

4 辺支持 RC 版の押し抜きせん断破壊挙動に関する三次元弾塑性解析

室蘭工業大学 学生員 ○高玉 郁子 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 正会員 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、4 辺支持 RC 版に関する三次元弾塑性解析を試み、実験結果と比較することにより解析手法の妥当性検討を行った。解析には、離散ひび割れモデルを用い、押し抜きせん断破壊、主鉄筋のすべり等の幾何学的不連続現象を考慮している。

2. 試験体の概要

本解析には、载荷盤の異なる 2 体の RC 版 (P60, P120 試験体:P に付随する数字は载荷盤直径 (mm)) を用いている。図-1 には、これらの試験体の形状寸法、配筋状況および载荷位置を示している。RC 版の寸法は $2,000 \times 2,000 \times 180$ mm である。試験体の支持部は、4 辺 4 隅とも上下方向の変位を抑え回転を許容する単純支持に近い支持状態となっている。材料試験結果から得られたコンクリートの圧縮強度は 26.3MPa、鉄筋の降伏強度は 423 MPa であった。

3. 解析概要

図-2 には解析に用いた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 モデルとした。本研究では、複雑な配筋状況に対しても対応可能とするために、2 方向鉄筋を 1 枚の鉄板でモデル化することとした。鉄板にはシェル要素を用い、2 方向鉄筋の中

心位置に配置している。境界条件は、解析の連続性を考慮し、両対称切断面では法線方向変位成分を拘束、支点部では上下方向の変位成分を拘束かつ回転を許容するように設定している。

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再現するために、図-2 に示すように、押し抜きせん断破壊面をモデル化する円錐面および鉄板の上下に接触面要素を配置している。ここで、鉄板要素の配置によって分離されたコンクリート要素の連続性を保持するため、鉄板要素の上下におけるコンクリート要素間の水平 2 方向 (X, Y 方向) 相対変位を拘束している。接触面要素には、図-3 に示すように Coulomb friction 型の応力-相対変位関係を用い、押し抜きせん断破壊、コンクリートと鉄板間のすべりや剥離を再現することとした。

図-4 にはコンクリートの応力-ひずみ関係を示している。降伏の判定には Drucker-Prager の降伏条件を適用し、内部摩擦角 ϕ を 30° とした。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、降伏条件は von Mises の降伏条件に従うものとしている。

4. 数値解析結果および考察

4.1 荷重-版下面中央点変位関係

本解析では、表-1 に示すような 3 つの解析ケースを

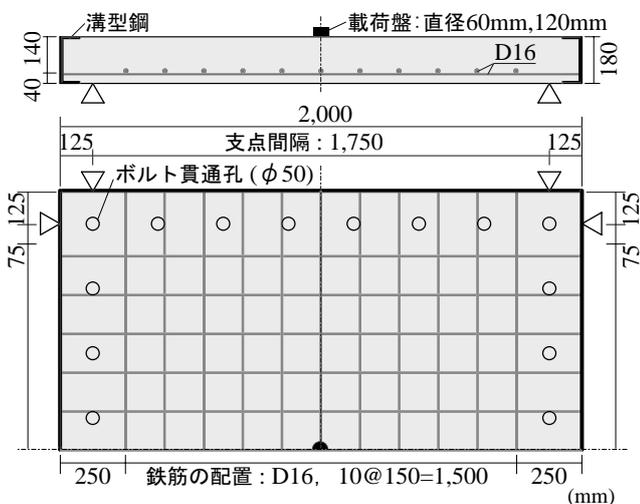


図-1 試験体概要

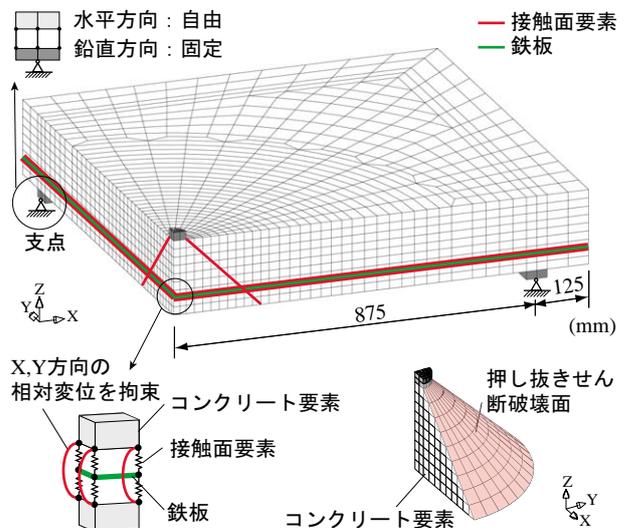


図-2 要素分割状況:P60 試験体(解析ケース3)

キーワード: RC 版, 押し抜きせん断破壊, 離散ひび割れ手法, 三次元弾塑性解析

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

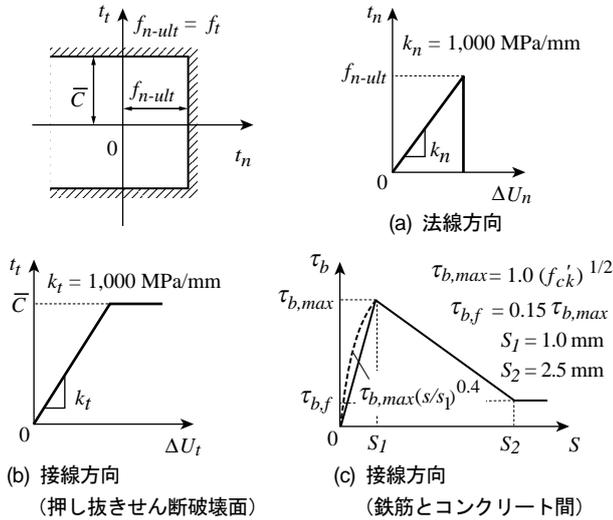


図-3 接触面要素の応力-相対変位関係

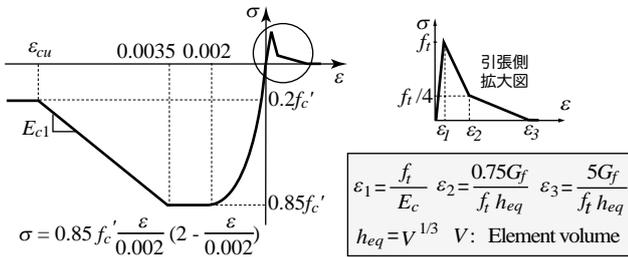


図-4 コンクリートの材料構成則

表-1 解析ケース一覧

解析ケース	鉄筋のモデル化	鉄筋のすべり	押し抜きせん断破壊面の離散化
ケース1	シェル要素	考慮しない	考慮しない
ケース2	シェル要素	考慮する	考慮しない
ケース3	シェル要素	考慮する	考慮する

設け、RC版の耐荷性状に及ぼす鉄筋すべりの影響や押し抜きせん断破壊面のモデル化の有無の影響を検討した。図-5には、各試験体の荷重-版下面中央点変位関係に関する解析結果と実験結果の比較を示している。図-5(a)に示すP60試験体に関する比較図より、解析ケース1の結果は、変位が増加しても荷重の低下が見られないため、5.0 mm付近で計算を終了した。解析ケース2および3の結果は、荷重100 kN近傍までは解析ケース1と同様であるが、その後、両試験体とも鉄板とコンクリート間のすべりが生じたことにより荷重-変位関係の剛性勾配が明瞭に低下している。解析ケース3は、変位3.0 mm近傍で離散ひび割れモデルを適用した押し抜きせん断破壊面が完全に開口することにより、荷重が急激に低下し終局に至っている。なお、解析ケース2は、計算終了時まで荷重が低下せず押し抜きせん断破壊が発生していないことが確認できる。一方、図-5(b)に示すP120試験体に関する比較図より、各解析結果はP60試験体と類似

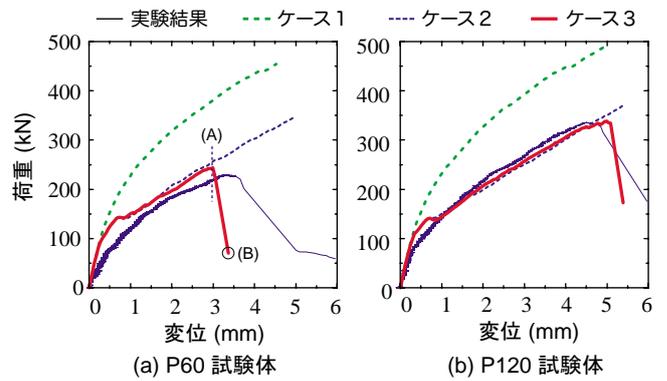


図-5 荷重-変位関係

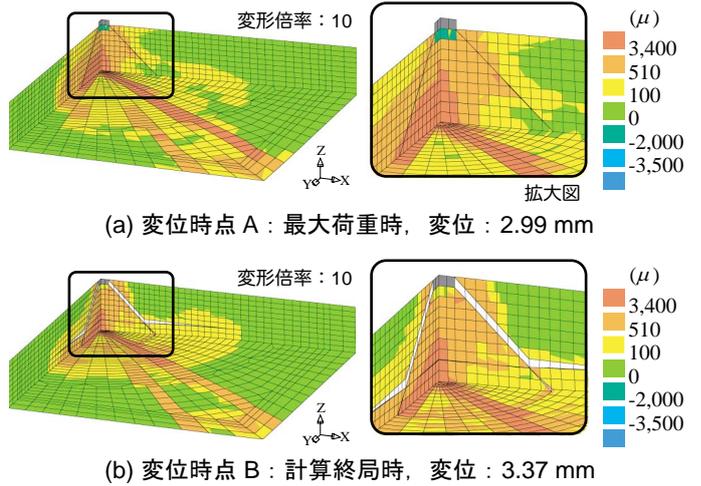


図-6 解析ケース3の離散ひび割れ開口状況および最大主ひずみコンター図 (P60 試験体)

した荷重-変位関係を示していることが分かる。

4.2 最大主ひずみ分布および破壊状況

図-6には、図-5(a)のP60試験体における変位時点A, Bでの最大主ひずみ分布および変形図を示している。ここで、最大主ひずみのコンターレベルの100 μ, 3,400 μは、それぞれコンクリートのひび割れ発生ひずみおよびひび割れ開口ひずみの概略値である。図-6(a)図に示す最大荷重時には、分散ひび割れ(赤色の領域)が対角線方向に沿って大きく進行し、押し抜きせん断破壊面に配置した離散ひび割れが部分的に開口していることが確認できる。(b)図に示す計算終局時には、押し抜きせん断破壊面に配置した接触面要素が完全に開口し、鉄筋をモデル化したシェル要素の上面に配置した離散ひび割れも開口していることが分かる。

5. まとめ

本研究では、鉄筋をシェル要素にモデル化し、かつ離散ひび割れモデルと分布ひび割れモデルを併用する解析手法を提案した。提案の解析手法を適用することによって、RC版の耐荷性能を大略再現可能であることが明らかになった。