

擬似BOXで曲線桁に対応

～平面曲線R = 150 mの開断面箱桁へのSCデッキ適用事例
(阪神高速下山口工区)～

Application of SC-DECK in Curved Open Box Girder

池田 擴文
Hirofumi IKEDA

川田工業(株)橋梁事業部大阪工事事務課工事長

木本 輝幸
Teruyuki KIMOTO

川田工業(株)橋梁事業部技術部大阪技術部設計一課課長

水野 浩
Hiroshi MIZUNO

川田工業(株)橋梁事業部技術部大阪技術部設計一課

近年、鋼橋の合理化・コストミニマム化を目的とし開断面合成箱桁を採用するケースが増えてきています。本橋も当初発注形式は閉断面非合成箱桁でしたが、実工事では、コスト縮減を目的にSCデッキを用いた開断面箱桁が採用されています。

一方、開断面箱桁は架設時の断面照査に注意を要する橋梁形式でもあります。特に過去において、床版打設中、送出し架設中などに全体座屈を引き起こした事例があり、その力学的特性の把握が重要です。本橋ではこれらの問題に対して、SCデッキの下鋼板(以下、下鋼板と記す)を主桁作用に有効に作用させることで、耐荷力、経済性の向上を図りました。

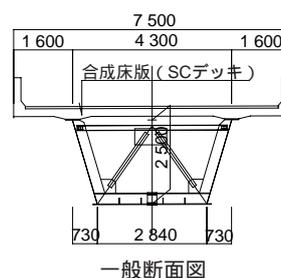
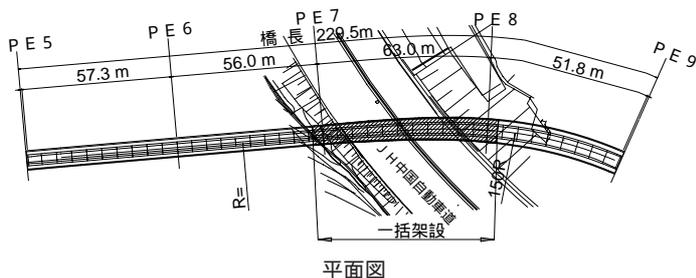
本橋では平成13年12月にJH中国自動車道を1夜間通行止めし、一括架設、モーメント連結のためのジャッキダウン、床版コンクリート打設を経て架設が完了しています。ここに、これまで行った検討、実橋載荷試験等の結果を紹介します。

工事概要

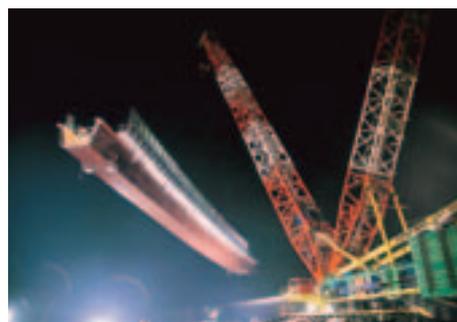
路線名：兵庫県道高速北神戸線(東伸部)
工事名：下山口工区(東行)鋼桁工事
工事場所：兵庫県西宮市山口町下山口付近
発注者：阪神高速道路公団
請負者：川田・トピー建設工事共同企業体
構造概要：下図参照

開断面箱桁にSCデッキを

今回開断面箱桁橋に下鋼板を取付けることで「擬似箱桁」を形成し、ねじり剛性を高め、全体座屈耐力を向上させています。場所打ちPC床版などであれば擬似箱桁を形成するために上横構を設置していましたが、SCデッキでは上横構が不要となります。一方、この形式ではSCデッキと主桁の結合方法の妥当性や、主桁作用による下鋼板の座屈耐力の照査がポイントとなります。



架設前状況

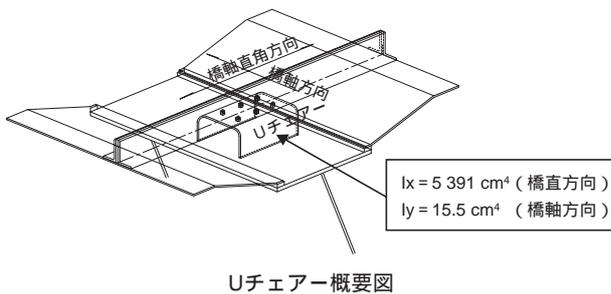


一括架設状況

SCデッキと主桁の結合構造

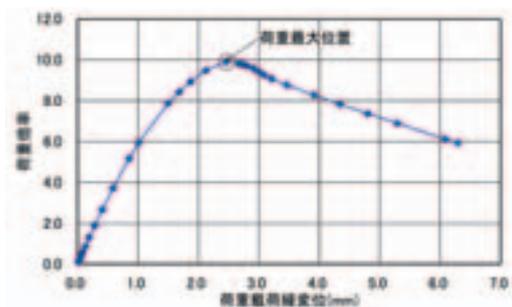
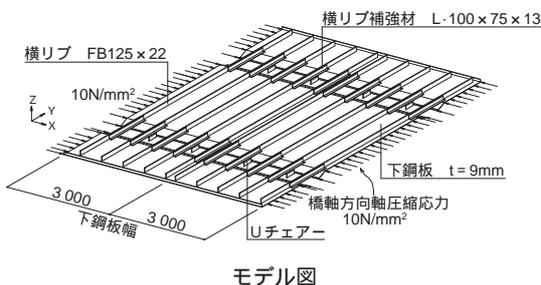
この問題に対して、下図に示す構造を適用しました。これは、U型の取付け金具（以下、Uチェアーと記す）を橋軸直角方向に配置することで、橋軸方向にはラーメンフレームとしての柔なバネ、直角方向には剛なバネとして挙動することになります。したがって、ねじりモーメントには下鋼板と開断面箱桁が一体となって抵抗し、主桁作用としての曲げモーメントには下鋼板の抵抗を低減することが可能な構造です。

この構造の妥当性を確認するために、部分モデルによる下鋼板の座屈解析、全体モデルによるFEM解析および実橋計測を行いました。



FEM解析

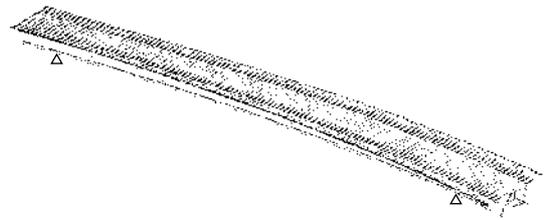
(1) SCデッキ部分モデルによる非線形座屈解析



上記モデルに橋軸方向軸圧縮応力を与え、初期不整を考慮した非線形座屈解析を行った結果、下鋼板の座屈応力は100 N/mm²でした（荷重 - 変位図参照）。基準降伏点からの安全率1.7、架設時割増係数1.25を考慮し、SCデッキの許容座屈耐力 p_a を73.5 N/mm²と設定しました。

(2) 全体モデルによるFEM解析

下鋼板の全体座屈耐力への寄与度を把握するために、全体FEMモデルにて静的解析、線形座屈解析を行って



全体FEMモデル図

ます。Uチェアーによって下鋼板を取付けたケース（ケース1）と、取付けないケース（ケース2）について解析を行いました。

以下の結果より、ケース1はケース2に比べて全体座屈強度が格段に向上していることがわかります。また下鋼板の許容座屈耐力（ $p_a=73.5 \text{ N/mm}^2$ ）を超過していないことがわかります。

FEM解析結果（支間中央）

支間中央の結果

		ケース1	ケース2
構造			
荷重		鋼桁 + 下鋼板 + 付属	鋼桁 + 下鋼板 + 付属
応力度	下鋼板	-60.1	0.0
	上フランジ	-91.3	-174.7
	ウェブ上縁	-82.0	-161.2
	ウェブ下縁	93.4	90.1
変位	鉛直 (mm)	157.0	196.2
	回転 (10^{-3}rad)	6.0	66.6
座屈固有値		10以上	0.41

デッキ、上フランジ、ウェブ、下フランジ応力はそれぞれ左右の平均値を示す。応力度の単位はN/mm²であり、(+)を引張として表す。

実橋計測

また、一括架設前、現場ヤードでの地組時に支点支持状態を再現し、応力、変位を測定することで解析結果の妥当性を確認しています。以下に支間中央の結果を示します。

FEM解析結果のケース1と比較すると、下鋼板の寄与度が解析値に比べて小さいものの、おおむね一致しています。これより、ねじりモーメントが卓越する曲線桁に対してUチェアーが有効に寄与していたことがわかります。

計測結果

支間中央の結果

		GL	GR	平均値
応力度	下鋼板	-50.0	-44.1	-47.1
	上フランジ	-115.1	-103.9	-109.5
	ウェブ上縁	-109.1	-97.5	-103.3
	ウェブ下縁	105.7	71.0	88.4
	下フランジ	103.1	80.9	92.0
変位	鉛直 (mm)	186	172	179
	回転 (10^{-3}rad)			4.27

応力度の単位はN/mm²であり、(+)を引張として表す。

おわりに

今後、Uチェアーの終局耐力などの性能をさらに調査検討し、より合理的な形式として確立していく所存です。最後にご指導いただいた阪神高速道路公団関係各位に謝意を表します。