支間バランスに制約を受ける橋梁の計画

（株）構研エンジニアリング　正会員　○竹原　智久
（株）構研エンジニアリング　正会員　木村　和之
（株）構研エンジニアリング　天内　和幸
北海道開発局札幌開発建設部　佐藤　孝司

１．はじめに

本橋は、札幌中心部を流れる豊平川に架かる国道の架替え橋である。河川条件より、橋脚位置が限られるとともに桁高や施工時期などの厳しい制約を受ける。そのため、支間長 29.2+75.2+29.2m（約 1：2.6：1）という中央径間と側径間のスパン比が２倍を超える支間割となった。その結果、端支点には、死荷重のみの状態で上揚力が生じる。

これらの条件を満足させるため、３径間連続鋼床版箱桁として計画し、さらに、桁端部にコンクリートを充填することで上揚力を抑える計画を行った。本論文では本計画に至った経緯とその設計概要について報告する。

２．橋梁計画の経緯

本橋梁の架橋条件は、①支間長 29.2+75.2+29.2m（約 1：2.6：1）という中央径間と側径間のスパン比が２倍を超える支間割となる（**図-2**）。②桁高制限を受け、端部の桁高が約 1.0m となる。③交差点が近接し、橋台背面はバックヤードとして使用できない（**図-1**）。④河川の条件および都市部の橋梁であることから、施工期間を短縮する必要がある。

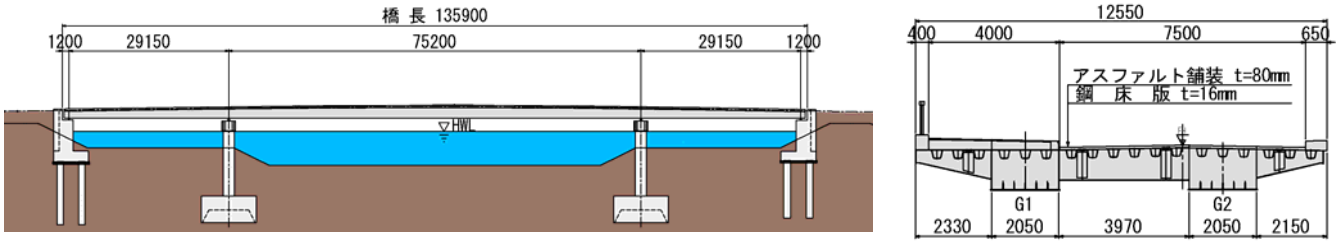
死荷重状態で上揚力が発生する支間割の場合、一般的な桁橋の採用は困難である。考えられる橋梁形式を**表-1** に示す。

図－1　架橋位置の状況（完成ＣＧ）

表－1　各案の考察

形式	考察	評価
混合桁	・側径間をコンクリート桁、中央径間の鋼桁とすることで、端支点の上揚力を抑える。 ・桁高制限より、側径間は PC 中空桁が考えられるが、河川内のためステージングが困難となる。	△
PC フィンバック橋	・下路橋となるため、落雪等の冬季の維持管理に課題が残る。 ・交差点の見通しの問題に加え、中央分離帯にフィンが設置されるため、本橋に馴染まない。	△
鋼床版箱桁 ＋カウンターウェイト	・中央径間の支間長より、鋼床版箱桁となる。 ・上揚力を抑えるため、側径間の箱桁内にコンクリートを充填する。 ・トラッククレーンで架設し、端径間にコンクリートを充填するため、河川への影響が最小にでき、施工も短期間となる。	○

「鋼床版箱桁＋カウンターウェイト」を採用するにあたっては、充填コンクリートが構造に与える影響を加味した上で、設計方針を決定する必要があった。



図－2　側面図と断面図

キーワード　合成構造、応力集中、橋梁計画、複合構造
連絡先　〒065-8510　札幌市東区北 18 条東 17 丁目 1 番 1 号　（株）構研エンジニアリング 橋梁部　TEL.011-780-2816　FAX.011-785-1501

３．コンクリート充填の影響

上揚力を抑えるためには、側径間の約 1/2（15m程度）の範囲にコンクリートを充填する必要がある。その際、CFT 構造として剛性を高め、構造的合理性を発揮することが考えられる。一方で、充填部の剛構造と未充填部の柔構造が連続するため、剛性急変による応力集中の影響は設計上無視できない。特に、直接輪荷重が載荷される鋼床版は、過酷な条件下にあり疲労の影響を受やすい。そこで、３次元有限要素解析（**図-3**）により、その度合いの把握を行った。モデルは a)未充填モデル、b)フル充填モデル、そして、デッキ下に空間を設けた c)部分充填モデル（**図-4**）とし、デッキプレート部の最大応力の比較を実施した。

その結果、未充填モデルに対して充填モデルでは、デッキプレートに２倍の応力が発生する。U リブをかわした部分充填モデルでは、未充填モデルに対して 20%の応力の増加があった。それ以下に充填高さを下げても、応力に大きな変化は見られなかった。これは、U リブ下まで充填高さを下げることで床版作用としての応力集中は回避できたものと考えられる。しかし、主桁作用の応力集中として、20%の付加応力が発生していると考えられる。

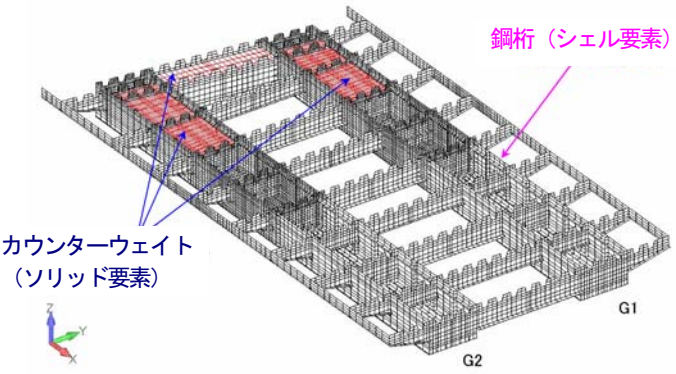
４．設計方針

設計方針は、床版作用の応力集中を回避するため、U リブをかわした位置（デッキから 100mm 下）をコンクリート充填の高さとした。これにより、充填コンクリートは引張り領域となるため、合成構造として設計するのは不合理であった。しかし、実挙動を捉えると主桁作用として、剛性急変による付加応力が発生する。これらの影響を設計に反映させるため、未充填モデルと部分充填モデルの３次元有限要素解析の結果を相対させ、各部材の応力集中係数を算出した（**図-5, 表-2**）。これを格子計算で得られた断面力に付加させ、各断面の決定を行った。

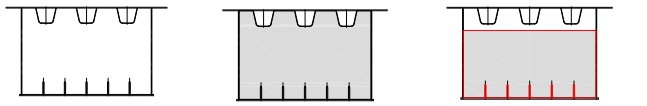
５．おわりに

通常、カウンターウェイトは、重量のみを計算に加味し、設計していることが多いが、本橋のような柔な鋼床版箱桁の広範囲にコンクリートを充填した場合、剛性急変による応力集中は、計算上無視できないことが判った。

３次元有限要素解析を計画段階から取り入れることで、手戻りのない橋梁計画が出来たと考える。今後も積極的に実挙動に即した設計を試みたいと考える。



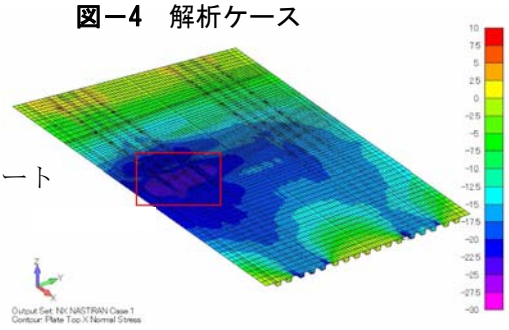
図－3　解析モデル



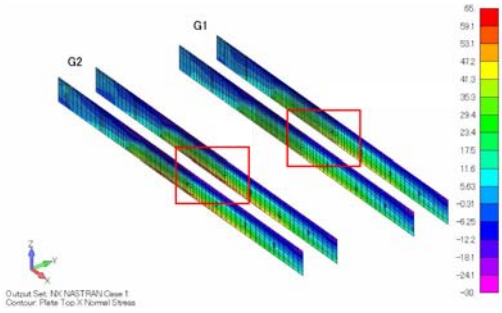
a)未充填モデル　b) フル充填モデル　c)部分充填モデル

図－4　解析ケース

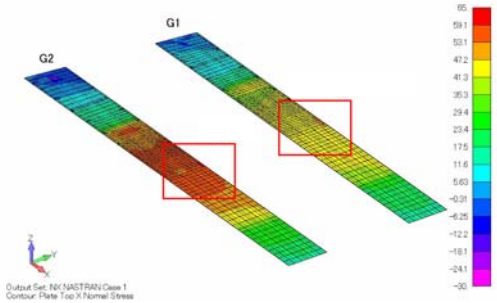
a)デッキプレート



b)ウェブ



c)下フランジ



図－5　応力コンター図

表－2　代表部材の応力集中係数

	部分充填 (N/mm²)	未充填 (N/mm²)	応力集中係数
デッキ	-33.1	-29.6	11.8%
ウェブ	74.0	80.7	8.2%
下フランジ	81.5	89.7	9.2%