

シールドトンネルの発生軸力を考慮した継手曲げ試験（その2：試験結果）

公財) 鉄道総合技術研究所	正会員	○木下 果穂	牛田 貴士
		中山 卓人	野城 一栄
戸田建設株式会社	正会員	田中 宏典	

1. はじめに

本研究では、セグメント継手部の挙動に対する軸力の影響を把握するため、継手曲げ試験を実施した。その1¹⁾では試験方法を報告した。本稿では、その試験結果について示す。

2. 試験概要

(1)試験装置および試験体

図 1 に試験装置および試験体を示す．試験は 4 点曲げ載荷とし，載荷スパンは 4000mm，載荷幅は 1200mm とした．また，試験体に対し，軸力導入用油圧ジャッキ，軸力導入梁，PC 鋼棒によって軸力を導入した．試験体の寸法は，1 セグメントあたり長さ 2200mm，幅 1000mm，高さ 300mm である．セグメント継手は軸方向挿入型の継手とし，継手位置はセグメント高さ中心の高さ 150mm の位置とした．

(2) 載荷ケース

本試験はコンクリートの許容応力度以下の荷重レベルの挙動に着目し、導入軸力をパラメータとして載荷ケースを 0, 200, 400, 600, 800kN の 5 ケースとした。

(3) 載荷手順

試験体は装置設置時に鉛直ジャッキを用いて自重を支持しており、計測機器の初期値を取った後、ジャッキを除荷して自重を作用させた。その後、所定の軸力を導入し、各ケースの許容応力度相当となる荷重値まで曲げ載荷を実施した。軸力は段階的に増加させており、軸力 200kN から 400kN に移行する際は軸力を一度解放している。導入軸力 400～800kN のケースは曲げ載荷荷重を除荷した後、軸力を解放することなく軸力を追加導入した。

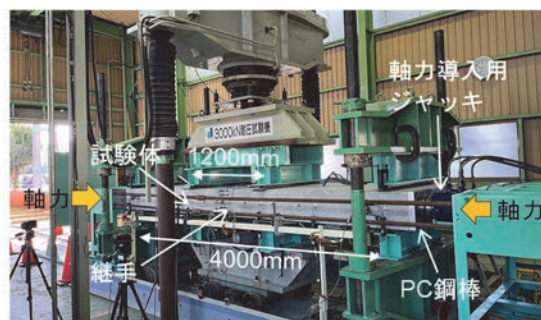


図1 試験装置および試験体

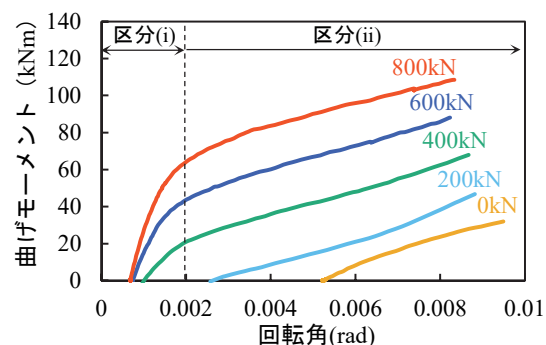


図2 曲げモーメント一回転角

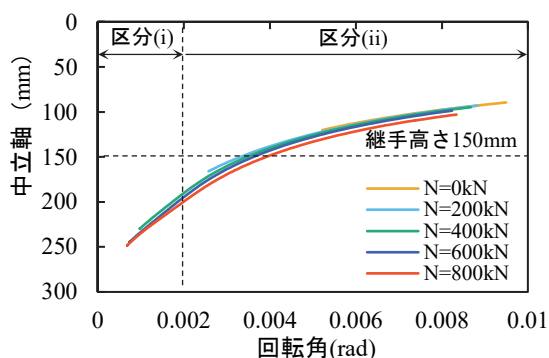


図3 中立軸一回転角

3. 実験結果

継手部の曲げモーメントと回転角の関係を図 2 に、継手部の中立軸と回転角の関係を図 3 に示す。なお、回転角および中立軸は側面のパイゲージ 6 箇所×2 側面により得られた値を線形近似し算出した。これより、載荷に伴う曲げモーメントー回転角の勾配の変化は、導入軸力によらず、回転角 0.002rad 付近で発生した。そこで、以下では図 2 および図 3 に示す 2 段階に区分して考察する。

キーワード シールドトンネル, セグメント継手, 継手曲げ試験, 軸力

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL042-573-7266

また、図4に軸力導入時の回転角の推移を示す。これより、自重により目開きが生じ、軸力導入により回転が戻る挙動を示した。また、導入軸力0kNおよび200kNのケースでは、载荷開始時点で0.002rad以上の回転角を示した。

(1)区分(i) 回転角0～0.002rad付近

図2によると载荷に伴い回転角が増加し、载荷を進めると曲線を描きながら傾きが緩慢となった。導入された軸力が大きいほど初期勾配は大きく、導入軸力400～800kNのすべてのケースにおいて、回転角0.002rad付近で勾配が変化する挙動を示した。

また、図3によると同じ回転角における中立軸は軸力によらず同程度の位置を示す。勾配の変化点における中立軸は供試体高さの2/3程度の位置であった。

(2)区分(ii) 回転角0.002rad以降

回転角0.002rad以降も载荷に伴い回転角が増加し、曲線の勾配はほぼ一定に推移した。勾配が一定となった後、軸力が導入された200～800kNケースでは、軸力の大きさによらず同程度の勾配を示す。また、軸力0kNのケースでは、軸力を導入したケースとは異なる勾配を示すものの、勾配に大きな差異は見られなかった。これより、勾配変化後の第二勾配に対して、導入軸力の影響は小さい傾向を確認した。

また、図3より回転角0.004rad付近において、継手部の中立軸は継手位置に到達する。ここで、図5に継手のアンカーひずみと回転角の関係を示す。継手アンカーひずみの計測位置は、継手金物から離隔15mmの位置である。図5より、回転角0.004rad付近で継手アンカーに引張ひずみが生じており、この結果からも中立軸が継手位置に達したことが考えられる。しかし、図2によると回転角0.004radの時点では、継手に引張力が作用することに対し、曲げモーメントー回転角の勾配への影響は小さい。

なお、図2では軸力200～600kNにおいて回転角0.007rad付近から徐々に勾配に上昇傾向が見られ、その程度は軸力が小さいほど大きい。また、図3によると回転角0.007rad以降の中立軸は供試体高さの1/3程度であり、その後の中立軸の変化は小さくなっている。

4. まとめ

本稿では、軸力を考慮した継手曲げ試験の結果について示した。これより、本試験では、セグメント継手の初期の回転剛性は軸力が大きいほど増大するが、第二勾配は軸力による影響は小さい傾向を確認した。また、本試験はコンクリートが許容応力度以下の荷重レベルを対象として実施したため、今後は大変形時を想定した継手部挙動についても実験や数値解析等²⁾を通して検討する計画である。

参考文献

- 1) 牛田ら：シールドトンネルの発生軸力を考慮した継手曲げ試験（その1：試験方法），土木学会全国大会講演概要集，Vol.78，2023（投稿中）
- 2) 中山ら：シールドトンネルの発生軸力を考慮したセグメント継手の有限要素解析，土木学会全国大会講演概要集，Vol.78，2023（投稿中）

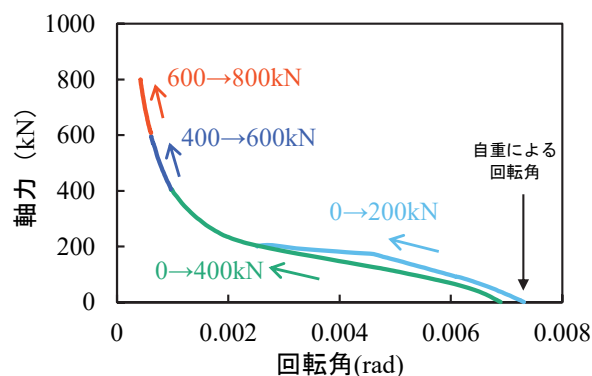


図4 軸力導入時の回転角

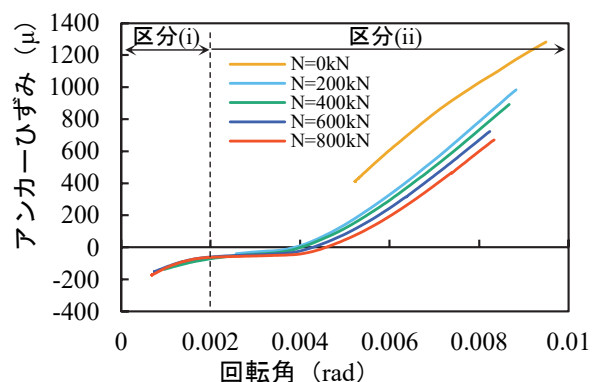


図5 継手アンカーひずみー回転角