

北海道大学 正員 ○角田与史雄
高田 寛之
奈良 久

1. まえがき

近年わが国においてもコンクリート構造物の設計に限界状態設計法の手法を採用しつつあるが、RC版のように内的に複雑な耐力性状をもつ部材においては、今後さらに解決していかなければならない点が多くある。本研究は、RC版の静的および疲労耐力について実験的に検討を行なった主な結果についてまとめたものである。

2. 静的曲げ耐力について

RC版の静的曲げ耐力の算定またはそれに基づく塑性設計法としては、降伏線理論、拡張された降伏線理論、下界理論などがある。ここでは主として降伏線理論について調べるため、表-1に示す4枚の模型版の実験を行った。いずれも版厚10cmの正方形版で、S151と153は図-1(a)、S152と154は(b)に示すメカニズムを目標とし、前者は一様配筋、後者は版中央部の鉄筋比を周辺部の2倍にした。載荷は2軸対称位置の12点荷重によって行ない、各荷重点とも水平方向の拘束をなくするために球ローラーとした。4辺は浮上り自由の単点支持である。表-1に最大ひびわれ幅が 0.2mm に達したときの荷重 $P_{0.2}$ および最大荷重 P_{max} を示す。ひびわれ幅は図-2にその一例を示すように、鉄筋比や段差をつけたものではその位置にかなり大きい値が現われて構造上の欠陥を示したが、普通の版では使用応力状態で十分に小さい値しか生じなかった。同様に良好なひびわれ性状は次項に述べる一点載荷試験においても確認された。 P_{max} はいずれも過大な塑性性のためによって達せられ、目標通りのメカニズムがほぼ得られた。このときの降伏線理論による計算値 P_{YL} は表-1に示すとおりであり、スパン/版厚比の小さい方が耐力が大きくなっているほか、(b)のメカニズムの方がいく分大きい耐力を示し、版中央部の非降伏領域による面内及び形拘束の影響が現われている。なお、荷重を線荷重とみなしたときの下界ストリップ法の計算値も実験値と比較的良好一致を示した。

表-1

No.	スパン (cm)	鉄筋比 (%)		$P_{0.2}$ (t)	P_{max} (t)	P_{YL} (t)	P_{max}/P_{YL}
		中央部	周辺部				
S151	100	0.9		18	40.0	32.3	1.24
S152	"	0.9	0.45	9	24.9	19.1	1.30
S153	200	0.9		18	28.0	28.4	0.99
S154	"	0.9	0.45	>11	18.5	15.7	1.18

図-1

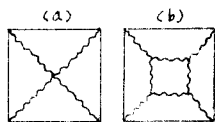
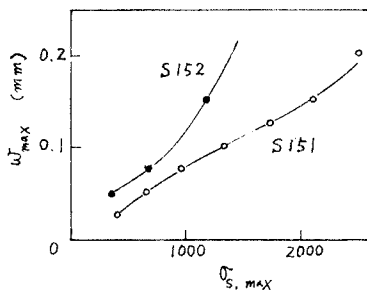


図-2



3. 静的押抜きせん断耐力について

集中荷重を受けるRC版の主要な破壊型式の一つに押抜きせん断破壊がある。普通コンクリートを用いた単点支持版の押抜きせん断耐力について、著者をはじめ、Elsesser, Moe, Yitzhaki その他による既往の実験データ113個の統計的解析によって各種変数の影響について調べた。その結果、データと最も良い相関性をもつ耐力算定式として次式を得た(b_0 : 載荷周縁の長さ, ρ : 平均鉄筋比)。

$\rho \sigma_y / \sqrt{\sigma_{cb}} \leq 3.33$ に対して

$$P = 0.674 (b_0 + 3\pi d) d (\sqrt{\sigma_{cb}} + 0.5 \rho \sigma_y) / (1 + d/20 \text{ cm})$$

$\rho \sigma_y / \sqrt{\sigma_{cb}} > 3.33$ に対して

$$P = 1.796 (b_0 + 3\pi d) d \sqrt{\sigma_{cb}} / (1 + d/20 \text{ cm})$$

図-3は著者の実験データ59個に対する実験値/計算値の比の度数分布を示したものである。また、図-4はすべてのデータに対してその分布状況を正規確率紙上に描いたもので、 $\rho \sigma_y / \sqrt{\sigma_{cb}}$ の2つの範囲で“ば

らつきの大きさは異なるが、ともにほぼ正
規分布に徙っていることがわかる。なお、
実験値/計算値の比の変動係数は、 $\chi_{95}/$
 $\sqrt{0.8} \leq 3.33$ に対して10.0%、 > 3.33
に対して12.8%であった。

4. 疲労耐力について

RC版の疲労破壊型式を大別すれば、曲
げ疲労と押抜きせん断疲労とからなる。前者は一般に鉄筋の疲労破断に
よって生ずると考えることができ、降伏線型の静的曲げ破壊とは不連続
の現象であるが、その耐力は鉄筋のS-N曲線と版の断面力の解析によ
って容易に推定できると考えられるので、ここでは主として疲労押抜き
せん断耐力について調べた。実験を行なった供試体は表-2に示す4種
からなる。IV~VIは4辺支持の正方形版で直径10cmの円形載荷、VII種
は一方向版で辺長10cmの正方形載荷である。得られたS-N曲線から
上限荷重/静的耐力比に対する200万回程度の推定を行なった結果、VI
種が0.4、IV種が0.65、V種が0.35であり、疲労耐力に対して鉄筋
比が非常に大きな影響をもっていること、および過大な鉄筋比は必ずし
も有効ではないことが示された。VII種供試体は疲労寿命のばらつきにつ
いても調べるため、39枚について定荷重繰り返し試験を行なっ
た。その結果は図-5に示すとおりである。上限荷重/静的耐
力比Rと破壊回数Nの関係について検討した結果、Rと $\log N$
の直線関係が比較的良い相関性を示した。図中の(1)線はすべ
てのデータに対する直線、(2)はRが0.6以上のデータに対す
る直線関係を示したものである。 $\log N$ のばらつきはRの大き
い方がいく分大きい傾向を示したが、特定の荷重レベルにつ
いてみればNが対数正規分布に近い変動をもつとみなしうるこ
とがわかった。図-6はすべてのデータについて $\log N$ の実測値
の、(2)線からの偏差に対して正規確率紙上に描いたものである。ま
た、その標準偏差は0.55、同様(1)線からの偏差に対して0.52
であった。次に、異なる荷重レベルの組合わせを受ける際の疲労累積
損傷について調べるため、VII種供試体6枚について $R=0.7, 0.6,$
 0.8 および 0.85 を順次かけたときの疲労破壊実験を行なった。これ
より破壊時の累積損傷をMiner則により $D = \sum (n_i / N_i)$ 、ここ
に n_i は実働回数、 N_i は定荷重繰り返し下の疲労寿命、を求めた結
果、Dは0.14~5.88の間に分布し、 $\log D$ の平均値は0.018、
これに対応するD値は1.04であってMinerの仮説の1.0にほぼ
等しく、また、 $\log D$ の標準偏差は0.52であって上記の定荷重疲
労試験において得られた $\log N$ の偏差のばらつきとはほぼ同等な結果
が得られ、Miner則がそれ自身の不確実性を考慮する必要なくほぼ
適用しうることがわかった。

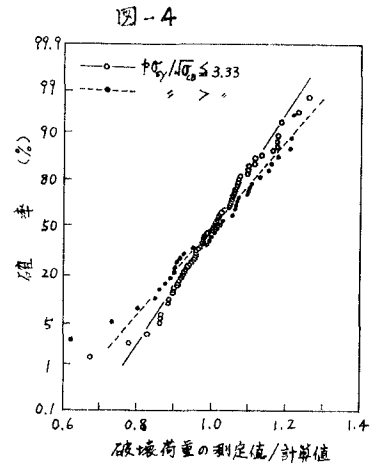
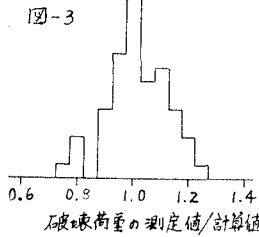


表-2

種別	スパン (cm)	版厚 (cm)	鉄筋径 (mm)	鉄筋比 (%)	
				主	面乙
IV	100	15	10	0.931	
V	"	"	16	2.107	
VI	"	"	10	0.466	
VII	"	10	"	0.988	0.678

図-5

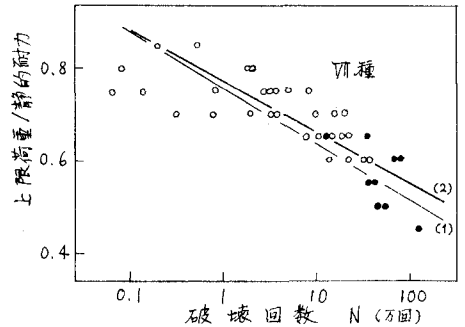


図-6

