

V-474

ストラット-タイモデルによる RC ディープビームの終局強度解析

九州大学大学院 正 員 ○元 大淵

九州大学工学部 正 員 日野伸一、太田俊昭

九州大学大学院 学生員 殿内秀希

1. はじめに

ストラット-タイモデルは、慣用はり理論の適用できないディープビームなどのコンクリート構造部材に対する設計手法として有用されているが、このモデルによる解析の精度は、コンクリート有効圧縮強度や節点領域の決定方法によって大きく異なる。本研究では、単純支持された RC ディープビームを対象として、せん断補強鉄筋を有する場合と有しない場合のそれぞれに対して、はりの終局耐力算定のための解析モデルの構築と、これらのモデルの精度を高めるため、新たな節点モデルや有効圧縮強度の算定式を提案した。さらに、既往の実験結果との比較により本解析手法の妥当性を検討し、それらの結果より、本解析手法がせん断補強鉄筋の有無に関わらずディープビームの終局耐力を高い精度で推定できることを明らかにした。

2. 解析モデルの構築

(1) 有効圧縮強度

ストラット-タイモデルの物理的基礎は塑性理論の下界定理に基づいている。しかし、コンクリートは応力-ひずみ曲線の軟化領域や極限ひずみにおいて完全な塑性挙動を示さないため、有効圧縮強度 f_{ce} を用いることによって実験結果との相関性を考慮する。The CEB-FIP Model Code では次のようにコンクリート有効圧縮強度を定義している¹⁾。

$$f_{ce1} = 0.85(1 - f_{ck}/250)f_{ck} \quad [\text{MPa}] \quad (1)$$

ここに、 f_{ck} : コンクリート圧縮強度

ストラットと節点における有効圧縮強度の決定は、工学的判断に大きく依存する。そこで本研究では、ストラットと節点領域の有効圧縮強度 f_{ce2} をコンクリート強度、補強筋による引張力およびせん断スパン/有効高さ a/d を考慮した次式を提案した。

$$f_{ce2}^i = 0.68(1 - f_{ck}/250)(1.25 - a/d) \quad [\text{MPa}] \quad (2)$$

$$f_{ce2} = \frac{f_{ce2}^i}{0.68(0.5 + \sqrt{T^*/T_{max}})} \leq f_{ce1} \quad [\text{MPa}] \quad (3)$$

ここに、 T^* : タイの引張力、 T_{max} : タイの最大引張力($=A_s f_y$)

A_s : 引張タイの断面積、 f_y : 引張タイの降伏応力

(2) ストラットおよびタイの節点

① CCC 節点

CCC 節点とは、図-1 に示すように、3つの圧縮ストラットが結合する節点である。節点領域は三角形で制限されるものとし、節点内部応力状態は non-hydrostatic、節点の各々の面に沿った応力場は等分布と仮定される。傾斜ストラットの有効幅は載荷板長さ r_t と上部水平圧縮ストラット高さ d_n に影響し、節点の傾斜面に沿う圧縮応力 σ_{c1} は f_{ce1} に関連して計算され、支圧に直交する断面の圧縮応力 σ_{c2} は f_{2ck} に関連して計算する。

② CCT 節点

CCT 節点とは、図-2 に示すように、1本のタイと2つの圧縮ストラットが交わる節点であり、ここでは端部支点に存在する。この節点の詳細は引張タイの定着状態、節点内部の応力状態、載荷板の幅、引張タイの配置に密接に関連する。

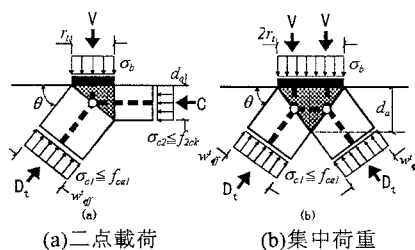


図-1 CCC 節点

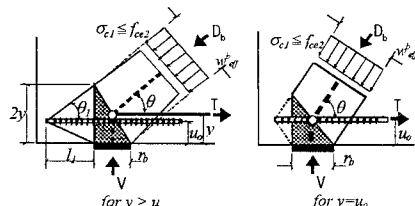


図-2 CCT 節点

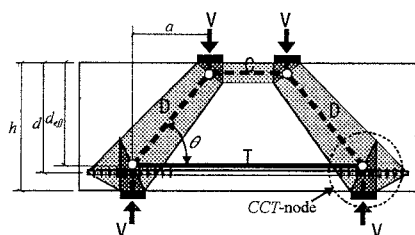


図-3 スターラップを有しないモデル

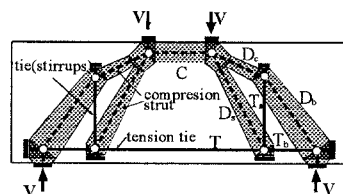


図-4 スターラップを有するモデル

key words : ストラット-タイモデル、ディープビーム、有効圧縮強度、CCT 節点、スターラップ

連絡先 : 〒812 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学大学院工学研究科土木工学専攻 092-641-3131(内)8651

(3)解析モデル

①スターラップを有しないモデル

せん断補強鉄筋のないディープビームでは、終局限界状態での力の流れは静的トラス機構でモデル化できる(図-3)。このモデルは、コンクリート圧縮ストラットと鉄筋引張タイのみで形成される。

②スターラップを有するモデル

スターラップを有するディープビーム($1.0 < a/d < 2.5$)において、アーチ作用とトラス作用をともに考慮できる合理的なストラットタイモデルを図-4に示す。

荷重 V は、圧縮ストラット D_c と D_s によってはりの支点に伝えられる($25^\circ \leq \theta_s \leq 65^\circ$ 、 $0^\circ \leq \theta_c$)。 D_s と T の節点で力 D_s の水平成分は、節点の両側の軸直角方向鉄筋によって形成される引張タイによる力 T と T_b の差によって抵抗する。力 D_s の鉛直成分はスターラップによる T_s によって抵抗する。図-4よりスターラップは鉄筋の引張力を減少させ、CCC 節点領域でのタイとストラットのなす角を増加させる役割をもつ。それゆえ、CCT 節点の有効圧縮強度はスターラップを有しないはりの有効圧縮強度に比べて、増加する。結果的にスパン中央でのタイが必要とする引張力の増加によって、CCT 節点での鉄筋の許容引張強度は増加する。

3. 解析結果および考察

図-5,6にスターラップを有する場合と有しない場合のディープビームに対する実験値 V_{exp} と提案式、または二羽式²⁾による算定値 V_{cal} との最大耐力の比較 V_{exp}/V_{cal} を示す。二羽式は非線形 FEM 解析とスターラップを有しない単純支持されたディープビームに基づくもので、現行の土木学会コンクリート標準示方書の基本となるものである。ただし、せん断補強鉄筋の効果については無視されている。

図-5 のスターラップを有しない場合、どちらのモデルともよい精度であることがわかる。しかし、二羽式では主引張鉄筋比の同じはりでは f_y が大きくなれば安全側に、小さくなれば危険側になる傾向がみられる。これに対して、提案モデルでは鉄筋引張力 T を導入することにより、変動が小さくなっている。

図-6 のスターラップを有する場合、提案モデルではパラメータが広範囲にあるにもかかわらず、すべての供試体において精度の高い結果が得られていることがわかる。一方、二羽式は、スターラップを有しないディープビームに比べてせん断耐力を低く評価する傾向にある。また、それは a/d の増加に伴い顕著になっている。

これらの結果から、スターラップを有するディープビームの終局せん断耐力は明らかに増加しており、これに対して、本提案モデルでは、スターラップの有無に関わらず、また $a/d < 2.5$ の広い範囲で、ディープビームの終局せん断耐力を精度よく算定できることが明らかにされた。

参考文献

- 1)CEB-FIP Model Code for concrete structures,MC 90, Lausanne,Comite Euro-International du Beton,1993.
- 2)二羽淳一郎：FEM 解析に基づくディープビームのせん断耐力算定式、第2回 RC 構造のせん断問題に対する解析的研究に関するコロキウム論文集,1983.10

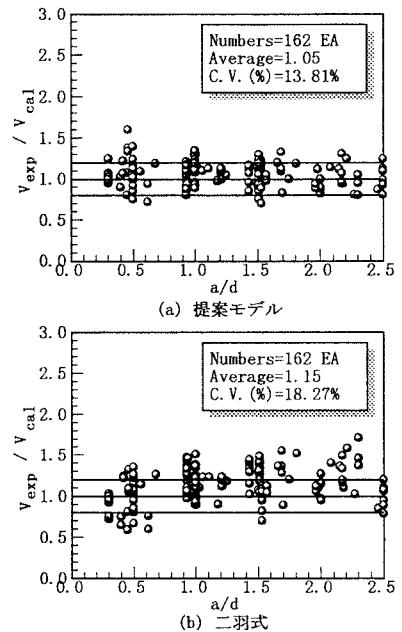


図-5 破壊荷重の解析値と実験値の比較
(スターラップを有しないはり)

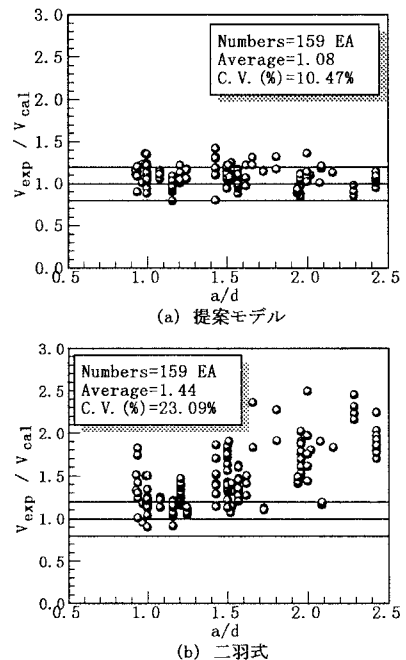


図-6 破壊荷重の解析値と実験値の比較
(スターラップを有するはり)