

合成補剛桁を有する上路アーチ橋の設計 [その1：通常時に対する設計]

新日本技研(株)・仙台支店・設計部 正会員 西川 貴志 ， 同・東京支社・設計部 正会員 杉山 充
 同・東京支社・設計部 正会員 高濱 光夫 ， 同・東京支社・設計部 正会員 石澤 俊希

鋼橋のコンクリート床版は橋梁の崩壊に大きく影響する。適切なスラブ止めの配置と連続性が重要で、米国ミネソタ州における落橋例と我国のトラス橋斜材の破断例 2 件を比較すれば明らかである。このような床版の効用を活かすべきと考えるが、我国では過去に床版損傷が頻発したため、床版に期待する考え方が打ち消されてきた。合成桁の建設は抑制され、また床版によって発現する分配機能まで否定した設計法に移行した。しかし、床版の設計法はその後数次に亘り改良が加えられ、今日では施工不良を除いて床版の損傷事故は皆無と云ってよい。いまだに床版の損傷を恐れて合成桁に否定的な意見もあるが、通常荷重のもとでは非合成桁であってもスラブ止めによって充分合成されているので、むしろその前提のもとで床版の強度や補修・補強に配慮した設計を行うことが重要と考える。また、コンクリート系床版はコンクリートの経年劣化が避けられず、100 年も健全な状態を保ちうるとは考えにくいので、床版の打ち替えも視野に入れた計画をすべきであろう。

そのような例として上路アーチ橋の補剛桁と床版との合成を検討した。橋軸直角方向の耐震のために対傾構や横構に座屈拘束ブレースなどの免震部材を適用する提案もあるが、所期の効果に達しない場合も少なくない。そこで本土工と協働したときの床版の大きな耐荷能力に期待してアーチ面の横構を省略する設計を検討した¹⁾。その前段として、まずは合成補剛桁を有する上路アーチ橋の通常時の設計法について検討し報告する。

1. 構造の計画

対象とした上路アーチ橋の骨組を図-1に、横断構成を図-2に示す。架設時は別として、アーチ面に横構は設けない代わりに支柱面には堅固な対傾構を設置し、アーチリブの横座屈の固定点とする。

直角方向の地震力を床版の水平曲げ抵抗で受けるため、主桁間の床版は主鋼材が橋軸方向を向く縦置き形鋼格子床版²⁾とする。4m 以下の間隔で配置した横桁と補剛桁で床版を支え、同時にそれらと床版を合成する。同種の床版を有する 2 主桁橋²⁾と同じである。片持ち部は通常の RC 床版であり、型枠・支保工が必要であるが、ここには底鋼板が無いので、地覆外縁の鋼板部、および排水柵周辺から雨水が浸透して底鋼板上に滞留し、鋼材の腐食を招く心配が無い。また、この形式は、他の合成床版や PC 床版と異なり、万が一の場合にも横桁間に H ビームを渡す従来工法による緊急補強が行え、片側交互交通下で床版の打ち替えも可能である。

2. 通常時に対する計算前提

部材断面は道示³⁾の許容応力度法で設計する。限界状態設計法への移行を間近にひかえ、道示の終局強度の照査に代わるものとして DIN の終局の照査規定(荷重係数 γ は、死荷重に対し 1.35、活荷重に対し 1.50、鋼材に対する部分安全係数 $\gamma_a=1.10$)を適用した場合と比較する。以下では、前者の荷重状態を設計荷重時、後

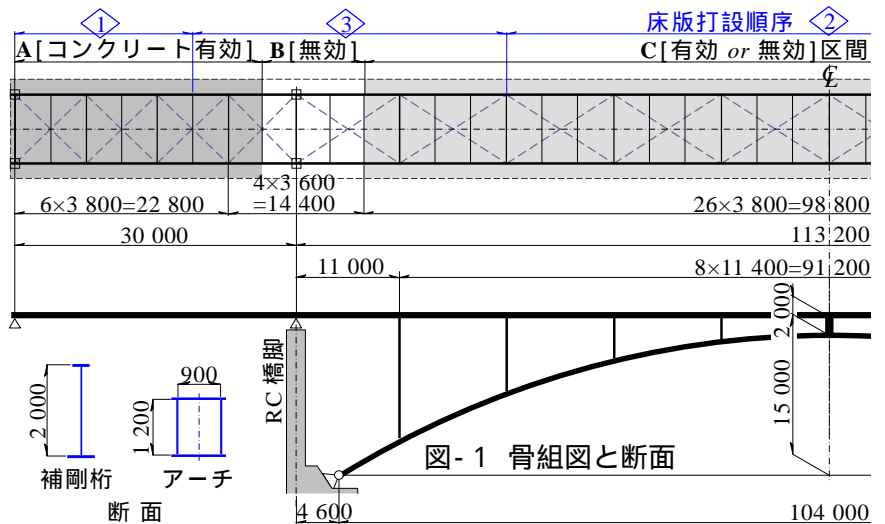


図-1 骨組図と断面

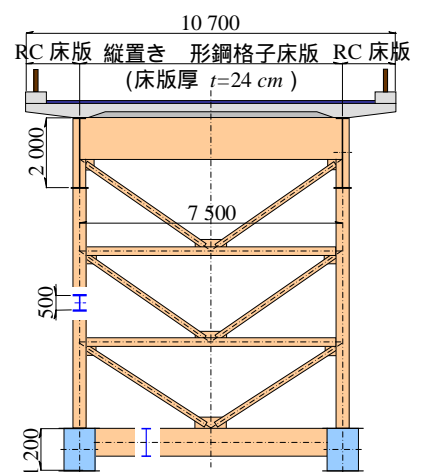


図-2 横断面構成

キーワード 鋼上路アーチ橋、合成桁、縦置き 形鋼格子床版、ひび割れ幅照査、有限変位解析

連絡先 〒980-0811 仙台市青葉区一番町2-10-17 仙台一番町ビル 新日本技研(株)仙台支店 TEL 022-212-4870

者のものを終局荷重時と略称する。なお，上路アーチ橋は活荷重半載状態で有限変位効果が現れるので，微小変位解析で死荷重状態を計算し，それを初期応力状態として有限変位解析で活荷重応力を計算する。

3. 設計検討

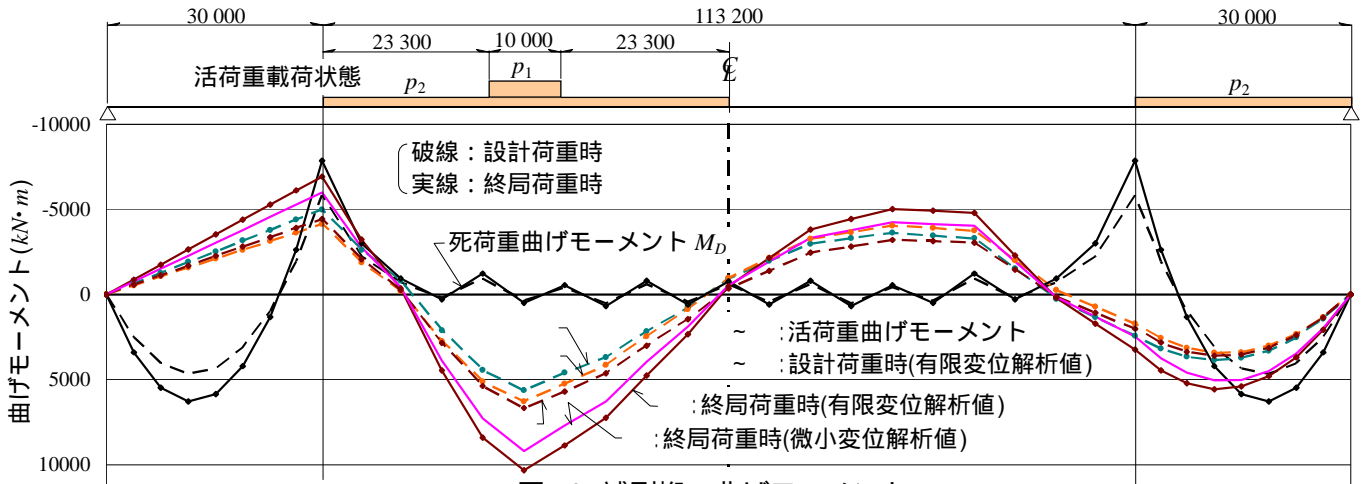


図-4 補剛桁の曲げモーメント

(1) 設計法の検討と比較

補剛桁の曲げモーメントを図-3に示す。破線は設計荷重時，実線は終局荷重時を示す。活荷重は半載状態であり，この状態で曲げは正負ともほぼ最大になる。中央支間部では死荷重曲げは小さく，大部分は活荷重曲げが占め，中央に関し符号が反転する分布形状を示す。中央支間部の活荷重・負曲げが比較的大きく，乾燥収縮が加わり，床版の応力状態は供用後ほどなくして図-4のひび割れ領域に入るであろう。その後の負曲げ時には状態に近い破線上を，正曲げでは状態の線上を辿る。このため図-1のC区間では活荷重曲げの正負によってコンクリートの有効/無効を使い分ける。

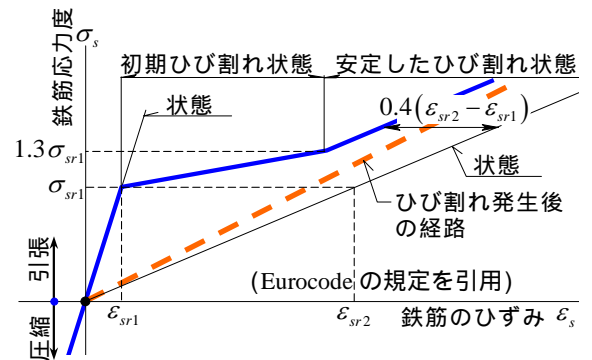


図-4 鉄筋コンクリートの引張域剛性

そこでC区間の左1/2を有効，右1/2を無効として活荷重断面力を計算したものが図-3の破線である。比較のためにC区間全長を有効としたと全長無効としたも示す。下フランジ応力度もが最も大きくなる。なお，中央支間部補剛桁の曲げ剛性の比は，合成前断面:合成断面(鋼材のみ有効):合成断面(コンクリートも有効)=1:2.7:3.9であった。特に非合成/合成の違いで補剛桁とアーチリブ間のモーメント分担が大きく変わる。

非合成補剛桁として断面設計を行い，その断面で合成補剛桁として解析すると補剛桁の曲げモーメントは非合成計算時から1.71倍に増大したが，下縁の応力度は $175 \sim 179 \text{ N/mm}^2$ と増加は僅かであった。連続合成桁とは異なり，本形式では補剛桁とアーチリブの曲げモーメントの分担が絡むため，補剛桁に対しては非合成桁の仮定は安全側とは限らない。ただし，合成補剛桁にすることによりアーチリブの断面力は確実に減少する。

補剛桁曲げモーメントの有限変位と微小変位解析値の比率は，モーメントピーク点において，設計荷重時で1.10~1.14，終局荷重時で1.13~1.18(/)と，非線形性はそれほど顕著ではない。また，断面は道示の許容応力度法で決まり，DINの終局照査では多少余裕がある。新しいDINの方が道示より経済的になる。

(2) 床版のひび割れ幅と補剛桁の疲労の照査

床版のひび割れ幅は，床版の主桁作用に対してDINの組合せ係数 γ を適用し，それに床版作用を加算した鉄筋応力度をもとにコンクリート標準示方書から算定した²⁾。補剛桁に負曲げが発生するアーチ支間部，およびRC橋脚上の中間支点でも充分許容される範囲にある。また中央支間部の補剛桁は活荷重応力が主体であり，合成しても下縁応力度が緩和されないため，疲労照査で断面が大きく修正を受ける結果となった。

参考文献

- 1) 杉山,他: 合成補剛桁を有する上路アーチ橋の設計[その2], 第65回年次学術講演会, 土木学会
- 2) 高濱,他: 縦置き 形鋼格子床版の設計概要と施工時荷重の検討, 第6回道路橋床版シンポジウム, 土木学会