

中空式橋脚の脚頭部における支承反力に対する設計方法の検討

大成建設 (株) 正会員 ○加藤慶一
 西日本高速道路 (株) 正会員 福田雅人 正会員 小村尚史
 大成建設 (株) 正会員 相浦 聡 正会員 細谷 学

1. はじめに

新名神高速道路 成合第一高架橋 (PRC 6 径間連続波形鋼板ウェブ橋, 橋長 697m) は, 橋脚が中空構造であり, P1, P5 支点は支承構造, P2-P4 支点はラーメン構造である. P1, P5 支点の脚頭部は, 基本設計では, 支承から伝達される上部工反力を支える梁構造として設計されていた. 詳細設計でも同様に設計したところ, 構造変更に伴う上部工反力の増加や支承の大型化により, 補強鉄筋量が増大した. そこで, 梁構造としての設計方法を見直し, 上部工反力の大きい上り線 P5 脚頭部 (図-1) を対象に 3 次元弾性 FEM 解析を実施して, 実際の挙動を設計に反映することとした. 本稿では, その検討結果について述べる.

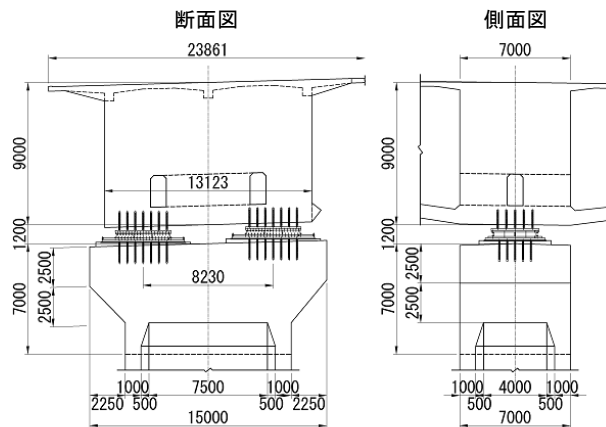
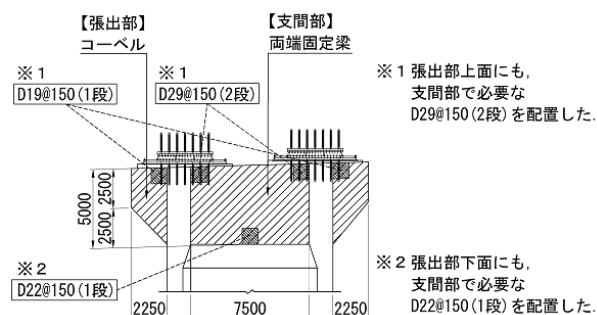


図-1 中空式橋脚の脚頭部 (上り線 P5)

2. 梁構造としての設計

基本設計では, 図-2 に示すように, 脚頭部を梁構造と考え, 張出部は橋脚の外壁の位置で支持されるコーベルとして, 支間部は両端固定梁として設計されていた. 詳細設計でも同様に検討を行ったが, 上部工反力は支承のベースプレートの範囲に等分布荷重として, コンクリート躯体の自重は分布荷重として載荷した. 補強鉄筋は死荷重時で決定し, 図-2 に示す通りである.

図-2 梁構造としての設計
および補強鉄筋 (上り線 P5)

3. 3次元弾性 FEM 解析による応力分布と補強鉄筋の検討

3. 1 解析条件

前述の通り, 脚頭部の挙動を把握するために, 3 次元弾性 FEM 解析を実施した. 解析モデルは, 脚頭部と橋脚を対象とし, 荷重は, 上部工反力とコンクリート躯体の自重を考慮した. なお, 上部工反力は, 支承のベースプレートの範囲に等分布荷重として載荷した.

3. 2 変形図・最大主応力図

図-3 に変形図を示す. (b) 断面図に示すように, ベースプレートの範囲が凹むことで, 脚頭部上面の支承に挟まれた範囲には橋軸直角方向に上に反るような変形が生じた. また, 脚頭部下面には変形がほとんど生じなかった. (c) 側面図に示すように, 脚頭部下面には橋軸方向に下に反るような変形が生じた.

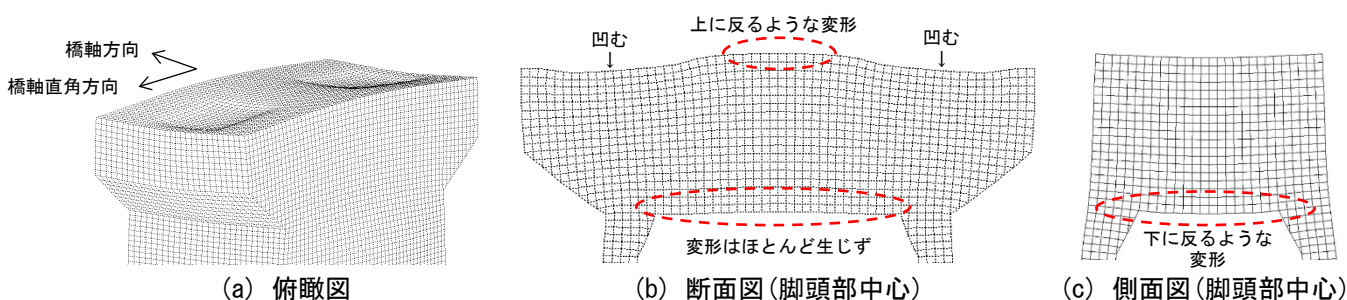


図-3 変形図 (倍率 : 1,000 倍)

キーワード 脚頭部, 支承, 波形鋼板ウェブ橋, FEM 解析

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設 (株) 土木設計部橋梁設計室 TEL03-5381-5297

また、図-4 に示すように、脚頭部の全体に引張が生じ、支承に挟まれた範囲に 1.64N/mm^2 、脚頭部下面に 1.56N/mm^2 の最大主応力が生じた。

3. 3 橋軸直角方向の検討

図-5 に示すように、脚頭部上面には、支承に挟まれた範囲に大きな引張応力が生じ（最大 1.53N/mm^2 ）、これは、梁構造として設計する場合には評価できなかつたものである。また、梁構造として設計する場合、上面に引張が生じるのは支点部（中空式橋脚の内壁の位置）だが、本橋の場合、当該箇所には支承が設置されており、上部工反力の伝達経路となるため、図-6 に示すように引張が生じなかつた。このように、梁構造としての設計は、脚頭部上面の挙動を十分に評価できていないといえる。 1.0N/mm^2 以上の引張域を鉄筋(SD345, 死荷重時における許容応力度 100N/mm^2) で補強した結果、補強鉄筋は $\text{D}29@150\text{mm}$ (1 段)となり、梁構造としての設計の半分程度に減少した(表-1)。

一方、脚頭部下面は、梁構造としての設計では支間中央が引張域となるが、FEM 解析では全圧縮状態であり、こちらも両方で結果が異なることが分かつた。

3. 4 橋軸方向の検討

梁構造としての設計では橋軸方向を評価できないが、FEM 解析の結果、脚頭部下面に引張が生じることが確認できた(最大 1.56N/mm^2) (図-7)。前述した補強方針に基づき、脚頭部下面に $\text{D}22@150\text{mm}$ (2 段)を配置した(表-1)。引張応力は断面に一樣に生じており、これは、側面から見たときに支承直下が中空であるため、単純梁のような挙動を示したと考えられる。

一方、脚頭部上面は全圧縮状態であり、この結果からも、橋軸方向には単純梁のような挙動を示すことが伺える。

4. おわりに

- ①FEM 解析の結果、梁構造としての設計で想定している支点部や支間中央における橋軸直角方向の引張は生じず、支承に挟まれる範囲の局所的な引張や、橋軸方向の引張が確認できた。
- ②本橋の場合、FEM 解析を実施したことで、梁構造として設計するよりも補強鉄筋量を最適化することができた。
- ③支承の設置範囲や脚頭部の形状、上部工反力によっては、FEM 解析を実施することで、実際の挙動を反映した設計が可能になる。

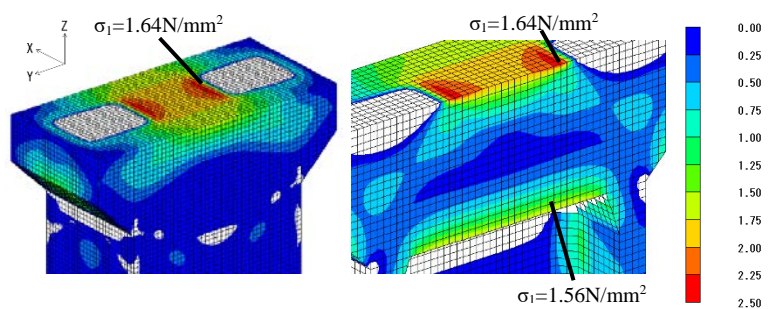


図-4 最大主応力図(左:全体,右:拡大)

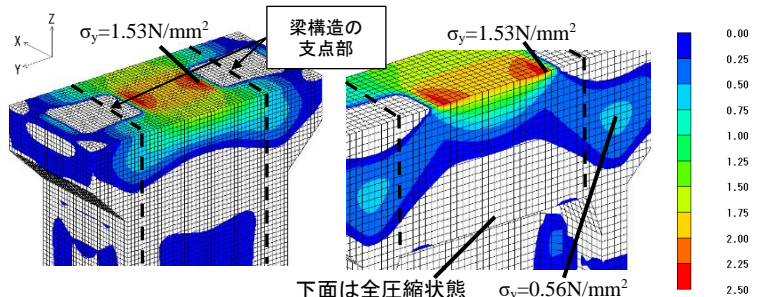


図-5 橋軸直角方向応力図(左:全体,右:拡大)

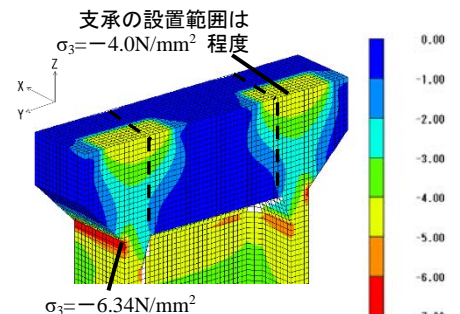


図-6 最小主応力図

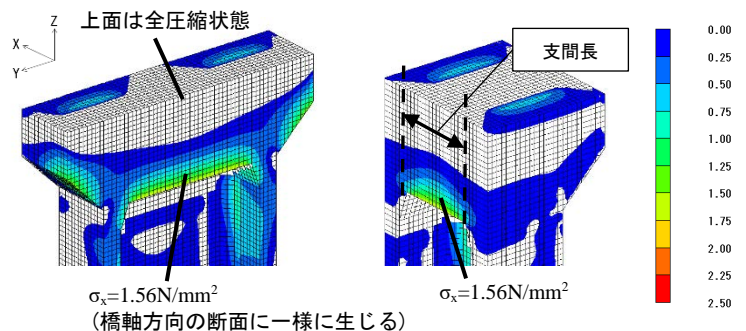


図-7 橋軸方向応力図(左:Y-Z平面,右:Z-X平面)

表-1 設計手法による脚頭部の補強鉄筋

		梁構造としての設計	FEM解析
橋軸直角方向	上面	D29@150(2段)	D29@150(1段)(局所的な引張)
	下面	D19@150(1段)	補強不要(全圧縮状態)
橋軸方向	上面	検討対象外	補強不要(全圧縮状態)
	下面		D22@150(2段)(断面に一樣な引張)