

日本大学大学院 学生員 ○久保田 真
日本大学工学部 正 員 原 忠勝
日本大学大学院 学生員 椎根 幹夫

1. 目的：

最近の鉄筋コンクリート部材のせん断耐力算定法に関する研究の特徴は、せん断耐荷機構をモデル化し、これについて理論的な解を得ようとするものである。しかし、これらの方法は、主として細長いはり部材のせん断問題を扱ったものが多く、曲げモーメントに比べてせん断力の影響の大きい、いわゆるディープビーム的な部材に関する研究は、ほとんどなされていないのが現状である。したがって本研究では、まず塑性理論によるせん断耐力の解析法を理解するために既往の研究について調査した。次に、ディープビームの性状を把握するために実験を行い、これらの結果に基づいて上下界定理によるせん断強度算定式を導き塑性論的なアプローチのディープビームへの適用について検討した。

2. 既往の算定式と実験データとの比較：

文献調査の結果から、ディープビームに関する主要な研究と、RC部材のせん断破壊に関する理論的な研究のうち、ディープビームに適用可能と思われる研究を選んで簡単に紹介し、これら既往の算定式の整合性について実験データとの比較を行って、塑性理論的な考え方の適用性について検討したものを表-1に示す。

(1) Nielsen らの式[1]：

塑性理論に基づく解析法であり、ストラット応力が σ_{fc}' に達することが破壊条件であるとした。この式は、 a/d が小さい場合を除き、比較的良く一致した結果が得られた。しかし、 a/d が小さくなるに従って鉛直応力の影響が大きく現れるようになる。また、鉄筋量が少なくなるとストラットの破壊が生じなくなる場合がでてくる。以上の点について検討の余地があると思われる。

(2) 二羽の式[2]：

破壊機構をタイド・アーチ的な耐荷機構とし、破壊はストラットの圧壊によって生じると考える方法である。これに基づきアーチリブに作用する圧縮応力の分布状態をFEM解析によって推定したものである。この結果に基づき、耐力に関係する各パラメータの影響度を関数化して実験式を導いた。この式では、平均して良好な推定精度が得られた。今後の問題としては、 β_y が小さい場合の研究が必要であろう。

(3) Paiva and Siess の式[3]：

実験データに基づき、せん断耐力算定式を提案している。この式は、 av/d の関数により修正したものである。一定条件での適合度は、ある程度得られるが、力の釣合条件および変形の適合条件が考慮されていないので不十分である。

(4) Kempらの式[4]：

この方法は、細長いはり部材のせん断破壊を考えたもので、塑性理論の上界定理を適用したものである。破壊機構の降伏線は、Nielsenらのものと同様であるが、変形とつり合い条件を考慮したことに特徴がある。しかし、ディープビームに対しては、タイドアーチ的な耐荷機構を十分に評価できないようである。

3. 塑性理論によるディープビームのせん断強度解析：

前述の既往の算定式に対する検討の結果、せん断耐力算定法として、塑性理論の適用性が認められた。このため、ここでは、Jensen[5]がコーベルに対して提案した解析方法をディープビームのせん断強度の解析に修正して、算定式を導いた。上界定理では、仮想ヒンジを用いたモデル化(図-2)を行い、変位の不連続線の考え方を塑性理論に適用した。また、下界定理では、トラス理論を適用した。ここで用いたコンクリートの破壊基準および変位ベクトルを図-1に示す。

上界値の解としては、有効高さを境界条件とした次式を得た。

$$\beta_y \leq \frac{d}{h}$$

$$\frac{\tau}{f'_c} = -v \frac{a - Wb/2}{h} + \sqrt{\left(v \frac{(a - Wb/2)}{h}\right)^2 + \beta_y \left(\frac{2vd}{h} - \beta_y\right)}$$

$$\beta_y \geq \frac{d}{h}$$

$$\frac{\tau}{f'_c} = -v \frac{a - Wb/2}{h} + v \sqrt{\left(\frac{(a - Wb/2)}{h}\right)^2 + \left(\frac{d}{h}\right)^2}$$

ただし、 $\tau = S/h$, $v = 0.7$, $\beta_y = \frac{A_s f_{sy}}{b h f'_c}$

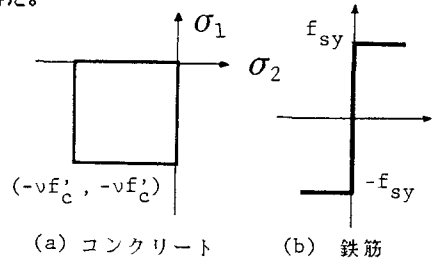


図-1 降伏条件

上界定理に塑性理論を適用する場合、適応範囲を $Wb \geq 0.3$ かつ $0.3 \leq a/d \leq 0.7$ と制限することにより、実験値/計算値は平均1.13、変動係数は0.12となり、適合性が認められる。しかし、載荷板が小さいために支圧応力の影響が大きく現れ、アーチリブの形成が不十分となる場合や、ストラットが圧縮破壊を起こす場合のせん断強度の推定精度は良くない。

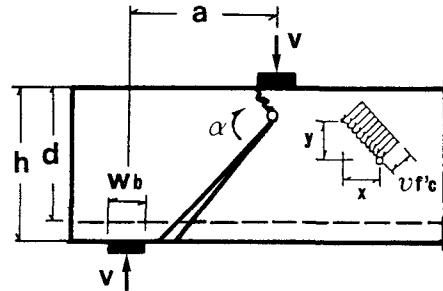


図-2 破壊メカニズム

塑性理論を下界定理に適用する場合、適応範囲を $Wb \geq 0.3$ かつ $0.3 \leq a/d \leq 0.7$ と制限することにより、実験値/計算値は平均1.14、変動係数は0.08となり、適合性が認められる。ここで注意しなければならないことは、載荷板幅が小さい時は、支圧応力の影響により正常な斜めストラットが形成されなくなり、破壊機構としては引張破壊に近い状態になることである。また、載荷板幅の大きさによりストラットの組型が制限されてしまい、応力の流れ方からすると不自然なものとなる場合がでてくる。

よって、耐力に影響を与えると思われる要因である f'_c , p , b , d , r , a , β_y および破壊性状に対応した耐荷機構のモデル化が必要と考えられる。さらに、ひずみの適合条件、および変形の適合条件をどのように取扱うかが今後の検討事項である。

表-1 実験値と計算値の比較

Specimen No	V (tonf)	Nielsen exp/cal	Niwa exp/cal	Paiva exp/cal	Kemp exp/cal	上界定理 exp/cal	下界定理 exp/cal
Leonhardt	79.20	0.87	0.92	0.99	1.27	0.91	0.94
Manuel	90.80	1.13	1.03	1.30	1.08	1.00	1.00
Paiva	21.80	1.34	1.11	0.86	2.13	1.16	1.16
Kong	51.60	1.39	1.06	0.93	0.70	1.30	1.28
RD83-15-0 5-0 1	70.30	1.01	0.84	1.00	0.66	0.73	0.82
-0.3	81.30	1.17	1.05	1.15	0.93	1.17	1.14
-0.5	52.00	0.95	0.76	0.83	0.84	1.09	1.16
-0.7	46.60	1.10	0.81	0.84	1.54	1.40	1.30
-0.9	30.60	1.00	0.64	0.64	1.33	1.13	1.22
RD83-15-1 0-0.1	95.70	1.12	1.01	1.26	0.91	0.80	1.13
-0.3	97.70	1.14	1.10	1.25	1.15	1.05	1.16
-0.5	73.70	1.11	0.96	1.10	1.34	1.11	1.10
-0.7	56.50	1.06	0.87	0.95	1.36	1.11	1.10
-0.9	52.40	1.21	0.99	1.02	1.52	1.28	1.42

参考文献

- [1] Nilsen, M.P. et al., Technical Univ. of Denmark, 129p., Oct. 1978.
- [2] 二羽 淳一郎, 東京大学学位論文, 126p., 1982.
- [3] Paiva, H.A. and C.P. Siess, Proc. of ASCE, Vol. 91, No. ST5, pp. 19-41, Oct. 1965.
- [4] Kemp, K.O. et al., Mag. of Concrete Research, vol. 33, No. 115, June 1981.
- [5] Jensen, B.C. "Reinforced Concrete Corbels", IABSE Colloquium on Plasticity in Reinforced Concrete, Final Report, pp. 293-300, 1979.