

四辺支持 RC 版の押し抜きせん断耐荷挙動解析

室蘭工業大学 学 生 員 ○内田 雅俊 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光
三井住友建設（株） フェロー 三上 浩 室蘭工業大学 正 員 張 広鋒

1. はじめに

本研究では、RC 版の押し抜きせん断破壊挙動を適切に再現可能な解析手法を確立することを目的に、2 方向に鉄筋を配置した四辺支持 RC 版に対して 3 次元弾塑性性有限要素解析を試み、実験結果と比較することにより解析手法の妥当性を検討した。なお、解析では、押し抜きせん断破壊面の破壊挙動や主鉄筋のすべりを離散化び割れ手法を用いてモデル化している。

2. 試験体の概要

図-1 には、解析対象とした試験体の形状寸法、配筋状況、載荷位置を示している。RC 版の寸法は $2,000 \times 2,000 \times 180$ mm、かぶり厚さは 40 mm である。鉄筋は D16 を用い、版中央部から 150 mm 間隔で下端のみに配置している。一方、試験体の支持条件は 4 辺単純支持である。支点間距離は互いに 1,750 mm であり、支点部は回転を許容するピン支持に近い構造である。なお、載荷板は直径 60 mm の鋼製厚肉円板とし RC 版中央に設置した。実験時におけるコンクリートの圧縮強度は 34.9 MPa、弾性係数は 29.0 GPa、鉄筋の降伏強度は 362 MPa であった。

3. 解析概要

図-2 には、本解析に用いた試験体の要素分割状況を示している。解析モデルは、RC 版の対称性を考慮した

1/4 モデルである。コンクリートは 8 節点、6 節点および 4 節点 3 次元固体要素を用いてモデル化し、鉄筋にはビーム要素を用いている。境界条件は、解析対象の連続性を考慮して、対称切断面においてはその面に対する法線方向変位成分を拘束し、支点部においては節点の鉛直方向変位成分を拘束している。なお、解析では変位制御により載荷し、収束計算には一般に広く用いられている Newton-Raphson 法を採用している。

コンクリートの圧縮側の構成則に関しては、材料実験から得られた圧縮強度 f'_c を用いて、圧縮歪 $3,500 \mu$ までは土木学会コンクリート標準示方書に基づいて定式化し、 $3,500 \mu$ 以後は初期弾性係数の 0.05 倍で $0.2f'_c$ まで線形軟化するモデルとしている。また、降伏の判定には Drucker-Prager の降伏条件を適用し、内部摩擦角を 20° としている。一方、引張側に関しては、線形軟化モデルを適用している。鉄筋には塑性硬化係数 H' を考慮した弾塑性体モデルを適用した。降伏条件は von Mises の降伏条件に従うものとしている。また、本数値解析では実現象に即し RC 版の押し抜きせん断破壊を再現することを目的としているため、押し抜きせん断破壊面の破壊挙動や主鉄筋のすべり等の不連続破壊現象を離散化び割れ手法を用いてモデル化している。接触面要素の配置位置

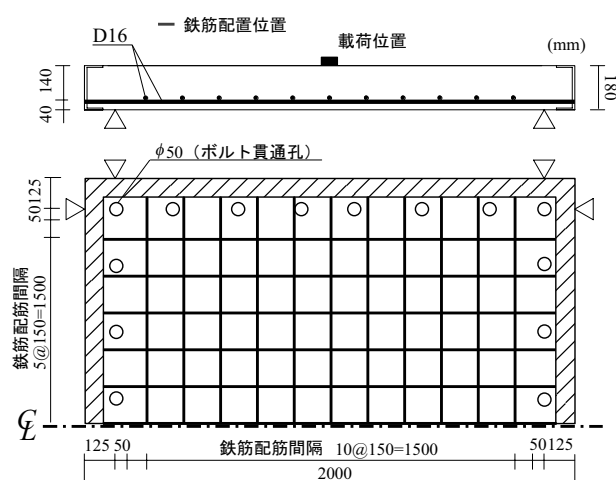


図-1 試験体の形状寸法、配筋状況、載荷位置

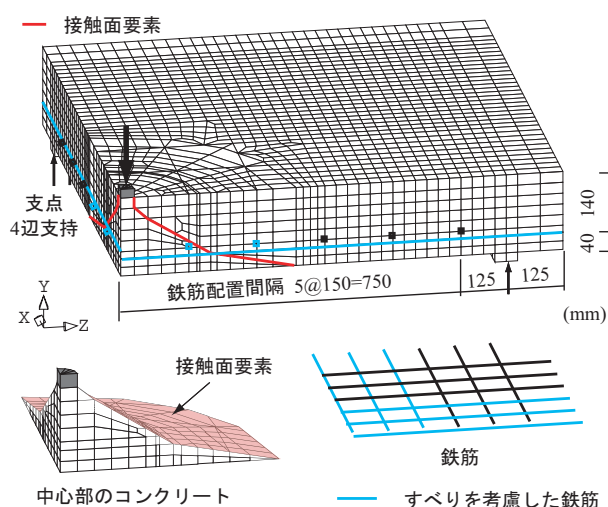


図-2 要素分割状況

キーワード：RC 版、押し抜きせん断破壊、離散化び割れ手法、3 次元弾塑性性有限要素解析

連絡先：〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 TEL 0143-46-5230 FAX 0143-46-5227

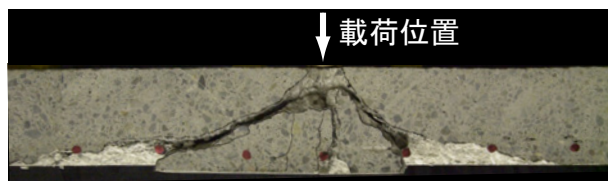


写真-1 実験終了後の試験体断面内ひび割れ分布

表-1 解析ケースの一覧

解析 ケース	モデル化手法	
	主鉄筋のすべり	ひび割れ破壊
CASE 1	考慮せず	分布ひび割れ手法
CASE 2	考慮せず	離散ひび割れ手法と分布ひび割れ手法を併用
CASE 3	離散ひび割れ手法	離散ひび割れ手法と分布ひび割れ手法を併用

は、写真-1に示した実験終了後の試験体断面内ひび割れ分布を参考に決定し、押し抜きせん断破壊面には剥離モデルを、主鉄筋とコンクリート間には主鉄筋のすべりを再現するため Bond-slip モデルを採用している¹⁾。

4. 数値解析結果および考察

4.1 荷重-変位関係

本研究では、表-1に示すようにモデル化手法の異なる3ケースに関する数値解析を実施することにより、解析手法の妥当性について検討を行っている。図-3には、各解析ケースに関する荷重-版中央点変位関係を実験結果と比較して示している。剥離モデルを採用していないCASE 1を見ると、解析結果は100 kN程度までは実験結果と大略一致しているものの、その後は実験結果よりも大きな勾配を示し、終局に至ることなく解析を強制終了している。CASE 2とCASE 3の解析結果を見ると、変位0.9 mm程度までは両者ともほぼ同様な性状を示し、その後荷重が急激に低下している。これは押し抜きせん断破壊面に配置した接触面要素が部分的に破壊したことによるものであると考えられる。しかしながら、実験時にはひび割れの発生が徐々に進行するために、このような傾向は見られない。CASE 2はその後、実験結果よりも高い剛性を示しているが、CASE 3では主鉄筋の降伏により終局に至るまで精度よく一致している。

4.2 主歪分布および破壊状況

図-4にはCASE 3における終局時の最大主歪コンター図および変形図を示している。主歪コンターレベルにおいて、100、2,000 μ の引張歪はそれぞれコンクリートのひび割れ発生歪および開口歪の概略値である。図-4より明らかなように、押し抜きせん断破壊面に配置した離

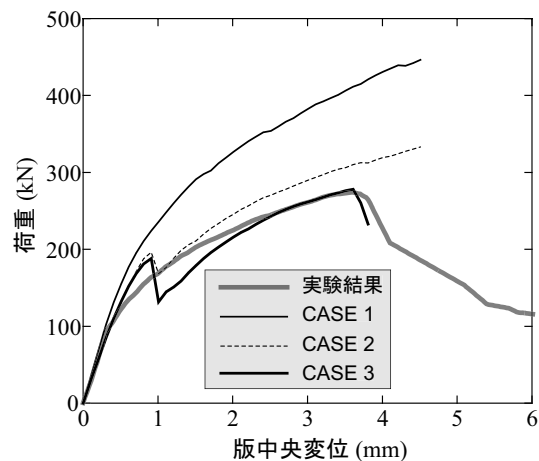


図-3 荷重-版中央点変位関係

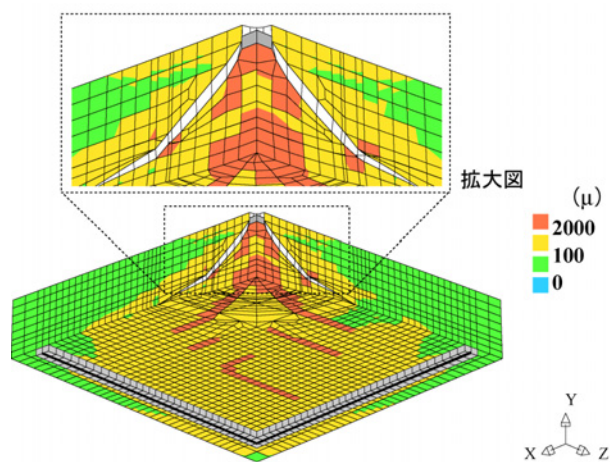


図-4 終局時の最大主歪コンター図および変形図、CASE3（変形倍率：20）

散ひび割れが大きく開口しており、曲げ破壊時に見られるような対角線に沿う分布ひび割れも発生していないことから、CASE 3の場合には、実験時の押し抜きせん断破壊挙動を大略再現しているものと推察される。それに対し、CASE 1、CASE 2の場合には、ここで示していないが、対角線に沿う分布ひび割れが発生し、曲げひび割れに近い性状を示していることを確認している。

5. まとめ

1) 押し抜きせん断破壊面や主鉄筋のすべりを離散化しない場合には、RC版の耐荷性状を過大に評価し、かつ破壊挙動を適切に再現できないこと、2) しかしながら、これらの不連続破壊現象を離散化することにより、RC版の耐荷性状や押し抜きせん断破壊挙動を大略再現可能であること、が明らかとなった。

参考文献

- 1) 岸 徳光, 三上 浩, 張 広鋒: FRPシート曲げ補強RC梁に関するシートの剥離挙動解析, 土木学会論文集, No. 725/V-58, pp.255-272, 2003.