

Ⅲ-B177

曲げと軸力を受けるセグメントの突合せ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 尹 度植

早稲田大学 品川 芳徳

早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

近年、都市トンネルの構築工法であるシールド工法は、各種のインフラ施設で満杯になった中浅深度地下の状況に従い、大深度の地下の比較的自立性の高い地盤への適用が増加してきている。こ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い地盤に用いられ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セグメントのコンクリートの突合せ継手に軸力と曲げが作用する場合を対象にして、その力学的特性を把握し合理的な設計法について考察を加えるものである。

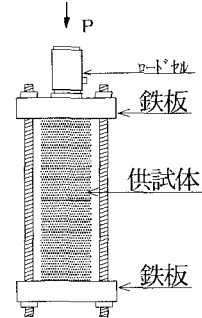


図-1 予備実験装置概略図

2. 実験概要

まず、10cm×10cm、長さ 35cm の 2 本のモルタル供試体を作製し、これらを突き合わせた上で図-1 に示すような装置を用いてこれに軸力を導入した。次に図-2 に示すようにこれを単純支持して 2 点载荷による曲げ試験を行った。継手の回転角を求める目的で継手部の上下面には目開き計（ π 型変位計）を設置し、継手面の応力度分布を調べる目的で供試体の左右両側面に 18 点のひずみゲージを貼付した。また、供試体下面には変位計を 12 点設置してたわみを計測した。表-1 は目標として導入軸力による実験のケースを示したもので、Case 2 と Case 3 は同じ 250kN を目標にしてバッチが異なる 2 体の実験を行っている。またこの他に断面寸法は同じで長さ 70cm の一体打ちの供試体を作成し、比較を目的とした実験を行った。表-2 は使用した供試体の弾性係数およびポアソン比を示したものである。

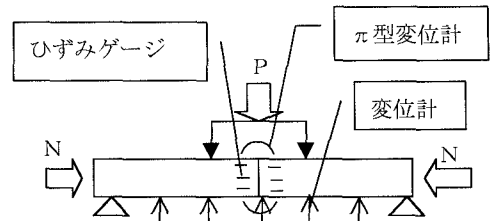


図-2 実験の概略図

表-1 実験ケース

Case 名	導入目標軸力
Case 1	200kN
Case 2	250kN
Case 3	250kN
Case 4	300kN
Case 5	350kN

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って、回転角を求める方法としては①継手の目開きから直接求める方法、②継手部の上面と下面との応力度の差から求める方法、③はりのたわみ量から求める方法の 3 つが考えられる。ここでは、理論値との比較や実験の精度を考慮して、 π 型変位計の値から応力を求め、②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

	弾性係数 (kN/mm ²)	ポアソン比
第 1 回打設	29.9	0.13
第 2 回打設	30.7	0.20

キーワード：シールドトンネル 回転ばね定数 継手

連絡先：〒169-0072 東京都新宿区大久保 3-4-1 Tel(03)3204-1894 FAX(03)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は回転ばね定数の実験結果と解析結果とを示したものである。供試体に導入した軸力は2本のボルトで保持させるため実際に発生する軸圧縮応力度は目標どおりの値とはなっていない。また、供試体に貼付したひずみゲージの値を見るとそれぞれ表に示したような偏心が生じていることがわかる。

一方解析には次の2通りの方法を用いた。一つは継手部で断面保持の仮定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、コア外に出た場合はいわゆる“Betongelenke”の理論により回転角を求める方法である。いま一つは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図である。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。表一3を見ると回転ばね定数の理論値と解析値はほぼ一致し、実験結果はそれらの6割程度になっていることがわかる。理論や解析では継手面は完全な平面として取り扱われるのに対して、実際の継手面は凸凹があり、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。図一4は偏心量 $e = M/N$ と回転ばね定数との関係を示した図である。偏心量の小さな領域（曲げ荷重が小さい領域）では理論値に比べ実験値は小さめであるのに対して、偏心量が大きくなるとほぼ両者は一致してくる。この理由も既に述べたような継手面の不陸で説明できる。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下で成立す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偏心量と回転ばね定数との間の非線形性をどのように取り込むかが問題と思われる。

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設計が行われているようであるが、継手面の不陸の問題、微妙なバランスの問題、外荷重の推定精度の問題、施工時の安定性の問題などを考えると、必ずしもこのような設計計算法が妥当であるとは言えない可能性が高い。

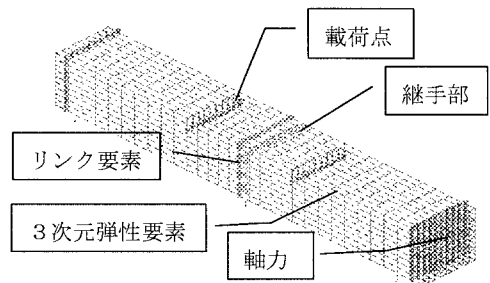
筆者らは継手をピンと見なす ($k_\theta = 0$) などの設計上の「わりきり」が必要ではないかと考えている。実験は始めたばかりであるため、今後しばらくは同様な実験を行い、より多くのデータを収集し検討を加えることを予定している。

【参考文献】

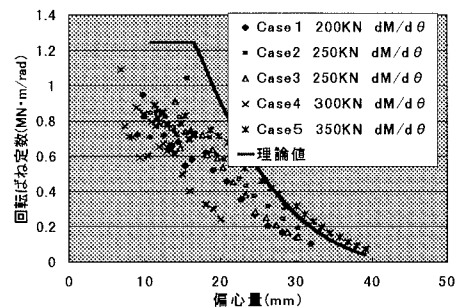
- 1) 村上博智、小泉淳：シールド工用セグメントのセグメント継手の挙動について、土木学会論文報告書 第296号、1980年4月
- 2) 林光俊：ほぞセグメントの力学特性およびその合理的製造方法に関する研究、早稲田大学博士論文、平成8年9月

表一3 回転ばね定数の実験結果と解析結果

Case名	導入目標軸力 (N/mm ²)	軸心力度 (N/mm ²)	偏心量(mm)	回転ばね定数(MN・m/rad)		
				実験結果	理論値	解析値
Case1	200KN	10.8	7.84	0.713	1.225	1.246
Case2	250KN	10.2	8.66	0.830		
Case3	250KN	14.1	11.01	0.761		
Case4	300KN	19.6	6.26	0.701		
Case5	350KN	17.6	10.69	0.772		



図一3 3次元弾性 FEM 解析に用いたモデルの概略



図一4 回転ばね定数(dM/dθ)と偏心量の関係