内圧を作用させたリング載荷試験時における 4分割3ヒンジ構造セグメントの挙動について

ジオスター（株）　正会員　○　宇田川徳彦
東京都下水道局　前田　正博
東京都下水道局　串山宏太郎
（株）熊谷組　北野　良典
佐藤工業（株）　正会員　桐谷　祥治

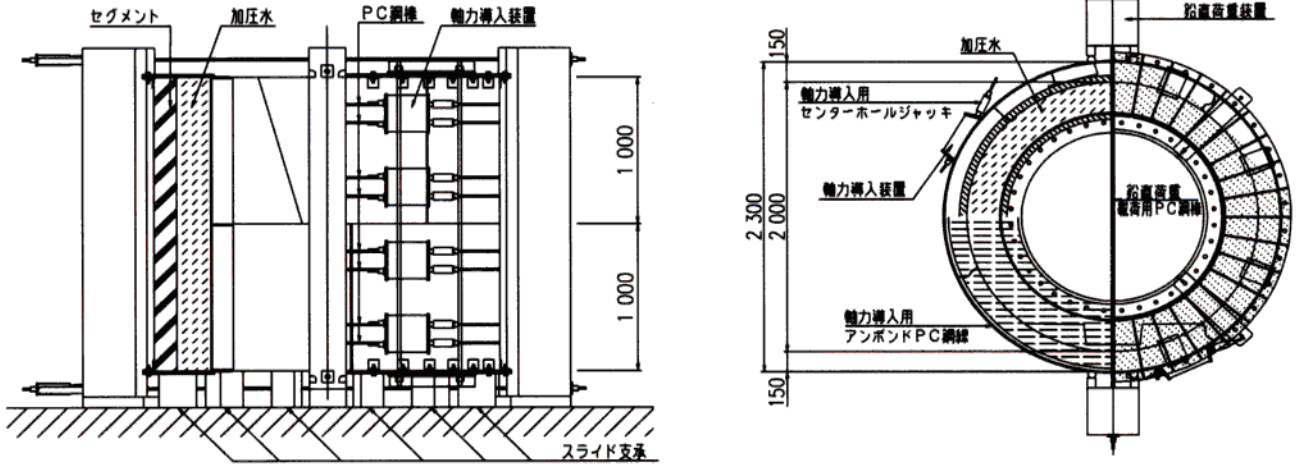
1. はじめに

下水道管渠では、伏せ越し管や内圧管のように内圧が常時作用する管渠以外に、異常降雨時などによって満管状態となり短期的に内圧が作用する状態や、近接施工の影響によって一時的に荷重のバランスが崩れる状態が想定される。コンパクトシールド工法は4分割 3 ヒンジ構造セグメントを採用しており、これは外圧に対しては安定した構造となるが、前述の荷重状態におけるリングの挙動などについては明らかにされていない。そこで本研究は千鳥組された3ヒンジ構造においてこれらの影響を把握するため、外荷重および内圧を作用させたリング載荷実験を実施した。本稿はその結果について報告するものである。

2．内圧載荷実験概要

（1）供試体　供試体は、「台東区三筋二丁目、鳥越二丁目付近再構築工事」（以下、本工事と記す。）に使用したセグメント（外径 2300 ㎜、厚さ 150 ㎜、幅 1000 ㎜）を用い、2 リング千鳥組とした。

（2）実験装置　図－1に実験装置の概要を示す。実験装置は、軸力、鉛直荷重および内圧載荷装置から構成されている。内圧はセグメントの内側に設置した反力リングの間に直接注水し、加圧することにより作用させた。



図－1　実験装置

（3）載荷ケース　載荷ケースは、本工事の試設計条件による正および負の最大曲げモーメントを作用させ、内圧レベルとして、本工事の管頂高の水頭差相当：17.5 kN/m²（ケース①、③）、土被り相当：66.8 kN/m²（ケース②、④）および土被り 1.5 倍相当：90.0 kN/m²（ケース⑤）の3種類を基本とした。また、載荷ケース⑥、⑦の導入軸力はケース②の状態から、鉛直荷重一定で軸

表－1　載荷ケース

載荷ケース	導入軸力 (kN)	鉛直荷重 (kN)	内圧 (kN/m²)	内圧による軸引張力 (kN)	備考
①	173	55.5	17.5	37.6	試設計の正の最大曲げモーメント発生時相当
②	173	55.5	66.8	143.6	
③	249	69.0	17.5	37.6	試設計の負の最大曲げモーメント発生時相当
④	249	69.0	66.8	143.6	
⑤	173	55.5	90.0	193.5	土被りの1.5倍相当の内圧
⑥	155	55.5	66.8	143.6	クラウン部の軸力がゼロ
⑦	127	55.5	66.8	143.6	AK間ヒンジ部の軸力がゼロ

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、内圧
連絡先　：〒108-0014 東京都港区芝 4-2-3 ジオスター（株）TEL03-5232-1412　FAX03-5232-2571

力を徐々に除荷した時の値を事前解析により求め設定した。

3．実験結果

（1）内圧を受けるリングの挙動

図－2、3に試設計荷重作用時（載荷ケース①～⑤）のリングの変位量を示す。各ケースともに理論値に比べ変位量は小さい値であり、最大で0.3mm程度となった。変位分布の傾向も理論値と同じであることから、内圧が作用した場合でも、3ヒンジ構造として挙動することが確認できた。また、載荷ケース⑤では内圧により、導入軸力がほぼキャンセルされるため、鉛直変位は減少した。一方、水平変位については増加した。

（2）ナックル継手部の挙動

図－4に載荷ケース④における鉛直荷重とナックル継手の回転角の一例を示す。実測値は荷重の増加にともない理論値とほぼ同様な傾向を示しており、ナックル継手は正常なヒンジとして挙動している。

（3）ナックル継手部の止水性能

図－5に軸力と各継手部の目開き量を示す。試設計荷重が作用する載荷ケース②（軸力が最小、土被り相当）の状況下でもナックル継手部からの漏水は見られず、さらに、載荷ケース⑤（軸力が最小、土被り1.5倍相当の内圧）が作用しても漏水は確認されなかった。載荷ケース⑥、⑦において、鉛直荷重を一定として軸力のみを除荷していき、管頂部（AK間ヒンジ部）の軸力がゼロを下回り、ナックル継手部の目開きがシール材の許容設計目開きである1.0mmを越えた時点で初めて漏水が確認された。以上からシール材の許容目開きの範囲内であれば十分な止水性能を有していることが確認された。

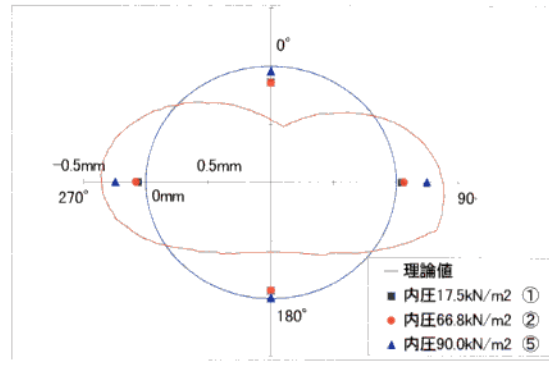
4．おわりに

外荷重および内圧を作用させたリング載荷実験により、以下のことが確認された。

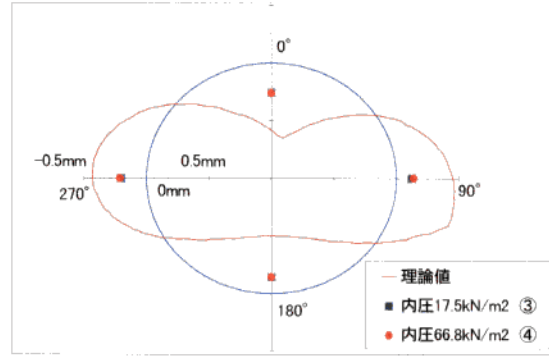
（1）今回の載荷条件は通常想定されるよりも厳しい状況を設定したものであり、そのような状況下でも、リングの安定性が確認できた。

（2）土被り1.5倍相当の内圧が作用した状態（試設計の土被りは6mであるから、地表から3m水位が上昇した状態）でも、ナックル継手部の止水性能を有することが確認された。

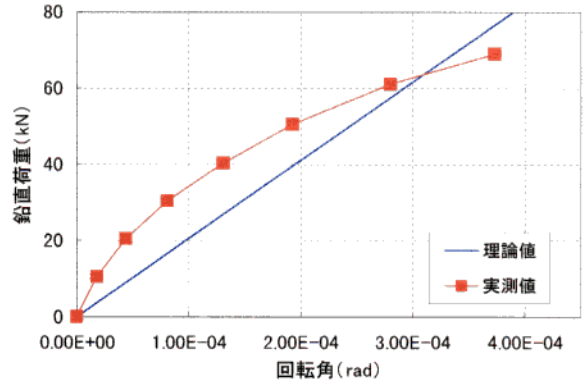
今後は、この結果に基づいて、荷重がアンバランスになった状況などへの適用性について検討していく予定である。



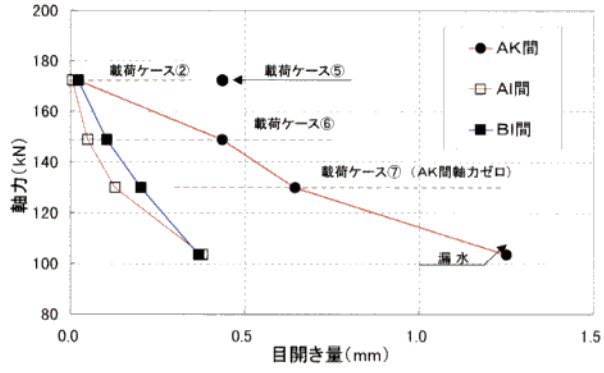
図－2 リング変位量（正曲げ、下段）



図－3 リング変位量（負曲げ、下段）



図－4 ナックル継手回転角（AK間、下段）



図－5 各ナックル継手部目開き

［参考文献］

田中・焼田 他：溝付き二次覆工一体型セグメントの載荷試験；第56回年次学術講演会 2001.10

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