床版）を用いることによって、RC 合成桁との耐荷力や変形性能の差異を実験的に確認すること、ならびにウェブのさらなる薄肉化が可能かどうかを解析的に確認することを目的とする。

2. 実験概要

供試体の諸元は、床版以外は文献¹⁾と共通とし、桁断面については、薄肉少補剛設計（ $b/t=142$ ， α 外比 $\alpha=3.0$ ）を採用したサンドイッチ床版合成ハイブリッド細幅箱桁（以下、SW 合成桁）としている。ハイブリッド桁の材質構成としては、引張フランジのみ高強度鋼²⁾としている。実橋 1/4 縮尺での試験桁（鋼桁）および床版厚を設定し、サンドイッチ床版のセル断面の縦横比（セル間隔／床版厚）が実構造と同程度となるように

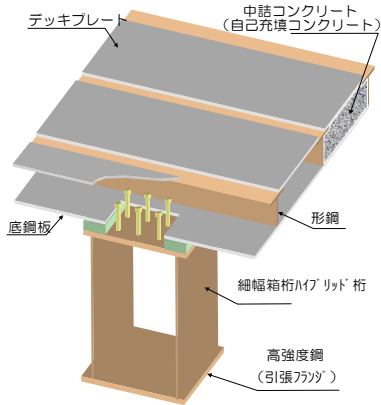


図-1 提案構造概要図

表-1 供試体の諸元 < >: 上鋼板を有効とした断面剛性

	床版幅×厚 (圧縮強度)	橋軸方向鋼材	鉄筋比	合成断面諸量 (cm ⁴) (n=7)
RC 合成桁	700×160 (43.2MPa)	鉄 筋 D13 CTC.125	2.5%	432,291 (1.00)
SW 合成桁	700×150 (41.7MPa)	上鋼板厚 t=6mm 下鋼板厚 t=6mm	1.8% (下鋼板のみ有効)	436,591 (1.01) <497,215> (1.15)

セル間隔を決定した。床版コンクリートにおいては、RC 合成桁と同様、普通コンクリート（36－18－20N，流動化材，膨張剤添加）にて施工した。サンドイッチ床版の鋼板厚については 6mm とし、弾性範囲において底鋼板を考慮した合成桁の断面剛性が概ね一致するように床版コンクリート厚を設定した。図-2 および表-1 にサンドイッチ床版部の構造概要を示す。また、桁の曲げ変形性能が塑性設計に及ぼす影響を考察するため、引張フランジおよび圧縮フランジに軸縮み／伸びを計測する変位計を設置し、この上下 2 点の変位差から試験区間内の代表断面の曲率を算出した。

3. 実験結果と考察

(1)最大耐力について

荷重－変位の推移については、RC 合成桁と同様に、引張フランジ降伏後も荷重が漸増し、床版コンクリートの圧壊によって終局を迎え、 $\alpha=3.0$ の薄肉ウェブパネルは、床版コンクリートの圧壊まで大きな変形はみられなかった。表-2 に両供試体の終局曲げ耐荷力と全塑性曲げモーメントとの比較を示す。

表-2 終局曲げ耐荷力と全塑性耐力の比較(単位: kN)

	RC合成桁	SW合成桁
終局耐力 P_{u1}	2426	2524
全塑性荷重 P_p	2524	2480
P_{u1}/P_p	0.96	1.02

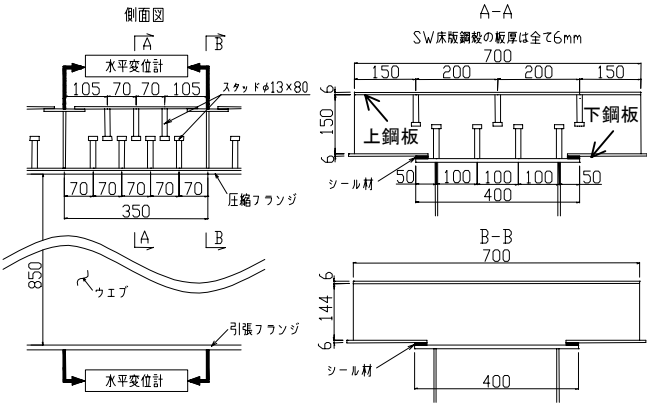


図-2 (供試体図): SW 床版

Key Words ; サンドイッチ床版, 合成ハイブリッド桁, 薄肉少補剛設計, 高強度鋼, 細幅箱桁
〒541-0041 大阪市中央区北浜 4 丁目 5 番 33 号 TEL 06-6220-5630 FAX 06-6220-5912

(2)変形性能について

図-3 に、RC 合成桁、SW 合成桁の無次元強度 (M/My) と無次元曲率 (ϕ/ϕ_y) を示す。あわせて、RC 合成桁の初期不整、鋼材の応力-ひずみ曲線、載荷実験当日のコンクリート圧縮強度による応力ひずみ曲線（コン標示³⁾、終局ひずみ 0.0035）、を反映した弾塑性 FEM 解析結果の無次元化 $M-\phi$ 曲線も記入した。なお、床版コンクリートと鋼桁は、それぞれソリッド要素、シェル要素でモデル化し、接合面は、接点共有（剛結合）とした。

図-3 より、無次元強度は解析値の約 1 割程度以上の値であり、無次元曲率については、両供試体とも解析値より十分大きく、SW 合成桁においては、RC 合成桁の約 1.27 倍程度であることがわかった。

(3)弾性範囲の有効断面について

図-4 に鋼桁フランジが弾性範囲の荷重範囲（500kN～1500kN 程度）での RC 合成桁、SW 合成桁の $M-\phi$ を示す。表-1 に示すとおり SW 床版の上鋼板を考慮しない場合、両供試体の曲げ剛性は 1%程度の差であるが、図-4 より、SW 合成桁の方が $M-\phi$ curve の傾きは概ね 3 割程度大きい結果となった。一方、デッキプレートを検討した RC 合成桁の曲げ剛性は、同表より RC 合成桁の約 15% アップとなることから、 $M-\phi$ curve に着目した場合、弾性範囲においてはデッキプレートを考慮した断面設計が可能であると考えられる。

(4)ウェブ幅厚比についての考察

今回、載荷実験でのウェブ幅厚比 (b/t ; b :ウェブ高, t :ウェブ厚) は、板厚や載荷荷重の制約などから $b/t=142$ としたが、更なるウェブの薄肉化が可能かどうかを確認するため、(2)で実施した実験供試体のモデルを用いて、ウェブ幅厚比 $b/t=180, 200$ の場合（ハイブリッド桁）において弾塑性 FEM 解析を実施した。また、SM490Y 通常桁に対する解析も合わせて実施した。図-5 に比較結果を示す。実験供試体モデルよりウェブ幅厚比を大きくした解析モデル、ならびに SM490Y を用いた通常桁においても、終局曲げモーメントは降伏曲げモーメントを 1 割以上超える結果となった。また、幅厚比によって、 M/My の値に明確な差異はみられず、終局強度は、概ね全塑性曲げ強度にて評価可能であると考えられる。

4. まとめ

(1)SW 合成桁においても、ハイブリッド合成桁への薄肉少補剛設計（幅厚比 $b/t=142$, アスペクト比 3.0）が可能である。(2)SW 合成桁は、RC 合成桁より曲げ変形性能が約 2 割程度以上向上し、塑性設計での余裕度の向上が期待できる。(3) $M-\phi$ 曲線から判断した場合、弾性範囲内においては、床版上鋼板は有効断面に考慮できる。(4)ウェブ幅厚比を実験桁 ($b/t=142$) より大きくしたハイブリッド合成桁 ($b/t=180, 200$) においても、終局強度は降伏強度に対して 1 割以上高く、概ね全塑性強度で評価できると考えられる。

謝辞 本研究の載荷実験は、福山大学ハイテクリサーチセンタ（福本教授、上野谷教授）にて実施致しました。ご協力いただきました関係各位に深く謝意を表します。

参考文献 1)浦野、利根川、杉浦、大島、小野、中村：高強度鋼を用いた合成ハイブリッド細幅箱桁の正曲げ耐荷特性に関する実験的研究，土木学会年次学術講演会，2005.09. 2)三木千寿，市川篤司，楠隆，川端文丸：（招待論文）橋梁用高性能鋼材（BHS500，BHS700）の提案，土木学会論文集，No.738/I-64，1-10，2003.07. 3)土木学会：コンクリート標準示方書，2001.

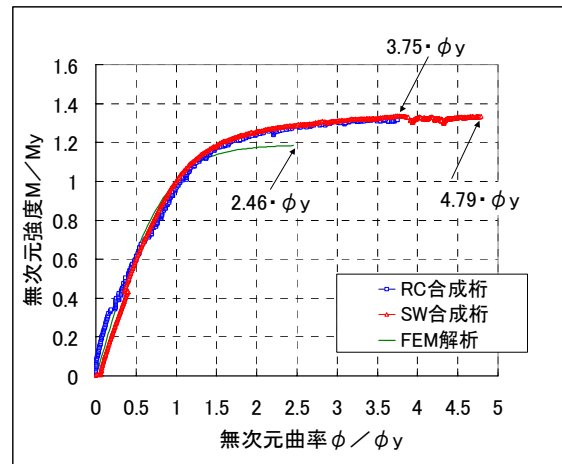


図-3 無次元 $M-\phi$ 曲線の比較

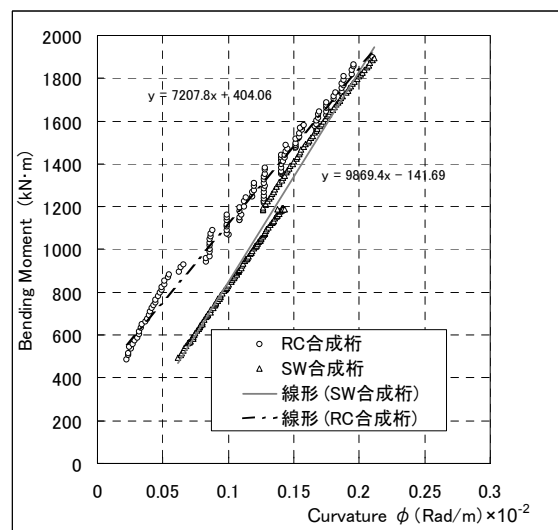


図-4 弾性域での $M-\phi$ 曲線

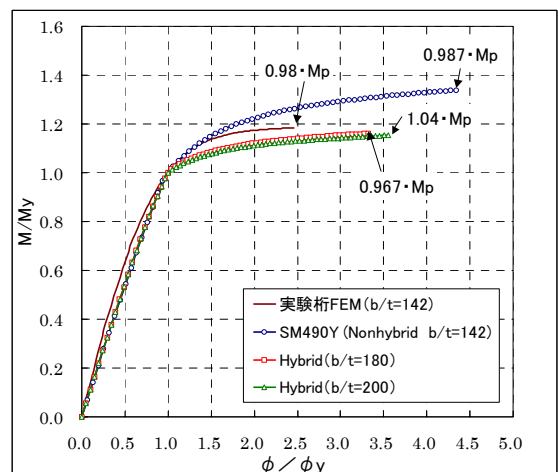


図-5 ウェブ幅厚比に着目した無次元強度