

Ⅲ - B134

載荷実験によるリングロックセグメントリング解析モデルの検証

三井建設 正会員 田村 直明 日立造船 布村 進
都築コンクリート工業 正会員 本田 和之 旭電化工業 斎藤 祐二

1. はじめに

リングロックセグメント研究会では、これまで要素実験¹⁾および構造解析²⁾³⁾により、施工性の確認や設計法の検討を行ってきた。その結果、設計法については、リングロックセグメント特有の継手構造を評価するため、はりばねモデルによる解析を基本とすることを提案⁴⁾し、各ばね定数についても計算法を示した。

そこで、実応力レベル、特に内水圧による引張力作用時のリング挙動を把握し、提案した本セグメント設計法の妥当性を確認するため、リング載荷実験を実施した。本報では、セグメントリングの変形性能、曲げモーメント分布およびクラック発生状況について報告する。

2. 実験概要

実験には、外径5100mm、幅1000mm、厚200mm、6等分割の台形セグメント2リング1サイクル千鳥組(1/2リング+1リング+1/2リングの平組)を使用した。実験装置および載荷方法を図-1に示す。軸力はセグメント外周に巻いたP C鋼線により、曲げモーメントはP C鋼棒をタイロッドとして載荷梁により二方向から、内水圧はドーナツ状のゴムチューブに水圧を加える方法で載荷した。実験状況を写真-1に示す。

実験ケースは、応力の重ね合せ、載荷順序の影響を検討するため、表-1に示す全11ケースとした。なお、トンネル軸方向の拘束力として、ジャッキ装備推力の20%が残留すると仮定し、施工用に設置するリング継手のねじふし鉄筋一個所当たり、約17tfの締付け力でシアストリップを圧縮し、凹凸ほぞを噛み合わせて合わせて組立てた。また、周方向の引張力を伝達するためのロック部エポキシ注入は、実験ケース4終了後に施工した。

3. 実験結果と評価

ケース1(外荷重のみを載荷)およびケース5(外荷重を先行載荷した後に内水圧を載荷)の変形および曲げモーメントを図-2に示す。また、図-2には、別途実施した要素実験から得られた各種ばね定数を用いて行った、はりばねモデルによる構造解析の結果も併せて示した。

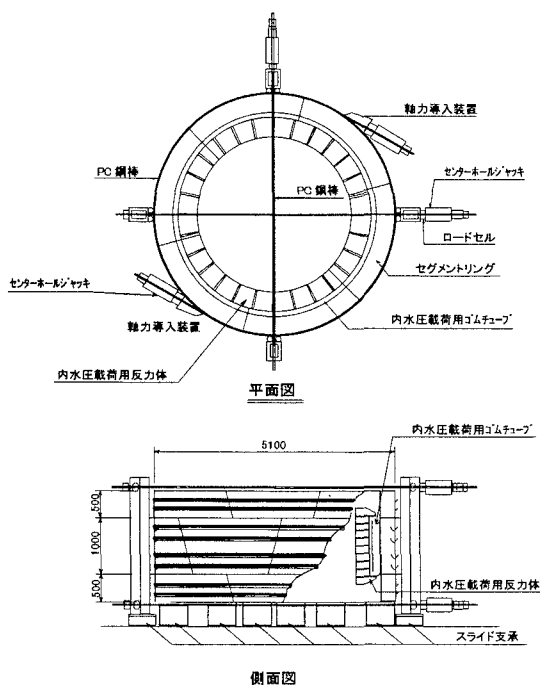


図-1 リング載荷実験装置概要

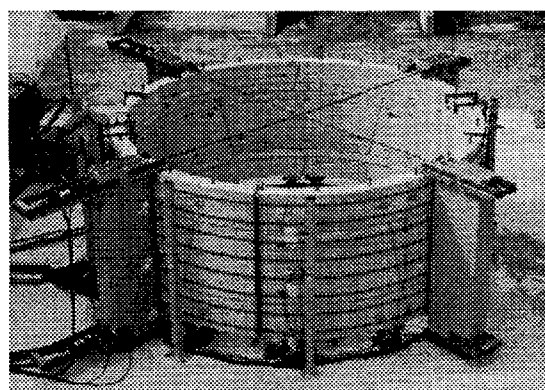


写真-1 リング載荷実験状況

キーワード：シールドトンネル、セグメント、内水圧、リング載荷実験

〒261 千葉県千葉市美浜区中瀬 1-9-1 TEL:043-212-7547 FAX:043-212-7540

表－1 載荷ケース

ケース	軸力 tf	Pv tf	Ph tf	水圧 tf/m ² (tf)	載 荷 内 容
1	① 50.0	② 22.0	—	—	1 方向曲げ
2	① 50.0	② 29.2	② 14.6	—	2 方向曲げ
3	① 37.5	② 27.0	② 13.5	—	2 方向曲げ
4	① 25.0	② 24.8	② 12.4	—	2 方向曲げ
5	① 50.0	② 22.0	—	③ 22.7(-55.5)	外荷重先行 1 方向曲げ
6	① 50.0	② 29.2	② 14.6	③ 23.0(-56.3)	外荷重先行 2 方向曲げ
7	① 37.5	② 27.0	② 13.5	③ 19.8(-48.6)	外荷重先行 2 方向曲げ
8	① 25.0	② 24.8	② 12.4	③ 17.1(-41.8)	外荷重先行 2 方向曲げ
9	③ 50.0	② 7.4 ⑤ 22.0	—	① 20.3(-49.8) ④ 22.7(-55.5)	内水圧先行 1 方向曲げ
10	③ 50.0	② 10.8 ⑤ 29.2	② 5.4 ⑤ 14.6	① 20.3(-49.8) ④ 23.0(-56.3)	内水圧先行 2 方向曲げ
11	① 50.0	② 36.0	—	—	破壊実験 1 方向曲げ

*) () の数値は水圧による発生軸力(—は引張)、○の数字は載荷順序

図－2から分かるように、外荷重のみのケース1の場合と、ケース1に内水圧による引張力も作用させたケース5の場合とも、変形および曲げモーメントの実験値とはりーばねモデルによる解析値はほぼ一致している。さらに、ケース5と内外圧の載荷順序を入れ替えたケース9についても、実験値と解析値は概ね一致しており、載荷順序によらず結果はほぼ等しくなることが分かった。また、二方向に曲げ荷重を載荷した実験ケースについても、同様の結果が得られた。

実験終了後、各載荷治具を撤去してセグメント内外面のひびわれ調査を行った。主要なひびわれは、ほぼ配力筋間隔である16cmピッチで発生しており、集中することなく適度に分散していた。これらの実験結果から、以下のことが確認された。

- ①リングロックセグメントの変形性能および曲げモーメント分布は、はりーばねモデル解析により評価できる。
- ②設計では自重、外荷重、内水圧を個別に計算して重ね合せてもよい。
- ③発生したひび割れは十分に分散しており、集中は見られなかった。

4. おわりに

今回実施した実応力レベルでのリング載荷実験の結果、軸引張力の作用する内圧対応セグメントとして、リングロックセグメント構造が十分に成立することが実証された。また、リング全体構造系の変形および断面力は、はりーばねモデルを用いた設計により評価できることが確認された。

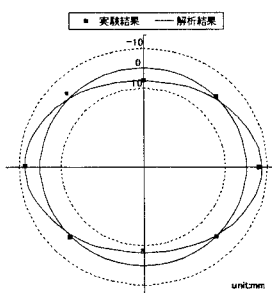
なお、今回のリング載荷実験および関連する各種継手性能確認実験は、(財)先端建設技術センター：内圧トンネル覆工構造設計要領(案)；

平成7年3月および同：実験要領(案)；平成7年4月に準じ実施した。

- 【参考文献】 1) 斎藤正幸、他：インターロッキングセグメントの開発について、土木学会第50回年次学術講演会概要集Ⅲ pp.1226～1227
2) 秋場忠彦、他：内圧トンネルの設計法について、土木学会第50回年次学術講演会概要集Ⅲ pp.1344～1345
3) 秋場忠彦、他：内圧対応型セグメントの研究・開発、トンネルと地下、1996.12
4) ガン ブンタラ ステラー、他：リングロックセグメントの設計法、土木学会第52回年次学術講演会、投稿中

ケース1：外荷重のみ載荷

軸力 $N=50.0\text{tf} \rightarrow P_v=22.0\text{tf}$

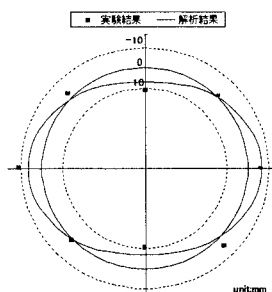


【変 形】

【曲げモーメント】

ケース5：外荷重先行載荷 後 内水圧載荷

軸力 $N=50.0\text{tf} \rightarrow P_v=22.0\text{tf} \rightarrow$ 内水圧 $P_w=30.0\text{tf/m}^2$



【変 形】

【曲げモーメント】

図－2 変形および曲げモーメント