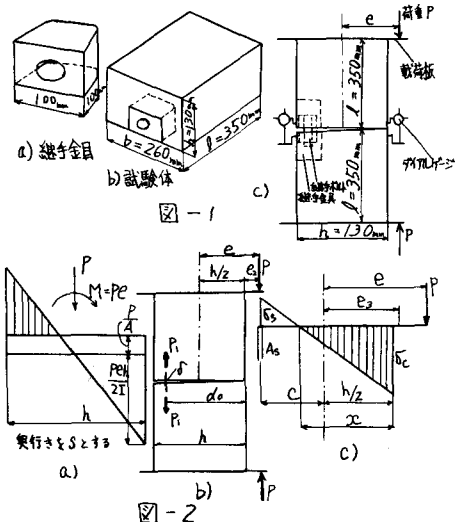


東京都立大学工学部 正員 山本 稔
明星大学理工学部 正員 孤島 法夫

1. まえがき セグメントリングの組立てにボルト継手を利用する場合には、隣接セグメントを千鳥組みとし、その添接効果によってリングの剛性を補い、自立を図っている。この場合には、セグメント継手を通じて伝達される曲げモーメントは、一部、隣接セグメントで分担される。セグメントの設計に当っては、その分だけ設計曲げモーメントを割増すことになるが、その分担割合は軸力の大きさによって異なるものと考えられる。この点を考慮して、セグメント継手による断面力の伝達状況を検討してみようと思う。

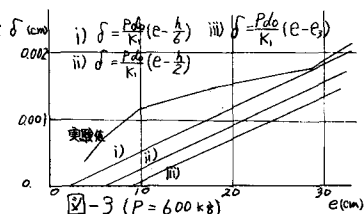
2. 突合せ継手の応力伝達 継手部の応力伝達を実験的に調べる為に、突合せ継手部を表わす試験体に偏心圧縮荷重をかける(図-1)。セグメントが剛体で、継手が弾性変形すると仮定すれば、継手の開口量 δ と、これを発生させる有効なモーメント M_1 の間には、 $M_1 = K_1 \frac{\delta}{\alpha_0}$ の関係が成り立つ。ここに K_1 は変形係数である。図-1-C)のように荷重がかかった時、 δ は実験により求められるが、 M_1 については3通りに考えられる。i) 継手断面の校外に荷重がかかった時、始めて目地は開くと考え(図-2-a)。ii) 荷重の作用線が継手断面の圧縮縁より外にある時、始めて目地が開く(図-2-b)。iii) 継手ボルトを引張鉄筋とみなして、鉄筋コンクリートの断面に偏心圧縮荷重が作用する時と同じ考え方(図-2-c)。i) では $M_1 = P(e - \frac{h}{6})$ 。ii) では、 $M_1 = P(e - \frac{h}{2})$ 。iii) では $\sigma_s = 0$ であるような偏心距離 e_3 とすると、 $M_1 = P(e - e_3)$ 。



$e \rightarrow \infty$ の場合、外力のモーメントがそのまま M_1 となるから、実験によって K_1 が定まる。図-3には、この K_1 を用いた3種類の計算と実験値との関係が示されているが、1)が実験値に近い。

3. モーメント割増率 モーメント割増率を調べる為に、図-4のような2つボルトと4つボルトの場合の試験体に e の大きい偏心荷重をかけ、添接板を取り付けない場合と比較する。添接板のない場合は、 $M_1 = K_1 \frac{\delta}{\alpha_0}$ であるが、添接板が付く時はこのモーメントは2つに分かれ、 $M_1 = M_b + M_s$ 、ここに M_b はセグメント継手、 M_s は添接板を、それぞれ通じて伝達されるモーメントである。 M_b は M_1 と同じ関係にあるから、これを $M_b = K_1 \frac{\delta}{\alpha_0}$ とかけば、 $M_b = K_s \frac{\delta}{\alpha_0}$ とすることが出来る。かくしてモーメントの割増率は $\frac{M_b}{M_1} = \frac{K_s}{K_1 + K_s}$ ① である。

セグメントと添接板をモデル化して、モーメント割増率を考察してみると、セグメント継手では、2に示した3種類、添接板では次の2種類が考えられる。(1) 添接板はヒンジ支点を持つ弾性体であ



り、セグメントの目地が開くと添接板は伸びる（図-5-a）。

(2) 添接板は剛体であり、ボルトのみがずれを伴う弾性変形をする（図-5-b）。この2グループの組合せにより、6通りについての考察を行なうが、計算の簡略化のため、セグメントは剛体とし、かつ偏心量が大きい場合を考え、軸力の大きさを無視する。

(1)、添接板を弾性体と仮定する場合

イ) 2つボルトで締付けられる場合 図-5-aの本体の図で、セグメント継ぎボルトには $P_i = k \delta$ — ① が作用し、継ぎの受けるモーメントは、 $M_b = P_i d_0$ である。一方、添接板はリンギ継ぎボルト位置で引張力を受け、 $M_s = N_i d_i$ となり、 $M_i = P_i d_0 + N_i d_i$ 、又、添接板の N_i の作用線上で、 $\frac{d_i \delta}{h} = \frac{N_i l}{E A_s}$ (A_s は添接板の断面積、 E は弾性係数) であり、これらの式から、モーメント割増率は、

$$\frac{M_s}{M_i} = \frac{E A_s d_i^2}{E A_s d_i^2 + l h d_0 k} \text{ — ② となる。}$$

ロ) 4つボルトで締付けられる場合 添接板はボルト位置で、

図-6のような力を受け、釣合っているとする。C点のモーメントが極大であるように、 α, β を決めれば、モーメント割増率は結局、次のようになる。

$$\frac{M_b}{M_i} = \frac{d_i A_s E \{ 2 d_i \sin \alpha + (l_1 - l_2) \cos \alpha \}}{2 h d_0 k l \sin \alpha + d_i A_s E \{ 2 d_i \sin \alpha + (l_1 - l_2) \cos \alpha \}} \text{ — ③}$$

(2)、添接板は剛体とし、ボルトのみが弾性変形すると仮定する場合

イ) 2つボルトで締付けられる場合 添接板を、両端がバネで支えられている剛体棒と仮定すると、(1)、イ)と同様にして、 $\frac{M_b}{M_i} = \frac{d_i^2 k_2}{2 k_1 d_0^2 + k_2 d_i^2}$ — ④。

ここで、添接板を取り付けた時と、取り付けない時の目地の開きの差を δ_a とすると、添接板の1つのバネの受ける力 P_2 は、 $P_2 = \frac{k_2 d_i \delta}{2 d_0} = \frac{d_0 k_2 \delta_a}{d_i}$ から、 $k_2 = \frac{2 d_0^2 \delta_a k_1}{d_i^2 \delta}$ — ⑤。

ロ) 4つボルトで締付けられる場合、(2)、イ)の k_2 の代りに $2 k_2$ と置き、④式に入れると、

$$\frac{M_b}{M_i} = \frac{d_i^2 k_2}{k_1 d_0^2 + k_2 d_i^2} \text{ — ⑥。又は、添接板の1組のバネ2つをまとめて、1つのバネ定数 } k_2 \text{ で表わせれば、④式を用いる事ができる。}$$

ところで、①、②式の $k (=k_1)$ を求めるのに、2に示した3通りの考え方をを用いる。i) では、図-2-a) より、 $P_i = \frac{P e_i h S (1/2 - I/Ae)}{4 I} = k \delta$ 、ii) では、図-2-b) より、 $P_i = \frac{e_i P}{d_0} = k \delta$ 、iii) では、図-2-c) より、 $P_i = A_s \sigma_s = k \delta$ である。これらを用いてモーメント割増率を求めれば、図-7のようになる。ここでは、添接板のリンギ継ぎボルト間距離を変化させてある。

4. まとめ 以上の結果より、添接板に関する(2)の仮定の方が

(1)の場合より、よい近似を示す。(1)の仮定では、ボルトの“ガタ”による誤差が大きいと思われるが、実験値との比は3通りで各々大体一定である。これらより、モーメント割増率の定量的検討に対する目安が得られると思うが、実験データの不足もあり、更に検討を加えなければならぬ。

