

せん断スパン比の小さい梁部材におけるせん断変形に関する一考察

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 仁平 達也
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 谷村 幸裕
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 楠本 秀樹

1. 目的

2002年のコンクリート標準示方書[構造性能照査編]ではせん断変形量の算定式が示されている。本論文ではせん断スパン比(a/d)が0.5~2.5の梁部材の実験結果と比較し、 a/d が小さい部材への算定式の適用性を検討した。

2. 実験概要

供試体の形状を図-1に、断面諸元を表-1に示す。せん断スパン比(a/d)は0.5~2.5、引張鉄筋比 p_t は2.14%、せん断補強鉄筋比 p_w は0.48%である。荷重方法は2点対称荷重で静的単調荷重を行った。

3. 実験結果

本実験の供試体の荷重試験中におけるひび割れおよび破壊状況は、スパン中央付近に曲げひび割れが生じ、その後斜めひび割れが生じるが、ただちに圧縮側まで進展することは無く、荷重を続けると荷重が増加した。最終的には図-2に示すように支点と荷重点を結ぶ斜めひび割れが圧縮側まで進展すると共に、支点と荷重点間のコンクリートが圧壊して荷重が低下し、せん断圧縮破壊となった。なお終局時においても引張鉄筋の降伏はなかった。

4. 曲げ変形量・せん断変形量の計算方法

コンクリート標準示方書[構造性能照査編]に準じ、部材の全変形量は、曲げひび割れおよびせん断ひび割れの発生の段階に対して算定する曲げ変形量 δ_m およびせん断変形量 δ_s から求めた。

曲げ変形量はBranson式を用い、曲げひび割れによる剛性低下を考慮して求めた。

せん断変形量は、()せん断ひび割れ発生前において、曲げひび割れ発生前後でせん断剛性(GA_c)が変化するとして求め、()せん断ひび割れ発生後はコンクリートを圧縮斜材、スターラップを引張斜材とするトラス機構が形成されるとし、トラス機構の変形成分をせん断変形量として求めた。またせん断ひび割れ発生後の曲げ変形量も、形成されるトラス機構によって引張力が増加し、モーメントシフトが生じるとして求めた。なお、コンクリートのヤング係数 E_c は曲げひび割れ発生前の部材剛性から算定し、曲げひび割れ発生モーメント M_{cr} およびせん断ひび割れ発生強度 V_c は実験から得られたデータを基に決定した。

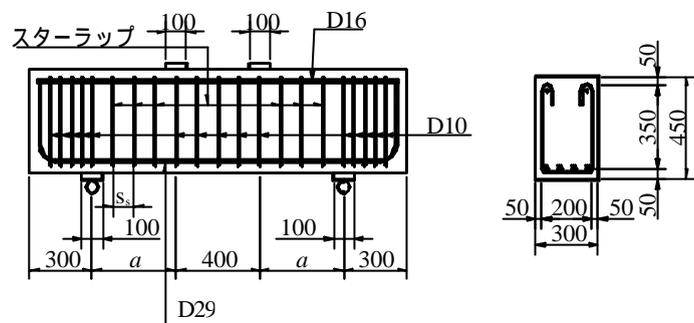


図-1 配筋図



a/d=0.5(No.1) a/d=1.0(No.2)

図-2 供試体の破壊状況例

表-1 断面諸元

No	a (mm)	a/d	引張鉄筋			スターラップ				P_{max} (kN)	E_c ($kN \cdot m^2$)	M_{cr} ($kN \cdot m$)	V_c (kN)
			f_{sy} (N/mm^2)	E_s ($kN \cdot m^2$)	p_t (%)	s_s (mm)	f_{wy} (N/mm^2)	E_w ($kN \cdot m^2$)	p_w (%)				
1	200	0.5	458	159.5	2.14	100	388	147.0	0.48	1666	28.4	34.0	500
2	400	1.0	458	159.5	2.14	100	388	147.0	0.48	1500	29.0	43.1	409
3	600	1.5	458	159.5	2.14	100	388	147.0	0.48	1004	26.0	45.8	284
4	800	2.0	458	162.3	2.14	100	388	147.0	0.48	832	25.1	55.0	300
5	1000	2.5	702	141.3	2.14	100	388	147.0	0.48	648	32.0	44.9	241

p_t :引張鉄筋比, s_s :スターラップの間隔, p_w :帯鉄筋比 P_{max} :最大荷重荷重, M_{cr} :曲げひび割れ発生モーメント V_c :せん断ひび割れ発生強度

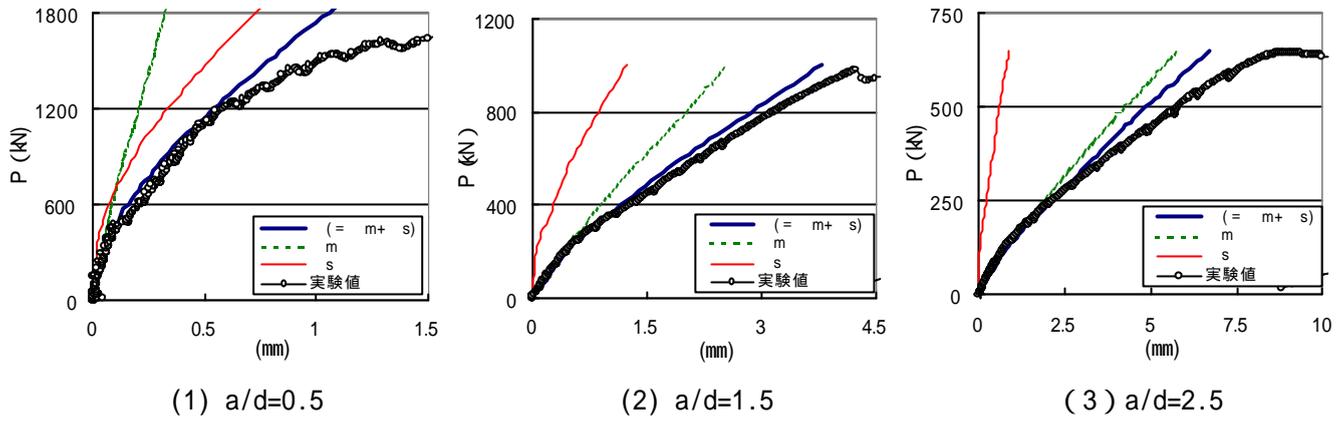


図 - 3 供試体中央における計算値と実験値の比較

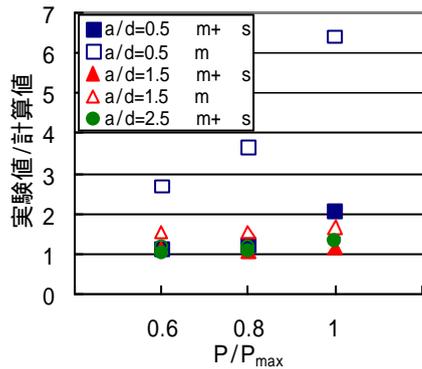


図 - 4 全変形量・曲げ変形量の計算値と実験値の比

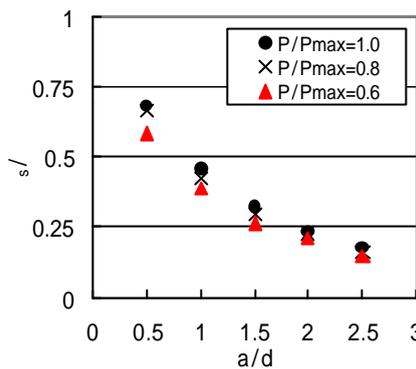


図 - 5 a/dの違いによるせん断変形量の割合の計算結果

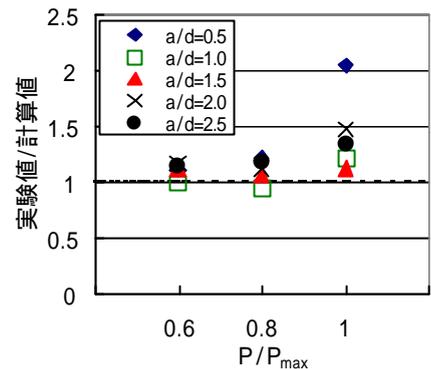


図 - 6 a/dの違いによる実験値と計算値の比

5. 計算値と実験値との比較

図 - 3 に载荷荷重による供試体中央の全変形量、曲げ変形量 m およびせん断変形量 s の実験値と計算値を示す。 V_c 付近の変形量は実験値と計算値がほぼ等しいが、载荷荷重が P_{max} に近づくとき実験値が計算値を上回る傾向が見られる。

図 - 4 に実験値に対する $a/d=0.5, 1.5, 2.5$ の全変形量 ($= m+s$) と曲げ変形量 m の割合の計算値を示す。 $a/d=1.5$ と 2.5 の場合、全変形量と曲げ変形量の計算値ともに実験値と大きな相違はないが、 $a/d=0.5$ の場合、曲げ変形量/全変形量は $P/P_{max}=1.0$ において 6.41 となる。図 - 5 に異なる a/d におけるせん断変形量が全変形量に占める割合の計算値を示す。 $a/d=2.0, 2.5$ では、 P/P_{max} が $0.6 \sim 1.0$ の範囲において、せん断変形量の占める割合は 0.25 以下となる。しかし、 a/d が小さくなるに従いせん断変形量の割合が大きくなり、 $a/d=0.5$ ではせん断変形量が曲げ変形量を上回る ($s > m$)。これらのことから、 a/d の小さい部材における変形量の算定にあたっては、曲げ変形量だけではなく、せん断変形量も考慮する必要があるといえる。

図 - 6 に $a/d=0.5 \sim 2.5$ における供試体中央の変形量の実験値/計算値を示す。 P/P_{max} が $0.6, 0.8$ および 1.0 において、実験値/計算値は $0.98 \sim 1.16, 0.95 \sim 1.21$ および $1.12 \sim 2.03$ となり、 P/P_{max} が 1.0 に近づくとき値が大きくなる。また a/d が小さくなるに従い P/P_{max} は大きな値を示し、特に $a/d=0.5$ の $P/P_{max}=1.0$ は実験値/計算値 $= 2.03$ となる。これはせん断変形算定式の適用範囲が $a/d=1.5$ 以上としている影響であると推定される。しかし、 $a/d=1.0 \sim 2.5$ のせん断スパン比の小さい範囲において、検討に用いた算定式は変形量を過小に評価する傾向があるものの部材の変形量を概ね算定することが出来る。

6. まとめ

a/d が小さくなるとせん断変形の影響を考慮する必要があり、 $a/d=1.0 \sim 2.5$ において曲げ変形算定式とせん断変形算定式を用いると、実際の変形量よりも過小に評価する傾向にあるものの、部材の変形量を概ね算定出来る。

参考文献

- Ueda, Sato, Ito, Nishizonno: Shear Deformation Of Reinforced Concrete Beam, JSCE, No. 711, V-56, pp205-215, 2002
- An, Maekawa, Okamura: Numerical Simulation of Size Effect in Shear Strength of RC Beams, Concrete Library of JSCE, No. 31, pp323-346, 1998