ひび割れ面のせん断伝達を考慮した鉄筋コンクリート造梁のマクロモデルの検討

飛島建設 正会員 〇高瀬 裕也 北海道職業能力開発大学校 正会員 和田 俊良

1. はじめに

著者らは、梁要素モデルとひび割れ面のせん断応力伝達機構 を組み合わせた, RC 造梁部材の荷重変形曲線を追跡し得るマク ロモデルの構築を目的として,試行モデルを作成した。本報告 では、数例の数値計算を行いこのモデルの特徴を検証する。

2. モデルの定式化

2.1 基本仮定

本解析手法では次の基本仮定に立脚してモデルを構築する。 ①部材に作用するせん断変形は,曲げとせん断でそれぞれ独立 に評価したものを合成して算出される。②曲げ要素は平面保持 の仮定が成立しm層に仮想分割したモデルで記述される。③せ ん断要素はひび割れ面のせん断応力伝達機構のみで表現される。

2.2 荷重と変位の評価方法

図1の(a)と(b)に、本モデルで用いる曲げ要素とせん断要素を それぞれ描く。本モデルでは、曲げ要素とせん断要素のそれぞ れの変形を独立して扱うため、どちらかの要素が破壊するまで は、部材の軸鉛直方向に作用する増分荷重ΔY は両要素で等しい。

$$\Delta Y = \Delta Y_B = \Delta Y_S \tag{1}$$

増分変位ベクトル $\{\Delta\delta\}$ は曲げ要素とせん断要素で共有する仮 想節点において、それぞれの増分変位ベクトル $\{\Delta\delta_B\}$ と $\{\Delta\delta_S\}$ が 合成され(2)式で表される。

 $\{\Delta\delta\} = \{\Delta\delta_B\} + \{\Delta\delta_S\}$ (2)

2.3 せん断要素の数式化

図2にひび割れ面の変位量とせん断変位成分の関係を示す。 本モデルでは、せん断変形をひび割れ面のせん断応力伝達機構 のみで表現する。せん断要素の増分節点力ベクトル $\{\Delta P_s\}$ をひび 割れ面に生じる増分応力 $\Delta \sigma_{cr} \geq \Delta \tau_{cr}$ で記述すると、幾何学的に (3)式が得られる。

$$\left\{\Delta P_{S}\right\} = \begin{cases}\Delta X_{S}\\\Delta Y_{S}\end{cases} = \begin{bmatrix}Q_{11} & Q_{12}\\Q_{21} & Q_{22}\end{bmatrix} \begin{bmatrix}\Delta u_{s}\\\Delta v_{s}\end{bmatrix} = A_{CR} \cdot \begin{bmatrix}\cos\theta_{CR} & \sin\theta_{CR}\\\sin\theta_{CR} & \cos\theta_{CR}\end{bmatrix} \begin{bmatrix}\Delta\sigma_{cr}\\\Delta\tau_{cr}\end{bmatrix}$$







(3)

ここに、 θ_{CR} はせん断ひび割れ面の断面方向に対する角度を、 A_{CR} はひび割れ面積を、[Q]はせん断要素の剛性マトリックスをそれぞれ意味する。増分応力 $\Delta\sigma_{cr}$ と $\Delta\tau_{cr}$ は、増分ひび割れ幅 $\Delta\omega_{CR}$ とひび割れ面の増分せん断変位 $\Delta\delta_{CR}$ の関数として表される。したがって、増分応力 $\Delta\sigma_{cr}$ と $\Delta\tau_{cr}$ を求めるためには、 $\Delta\omega_{CR}$ と $\Delta\delta_{CR}$ を適切に与える必要がある。本論文ではシンプルに両者が線形関係にあると仮定して次式で与える。

$\Delta \delta_{CR} = a$	$lpha \cdot \Delta \omega_{CR}$	(4)
キーワード	マクロモデ, せん断伝達, コンクリート, 梁理論	
連絡先	〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬5472 TEL04-7198-7553	

-191-

土木学会第66回年次学術講演会(平成23年度)



ひび割れ面のせん断伝達モデルには,著者らのモデルを用いる ¹⁾。

計算手順は,初めに増分荷重を与えて曲げとせん断成分の増分変位を求める。どちらかの成分が増分荷重に耐えられなくなる場合(即ち,破壊する場合)には,全体の変形のうち破壊した方の成分が占める割合が著しく大きくなると考え,破壊していない方の変位はその直前の計算ステップの変位に固定して計算する。なお,鉄筋にはバイリニア型の,コンクリートには文献²⁾の構成則を用いる。両者の付着すべりは,ここでは考えない。



3. 数値計算例によるモデルの検証

図3に解析モデルを示す。本論文では、スパン1600 mm、断面が400mm×400mmのRC造単純梁を例として数値計算を行う。解析では、構造的な対照性を考慮して左右の半分のみをモデル化する。要素数は曲げ機構で4、せん断機構で1とし両端部で仮想節点を共有する。曲げ要素の断面は10層に分割する。本報では、δ/ωを変数として数値計算を行う。せん断力を受ける構造部材に生じるせん断ひび割れ面のひび割れ幅とそのせん断変位の関係が検証された例は非常に少ないが、既往の報告^{3),4)}からαの値は1以下となる傾向が多いようである。そこで、αを、0.9、0.8、0.7と3段階に設定することとする。

図 4 (a), (b), (c)に, $\alpha \geq 0.9$, 0.8, 0.7 と設定した場合の荷重-変形曲線をそれぞれ示す。また図 5 に各解析 ケースにおけるひび割れ幅の推移を示す。はじめに図 4 (a)の α =0.9とした計算結果に注目してみる。このケー スはひび割れ幅の拡幅が最も小さく,ひび割れ面で十分にせん断応力を伝達できるため,せん断破壊する前に 主筋が降伏し靱性的な荷重変形曲線を描く。続いて図 4(b)と(c)の計算結果を観察する。これらの試験体は同 図(a)と異なり,ひび割れ幅の拡幅が大きく,せん断伝達応力が小さいため主筋降伏前にせん断破壊する。ポ ストピーク領域における荷重低下は,ひび割れ面のせん断応力伝達機構による軟化勾配である。なお、実際に 梁がせん断破壊する際には、より脆性的に荷重が低下すると予測される。この差異は、現状の試行モデルにお いて $\Delta \omega_{CR} \ge \Delta \delta_{CR}$ の間に線形性を仮定したことに起因すると考えられる。ひび割れ拡幅後、せん断変位の進展 が小さくなるようにモデル化すれば、実挙動を再現できると判断されるが、これは今後の課題としたい。

4. 結論

本研究では著者らが考えるモデルの試行モデルを作成し,数値計算を通じてこの特徴を検証した。本論文で 得た知見を以下に列記する。①数値計算より α の値を適切に設定することで,曲げ破壊からせん断破壊まで 様々な荷重変形曲線を再現できる。②ひび割れ面のせん断伝達機構による荷重軟化特性により,ポストピーク 領域の荷重変形曲線を追跡できる。今後著者らは,鉄筋とコンクリートの付着すべりを考慮するなどモデルの 精度を高める予定である。

参考文献

¹⁾高瀬裕也,他:ひび割れ微小面のせん断軟化現象を考慮した2次元せん断伝達モデルの提案とその適合性の検証 コンクリート ひび割れ面のせん断伝達機構に関する研究 その2,日本建築学会構造系論文集,No.630,PP.1323-1330,2008.8. 2) Saenz, L. P.: Discussion of Equation for Stress – Strain Curve of Concrete, by Desayi P. and Krishnan S., ACI Journal, V. 61, No. 9, pp. 1227 - 1239, Sep. 1983. 3)田所敏弥,他:斜めひび割れ面のせん断伝達機構と鉄筋コンクリート棒部材の斜め引張破壊,土木学会論文集, No.739/V-60, PP,195-211, 2003.8. 4)篠原保二,他:高強度コンクリート部材の平滑なひび割れ面におけるせん断伝達メカニズム, 日本建築学会構造系論文集,No.618, PP. 183-190, 2007.8.