

FE 解析による孔あき鋼板ジベルの破壊性状評価

愛知工業大学 学生会員 ○野中 貴登
愛知工業大学 正会員 宗本 理
愛知工業大学 正会員 鈴木 森晶

1. はじめに

鋼・コンクリート複合構造において、両者を一体化させ
確実な応力伝達を図るためにずれ止めが用いられている。
PBL の耐荷特性は供試体の寸法や試験方法などによって左
右されるため、それぞれの式に適用範囲などの制限が生じ
る。そのため数値解析を用いて任意の条件下における PBL
の耐力を定量的に評価することが重要である。また、PBL の
耐荷性能に与える影響について、母材の拘束効果まで
適切に評価できる手法が確立されていない。そこで本研
究では、母材の破壊の実表現を表現できる解析モデルへ改
良するため、底面摩擦の有無やひび割れの表現方法など検
討を行う。そして、得られた補強鉄筋のひずみ値や PBL の
破壊挙動の解析結果から検討項目の有用性を明確にする。

2. モデルの解析概要

2.1 検討項目および解析対象

既往の研究では、補強筋に対する拘束効果の影響につい
て解析が行われたが、実験と比べ補強筋のひずみが小さい
結果となった。そこで、本研究では母材に対しての力の伝わ
り方や挙動を把握するため、底面摩擦、せん断破壊の表現、
要素の無効化について検討を行う。解析には汎用解析ソフ
ト MSC. MARC2018 を用い、解析ケースを表-1 に示す。
既往の研究結果では供試体と治具との摩擦を無視してい
るが、実際に微量の摩擦が作用していると考えられるため、
摩擦の有無が破壊性状に及ぼす影響について検討する。ま
た、実際に孔部分に二面せん断破壊が生じたのちにした方
向にずれ動くことから、荷重を時間経過と共に下方方向にず
らすことでせん断破壊を再現し解析結果に及ぼす影響につ
いて考察する。要素の無効化については各要素が設定した
閾値である引張終局ひずみに達した時、要素を無効化し応
力を解放することで、実験時に生じるひび割れの再現を行
い、補強鉄筋のひずみの変化を比較する。モデル化する際に、
母材コンクリートと補強鉄筋の挙動に着目していることか
ら、有孔鋼板とずれ要素を除いたモデルを作成した。

解析対象を図-1 に示す。コンクリートブロックは幅 500

mm、奥行 500 mm、高さ 400 mmであり、補強鉄筋は D10 を用い
た。配筋本数は 4 本で配筋間隔は 100 mmである。さらに有孔
鋼板からの距離は 90 mmである。

2.2 解析モデル化および材料特性

モデルは対称面を考慮した 1/4 モデルとし、8 積分点を
有するソリッド要素でモデル化している。コンクリート、補
強鉄筋ともに材料特性は Von-Mises の降伏条件を適用する。
コンクリートの圧縮側は塑性域で弾性係数の 1/100 で硬化
し引張側は圧縮強度の 1/10 の引張強度を有し、破壊エネル
ギーと要素長および引張限界ひずみから算出した軟化勾配
を有する線形軟化モデルを用いた。補強鉄筋は簡易なバイ
リニア型を用いて降伏後は初期剛性の 1/100 の剛性で等方
硬化させた。

表-1 解析ケース

ケース名	底面摩擦	せん断破壊の表現	要素の無効化
FN_SN_DN	無	無	無
FY_SN_DN	有	無	無
FN_SY_DN	無	有	無
FN_SN_DY	無	無	有

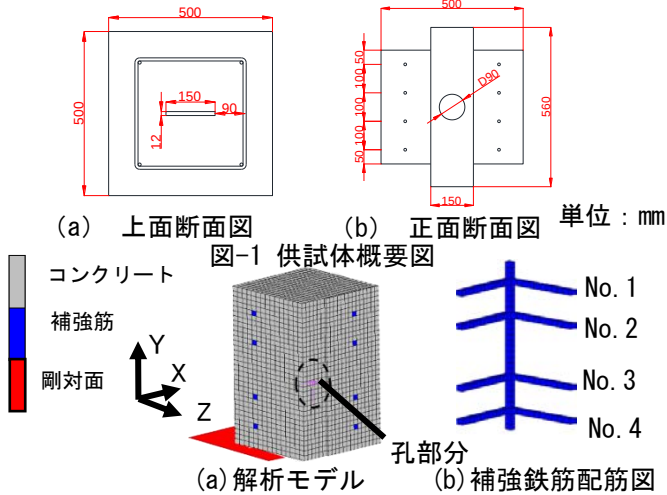


図-2 解析モデルの比較

表-2：材料定数

項目	補強鉄筋	コンクリート
弾性係数 (kN/mm ²)	205	20
降伏強度 (N/mm ²)	365	32.6
引張強度 (N/mm ²)	528	3.3
ポアソン比 (-)	0.3	0.2

キーワード PBL, 底面摩擦, 要素の無効化, FEM

連絡先 〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247 愛知工業大学 TEL (0565) 48-8121

3. 解析結果

3.1 底面摩擦の有無

母材コンクリートの140kN時の主ひずみ分布を図-3に示す。図-3で灰色の部分 200μ 以上のひずみが出ていることを示し、コンクリートがひび割れていることを意味する。母材コンクリートの主ひずみ分布を比較すると、FN_SN_DNはひずみ分布が孔部分から母材下部に広がる結果を示したのに対し、FY_SN_DNは孔部分からの広がりが小さいことがわかる。孔周辺のひずみはジベル孔のせん断破壊によるもので、母材部の板幅方向への分布の広がりは母材を割裂させるような方向に作用している主ひずみ分布であると考えられる。実験では孔部分で発生した力が内部を伝わり、供試体底面から側面へ広がっていく。よって、底面の摩擦を考慮していないFN_SN_DNがより実験に近い結果といえる。

3.2 せん断破壊の表現

解析ケース名 FN_SY_DN の荷重-ひずみ関係を図-4に示す。実験から母材底面から母材側面に沿ってひび割れることから補強筋 No. 4 で比較した。荷重が120kNに達するとひずみが大きく上昇し、130kN時には実験値を上回るひずみ値が得られた。これは120kN時にひび割れが発生し、荷重を補強鉄筋で受け持つことでひずみが大きく上昇したためだと考えられる。さらに FN_SY_DN ではせん断破壊の表現をしたことで荷重が母材下部に伝わりやすくなり、No. 4 の補強鉄筋の負担もより増加したものと考えられる。

3.3 要素の無効化

FN_SN_DYにおける母材コンクリートの破壊性状(最大主ひずみ分布)とFN_SN_DYの荷重-ひずみ関係を図-5、図-6に示す。要素の無効化を行ったFN_SN_DYは120kNを超えて実験と同じように供試体底面が開く割裂するような挙動が助長されていることがわかる。しかし図-4、図-6の荷重-ひずみ関係より、両ケース共に実験値に比べ、ひずみが上昇する時の荷重値が実験値に比べ小さいことから、実験よりも早期にひび割れが起きていると考えられる。そのため、実験で生じる割裂のような挙動をより再現するためには解析モデルの再検討や孔部分から母材へ力を伝達する役割があるずれ要素に着目してモデルを改良する必要がある。

4. おわりに

本研究では、FE 解析による PBL の解析的研究において既往の結果から得られた課題に対して検討を行い、検討項目の有用性を明確にした。

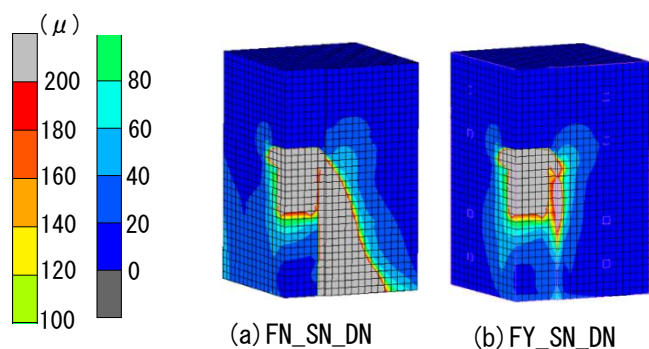
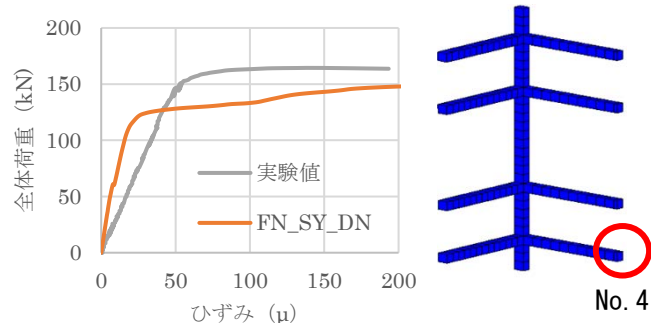


図-3 母材コンクリートの主ひずみ分布比較(140kN時)



(a) 補強鉄 No. 4 荷重-ひずみ関係 (b) 補強鉄筋配筋図

図-4 FN_SY_DNによる補強筋 No. 4 の荷重-ひずみ関係

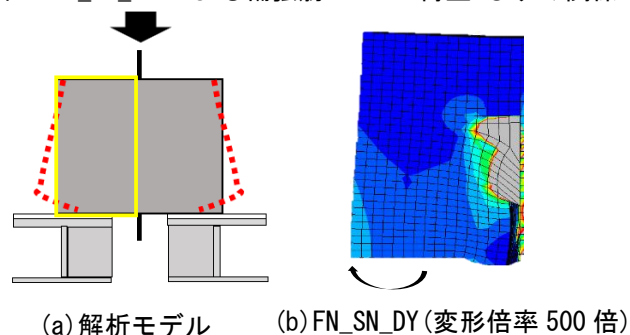


図-5 母材コンクリートの破壊性状

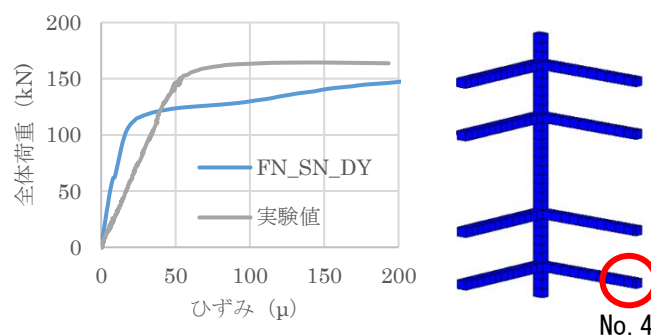


図-6 FN_SN_DYによる補強筋 No. 4 の荷重-ひずみ関係

参考文献

- 園田佳巨, 嶋康博: 3次元弾塑性FEMによる孔あき鋼板ジベルの設計式に関する基礎的考察, 用力学論文集 Vol. 11, pp. 283-290, 2008
- Nguyen Minh Hai, 大野将季, 中島章典, 藤倉修一: 貫通鉄筋の無い孔あき鋼板ジベルのせん断力-ずれ変位関係式の再検討, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol. 74, No. 5 II_32-II_43, 2018