

2 方向鉄筋を鉄板状にモデル化した RC 版の押抜きせん断挙動解析

室蘭工業大学 正 会 員 ○高玉 郁子 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光
 室蘭工業大学 正 会 員 小室 雅人 室蘭工業大学 正 会 員 栗橋 祐介

1. はじめに

本研究では、四辺支持 RC 版の耐荷性状や破壊挙動を数値解析的に適切に評価することを目的として、鉄筋を固体要素を用いて板状にモデル化し、かつ分布ひび割れと離散ひび割れモデルを併用する手法を提案し、三次元弾塑性数値解析を実施した。なお、鉄筋をシェル要素を用いてモデル化した場合や実験結果と比較することにより提案の解析手法の適用性について検討を行った。

2. 試験体の概要

本解析は、鉄筋比の異なる RC 版を対象とし、試験体名は主鉄筋径 (mm) と主鉄筋間隔 (mm) をハイフンで結ぶことにより表わした。試験体は、D13-200, D13-100, D19-150, D22-150 の全 4 体であり、それぞれ鉄筋比は、0.54%, 1.00%, 1.57%, 2.12% である。図-1 には、これらの試験体の形状寸法、配筋状況および載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 30 ~ 37MPa、鉄筋の降伏強度は 370 MPa である。

3. 解析概要

図-2 に解析に用いた要素分割状況を示す。解析モデ

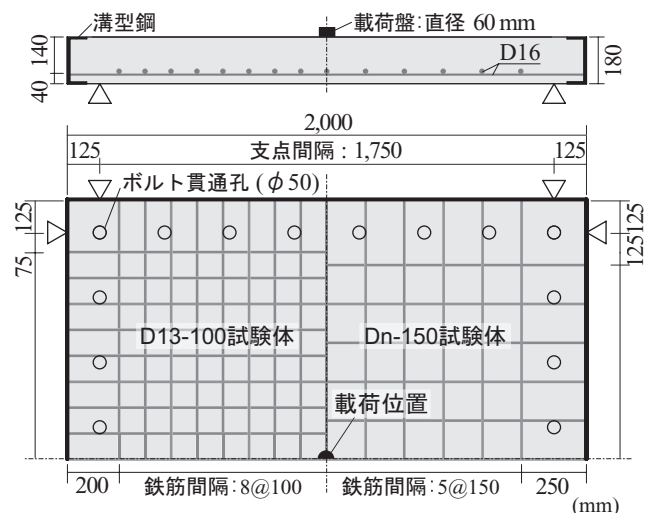


図-1 試験体概要

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 方向の鉄筋を 1 枚の鉄板でモデル化することとした。鉄板には固体要素を用い、2 方向の鉄筋の平均芯かぶり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た。押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、図-2 に示すように押抜きせん断破壊面をモデル化した円錐面および鉄板の上下に接触面要素を配置している。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-ひずみ関係を示す。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た。

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

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。

鉄板要素に固体要素を用いる場合には、初期剛性から最大荷重時まで実験結果とほぼ同様の性状を示している。

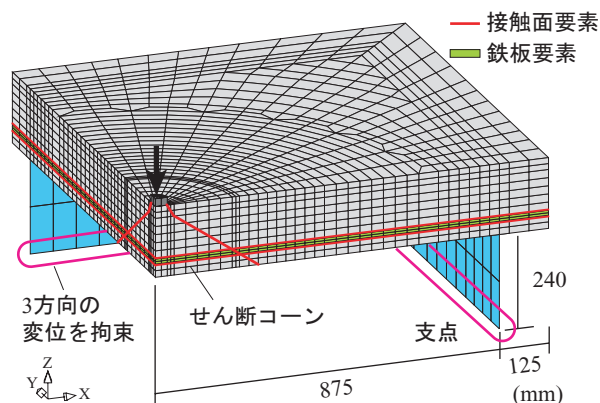


図-2 全体の要素分割状況：固体要素を用いる場合

キーワード：RC 版、押抜きせん断破壊、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

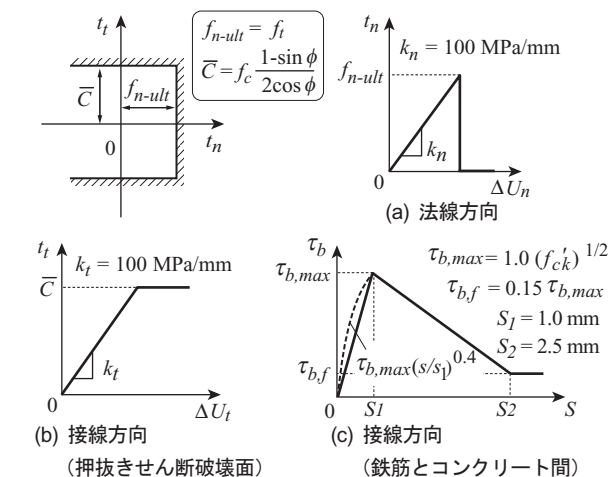


図-3 接触面要素の応力-相対変位関係

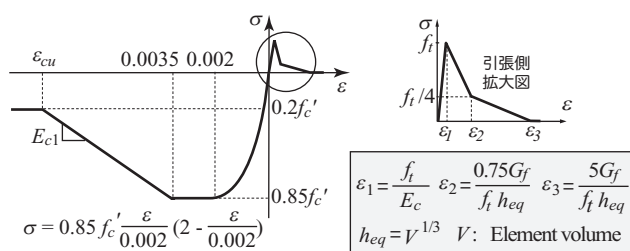


図-4 コンクリートの材料構成則

初期剛性が低下した後も剛性勾配は実験結果と良好に対応しており、いずれの試験体においても実験結果の最大荷重をほぼ再現していることが分かる。D13-200 試験体では、解析値の変位は実験値を下回るものの、最大荷重値はほぼ対応しており、他の3試験体は、いずれも実験結果の最大荷重および最大荷重時変位をほぼ再現していることが分かる。

一方、シェル要素を用いた場合の各解析結果を見ると、いずれも実験結果とほぼ同様の約 100 kN 程度で剛性勾配が低下しているものの、全体的に剛性勾配は実験結果よりも大きい。その後、いずれの試験体においても実験結果よりも小さな変位で押抜きせん断破壊が生じ、計算を終了している。

4.2 最大主ひずみ分布および破壊状況

図-6 には、D13-100 試験体の計算終局時における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 100 μ , 5,700 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。図より、いずれの要素を用いても押抜きせん断面に配置した接触面要素が完全に開口していることがわかる。

固体要素を用いた場合のコンター図から、鉄板およびかぶりコンクリート部に大きなひずみが発生しているこ

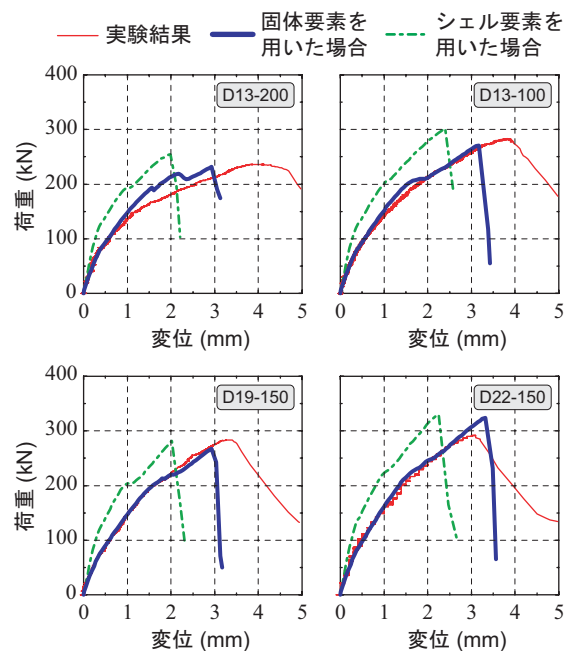


図-5 荷重-変位関係

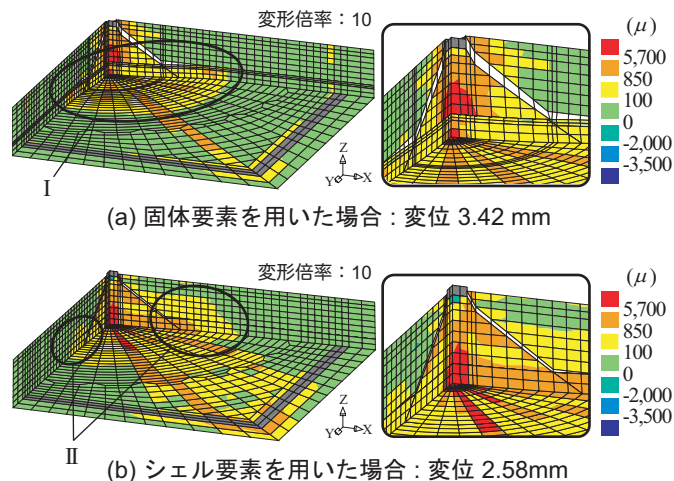


図-6 D13-100 試験体の離散ひび割れ開口状況および最大主ひずみコンター図 (計算終局時)

とが分かる(図中、I 部分)。これより、固体要素を用いた場合には、鉄板がかぶりコンクリートを下方に押し出すダボ作用を再現できることが分かる。シェル要素を用いる場合には、かぶりコンクリート部のみならず下面から版の高さの半分程度までひび割れが発生し、実験結果とは十分に対応していないことがわかる(図中、II 部分)。

5. まとめ

本研究では、鉄筋を鉄板として固体要素にモデル化し、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。検討の結果、提案の手法を用いることで、荷重-変位関係等を含め鉄筋にシェル要素を適用する場合に比較して、実験結果をより忠実に再現可能であることが明らかになった。