

大阪大学工学部 正員 赤 尾 親 助

スタッドは、溶接が容易且つ迅速なる特徴から、合成桁のジベルに用いることが普及化しようとする傾向にある。スタッドジベル使用の実物桁破壊試験を今回実施したことに関連して、2.3 考察したところを述べる。

1. スタッドジベルの長さについて。

スタッドジベルを弾性体中に埋めこまれた棒として、曲げ理論で取り扱つてみる。甚だ近似的な取扱いではあるが傾向を察することは出来る。弾性的に支持される棒の式は

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} = -ky, \quad 4 \sqrt{k/4EI} = \beta \text{ とおけば、解は衆知の如く、}$$

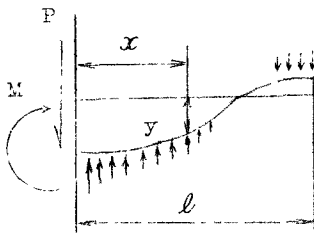


図 - 1

$$y = e^{\beta x} (A \cos \beta x + B \sin \beta x) + e^{-\beta x} (C \cos \beta x + D \sin \beta x)$$

未知常数をさめる境界条件は

$$x=0 \text{ で } EI y''' = P, \quad y' = 0$$

$$x=l \text{ で } y'' = \gamma y', \quad y''' = 0$$

ここに、 γ はスタッド先端部の廻転に対する拘束の程度をあらわす。以上を用いれば、

$$A = \frac{P}{16\beta^3 EI} \cdot \frac{(\beta + \gamma)(1 + e^{-2\beta l}) - 2(\beta \cos \beta l - \gamma \sin \beta l)(\sin \beta l - \cos \beta l)}{(\beta + \gamma) \sinh \beta l \cdot \cosh \beta l + (\beta \cos \beta l - \gamma \sin \beta l) \sin \beta l}$$

$$B = \frac{P}{16\beta^3 EI} \cdot \frac{(\beta + \gamma)(1 - e^{-2\beta l}) - 2 \sin \beta l (\beta - \gamma \tan \beta l)(\sin \beta l - \cos \beta l)}{A \text{ に同じ}}$$

$$C = \frac{P}{16\beta^3 EI} \cdot \frac{(\beta + \gamma)(e^{2\beta l} + 1) + 2(\beta \cos \beta l - \gamma \sin \beta l)(\sin \beta l + \cos \beta l)}{A \text{ に同じ}}$$

$$D = \frac{P}{16\beta^3 EI} \cdot \frac{(\beta + \gamma)(e^{2\beta l} - 1) + 2 \sin \beta l (\beta - \gamma \tan \beta l)(\sin \beta l + \cos \beta l)}{A \text{ に同じ}}$$

これより、 $y_{x=0} = A + C$, $M = 2EI\beta^2(D - B)$, $Ky_{x=0} = 4EI\beta^4(A + C)$.

押貫き試験結果よりみて、スタッドジベルの場合 $e^{2\beta l}$ は他項に比し十分大きいから、

$\gamma = 0$, $\gamma = \infty$ の両極端に対して何れも略 $y_{x=0} = \frac{1}{4} P / 4 E I \beta^3$ であつて、試験の結果より低荷重部の P と $y_{x=0}$ の関係を用いて β を逆算すれば、約 $0.36 \text{ (cm}^{-1}\text{)}$ となつた。この値を用い ℓ を変えて計算すると表一のようになる。 $\ell = 7.5 \text{ cm}$ 以上では長さを増しても、ズレ、固定端モーメント、固定端の支圧何れも殆んど変りはない。又頭部（先端部）の廻転を拘束するための影響も殆んどない。然し ℓ が短くなれば、 $\ell = 7.5 \text{ cm}$ 辺りを境に大きくなる。また

$\ell \text{ cm}$	γ	$y_{x=0} (\times \frac{P}{EI})$	$M (\times P)$	$k y_{x=0} (\times P)$
5.0	0	6.459	2.156	0.434
	∞	6.348	1.628	0.427
7.5	0	5.462	1.383	0.367
	∞	5.524	1.391	0.371
10.0	0	5.363	1.387	0.360
	∞	5.373	1.386	0.361
12.5	0	5.362	1.386	0.360
	∞	5.360	1.386	0.360
15.0	0	5.359	1.389	0.360
	∞	5.359	1.389	0.360

表 一 1

ズレはスタッドの曲げ剛性が少々減じても余り影響されないから

$y \propto P / (EI)^{\frac{1}{4}}$ スタッドの一部が降伏するに至つても、荷重対ズレの線の傾斜は、始めの傾きより極めて緩漫に減少していくことになる。

スタッドの長さを 7.5 cm 以下にすることは明らかに不利であつて、また所謂有効荷重 (Useful capacity) 附近

では、スタッドの固定端は、殆んど、

塑性域にあるのではないかと考えられる。押貫試験の結果よりみると、 ℓ が 7.5 cm の場合では、 10 cm に比べて有効荷重はかなり下まわつた。スタッドが短い場合、スタッド廻り、特に固定端附近のコンクリートの品質、強度が、耐荷力に大きく影響するようには思はれる。

2. 押貫試験と実物桁におけるジベルの荷重対ズレの関係について。

スタッドジベルの適用荷重は、押貫き試験に基いて定められている訳であるが、実際の桁の場合とどの程度差違があるかについて、桁試験の結果と比較してみたのが図一2である。S-1, ... S-5 は支間 10 m の合成桁の中央に2点荷重した場合のジベルの荷重対ズレ線で、同様のスタッドで押貫試験を行なつた場合の結果と比べて実際の桁の場合がズレは多少小さいが、略一致し、押貫試験でズレを求めることは、少くとも安全側にあつて先づ妥当なものと思はれる。

3. 床板と鋼桁のズレの影響

スタッドジベルは、剛ジベルに比し、特にズレが大きいことはないが、用い方によつては大となり、又その性質を積極的に用いる方法も考えられる。この場合の断面の応力に及ぼす影響は、弾性合成理論に基いて評価出来る。鋼桁とコンクリート床板の接触面に働らく、長さの方向単位長当りのせん断力 T と、接触面のズレ δ との間に、 $T = k \delta$, が成立するものとすれば、

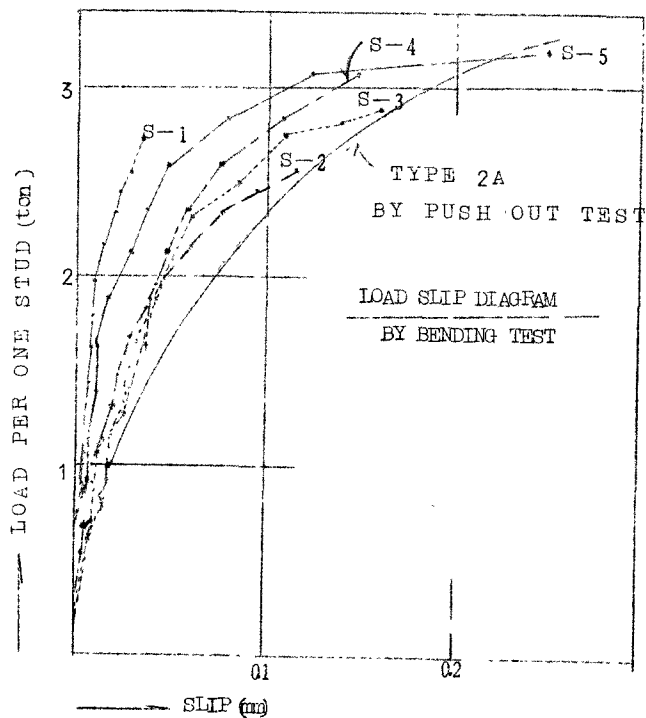


図 - 2

図-3を参照して、次式が得られる。

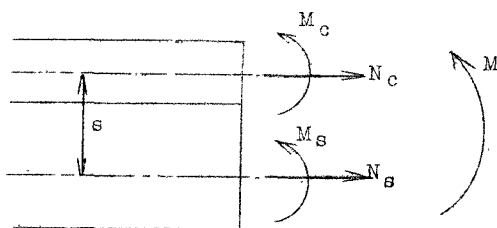


図 - 3

$$\frac{d^2 N_s}{dx^2} - k \left(\frac{A_v}{E_c A_c A_s} + \frac{s^2}{E_s I_s + E_c I_c} \right) N_s = \frac{k s M}{E_s I_s + E_c I_c}$$

$$M = \sum M_i \sin \frac{i\pi x}{\ell} \text{ と展開したとき、}$$

$$N_s = \sum N_{si} \sin \frac{i\pi x}{\ell} \text{ とすれば}$$

$$N_{si} = \frac{I_v(i) - I_s - \frac{I_c}{n}}{I_v(i)} \cdot \frac{M_i}{s}$$

$$I_{v(i)} = I_s + \frac{I_c}{n} + \frac{A_s A_c S^2}{n A_v} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{k} \cdot \frac{i \pi^2 E_s I_s}{\ell^2} \cdot \frac{A_c A_c}{n A_v I_s}}$$

$$n = E_s / E_c \quad A_v = A_s + \frac{1}{n} A_c$$

$$\text{また、} \quad M_s = \sum M_i \frac{I_s}{I_{v(i)}} \sin \frac{i \pi x}{\ell} \quad M_c = \sum M_i \frac{I_c}{I_{v(i)}} \sin \frac{i \pi x}{\ell}$$

$$T_s = \sum N_{si} \frac{i \pi}{\ell} \cos \frac{i \pi x}{\ell} .$$

$I_{v(i)}$ は、 $M = M_i \sin \frac{i \pi x}{\ell}$ なる場合の合成断面 2 次モーメントをあらわす。支間 2.7 m の合成桁にスタッドジベルを用いた場合について、鋼桁下縁の応力度の増加を求めた結果は、略 5～6 % の増加に止まつた。

この程度であれば、実測対計算応力比の既往の例よりみて、ズレの影響を考慮する必要は、あまりないと考えられる。