

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、鋼桁を支える江合川鉄道橋の無筋コンクリート小判形橋脚が水平打継目部分において擦軸方向に約30 cmの水平ずれを生じた。この種のせん断ずれ被害は無筋コンクリート、煉瓦等の旧式構造物では珍しいものではなく、これらの構造物の耐震性判定のためには、打継目等におけるせん断応力と変形の関係を明らかにすることは重要な課題である。本論文はこれらの基礎的資料を得るために着手した一面せん断試験において、対角線方向の変位量測定値からせん断面のひびわれに平行および垂直方向の変位量を求める計算式の誘導をこころみ、結果の一例について述べたものである。

2. 実験

せん断試験用供試体は図-1に示す断面寸法20×18 cm、長さ60 cmの角柱型で、X-Yの断面寸法20×18 cmの部分が水平打継目にあたり、その両端の直角方向隙間は約1 cmとした。

供試体コンクリートの材料および配合は表-1を標準とした。

表-1 材料、配合

セメント	粗骨材	細骨材
秩父普通ポルトランド	砕石、比重2.65	川砂、比重2.59、F.M.2.56

粗骨材 最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/a (%)	単位量				
					W(kg)	C(kg)	S(kg)	G(kg)	AE割
15	10	7	55	47	187	344	772	891	13.8

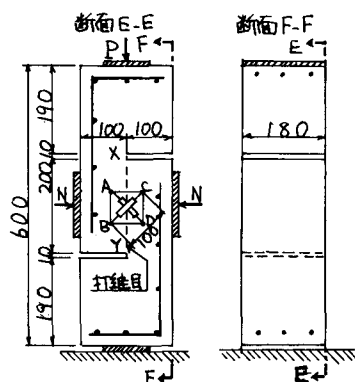


図-1. せん断試験供試体

供試体は、打継目無処理、打継目処理、ブロック継目、継目なし等とし、せん断面に垂直方向の圧縮応力を与えるために、せん断面に平行な供試体両側面に支圧板を置き、それにボルトを介して供試体の両側に約5 cm離れて配置した中20 mm鋼棒を固定した。図-1の供試体上部に下向きの変位を島津サーボバルサ(UHF30)により、頂部変位量約1 mmごとに荷重を0にもどしながら、連続して変位制御により載荷した。

測定は荷重および対角線方向のひびわれ、またひびだれ変位量とし、緑測器製振動形変位計(LP-20F)により、図-1の10 cmの基準長の変位を連続的に測定した。

3. せん断変位およびひびわれ幅の計算

せん断面をまたぐ図-1, 2の正方形ABCDが、ひびわれ(X-Y面)が発生しせん断変形が生じた後に、平行四辺形AB'C'D'に移行すると仮定するとき、△ABC'および△ABD'において次式が成立する。

$$\frac{a}{\sin(\frac{\pi}{4} + \alpha - \delta)} = \frac{l}{\sin(\frac{\pi}{2} - \alpha)} = \frac{AC'}{\sin(\frac{\pi}{4} + \delta)} \quad \dots \dots (1)$$

$$\frac{a}{\sin(\frac{\pi}{4} - \alpha + \beta)} = \frac{m}{\sin(\frac{\pi}{2} + \alpha)} = \frac{BD'}{\sin(\frac{\pi}{4} - \beta)} \quad \dots \dots (2)$$

(1), (2)式の $AC' = BD'$ より

$$m/l = (\cos \delta + \sin \delta) / (\cos \beta - \sin \beta) \quad \dots \dots (3)$$

$\cos^2 \delta + \sin^2 \delta = 1$ と(3)式から

$$\cos \delta = \frac{1}{2} \left[\frac{m}{l} (\cos \beta - \sin \beta) + \sqrt{2 - \left(\frac{m}{l} \right)^2 (\cos \beta - \sin \beta)^2} \right]$$

$$\sin \delta = \frac{1}{2} \left[\frac{m}{l} (\cos \beta - \sin \beta) - \sqrt{2 - \left(\frac{m}{l} \right)^2 (\cos \beta - \sin \beta)^2} \right]$$

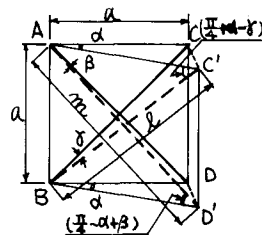


図-2 測り点

$$\therefore \cos \delta - \sin \delta = \sqrt{2 - \left(\frac{m}{l}\right)^2 (\cos \beta - \sin \beta)^2} \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$(1) \text{式より, } \frac{\sqrt{2}a}{l} \cos \delta = (\cos \delta + \sin \delta) \sin \alpha + (\cos \delta - \sin \delta) \cos \alpha \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$(5), (3), (4) \text{式より, } \sqrt{2 - \left(\frac{m}{l}\right)^2 (\cos \beta - \sin \beta)^2} + \frac{m}{l} (\cos \beta - \sin \beta) \tan \alpha - \frac{\sqrt{2}a}{l} = 0 \quad \dots \dots \dots (6)$$

$$(2) \text{式より, } \sin \beta = \frac{(\sin \delta - \cos \delta) \cos \beta}{\cos \delta + \sin \delta} + \frac{\sqrt{2}a \cos \delta}{m (\cos \delta + \sin \delta)} \quad \dots \dots \dots (7)$$

$$\cos \beta + \sin \beta = 1 \text{ (7)式より, } \cos \beta = \frac{1}{2} \left[\frac{\sqrt{2}a}{m} \cos \delta (\cos \delta - \sin \delta) + \sqrt{2 \left(\frac{a^2}{m^2} \cos^2 \delta (\sin \delta - \cos \delta)^2 - 4 \left(\frac{a^2}{m^2} \cos^2 \delta + 2 (\cos \delta + \sin \delta) \right)} \right] \dots \dots (8)$$

$$(7), (8) \text{式より, } \cos \beta - \sin \beta = \sqrt{2 \left\{ 1 - \left(\frac{a}{m} \right)^2 - \frac{a}{m} \tan \alpha \right\} / (1 + \tan^2 \alpha)} \quad \dots \dots \dots (9)$$

(6), (9)式を満足する α をトウイアルにより求め、次式からせん断変位 δ 、ひびわれ幅 w を求めることを得る。

$$\delta = \overline{BD'} \sin \alpha = \left\{ \sqrt{1 - \left(\frac{a}{m} \right)^2 - \frac{a}{m} \tan \alpha} \right\} m \tan \alpha / (1 + \tan^2 \alpha) \quad \dots \dots (10)$$

$$w = \overline{BD'} \cos \alpha - a = \left\{ \sqrt{1 - \left(\frac{a}{m} \right)^2 - \frac{a}{m} \tan \alpha} \right\} m / (1 + \tan^2 \alpha) - a \quad \dots \dots \dots (11)$$

変形量が微小の場合で、 $\cos \alpha = \cos \beta = \cos \delta = 1$, $\sin \alpha = \alpha$, $\sin \beta = \beta$, $\sin \delta = \delta$ と仮定できる場合、 δ および w の近似式はつきにより導かれる。

$$(1), (2) \text{式の } \overline{AC'} = \overline{BD'} \text{より, } \delta = \frac{m}{l} (1 - \beta) - 1 \quad \dots \dots (12)$$

$$(2) \text{式より } \beta = (\sqrt{2} \frac{a}{m} + \alpha - 1) / (1 + \alpha) \quad \dots \dots (13)$$

$$(12), (13) \text{式より } \delta = (2 \frac{m}{l} - \frac{\sqrt{2}a}{l} - 1 - \alpha) / (1 + \alpha) \quad \dots \dots (14)$$

$$(1) \text{式より, } \frac{\sqrt{2}a}{l} = 1 + \alpha \delta + \alpha - \delta \quad \dots \dots (15)$$

$$(14), (15) \text{式より, } \alpha = (m - l) / (l + m - \sqrt{2}a) \quad \dots \dots (16)$$

$$(2), (13) \text{式より, } \overline{BD'} = (l + m - \sqrt{2}a) / \sqrt{2} \quad \dots \dots (17)$$

$$\therefore \delta = \overline{BD'} \sin \alpha \doteq (m - l) / \sqrt{2} \quad \dots \dots (18)$$

$$w = \overline{BD'} \cos \alpha - a \doteq (m + l - 2\sqrt{2}a) / \sqrt{2} \quad \dots \dots (19)$$

δ および w を対角線方向の長さの変化量の絶対値 Δm , Δl であらわすと

$$\delta = (\Delta m + \Delta l) / \sqrt{2} \quad \dots \dots (18')$$

$$w = (\Delta m - \Delta l) / \sqrt{2} \quad \dots \dots (19')$$

4. 測定結果の一例

打継目無処理供試体の平均せん断応力 τ とせん断変位 δ 、ひびわれ幅 w の関係および摩擦係数 μ ($\mu = \tau / \sigma$, σ : 圧縮応力)と δ との関係を図-3(a), (b), (c)に示す。これらより応力と変形の関係等が推察できる。

5. まとめ

以上の実験はその緒についた段階にあり、更にパラメーターを変えた場合、変位を正負2方向に繰返す場合等につき実験の予定である。最後に実験を直接担当した構造研究室卒業学生に感謝の意を表する。

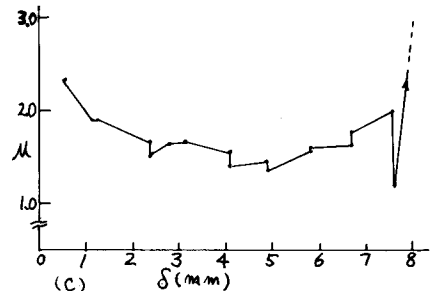
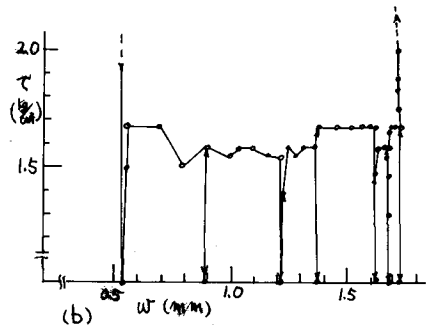
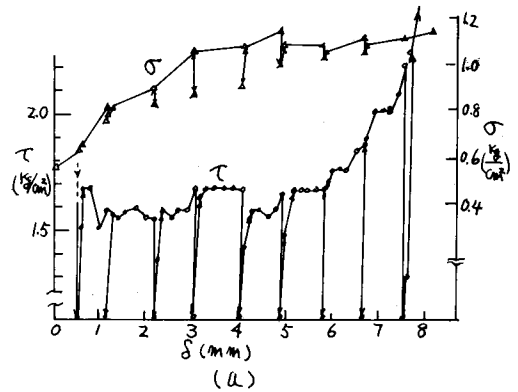


図-3 測定結果の一例

- 1) 魚本, 峰松: コンクリートのせん断試験方法に関する基礎的研究, コンクリート工学 Vol.19, No.4, 1981
- 2) Y.D. Hamadi, P.E. Regan: Behaviour in shear of beams with flexural cracks, Magazine of Concrete Research, Vol.32, No.111, June 1980