

Ⅲ-B100 軸力と曲げとを受けるセグメント継手の 回転ばね定数に関する実験的研究

早稲田大学 学生員 藤沼 聡

早稲田大学 学生員 尹 度植

早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

大都市部においてはすでに地下空間の輻輳化が進んでおり、特に都市部の浅深度における地下空間は各種のライフラインが集中し、新たな建設空間を確保するのが困難な状態にある。このため、今後とも整備を進める必要のあるライフラインの建設は、比較的自立性の高い大深度地下空間に移行せざるを得ないのが現状である。その結果、シールド工法に用いられるセグメントも、欧米などの比較的良質な地盤に用いられているほぞ付きセグメントなどのボルト継手によらず、コンクリートの突合せ継手を有するものが多く導入されつつある。

本研究は、このような比較的地盤の安定した大深度地下を想定し、セグメントの突合せ継手に軸力と曲げとが作用する場合を対象にして、その力学的特性を把握することを目的として実験を行い、その結果に考察を加えるものである。

2. 実験概要

まず、断面寸法 150mm×150mm、長さ 530mm、中心に $\phi 38$ mm の孔のあいた 2 体のモルタル供試体を作成した。中心の孔に PC 鋼棒を通しセンターホールジャッキを用いて PC 鋼棒を引張り、ナットを締め付けることで全面を突合わせした供試体に軸力を導入した。図-1 にその装置の概略図を示す。次に、図-2 に示すようにこれを単純支持して、2 点荷重による曲げ試験を行った。継手の回転角や応力分布を求める目的で、継手部には 8 個の目開き計 (π 型変位計) を設置し、また 12 点のひずみゲージを貼付した。供試体下面には高感度変位計を 8 点設置してたわみ量を計測した。表-1 は目標とする導入軸力を変えた実験のケースを示したものである。このほかに同一の断面寸法で長さ 1060mm の一体打ちの供試体を作成し、比較を目的とした実験も行っている。表-2 は使用した供試体の弾性係数とポアソン比を示したものである。

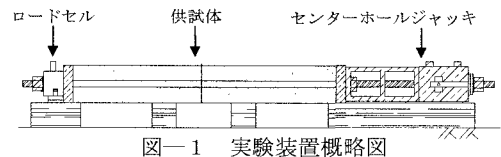


図-1 実験装置概略図

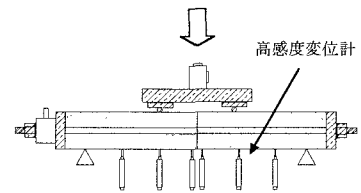


図-2 曲げ試験概略図

表-1 実験ケース

case名	導入目標軸力
case1	200kN
case2	250kN
case3	300kN

3. 実験結果の整理方法

実験結果は継手の回転ばね定数に着目して整理した。回転ばね定数を求めるにあたり、回転角を求める方法としては①継手部の上面と下面との応力差から求める方法、②継手部の目開きから求める方法、③はりの変形量から幾何学的に求める方法の 3 つが考えられるが、ここでは理論値との比較や実験の精度などを考慮して、 π 型変位計の計測値から応力を求め、①の方法で回転ばね定数を算出するのが妥当であると判断した。

表-2 弾性係数およびポアソン比

	弾性係数 (kN/mm ²)	ポアソン比
第一回打設	29.1	0.267
第二回打設	30.0	0.262

キーワード：シールドトンネル 継手 回転ばね定数 偏心量

連絡先：〒169-8555 東京都新宿区久保 3-4-1 TEL03-3204-1894 FAX03-3204-1949 早稲田大学小泉研究室

4. 実験結果と解析結果との比較および考察

表一3は軸力導入試験の際に発生した軸力と初期偏心量を示したものである。供試体に導入した軸力は、供試体の中心に設置してある PC 鋼棒で保持させるため、実際に発生する軸力は目標どおりの値にはなっていない。

また、供試体の軸力を偏心なしに導入することは困難であり、供試体に貼付したひずみゲージの値からは表一3に示すような微小な偏心量が生じていることがわかった。

解析には次の2通りの方法を用いた。1つは継手部で断面保持の過程が成り立つものとして、曲げモーメントと軸圧縮力との比($M/N=e$)がコア内にある場合にはひずみ分布から部材の回転角を求め、コア外にある場合はいわゆる「Betongelenke の理論」により回転角を求める方法である。もう1つは、3次元の弾性 FEM 解析による方法である。図一3は後者の解析モデルの概要を示したものである。便宜上、前者の解析結果を理論値と呼び、後者のそれを解析値と呼ぶことにする。

図一4、図一5は回転ばね定数と偏心量との関係を示したものである。回転ばね定数の値は偏心量がコア内の場合には理論値と解析値に違いが見られるが、この理由は FEM 解析のモデル化の際、供試体の中心に孔があいておらず、忠実に表現できていないことが挙げられる。コア外の場合はその影響もなく、理論値と解析値はほぼ一致していることがわかる。また、実験値はそれらの4割程度になっている。理論や解析では、継手面は完全な平面として取り扱われているのに対して、実際の継手面には凹凸があり、継手部の接触面積は減少している。このため、実験値が理論値や解析値に比べて小さくなったものと想像される。このようなコンクリートの突合せ継手は、作用する曲げモーメントと軸力との微妙なバランスのもとで成立しているものであることから、この継手面の不陸をどのように取り扱うかは解決すべき大きな問題の一つと思われる。

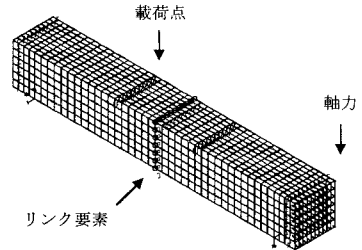
また、実際の設計において回転ばね定数と偏心量との間の非線形性をどのように取り込むかが問題である。

5. おわりに

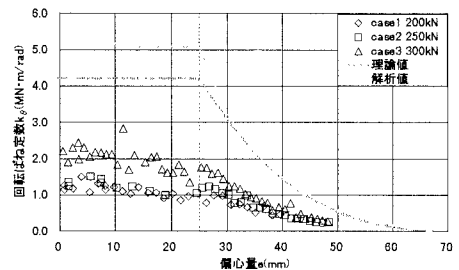
現在のところ、この種のセグメントが導入されて日も浅いことから、その設計計算はこの非線形性を忠実に評価して繰り返し収束計算によって行われているようであるが、継手面の不陸の問題、外荷重の推定精度との整合性の問題、施工時の安定性の問題などを考慮すると必ずしもこのような設計計算が妥当であるとは言えない可能性が高い。筆者らは、例えば継手をヒンジと見なすなどの設計上のわりきりが必要ではないかと考えている。実験は始めたばかりであるため、今後しばらくは同様の実験を行い、より多くのデータを収集して検討を加えていく予定である。

表一3 軸応力度と初期偏心量

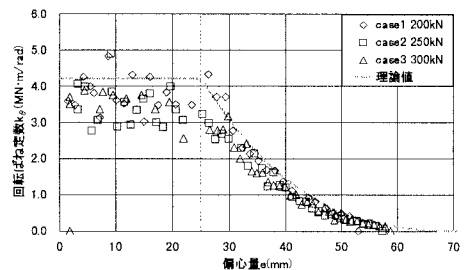
case名	導入目標軸力	軸力	初期偏心量
case1	200kN	197.3kN	- 0.542mm
case2	250kN	257.3kN	- 1.369mm
case3	300kN	295.4kN	+1.834mm



図一3 3次元弾性 FEM 解析の概要図



図一4 回転ばね定数と偏心量との関係(継手あり)



図一5 回転ばね定数と偏心量との関係(継手なし)