

ストラット-タイモデルのRCディープビームへの適用に関する検討

九州大学 正 員 ○元 大淵
九州大学 学生員 福永義行
九州大学 正 員 日野伸一
九州大学 正 員 太田俊昭

1. まえがき

RCディープビームの設計は、高層ビル、海洋構造物、基礎構造物などの設計時にしばしば必要とされるが、実物規模のディープビームを対象とした研究ならびに設計指針の提案は比較的最近のことである。現在、多くの国の設計示方書では、実験結果に基づく経験的な設計式が、安全側の結果がでるように設定されている。わが国のコンクリート標準示方書¹⁾に提案されている設計式の場合も同様であり、しかも、せん断補強鉄筋の効果については、未だ十分に解明されていないとして無視されている。そして、ディープビームについての詳細な検討は、材料非線形性を考慮した有限要素解析によることを推奨している。一方、最近の実験研究^{2), 3)}によれば、ディープビームにせん断補強鉄筋が配置された場合には終局せん断耐力が増加し、さらに延性的挙動を示すことが明らかにされている。そこで本研究では、せん断補強鉄筋による補強効果を反映できるRCディープビームの合理的な簡易解析手法として、最近、慣用はり理論が適用できないコンクリート構造物に対する実用的な設計手法として注目され始めているストラット-タイモデル⁴⁾を取上げ、その適用性について検討するものである。

2. ストラット-タイモデル

ストラット-タイモデルが成立するためには、次のような基本仮定と構成要素が必要である(図-1)。

(1) 基本仮定

- ・力の平衡条件は必ず満足しなければならない。
- ・コンクリートは圧縮力に対してのみ抵抗し、このとき圧縮強度は有効圧縮強度 f_{ce} ($=\nu f_c'$)を使用する。
- ・引張力については鉄筋が抵抗する。
- ・部材の図心軸と外力の作用線は必ず節点で一致しなければならない。
- ・部材の破壊は圧縮ストラットの圧壊、あるいは崩壊メカニズムを形成するのに必要な数の鉄筋引張部材が降伏に到達する場合に生じる。これらの仮定は下界定理の条件を満足するものである。

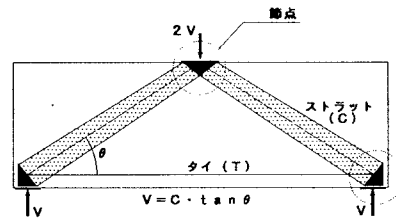


図-1 ストラット-タイモデル

(2) 構成要素

ストラット-タイモデルは次の3つの基本要素で構成される。

- ①ストラット(コンクリート圧縮部材)：部材内に生じる応力が等分布の有効圧縮強度となる一軸圧縮部材であり、構造物内に生じる応力の分布形状によってストラットの諸元を設定する。
- ②タイ(鉄筋引張部材)：極限荷重の作用時に部材内に生じる応力は降伏応力に到達し、構造物の崩壊メカニズム形成までこの降伏状態が持続可能な一軸引張部材。
- ③節点：ストラットおよびタイ部材の図心軸と外力の作用線は必ず節点で一致しなければならない。この節点集結システムにより「節点はピンとして結合される」という仮定ができる。

3. 単純ディープビームに適用したストラット-タイモデル

単純支持されたRCディープビームに適用したストラット-タイモデルを図-2に示す。図-2(a)はせん断補強鉄筋がない場合あるいは最小せん断補強鉄筋が配置されている場合に対するものであり、(b)は十分なせん断補強鉄筋が配置された場合のものである。図-2(a)より、単純ばりの引張主鉄筋が支点から支点まで連続して配置されなければならないことが分かる。図-2(b)は、(a)と比べて2つの力学的な差があるもので、このモデルによれば、最近の実験結果に対する合理的な説明が次の通りである。

(1) 弾性状態での支間中央部の圧縮-引張の応力場は、曲げによるひび割れの発生によって引張力に対する抵抗力がなくなり、直線のファン形状の圧縮場に変わる。せん断補強鉄筋がない場合、その圧縮場は主鉄筋と交差する節点での力の平衡状態が成立できなくなり、ストラットによる荷重伝達はなくなる。しかし、せん断補強鉄筋が配置されている場合には、節点での力の平衡条件はT1-タイによって成立できるし、C1-ストラットの荷重分担が可能になる。この荷重伝達機構により、ディープビームの終局せん断耐力が増加する。

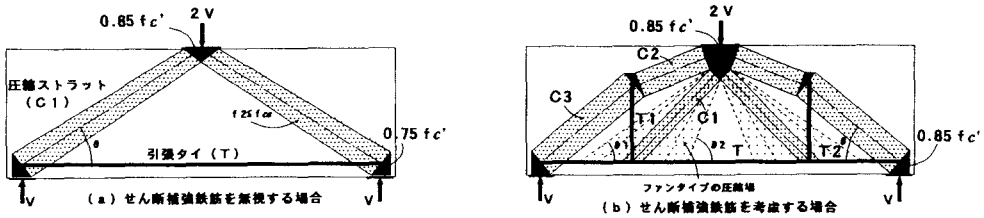


図-2 単純ディープビームに対するストラット-タイモデル

(2) ディープビームのせん断破壊形式は、せん断補強鉄筋の有効性によって図-3に示すような3つの形状で区分できる。せん断補強鉄筋が配置されていない場合には荷重伝達経路が荷重点から支点まで直線的になり(図-2(a))、C1-ストラットがすべてのせん断力を伝達しなければならない。このためにC1-ストラットの破壊の可能性が高くなり、破壊は図-3(a)あるいは(b)のように急激に発生する。しかし、せん断補強鉄筋がある場合には、荷重点付近でのせん断力をC1、C2-ストラット(図-2(b))が分担するため、それぞれのストラットに生じる応力は相対的に減少し、さらにT1-タイにより、C3-ストラットの角度が図-2(a)のC1-ストラットより大きくなるため、C3-ストラットの強度が増加する。一方、T1-タイは主引張鉄筋の力および定着部の節点領域の応力を減少させる役割もする。これより、ストラットのせん断抵抗力が増加され、破壊は図-3(c)のような延性挙動を示す。

4. 解析結果

既往の研究による実験供試体を対象として、本解析法による計算結果と土木学会コンクリート標準示方書による算定結果を表-1、表-2に示す。せん断補強鉄筋が配置されていない場合には、両者の算定結果はほぼ同じ値を示し、実際の破壊荷重をよく予測していることが分かる。しかし、せん断補強鉄筋が配置されている場合には、コンクリート標準示方書による算定値と破壊荷重との差はせん断補強鉄筋量が増加するほど大きくなり、それに対して、ストラット-タイモデルによる本解析値は、せん断補強鉄筋量の変動による破壊荷重の変化をよく予測していることが分かった。

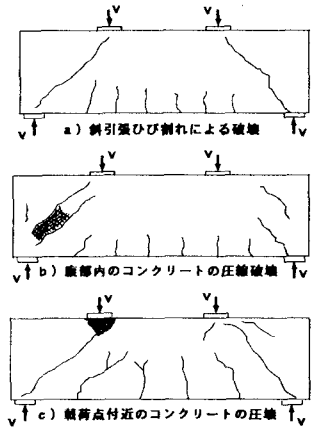


図-3 ディープビームの破壊形状

表-1 せん断補強鉄筋を無視する場合

(単位:KN)

供試体	実験値	本解析値	示方書 ¹⁾
BM1/1 ²⁾	602	568(0.94)	555(0.92)
B61 ⁶⁾	548	485(0.89)	343(0.63)
B67 ⁶⁾	163	124(0.76)	130(0.80)

表-2 せん断補強鉄筋を考慮する場合

(単位:KN)

供試体	実験値	本解析値	示方書 ¹⁾	せん断鉄筋比
V411/4 ³⁾	467	428(0.92)	427(0.91)	0.17
V411/3 ³⁾	665	578(0.87)	427(0.64)	0.33
SD-1 ⁵⁾	968	994(1.03)	395(0.41)	0.78

※ ()の値は本解析値/実験値、または示方書による算定値/実験値である

□参考文献□

- 1)土木学会：コンクリート標準示方書（設計編）、平成3年版、pp160-162
- 2)Rogowsky, D. M., and McGregor, J. G., "Tests of Reinforced Concrete Deep Beams," ACI Journal Proceedings, V. 83, No. 4, July-Aug. 1986, pp. 614-623.
- 3)Walraven, J., and Lehwalter, N., "Size Effects in Short Beams Loaded in Shear," ACI Structural Journal, V. 91, No. 5, Sep.-Oct. 1994, pp. 585-593.
- 4)Schlaich, J., Schafer, I., and Jennewein, M., "Towards a Consistent Design of Structural Concrete," PCI Journal, V. 32, No. 3, May-June 1987, pp. 74-150.
- 5)Lee, D. D. K., "An Experimental Investigation in the Effects of Detailing on the Shear Behaviour of Deep Beams," MASC thesis, University of Toronto, 1982, pp. 138.
- 6)Kani, G. N. J., "How Safe Are Our Large Reinforced Concrete Beams?" ACI Journal Proceedings V. 64, No. 3, Mar. 1967, pp. 128-141.