

FEM 解析を用いた孔あき鋼板ジベルのせん断特性に関する研究

早稲田大学大学院 学生員 松本貴宏
 早稲田大学大学院 学生員 小玉乃理子
 早稲田大学理工学部 正会員 依田照彦

1. はじめに

SRC 構造およびコンクリート充填鋼管柱に代表される合成構造において、機械的ずれ止めであるスタッドに代わるものとして孔あき鋼板ジベルの研究が進められている。そして、そのせん断耐力の評価式は開発者であるレオンハルトらの基礎実験結果に基づく経験式を適用している¹⁾。本研究では有限要素法汎用コード ABAQUS を用いて孔径の異なる孔あき鋼板ジベルのモデルの押抜きせん断試験の解析を行い、孔間の鋼板のせん断破壊が生じない状態で、孔径の違いにより破壊モードがせん断破壊から支圧破壊に移行することを確認し、既存の強度評価式を比較・検討する。また、貫通鉄筋の定着長についても考察を加えた。

2. 解析モデル

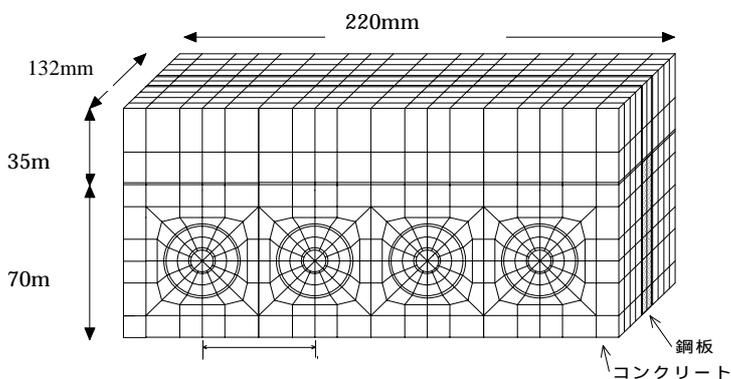


図 1. 孔径 35mm 鋼板厚 12mm のモデル

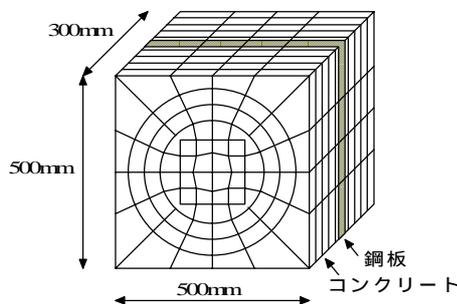


図 2. 孔径 200mm 鋼板厚 12mm のモデル

表 1. 使用した材料定数

	項目	単位	数値
コンクリート	圧縮強度	N/mm ²	33
	ヤング係数	N/mm ²	3.1 × 10 ⁴
	ポアソン比		0.17
鋼	降伏点応力	N/mm ²	330
	ヤング係数	N/mm ²	2.1 × 10 ⁵
	ポアソン比		0.30

表面付着部にはコンクリートの付着力を P_s として、

$$P_s = 0.01 \times A_s \times \sigma_c$$

σ_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

A_s : 鋼とコンクリートの付着面積 (mm²)

を仮定した。

鋼板に荷重を載荷する際には、応力分布の緩和のため硬質ゴムのような要素を介した。

3. 従来の研究

既往の研究によれば、孔径が大きくなるにつれ、破壊モードがコンクリートジベルのせん断破壊から支圧割裂破壊へと移行する。これはせん断耐力 V_1 と支圧強度 V_2 の小さい方がコンクリートジベルの耐力となっているためである。

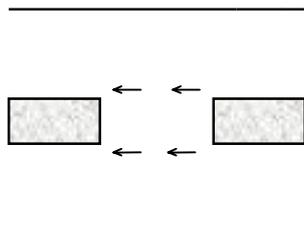


図 3. せん断の様子

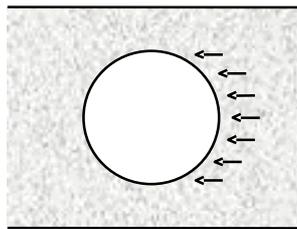


図 4. 支圧の様子

せん断耐力 V_1 は以下の式で表される²⁾。

$$V_1 = n \times 2 \times \frac{\pi D^2}{4} \times 0.45 f'_c \dots (1)$$

支圧強度 V_2 は以下の式で表される²⁾。

$$V_2 = n \times D \times t \times 5 f'_c \dots (2)$$

$V_1 > V_2$ となるのは、ほぼ $D < 7t$ のときである。

キーワード : 孔あき鋼板、ずれ止め、合成構造

連絡先 : 早稲田大学理工学部 〒169-8555 新宿区大久保 3-4-1 Tel&Fax: 03(5286)3399

4. 解析の結果

孔径 35mm モデルと孔径 200mm モデルのせん断解析結果を以下に示す。貫通鉄筋がない場合、孔径 $d=35\text{mm}$ 、孔数 4 個では、式(1)より求まるせん断耐力 V_1 の計算値は約 120(kN)となるので、解析結果は理論値の約 1.3 倍である。また、貫通鉄筋を通すことによって、コンクリートにかかる横方向の引張力を抑えることができるため、鉄筋が降伏する時点でレオンハルトの評価式とほぼ同じ値になった。さらに、鉄筋の曲げ抵抗が累加され、最大せん断耐力は無筋の場合より大きく増加した。

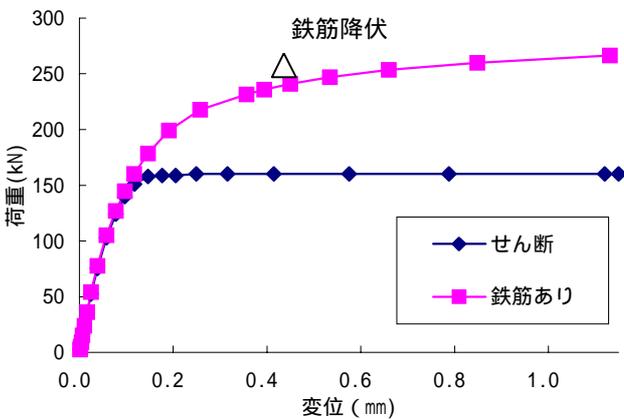


図 5.せん断耐力 - ずれ変位関係(孔径 35mm)

次に、コンクリートジベルにおける最小主応力の流れを調べた(図 6)。主応力ベクトルの向きがモデルによってかなり異なっているので、孔径 35mm モデルはせん断破壊、孔径 200mm モデルは支圧破壊の様子が窺える。

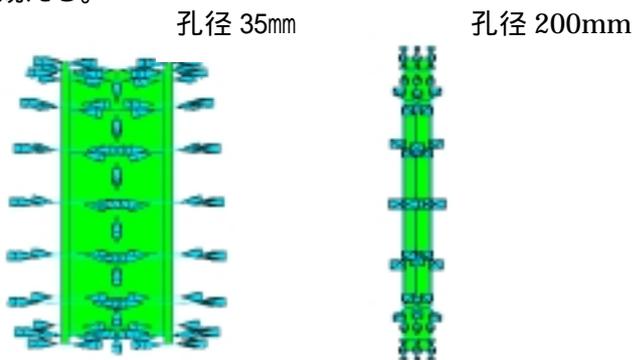


図 6.主応力の流れの違い(正面から見て)

さらに、貫通鉄筋の変形状態を調べた。孔径 35mm モデルの変形図では鉄筋を定着していない。孔径 200mm モデルの変形図では鉄筋が曲率 0 になっている両端が確認でき、定着していると考えられる。その長さ

は解析結果によれば、図 8 に示すように約 $l = 200\text{mm}$ であり、これは弾性床上の梁理論の定着長 l の算定式から得られる $l=223\text{mm}$ にほぼ等しい。

$$l = \frac{2\pi}{\sqrt[4]{\frac{kD}{EI}}} \dots (3)$$

k : コンクリート床反力係数 (272MPa/mm)

D : 鉄筋の径、 E : 鉄筋の弾性係数

I : 鉄筋の断面二次モーメント

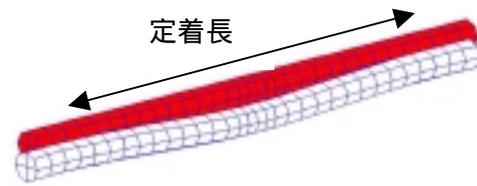


図 7.孔径 200mm モデルの貫通鉄筋の変形図

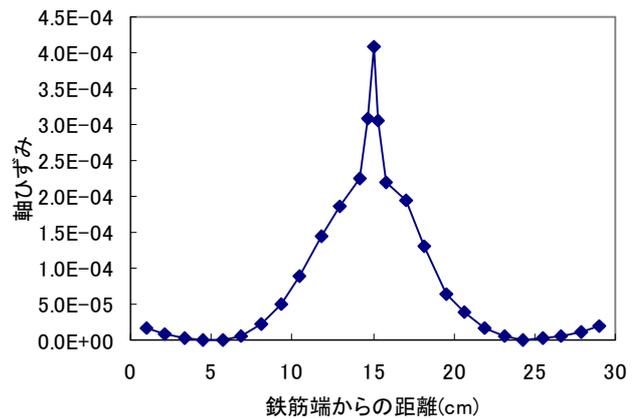


図 8.貫通鉄筋の軸ひずみ分布

5.まとめ

- () 孔径が大きくなるにつれ破壊モードはせん断から支圧に移行していく。その強度は無筋の場合、式(1), (2)を用いて算定できる。
- () 貫通鉄筋を用いれば、コンクリートにかかる横方向の引張力を抑えることができ、さらに鉄筋の曲げ抵抗が累加され、大幅な耐力増加が見込まれる。
- () 貫通鉄筋の定着長は弾性床上の梁理論の定着長 l の算定式より求められる。