

RBSM による孔あき鋼板ジベルのずれ挙動解析

防衛大学校 学生会員 ○小林 航

防衛大学校 正会員 山本 佳士 黒田 一郎 古屋 信明

1. はじめに

近年, 新しいずれ止めの方法として複数の貫通孔をもつ鋼板をコンクリートに埋設した孔あき鋼板ジベルが注目されており, またその適用例も年々増加している. 孔あき鋼板ジベルは, 過去の実験的研究から, 従来のスタッドなどのずれ止め方法と比較して優れた耐力および耐疲労特性を有していると報告があり, また種々の耐力設計式が提案されているものの, 解析的にその耐力や抵抗メカニズムなどを検討した例は少ない. 本研究は, 孔あき鋼板ジベルの終局状態に見られる, ひび割れの開口やずれ挙動等の不連続挙動の再現が比較的容易な剛体バネモデル(以下, RBSM)を用いて, 1 孔のジベル孔を有する鋼板の押抜き実験を対象として解析を行い, 同手法の適用性の検証と終局ずれ機構の解析的な評価を行ったものである.

2. 解析手法

2. 1 RBSM

RBSM は, 図-1 に示すように, 対象を剛体要素と要素境界面上のバネで離散化する手法である. 剛体要素重心には, 6 自由度の 3 次元剛体変位を設定し, 要素境界面上には境界面法線方向と接線方向に垂直バネおよびせん断ばねを配置する. 垂直バネで材料の圧縮・引張特性を, せん断バネでせん断すべり挙動を表現する. 本研究では, ひび割れ進展などの要素分割依存性を低減するために, ボロノイ分割を用いてランダムな要素形状で対象供試体をモデル化した.

コンクリートを表現する垂直バネおよびせん断バネには, 山本ら¹⁾が提案している, コンクリートのマクロな 1 軸引張, 1 軸圧縮, 3 軸圧縮挙動を再現できるようにキャリブレーションして決定した構成モデルおよび材料パラメータを用いた. 鋼板を表現するバネは, 降伏しないものと仮定して線形弾

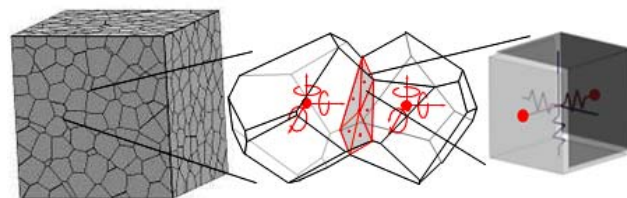


図-1 剛体要素へのボロノイ分割とバネ配置

性モデルを用いた. また, 対象とする実験では, ジベル板とコンクリート間の付着を剥離剤の塗布により除去していることから, 鋼板-コンクリート界面を表現するバネに対して, 引張およびせん断すべりに対しては抵抗しないものとし, 圧縮に関しては, 線形弾性と仮定した.

2. 2 解析モデル

解析は, 藤井ら²⁾によって行われた, 1 枚のジベル板を用いた押抜き試験を対象に行った. 図-2 に供試体の形状および寸法を, 図-3 に解析モデルを示す. 図の灰色の部分がコンクリート, 緑色の部分が鋼板部分を示している. 解析では, 対称性を考慮して, 計算負荷を低減するために図のような 1/2 モデルを用いた. また, 実験では底面に石膏を敷いた場合およびテフロン板により摩擦を低減した場合

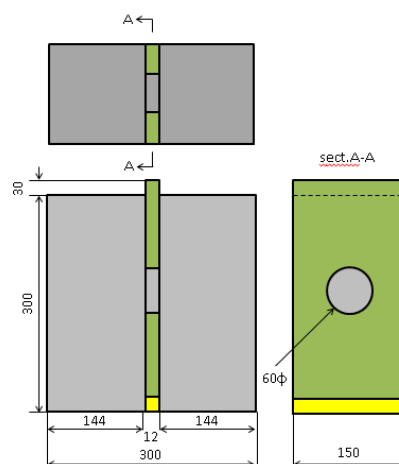


図-2 押抜き実験の供試体

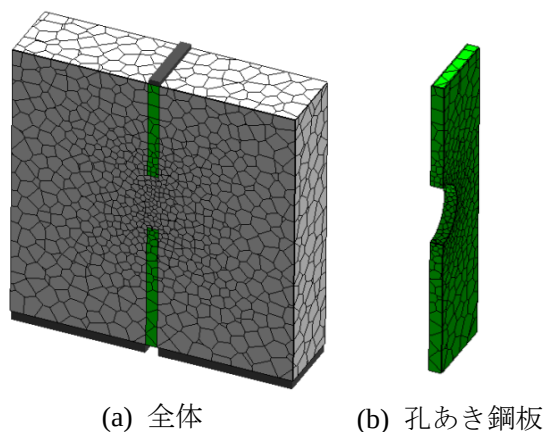


図-3 解析モデル

で載荷を行い、底面摩擦が終局ずれ挙動に及ぼす影響を検証している。解析では、前者に対して、コンクリートを表現するせん断バネと比較して十分大きい弾性係数を設定して、ほとんどすべりが生じないものと仮定し、後者に対しては、せん断すべりに対して抵抗しないものと仮定した。

3. 解析結果

解析および実験により得られたせん断力とずれ変位との関係を図-4に示す。摩擦無しの場合では、解析は実験で得られたずれ耐力を概ね再現しているものの、摩擦有りのケースでは、実験結果を過大評価しているのが分かる。図-5および図-6に、底面摩擦が無い場合および有る場合の解析による破壊性状を示す。なお、同図は図-4の×で示される地点での変形状であり、変形倍率は10倍である。底面摩擦が無いケースでは、解析は実験で観察された破壊性状を再現していた。底面摩擦が有る場合、孔付近のせん断ずれに伴うダイレタンシー挙動を底面摩擦が拘束するためずれ耐力は増加する。解

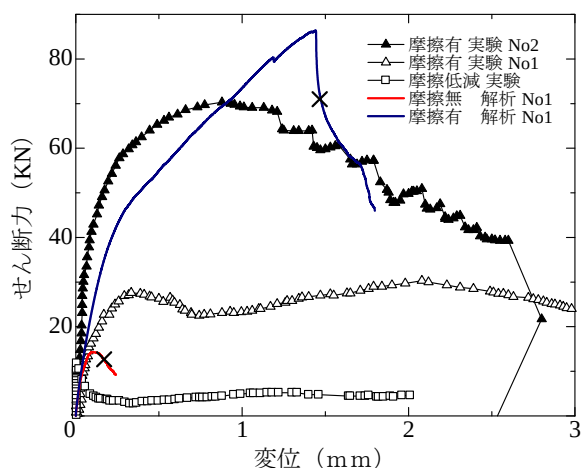


図-4 実験結果と解析結果の比較

析ではこの挙動を再現しているものの、最終的に供

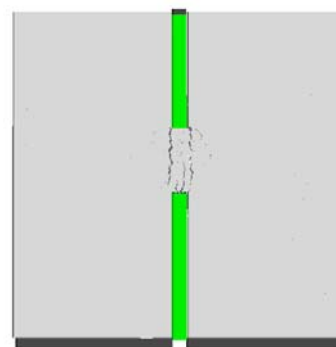


図-5 摩擦無しの時の破壊性状

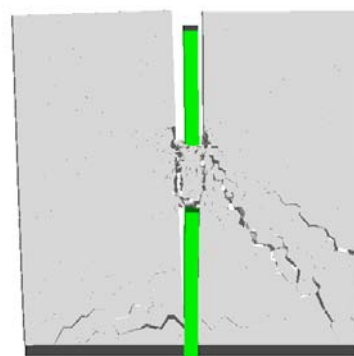


図-6 摩擦有りの時の破壊性状

試体外側に向かって斜めひび割れが進展して終局に至った。実験結果では供試体外側へのひび割れは発生しておらず異なる結果となった。

4. まとめ

提案モデルによる解析は、底面摩擦が無いケースのずれ耐力および破壊性状を良好に再現していた。ただし、底面摩擦が有るケースでは、実験のずれ耐力を過大評価するとともに、実験とは異なる破壊性状を示した。このケースで実験の挙動を再現するためには、底面摩擦モデルの詳細な検証が必要であると考えられる。

5. 参考文献

- 1) 山本佳士, 中村光, 黒田一郎, 古屋信明: 3次元剛体バネモデルによるコンクリート供試体の圧縮破壊解析, 土木学会論文集 E, Vol.64 No. 4, pp. 612-630, 2008.
- 2) 藤井堅・他 4 名: 孔あき鋼板ジベルの終局ずれ挙動とコンクリート拘束因子, 土木学会論文集 A Vol.64 No.2, pp.502-512, 2008