

ボルト接合された箱形ルーフ管に関する曲げ試験 その1 - 実験的検討 -

公益財団法人	鉄道総合技術研究所	正会員	○中村	智哉
公益財団法人	鉄道総合技術研究所	正会員	富樫	陽太
公益財団法人	鉄道総合技術研究所	正会員	岡野	法之
公益財団法人	鉄道総合技術研究所	フェロー会員	小島	芳之

1. はじめに

供用中の鉄道や道路の直下を小土被りで施工可能なアンダーパス施工法の代表的な工法の一つとして、函体推進・けん引工法（非開削工法）が挙げられる。この工法は、軌道や道路への影響を抑制するため、仮設防護として箱形ルーフと呼ばれる鋼管を函体の外縁に合わせ、横断箇所全幅・全長（函体断面の水平・垂直部）に配置した後、その後端に函体を据付け、函体推進・けん引により鋼管と函体とを置換設置する施工法である。

これまでの研究成果¹⁾²⁾より、図1に示すように、函体製作期間中の列車荷重などの影響で両端の仮土留を支点とした鋼管の中央部がたわむ、中だるみ形状となる場合が多く報告されている。その一要因として、鋼管接続部（ボルト接続・4隅）下端の目開きによる曲げ変形（中だるみ）が考えられた。

そこで本研究では、ボルト接続した鋼管の曲げ挙動を把握することを目的とし、接続ボルトのトルクや接続方法を変えた複数の曲げ試験（図2）を行うことで、目開き抑制効果を確認したので報告する。

2. 载荷試験の概要

载荷試験は、実物大の鋼管（ $L=3.0\text{m}$ 、 $\square 800\times 800\text{mm}$ 、 $t=19\text{mm}$ ）を使用し、この鋼管を六角ボルト 10.9（クロムモリブデン鋼、M33、 $L=100\text{mm}$ ）4本を4隅に接続したものを本試験での試験体とした。また、図3に示すように、鋼管の両端部から、0.5mの位置を支点とて、接続部下端のたわみと目開きを計測した。

計測方法は、接触式変位計と π ゲージを設置し、荷重の計測は、油圧ジャッキ内に内蔵されたロードセルで行った。

荷重経路は、図4に示すように1ステップ0.01MNとして0.2MNまで载荷した。1ステップ毎に試験機と試験体とのなじみを図るため、1分間のインターバルを取りながら行った。なお、最大荷重は、载荷ボルトの引張強度（ $\sigma_{tb}=1\text{GPa}$ ）の弾性域内で行い、試験終了後の除荷時に鋼管の変位が载荷前の数値にほぼ戻ることを確認している。なお、载荷速度は、0.006MN/minで、変位制御で载荷を行った。

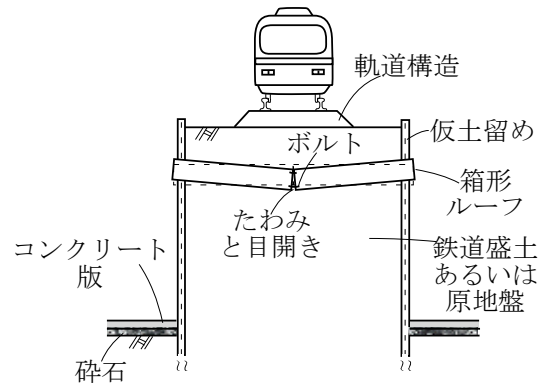


図1 箱形ルーフ形状（中央たわみ）

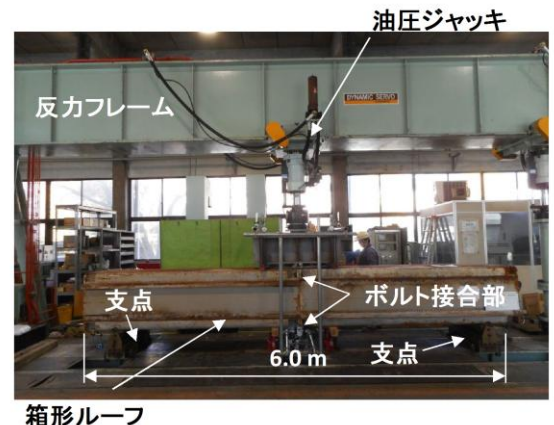


図2 载荷試験状況

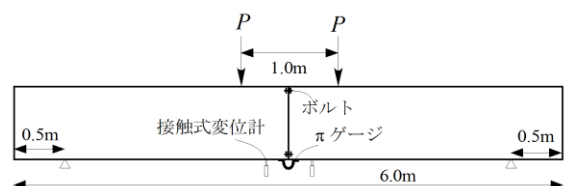


図3 曲げ試験の計測項目

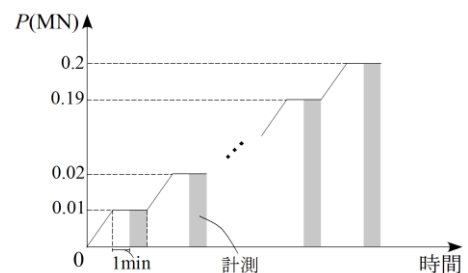


図4 载荷経路

キーワード 鋼管、接続ボルト、载荷試験、トルク管理

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総合技術研究所トンネル研究室 TEL042-573-7266

3. 実験パラメータ

実験パラメータは、表 1 に示すように①鋼管接継部のボルト締付け条件（トルクレンチで締め付け）（ $T=300, 700, 1200\text{N}\cdot\text{m}$ ），②追加ボルト本数（下側 2 本，4 本），③接継部の端面処理（良悪）とし、表 1 に示す全 18 ケースとした。なお、ボルト締付けトルク T は、トルク係数 $K=0.15$ としたトルク法³⁾で軸力換算すると、それぞれ、0.06, 0.14, 0.24MN に相当する。

4. 試験結果

載荷試験の結果を図 5 に示す。鋼管接継ボルトに加えた初期トルクが大きいほど、目開きが抑制され、たわみ量も小さくなる傾向が把握された。本試験の中で最もトルクの小さい $T=300\text{N}\cdot\text{m}$ のケースでは、0.2MN 載荷時のたわみ $\delta \approx 2.0\text{mm}$ で目開き幅 $W_a \approx 0.6\text{mm}$ である。この $T=300\text{N}\cdot\text{m}$ のケースと $T=1200\text{N}\cdot\text{m}$ で比較すると、接合トルクを $900\text{N}\cdot\text{m}$ 増加させれば、たわみが約 25%，目開きが約 30%抑制できることを確認した。また、図 6 に示す通り、0.2MN 載荷時（荷重 P で正規化）のたわみと追加ボルトの関係に着目すると、追加ボルト 4 本の場合では、鋼管接継部の端面処理の有無で差異は生じないが、2 本の場合は、 $T=700\text{N}\cdot\text{m}$ で同等のたわみ量を示すものの $T=300\text{N}\cdot\text{m}$, $1200\text{N}\cdot\text{m}$ では、端面処理によるたわみ抑制効果を確認した。

5. おわりに

これまで、実現場での鋼管接継部のボルト締め付けについては、手締めによるボルト接継が一般的であったが、本研究により、端面処理を施した鋼管を使用し、ボルトにトルクレンチなどで軸力を与えることで、鋼管接継部の目開きを抑制し、たわみ量を小さくできることがわかった。このことから、ボルト締め付け時のトルク管理や接継部の端面処理を行うことで、函体推進・けん引までの期間中の鋼管のたわみによる、函体掘進中の軌道や道路沈下の抑制が図れるものと考えられる。

表 1 実験パラメータ

検討項目①					②	③	
Case No.	外ボルトのトルク(N・m)		内ボルトの本数		端面処理		外ボルトの本数
1	300		0		有		4
2	700						
3	1200						
4	300		2				
5	700						
6	1200						
7	300		4				
8	700						
9	1200						
10	300		0		無		
11	700						
12	1200						
13	300		2				
14	700						
15	1200						
16	300		4				
17	700						
18	1200						

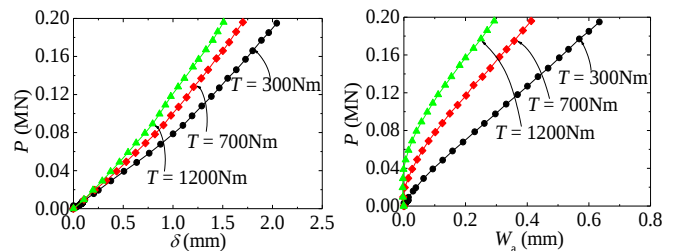


図 5 荷重たわみ関係図

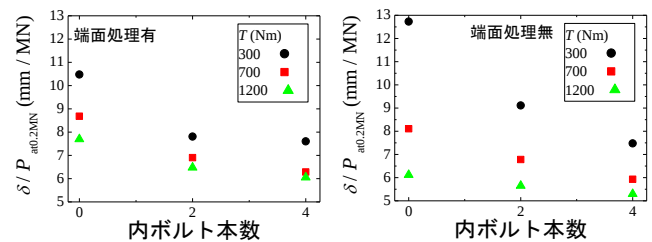


図 6 0.2MN 載荷時のたわみ

参考文献

- 1) 田中，小宮，中村，岡野：軌道変位抑制に関する函体推進模型実験（その 1），第 69 回土木学会年次講演会．(III-227, CD-ROM, 2014)
- 2) 中村，岡野，野中，長尾：軌道変位抑制に関する函体推進模型実験（その 2），第 69 回土木学会年次講演会．(III-228, CD-ROM, 2014)
- 3) Bickford, J.H.: An introduction to the design and behavior of bolted joints, Taylor and Francis Group, pp. 226-227, 1995. .