

スタースラップのないRC部材のせん断破壊実験

東北大学 学〇望月 一良
東北大学 学 桑沢 庄次郎
東北大学 正 鈴木 基行

1. まえがき

土木学会RC示方書のせん断規定は、宮城県沖地震を契機として改訂され、コンクリートの許容せん断応力が2/3程度に低減された。これに伴い、ボックスカルバート、擁壁等のように、部材厚が比較的薄いために腹鉄筋が配置できないようなRC部材や構造物では、部材厚を大幅に厚くしたり、腹鉄筋を配置しなければならない場合も生じてきた。しかしながら、以前の示方書に基づいてつくられたこれらのRC部材に、せん断力が原因で破壊が生じたという報告はあまりなく、今回の示方書の改訂が合理的かつ経済的なものであったかは疑問である。このような観点に基づき、比較的部材厚が薄く腹鉄筋のないRC部材のせん断耐力、ならびに破壊性状を単純梁を用いて実験的に明らかにすることが、今回の実験の目的である。

2. 実験概要

実験に使用したコンクリートの配合を表-1に示す。載荷実験時のコンクリート圧縮強度は表-2に記してあるが、これはコア供試体の圧縮強度試験によって求めたものである。鉄筋は、引張主鉄筋用にD19(SD35)、圧縮主鉄筋用にD13(SD35)を用いた。

今回の実験では図-1のように、各供試体の断面寸法は $32\text{cm} \times 37\text{cm}$ 、有効高 32cm 、軸方向引張主鉄筋比は $R_s = 0.84\%$ で一定とし、せん断スパン長 a と、単鉄筋・複鉄筋断面を変動要因とした。

供試体への載荷方法は、原則として一様集中加力方式とし、両支点はローラー支承とした。しかし、 a/d が小さな供試体($a/d=0.5$ 及び1)においては、載荷点の割裂破壊を防ぐための載荷板を用いたものもある。測定方法は、載荷荷重をロードセルで、軸方向引張主鉄筋の歪もスパン中央に貼ったストレインゲージで、アナログ的にデータレコーダーに記録した。供試体の配筋図及載荷測定方法を、図-1に示す。

表-1 コンクリート配合表

細骨材の最大寸法	スラップ	Air	w/c	s/a	単位量 (kg/m ³)				
					W	C	S	G	骨材
25mm	8"	3%	62%	52%	183	295	896	668	ボリス 5L

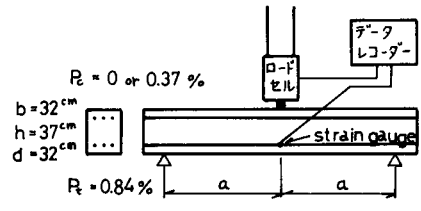


図-1 供試体配筋図及載荷方法

表-2 供試体諸元 及 結果一覧表

供試体	a/d	a(m)	引張主鉄筋		圧縮主鉄筋		コンクリート 圧縮強度 (kg/cm ²)	曲げひび発生荷重		斜めひび発生荷重	縦ひび発生荷重	破壊荷重	破壊形態
			使用鉄筋	P _c (%)	使用鉄筋	P _c (%)		初期ひび	クリティカルなひびの発生				
1-1	0.5	16	3D19	0.84	無	0	284	38.1 ^(t)	発生せず	47.6 ^(t)	発生せず ^(t)	71.0 ^(t)	支圧破壊
1-4	"	"	"	"	"	"	303	35.7	"	82.3	"	最大109.6	ジャッキ最大荷重まで載荷したが破壊せず
2-1	1	32	"	"	"	"	284	28.5	47.4	47.4	"	59.2	せん断圧縮破壊
2-4	"	"	"	"	"	"	192	27.0	発生せず	27.0	"	57.0	"
2-5	"	"	"	"	"	"	192	13.0	"	30.0	"	42.5	"
2-6	"	"	"	"	3D13	0.37	297	14.5	"	32.9	"	74.7	"
3	1.5	48	"	"	無	0	284	15.0	24.5	24.5	41.5	45.8	せん断引張破壊
4	2	64	"	"	"	"	284	12.2	19.1	19.9	32.2	33.8	"
5	2.5	80	"	"	"	"	312	9.3	21.6	21.6	21.6	21.7	"
6	3	96	"	"	"	"	312	7.7	11.5	18.0	18.0	18.8	"
7	4	128	"	"	"	"	313	5.3	7.0	18.2	18.4	18.8	曲げ圧縮破壊

3. 結果および考察 ————— 実験結果の一覧を表-2に示す。

(1) 破壊状況 $a/d = 0.5$, 1 の供試体においては、曲げひびわれを併発せずに供試体腹部に斜めひびわれが、支承と載荷点とを通線的に結ぶ方向に生じ、大幅な荷重増加の後に終局に到った。(図-2(a)) $a/d = 1.5 \sim 3$ の供試体では、せん断スパンのほぼ中央部に生じた曲げひびわれが、斜めひびわれに進展し、これがやがて載荷点に達し、支承付近に軸方向引張主鉄筋に沿って発生した縦ひびわれを併発して終局に到った。(図-2(b)) この中で特に $a/d = 2.5$, 3 の供試体では、斜めひびわれが発生してから終局に至るまでの荷重に余裕がないこと、供試体上部に斜めひびわれの屈折点が見られたことが特徴的であった。(図-2(c)) $a/d = 4$ の供試体は曲げ圧縮破壊した。又、複鉄筋断面の供試体 ($a/d = 1$) においては、圧縮鉄筋が、せん断耐力や終局のたわみに及ぼす影響が極めて大きかった。

(2) a/d と斜めひびわれ発生荷重 及 せん断耐力との関係 図-3 に斜めひびわれ発生時のせん断力の実験値を、図-4 にせん断耐力の実験値をプロットした。この図からわかるように、 a/d がせん断強度に関して重要なパラメーターであることがわかる。又、図-5 は、終局曲げモーメント M_u と、 a/d との関係を示したものであるが、 $a/d = 2.5 \sim 3$ 付近にいっゆる "kani's valley" が現われているのが確認できた。

(3) 各種せん断規定との比較 図-3、図-4 には日本建築学会(大野・荒川公式による)、CEB、ACI 土木学会の各規定による設計値を記したが、今回の実験値は大野・荒川公式とよく一致する結果となった。この結果は、大野・荒川公式が過去20年間にわたり行なわれた実験資料1200個をもとに求められた実験式であるから当然とも言えよう。そこで、大野・荒川の用いた実験値のばらつきを利用して、今回の実験値から推定される下側5% fractile 線を図-4中に示した。その結果として、CEB規定が他の規定に比べ、 a/d の広範囲にわたって安全性のとり方について適切であろうと思われる。又、土木学会RC示方書の今回の改訂は、 a/d の大きな所に注目してみると、かなり適切であったことがうかがわれるが、 a/d の減少に伴うせん断耐力の増加が考慮されていないことは、今後改善されるべき点と言えよう。さらに、ここで述べた各種規定では、圧縮鉄筋のせん断耐力に及ぼす影響が全く考慮されていないが、このことも再検討してみる必要があるように思われる。

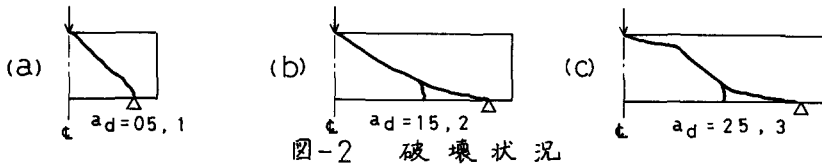


図-2 破壊状況

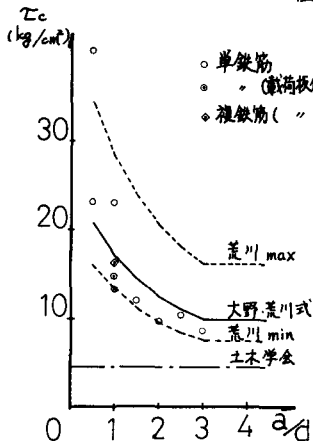


図-3 a/d と斜めひびわれ発生時のせん断力の関係

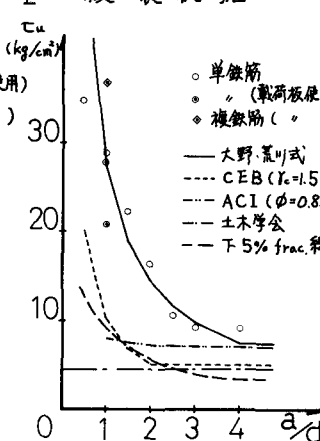


図-4 a/d とせん断耐力の関係

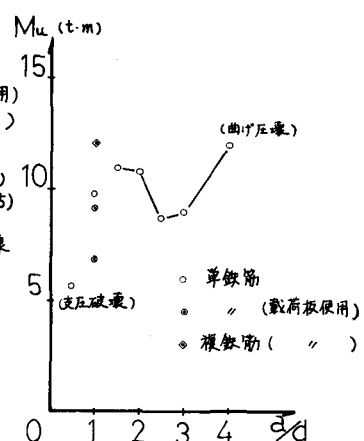


図-5 a/d と終局曲げモーメントの関係