

東京理科大学 理工学部 正員 田村浩一

正員 森地重暉

1. はじめに

1978年宮城県沖地震において、スパン45mのPCI形けたをうけるRC小判形断面の鉄道橋橋脚躯体の線路直角方向側面に斜方向のひびわれが発生した。これは曲がりひびわれに連したせん断ひびわれと考えられるが、躯体主鉄筋の途中定着端の影響も存在するものと推定される。これらの現象を解明するため、先ず引張側に鉄筋が定着されたはりが正負交差荷重をうけるときの挙動を調査するための基礎的研究として、以下の供試体を作成して実験を行い若干の考察をこころみた。

2. 実験と解析

供試体(図-1(a), (b))に平す全長主鉄筋(No.1)と一部途中定着鉄筋(No.2)の2種類とし、諸材料および平方配合は表-1によった。

表-1 材料と配合

材料	摘要	鉄筋降伏強度(kg/cm ²)	
セメント	小野田早強セメント	D13	D6
細骨材	細粒率 2.64	3700	3252

コンクリート圧縮強度(kg/cm ²)		コンクリート引張強度(kg/cm ²)	
No.1	No.2	No.1	No.2
432	312	29	29

粗骨材の最大寸法	水セメント比	細骨材率	単位水量
20mm	48%	42.5%	191.6 kg/m ³

単位セメント量	単位細骨材量	単位粗骨材量	目標スランプ
399 kg/m ³	747 kg/m ³	1010 kg/m ³	8cm

試験は図-1(c)に平すように中央2点載荷、荷重はジャッキにより3オと5オまで正負繰返し、ついで破壊まで連続載荷する方式とした。荷重の読みはロードセル、供試体のたわみは支点位置側面中央に埋込んだ鉄筋に軽量形鋼棒を軸直角方向の移動を拘束するように固定し、これを基準とした焼青銅板を用いた相対変位計により、また側面のコンクリートひずみおよび引張側鉄筋のひずみはワイヤーストレインゲージにより測定した。はり側面のひびわれ状態を図-2に、たわみの一例を図-3に、また鉄筋ひずみの一例を図-4に示した。測定された応力状態およびひびわれ状態をみると、供試体のせん断耐力はひびわれを境域とする

2) 2) フロップの相対角変位を主とする極限耐力に近似できると考えた。この考えはA. M. Kao等により既に発表されているが、これには鉄筋のほね効果、骨材のすみ合せ効果などが無視されている。

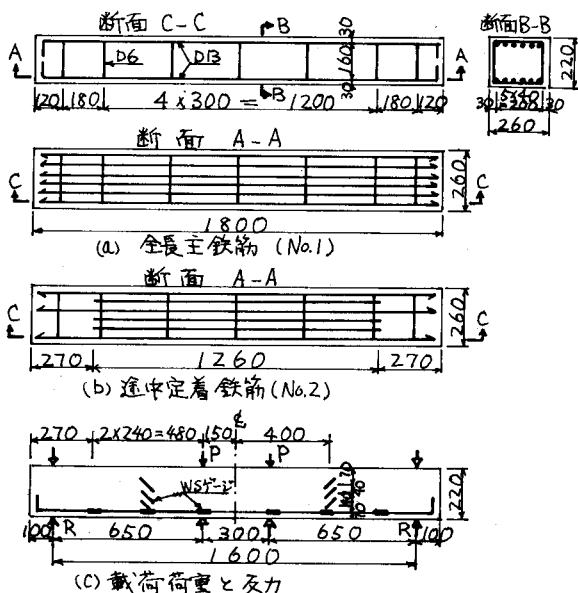


図-1 供試体および載荷状態

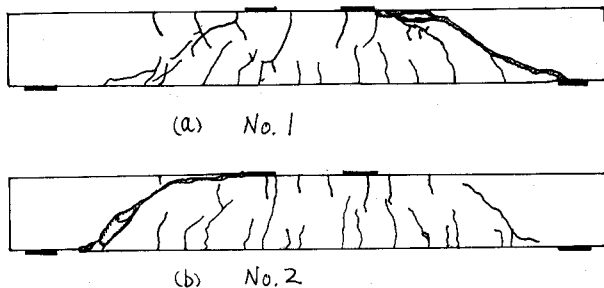


図-2 載荷後のひびわれ状態

ここで図-5のせん断耐力などの状態に対して、(b)のようにモデル化するとき、引張鉄筋とひびわれの交差点Zに働く内外力のモーメントの釣合条件から次式が成立する。

$$S \cdot m + F \cdot f + S_c(d-a) \cot \theta - C(d-e) = 0$$

ここで、 $S_c = \mu \cdot C$ 、 $C = T = A_s \cdot \sigma_y$ と仮定すると

$$S = \frac{1}{m} [A_s \cdot \sigma_y \{d-e - \mu(d-a) \cot \theta\} - F \cdot f] \quad (1)$$

ここに、 F : ひびわれ区間にあるスラップの引張力の合力、 a : コンクリートの圧縮応力の作用高(き $A_s \cdot \sigma_y / 0.85 \sigma_{ck} \cdot b$)、 A_s : ひびわれの支点側にある引張鉄筋量、 b : はりの圧縮側の幅

No.2は鉄筋定着端を通る $\theta \approx 38^\circ$ の斜ひびわれが発生して破壊した。そこで、 $A_s \sigma_y = 38 \times 3700 = 14060 \text{ kg}$ 、 $a = 14060 / 0.85 \times 312 \times 26 = 204 \text{ cm}$ 、 $\mu = 0.53$ などを用いて(1)式を計算すると

$$S = [14060 \{19 - \frac{204}{2} - 0.53(19 - 204) \cot 38^\circ\} - 0.633 \times 3252 \times 3.7] / 17 = 4906 \text{ kg}$$

なお、ACI規準(318-71)の(11.4)の式にスラップの耐力も加えたせん断耐力: $S = 0.85 b d$ では No.1およびNo.2でそれぞれ5841 kg、および5177 kg、載荷点の曲げ破壊モーメントに対応するNo.2の反力は7778 kgであり、No.2では(1)式のせん断耐力が計算上最小である。

No.1の支点付近を通るひびわれについては、 $\theta = 29^\circ$ 、 $\mu = 0.51$ として(1)式により S を求めると5904 kg が得られる。

また、図-6、表-2のM. J. Baron³⁾の途中定着鉄筋の供試体に関し、No.1と等しい θ 、 μ を用い、材料強度は表-2より(1)式を計算すると表-3が得られる。実測値と計算値の比較から、概略的に引張側に定着端をもつはりの最終的なせん断ひびわれが予想できる場合には、せん断耐力に(1)式を適用する可能性がうかがえる。

3. むかひ 以上の考察は予備実験など比較例によったもので、正負荷重の同程度の繰返し、定着鉄筋の位置および数量、ひびわれ、変形量、 μ の推定など解明すべき要素が多く、更に実験を進める予定である。卒研の一部として実験を担当した構造研究室の卒研生、鉄筋の入手に御配慮戴いた電力中研 青柳室長なすばに前田建設 技研 出頭氏に感謝致します。

1) 宮崎修輔 鉄道の被害と復旧 橋梁と基礎 78-12

2) A.M. Kao & R. Untchauer: Shear Strength of Reinforced Beams with Bars Terminated in Tension Zones, ACI Jour. Dec. 1975.

3) M.J. Baron; Shear Strength of Reinforced Concrete Beams at Points of Bar Cutoff, ACI Jour. Jan. 1966

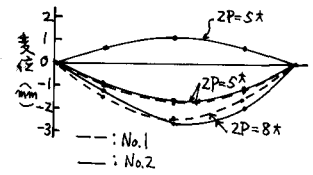


図-3 荷重とたわみ

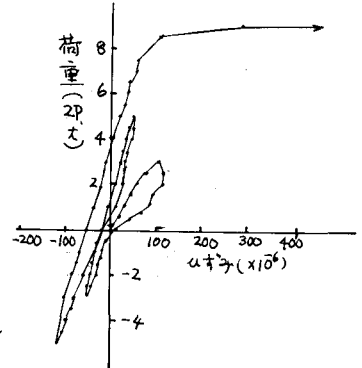


図-4 No.2 鉄筋(支点側)ひびき

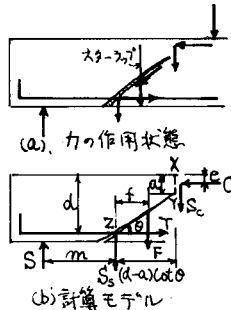


図-5 計算上の仮定

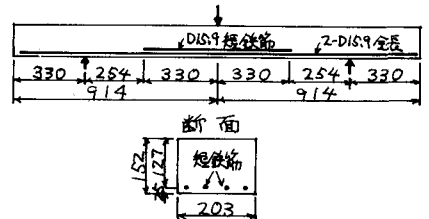


図-6 Baronの供試体

表-2 Baronの供試体

No.	鉄筋	鉄筋比*	鉄筋断面積*	s/ϕ	最大荷重
B2	2-DIS9 全長 1-DIS9 途中定着	0.0232	6.00 cm ²	3.11 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	7076 kg
B4	2-DIS9 全長 2-DIS9 途中定着	0.0310	8.00	2.75	6169

注: $\sigma_{yk} = 4373 \text{ kg/cm}^2$, *: 中央断面の値

表-3 計算値と実測値比較

供試体No.	計算値(2P)	実測荷重	計算値/実測値
No.2	9812 kgf	10,100 kgf	0.97
B2	6426	7,076	0.91
B4	6539	6,169	1.06

注: No.1の実測最大荷重: 12 t