

鉄筋コンクリートT形ばりのせん断破壊性状に関する基礎研究

広島大学工学部 正員 船越 恭
同 上 正員 岡本享久

1. まえがき

本研究は無補強鉄筋コンクリートT形ばりのせん断破壊性状およびせん断破壊機構を知る目的で、コンクリートの強度、主鉄筋比および主鉄筋の付着・定着性状を変えて供試体を製作し、せん断スパンと有効高さの比を変えて載荷試験を行ない、既往の諸研究におけるせん断破壊理論並びに実験値との比較を試みた。また付着・定着性状の相違がせん断耐力に及ぼす影響、などについても検討を加えた。

2. 実験方法

図-1は供試体の断面寸法、載荷方法を示す。せん断スパンと有効高さの比(a/d)は純曲げスパンを30cmと一定にし、スパン長を変化させることにより7.5から3.5までの種に

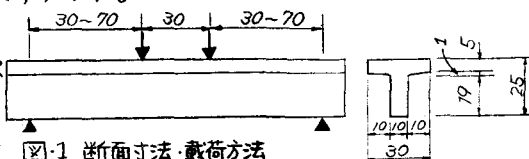


図-1 断面寸法・載荷方法

変えた。図-2は主鉄筋の配置状況を示したもので、A Type および B Type はそれぞれ異形棒鋼 SD-30、D16 および D19 を2本、C Type はφ16のみがき棒鋼を2本、また D Type は SBPR 110/125、呼び名23mmのPC鋼棒を1本配置したもので、A、C および D Type の主鉄筋比(ρ)はほぼ2%であり、B Type の主鉄筋比は2.8%である。定着方法は A、B Type では直角フック、C Type では半円形フックまた D Type ではアンカープレートを用いた。

A, B Type

C Type

D Type

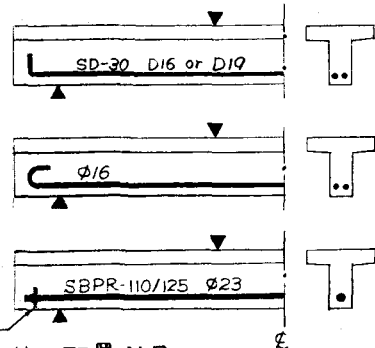


図-2 主鉄筋の配置状況

組立鉄筋にはSR-24、φ9を使用した。

3. 実験結果と考察

表-1 試験結果

表-1は試験結果の一覧である。破壊形式において SCF はせん断圧縮破壊、SBF はせん断引張破壊(付着破壊)、AF は定着部の破壊、MTF は曲げ引張破壊、DTF は斜引張破壊を示す。図-3は斜ひびわれ発生時のせん断応力(τ_c)と a/d の関係を、図-4は終局せん断強さ(τ_u)と a/d の関係を示したものである。図-5はせん断破壊時のモーメント(M_u)と a/d の関係を示したもので比較の目的で Walther の理論⁽¹⁾による計算値も図示した。図-6、7および8はそれぞれ A、C および D タイプのひびわれ様相を示した。

コンクリート構造物のせん断問題に
関し、R. Walther 並びに G. N. J.

Beam No.	a/d	Type	ρ (%)	K_{rsy} ($\times 10^{-3}/\text{cm}^2$)	σ_c (kg/cm^2)	P_b (%)	P_{ic} (%)	R_u (%)	τ_c (kg/cm^2)	τ_u (kg/cm^2)	M_u ($\text{t}\cdot\text{m}$)	破壊形式
1	1.5	A	1.91	0	182	4.0	6.5	15.7	15.8	38.0	2.35	SCF
2	2.0	A	1.85	0	181	3.0	5.7	14.7	13.4	34.5	2.93	SCF
3	2.5	A	1.88	0	181	3.0	5.0	9.9	11.9	23.7	2.48	SCF
4	3.0	A	1.93	0	196	2.0	4.5	6.2	11.0	14.7	1.81	SBF
5	3.5	A	1.88	0	196	2.0	4.0	5.8	9.5	13.8	2.02	SBF
6	1.5	B	2.66	0	176	5.0	8.0	17.0	19.6	41.7	2.55	SCF
7	2.0	B	2.70	0	188	3.0	6.5	14.3	16.2	35.6	2.86	SCF
8	2.5	B	2.63	0	188	2.5	5.7	10.4	13.8	25.3	2.61	SCF
9	3.0	B	2.62	0	179	2.0	5.5	7.0	13.3	16.8	2.09	SBF
10	3.5	B	2.66	0	182	2.0	4.5	6.5	11.0	15.9	2.28	SBF
11	1.5	C	1.94	0	181	4.0	—	12.1	—	29.3	1.82	AF
12	2.5	C	1.94	0	185	2.5	—	6.9	—	16.8	1.73	AF
13	3.5	C	1.95	0	185	1.5	—	4.5	—	11.0	1.58	AF
14	2.5	D	1.94	0	179	3.0	12.5	12.5	30.3	30.3	3.13	DTF
15	2.5	A	1.92	60	181	3.0	5.5	13.0	13.4	31.6	3.25	MTF
16	2.5	A	1.92	0	286	2.0	6.5	9.5	15.9	23.3	2.39	SCF
17	2.5	B	2.62	0	286	3.0	7.0	11.4	16.9	27.5	2.86	SCF

P_b : 曲げひびわれ発生荷重, P_{ic} : 斜ひびわれ発生荷重, R_u : 破壊荷重
 τ_c : 斜ひびわれ発生時のせん断強さ, τ_u : 終局時のせん断強さ, K_{rsy} : 腹筋補強率

(2) Kaniのせん断破壊理論およびACI-ASCE合同委員会報告などがあり、勢力的な研究が行なわれているにも拘らず最終的な結論を出すまでには到っていない。Waltherはせん断圧縮破壊(SCF)に注目し、斜ひびわれ先端部のコンクリートの圧縮強度および変形条件から理論式を導いているが、数多くの仮定があり式が難解であって、実際本実験に適用しても図5のように実験値の間に相違が生じ、設計などに利用するには数多くの問題が含まれている。Kaniはせん断圧縮破壊と斜引張破壊を斜め破壊(Diagonal Failure)として取り扱い、せん断スパン内に生じる曲げひびわれの先端部が曲げモーメントの変化により生ずる鉄筋の付着力の差で崩壊した後、曲げせん断ひびわれに沿う残存アーチ機構が形成され、このアーチ機構の崩壊によって終局耐力に到達するとして理論式を展開している。一方ACI-ASCE報告によるとせん断破壊の特徴として斜ひびわれ発生のパターンに注目し、曲げせん断ひびわれおよびウェストせん断ひびわれの2種に大別している。また斜ひびわれが発生し、伸展してゆく様子やその結果として生ずる破壊形式はせん断応力、曲げ応力の相対的な大きさに著しく影響されるとしている。Walther, Kaniの理論と比較し、ACI-ASCE報告は斜ひびわれも2種に分けそれぞれに半経験式を適用している点、破壊形式を a/d によって分類し、各破壊形式の特徴を明確にしているという点で実用性に優れていると思われる。

主鉄筋の付着性状の相違が梁の終局耐力に及ぼす影響について、Kaniは付着性能の悪い梁では付着の良い梁とくらべて耐力が増加することを実験的に確かめている。図4の●印は付着性能の悪い梁の終局せん断強度を示し、定着部が破壊しないならば耐力は大幅になり、最終的には図8に示したように斜ひびわれ発生とともに破壊した。しかし以上の論議は無補強単独梁に通用されるもので通常、梁には腹鉄筋が配置されており、この場合の挙動は異なる。しかも定着部RC三方書に準じて図2のC Typeのようなスックをつけた場合図7のような定着部破壊が起り図4の▲印で示す如く耐力は付着の良い場合より20~30%程減少した。主鉄筋の付着の問題は耐力の面では論じるのではなく、ひびわれ幅、変形を含めて論じる必要がある。即ち設計の使用状態の範囲内では付着の良い方がひびわれ幅、変形が小さく、よって主鉄筋の付着は不足したものとなる。設計では終局状態を想定し、耐力、ひびわれ幅および変形に対して同一の安全性を持たせる必要がある。この面からの研究が必要である。

4. 結び

Walther, Kaniのせん断破壊理論およびACI-ASCE報告を参照しせん断問題を論議したが、総じてWaltherおよびKaniの両理論とも種々のせん断破壊形式の一部についてのみ適用可能でせん断破壊全般に渡っての使用は不可能であり、又Waltherは理論面が極めて複雑で実際の適用にあたって難しいことが欠点として挙げられる。設計上の手順を重視し、ACI-ASCE報告で述べるような各種せん断破壊別に簡潔な式を導入し、各式で最小となるせん断応力について断面寸法、補強方法などを決定し、どの破壊形式に対しても同一の安全性を持たせるような設計方法の確立が急務とされ今後この面での検討を行なう予定である。本論文の実験発表に際し、学部の先生方加藤裕光氏より多大な援助を受けました。ここに謝意を表します。

(参考文献) (1) R. Walther, BETON UND STAHLBETONBAU 11/462, (2) G.N.J. Kani, ACI Journal, April 1964 (3) ACI-ASCE Report, ASCE Vol. 99, ST6 June 1973

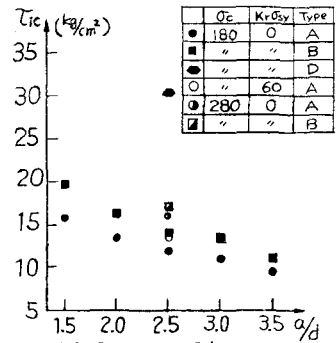


図-3 $T_{ic} \sim a/d$

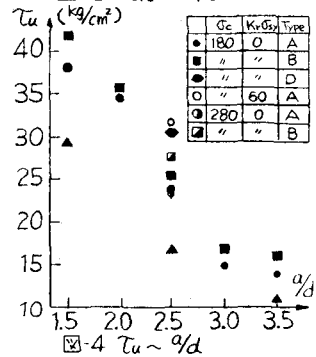


図-4 $T_u \sim a/d$

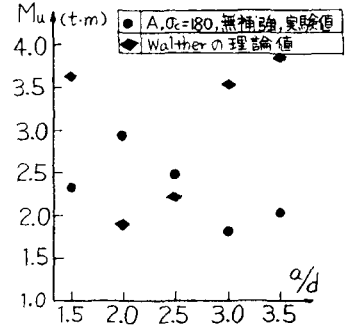


図-5 $M_u \sim a/d$

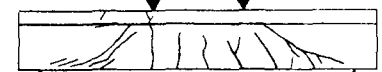


図-6 A Type, $G_c=180 \text{ kg/cm}^2$, $a/d=2.5$



図-7 C Type, $G_c=180 \text{ kg/cm}^2$, $a/d=2.5$



図-8 D Type, $G_c=180 \text{ kg/cm}^2$, $a/d=2.5$