

III-506 シールドトンネルの η ・ ζ の評価

久保田鉄工 正会員 ○今野 勉
久保田鉄工 正会員 相場 勉
 鴻池組 正会員 小野 紘一

はじめに

セグメントリングの設計には、通常曲げ剛性の有効率(η)と曲げモーメントの割増率(ζ)が必要である。しかし、 η ・ ζ は、セグメントの種類、セグメント継手の構造、隣接セグメントとの千鳥組の方法等によって異なるようであり、現状では実験と経験によって推定されることが多い。本文は、ダクトイルセグメントを用いた5リング千鳥組シールドトンネル供試体の η ・ ζ を実験により求めた結果の報告である。

1. リング載荷試験の概要

セグメント継手の構造は、図-1に示すように継手板間にシール材を挟み込み、継手板中央に1段4列に配置したボルトによって結合した構造である。載荷は、図-2に示すようにリングの直径方向に通した3本のPC鋼棒をセンターホールジャッキによって引張ることによって行なった。載荷荷重は、ジャッキ1台当り最大20tfの合計60tfである。これは、載荷点での主桁に発生する応力が長期許容引張応力度(1600kgf/cm²)付近に相当する荷重である。表-1に試験ケースを示した。試験は、セグメント間ボルトやリング間ボルトの締付けトルクを変化させた8ケースで実施し、各荷重段階で、内空変位量、セグメント間継手目開き量およびボルトのひずみ量を測定した。

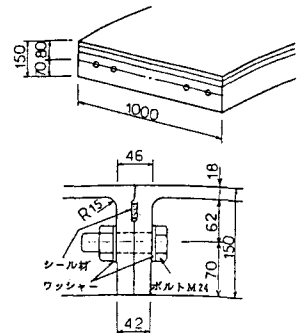


図-1 セグメント継手の構造

2. 実験結果

(1) 曲げ剛性の有効率(η)

曲げ剛性の有効率は、実測内空変位と剛結リングでの計算内空変位の比で算定した。図-3は、ケース4の最大荷重時の実測内空変位と曲げ剛性の有効率の関係を示したものである。セグメントリングとして一定の有効率とはならず、変形の大きくなる位置(測点①, ④)で有効率が小さくなる傾向を示した。図-4は、全ケースの作用曲げモーメントと平均有効率の関係を示したものである。なお、平均有効率は変位測点①~⑥から各々算定した有効率を平均して求めた。平均有効率は作用曲げモーメントが増加するに従って小さくなる傾向を示し、最大荷重時で

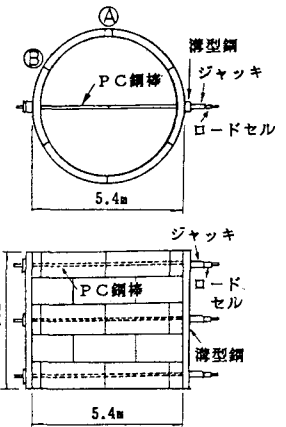


図-2 載荷方法

表-1 試験ケース

ケース 番号	記号	シールド 継手	載 重 条件	リング間ボルト締付け トルク(kgf・cm)	セグメント間ボルト締付け トルク(kgf・cm)
1	○	有	有	1300	1300
2	△	有		5000	5000
3	□	有		1300	1300
4	◇	有		5000	5000
5	○	無	無	1300	1300
6	△	無		5000	5000
7	□	無		1300	1300
8	◇	無		5000	5000

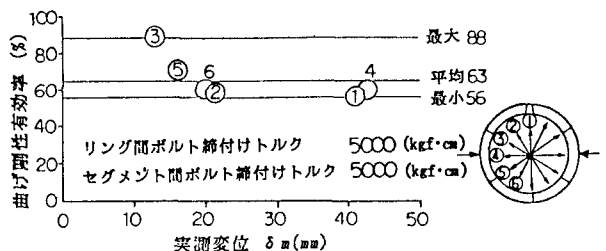


図-3 実測変位と有効率の関係

55～75%が得られた。図-5は平均有効率にどのパラメータが影響するか示したものである。リング間ボルトの締付けトルクよりもセグメント間ボルトの締付けトルクの方が影響するようであり、トルクが大きいと平均有効率は大きくなる。

(2) 曲げモーメントの割増率(ζ)

曲げモーメントの割増率は、最大曲げモーメント発生点でのセグメントの実測応力度(σ_m)と剛結リングでの計算応力度(σ_{cal})を用いて次式で求めた。

$$\zeta = \frac{\sigma_m}{\sigma_{cal}} - 1$$

図-6は、全ケースの作用曲げモーメントと割増率の関係を示したものである。割増率は、作用曲げモーメントが増加するに従って大きくなる傾向を示し、最大荷重時で25～65%の値が得られた。

図-7は、割増率への影響要因を示したものである。曲げ剛性の有効率に影響する要因と同じく、セグメント間ボルトの締付けトルクが大きいと割増率は低減するようである。曲げ剛性の有効率(η)と曲げモーメントの割増率(ζ)は互に関連を持ち、 η が1に近づけば、 ζ は0に近づくことは容易に推測でき、本試験からもこの関係は実測された。

(3) セグメント継手目開き量とボルト軸力

セグメント継手目開き量とボルト軸力は、図-2のA、B点で測定した。最大荷重時の目開き量は、A点の外面で0.7～1.75mmの開き、B点の内面で0.2～0.7mmの開き量が測定された。また、ボルト軸力は、A点で1.0～8.75tf、B点で2.3～6.8tfの引張軸力が測定された。

おわりに

今回、ダクトイルセグメントのリング載荷試験を実施し、セグメントの設計に用いられる曲げ剛性の有効率(η)と曲げモーメントの割増率(ζ)を求めた。本試験のセグメント継手構造では、最大荷重時に η は55～75%、 ζ は25～65%の値が得られた。また、 $\eta \cdot \zeta$ には、セグメント間ボルトの締付けトルクがかなり影響するようであり、設計・施工時には注意を要する。

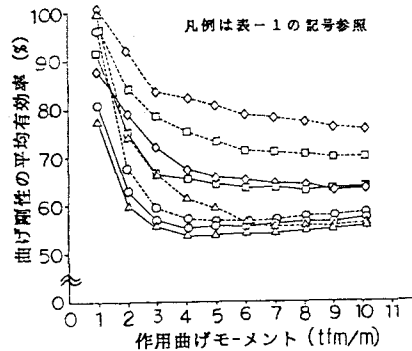


図-4 曲げ剛性の平均有効率

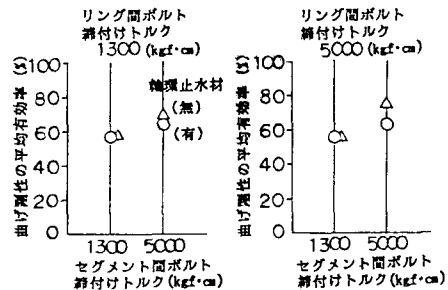


図-5 有効率への影響要因

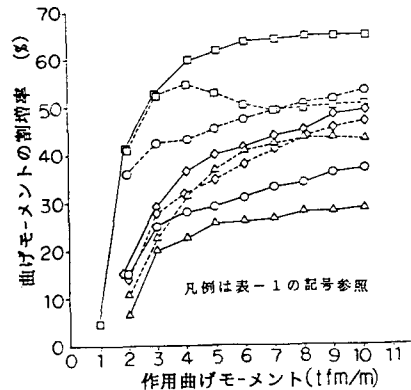


図-6 曲げモーメントの割増率

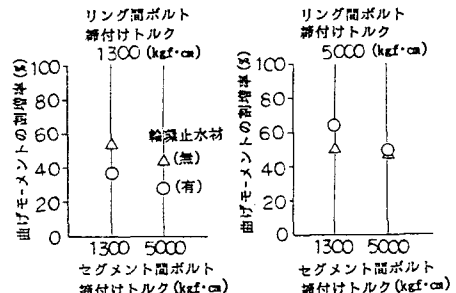


図-7 割増率への影響要因