

コンクリート中詰型合成セグメントの開発

新日本製鐵株式會社 正会員 ○ 中島 正整 三宅 正人
今福 健一郎 広沢 規行

1. はじめに

これまでに、鋼製セグメント工業会は二次覆工省略型コンクリート中詰鋼製セグメントを開発している。二次覆工省略型コンクリート中詰鋼製セグメントは、小口径トンネル（外径φ2000mm程度）では鋼殻と中詰コンクリートが合成構造として挙動しているとの報告¹⁾があるが、中～大口径トンネルでは合成構造挙動が安定して発揮されず、一般的には中詰コンクリートを無視し、鋼殻のみを耐荷構造（非合成構造）と見なしている。そのため、地盤条件・トンネル径によっては不経済な設計となるケースもあり、近年のシールドトンネル規模の拡大傾向も相まって、トンネル径に拘らず合成挙動を安定して発揮し得るより合理的なセグメントの開発が課題となっていた。

当社では、上記のような状況を勘案し、トンネル径に拘らず合成構造設計が可能なコンクリート中詰型合成セグメントを開発した。本稿では、その構造概要と単体載荷試験結果について報告する。

2. 構造概要

コンクリート中詰型合成セグメントは図-1 に示すように、①主桁・継手板・スキンプレートにより構成される鋼殻、②中詰コンクリート、③「く」型縦リブにより構成される。土水圧などの外圧がセグメントに作用した際に、②中詰コンクリートと③「く」型縦リブの間にトンネル半径方向の(ア)くさび効果、(イ)機械的せん断伝達効果、トンネル周方向の(ウ)ずれ止め効果が働き、①鋼殻と②中詰コンクリートを一体化、合成構造設計が可能となる。小口径トンネルでは(ア)による鋼殻—中詰コンクリート間の荷重伝達機能のみで合成構造設計が可能となるが、本セグメントは(イ)によりトンネル径に拘らず合成構造設計を実現している点が特徴である。

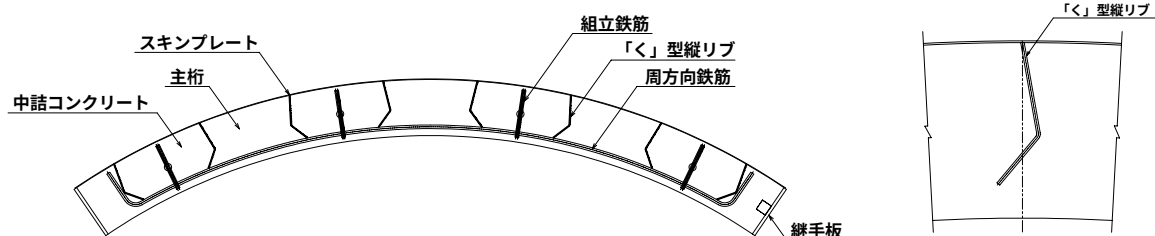


図-1 コンクリート中詰型合成セグメント構造概要図

3. 平板載荷試験 —試験概要—

本試験は、コンクリート中詰型合成セグメントの本体部耐荷性能の確認を目的として実施した。図-2 に試験体概要図を、図-3 に載荷概要図を示す。試験は広幅平板試験体を用いて、局所面圧載荷（水圧バック強度まで）、2線載荷（終局まで）の順に2種類の載荷試験を実施した。

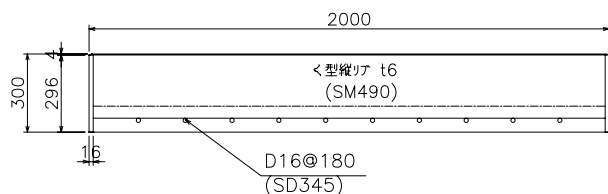


図-2 平板試験体 主断面図

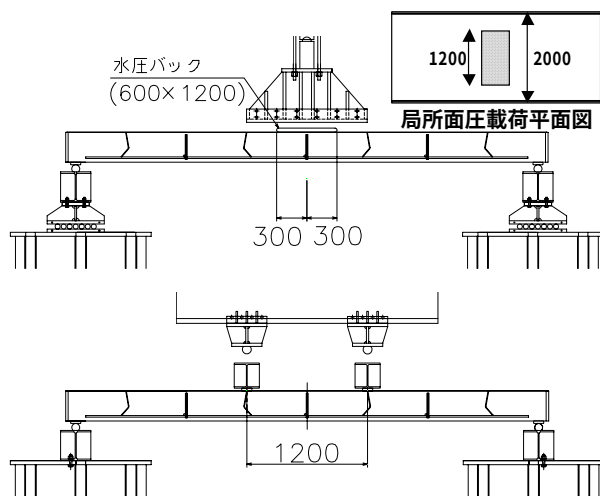


図-3 載荷概要図

キーワード シールドトンネル覆工 コンクリート中詰鋼製セグメント 合成セグメント 局所面圧
連絡先 〒100-8071 東京都千代田区大手町二丁目6番3号 tel: 03-3275-6973

4. 平板載荷試験 —試験結果—

本セグメントの構造解析は、①主桁を鉄筋に換算、②コンクリートは全幅有効（引張側無効）、③スキンPLは片側 $25t_s$ (t_s : スキンPL板厚) 有効としたRC断面（以下「構造モデル」と記す）として行っている。本稿では構造解析結果と試験結果の比較に着目して報告する。なお、本試験における構造解析で用いた材料物性値は試験体の実測値であり、表-1に規格値と実測値を記載する。

表-1 材料試験値

	鋼 (SM490)		鉄筋 (SD345)		コンクリート	
	降伏強度	引張強度	降伏強度	引張強度	圧縮強度	静弾性係数
	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	($\times 10^4$ N/mm ²)
規格値	325	490	345	490	42	3.3
実測値	387	525	387	559	65.8	4.102

(1) P- δ 関係

局所面圧載荷及び2線載荷試験による載荷荷重と試験体鉛直変位の関係を図-4に示す。終局状態においても耐力が低下することなく高い変形性能を示しており、優れた靱性を有していることが分かる。

(2) M- ϕ 関係

載荷荷重から算出した試験体中央部の発生曲げモーメントと試験体ひずみから算出した試験体中央部の曲率の関係を図-5に示す。2線載荷では構造解析によるM- ϕ 計算結果と試験結果は良い一致を示している。局所面圧載荷では試験結果による剛性が若干高めに出ているが、これは面圧載荷ではスキンPLが片側 $25t_s$ 以上の範囲が耐荷部材として機能しているためと思われる。

(3) ひずみ分布と中立軸位置

周方向ひずみの桁高方向分布を図-6に示す。ひずみ分布より算出される中立軸位置と構造解析から算出される中立軸位置はほぼ一致している。また、面圧載荷結果では主桁ひずみよりも鉄筋ひずみの方が大きな値を示しているが、これは局所載荷荷重に対して板として抵抗したためと思われる。

5. おわりに

今回、コンクリート中詰型合成セグメントを開発し、平板載荷試験により以下の性能を確認した。

- ① 「く」型縦リブの採用により、トンネル径に拘らず合成構造設計が可能である。
- ② 構造モデルにより耐力、変形性能を精度よく推定することが可能であり、十分な変形性能を有する。

コンクリート中詰鋼製セグメントは鋼殻で覆われているため、セグメント隅角部の割れ・欠け等の発生確率が極めて低く、また本体部の漏水リスクも極小となる高品質なセグメントである。今回開発したコンクリート中詰型合成セグメントは、その長所を活かしたまま、より合理的な構造設計がトンネル径に拘らず可能となるセグメントである。

最後に、本セグメントの開発に当たり、早稲田大学小泉先生に多大なるご指導を賜った。この場を借りて厚く御礼申し上げる次第である。

＜参考文献＞ 1) コンクリート中詰め鋼製セグメントの設計法の提案 土木学会第49回年次学術講演会

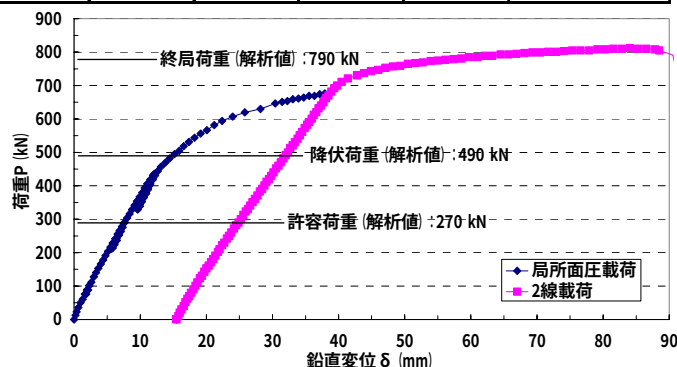


図-4 P- δ 関係図

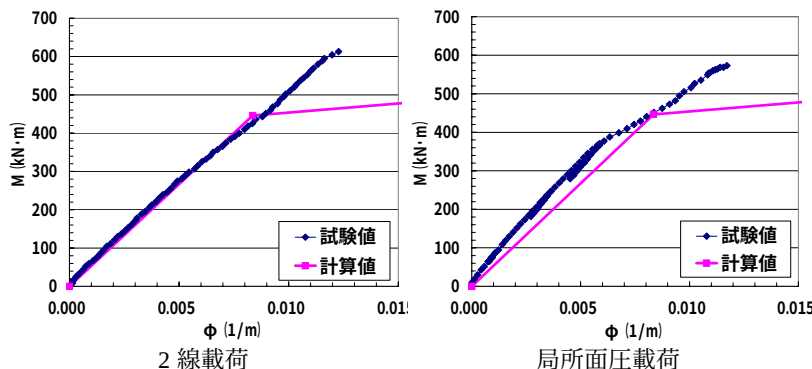


図-5 M- ϕ 関係図

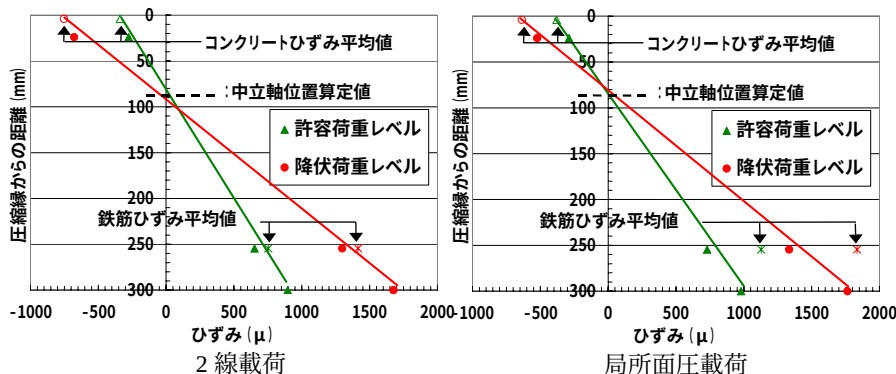


図-6 ひずみ桁高方向分布図