

# 格子モデルによるRC ディープビームのせん断強度寸法効果解析

東京工業大学大学院 学生員 Manakan LERTSAMATTIYAKUL  
 東京工業大学大学院 学生員 三木朋広  
 東京工業大学大学院 フェロー 二羽淳一郎

## 1.はじめに

格子モデル<sup>1)</sup>は、RC 部材の斜めひび割れの発生からウェブコンクリートの破壊までの一連の耐荷機構の変化を表現し、かつマクロ的な耐荷機構モデルの構築に役立つ簡単な解析手法である。本研究では、RC ディープビームに対する格子モデル解析の適用可能性を検討し、RC ディープビームのせん断強度の寸法効果を予測した。この際、コンクリート圧縮部材に対して、圧縮破壊に要するエネルギーが一定となるように圧縮応力 - ひずみ関係を変えることにより、圧縮破壊の局所化現象を表現した。

## 2.解析モデル

図 - 1 には格子モデルの構成要素を示す。ウェブコンクリートの部分はトラス部分とアーチ部分に区分される。t 値は、はりの断面幅 b に対するアーチ部材の占める割合を表す。よって、アーチ部材の幅は  $b \cdot t$ 、トラス部分の幅は  $b \cdot (1 - t)$  と表される(ただし、 $0 < t < 1$ )。t 値は、はりの初期状態における微小な強制変位に対する、部材全体のポテンシャルエネルギーが最小となるように決定する。

$a/d = 2.5$  程度以上のスレンダービームでは、終局時の力のつり合い条件から求めた曲げ圧縮合力の作用位置と軸方向鉄筋の中心位置までの距離は  $7d/8$  程度であり、格子モデルにおける部材の高さを有効高さ  $d$  に近似して解析することができた。しかし、 $a/d = 1.0$  程度のディープビームでは、これではせん断耐力を過大評価するため、格子モデルの高さを曲げ圧縮合力の作用位置から軸方向鉄筋の中心位置までの距離 (=  $3d/4$ ) に修正した。また、要素寸法依存性に対する検討結果に基づき、垂直部材の水平方向間隔を  $d/4$  ( $4 \times 3$  のケース)とした(図 - 1)。コンクリート部材の材料特性については、斜め引張部材は引張軟化曲線モデルである  $1/4$  モデルを適用し、斜め圧縮部材とアーチ部材には Vecchio らの圧縮軟化モデル<sup>2)</sup>を使用した。曲げ引張部材は Tension Stiffening Model を使用した。補強筋にはバイリニアの鉄筋モデルを使用した。

## 3.解析結果

図 - 3 より、せん断補強筋のない RC ディープビームのせん断耐荷挙動に関して、 $d = 200\text{mm}$  のケースの実験結果 (Exp.)<sup>3)</sup> と引張軟化特性のみを考慮した解析結果 (Tens.soft) はよく一致していた。しかし、部材寸法が大きくなるにつれて実験結果と解析結果の差が顕著になる。つまり、RC ディープビームの解析ではコンクリートの引張軟化特性のみならず、圧縮破壊の局所化現象を考慮しなくてはならない。そこで、圧縮力を受けるコンクリートは、

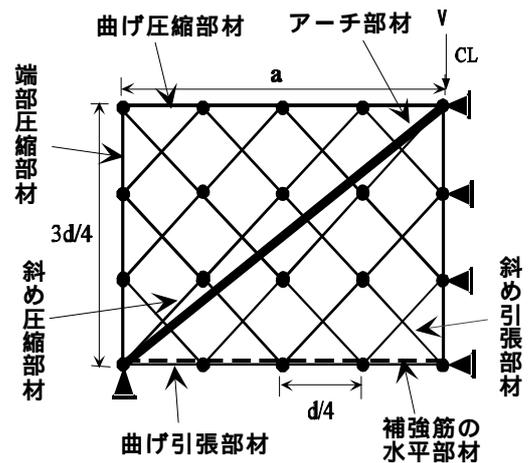


図 - 1 格子モデルの概要図  
( $4 \times 3$  のケース(補強筋のない場合))

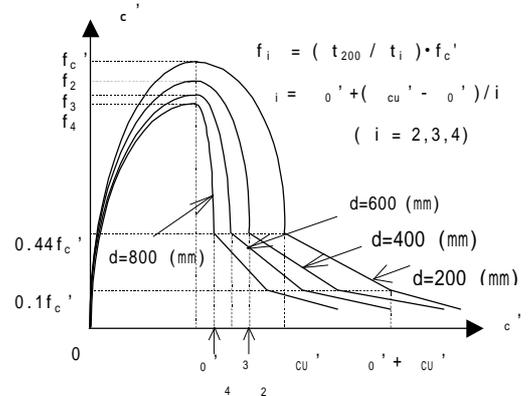


図 - 2 圧縮破壊の局所化現象を考慮した  
コンクリート圧縮応力 - ひずみ関係

キーワード：格子モデル，RC ディープビーム，圧縮破壊の局所化現象

連絡先：〒152-0033 目黒区大岡山 2-12-1 TEL：03-5734-2584

ある特定の領域に破壊が局所化すると仮定する。圧縮破壊領域と部材全体が一致すると考えられる， $d = 200\text{mm}$  のケースを基準にすれば，それぞれ仮定した局所化破壊領域長さ  $L_P$  はこれの  $i$  倍 ( $d = i \times 200\text{mm}$ ) となる。そこで，局所的な圧縮破壊に要するエネルギーを一定とするため，部材寸法に応じて圧縮応力 - ひずみ関係を変えた。ここで，圧縮破壊領域 = 断面積  $A_C$   $\times$  破壊領域長さ  $L_P$  と定義する。 $L_P$  より部材の長さが小さいものは全領域で破壊すると仮定する。部材の長さが  $L_P$  より長くなると，圧縮応力 - ひずみの関係はより脆性的になる。圧縮破壊の局所化現象を考慮した圧縮応力 - ひずみ関係の概念図を図 - 2 に示す。各部材寸法を考慮して圧縮部材のピーク後のひずみを  $1/i$  に減ずることにした。アーチ部材に関しては，断面積が大きくなるに伴い，見かけの圧縮強度が低下すると仮定した。各部材寸法の  $t$  値を  $t_i$  ( $d = i \times 200\text{mm}$ ) とすると，圧縮応力に  $t_{200}/t_i$  を乗ずることにより，圧縮強度の最大値を低減させた。

図 - 3 において，実験結果 (Exp.)<sup>3)</sup> と引張軟化特性のみを考慮した解析結果 (Tens.soft)，部材寸法による影響を考慮した解析結果 ( $L_P$ )，ならびに圧縮破壊領域を考慮した解析結果 ( $L_P + A_C$ ) を比較する。これより，部材寸法と圧縮破壊領域の両者を考慮した解析 ( $L_P + A_C$ ) により，実際のせん断耐荷挙動をうまく表現できることが認められる。図 - 4 はせん断強度の寸法効果を示している。圧縮破壊の局所化現象を考慮することにより，実際の現象に近い寸法効果を表現することができた。

さらに，今回の実験結果<sup>3)</sup> より大型な RC ディープビーム，つまり有効高さ  $d = 1000\text{mm}$  と  $d = 1500\text{mm}$  におけるせん断強度の寸法効果を予測し，図 - 4 に加えた。これより，圧縮破壊の局所化により最終的な破壊に至る，RC ディープビームにおいて  $d = 1500\text{mm}$  に達してもせん断強度の寸法効果が存在することが予想された。

#### 4. まとめ

コンクリートの圧縮破壊の局所化を考慮し，コンクリートの圧縮応力 - ひずみ関係を仮定した。これにより，せん断補強筋のない RC ディープビームに対する，格子モデルの適用可能性が示された。また，RC ディープビームにおける寸法効果を表現できた。

参考文献：1) 二羽淳一郎・崔益暢・田辺忠顕：鉄筋コンクリートはりのせん断耐荷機構に関する解析的研究，土木学会論文集，No.508/V-26，pp.79-88,1995.2： 2)Vecchio,F.J.,Collins,M.P.:The Modified Compression Field Theory for Reinforced Concrete Elements Subjected to Shear, ACI Journal, Vol.83, No.2, pp.219-231, 1986： 3) 田村信吾・ポータンフン・二羽淳一郎：RC ディープビームのせん断強度寸法効果に関する実験的研究，土木学会第 54 回年次学術講演会講演概要，V-283, pp.586-587, 1999.9

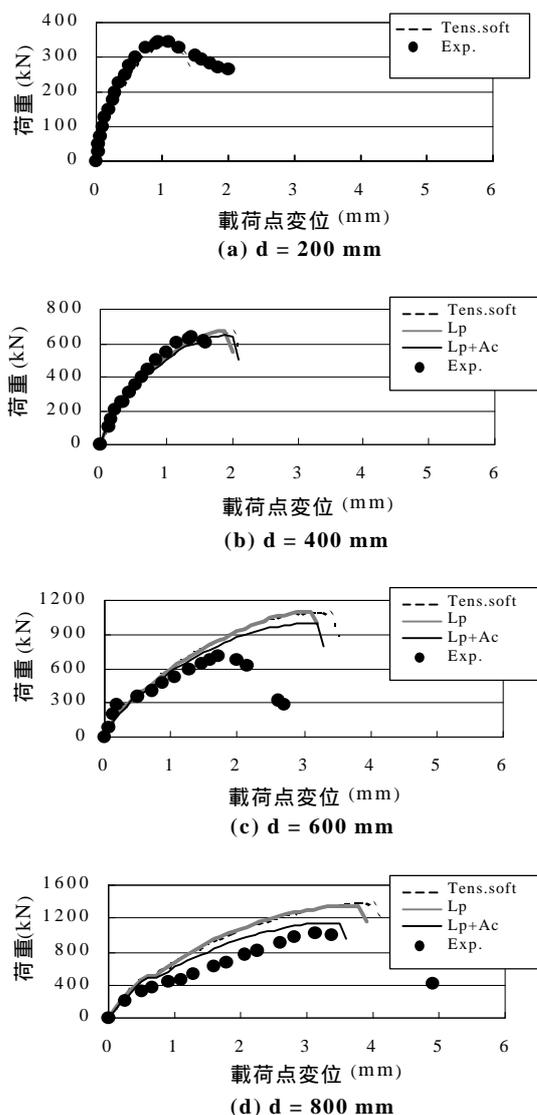


図 - 3 荷重 - 載荷点変位の関係

(せん断補強筋のない RC ディープビーム)

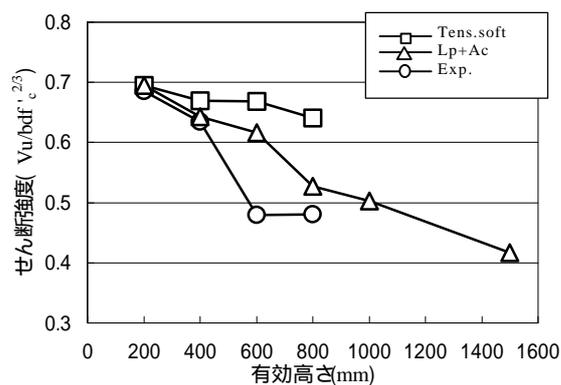


図 - 4 せん断強度 - 有効高さの関係  
(圧縮強度で補正)