

溝付き二次覆工一体型セグメントの載荷試験

ジオスター (株) 正会員 ○田中 秀樹
 (株) 熊谷組 焼田 真二
 東京都下水道サービス (株) 柴田 祐亮
 東京都下水道局 前田 正博
 東京都下水道局 串山宏太郎

1. はじめに

東京都区部で本格化している下水道再構築事業に向けて開発したコンパクトシールド工法は、溝付き二次覆工一体型の4分割3ヒンジ構造のRCセグメントを使用することが特徴の一つとなっている。本来3ヒンジのリング構造は静定構造であり、3分割とすることが望ましいが、狭い坑内でのセグメントの搬送や組立方法を考慮して軸挿入K型セグメントを含む4分割とした。また、リングの組み方についても、ヒンジ部の止水性、組立時の安定性および完成後の近接施工や内水圧に対する安定性を考慮して、千鳥組みを採用した。

従来、下水道管渠の設計は慣用計算法、修正慣用計算法により行うのが一般的であるが、千鳥組みの3ヒンジ、1剛結合の構造系へは直接適用することが出来ない。そこで本研究では、本構造の設計手法の確立を目的として、剛結合部およびリング継手がリングの挙動に与える影響についてはりばね解析によるシミュレーション解析を行うとともに、2リング載荷実験により検証した。本稿ではこれらの検証結果について報告する。

2. リング載荷実験概要

図-1、写真-1に実験装置の概要を示す。実験装置は水平方向に2リング千鳥組みしたセグメント（外径2300mm、厚さ150mm、幅1000mm）、圧力載荷装置から構成されている。軸力は、各リングの円周方向に4本配置したアンボンドPC鋼より線により導入し、鉛直および水平荷重はPC鋼棒とセンターホールジャッキを用いて2リング全体に荷重を加えた。

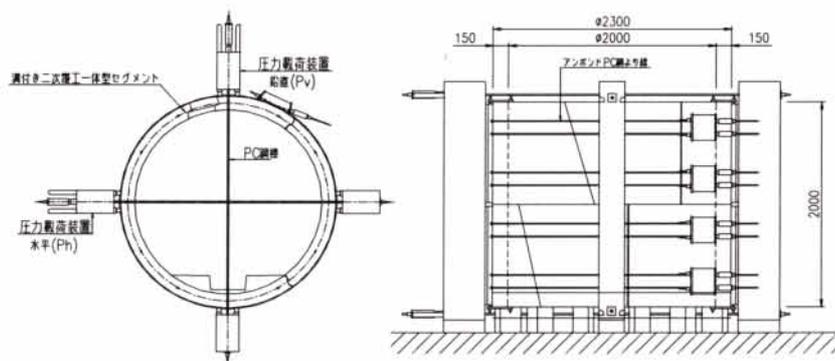


図-1 試験装置概要

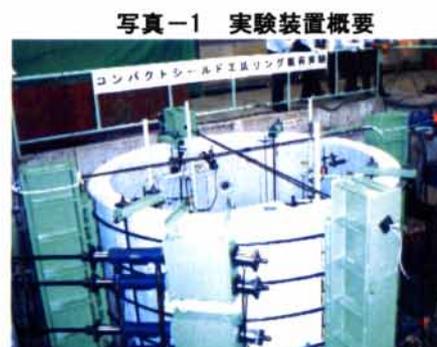


写真-1 実験装置概要

図-2に供試体断面図を示す。載荷ケースは、土質条件を考慮し、軸力および鉛直・水平荷重を表-1の組合せにより6ケースとした。また、はりばねに

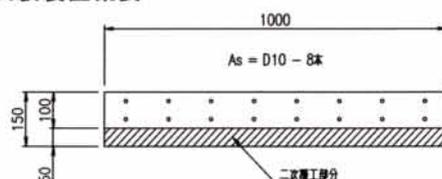


図-2 供試体断面図

表-1 載荷ケース

CASE	軸力 (kN/リング)	荷重比率	
		Pv	Ph
1	200	1	0.8
2	200	1	0.6
3	100	1	0.8
4	100	1	0.6
5	100	1	0
6	0	1	0

キーワード：下水道シールドトンネル、二次覆工一体型セグメント、3ヒンジ構造、セグメント継手、リング継手

連絡先：〒108-0014 東京都港区芝 4-2-3 TEL03-5232-1405 FAX03-5232-2651

による解析は、B・K間継手およびリング継手の剛性をパラメータとした。なお、リング剛性解析は、二次覆工部を含む桁高 150mm を用いた。

3. 実験結果

(1) リング変形量

リング鉛直変位については事前解析で、はりばねモデルにより、B・K間の剛性を完全剛性 (∞ の値) と、継手曲げ実験で得られた軸力なしの時の回転ばね定数値 ($k\theta = 750 \text{ kNm/rad}$) の 2 ケース、また、リング継手の剛性を ∞ の値と、イモ継ぎの状態 (せん断ばね値 $k_s = 0$) の 2 ケースを組合せて変位量を算出した。図-3 に CASE-6 における鉛直荷重と鉛直方向の内径変位を示す。B・K間回転ばねを用いた場合の理論値が、実測と大きく相違しているが、理論値においてはインポート部の剛性を考慮していないことと、B・K間のテーパ角や载荷による軸力の影響で、载荷初期の状態 (ひび割れ発生まで) では、実際の回転ばね定数は、完全剛性に近い値を有しているためと考えられる。

(2) 発生断面力

図-4 に、ひびわれ発生前のリングに作用している断面力を、荷重とセグメント外縁側および内縁側のコンクリートひずみにより推定した発生モーメントの関係を示す。なお、実験は軸力導入後に载荷しているため、荷重载荷時からの増加ひずみについて発生モーメントとした。実測値は、はりばねモデルの [B・K 継手剛-イモ継ぎ] の理論値とほぼ一致しており、今回使用したリング継手剛性では千鳥組みによる影響を受けていないことが分る。

図-5 に CASE-6 の载荷重と鉄筋のひずみの関係を示す。ひびわれ発生までは内面側の鉄筋には応力が殆ど生じていない。小口径断面の二次覆工一体型の効果として、一次覆工部の桁高での RC 理論による抵抗モーメントに対して、二次覆工を含めた断面でのひびわれ抵抗モーメントが大きいことが挙げられる。トンネル内面側のひびわれ発生の可能性が非常に低くなり耐久性にも優れた構造であると言える。

(3) ナックル部の回転角

ナックル部の回転角は各ケースの設計荷重時で最大 0.2° 、破壊時において 1.2° であり、設計荷重時の目開きは 3.2mm であった。また、リングの破壊時においてもナックル部の異常は見られなかった。

4. おわりに

4 分割 3 ヒンジ構造の設計について、はりばね解析および 2 リング载荷実験により検証した。その結果、B・K間継手を完全剛性一様としたイモ継ぎでの算定法が最も合理的な断面となり、実測に近い結果となった。今後は実現場での施工およびリング挙動の計測を踏まえ、設計法の安全性を照査する。

[参考文献]

桐谷・前田 他：下水道再構築に向けた新しいシールドシステムの提案 第 56 回年次学術講演会 2001. 10

土木学会 トンネル標準示方書 [シールド工法編]・同解説

山本稔・遠藤浩三・福井正憲：多ヒンジ系セグメントリングの設計計算法；土木学会論文報告集、第 150 号

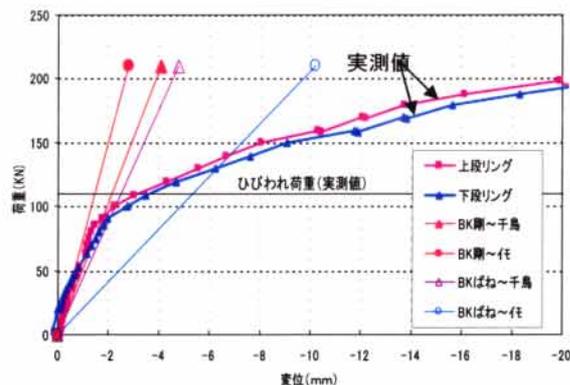


図-3 荷重と鉛直変位

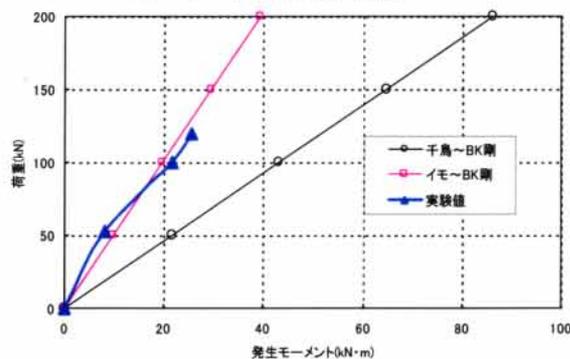


図-4 荷重と発生モーメント

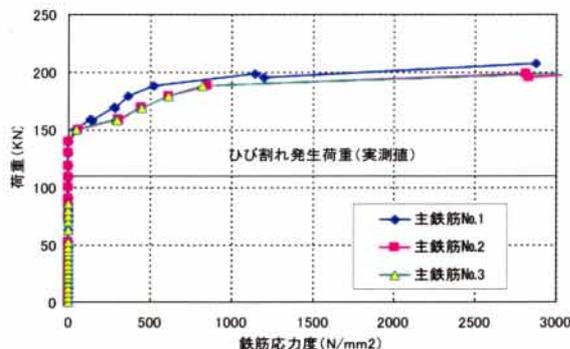


図-5 荷重と鉄筋応力度