

端部拘束条件を持つディープビームのストラットタイモデルによる終局強度解析

九州大学大学院 学生員 ○元 大淵、福永義行
九州大学工学部 正 員 日野伸一
九州大学工学部 正 員 太田俊昭

1. まえがき

単純支持された鉄筋コンクリートディープビームに関する研究はこれまで数多く行われているが、端部拘束条件を持つディープビームに対する研究はあまり発表されていない。しかし、実際の構造物では、単純支持の場合よりも拘束条件を持つディープビームとなる場合の方が多い。一方、ストラットタイモデル¹⁾は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簡易解析手法として最近注目され始めている。そこで、本研究では、Subedi²⁾が実験した端部拘束条件を持つディープビームを対象してストラットタイモデルによる解析を行い、その解析結果および現行の土木学会コンクリート標準示方書³⁾による算定結果と比較し、同示方書の設計式およびストラットタイモデルの適用性について検討するものである。

2. 端部拘束を持つディープビームに適用したストラットタイモデル

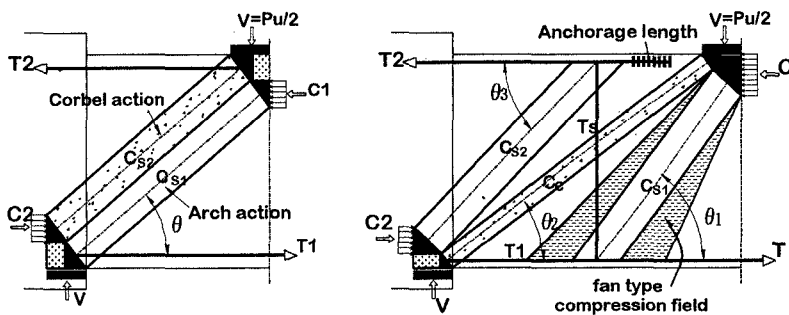
ストラットタイモデルは、終局状態での構造物に生じる力の流れを節点に結合された圧縮材（ストラット）と引張材（タイ）のシステムによって近似化したモデルである。図-1に端部拘束を持つディープビームに適用したストラットタイモデルを示す。

(1) 支間/高さの比が小さい場合 ($L/H \leq 1.5$)

図-1(a)は、支間/高さの比が比較的小さい場合の荷重伝達メカニズムを仮定したものである。外力 P_u はすべてコンクリートストラットによって伝達され、コンクリートのストラットはコーベル作用に抵抗するストラット (Cs_2) とアーチ作用に抵抗するストラット (Cs_1) にそれぞれ区分されている。これは、外力 P_u の伝達が L/H の比が極端に小さい場合 ($L/H \leq 1.0$) には大部分がコーベル作用により、また、 L/H の比が増加すればアーチ作用による荷重伝達形態を効果的に表現するためである。つまり、コーベル作用による引張抵抗は上部の引張タイ (T_2) が、また、アーチ作用による引張抵抗は下部の引張タイ (T_1) によるように仮定したものである。

(2) 支間/高さの比が大きい場合 ($1.5 < L/H \leq 3.0$)

図-1(b)は、支間/高さの比が比較的大きい場合の荷重伝達メカニズムを仮定したものである。外力 P_u は C_c ストラットによる載荷点から支点までの直接伝達と鉛直スターラップ T_s による伝達として区分される。支間/高さの比が増加するにつれて圧縮ストラットによって直接に支点へ伝達される荷重の比率は減少し、荷重は載荷板下のファンタイプの圧縮場に移行していく。これによって、鉛直スターラップにかなりの引張力が誘発され、鉛直スターラップによる荷重伝達メカニズムが形成される。つまり、このモデルは、鉛直スターラップの影響を反映したものである。



(a) 支間/高さの比が小さい場合 (b) 支間/高さの比が大きい場合

図-1 端部拘束条件を持つディープビームに対するストラットタイモデル

3. 解析結果および考察

本解析に用いた対象供試体²⁾の形状および寸法を図-2と表-1に示す。また、本解析およびコンクリート標準示方書による算定結果と実験結果の比較を表-2に示す。一方、現在のコンクリート標準示方書ではディープビームの曲げモーメントに対する検討は通常のはり理論により行うように規定されているが、その規定の妥当性を究明するために実際の破壊荷重を用いて曲げモーメントに対する検討も行った。表-2に示すように、示方書によるせん断耐力および曲げ耐力の算定結果と実際の破壊荷重との差が大きいのがわかる。特に、せん断破壊を示した供試体の場合には、せん断補強鉄筋量が増加するほどその差が大きくなる。また、曲げ破壊を示した供試体の場合には、実験値と示方書による曲げモーメントの比が約3倍にも及ぶ結果となった。これは実験時の端部拘束条件が完全でない影響もあるが、それによってこのような大きい差が出るとは考えられない。したがって、連続形式のディープビームの設計に対する現行の示方書の規定については、今後さらに検討する必要があると考えられる。一方、本解析手法による計算値は示方書による算定値より実際の破壊荷重をよく予測しており、この手法によるとせん断と曲げに対する検討が同時に可能な長所を持つことから本解析手法の有用性が確認された。

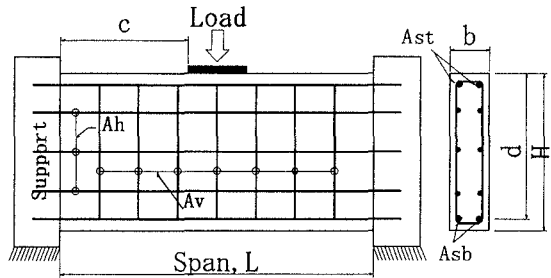


図-2 供試体の形状

表-1 供試体の寸法

供試体 番 号	L (mm)	H (mm)	d (mm)	b (mm)	c (mm)
1 B 1 ~ 2 B 8	8 0 0	4 0 0	3 7 0	5 0	3 2 5
3 B 9 ~ 3 B 1 3	6 8 0	6 0 0	5 7 0	7 5	7 6 5

表-2 算定結果と実験結果との比較

供試体 番 号	せん断力 (kN)			② ①	③ ①	曲げモーメント (kN・m)		破 壊 モード	A v (%) b d
	実験値①	本解析値②	示方書③			実験値	示方書		
1 B 1	2 6 7	2 0 5	1 2 7	0. 7 7	0. 4 8	-2 6. 4	-5. 9	曲げ+せん断	0. 4 9
1 B 2	2 8 2	2 0 5	1 7 3	0. 7 3	0. 6 1	-2 7. 9	-2 0. 2	せん断	0. 4 9
1 B 3	2 7 5	2 0 5	2 0 3	0. 7 5	0. 7 4	-2 7. 2	-3 5. 7	せん断	0. 4 9
1 B 4	2 6 2	2 1 6	2 3 2	0. 8 2	0. 8 9	-2 5. 9	-5 1. 9	せん断	0. 4 9
2 B 5	2 3 1	1 5 5	1 0 5	0. 6 7	0. 4 5	-2 2. 9	-7. 3	曲げ+せん断	0. 4 9
2 B 6	2 5 2	1 6 1	1 3 5	0. 6 4	0. 5 4	-2 4. 9	-1 7. 0	曲げ+せん断	0. 4 9
2 B 7	2 4 6	1 9 2	1 5 0	0. 7 8	0. 6 1	-2 4. 3	-2 3. 6	せん断	0. 4 9
2 B 8	2 6 7	1 5 7	1 7 5	0. 5 9	0. 6 6	-2 6. 4	-3 6. 6	せん断	0. 4 9
3 B 9	5 1 2	3 0 6	1 8 2	0. 6 0	0. 3 5	-1 0 7. 2	-7 5. 1	せん断	0. 7 6
3 B 1 0	4 0 6	4 1 1	1 6 2	1. 0 1	0. 4 0	-8 5. 0	-5 4. 6	せん断	0. 7 6
3 B 1 1	5 2 5	4 1 1	2 0 0	0. 7 8	0. 3 8	-1 0 9. 9	-1 0 4. 8	せん断	0. 7 6
3 B 1 2	5 0 0	4 1 1	2 0 9	0. 8 2	0. 4 2	-1 0 4. 9	-1 1 5. 2	せん断	0. 7 6
3 B 1 3	5 0 2	4 1 1	2 3 8	0. 8 2	0. 4 7	-1 0 5. 1	-1 7 0. 7	せん断	0. 7 6

【参考文献】

- 1) Schlaich, J., Schafer, I. and Jennewein, M.: "Towards a Consistent Design of Structural Concrete," PCI Journal, V.32, No.3, May-June 1987, pp. 75-150
- 2) Subedi, N.K.: "A Method of Analysis for Reinforced Concrete Deep Beams with Fixed End Supports," The Structural Engineer, V.72, No.10/17, May, 1994, pp. 155 - 163.
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書（設計編）、平成3年版