

孔明き鋼板ジベルにおける3次元応力性状の解析

九州大学大学院 学生員 〇下 藺 征史

九州大学大学院 正会員 彦坂 熙

1. 緒言

鋼-コンクリート合成構造における鋼板とコンクリート間のずれ止めとしてはスタッドが専ら用いられてきたが、近年各種の新しい複合構造の開発により、疲労強度とダクティリティーに優れたずれ止めとして孔明き鋼板ジベルが注目されている¹⁾。このジベルのずれ特性や耐力に関しては、考案者の F. Leonhardtらを始めとして既に幾つかの実験結果と実験式が発表されているが、コンクリート内に埋込まれた鋼板の孔縁近傍における応力および変形状は明らかにされていない。ここでは文献²⁾に示された孔明き鋼板引抜き試験供試体を基本モデルとする3次元有限要素弾性解析により、ジベルの孔径、鋼板厚、コンクリート弾性係数等のパラメータが孔縁近傍の応力性状に及ぼす影響を考察する。

2. 孔明き鋼板ジベルの引抜き試験供試体諸元と解析モデル

図1は、孔明き鋼板ジベルの引抜き試験に用いられた供試体の1つの諸元を示す²⁾。3次元 FEM 解析では、供試体の対称性を利用して全体の4分の1を取り出し、鋼板およびコンクリートブロックをそれぞれ3次元ソリッド要素により図2のように要素分割した。2つの対称面上の節点には対称条件を満たす変位拘束を与え、かつコンクリートブロック上面の変位を拘束して鋼板に引抜き荷重 Q を作用させた。鋼板とコンクリート間の相対ずれまたは離間を考慮するために、両者が接触する面上ではすべてダブル節点として3次元コンタクト要素により結合した。供試体の鋼板にはグリースが塗布されているので、コンクリートとの付着作用は無視できるものとした。なお、試験時のコンクリートの圧縮強度は $f_c=352\text{kgf/cm}^2$ 、引張強度は $f_t=21\text{kgf/cm}^2$ 、使用鋼材は SM490Y である。

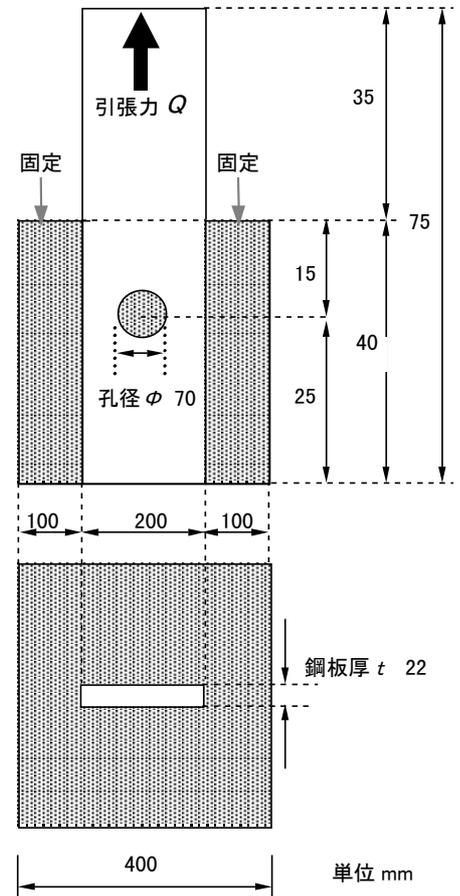


図1 供試体諸元¹⁾

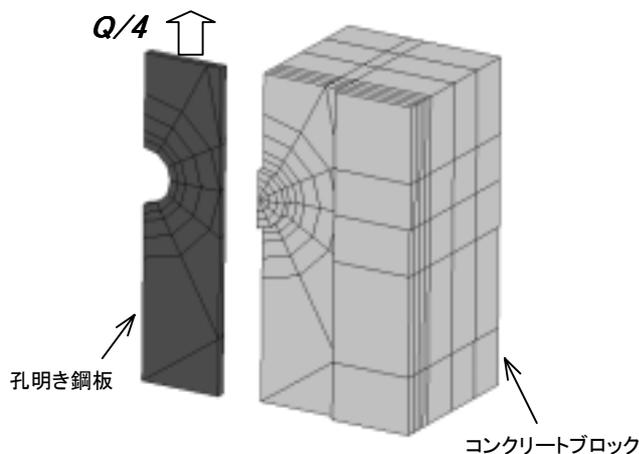


図2 供試体要素メッシュ

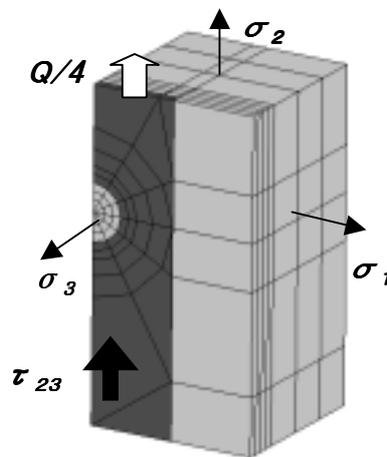


図3 応力成分の定義

キーワード: 鋼-コンクリート合成構造, 孔明き鋼板ジベル, 有限要素法

連絡先: 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学工学部建設都市工学科 Tel/Fax 092-642-3260

3. 解析結果および考察

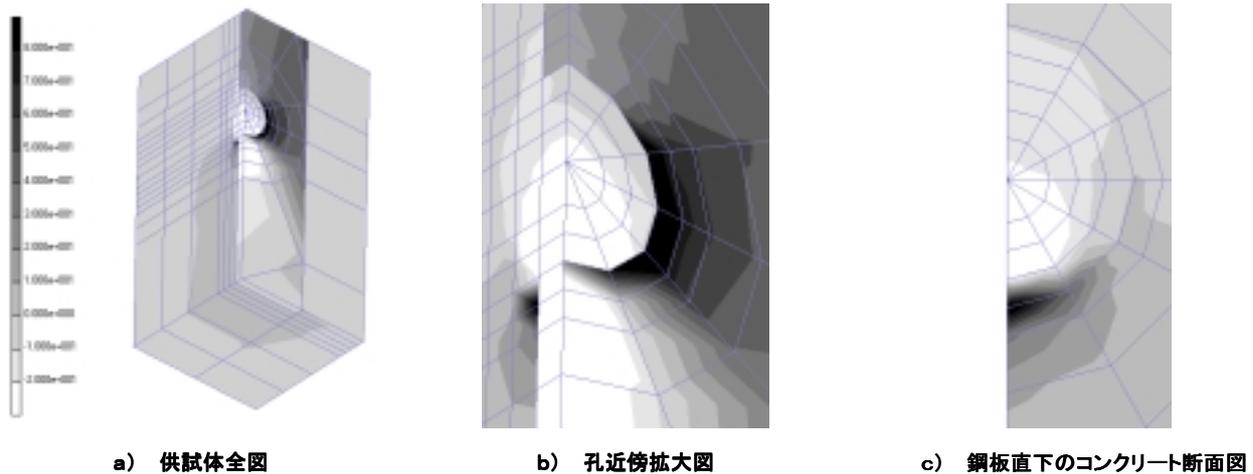


図4 σ_2 の分布状況 (単位 kgf/cm²)

文献 2)に引抜試験結果が報告されている孔径 $d=70$ mm, 鋼板厚 $t=22$ mm, コンクリートヤング係数 $E_c=2.8 \times 10^5$ kgf/cm²の供試体を基本モデルとし, d, t, E_c を変化させるパラメトリック解析を行った. 孔明け鋼板ジベルに生じる3次元応力成分のうち, 図3に示す直応力 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ とずれ方向のせん断応力 τ_{23} に着目する. 基本モデルの実験における最大せん断荷重は $Q_{max}=24.4$ tf, また $Q_{max}/3$ 割線剛性は $K_{st}=369$ tf/mmである²⁾. 図4は基本モデルについて, 鋼板引抜荷重 $Q=1.79$ tfに対するコンクリートと鋼板の直応力 σ_2 の解析結果を示したものである. コンクリートの σ_2 は, 孔縁下端で鋼板の支圧により最大圧縮応力が, また同下端から10mmほど下方の鋼板直下に大きな局所引張応力が生じている. 鋼板では, 孔縁に引張応力 σ_2 の集中が見られる.

パラメータ d, t, E_c を変化させた場合の, 荷重 $Q=1.79$ tfに対する鋼板上縁のずれ変位および各応力成分の最大(引張), 最小(圧縮)値をまとめて表1に示す. 孔明け鋼板ジベルの最大せん断荷重 Q_{max} は孔面積に比例するが, 弾性応力成分の最大・最小値は孔径 d にほぼ反比例している. せん断応力 τ_{23} の最大値は孔縁の支圧による最大圧縮応力 σ_2 の40%程度であるが, 鋼板厚 t の増加は σ_2 より τ_{23} の低減に効果的である. コンクリートのヤング係数 E_c はずれ剛性のみに影響し, 応力性状には影響していない.

表1 孔明け鋼板ジベルのパラメトリック解析結果

| モデル | パラメータ | | | ずれ剛性 K_{st} tf/mm | コンクリート応力 | | | | | | 鋼板応力 | |
|-----|--------------|---------------|---|---------------------------|-----------------------|-----|-----------------------|-----|-----------------------|-----|--------------------------|-----------------------|
| | 孔径 d mm | 鋼板厚 t mm | ヤング係数 E_c 10^5 kgf/cm ² | | 1 kgf/cm ² | | 2 kgf/cm ² | | 3 kgf/cm ² | | 2, 3 kgf/cm ² | 2 kgf/cm ² |
| | | | | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Max | Max | |
| 基本 | 70 | 22 | 2.8 | 92.5 | -108 | 23 | -115 | 99 | -23 | 8 | 48 | 142 |
| D 1 | 50 | 22 | 2.8 | 82.9 | -157 | 26 | -159 | 126 | -34 | 10 | 63 | 175 |
| D 2 | 90 | 22 | 2.8 | 98.8 | -78 | 20 | -89 | 76 | -16 | 7 | 38 | 132 |
| T 1 | 70 | 11 | 2.8 | 60.4 | -149 | 35 | -182 | 133 | -23 | 1 | 97 | 262 |
| T 2 | 70 | 44 | 2.8 | 139.5 | -66 | 12 | -63 | 64 | -17 | 7 | 20 | 73 |
| E 1 | 70 | 22 | 2.0 | 75.3 | -104 | 24 | -108 | 100 | -20 | 8 | 47 | 143 |
| E 2 | 70 | 22 | 4.0 | 111.7 | -115 | 23 | -124 | 98 | -27 | 8 | 49 | 141 |

4. 結語

孔明け鋼板ジベルにおける鋼板とコンクリート間に生ずる力の伝達機構および孔縁近傍の応力性状を, 3次元有限要素法によるパラメトリック解析に基づき考察した. ここに扱った弾性域の挙動では, 鋼板とコンクリート間の付着および摩擦の効果を見逃すことができないと考えられることから, ずれ剛性の評価は今後の課題である.

参考文献

- 1) 鹿野善則: 鋼2主桁ラーメン橋の剛結部構造に関する検討, EXTEC, No.52, pp. 41-43, 2000年3月
- 2) (財)高速道路技術センター: JH 東北支社における複合ラーメン剛結部に関する検討概要, 東九州自動車道2主鋼桁の張出架設工法に関する技術検討資料, 1999年9月