

四辺支持 RC 版の押抜きせん断耐力評価に関する数値解析的検討

室蘭工業大学大学院 学生会員 ○ 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

本研究では、RC 版の押抜きせん断性状を適切に評価可能な簡易で合理的な数値解析手法を確立することを目的に、鉄筋を個体要素を用いて板状にモデル化し、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、実験結果との比較によりその妥当性を検討する。本研究では、押抜きせん断ひび割れに離散ひび割れモデルを適用すると共に、その傾斜角を、(1)実験結果に基づきバイリニア形(傾斜角:60°,45°)にモデル化する場合と、(2)傾斜角45°としたリニア形にモデル化する場合を設定し、それらの妥当性を検討した。

2. 試験体および実験概要

表-1には、本解析で対象とした実験ケースの一覧を示している。解析対象とした試験体は全4体であり、試験体名は主鉄筋径(mm)と配筋間隔(mm)をハイフンで結ぶことで表している。図-1には、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2,000×2,000×180mmであり、下端鉄筋は平均芯かぶりが40mmとなるように配置されている。また、下端鉄筋は、版中央部から所定の間隔で格子状に配置している。なお、各鉄筋は四辺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。支持間隔は両方向とも1,750mmであり、载荷盤直径は60mmとし载荷位置を版中央部に限定している。また、実験終了後には版中央部を主鉄筋方向に切断して、断面内のひび割れ分布を観察している。

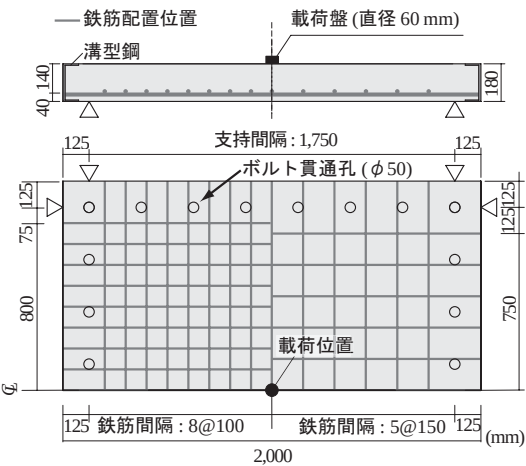


図-1 試験体の形状寸法、配筋状況および载荷位置

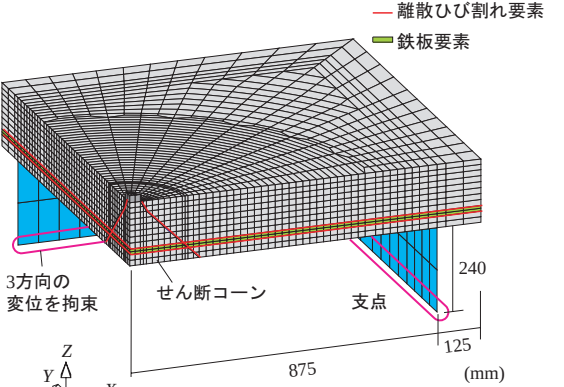
なお、実験時のコンクリートの圧縮強度は、 $f'_c=27\sim33$ MPaであった。

3. 解析概要

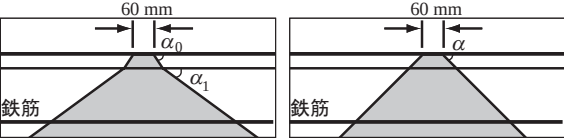
図-2には、解析に用いた要素分割状況を示している。解析モデルはRC版の対称性を考慮した1/4モデルとし、複雑な配筋状況に対しても対応可能とするために、2方向鉄筋を1枚の鉄板としてモデル化することとした。鉄板には個体要素を用い、2方向鉄筋の平均芯かぶり位置に配している。境界条件は、解析の連続性を考慮し、対称切断面に関しては法線方向変位成分を、支点部では3方向変位成分を拘束している。押抜きせん断破壊面の破壊挙動や主鉄筋のすべり等の不連続破壊現象を再現するために、図-2(a)に示すように、離散ひび割れを版中央部円錐型の押抜きせん断ひび割れおよび、鉄板要素の上

表-1 試験体一覧

試験体名	鉄筋の呼び名	配筋間隔(mm)	鉄筋比(%)	圧縮強度 f'_c (MPa)
D13-100	D13	100	1.00	31.0
D13-150		150	0.69	27.7
D16-100	D16	100	1.56	32.9
D19-100	D19	100	2.25	32.9



(a) 全体の要素分割状況



ケース 1 ケース 2
(b) せん断コーンのモデル化

図-2 要素分割状況

キーワード：四辺支持 RC 版、押抜きせん断耐力、弾塑性有限要素解析、押抜きせん断ひび割れ角度
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

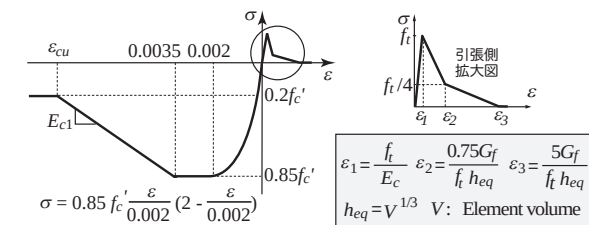


図-3 コンクリートの材料構成則

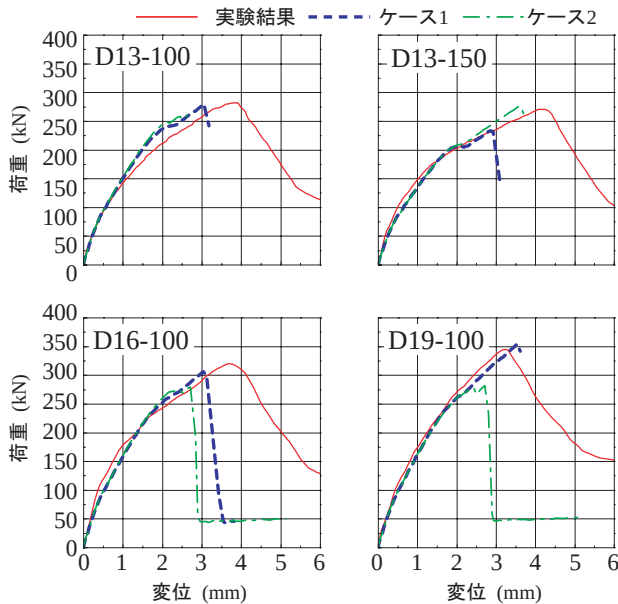


図-4 各試験体の荷重-版下面中央点変位関係

下面に配置した。

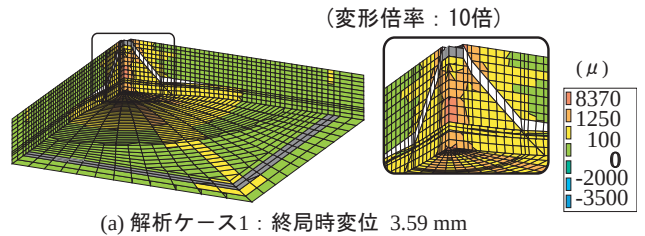
押抜きせん断ひび割れの傾斜角は、せん断耐力に大きな影響を与えることより、本研究では既往の研究¹⁾を参考に以下のように設定した。すなわち、(1) 既往の研究成果に基づき、上縁から 30 mm までは載荷版外縁から $\alpha_0 = 60^\circ$ の傾斜角とし、その後コンクリート標準示方書²⁾と同様に $\alpha_1 = 45^\circ$ の傾斜角とする場合 (解析ケース 1) と、(2) コンクリート標準示方書²⁾の仮定と同様に載荷盤外縁からの傾斜角を $\alpha = 45^\circ$ とする場合 (解析ケース 2) であり、概略図を 図-2(b) に示す。

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 の降伏条件を適用し、内部摩擦角を 30° とした。鉄筋には、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。

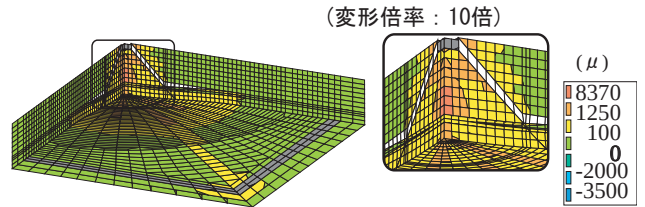
4. 数値解析結果および考察

4.1 耐荷性状

図-4 には、各試験体の荷重-版下面中央点変位関係について、実験結果と解析結果を比較して示している。図より、解析ケース 1 および 2 の結果と実験結果を比較すると、ともに最大荷重は実験結果よりも若干下回っているものの、各試験体とも剛性勾配や押抜きせん断破壊に至るまでの耐荷性状を比較的良く再現しているものと考え



(a) 解析ケース1: 終局時変位 3.59 mm



(b) 解析ケース2: 終局時変位 3.00mm

図-5 最大主ひずみコンター図および破壊状況 (D16-100 試験体)

えられる。

4.2 破壊性状

図-5 には、終局時における最大主ひずみコンター図および破壊状況の一例として D16-100 試験体の結果を示している。なお、最大主ひずみの引張側コンターレベル、100, 1250, 8370 μ 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。

図より、解析ケース 1, 2 とともに、押抜きせん断面に配置した接触面要素が完全に開口し、押抜きせん断コーンを形成して終局に至っていることが見て取れる。また、版下面中央部に大きなひずみが生じ、対角線上に発生している曲げひび割れなどの分布も見て取れる。これらのことから、ケース 1, 2 とともに、実験結果の破壊性状を大略再現可能であるといえる。

5. まとめ

本研究では、鉄筋は固体要素を用いて板状にモデル化し、かつコンクリート要素には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た。検討の結果、いずれの試験体に関しても、本論文で提案する 2 つの解析手法を用いることにより、RC 版の押抜きせん断耐荷性状を大略再現可能であることが明らかになった。特に傾斜角を 45° とする場合には、作業の効率化やコンクリート標準示方書²⁾との対応を含めて、より汎用性の高い手法であるものと考えられる。

参考文献

- 1) 高玉郁子, 岸 徳光, 三上 浩: 鉄筋比の異なる RC 版の押抜きせん断破壊に関する三次元弾塑性解析, コンクリート工学年次論文集, 30(3), 493-498, 2008.
- 2) 土木学会: コンクリート標準示方書 (2007 年制定) 設計編, 2007.