

V-7

反曲点を有し正負鉄筋比の異なる断面のRCはりにおけるせん断耐力について

北海道大学工学部 山崎 聡 介
 北海道大学工学部 正 員 古 内 仁
 北海道大学工学部 正 員 上 田 多 門
 北海道大学工学部 正 員 角 田 與史雄

1. 序論

RCはり部材のせん断耐力に対する安全性については、コンクリート標準示方書¹⁾において、二羽ら²⁾による単純ばりの実験から導かれた実験式が元になって、せん断耐力の評価が行われている。実際の構造物ではその形状や作用する位置などによって反曲点を持つような複雑な応力が生ずる。

本研究は、反曲点を持つようなはり部材を対象とし、そのせん断破壊性状及びせん断耐力の評価方法を解明することを目的としている。実験は、複鉄筋断面の張出しばりを用い、正負の曲げモーメントが作用するようにした。また反曲点を境に形成される2つのせん断スパンが耐力に対してどのように影響するかを調べるため、両者のせん断耐力の差をできるだけ大きくし、斜めひびわれの発達状況を調査するとともに、上記の単純ばりのせん断耐力式による評価について検討を行った。

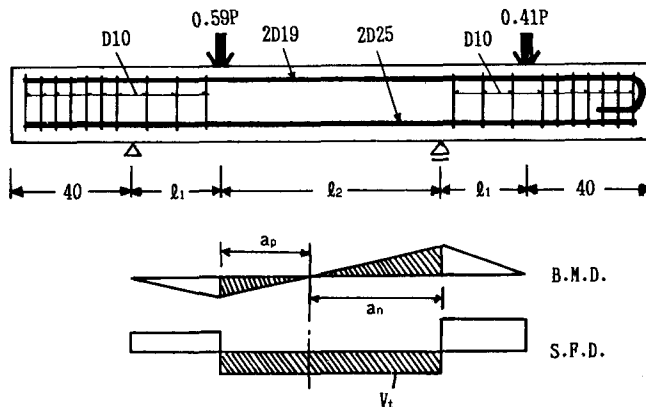


図-1 供試体の形状寸法

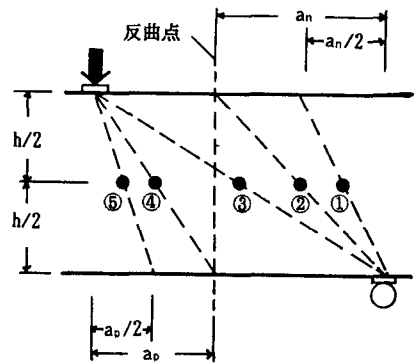


図-2 コンクリート表面の歪ゲージ貼付け位置

表-1 供試体寸法

No.	l_1 (cm)	l_2 (cm)	a_p (cm)	a_n (cm)	a_p/d	a_n/d
9106	10	24	10	14	0.50	0.70
9101	20	48	20	28	1.00	1.40
9105	25	60	25	35	1.25	1.75
9102	30	72	30	42	1.50	2.10
9103	40	96	40	56	2.00	2.80
9104	50	120	50	70	2.50	3.50

表-2 実験結果

No.	圧縮強度 $f_{c'}$ (kgf/cm ²)	破壊重 P_B (tonf)	せん断耐力 V_t (tonf)	破壊型式
9106	317	67.2	19.8	斜圧縮
9101	285	28.6	8.41	斜引張
9105	341	29.5	8.68	斜引張
9102	336	16.0	4.76	斜引張
9103	350	18.0	5.30	斜引張
9104	327	14.0	4.12	斜引張

SHEAR STRENGTH OF REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH AN INFLEXION POINT AND DIFFERENT POSITIVE AND NEGATIVE REINFORCEMENT RATIOS

Sousuke YAMAZAKI, Hitoshi FURUUCHI, Tamon UEDA and Yoshio KAKUTA

2. 実験概要

本研究では、図-1に示す供試体を用いて実験を行った。供試体は、せん断スパン a_p と a_n を試験区間とし、負の曲げモーメントが作用するせん断スパン a_n は、正の曲げモーメントが作用するせん断スパン a_p に対して1.4倍になるように载荷を行った。また、区間 a_p 、 a_n でせん断破壊を起させるようにするために他の区間ではスターラップでせん断補強を行った。さらに、コンクリートの歪を調べるために、図-2のようにコンクリートゲージの配置をした。

供試体の断面は、高さ25cm、幅15cmの矩形断面とし、区間 a_n のひびわれを先行させるために、負鉄筋は2D19とし、正鉄筋は2D25とした。有効高さ d は、20cmで、正の鉄筋比は3.38%、負の鉄筋比は1.91%である(図-3参照)。

変数はせん断スパン比とし、 a_p/d が0.5~2.5の範囲とした。なお、各供試体のスパン長は、表-1に示すとおりである。使用した鉄筋は異形棒鋼SD35である。コンクリートは、早強ポルトランドセメントおよび天然骨材を使用し、試験材令7日で目標強度300kgf/cm²とし、試験前日まで湿布養生を行った。

3. 実験結果および考察

(1)破壊形式 コンクリートの圧縮強度及び各供試体のせん断耐力は、表-2に示すとおりである。また破壊図は、図-4に示すようであるが、破壊形式はNo.9101~No.9105は斜め引張破壊となり、No.9101、No.9105は、せん断スパン a_p と a_n の両方に斜めひび割れが発生し、No.9102、No.9103、No.9104はせん断スパン a_n だけに斜めひび割れが発生して破壊に至った。ただし、No.9102に関しては最大せん断耐力($V_t=4.7$ tonf)においてせん断スパン a_n に斜めひび割れが発生した後、 a_p 側にもひび割れが発生したがせん断力が増加せず終局に至ったため、破壊は a_n 側のひび割れに支配されたものと考えられる。なお、No.9106は斜め圧縮破壊となった。

(2)コンクリートの歪 比較的短いせん断スパンの場合につい

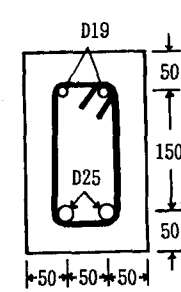


図-3 供試体断面

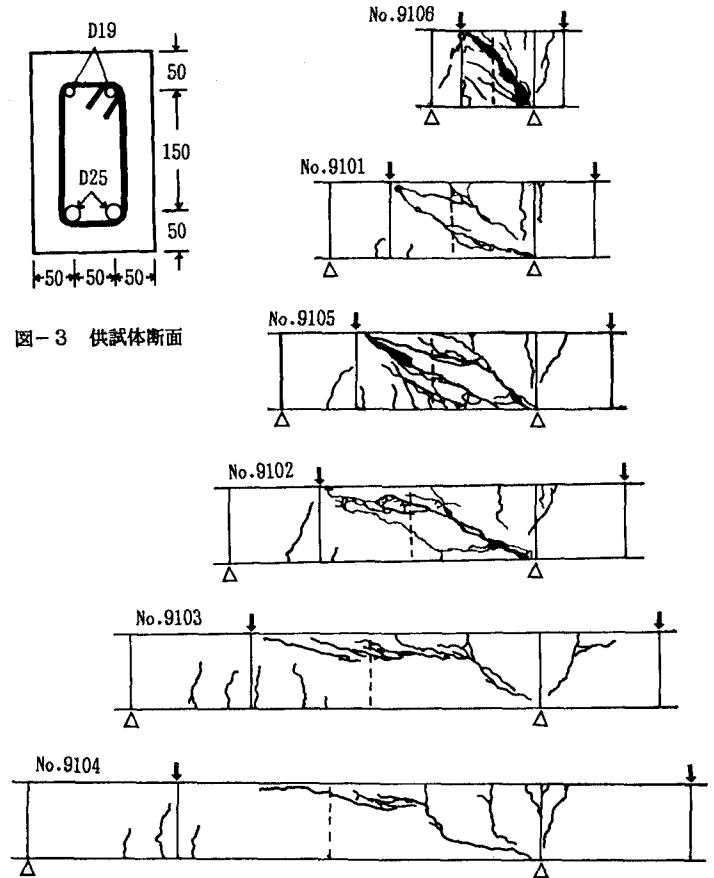


図-4 供試体の破壊状況

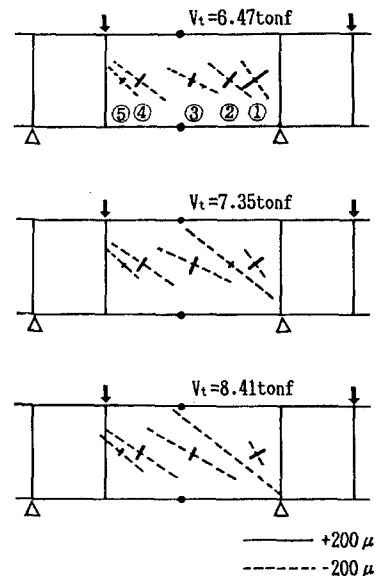


図-5 主歪の変化

て、No.9101のコンクリートの主歪の状況を図-5に示す。なお、実線は引張歪、点線は圧縮歪として、大きさは長さで示した。図は、1本目の斜めひび割れが発生した後から、終局時までの主歪を示している。測定点②と④の歪に関しては反曲点と支点、載荷点と反曲点を結ぶ方向に圧縮歪が増加していることから、その方向に斜めひび割れが誘発されているのではないかと考えられる。測定点③の歪に関しては載荷点と支点を結ぶ方向に圧縮歪が増加し、同方向に圧縮ストラットが形成されていることが判る。

(3)せん断耐力の評価 せん断耐力について、斜め引張破壊をした供試体に関しては、通常、二羽ら²⁾によって導かれたせん断耐力式(1)を用いて評価することができる。

$$\text{はりのせん断耐力} \quad V_c = 0.94(p_w \cdot f_c')^{1/3} (d/100)^{-1/4} \{0.75 + 1.4/(a/d)\} b_w \cdot d \quad (1)$$

ここに f_c' : 圧縮強度 (kgf/cm²) a : せん断スパン (cm) A_s : 引張鉄筋断面積 (cm²)
 b_w : ウェブ幅 (cm) d : 有効高 (cm) $p_w = 100 \cdot A_s / (b_w \cdot d)$

この方法で、せん断スパンに a_p 、 a_n を用い計算した結果を各々 V_{cp} 、 V_{cn} として表-3に示す。

表-3 斜め引張耐力の計算結果

No.	V_{cp} (tonf)	$\frac{V_t}{V_{cp}}$	V_{cn} (tonf)	$\frac{V_t}{V_{cn}}$
9106	—	—	—	—
9101	8.91	0.94	7.46	1.40
9105	8.27	1.05	5.67	1.53
9102	7.34	0.64	5.11	0.92
9103	6.47	0.82	4.61	1.15
9104	5.81	0.72	4.22	0.98

これらの計算値で実験値を除いたものと各々のせん断スパンの関係を図-6に示す。No.9102、No.9103、No.9104に関しては a_n の方の斜めひび割れによって破

壊に至っているの、 a_n の方で計算したせん断耐力 V_{cn} と良く一致する。No.9101、No.9105に関しては a_p の方で計算した値 V_{cp} と良く一致する。このように比較的長いせん断スパンの供試体は、 a_n 側の斜めひび割れ(耐力の小さい方)だけの破壊となり、比較的短いスパンの供試体は a_p 側の斜めひび割れ(耐力の大きい方)に破壊が支配されるものと考えられる。また、既往の研究データ³⁾を用いて同様の比較を行ってみた。なお、これらの供試体は正負の鉄筋比が共に3.38%であり、2つのせん断スパンにおける耐力差はせん断スパンの長さのみによって決まる。 a_p 、 a_n のいずれかの長い方のせん断スパンだけに斜めひび割れが発生して破壊したと思われる供試体(表-4)の計算結果は、そのせん断スパンを用いて計算したものと一致し

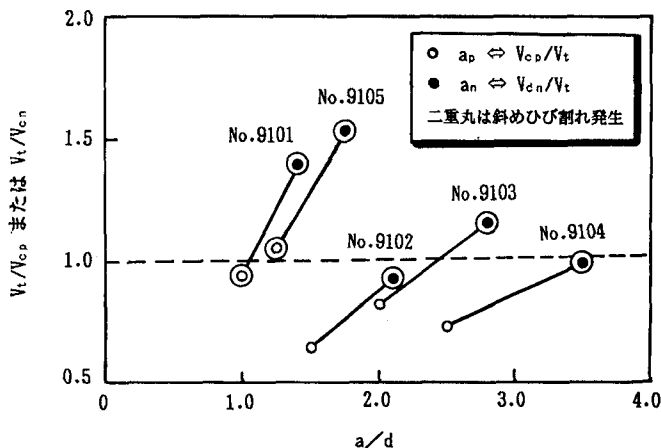


図-6 斜め引張耐力とせん断スパン比の関係

表-4 既往の研究データ³⁾ (その1)

No.	せん断スパン		圧縮強度 kgf/cm ²	せん断耐力 Vt (tonf)
	a_p (cm)	a_n (cm)		
8505	2.8	93.2	375	5.36
8508	22.3	105.7	336	4.58
8511	18.9	77.1	300	5.96
8512	4.6	91.4	299	4.72

表-5 計算結果 (その1)

No.	V_{cp} (tonf)	V_{cn} (tonf)	$\frac{V_t}{V_{cp}}$	$\frac{V_t}{V_{cn}}$
8505	—	4.79	—	1.12
8508	—	4.47	—	1.02
8511	—	4.72	—	1.26
8512	—	4.47	—	1.06

表-6 既往の研究データ³⁾ (その2)

No.	せん断スパン		圧縮強度 kgf/cm ²	せん断耐力 V _t (tonf)
	a _p (cm)	a _n (cm)		
8503	64.3	63.7	304	5.31
8506	55.4	40.6	300	7.49
8507	32.2	31.8	294	8.24
8510	71.6	56.4	331	5.96
8513	15.5	48.5	319	9.53
8514	29.8	34.2	266	8.32
504A	40.0	40.0	284	6.13
504B	26.6	53.4	284	7.37
504D	48.0	48.0	252	4.91
504E	32.0	64.0	252	5.74
504F	32.0	32.0	259	9.05
504G	21.4	42.6	259	9.40
504H	38.4	57.6	269	6.34
504I	25.6	38.4	269	7.95

表-7 計算結果 (その2)

No.	V _{cd} (tonf)	V _{cn} (tonf)	$\frac{V_t}{V_{cd}}$	
			$\frac{V_t}{V_{cd}}$	$\frac{V_t}{V_{cn}}$
8503	—	5.04	—	1.05
8506	—	6.10	—	1.23
8507	—	6.86	—	1.20
8510	—	5.46	—	1.09
8513	11.1	—	0.86	—
8514	6.88	—	1.21	—
504A	6.03	6.03	1.02	1.02
504B	7.50	—	0.98	—
504D	5.33	5.33	0.92	0.92
504E	6.50	—	0.88	—
504F	6.56	6.56	1.38	1.38
504G	8.30	—	1.34	—
504H	6.04	—	1.05	—
504I	7.53	—	1.06	—

ているようである(表-5参照)。また、他の供試体(表-6参照)は、いずれも2本の斜めひび割れで破壊したものであるが、短い方のせん断スパンを用いて計算したものに一致しているようである(表-7参照)。

斜め圧縮破壊をしたNo.9106に関しては、コンクリート標準示方書¹⁾の斜め圧縮破壊耐力を示す式(2)を用いて計算を行った。

$$\text{斜め圧縮破壊耐力} \quad V_{wcd} = 4 \cdot f_c'^{1/2} \cdot b_w \cdot d \quad (2)$$

この結果計算値は21.37tonfとなり、実験値(19.76tonf)とおおよそ一致する。

4. 結論

- (1) 今回の実験において、反曲点を有しせん断補強鉄筋を用いないRCはりの破壊形式は3つのパターンが見られ、1本の斜めひび割れだけによる斜め引張破壊、2本の斜めひび割れによる斜め引張破壊、また載荷点と支点の間での斜め圧縮破壊に分けられた。
- (2) 大きい方のせん断スパンによる斜めひび割れだけで終局に至った場合は、大きい方のせん断スパンを用いて斜め引張耐力式で計算したせん断耐力で推定できる。
- (3) 両方のせん断スパンで斜めひび割れが生じて終局に至った場合、小さい方のせん断スパンを用いて斜め引張耐力式で計算したせん断耐力で推定できる。
- (4) 斜め圧縮破壊をした供試体には、反曲点の影響は見られず、斜め圧縮耐力式を用いて計算したせん断耐力で推定できる。

謝辞 本実験を行うにあたり、北海道大学の木村勉技官、並びに構造工学講座の学生諸君の多大の助力を得た。ここに記して深甚なる謝意を表します。また、本研究の一部は、平成3年度文部省科学研究費・一般研究(C)によるものであることを付記する。

参考文献

- (1) 土木学会コンクリート標準示方書「設計編」、1991
- (2) 二羽淳一郎ほか：せん断補強鉄筋を用いないRCはりのせん断強度式の再評価、土木学会論文集、Vol.372、V-5、p.167-176、1986.8
- (3) 古内仁・角田與史雄：張り出しを有するRCはりのせん断強度に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.9、No.2、pp.341-346、1987.6