

西新宿シールドセグメントの継手試験報告

首都高速道路公団 正会員 春日 清志
同 上 正会員 土橋 浩
同 上 正会員 並川 賢治

首都高速道路公団 正会員 石田 高啓
大成建設 正会員 西岡 巖

1.はじめに 中央環状新宿線と国道20号線（以下甲州街道）が交差する初台交差点付近の山手通り地下には、首都高速4号線、甲州街道アンダーパス、京王線、京王新線等の重要構造物と交差し、かつ路上交通等への影響を軽減するため、シールド工法でトンネルを構築する。この西新宿シールドにおいては、セグメントの実施設計において、セグメントピース間継手には軸力を考慮した「回転バネ値」、セグメントリング間継手には摩擦を考慮した「せん断バネ値」を用いて、「梁バネモデル」による合理的な設計を実施した。本稿は、設計上考慮したバネ値の性能確認の為に、行った、実物大のセグメントを用いた継手載荷試験の結果についてまとめたものである。

2.セグメントピース間継手曲げ試験

2-1 試験目的及び試験方法 本試験は、セグメントピース間の回転バネ値及び曲げ耐力の評価を目的とする。

試験は、供試体の中央にセグメントピース間継手を有した実物大セグメント梁を、両端可動支持の鉛直2線載荷による曲げ試験とした。導入軸力は、正曲げ試験試験で0,20,150,300,350tonの5ケース、負曲げ試験で0,20,350,400tonの4ケースとし、軸力を一定に保った状態で鉛直（曲げ）荷重を20kNピッチで載荷した。

2-2 試験結果 正曲げ負曲げそれぞれの試験結果を、荷重-変位関係図として図1、図2に示す。また、設計上設定した断面力(N,M)付近における回転バネ定数および破壊時の荷重、モーメントの計算値と試験結果を表1、表2に示す。

正曲げ試験における挙動は、導入軸力N=150tf以上の場合、ある程度までは剛性一様理論とほぼ一致しており、その荷重で変曲点を形成して徐々に曲げ剛性が低下した。軸力の低いケース(N=20,0tf)では、初期勾配から剛性一様理論とは一致せず、初期載荷から目開きが進展した。

負曲げ試験においても、導入軸力N=400,350tfの場合、ある程度の鉛直荷重までは剛性一様理論とほぼ一致し、軸力の低いケース(N=20,0tf)では、正曲げと同様に初期勾配から剛性一様理論とは一致せず、初期載荷から目開きが進展した。

クラック発生状況については、各ケース共に、許容応力度までの載荷では有為なクラックは観察されなかった。正曲げ破壊試験では、理論値のクラック発生モーメントを超えてから、最初にボルトボックス回りにクラックが入りはじめ、次にシールド溝からクラックが入って進展した。載荷終了後のク

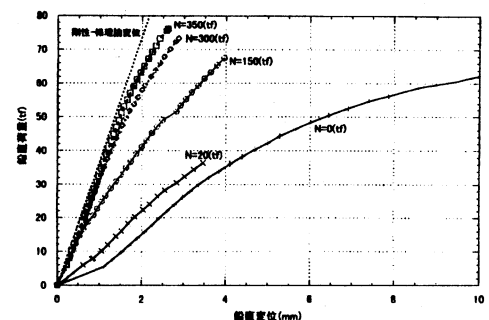


図1 荷重-変位関係図（正曲げ試験）

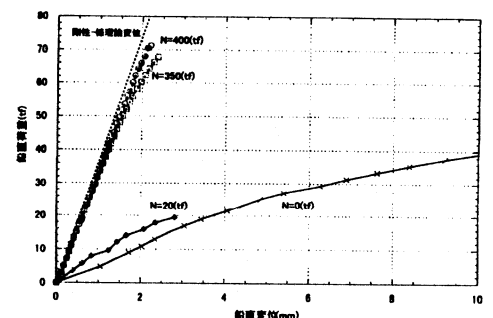


図2 荷重-変位関係図（負曲げ試験）

表1 回転バネ定数

	組立時 (M=23~25tfm)		完成時 (M=55tfm付近)	
	N=0(tf)	N=20(tf)	N=300(tf)	N=350(tf)
実験値	0.91E+04	1.17E+04	0.71E+05	1.37E+05
設計値	2.50E+04	2.50E+04	2.00E+05	2.00E+05
	組立時 (M=15tfm付近)		完成時 (M=30tfm付近)	
	N=0(tf)	N=20(tf)	N=350(tf)	N=400(tf)
実験値	0.51E+04	0.66E+04	0.24E+06	0.29E+06
設計値	1.00E+04	1.00E+04	1.00E+06	1.00E+06

表2 継手耐力試験結果

項 目		荷重 (tf)		モーメント (tfm)		安全率
		計算値	実測値	計算値	実測値	
正曲げ	許容値	30.3	—	23.46	—	2.7
	破壊値	73.1	81.0	56.68	62.78	
負曲げ	許容値	16.3	—	12.64	—	3.3
	破壊値	37.4	53.9	29.21	41.77	

キーワード：梁バネモデル、回転バネ値、せん断バネ値

連絡先（東京都新宿区西新宿6-6-2・電話03-5320-1624・FAX03-5320-1658）

ラック観察では、供試体下面にもクラックがあることが観察された。また、破壊試験での供試体の破壊原因は、セグメント継手の面板の降伏によるものであった。また、負曲げ破壊試験では、理論値のクラック発生モーメントを超えてから、最初に上面側にあるコーキング溝回りからクラックが入りはじめ、次にボルトボックス回りにクラックが入った。載荷終了後のクラック観察では、供試体下面にもクラックが観察された。供試体の破壊原因は、セグメント継手金物のアンカー筋の抜け出しによるものであった。

3.セグメントリング間継手せん断試験

3-1 試験目的及び試験方法 本試験は、セグメントリング間のせん断バネ値及びせん断耐力の評価を目的とする。

本試験は、L字型の2つの供試体を実物大のセグメントリング間継手で連結し、水平方向に載荷することでセグメントリング間継手に純せん断力を作用させた。リング間ボルトの締め付け力は、許容引張応力の60%と80%の2ケースとし、載荷荷重は、締め付け力付近までは0.5tfピッチ、それ以降は2.0tfピッチで載荷した。

3-2 試験結果 2ケースの締め付け力それぞれの試験結果を、荷重(せん断力)-変位関係図として図3に示す。また、各ケースにおけるバネ定数を表3に、継手の摩擦が切れ供試体が滑り出す荷重から算定した摩擦係数を表4にそれぞれ示す。コンクリートどおしの摩擦係数を $\mu = 0.5^{1)}$ とするならば、リング間継手の摩擦切れが始まるせん断力は、ケース1では $Q=7.35\text{tf}$ 、ケース2では $Q=9.8\text{tf}$ である。試験結果はこれをほぼ踏襲する荷重でリング間継手が摩擦切れの状態となった。その後、ボルトのクリアランスを消化するまで滑った後、再び荷重があがり、最終的にはボルトの許容応力の2.0~2.5倍程度のせん断力まで載荷したが、リング間継手は破壊には至らなかった。

各ケースともに、試験終了までクラックは殆ど観察されなかった。載荷終了後のクラック観察でも、本体コンクリート、継手金物ともに有為なクラックは観察されなかった。

4.試験結果の評価 本試験で得られたバネ定数と設計値とを比較すると、回転バネ定数の傾向は、組立時軸力で設計値の36~66%の範囲、完成時軸力では、正曲げで設計値の36~69%、負曲げで設計値の24~29%であった。

セグメントの設計断面力が完成時で決まっていることから、これらのばらつきに関するパラメータスタディを実施した。図4、5は、幾つかのせん断バネ定数毎に曲げモーメントと回転バネ定数の関係を等高線グラフにしたものである。これに、今回の計測結果を重ねて示した。これによれば、バネ定数を試験結果に置き換えた、とした場合においても、設計断面力は部材の許容値以下であり、本工事のセグメント及び継手は必要な性能を有していることが証明された。

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；土木学会論文報告集第296号；1980年4月

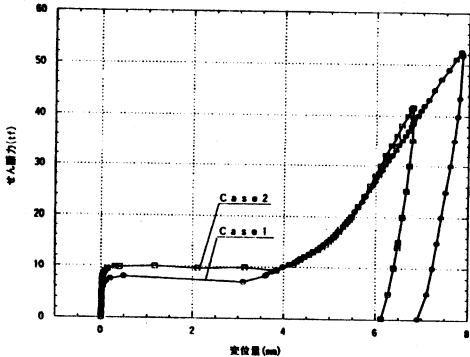


図3 せん断力-変位関係図

表3 せん断バネ定数

ケース	Ks1(tf/mm)	Ks2(tf/mm)
ケース1	2.18×10^5	1.73×10^3
ケース2	2.14×10^5	1.32×10^3
設計値	2.50×10^5	1.38×10^3

表4 摩擦係数

ケース	初期締め付け力 (tf)	滑り出し荷重 (tf)	摩擦係数
ケース1	14.70	7.0	0.48
ケース2	19.60	9.8	0.50

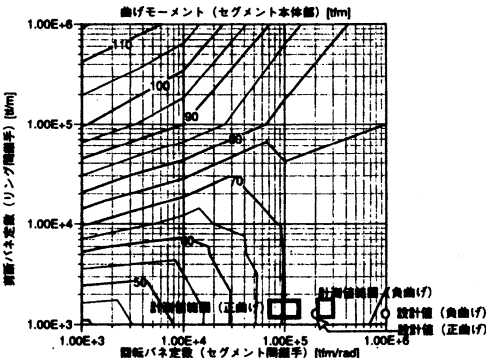


図4 曲げモーメント(セグメント本体部)とバネ定数の関係

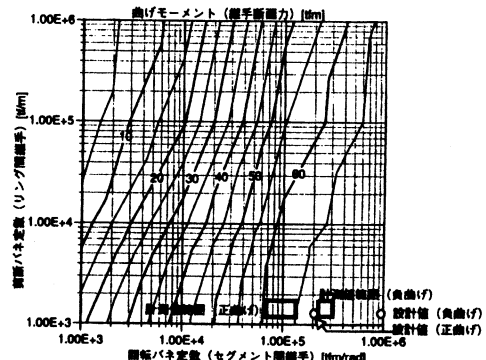


図5 曲げモーメント(継手断面力)とバネ定数の関係