

幅拡大セグメントの応力分布確認試験

飛島建設株式会社 正会員 望月 崇 *

飛島建設株式会社 正会員 寺澤 正人 **

日本鉄道建設公団 城内 康行 ***

飛島建設株式会社 清水 功 **

1. はじめに

近年シールド工事においては、セグメント幅を従来の0.75~1.0mから1.2~1.5mに拡大したセグメントを採用する工事が増加する傾向にある。

臨海副都心線「天王洲T」工事において、工事費の縮減を図るためにRCセグメント区間で1.5m幅のセグメントを採用し施工を行った。このセグメントは外径7.1mに対してセグメント厚さが300mmと薄く、過去の研究事例¹⁾²⁾等よりリング間接合部付近に応力集中の影響が顕著に現れる可能性が高いことが想定された。

このため、事前に、実施工に用いるセグメントを千鳥組に組み立てた上で曲げ試験を行うことにより、曲げ耐力の確認およびリング間接合部付近に発生する応力の集中の程度を把握し、セグメントの安全性を確認した。本報告は、その結果について報告するものである。

2. 試験の目的

本試験は、幅1.5mの実物大セグメントを用いた添接曲げ試験を行い、セグメントの曲げ耐力を確認するとともに、リング間接合部付近に発生する応力集中の程度を把握して、セグメントの安全性を確認する事を目的とした。併せて、継手ボルトの初期締め付け力の施工管理基準を求める際の判断資料とするため、継手ボルトの初期締め付け力の違いによるセグメントリングの変形特性の変化を把握することとした。

3. 試験の概要

図1に試験装置の概要図を示す。供試体は実施工で使用するものと同じものを用い、Aセグメントを2ピース分連結したものを3リング千鳥組に組み立て、支承部を両端可動として、分布荷重による2点載荷正曲げ試験を実施した。表1にセグメントの諸元を、表2に試験ケースを示す。

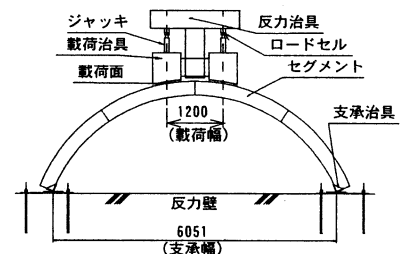


表1 セグメントの諸元

項目	寸法
外径	7100mm
内径	6500mm
セグメント厚さ	300mm
幅	1500mm
コンクリート設計基準強度	48N/mm ²
鉄筋	SD345
横断方向鉄筋(主筋)配置	圧縮側:D16×3+D13×4+D16×3 引張側:D16×3+D13×4+D16×4
セグメント継手形式	高剛性継手

表2 試験ケース

ケース名	初期ボルト締付割合(対許容値%)		最大載荷荷重 kN/1Ring当り	載荷パターン
	セグメント継手	リング継手		
CASE-1	60	80	35	添接リング載荷
	80	80	35	添接リング載荷
	100	80	35	添接リング載荷
CASE-2	80	80	破壊荷重まで	全リング載荷

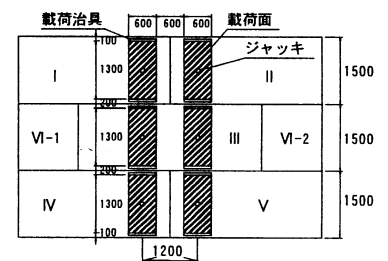


図1 試験装置概要図

キーワード：シールドトンネル、セグメント、セグメント幅拡大、応力分布

連絡先：* 飛島建設(株)東京土木支店

東京都港区港南4-7

TEL 03(5769)0855

** 飛島建設(株)土木事業本部

東京都千代田区三番町2番地

TEL 03(3288)6507

*** 日本鉄道建設公団東京支社品川鉄道建設所

東京都品川区南品川3-2-7

TEL 03(5954)5230

4. 試験結果

4.1 継手ボルトの初期締め付け力の影響度

図2にCASE-1における荷重と変位（中央リングのスパン中央のたわみ）の関係図を示す。

セグメント継手の初期ボルト締め付け力がボルト許容値の80%以上であればセグメントリングの変形特性に影響を与えず変化しないことが確認された。また、初期ボルト締め付け力を許容値の80%以上とした時の荷重－変位ループのほぼ中央を、はりばねモデルを用いた事前解析から得られる荷重－変位直線が通ることが確認された。

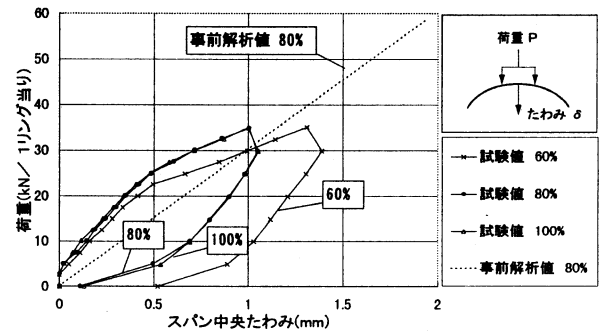


図2 荷重-変位曲線
(図中の%はセグメント継手ボルトの初期締め付け力の許容値に対する割合)

4.2 セグメントの曲げ破壊耐力

破壊荷重まで載荷したCASE-2におけるセグメントリングの曲げ破壊時荷重（178kN/リング）は、設計許容荷重値（47kN/リング）に対して約3.8倍であり、十分な曲げ耐力を確保している事が確認された。

4.3 応力集中度 α , γ

横断方向鉄筋の応力度計測値より中央リング断面内各点の横断方向曲げモーメントを計算し、添接リング載荷時(CASE-1)の応力集中度 α および全リング載荷時(CASE-2)の応力集中度 γ を下式により算定した。

$$\alpha_i = M_i / M_{ave} \quad \begin{array}{l} \alpha_i : \text{添接リング載荷時の各点の応力集中度} \\ M_i : \text{添接リング載荷時の各点の横断方向曲げモーメント} \\ M_{ave} : \text{添接リング載荷時の断面内各点の横断方向曲げモーメントの平均値} \end{array}$$

$$\gamma_i = M_i / M_{ave} \quad \begin{array}{l} \gamma_i : \text{全リング載荷時の各点の応力集中度} \\ M_i : \text{全リング載荷時の各点の横断方向曲げモーメント} \\ M_{ave} : \text{全リング載荷時の断面内各点の横断方向曲げモーメントの平均値} \end{array}$$

図2, 図3に試験結果の一例として、曲げひび割れ発生前における応力集中度 α 分布及び γ 分布を3次元シェルばねモデルによる事前解析結果と合わせて示す。

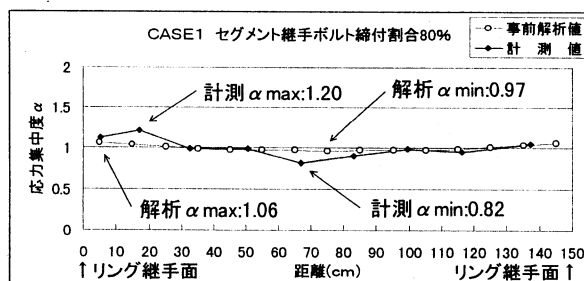


図2 応力集中度 α 分布図

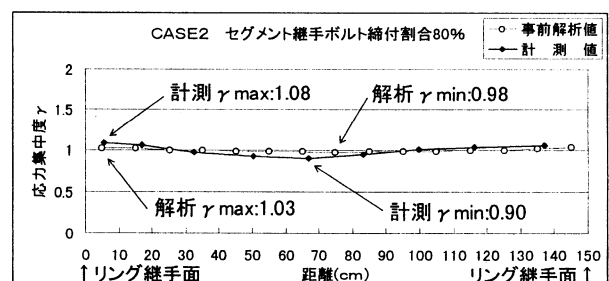


図3 応力集中度 γ 分布図

応力集中度 α , γ はリング間接合部近傍で大きくセグメント中央部で小さいという傾向を示した。土中での荷重状態に近い状態にあるCASE-2の γ は両リング継手面側から発生した曲げひび割れの進展中に大きくなり、ひび割れの全断面貫通とともに小さくなった。その最大値は1.2程度、最小値は0.9程度であったが、これら γ 値を用いてセグメントを再照査し安全性を確認した。また、事前解析値と試験値には差が生じた。これより3次元シェルばねモデル解析は、断面内における応力集中の傾向を予測解析する手段としては有効であるが、定量的に応力集中度を算定するには、さらなる研究やモデルの改良が必要であると判断された。

5. おわりに

本研究では、室内試験で幅1.5mセグメントの応力集中度を確認し、安全性を検証した。現在、実施工において応力集中度の現場計測を実施しており、室内試験結果との比較等による検証を行う予定である。

¹⁾ 久保, 町田, 中村他: 平板型セグメント (厚さ40cm) の幅拡張の考察 土木学会第49回年次学術講演会講演概要集(III)

²⁾ 鈴木, 山崎, 町田: 常磐新線の工事費縮減に向けて トンネルと地下 第29巻6号