

青木建設〇正員 佐治与志也

京都大学 正員 小林和夫, 岐阜大学 正員 六郷史哲

1. はじめに 鉄筋コンクリートは種々原因によりひびわれが発生するが、ひびわれ面でせん断力が円滑に伝達されるか否かは構造性能上きわめて重要な問題である。ひびわれ面における種々のせん断力伝達機構のうち、主鉄筋のダウエル作用の占める割合はそれほど大きくないが、破壊様式・耐力に著しく影響を及ぼす。

本研究は鋼繊維の利用によるダウエル作用の改善効果と、繊維混入量と補強層の厚さ、主鉄筋に対するかぶり厚さ、鉄筋比と鉄筋の配置方法などを要因を選んで検討するとともに、スターラップの配置効果とも比較した。

2. 実験概要

本実験では図1のようなルーメンア方式のせん断試験と実施し、主鉄筋に沿う水平ひびわれの発生一かぶりはく離をともなうダウエル性状を検討した。供試体はいずれもスパン中央にツリコングリスを塗布し、厚さ0.2mmの真ちゅう板を挿入し、この面を鉄筋によるせん断力伝達のみが行なわれるようにした。なお、上側鉄筋はこの面で切断し、下側鉄筋のみでせん断力が伝達される。供試体の種類を表1に示す。

スターラップ(φ6)配置効果の検討には、スパン中央せん断伝達面から主鉄筋を固定するスターラップ始末までの距離を有効高 d の $1/4$ 、 $1/2$ とした。これは、スターラップ間隔は、計算上必要な時は d の $1/2$ 以下、必要でない時は d まで大きくしてよいとする土木学会方書に従い、ひびわれ面がスターラップ間の中央にあることを想定したものである。また、Bシリーズの5-D10と3-D13は主鉄筋の縦断面積がほぼ等しい。

鋼繊維としては、伸線切断材(φ5×32mm、アスペクト比64:神戸製鋼社製)を用いた。コンクリートの配合とその力学的諸特性は、それぞれ表2、表3に示すとおりである。

載荷は図1のようにし、カンチレバー型変位計でせん断伝達面の左右コンクリート間の相対変位を、π型ゲージ(長さ50mm)でダウエル作用に伴う水平ひびわれ幅を測定した。

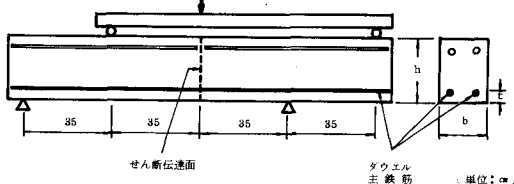


図-1 ダウエル試験はりの断面寸法

表-1 ダウエル試験はりの種類とダウエル耐力

供試体 No	ダウエル 主鉄筋	鋼繊維 混入量 (%)	かぶり厚 (cm)	鋼繊維 層厚 (cm)	スターラップ 配置間隔	ダウエル耐力*	
						ひびわれ せん断 力 Q_c (kg)	破壊 せん断 力 Q_u (kg)
1	2-D13	0	8	0	—	500(49)	534(52)
2	"	0	5	0	—	650(64)	917(90)
3	"	0	8	0	$d/2$	567(56)	—
4	"	0	8	0	d	567(56)	—
5	"	1	8	20	—	1084(106)	1317(129)
6	"	1	5	20	—	1000(98)	1559(153)
7	"	2	8	20	—	1000(98)	1417(139)
8	"	2	8	6	—	792(78)	1768(173)
9	"	2	8	9	—	750(74)	1897(187)
10	"	2	5	20	—	709(69)	1425(140)
11	5-D10	0	8	20	—	1125(110)	1287(126)
12	"	1	8	20	—	1834(180)	2725(267)
13	"	2	8	20	—	2042(200)	3517(345)
14	3-D13	0	8	20	—	1375(135)	1420(139)
15	"	1	8	20	—	1548(151)	2450(240)
16	"	2	8	20	—	1750(172)	2417(237)
17	8-D16	0	8	20	—	950(93)	1250(123)
18	"	1	8	20	—	1084(106)	2792(274)
19	"	2	8	20	—	1625(159)	3755(370)

* 供試体2本の平均値 ** 内観によるもの

表-2 使用コンクリートの示方配合

鋼繊維 混入量 (%)	粗骨材 最大 寸法 (mm)	スランプ (mm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						水和剤*	
						W	C	S	G	鋼繊維	減水剤	A E 剤	
0	15	5±1	4±1	50	40	168	327	781	1114	0	818	2616	
1	15	5±1	4±1	45	55	180	335	982	776	80	970	3104	
2	15	5±1	4±1	48	70	228	466	1059	461	159	1164	3728	

* 減水剤: ポリスノ70, A E 剤: ポリスノ808

表-3 使用コンクリートの力学的特性

鋼繊維 混入量 (%)	*1 圧縮強度 (kg/cm ²)	*2 曲げ強度 (kg/cm ²)	*3 引張強度 (kg/cm ²)	弾性係数 (kg/cm ²)
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
0	427 (41.9)	463 (45)	310 (30)	3.05×10 ⁵ (29.9)
1	431 (42.2)	681 (66.7)	397 (39)	2.91×10 ⁵ (28.5)
2	368 (36.1)	927 (91)	485 (47.9)	2.44×10 ⁵ (23.9)

*1: 10φ×20cm *2: 10φ×10×40cm *3: 15φ×15cm (割製試験)

3. 試験結果および考察

いづれの供試体も鉄筋のダウエル作用にともなう、せん断伝達面から鉄筋位置のコンクリート表面に水平ひびわれが発生し、これが著しく進行して最終的にガバリ部がはく離して破壊した。ダウエルひびわれの発生耐力 Q_c 、破壊耐力 Q_u と表-1に、またダウエル比・相対変位・水平ひびわれ間隔の一例を図-2、3に示す。ただし、水平ひびわれ幅はスパン中央のせん断伝達面から23mm離れた位置におけるものである。

本研究から得られた主な結果を要約すると以下のとおりである。

1) 鋼繊維無混入の鉄筋コンクリートはり部材では、主鉄筋のダウエル作用にともなう水平ひびわれの発生そのものをダウエル破壊とみなす必要がある。また、ひびわれ面の近くでスターラップが存在すると、主鉄筋の吊り上げ効果によって水平ひびわれ発生以後のダウエル性状がかなり改善されるが、水平ひびわれの発生耐力そのものはスターラップが存在しない場合とほとんど相差不ない。

2) 1%程度の鋼繊維混入によって、ダウエルひびわれの発生耐力、破壊耐力が著しく向上するとともに、水平ひびわれ発生以後の相対変位、ひびわれ幅の進行が著しく緩和され、そのダウエル性状の改善効果は有効高の1/2間隔で配置したスターラップの効果より大きいと考えられる。

3) ダウエル作用の改善効果に関しては、主鉄筋のガバリ厚の2倍程度の領域を鋼繊維補強するだけで全断面補強と同程度の効果を期待でき、経済的利用が可能である。

4) 鋼繊維無混入コンクリートでは、ダウエルひびわれ破壊耐力はガバリ厚にほぼ比例して増大し、ガバリ厚が1cm以下の耐力に与えて大きな影響を及ぼすが、1%程度の鋼繊維を混入すると耐力に及ぼすがバリ厚の影響は著しく小さくなる。したがって、鋼繊維によるダウエル性状の改善に関しては、ガバリ厚が薄い場合ほど有効である。

5) 鋼繊維補強コンクリートでは、主鉄筋断面積が同一の場合には、細径鉄筋と密に配置した方がダウエル性状の改善効果が大きく、また鋼繊維の混入量が多いほどその影響が顕著となる。これは、主鉄筋の配置方法によって鋼繊維の配向・分散性がかなり異なるためと考えられる。

6) 鋼繊維補強コンクリートでは、主鉄筋比が高いほどダウエル作用の改善効果が大きく、またこの効果は鋼繊維の混入量が多いほど顕著となるようである。

7) 鋼繊維補強による鉄筋コンクリート部材のダウエル性状の改善効果は、鋼繊維の混入量に影響されると考えられるが、適切な混入量は繊維長と断面積・主鉄筋の配筋との関係によってかなり変動すると考えられる。本実験結果から判断すると、混入量としては1%程度で有効な効果が期待できると考えられる。

本研究を実施するにあたって種々御指導をいただいた京大岡田清教授にこころよく御礼申し上げます。

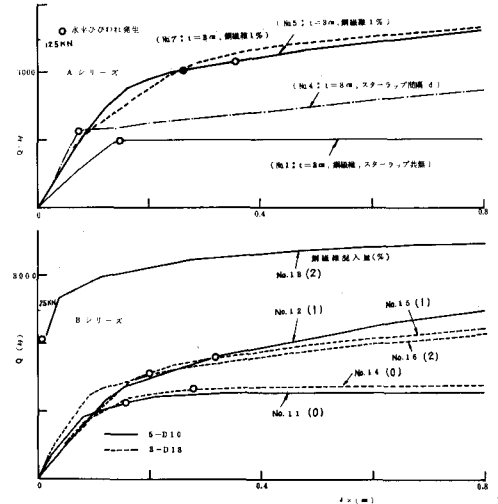


図-2 ダウエル比・相対変位

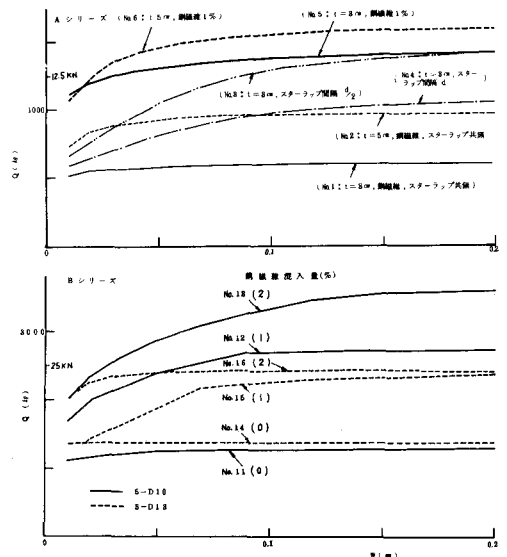


図-3 ダウエル比・水平ひびわれ幅