

離散ひび割れを考慮した押し抜きせん断破壊型 RC 版の破壊挙動解析

独立行政法人土木研究所 正 員 ○張 広鋒

1. はじめに

離散ひび割れ手法に基づき鉄筋コンクリート (RC) 版の押し抜きせん断破壊挙動を解析的に検討するには、押し抜きせん断破壊面の傾斜角度を決定する必要がある。本研究は、三次元弾塑性有限要素法を用いて押し抜きせん断耐荷性状に及ぼす押し抜きせん断破壊面の傾斜角の影響を検討したものである。なお、解析では構造解析用汎用コード DIANA¹⁾を使用した。

2. 試験体概要

図-1には、解析対象の試験体の形状寸法、配筋状況および荷重位置を示している。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。支持間隔は $1,750$ mm である。荷重は直径 60 mm の荷重盤を用い、版中央部に限定して荷重した。表-1には実験時に用いたコンクリートおよび鉄筋の力学的特性値を示している。なお、鉄筋の降伏強度、コンクリートの圧縮強度および弾性係数は材料試験から得られたものである。

3. 解析概要

本研究では、離散ひび割れモデルを用い、押し抜きせん断破壊面の破壊や鉄筋すべり等の幾何学的不連続現象を考慮することとした。解析ケースは、押し抜きせん断破壊面の傾斜角を 35° 、 40° および 45° の3つのケースである。図-2は解析に用いた要素分割状況を示すものである。解析では、実構造物のように複雑な配筋状況

に対しても簡易に対応可能にするため、2方向に配置した鉄筋を一枚の等方材料鉄板(以下、単に鉄板と呼ぶ)に平均化することとした。鉄板の厚さは鉄筋の断面積と等価になるようにして決定した。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た。また、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)相対変位を拘束した。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。

接触面要素には、図-3に示すように Coulomb friction 型の応力-相対変位関係を適用した²⁾。コンクリート要素には、図-4に示す応力-ひずみ関係を適用した。降伏の判定には Drucker-Prager の降伏条件を用い、内部摩擦角 ϕ を 30° とした。鉄筋要素には、塑性硬化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²⁾。

4. 解析結果および考察

4.1 荷重-版下面中央変位関係

図-5には、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。各解析ケースにお

表-1 各材料の力学的特性値

材料	圧縮強度 f'_c (MPa)	降伏強度 f_y (MPa)	弾性係数 E (GPa)	ポアソン比 ν
コンクリート	27.7	-	23.0	0.2
鉄筋	-	386.4	200	0.3

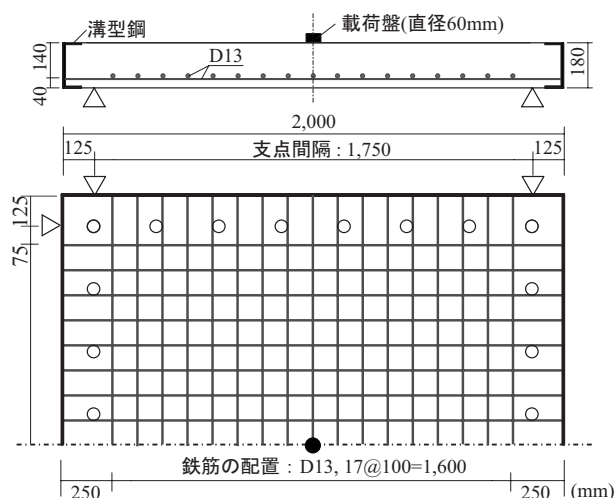


図-1 試験体概要

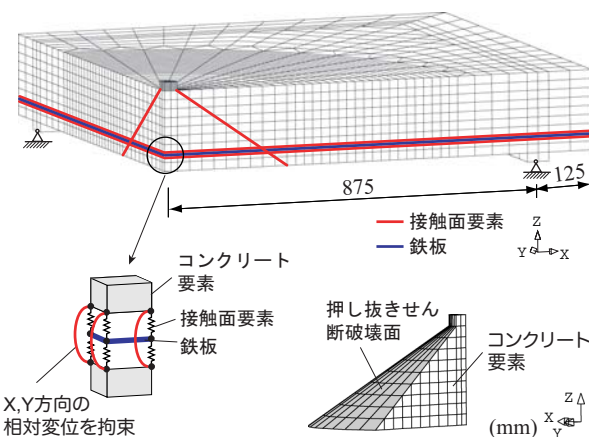


図-2 要素分割状況 (35° モデル)

キーワード：RC 版、押し抜きせん断破壊、三次元有限要素法、弾塑性応答解析

連絡先 〒305-8516 つくば市南原 1-6 (独)土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL 029-879-6773 FAX 029-879-6736

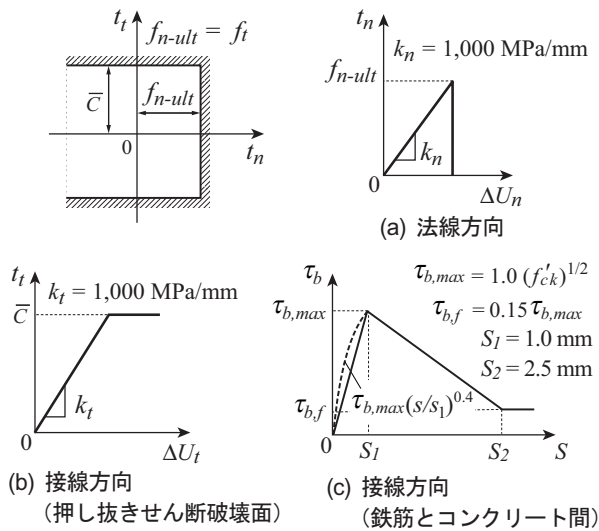


図-3 応力-相対変位関係

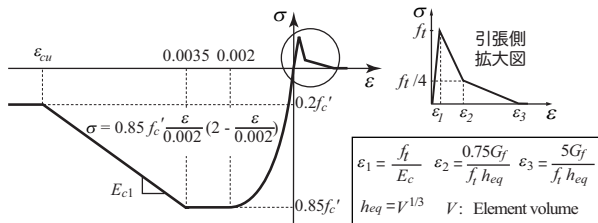


図-4 コンクリートの材料構成則

いては、変位 0.91 mm 付近で曲げひび割れの発生によって曲線の剛性勾配が一時的に低下している。変位 1.8 mm 付近までは各解析結果間の明瞭な差異が発生していない。なお、各解析ケースの最大荷重(最大荷重時変位)は、それぞれ、310.9 kN (3.03 mm), 281.6 kN (3.12 mm) および 270.6 kN (3.48 mm) である。

4.2 ひび割れ状況

図-6には、一例として、図-5に示す時点Ⅰ、Ⅱにおける最大主ひずみ分布および離散ひび割れ開口状況を示している。ここで、変位時点Ⅰは、曲げひび割れの発生時(0.91 mm)、変位時点Ⅱは、40°モデルの押し抜きせん断破壊面の破壊時(3.59 mm)である。最大主ひずみのコンターレベルの 510, 3,400 μ は、それぞれ図-4に示す ϵ_2 および ϵ_3 の概略値である。

図-6(a),(b)より、変位時点Ⅰまでは、両ケースがほぼ同様なひび割れ状況を示す。その後、40°モデルの場合は、変位 3.59 mm 付近で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鉄板要素の上面に配置した離散ひび割れも開口している(図(d))。この時点までの35°モデルの場合は、押し抜きせん断破壊面に配置した接触面要素が未だ開口していない。なお、紙面の制約のため本論文に示していないが、45°モデルの場合は、変位 3.11 mm 付近で押し抜きせん断破壊面の破壊が発生した。

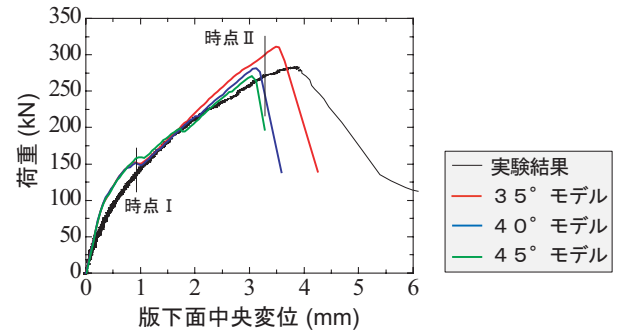


図-5 荷重-版下面変位関係

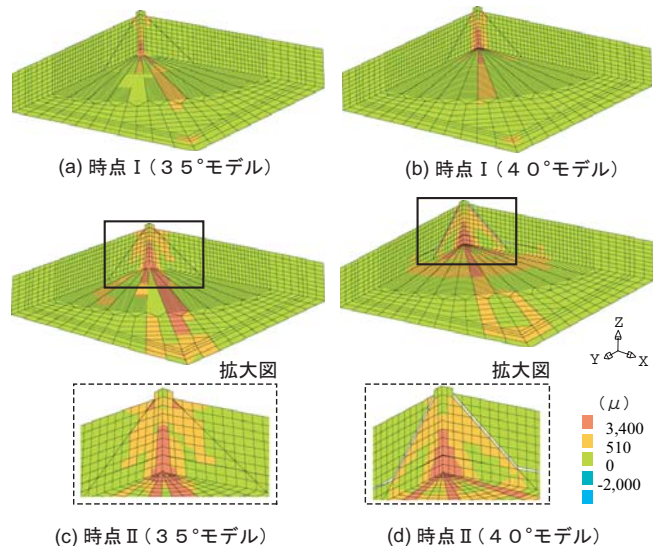


図-6 ひび割れ状況(35°モデルと40°モデル)

5. まとめ

本研究では、分散ひび割れモデルと離散ひび割れモデルを併用する解析手法を用いて、解析結果の最大荷重および最大荷重時変位に及ぼす解析モデルの押し抜きせん断破壊面の傾斜角の影響を検討した。検討の結果、押し抜きせん断破壊面の傾斜角は、解析結果の最大荷重および最大荷重時変位に影響を与える。解析モデルの傾斜角の角度が大きい程、解析はより小さい変位時で押し抜きせん断破壊によって終局に至り、最大荷重を低く評価する傾向がある。

今後には、押し抜きせん断破壊面の応力状態を含めさらなるの詳細検討が必要である。

謝辞

本研究は、文部科学省科学技術研究補助金(課題番号19760308)により実施したものである。ここに記して関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) DIANA User's Manual (9.1), TNO DIANA BV.
- 2) 張広鋒, 岸徳光, 三上浩, 小室雅人: RC版の押し抜きせん断破壊に関する三次元弾塑性有限要素解析, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, pp.397-402, 2007.