

Ⅲ-B145

鋼製セグメントの幅広化に関する研究

早稲田大学 学生員 林 淳平

早稲田大学 吉田 大二郎

早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

近年、シールドトンネルに用いられるセグメントは、トンネル延長あたりの継手の削減、施工効率の向上、防水上弱点となりやすい継ぎ目延長の低減などの観点からその幅を従来の 900～1000mm のものから 1200～1500mm に拡大する傾向にある。鋼製セグメントは主に中小断面のトンネルやトンネルの曲線区間に用いられるため、運搬性、施工性などからセグメント幅に制約を受けることが多い。しかしセグメント幅を拡大することはコンクリート系セグメントと同様の効果が期待できることからメリットも大きい。

セグメント幅を拡大すると発生する断面力が増加し耐力が不足するケースやスキンプレートが座屈しやすくなるなどの問題点が生じてくる。このため従来の2本主桁から3本主桁にするケースが増えると考えられるが、この場合にはこれらの主桁間の力の分担など明らかにすべき問題が生じる。

本研究は幅を広げた鋼製セグメントの力学的特性を明らかにすることを目的として、1000mm, 1200mm, 1400mm 幅の鋼製セグメントの載荷実験結果を基に有限要素法などによる解析を行い、これに検討を加えるものである。

2. 実験の概要

実験には3本主桁の 1000mm, 1200mm, 1400mm 幅の鋼製セグメントを用いた。表1にセグメントの寸法, 諸元を示す。載荷方法は次の2ケースを行った。図1に示すように各主桁に等しい変位を与える2線集中荷重載荷と、図2に示すようにセグメント単体のリング継ぎボルトに集中荷重を載荷する試験(これらの試験を以下単体曲げ試験, セン断曲げ試験と呼ぶ)である。

中主桁の中心位置下端の鉛直変位を測定するために変位計を設置し、また、各主桁の内縁, 外縁, スキンプレートにはひずみゲージを貼付し計測を行った。

表1 実験供試体の諸元

幅	1000mm 1200mm 1400mm
外径	1375mm
主桁高	125mm
主桁厚	9mm
スキンプレート厚	4mm
材質	SM490

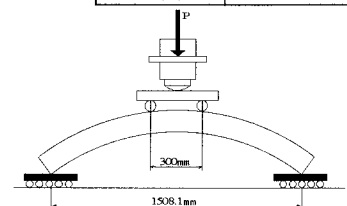


図1 単体曲げ試験

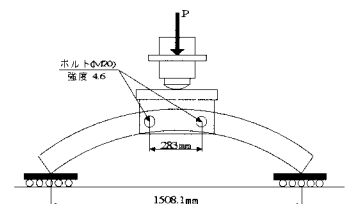


図2 セン断曲げ試験

3. 実験を対象とした解析の概要

解析には有限要素法を用いた。スキンプレートまたはリング継手に作用する荷重は3本の主桁に分配されると考えられるので、セグメントをスキンプレートの一部を有効幅と見なした主桁、縦リブ、継手板に分解し、それぞれをはり要素に置き換えて解析を行った。

図3には解析モデルを示す。

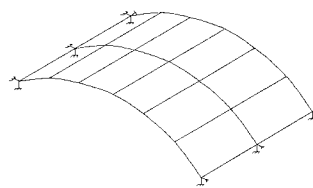


図3 解析モデル図

4. 実験結果と解析結果との比較

図4にせん断曲げ試験における中

キーワード：シールドトンネル, 鋼製セグメント, 幅広化

連絡先：東京都新宿区大久保 3-4-1 電話(03)3204-1894 FAX(03)3204-1946 早稲田大学小泉研究室

主桁中央部の変位を示す。図中にはスキンプレートの有効幅を片側 25t (t はスキンプレートの板厚) とした場合の FEM による解析値と、セグメントを一本のはりと見なした場合の解析値（ここでは理論値と呼ぶ）を示した。FEM による解析値はセグメント幅を変化させても大きな差は見られない。実験値は理論値や FEM による解析値より大きく、幅が広くなるに従いその差は小さくなっている。また、理論値より FEM による解析値の方が実験値に近い。このことは単体曲げ試験においても同様であった。

図 5 には単体曲げ試験で得られた外主桁、中主桁の外縁のひずみを示す。これを見ると主桁の外縁には圧縮応力がほとんど発生していないことがわかる。これは主桁中央部に設置されたひずみゲージは縦リブの近傍であったためであり、主桁とスキンプレートに剛結されている縦リブが影響を与えているものと推定される。

図 6、図 7 はせん断曲げ試験における中主桁と外主桁のひずみ分布図を示したものである。図中に示した中立軸は FEM による解析で求めたもので、スキンプレートの有効幅を 25t としたものである。これを見ると中主桁、外主桁ともに幅の大きさに関わらず実験値の中立軸はほぼ一致しているが、FEM 解析による中立軸は中主桁では実験値よりも外縁寄りに、外主桁では内縁寄りにあることがわかる。この点については現在 FEM 解析により有効幅の逆算を行っている最中である。

5. おわりに

実験および解析の結果を総合的に判断すると、鋼製セグメントの場合には今回の実験範囲程度であればそのセグメント幅を拡大しても 3 本主桁にすれば問題ないと結論される。しかしより合理的かつ経済的な設計を行うためには、スキンプレートの有効幅やそれぞれの荷重分担を考慮した主桁の板厚などについてさらに詳細な検討を行う必要があると考えている。

また、FEM による解析では今回行ったような立体骨組部材のモデルに加えて、スキンプレートの応力状態を把握する目的で、スキンプレートをシェル要素にモデル化した場合の解析も行う予定にしている。

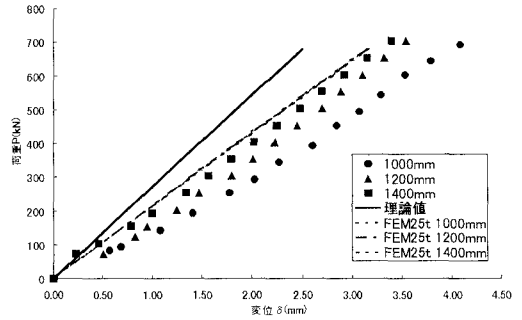


図 4 荷重－変位図（せん断曲げ試験）

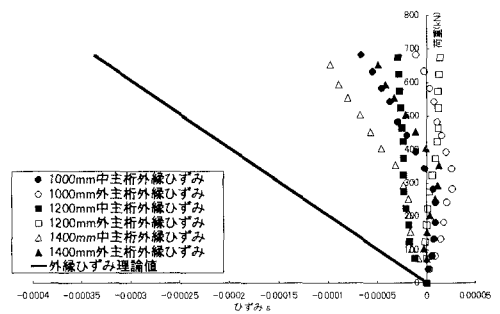


図 5 主桁外縁の荷重－ひずみ図（単体曲げ試験）

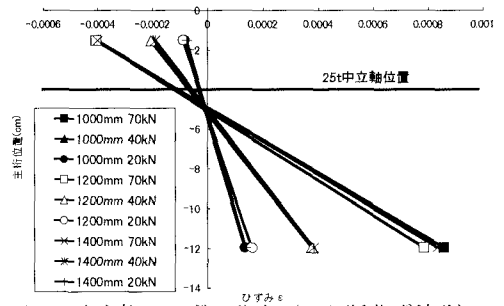


図 6 中主桁のひずみ分布（せん断曲げ試験）

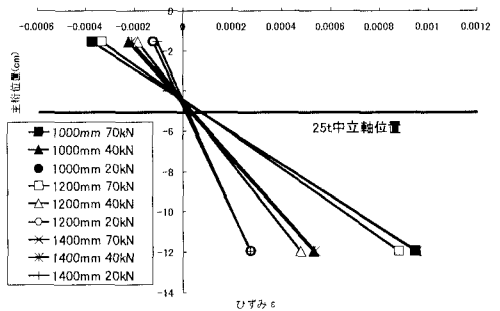


図 7 外主桁のひずみ分布（せん断曲げ試験）