

リングシールド工法の開発（その7）

—— セグメント本体の曲げ実験について ——

住友金属工業(株) 正会員 岩橋 正佳 日本国土開発(株) 正会員 二宮 康治
(株)銭高組 正会員 鶴岡 胤英 早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

近年、都市部を中心に地下空間の有効利用に対するニーズが高まっている。リングシールド工法研究会では、道路・鉄道等を対象とした任意形状の大断面トンネルを効率的かつ安全に構築するリングシールド工法^{1) 2)}を開発中である。本工法は、トンネル外郭部をリング状のシールドマシンで先行掘削して一次覆工（セグメント）を構築し、その後、内部地山を掘削してトンネルを完成させる新しいシールド工法である。任意形状の大断面トンネルをターゲットにしたリングシールド工法の覆工材には、大きい断面力が作用するため、優れた断面性能を有する合成構造のセグメントが最も有力と考えられる。

本研究は、平成5年度に実施したセグメントの試作試験および組立試験に引き続き、セグメントの構造ならびに設計法の確立を目的として、一連の載荷実験を行い、その耐荷変形特性を検討するものであり、その中で本報告は、セグメント本体構造の基本性能を確認するための、セグメント本体曲げ実験結果について述べている。

2. セグメント本体構造の概要

図1に示すとおり、本工法のセグメントはリング部と作業坑部に分かれている。本研究の対象としたのはトンネルの主構造を形成するリング部のセグメントである。リング部には発生断面力および作業坑内での組立作業性から、高強度でかつ軽量のセグメントが望ましい。これらの要求を満たすため、セグメントは、トンネル円周方向に中空部を設けたボックス型の鋼とコンクリートの合成構造とした。セグメントの概要を図2に示す。なお、作業坑部はリング部セグメントの搬入・組立作業や土砂の搬出などを行う空間として利用する。

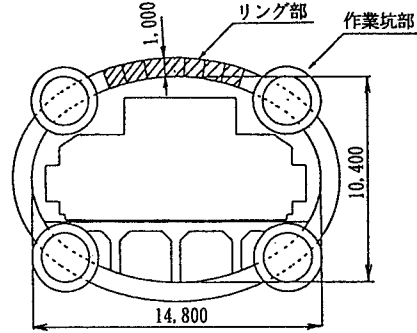


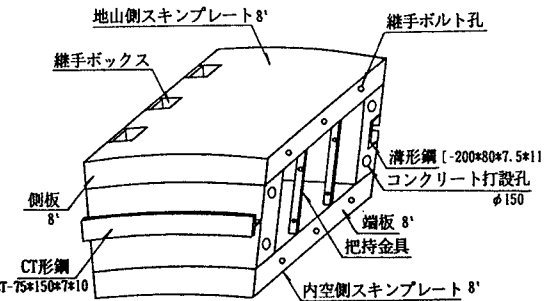
図1 トンネル断面(3車線道路)

3. 実験概要

実験に用いた供試体は、本工法を横楕円形状の3車線道路トンネルに適用した試設計結果から得られた実物大のセグメントの単体（セグメント厚さ1000mm×幅1500mm×弧長1000mm：鋼殻部重量0.7t、コンクリート重量1.9t、合計2.6t）7ピース（図1の斜線部）を円周方向に溶接で接合し、スキムプレート、側板等の鋼殻部材を連続化したセグメント群とした。供試体の種類は、表1に示すとおり、スタッドジベルの配置を変えた2種類とした。また、使用した主な材料としてコンクリート部は、圧縮強度が430kgf/cm²、鋼殻部はSM490材を用いた。載荷方法は、図3のとおり鉛直方向に設置した1000tfの油圧ジャッキによる2点載荷とし、内空側スキムプレートが降伏点付近に至るまで載荷した。なお、供試体A-1については、鉛直方向荷重(曲げモーメント)のほかに水平方向荷重(軸力)を同時に導入し、設計M-Nインターアクションカーブ上の断面力が生じるよう載荷し、設計断面力におけるセグメントの性能を検討した。

表1 供試体の種類

種類	スタッドジベルの配置位置
A-1	全鋼殻内に設置
A-2	側部以外の鋼殻内に設置



注)鋼殻内部にコンクリートを充填する
図2 セグメント本体構造

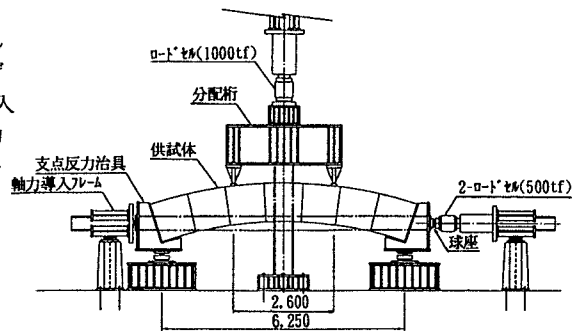


図3 載荷方法

4. 実験結果

(1) 荷重と中央変位との関係

A-1供試体に軸力を導入し、曲げ載荷を行った結果得られた断面力と中央変位との関係を表2に示す。また、A-1、A-2供試体の鉛直方向荷重のみによる曲げ載荷実験結果から得られた荷重と中央変位との関係を図4に示す。なお、図中に記した計算値とは、セグメント鋼殻部を等価な断面を有する鉄筋に置き換えたRC理論により算出したセグメント本体の変形特性である。表2より、セグメント本体の各部材が許容応力度となる、M-Nインターラクショーカーブ上の各断面力において実験値の変形が計算値に比べ若干大きいものの両者はほぼ一致し、また、図4より、設計荷重300tfまで実験値は計算値とほぼ一致する挙動を示すことがわかる。さらに、本実験のパラメータである本体側部の鋼殻内部に配置したスタッドの有無による影響は設計荷重までほとんど見られず、その後の載荷においても側部にスタッドのないA-2供試体は、A-1供試体に比べ、若干の剛性低下を示すに留まった。

(2) 荷重とスキンプレートのひずみとの関係

荷重とスキンプレートのひずみとの関係を図5に示す。A-1、A-2供試体ともに曲げ引張側である内空側スキンプレートのひずみはセグメント中央部より両端部の方が大きな値を示した。これは、セグメント本体の断面がボックス構造であり、本体側部から応力が伝達されるため両端部の方が中央部より大きな値を示したものと考えられる。これに対し、圧縮側である地山側スキンプレートに関しては中央部、両端部ともにほぼ同等なひずみを示していた。

(3) 荷重と側板のひずみとの関係

A-1供試体の荷重と側板のひずみとの関係を図6に示す。曲げ引張側のコンクリートひび割れ等の影響により若干の乱れがあるものの、いずれも設計荷重300tfおよび降伏荷重520tf載荷時の中立軸位置は変化せず、その時のひずみの分布は、本体全鋼殻部を考慮したRC理論による計算値とほぼ一致した。

(4) スキンプレートとコンクリートとはく離量

側板にスタッドを有するA-1供試体については設計荷重300tfまではく離は全く生じなかった。また、A-2供試体は荷重100tf付近ではく離が発生したが、その値は設計荷重300tfで0.1mm以下の小さな値であった。

5. おわりに

今回の実験結果から、降伏荷重レベルまではリング部セグメント本体の変形および各部材の応力は、本体の全鋼殻部を考慮したRC理論で説明でき、鋼板とコンクリートとはく離量も小さいことから、セグメント本体は合成構造としての特性を有しているものと評価できる。このことから、本セグメントはRC理論による設計法を適用でき、実用上十分な耐力・剛性を有していることがわかった。なお、本研究は、リングシールド工法研究会〔五洋建設(株)、住友建設(株)、(株)銭高組、東急建設(株)、日本国土開発(株)、不動建設(株)ならびに三菱重工業(株)、住友金属工業(株)〕の共同研究の一部として実施したものである。

【参考文献】

- 1) 毎田、鶴岡、金子ほか：リングシールド工法の開発(その1～3)土木学会第48回年次学術講演会概要集第6部P. 216～221, 1993. 9
- 2) 鳥海、岩橋、浅上ほか：リングシールド工法の開発(その4～6)土木学会第49回年次学術講演会概要集第6部P. 418～423, 1994. 9

表2 断面力と中央変位との関係

軸力 : N (tf)	曲げモーメント : M (tf・m)	中央変位(mm)	
		実験値	計算値
200.0	353.2	5.71	5.56
400.0	395.0	6.54	6.31
600.0	345.0	5.74	5.62

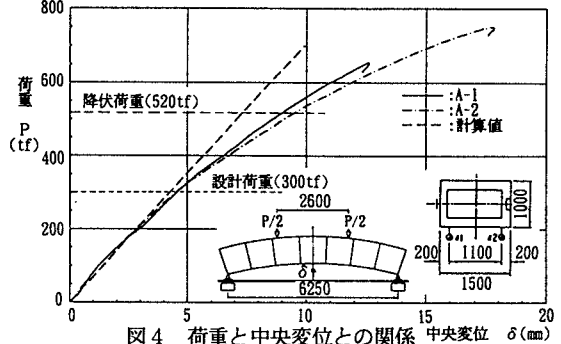


図4 荷重と中央変位との関係

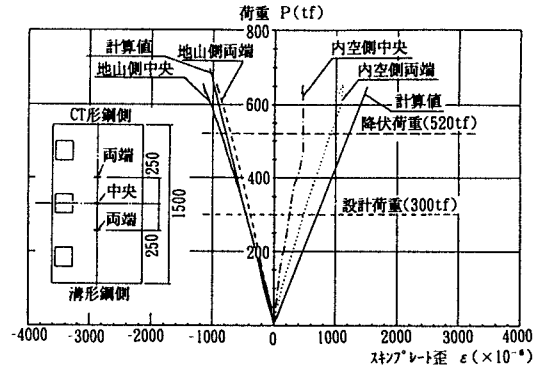


図5 荷重とスキンプレートのひずみとの関係

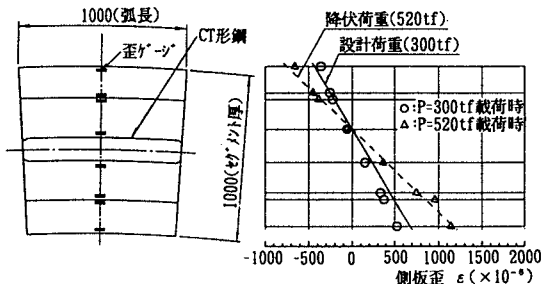


図6 荷重と側板のひずみとの関係