

載荷盤直径および版厚が異なる RC 版の押抜きせん断耐力評価に関する三 次元弾塑性有限要素解析

駒井鉄工株式会社 正 会 員 ○ 菊池 康則 室蘭工業大学大学院 フェロー 岸 徳光
 三井住友建設(株) フェロー 三上 浩 室蘭工業大学大学院 正 会 員 小室 雅人

1. はじめに

著者らは、荷重－変位関係および破壊挙動を適切に評価可能な数値解析手法を確立することを目的に、押抜きせん断ひび割れ形状をバイリニア型に仮定する場合や、リニア型とする場合の数値解析を試み、それらの妥当性を検討してきた。しかしながら、これらの検討は限定されたパラメータの基で実施されたものであり、未だ汎用性に優れた手法であるかは不明である。

このような観点から、本研究では、載荷盤直径や版厚を変化させた場合の三次元弾塑性有限要素解析を行い、実験結果との比較によりその妥当性を検討した。本解析では汎用性を考慮して、鉄筋を板状の固体要素にモデル化し、かつ離散ひび割れと分布ひび割れモデルを併用して解析を行っている。なお、本数値解析は、構造解析用汎用プログラム DIANA9.3 を用いて行った。

2. 試験体概要

表－1 には、本解析で対象とした試験体一覧を示している。実験ケースは、載荷盤直径が異なる 4 試験体と版厚が異なる 3 試験体の全 7 試験体である。試験体名において、P は載荷盤直径が異なる場合、H は版厚の異なる場合を意味しており、付随する数字は載荷盤直径 (mm) もしくは版厚 (mm) を意味している。

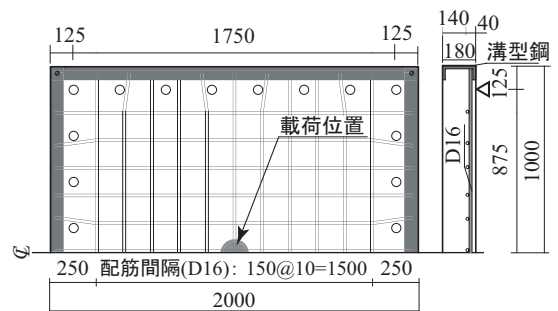
図－1 には、試験体の形状寸法、配筋状況および載荷位置を示している。RC 版は 2,000×2,000 mm の正方形形状であり、下端鉄筋の平均芯かぶりが 40 mm となるように配置されている。また、鉄筋は D16 を用いて版中央から 150 mm 間隔で格子状に配筋しており、RC 版の外縁に配置した溝型鋼に溶接定着し、定着長を節約している。

試験体支持部は、上下方向への変位を拘束し回転のみを許容する単純支持に近い状態とし、支持間隔は両方向

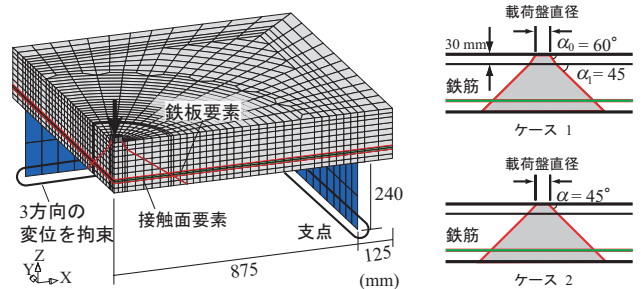
とも 1,750 mm である。なお、実験時のコンクリートの圧縮強度は、22～35 MPa 程度となっている。

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、複雑な配筋状況に対しても適用可能とするために、2 方向鉄筋を 1 枚の鉄板としてモデル化することとした。鉄板は個体要素を用いてモデル化し、2 方向鉄筋の平均芯かぶり位置に配置している。境界条件は、対称切断面に関しては法線方向変位成分を、支点部では 3 方向変位成分を拘束している。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に、図－2 (a) に示すように、離散ひび割れモデルを版中央部円錐

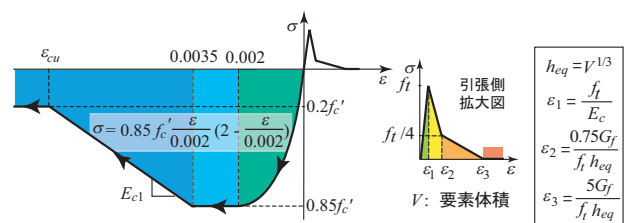


図－1 試験体図 (版厚 180mm の場合)



(a) 全体の要素分割状況 (b) せん断コーンのモデル化

図－2 要素分割状況



図－3 材料構成則

試験体名	載荷盤直径 (mm)	版厚 (mm)	鉄筋比 (%)	圧縮強度 f'_c (MPa)
P60	60	180	1.09	27.2
P90	90			27.4
P120	120			21.6
P150	150			26.3
H150	60	150	1.40	32.2
H180		180	1.09	34.9
H200		200	1.00	34.1

キーワード：四辺支持 RC 版、押抜きせん断耐力、有限要素法、弾塑性解析

連絡先：〒050-8585 室蘭工業大学大学院 工学研究科 くらし環境系領域 TEL 0143-46-5230 FAX 0143-46-5227

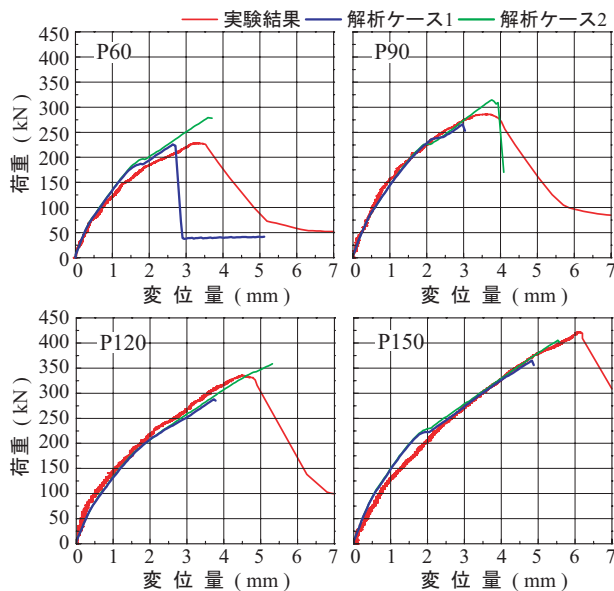


図-4 荷重-変位関係の比較(載荷盤直径)

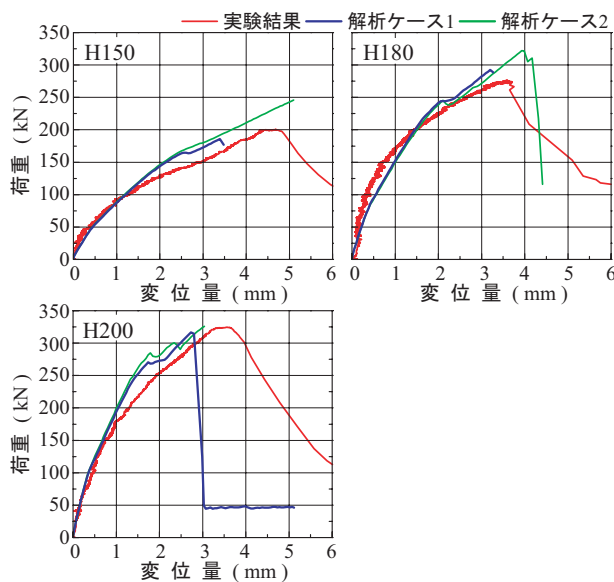


図-5 荷重-変位関係の比較(版厚)

型の押抜きせん断ひび割れ部, および鉄板要素の上下面に配置した。

押抜きせん断ひび割れの傾斜角は, 図-2(b)に示すように, $\alpha_0 = 60^\circ$ と $\alpha_1 = 45^\circ$ のバイリニア型(ケース1)と, コンクリート標準示方書の仮定と同様に $\alpha = 45^\circ$ のリニア型(ケース2)について解析を実施した。

図-3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 の降伏条件式を適用し, 内部摩擦角を 30° とした。鉄筋は, 塑性硬化係数 H' (弾性係数の1%)を考慮した弾塑性体モデルとし, 降伏の判定は 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

図-4 および 図-5 には, 各試験体の荷重-版下面中央点変位関係(以後, 単に変位)を示している。

図-4 より載荷盤直径が異なる場合に注目すると, バイ

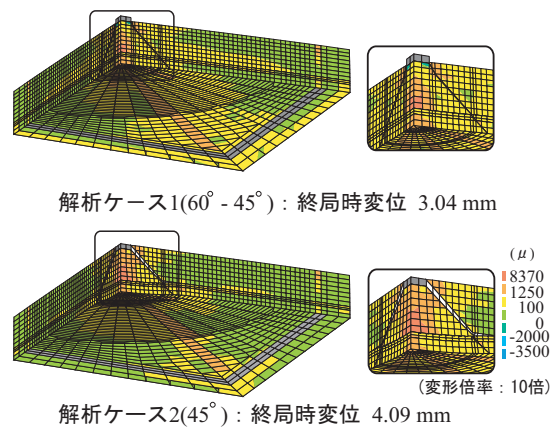


図-6 最大主ひずみコンター図(P90 試験体)

リニア型に仮定した解析ケース1の場合では, 実験結果をほぼ再現している。ただし, 最大荷重値は実験結果よりも若干控えめに評価する傾向にあることがわかる。一方, リニア型に仮定した解析ケース2では, P150 試験体を除き, 実験結果よりも大きめに評価していることがわかる。

図-5 の版厚が異なる解析結果より, 解析ケース1の場合には, 剛性勾配が実験結果よりも若干大きくなる傾向を示している。しかしながら, 最大荷重は実験結果とほぼ同等の値となっており, 大略実験結果を再現しているものと考えられる。解析ケース2の場合には, 剛性勾配が解析ケース1に比較して大きく評価され, 解析結果を大きく評価する傾向にあることがわかる。

図-6 には, 一例として P90 試験体の各解析ケースにおける終局時の最大主ひずみコンター図を示している。最大主ひずみの引張側コンターレベル, $100, 1250, 8370 \mu$ は, 図-3 に示す ε_1 (ひび割れ発生ひずみ), ε_2 および ε_3 (ひび割れ開口ひずみ) の概略値である。

図-6 より, 解析ケース2の場合には, 押抜きせん断ひび割れ面に配置した接触面要素が完全に開口して押し抜きせん断破壊が生じ, 終局に至っているのがわかる。なお, 解析ケース1の場合にも, 接触面要素が完全に開口する前に計算が終了しているものの, 荷重が低下していることより, 押抜きせん断破壊によって終局に至っているものと推察される。また, 版下面に対角線上に曲げひび割れが生じていることから, 実験結果の破壊性状を大略再現できていることを確認している。

5. まとめ

- 1) いずれの試験体においても, 提案の手法を用いることにより, RC 版の耐荷性状を大略再現可能であることが明らかとなった。
- 2) バイリニア型とした解析ケース1の場合は, 耐荷力を実験値よりも控えめに評価する傾向にあり, 設計的に安全側の評価を与えることが明らかとなった。