

1. はじめに

等分布荷重は、鉄筋コンクリート部材の設計において、基本的な荷重の形態として考慮しなければならないものの一つである。にもかかわらず、等分布荷重を対象とした研究は少なかったのが現状である。これは一つには、理想的な等分布荷重を実験的に再現することが困難であったためと考えられる。しかし、古くは Leonhardt¹⁾によって、また最近では、井畔²⁾によって、水圧を利用した等分布荷重の実験が行われており、貴重なデータを提示している。今回、Leonhardt 型の実験方法によって、せん断補強のある鉄筋コンクリートT形はりの破壊実験を行ったので、その結果を報告する。

2. 実験方法

はりの圧縮フランジの上に水を充填したゴムバッグを置き、その上にH鋼を配置して、試験機により荷重した。パスカルの原理により、はりには等分布荷重が加わる。なお、はりの変形が進んでたわみが大きくなった場合には、水圧ポンプにより、ゴムバッグ内部の水量を増加させた。

3. 供試体

供試体はすべてT形はりである。はりの詳細は表1に示す。圧縮フランジが支点を越えて伸びていると、支点外からの等分布荷重による曲げモーメントが加わることになる。このため、圧縮フランジは支点外では取り除いてある。

4. 実験結果

荷重に伴って、まず曲げひびわれが発生した。続いて、斜めのせん断ひびわれがウェブコンクリートに発生した。このひびわれはフランジの下面まで比較的簡単に伸展するが、フランジ内に直ちに侵入することはなく、むしろフランジ下面に沿ってスパン中央へと伸びていった。最終的に、支点から幾分離れたウェブ部分のコンクリートが圧壊し、破壊に至った。せん断補強筋のひずみを測定した結果、せん断補強筋は支点上に配置したものを除き、支点から、スパンの 1/3 程度以内にあるものは破壊時に既に降伏していることが認められた。

実験結果の1例として、No.2供試体についてその実験後のひびわれ状況を図1に示す。図中の点線で囲んだ部分はコンクリートが圧壊した部分である。また、最大荷重時のスターラップの応力分布を図2に示す。

5. 考察

今回の実験結果によれば、はりは、支点の近傍で、せん断補強筋が降伏した後、ウェブコンクリートが圧壊して破壊することが認められた。せん断補強筋が降伏した後も、耐力力が上昇するためには、

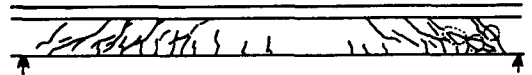


図1 ひびわれ状況 (No.2)

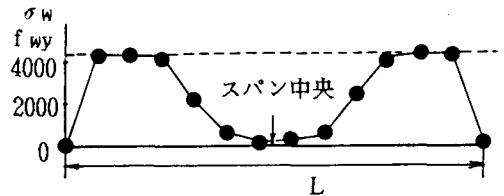


図2 スターラップの応力分布 (最大荷重時)

表1 供試体の諸元

供試体	bw cm	bf cm	d cm	pw %	fy kg/cm ²	rw %	fwy kg/cm ²	L cm	fc' kg/cm ²	S cm
No. 1	10	40	21	5.46	3757	0.487	4262	190	257	13
No. 2	10	40	15	10.32	3952	0.422	4357	200	402	15
No. 3	20	50	15	7.74	3952	0.211	4357	200	402	15
No. 4	10	40	15	10.32	3952	0.317	4357	200	402	20

注) bf : フランジ幅, pw : 主鉄筋比 (=As / (bw d)), fy : 主鉄筋降伏強度

ウェブ部分に作用しているコンクリートの斜め圧縮力が傾斜していくことが必要である³⁾。そこで、せん断補強筋降伏以後に対して、コンクリート圧縮斜材角が低下していくモデルを考えて、この等分布荷重を受けはりの破壊が予測できるか否かについて試算してみた。

圧壊部分を取り囲むようにはりを分割して、その力の釣合を考える(図3)。鉛直方向の力の釣合から、次の2式を得る。

$$\frac{1}{2} q L = q X + T_s \quad (1)$$

$$D \sin \theta = q Z \cot \theta + T_s \quad (2)$$

ただし、 $T_s = A_w f_{wy} \frac{Z}{S} \cot \theta$, $D = \sigma_c' b_w Z \cos \theta$

q : 等分布荷重, L : スパン長, X : フリーボディの上縁の支点からの距離, T_s : スターラップの引張力, D : コンクリートの斜め圧縮力, θ : コンクリートの斜め圧縮力の傾斜角, Z : 応力中心間距離, A_w : 一組のせん断補強筋の断面積, f_{wy} : せん断補強筋の降伏強度, S : せん断補強筋間隔, σ_c' : コンクリートの斜め圧縮応力, b_w : ウェブ幅
両式より, q を消去すると, (3)式を得る。

$$\sigma_c' \sin^2 \theta = \frac{Z \gamma_w f_{wy} \cot \theta}{L/2 - X} + \gamma_w f_{wy} \quad (3)$$

ただし, $\gamma_w = A_w / (b_w S)$

ウェブ圧壊時のコンクリートの圧縮強度をひびわれの発生を考慮してシリンダー強度よりも低く見積もり, $\sigma_c' = 0.7 f_c'$ と仮定したとしても, なお(3)式には, θ と X の2個の未知数が含まれているので, これを解くには, さらにもう一個条件が必要である。

なお, ひびわれ図に見られる圧壊部分, あるいはスターラップのひずみ等を参考として, 圧壊するコンクリート部分の境界とはり圧縮縁との交点の支点上からの距離(X)をスパンの1/3と仮定して, 試算したのが表2の計算値である。Leonhardt のデータも含めて,

ほぼ妥当な値を与えていると言える。なお, この場合, 計算上の破壊時の斜材角 θ_u は16~33度となるが, せん断補強筋比の大きいものほど破壊時の θ_u が大きいという定性的な傾向は評価できている。

〔謝辞〕実験にあたり御協力を得ました清水建設技術研究所・塩屋俊幸氏, ならびに東京大学卒論生(当時)・森本英雄君に謝意を表します。

7. 参考文献

- (1) Leonhardt : Beitrage zur Behandlung der Schubprobleme im Stahlbetonbau, Beton und Stahlbetonbau, 1962
- (2) 井畔, 他 : 等分布荷重下における大型鉄筋コンクリートはりのせん断強度に関する実験的研究, 土木学会論文集, 第348号/V-1, 1984.8
- (3) 石川, 他 : スターラップを有するRCはりのせん断耐荷力のマクロ的推定方法, 第6回コンクリート工学年次講演会論文集, 1984

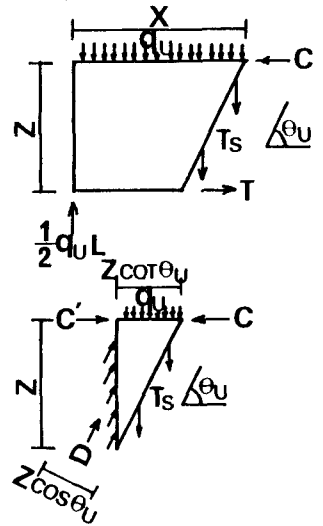


図3 はりに作用する力の釣合

表2 θ_u および q_u

供試体	θ_u (度)	$\gamma_w f_{wy}$ kg/cm ²	q_u 計算値 kg/cm	q_u 実験値 kg/cm	(実験値)
					(計算値)
No.1	29.1	20.8	216	217	1.00
No.2	21.3	18.4	186	156	0.84
No.3	16.1	9.2	250	252	1.01
No.4	18.9	13.8	158	134	0.85
L. 3/1	24.6	12.1	138	117	0.85
L. 4/1	32.8	24.1	98	100	1.02
L. 4/2	31.0	24.1	106	122	1.15

注) L. : Leonhardt のデータ