

前田建設工業(株)技術研究所
電力中央研究所
前田建設工業(株)技術研究所

正会員 藤田佳男
正会員 青柳征夫
正会員 山田一宇

1. まえがき

鉄筋コンクリート製格納容器(RCCV)の設計においては、冷却機喪失事故時や地震時の機能保持を確保する観点から、耐力のみならず、変形とひびわれ幅に対する検討を行なうことが必要である。

縦横2方向に配筋されたRCCVの内筒部に事故時内圧による2方向膜引張力と地震力による面内せん断力が同時に作用した場合を想定すると、主応力は鉄筋方向に対してある偏角のみで作用することになり、このような応力状態は変形やひびわれ性状に大きな影響を与えるものと考えられる。

本研究は、直交2方向に配筋された鉄筋コンクリート板に鉄筋方向と傾いた面内主応力が作用した場合の変形およびひびわれ性状について実験的に検討したものである。

2. 試験方法

試験体の形状は、図-1のとおりであり、試験体の配筋は、直交2方向(X, Y方向)にそれぞれD10($E_s = 2.0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_y = 3724 \text{ kg/cm}^2$)を12.5cmピッチで各方向で2段に配置をした。ただし、No.24の試験体についてはY方向のピッチを25cmとした。主応力方向とX鉄筋との偏角 α は、 0° , 22.5° および 45° の3とおり、主応力比(N_2/N_1)は、0および0.5とし、各試験体の実験条件を表-1にコンクリートの物性値とともに示す。

なお、No.25の試験体は加力前に割裂作用によって、あらかじめ37.5cm間隔で3本のひびわれを N_1 と直角に発生させた。加力は図-1に示すように、1方向2台の100tonジャッキを用いてトーナメント方式により行なった。

測定した項目は、主応力方向の変位とひびわれ幅および鉄筋のひずみであり、変位は標点区間140cmをダイヤルゲージ($1/100\text{mm}$)により、また、ひびわれ幅はコンタクトメーターによりそれぞれ測定した。

3. 変形状

主応力方向と鉄筋方向の偏角 α が変形におよぼす影響は図-2に示すとおりであって、 α が大きくなるにつれて変形が著しく増大することがわかる。その結果、ひびわれ発生後の剛性低下も α が大きい程顕著になるが、ひびわれ間

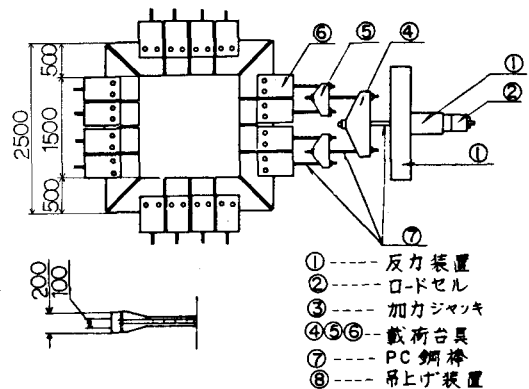


図-1 試験体形状および加力方法

表-1. 試験体の諸元およびコンクリートの物性値

試験 体 No.	試験体の諸元					コンクリートの物性値		
	鉄筋比(D%)		鉄筋 偏角	ひびわれ 角度	主応 力比	σ_{cu}	σ_{ty}	E_c ・10 ⁵
	X方向	Y方向	$\alpha(^{\circ})$	$\Phi(^{\circ})$	N_x/N_y	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
22	1.183	1.183	0	—	0	246	220	2.15
23	1.183	1.183	225	—	0	202	190	2.11
24	1.183	0.592	225	—	0	217	21.6	2.17
25	1.183	1.183	225	225	0	221	21.2	2.07
26	1.183	1.183	45	—	0	204	21.3	2.21
27	1.183	1.183	225	—	0.5	211	19.3	2.09

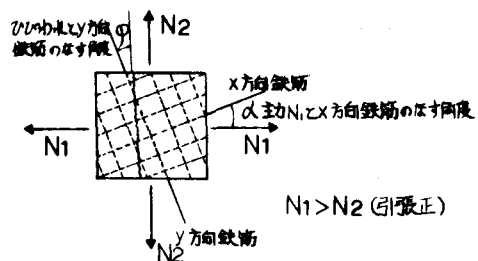


表-2. x方向鉄筋の応力とひびわれ幅

試験体 No.	$\sigma_{sx} = 1800 \text{ kg/cm}^2$					$\sigma_{sx} = 2700 \text{ kg/cm}^2$					$\sigma_{sx} = 3700 \text{ kg/cm}^2$				
	n	Wmax.	Wave.	$\frac{Wmax.}{Wave.}$	Wcal.	n	Wmax	Wave.	$\frac{Wmax.}{Wave.}$	Wcal.	n	Wmax.	Wave.	$\frac{Wmax.}{Wave.}$	Wcal.
22	4	0.135	0.082	1.65	0.054	8	0.239	0.141	1.70	0.161	11	0.348	0.232	1.50	0.255
23	2	0.195	0.138	1.41	0.072	7	0.208	0.162	1.25	0.214	11	0.307	0.233	1.32	0.339
24	2	0.139	0.126	1.10	0.099	8	0.260	0.176	1.46	0.295	8	0.576	0.409	1.41	0.467
25	6	0.107	0.077	1.39	0.072	9	0.241	0.143	1.69	0.214	9	0.419	0.297	1.41	0.339
26	7	0.149	0.106	1.41	0.108	9	0.365	0.274	1.33	0.322	10	0.649	0.553	1.17	0.510
27	5	0.183	0.096	1.90	0.099	8	0.300	0.221	1.36	0.295	8	0.625	0.451	1.38	0.467

注) n: ひびわれ本数 Wmax.: 最大ひびわれ幅 Wave.: 平均ひびわれ幅 Wcal.: 平均ひびわれ幅の計算値 ひびわれ幅の単位(mm)

のコンクリートの剛性寄与により直ちに鉄筋のみの剛性とはならず、荷重の増加にともなう徐々に鉄筋剛性に近づいていく傾向が認められた。なお、図中の点線は、全補強式により計算したひびわれ断面の鉄筋ひずみに、ひびわれ間の剛性寄与を図中に示したCEB規準に準じた3乗式によって求めた計算値であり、実測値と良好一致を示している。

4. ひびわれ性状

表-2は、平均ひびわれ幅と最大ひびわれ幅の実測値と平均ひびわれ幅の計算値とを同一x鉄筋応力度に対し比較したものである。ひびわれ幅も、変形と同様に偏角の影響を著しく受け、 $\alpha = 45^\circ$ での平均ひびわれ幅は同一鉄筋応力度の $\alpha = 0^\circ$ の約2倍となった。CEB規準に基づいて算定したひびわれ幅の計算値は、鉄筋応力が 1800 kg/cm^2 でひびわれ本数の少ない試験体については過少評価しているが、その他ではおおむね実測値に近い値を示している。

最大ひびわれ幅と平均ひびわれ幅の比は、多少バラツキはあるが、大体1.3から1.7の間に入っており、CEB規準1.7より若干小さくなっている。

また、実測された平均ひびわれ幅を全補強式により算定したひびわれ断面でのx方向とy方向の鉄筋応力の和に対してプロットすると図-3のようになり、平均ひびわれ幅は、主応力が鉄筋方向に対して傾いて作用する場合においても、両方向鉄筋応力の和との相関関係が大きく、この値が一定であれば、偏角 α および両方向鉄筋比にほとんど依存しないことが認められる。すなわち実用的にはひびわれ断面の鉄筋応力の和($\sigma_x + \sigma_y$)を一軸引張部材の鉄筋応力に読みかえることによって、CEB規準等のひびわれ幅算定式の適用が可能であると思われる。

なお、本実験の範囲内においては、ひびわれ断面での鉄筋応力は全補強式を用いることによって、実用的に十分な精度で算定することができることが確かめられている。

参考文献; (1)青柳、山田、二方向面内力を受ける鉄筋コンクリート板要素の配筋方法に関する研究、第1回コンクリート学会年次講演会。

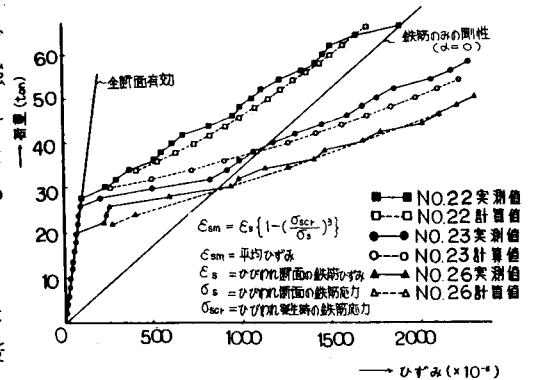


図 2 荷重と平均ひずみの関係

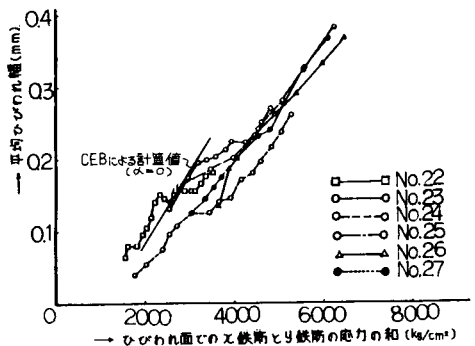


図 3 ひびわれ断面における鉄筋応力と平均ひびわれ幅の関係