

3 次元非線形有限要素を用いた橋脚のせん断耐力照査例

阪急設計コンサルタント(株) 正会員 〇平塚 和身 阪急設計コンサルタント(株) 正会員 岡重 嘉泰
 阪急設計コンサルタント(株) 正会員 室屋 信彦 神戸大学大学院 正会員 三木 朋広

1. まえがき

通常、道路橋のコンクリート橋脚柱の地震時せん断耐力照査は、道路橋示方書の照査式により照査が行われている¹⁾。今回対象とするフーチングの無い独立ケーソンを有する橋脚においては、構造が複雑でせん断耐力を適切に評価することが出来ないと判断され、より詳細な検討を実施する必要がある。そこで、3次元非線形有限要素解析を用いて検討を行ったのでその結果を報告する。

2. 現況状況

本橋は、橋長約192mの4径間連続鋼桁橋で、斜角が49°と非常に小さく、河川内に設置された橋脚は、図-1に示すようにフーチングが無く2つのケーソンに直接支えられている。また、橋脚の柱は、57m×2m×10.7mと非常に扁平な形状となっている。

せん断耐力に対する解析方法は、ケーソンと橋脚壁の接合部付近の力の流れを把握するとともに、主応力を算出するために3次元非線形有限要素解析により行うこととした。主応力とその方向に着目することによりせん断耐力の評価が可能であると判断した。

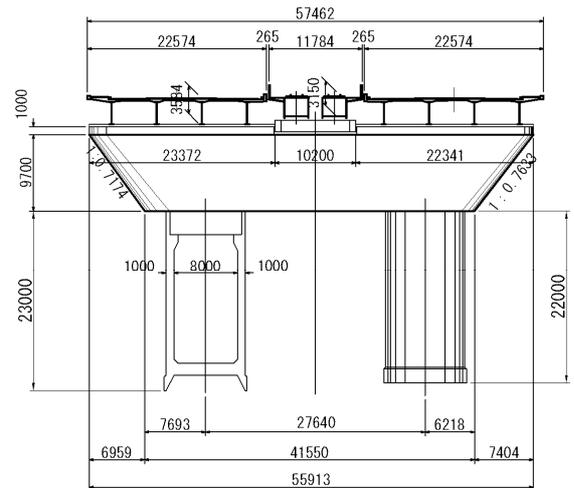


図-1 橋脚断面図

3. 解析条件

- 1) 全体モデル：本解析では、動的解析結果から対象とする挙動が非線形領域に入ることを想定し、コンクリートをソリッド要素、鉄筋を埋め込み要素とした。また、モデルはほぼ左右対称であることから1/2対称モデルとした。
- 2) ひび割れモデル：ひび割れモデルは、分散ひび割れモデルとし、その中の回転ひび割れモデルを採用した。回転ひび割れモデルはひび割れ面方向と主軸方向が常に一致していると仮定するモデルであり、ひび割れ面でのせん断力が発生せずひび割れ面でのせん断伝達モデルが簡略化できる²⁾。
- 3) コンクリートのモデル化：コンクリートの応力ひずみ関係は、Hillerborgの仮想ひび割れモデルを参考に、ひび割れ発生時の破壊エネルギーを表現できるモデルを採用し²⁾、コンクリートの最大応力は圧縮および引張ともに主応力で判断することとした。なお、ケーソンは、バネ定数を設定して表現している。

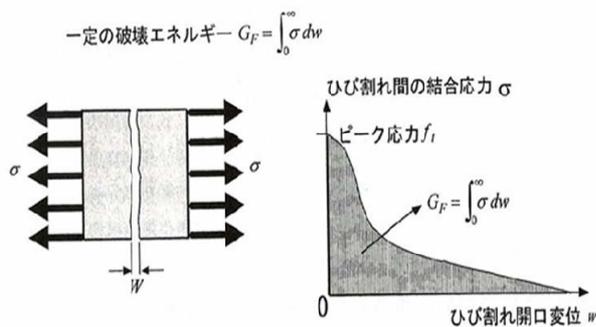


図-2 Hillerborgの仮想ひび割れモデル²⁾

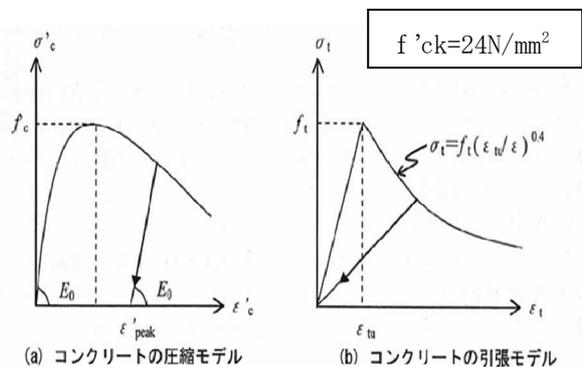


図-3 コンクリートのモデル²⁾

キーワード 耐震, 3次元非線形有限要素, 動的解析, 橋脚, ケーソン
 連絡先 〒530-0012 大阪府大阪市北区芝田1-4-8 北阪急ビル4階 TEL:06-6359-2754

4. 解析結果と考察

3次元非線形有限要素解析は、変位増分解析により実施した。以下の結果は、3次元非線形動的解析で得られた橋脚天端での最大応変位置に達した時点での結果を示している。また、図-7 ひび割れコンタ図は、鉄筋の応力値からコンクリートのひび割れ幅を逆算した結果を示している³⁾。

$$w=1.1k1k2k3 \{4c+0.7(c_s-\phi)\} \left[\frac{\sigma_{se}}{E_s} + \varepsilon'_{csd} \right] \quad (1)$$

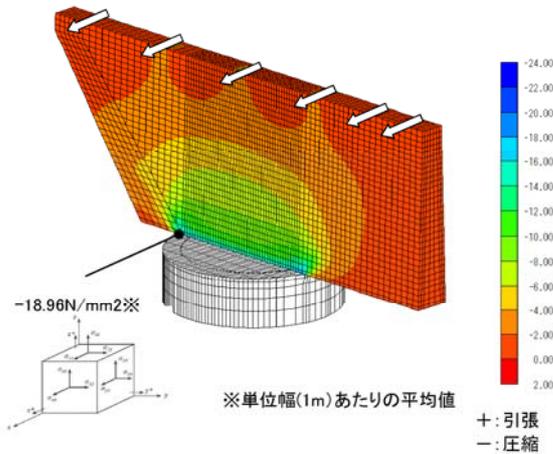


図-4 最小主応力コンタ図 (載荷面背面)

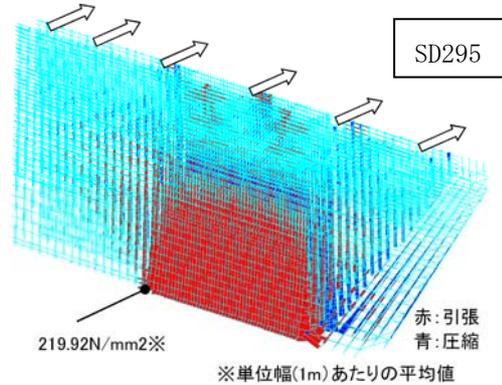


図-5 鉄筋応力図(載荷面)

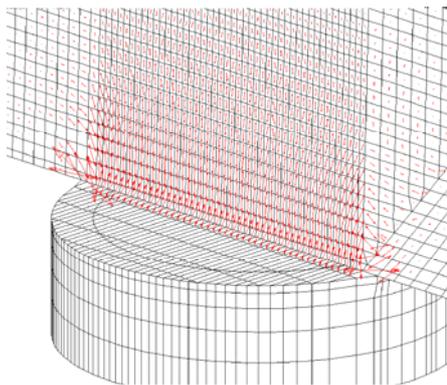


図-6 最大主ひずみ矢線図(載荷面)

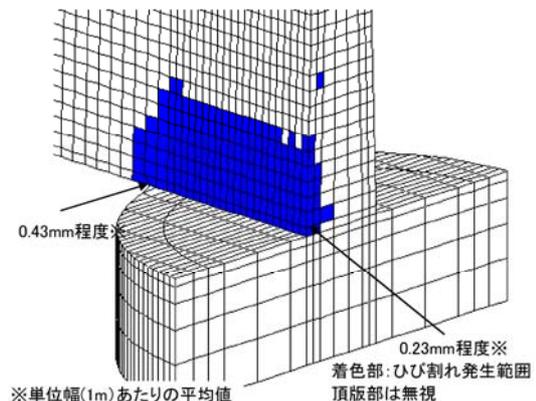


図-7 ひび割れひずみコンタ図 (載荷面)

図-4：コンクリートの圧縮応力は、ケーソン頂版端部付近で最大 18.96N/mm²、頂版中央部では、16N/mm²が発生しているがいずれも設計基準強度を下回っており圧壊の可能性は少ない。図-5：鉄筋の引張応力は、ケーソン頂版端部付近で最大 219.9N/mm²、頂版中央部では、185N/mm²が発生しているがいずれも降伏応力を下回っている。図-6：主応力は、ケーソン頂版端部付近から中央方向に向いており荷重の分担がなされていると考えられる。図-7：0.2mm以上のひび割れの分布は、脚根本付近の表面から主鉄筋位置部分にとどまっている。これらの結果は、動的解析の結果と整合している。以上の事項を総合的に判断して本橋脚は、十分な地震時水平耐力（せん断耐力）を有していると言える。一方、道路橋示方書による照査では、せん断耐力が不足する結果が得られている。

6. まとめ

せん断耐力の照査に3次元非線形有限要素解析を用いることにより、着目すべき部分や主応力、主応力の流れが明確となりせん断耐力の照査をより詳細に行う事が出来た。

今回のような特殊な形状を有する構造物に対して3次元非線形有限要素解析を実施することにより、耐力を適切に評価出来、結果、補強規模の縮小・コスト削減の可能性を示唆するものとする。

参考文献 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 平成14年3月 2) (社)日本コンクリート工学協会：構造技術者のための非線形有限要素法の基礎と応用と実例 2008年9月 3) 土木学会：コンクリート標準示方書〔設計編：本編〕2007年3月