

複合作用を受けるボルトの扱い

2010. 4. 23

S. T.

1. まえがき

ボルトは主として構造物の連結に使用されるがそこに求められる機能はせん断抵抗力（摩擦抵抗力）であったり軸力の負担であり、時としてその両方の機能を求められる。これらボルトの設計上の取り扱いのルールは適用基準書に定められるところはあるが、これが明解でなかったりすることから設計法に不統一が見られるので、ボルトの性状を理解したうえで正しく計画されるよう想うところを述べる。

2. 外力による軸力変化

締め込んだボルトに外から更なる力を加えたら、どのように変化するかを明確にするため、ゴムと鉄を用いた継手モデルを思い描いてみる。

(1) ゴム板と鋼ボルト

図-1 のように、ゴム板の束ねに鋼ボルトを用い 10 kN を導入した物を想定する。このボルトを外から 10 kN の力で引張ると、締め付け部には導入軸力と外力の和である 20 kN 弱の軸力が生じる。

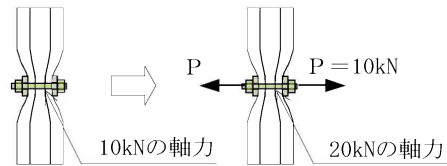
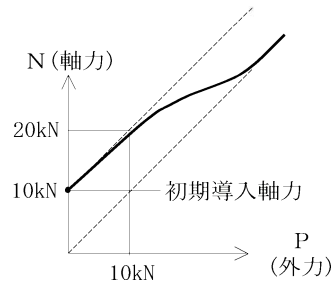


図-1 ゴム板を鋼ボルトで束ねた場合



(2) 鋼板とゴムボルト

図-2 のように、鋼板の束ねに、ヤング係数の小さなゴムボルトを使用した場合、10 kN を载荷しても軸力の増加はわずかでほぼ 10 kN とみなすことが出来る。ただし鋼板の束ね力は外力分だけ失われることになる。

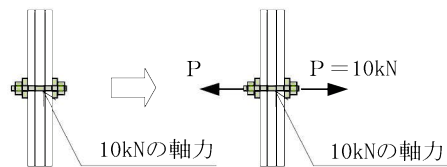
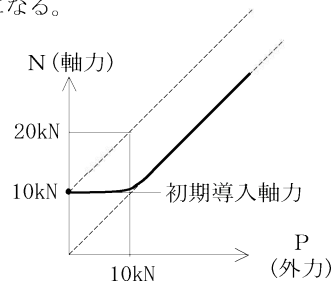


図-2 鋼板をゴムボルトで束ねた場合



3. 継手の設計

継手の性状を知るために、前項 2 種について、摩擦接合ボルトを例に、あるべき設計法について述べる。

(1) ゴム板と鋼ボルト

① せん断作用に対して

$$\rho_s = \frac{P_1}{2} \leq \rho_{sa}$$

ここで、 ρ_s : ボルト一面当り作用力

ρ_{sa} : ボルト一面摩擦耐力

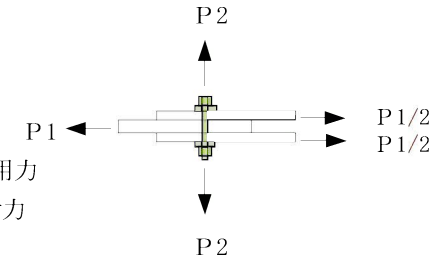
② 軸力に対して

$$\rho_n = N + P_2 \leq \rho_{na}$$

ここで、 ρ_n : ボルト最大軸力

ρ_{na} : ボルト軸耐力

N : 初期ボルト締め付け軸力

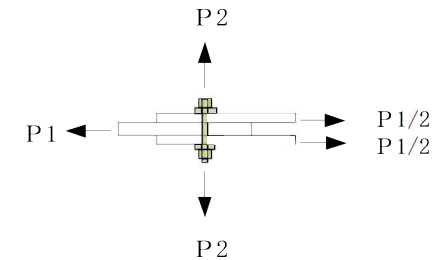


(2) 鋼板とゴムボルト

ボルトへの外力 : P2 によって

その分だけ初期導入力 : N が減少

するので、せん断力と軸力を分けて照査することが適わない。



安全照査

$$\rho_s = \frac{P_1}{2} \leq [N - P_2] \cdot v$$

ここで、 $N \cdot v = \rho_{sa}$ とするならば

$$\rho_s = \frac{P_1}{2} \leq \rho_{sa} \left[1 - \frac{P_2}{N} \right]$$

通常、 $P_2 = \rho_n$ 、 $N = \rho_{na}$ だから

$$\rho_s \leq \rho_{sa} \left[1 - \frac{\rho_n}{\rho_{na}} \right]$$

※ 安全照査においては上式を整理して

$$\frac{\rho_s}{\rho_{sa}} + \frac{\rho_n}{\rho_{na}} \leq 1 \quad \text{としてもよい。}$$

4. 複合機能例

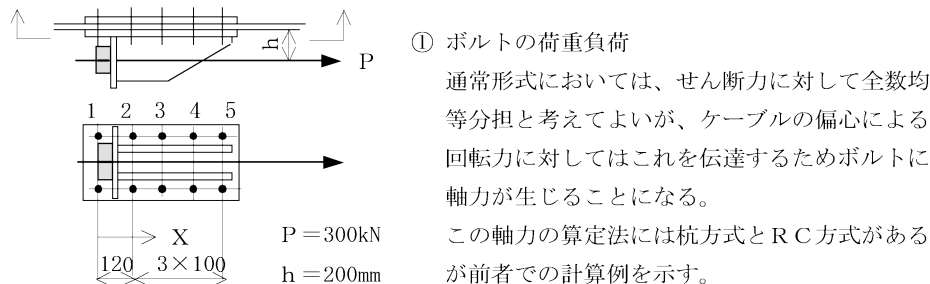
下図のような落防ブラケットを主桁などにボルトで取付けることがある。この様なときボルトにはせん断と軸力が作用する。

しからば、このときのせん断を伝えるボルト軸力はいかほど確保できるのであろうか？ボルト長のひずみは挟まれる鋼板の厚さのひずみよりずっと大きいから、前章（2）

図-2「鋼板をゴムボルトで束ねた場合」の性状に近いと見てよい。

つまり、外力が導入軸力以下の段階ではトータル軸力は変化しないから、締め付け力は外力分だけ減少するのである。

理解を深めるために、主桁に取付けられた落防の設計計算例を以って説明を加える。



② 応力照査

10-TCB M22 (S10T)を使用する。 ボルト配置については上図参照

$$\sum X_i = 2 \times (120 + 220 + 320 + 420) = 2,160 \text{ 本} \cdot \text{mm} \quad (\text{ボルト群 一次モーメント})$$

$$\delta = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{2,160}{10} = 216 \text{ mm} \quad (\text{中立軸の位置})$$

$$\sum X_i^2 = 2 \times (120^2 + 220^2 + 320^2 + 420^2) = 683,200 \text{ 本} \cdot \text{mm}^2 \quad (\text{二次モーメント})$$

$$I_o = \sum X_i^2 - n \cdot \delta^2 = 216,640 \text{ 本} \cdot \text{mm}^2 \quad (\text{中立軸における二次モーメント})$$

$$\rho_n = \frac{M}{I_o} \cdot x_1 = \frac{300 \times 200}{216,640} \times 216 = 59.8 \text{ kN/本} \quad (\text{ボルト引張力})$$

$$\rho_s = \frac{P}{n} = \frac{300}{10} = 30.0 \text{ kN/本} \quad (\text{ボルトせん断力})$$

$$\text{安全照査} \quad k = \frac{\rho_n}{\rho_{na}} + \frac{\rho_s}{\rho_{sa}} = \frac{59.8}{160} + \frac{30.0}{48} = 1.00 \leq 1 \text{ — OK}$$

ここで、 ρ_{na} ：許容引張力、 ρ_{sa} ：許容せん断力を示す。

※ 安全照査-II 上記安全照査の式を移項して、 $\rho_s \leq \rho_{sa} \left[1 - \frac{\rho_n}{\rho_{na}} \right]$ としてもよい。

5. あとがき

ものの応力照査の良否判断として、単に基準がこうだからそれに倣ったというのでは設計が面白くない。新しい発想は生まれにくいし、基準に示されないところの設計法に苦慮する。また参考にした計算例に倣ったなどというのではリスクが多すぎてとても「設計しました」とは言えない。技術者として設計に携わるのであれば、参考事例はあくまでも参考として、「安全性は十分に保たれているか」「よりよい構造はないか」の疑念を抱きながら、常に改善を志す気持ちを以て接することが不可欠である。この事例が、ものの考え方・設計への接し方への改善のきっかけとなれば幸いである。