

住友金属工業(株) 中研 正員 山川 純雄

" " 尾西 正之

" " ○北坂 照久

1. ま え が き

鋼管支保工は、モルタル充填、あるいは鋼管内にフープ筋を配筋したモルタル充填により、圧縮耐力が、増加するため、大土圧を受けるトンネル用支保工として優れている。鋼管支保工は、数ピースに分割されたものを、トンネル内で、フランジ型継手の引張ボルト接合により組立てるが、この継手部の存在が、支保工の応力・変形状態に及ぼす影響については、不明な点が多い。

ここでは、継手を回転バネと考えて、継手に作用する軸圧縮力と曲げモーメントが、継手の回転バネ定数に及ぼす影響について、支保工実大部分模型実験により検討した結果を報告する。

2. 実験方法

2・1 荷重方法 図1に実験装置の概要を示す。軸圧縮荷重と曲げ荷重を作用させる順序にかかわらず、荷重の重ね合わせができるように、供試体の両端部は、ピン構造とした。荷重方法は、一定の軸圧縮力 N をかけた後、曲げ荷重 P を増加させ、鋼管表面に降伏ひずみが発生したとき、曲げ荷重の荷重を停止した。

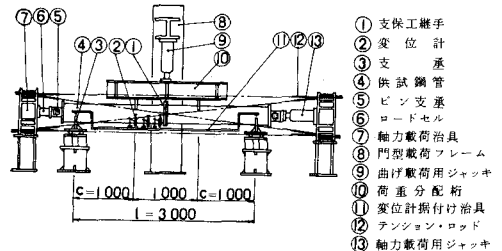


図1 実験装置の概要

2・2 供試体 供試継手は、図2の形状で、継手板の剛性の変化が継手の曲げ剛性に及ぼす影響を調べるため、継手板の板厚を、20mm, 25mm, 30mmの3種類変化させた。供試体は、直径12" (318.5mm)、長さ3.4mの鋼管でその中央に上記供試継手を有するものである。継手板の板厚20mmの供試体では、鋼管内にモルタルが充填されているが、25mm, 30mm厚さの継手板を有する供試体は中空である。

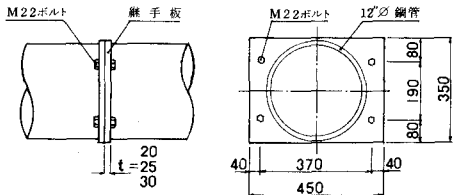


図2 支保工継手部

2・3 測定項目 梁のたわみ量・継手部とその付近の応力状態・継手フランジ板の変形状態・接合に用いた引張ボルトの軸力を測定した

3. 解析方法

継手を回転バネ(バネ定数 K)と考えた力学モデルを、図3に示す。たわみ曲線は、左右対称となり、継手を有するスパン中央部($c \leq x \leq l/2$)では、曲げと軸力を考慮した次式で求めることができる。

$$\delta = \frac{P}{Nk} \operatorname{sinc} k \cdot \cos kx - \frac{P}{Nk} \left(\frac{N}{2K} \cos \frac{k\ell}{2} + k \sin \frac{k\ell}{2} \right) \operatorname{sinc} k \cdot \sin kx - \frac{P}{N} x \quad (1)$$

ここで $k = \sqrt{N/EI}$

(i)式を K について解くと、次式となる。

$$K = \frac{N}{2k} \frac{k \left(\frac{N}{P} \delta + c \right) \operatorname{sinc} \frac{k\ell}{2} - \operatorname{sinc} k \cdot \sin \left(\frac{k\ell}{2} - kx \right)}{k \left(\frac{N}{P} \delta + c \right) \cos \frac{k\ell}{2} - \operatorname{sinc} k \cdot \cos \left(\frac{k\ell}{2} - kx \right)} \quad (2)$$

(但し、 $c < x \leq l/2$)

(ii)式に、実験で得た、たわみ δ を用いれば、継手のバネ定数 K の値が、実験的に求められる。

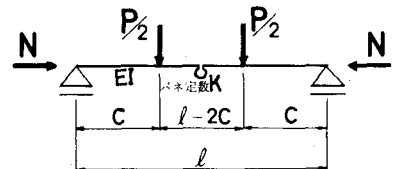


図3 力学モデル

4. 実験結果と考察

図4に、供試体スパン中央での曲げモーメントとたわみの関係の代表例として、継手板厚30mmについて示した。図中の破線は継手の無い鋼管の単純曲げ実験の結果である。

軸圧縮力が大きくなるにしたがい、たわみ δ は、小さくなる傾向が認められる。継手のない鋼管においては、軸力 $N=0$ の場合の結果が示されているが、継手なしの場合のたわみに及ぼす軸力の影響は、継手の回転による、たわみ増分に比べ十分小さいので、継手供試体の $M-\delta$ 曲線と比較する場合の基準となる。軸力 N が70トンを超えると、継手の、たわみに対する影響は、かなり小さくなるのがわかる。

次に、前節で述べた方法により、バネ定数を求めた結果を、図5～図7に示す。たて軸に、バネ定数を取り、横軸には、継手に作用する軸圧縮応力と曲げ応力との応力比 σ_M/σ_N をとっている。ここで、 σ_M, σ_N は、それぞれ次に示す鋼管の曲げ及び軸方向応力である。

$$\sigma_M = \frac{M}{Z} = \frac{1}{Z} \left(\frac{Pc}{2} - Ny \right), \quad \sigma_N = \frac{N}{A}$$

Z : 部材の断面係数 , A : 部材の断面積

$\sigma_M/\sigma_N \leq 1$ ならば、梁の断面には、圧縮応力のみが生ずるので継手部は、曲げに対して剛挙動を示し、曲げ剛性の低下は起らないはずであるが、供試継手の場合の剛挙領域は、1以下となっており、板厚が薄いと、剛挙領域の減少が激しい、これは、(1) 継手端面の平坦度、(2) 継手部の応力攪乱、などの理由のために生ずるものと考えられる。引張ボルト接合について、その変形特性を、理論的に解明するのは非常に困難なので、実験的に求めてきたわけである。これらの図から、継手剛性の変化について、次式の関係で表わしう。

$$K = C \cdot \left(\frac{\sigma_M}{\sigma_N} \right)^n \quad (3)$$

ここで、 C, n は、継手特有の定数

3種の継手について、(3)式の定数 C, n を求めて、まとめたものが、表1で、板厚が厚くなれば継手剛性が高くなっていることがわかる。式(3)で与えられる K は、リングの変形特性をより正確に計算する場合に有用である。

5. 結 言

ここでは、実大部分模型実験により、曲げと軸力を同時にうける支保工継手部の挙動を明らかにした。そして、継手の曲げ剛性について、(3)式で与えられる関係が成り立つことが判明した。この関係式を取り入れた、リングの変形解析法を、今後検討する予定である。

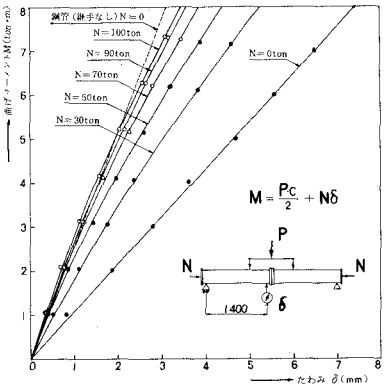


図4 M - δ 曲線

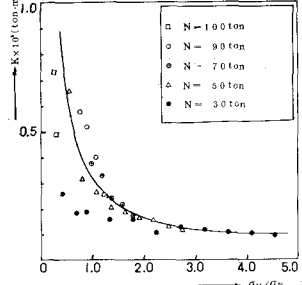


図5 $\sigma_M/\sigma_N - K$ の関係 ($t = 30 \text{ mm}$)

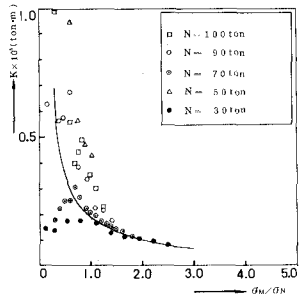


図6 $\sigma_M/\sigma_N - K$ の関係 ($t = 25 \text{ mm}$)

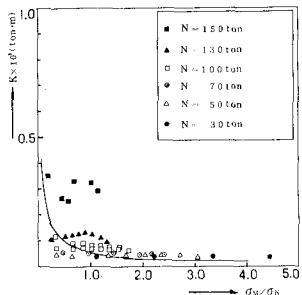


図7 $\sigma_M/\sigma_N - K$ の関係 ($t = 20 \text{ mm}$)

表1 継手剛性定数

板 厚 (mm)	C	n
20	0.06×10^5	-0.737
25	0.19×10^5	-0.927
30	0.32×10^5	-0.933