

Ⅲ－B 97 ほぞ付きセグメントのセグメント幅拡大に向けた計測・解析（その1）

中部電力 正会員 大屋 顕*
 中部電力 正会員 中山 元*
 中部電力 正会員 南川昭夫*
 飛島建設 正会員 寺澤正人**
 飛島建設 正会員 北 倫彦**

1. はじめに

近年、シールド工事におけるコストダウン、高速施工を目的として、種々のタイプのセグメント構造や継手構造が考案され実構造物に適用されている。中部電力（株）桑名地区洞道新設工事（第2工区）においても従来セグメントに比べ継手構造を簡略化したほぞ付きセグメントを採用したが、国内のほぞ付きセグメントの施工実績は未だ少なく、地盤内での実挙動データを計測した事例もわずかなため、我々は前報¹⁾にて報告した計測計画を立案し計測を実施した。これまでこの計測結果と、ほぞ付きセグメントの主設計解析モデルである「はりばねモデル」による解析結果の比較により、現行設計解析法の妥当性を検証するとともに、より現実の現象を表現することが可能な解析モデルを探求してきており、本稿ではこれら検討結果の一部を報告する。なお、さらなるコストダウンを目的としてセグメント幅の拡幅化を計画しており、セグメント幅拡幅後の挙動を「3次元シェルばねモデル」により予測解析することとし、その際のモデル化にここでの検討結果を反映するものとした。（これらの検討結果は続報「その2」「その3」に示す。）

2. 計測・解析対象セグメント概要

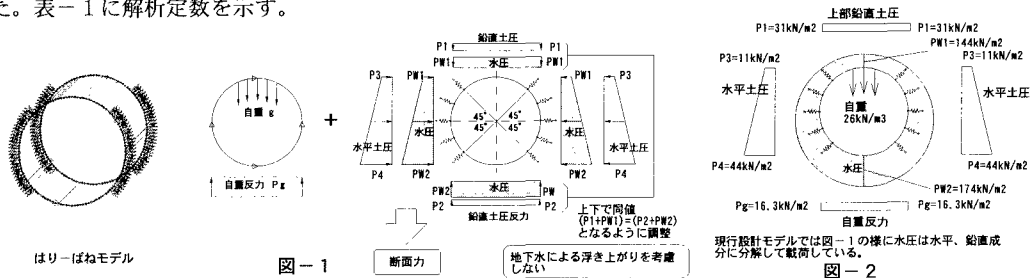
セグメント構造：ほぞ付き遠心成形セグメント 外径φ 5,000mm 桁高 200mm 幅 1,200mm

設計基準強度 $\sigma_{ck}=42\text{N/mm}^2$ 鉄筋 SD345

地盤条件：洪積砂礫（N値 50 以上）地盤反力係数 $k=50\text{MN/m}^3$ 土被り 19.5m 理論水圧 155kN/m^2

3. 現行設計解析モデルの検証

一般にほぞ付きセグメントの設計では、図－1に示す様な荷重載荷法および境界条件の下に、セグメント継手において、自重に対しては組立ボルトの剛性、土水圧に対してはLeonhardt らの Betongelenke に基づく荷重偏心率を考慮した回転ばねを配置し、また、リング継手にはシアストリップの剛性による半径方向せん断ばねを配置した「2リングはりばねモデル」により、自重に対する断面力と土水圧に対する断面力を個別に求めこれらを最終的に加算して設計断面力を求める。検討の第1段階として、これら現行設計解析モデルの検証を行うために、解析より得られる解析断面力と計測断面力を比較した。解析では計測開始から1ヶ月後の計測土水圧から図－2に示すように荷重を整理した上で、図－1に示す載荷方法に従って載荷した。表－1に解析定数を示す。



キーワード：シールドトンネル、ほぞ付きセグメント、覆工設計、はりばねモデル、セグメント幅拡大

*名古屋市中熱田区横田二丁目3番24号 中部電力（株）中央送変電建設所地中線土木課 TEL 052-682-4534

**東京都千代田区三番町2番地

飛島建設（株）土木事業本部土木設計部 TEL 03-3288-6516

図-3には解析による曲げモーメントと計測値から求められた曲げモーメントの分布比較図を示す。これによると解析値の分布形と計測値の分布形には差があるものの、解析値は計測値の最大値をほぼとらえていることがわかり、現行設計解析モデルを用いた解析で、設計上は問題ないものと考えられる。

表-1

項目	解析定数値
セグメント継手回転ばね定数(自重 載荷時)	0.46MN・m/rad
セグメント継手回転ばね定数(土水 圧載荷時)	17MN・m/rad (Leonhardtの理論式の第一 領域値)
リング継手せん断ばね定数	24MN/m (シェアストリップの圧縮剛性 試験値の2倍の値より)
コンクリート弾性係数	33.7kN/mm ² (弾性係数試験値)

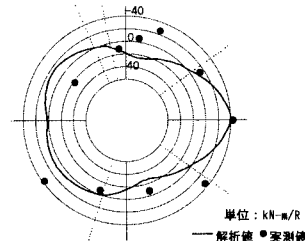


図-3

4. より正確に実現象を表現することが可能な解析モデルを求める為のフィッティング解析

計測断面力分布をより正確に再現するため、「荷重載荷法」「地盤境界条件」をパラメータとするフィッティング解析を実施した。ここではこれらフィッティング解析結果の一例として以下のケースの結果を示す。

CASE-1 自重及び土水圧同時載荷（水圧は等方等圧的に載荷）し、半径方向に Muir Wood, A.M. の理論解に基づき裏込注入の影響を考慮した地盤ばねを配置（図-4）

CASE-2 「鉄道構造物等設計標準・同解説 シールドトンネル」²⁾ に示されるモデル（図-5）

CASE-3 CASE-1 にさらに接線方向に半径方向地盤反力係数×1/3の地盤ばねを配置したモデル

これらのケースの解析による曲げモーメントと計測曲げモーメントの分布比較図を図-6に示す。これらより CASE-1 が分布形の一致性が最も良く、また、解析最大値は計測最大値をほぼとらえており、実構造物の挙動をうまく表現できるモデルであると考えられる。

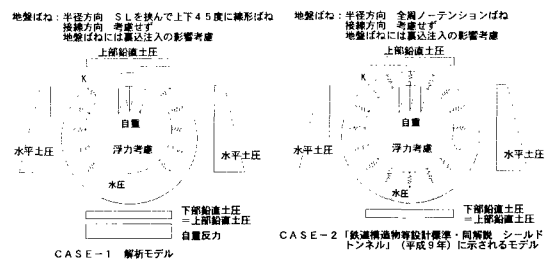


図-4

図-5

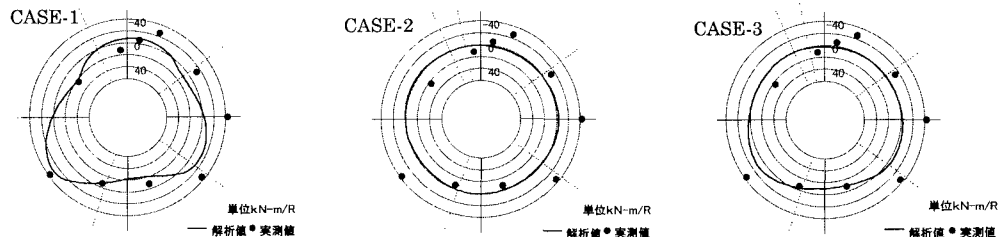


図-6

5. まとめ

現行設計解析モデルの解析最大値は実断面力の最大値をとらえることができ、これを用いて設計を行っても問題はない。また以下のモデルにてより正確に実現象を再現することが可能であることがわかった。

荷重載荷法：自重と土水圧は同時載荷、水圧は等方等圧的載荷、浮力を考慮する。

地盤境界：裏込注入を考慮した半径方向地盤ばねをスプリングラインを挟んで上下4.5度範囲に配置し、接線方向地盤ばねは考慮しない。

1) 「ほぞ付きセグメントの適用拡大に向けた計測計画」 土木学会第53回土木学会年次学術講演会講演概要集第3部（B） p.p282

2) 「鉄道構造物等設計標準・同解説 シールドトンネル」（平成9年7月）