嵌合方式合成セグメントの広幅化について－線載荷試験結果報告

新日本製鐵株式会社　正会員　　○中島正整　佐田　崇
三宅正人　石田宗弘

1.　はじめに

当社はシールドトンネルセグメントとして，二次覆工省略型嵌合方式セグメント（以下 NM セグメント）の開発に取り組んでいる．NM セグメントの主な特徴は，①鋼－コンクリート合成構造であるため，高耐力薄肉セグメントである，②嵌合構造による高耐力・高止水構造である，③ボルトレス継手による急速組立てが可能なことにあり，既に，地下河川トンネル，地下鉄道，道路トンネル等の大口径トンネル(最大トンネル外径 13.2m)にも採用され，実施工により，その特性が実証されている．現在は，工期短縮による公共事業のコスト削減を目的として NM セグメントの広幅化を図っているが，今回，幅 2000mm のセグメント耐力試験を実施したので，その結果を報告する．

図-1 NM セグメント

2.　試験概要

図-2 に今回の試験で用いた試験体の断面図を示す．NM セグメントは主構造として①嵌合構造の H 形状鋼主桁，継手面板により形成される外鋼殻，②中詰めコンクリート，補助構造として③縦リブ，④幅止め鉄筋，⑤ひび割れ防止筋にて構成されている．試験体は既に実用化されている NM セグメントのフランジ仕様を変

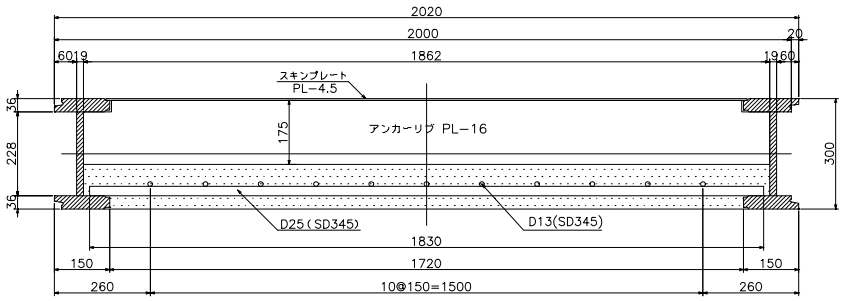

図-2 試験体断面図

更せず，セグメント幅を 2000mm に広幅化した仕様としており，試験体寸法は長さ 4600mm，　幅 2000mm，桁高 300mm である．

図-3 に示すように，平板型試験体に対して，長さ 2000mm の載荷板治具を中心間隔 1000mm で二本押し当てる二本線載荷試験を行った．試験体は両端単純支持とし，荷重は，スキンプレート側が上面となる曲げ（正曲げ）方向に，許容レベル（786kN），降伏レベル（1373kN）まで載荷・除荷を繰り返し，最終的には試験体鉛直方向変位が曲げスパンの 15%（150mm）となるまで載荷した．

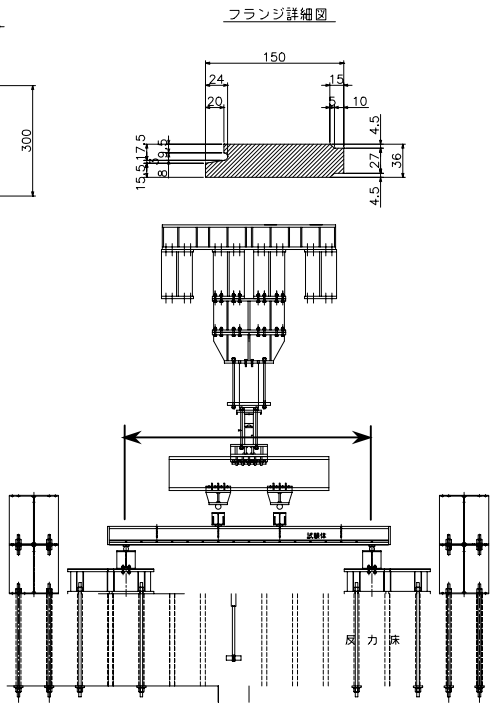

図-3 載荷板と試験体

キーワード　シールドトンネル覆工　NM セグメント　広幅化　線載荷試験
連絡先　〒100-8071　東京都千代田区大手町二丁目 6 番 3 号　tel：03-3275-5636

3.　試験結果

NM セグメントの断面設計は，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スキンプレートは無視，とした RC 断面として行っている．本稿では、RC 断面計算結果と試験結果の比較に着目して報告することとする．なお，本試験における RC 断面計算では，材料物性値は試験体の実測値を用いており，表-1 に RC 断面計算に用いた材料物性値を，設計用値と試験体実測値について記載する．

表-1 材料物性値

	鋼（SM490）		コンクリート	
	降伏強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	圧縮強度 (N/mm^2)	静弾性係数 ($*10^4 N/mm^2$)
設計値	315	490	42	3.2
実測値	323.2	552.4	57.8	3.77

図-4 載荷状況

（1）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 M と試験体鉛直変位から算出した試験体中央部の曲率φの関係を図-5 に示す．降伏レベルまで RC 断面計算による M-φ計算結果と今回の試験結果は良い一致を示している．また，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，優れた靭性を有していることが分かる．

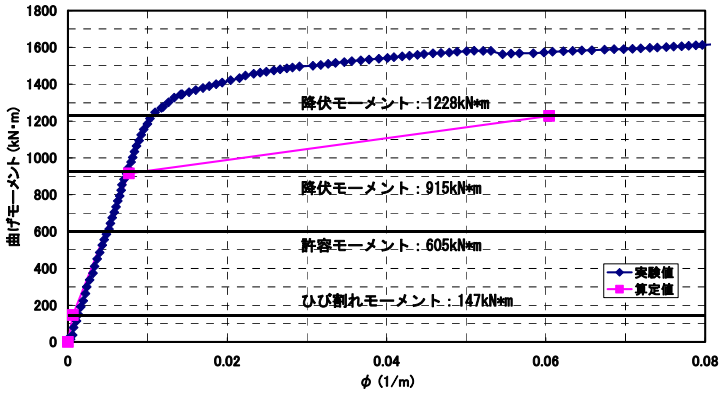

図-5 M-φ関係

（2）中立軸位置

主桁に貼付したひずみゲージにより計測したひずみから算出した主桁の中立軸位置と，RC 断面計算により算出した中立軸位置を図-6 に示す．いずれも中立軸位置は圧縮縁から約 95mm の位置となり，実験結果と計算結果はほぼ一致している．

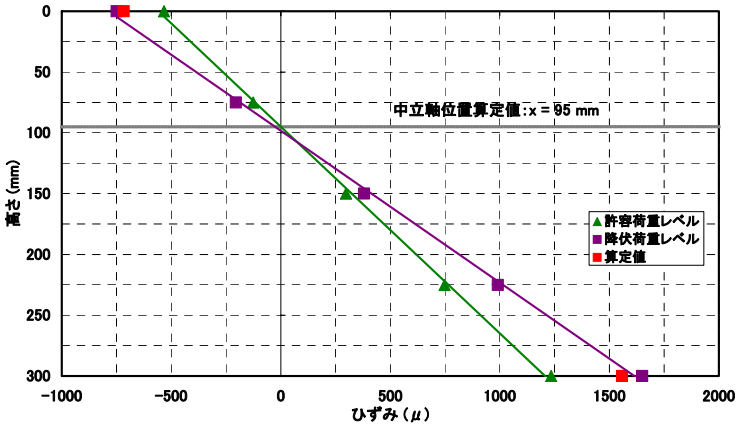

図-6 中立軸位置

4.　結論

今回，幅 2000mmNM セグメントの線載荷試験を行い、現在の設計方法である RC 断面計算適用の妥当性と，部材終局レベルにおけるセグメントの耐荷性能を確認した．その結果，

① 降伏荷重まで RC 断面計算結果と試験結果とは M-φ関係において良い一致を示しており，RC 断面計算による設計が幅 2000mm の広幅 NM セグメントにおいても可能である

② 中立軸位置算定においても RC 断面計算結果と試験結果は良い一致を示しており，RC 断面計算による設計が幅 2000mm の広幅 NM セグメントにおいても妥当である

③ 終局荷重以上の載荷においてもセグメントに耐力低下は見られず，幅 2000mm の広幅 NM セグメントは高い靭性を有する

④ 試験結果による終局耐力は RC 断面計算による算定値を上回っており，RC 断面計算による設計は安全側の設計である

ことが確認された．以上より，幅 2000mm の広幅 NM セグメントは設計可能であり，また強度的にも十分可能であると考えられる．