

電力中央研究所 正員 当麻純一
早稲田大学理工研 学生員 小泉 淳
早稲田大学理工学部 正員 村上博智

1. まえがき ボルト継手を有するセグメントリングの耐荷機構を明らかにするには、継手の挙動を正しく評価することが必要である。本研究は曲がりボルトを用いたコンクリート模型セグメントの継手試験結果から継手の挙動を明らかにすることを試みたものである。

2. 試験方法 図1に示す平板型鉄筋セグメント模型を曲がりボルトで接合し、図2に示す載荷方法で曲げを加え破壊に至るまで試験を行った。測定項目は、ボルトのひずみ、継手の回転角等である。

3. 解析

(1) ボルトの断面力 初め曲荷重によってコンクリートに生じたプレストレスが順次解放されることを考慮して、ボルトの断面力の評価を下表に示す4段階に分けて行った。

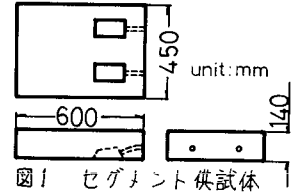


図1 セグメント供試体

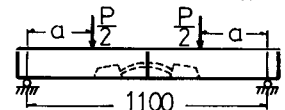


図2 載荷方法

	ひずみ分布 初期ひずみ	付加応力 の釣合い	応力分布と 力の釣合い	条件式と結果
初め 締付時			concrete (E_c, A_c, I_c) bolt (E_b, A_b, I_b)	$T = T_0 = E_b \cdot A_b \cdot \epsilon_{b0}$, ϵ_{b0} : ボルトの軸ひずみ $\epsilon'_0 = \frac{2T_0}{E_c A_c} + \frac{2T_0 \cdot e}{E_c I_c} \cdot \frac{h}{2}$ $\epsilon_{c0} = \frac{2T_0}{E_c A_c} + \frac{2T_0 \cdot e}{E_c I_c} \cdot e$
継手 面下 縁 離間時				$\epsilon'_0 = \epsilon'_1$, $\Delta l_{c1} \approx \Delta l_{b1}$ $T_1 = \frac{R^3}{E_b I_b} \cdot A + \frac{R}{E_b A_b} \cdot B$ ここに、 $\begin{cases} A = \frac{a}{2} + \frac{\sin 2a}{4} - \frac{\sin^2 a}{a} \\ B = \frac{a}{2} + \frac{\sin 2a}{a} \end{cases}$ $2a$: ボルトの中心角 R : ボルトの曲率半径 $\therefore M = 2(T_0 + T_1)(d - \frac{h}{3})$
継手 面ボルト 位置 離間時				$\epsilon_{c2} = \epsilon_{c0}$ $T_2 = \frac{b x^2}{2(d-x)} \left(\frac{T_0}{A_c} + \frac{T_0 \cdot e^2}{I_c} \right)$ ここに、 $x = \frac{2n A_b}{b} \left(\sqrt{1 + \frac{b d}{n A_b}} - 1 \right)$ $\therefore M = \frac{4}{3} (T_0 + T_2) d$
継手 面ボルト 位置 離間後				$\epsilon_{3y} = \epsilon_{0y}$ $T_3 = \frac{b x^2}{2(y-x)} \left\{ \frac{T_0}{A_c} + \frac{T_0 e^2}{I_c} \left(\frac{h}{2} - y \right) \right\}$ $\therefore M = 2(T_0 + T_3)(d - \frac{y}{3})$ ただし、 $y = \frac{2x(T - T_0) + b x^2 \left(\frac{T_0}{A_c} - \frac{T_0 e}{I_c} \cdot \frac{h}{2} \right)}{2(T - T_0) - \frac{b x^2}{I_c} T_0 e}$

なお、各段階におけるボルトの任意断面の断面力は図3を参照して、

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{軸力 } N_b = (T_o + T_i) \cdot \cos \phi \\ \text{曲げモーメント } M_b = (T_o + T_i) r (\cos \phi - \frac{\sin \alpha}{a}), \quad i=1, 2, 3 \end{array} \right.$$

(2) 継手の回転角 継手部の回転角は、ボルト自身の変形によるものが主とされる。そこで解析はボルトの変形に着目して行った。継手に作用するモーメント M によってボルトは図3のように変形し、それに伴って継手は図4のように回転すると考えられる。回転中のボルトの位置関係を近似的に図5のように表わすことにより、回転角 θ は、

$$\theta = 2(\alpha - \beta) = 2 \left\{ \alpha - \sin^{-1} \frac{r(1 - \cos \alpha) - \delta_v}{l} \right\}$$

となる。ここに、 δ_v は次式で示される。

$$\delta_v = \frac{T_i r^3}{E_b I_b} \left(\frac{\sin \alpha}{a} - \frac{\sin^2 \alpha}{2} - \frac{\sin 2\alpha}{2a} \right) - \frac{T_i r}{2 E_b A_b} \cdot \sin^2 \alpha, \quad i=1, 2, 3$$

4. 結果および考察

(1) ボルトの断面力 加えたモーメント M とボルトに生じた軸力 N_b および曲げモーメント M_b との関係の一例をそれぞれ図6、図7に示す。図中点線は実験値をまた実線は解析値を示す。初めの段階での断面力の増加の割合が小さいのは、締付けによってコンクリートに生じたプレストレスの解放を伴っているためである。継手のモデル化はほぼ妥当であることが分かる。

(2) 継手の回転角 加えたモーメント M と継手の回転角 θ との関係を図8に示す。本解析法によって実験値の傾向を良く説明できることが分かる。この結果、継手の回転はね定数 ($R = M/\theta$) を実験によらずに推定することが可能となる。

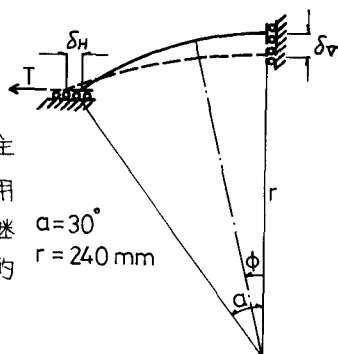


図3 ボルトの変形

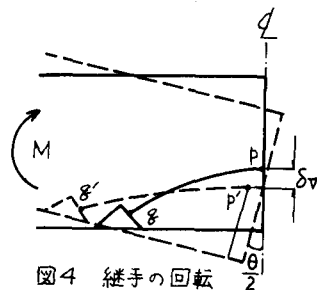


図4 継手の回転

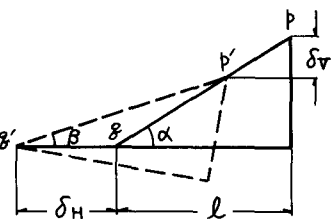


図5 ボルトの相対移動

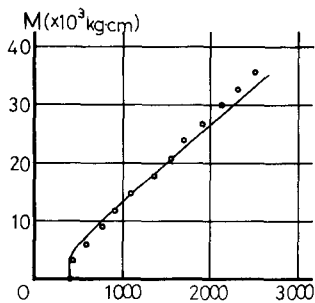


図6 ボルトの軸力 ($\phi=0$)

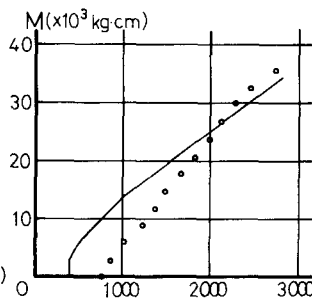


図7 ボルトの曲げモーメント ($\phi=0$)

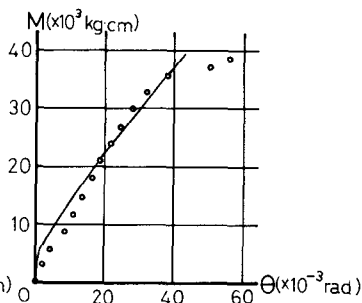


図8 継手の回転角

5. あとがき 実用的な荷重段階で正の曲がりを受ける曲がりボルト結合型の継手の挙動を明らかにすることができた。曲がりボルトを用いる場合、継手は回転しやすくなるので設計に当たっては慎重な配慮が必要である。なお、負の曲がりを受ける場合や軸圧縮を伴う場合などについての検討が今後の課題であると考えられる。

<参考文献>

- (1) 大塚, 小泉, 村上 "セグメント継手の挙動について" 土木学会第32回年次学術講演会Ⅲ-230, 1977
- (2) 村上, 小泉, 岡村, 大塚 "セグメント継手の合理的な設計法に関する研究(I)" 早稲田大学理工学研究所報告 No. 82, 1978