

Ⅲ-B96

RC 平板形セグメントのセグメント幅に関する研究

早稲田大学 学生会員 木村 育正

早稲田大学 大村 啓介

早稲田大学 正会員 小泉 淳

1.はじめに

シールドトンネルのセグメント幅は、施工性、防水性の向上および継手金具の削減などの観点から、従来の90～100cmから120～150cmに拡大する傾向にある。セグメントを千鳥組にした場合、その添接効果に応じてリング継ぎボルトにせん断力が生じるが、セグメント幅の拡大に伴い、このせん断力によって付加されるセグメント本体の曲げ応力度の増分がリング継手付近に集中する。これまでの研究では、模型実験結果および3次元非線形有限要素解析結果のいずれの場合においても、供試体厚さに対する供試体幅の比（以下 b/h と記す）が約4.16～6.08の範囲の供試体では、その傾向が顕著に見られることが確認されている。

昨年度までに行ってきた解析では、ひびわれ発生前において実験結果と解析結果に高い相関関係が確認できたもののひびわれ発生後ではバラツキが大きい結果となっていた。

本研究は特にひびわれ発生後の挙動について実験結果と解析結果の相関性を高めることを主眼に置き、セグメント幅の拡大とセグメント幅方向の付加的な曲げ応力度との関係を調べたものである。

2.実験概要

模型供試体は、標準コンクリート系セグメント C65（幅 900mm、厚さ 300mm）をモデル化したものであり、縮尺を約 1/3 にした幅 300mm の供試体を基準として、幅を 300～

900mm の範囲で変化させている。载荷はリング継ぎボルトにせん断力を作用させて行い、図1に示すようにひずみおよび鉛直方向変位を計測した。表1には使用した材料の特性を示す。

表1 材料特性

コンクリート	
圧縮強度 (kgf/cm ²)	435.0
ポアソン比	0.189
曲げ強度 (kgf/cm ²)	35.79
ヤング係数 (kgf/cm ²)	2.52×10^5
ひび割れ発生応力 (kgf/cm ²)	35.79
ひずみ軟化係数 (kgf/cm ²)	1.57×10^4
主鉄筋およびアンカー筋	
材料	SD295A
ヤング係数 (kgf/cm ²)	1.65×10^5
降伏応力 (kgf/cm ²)	4002

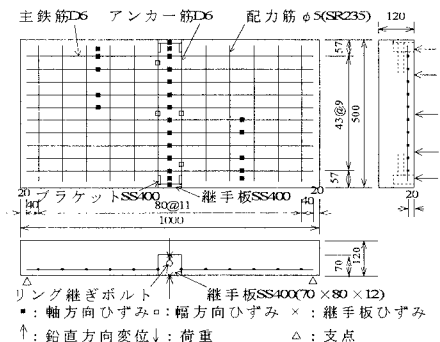


図1 模型供試体の形状と変位およびひずみの計測位置（幅 500mm）（単位：mm）

3.解析方法

本研究では、解析に鉄筋コンクリート理論（RC 理論）および3次元非線形有限要素法を用いた。RC 理論による解析では、供試体が幅方向に一樣な断面であるとし、リング継ぎボルトに作用させる集中荷重をこれと等価で一樣な線荷重に置き換え、ひ

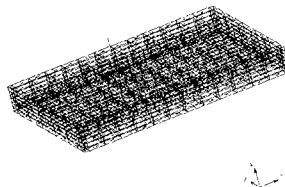


図2 FEM 解析モデル

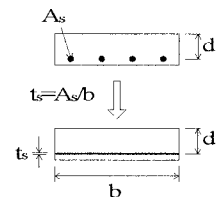


図3 鉄筋のモデル化

キーワード: シールドトンネル, RCセグメント, 添接効果, 3次元非線形FEM, セグメント幅, 曲げ応力度分布
連絡先: 〒169-0072 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

ひびわれ発生前は全断面有効とし、ひびわれ発生後は引張域のコンクリートの応力を無視した。3次元非線形有限要素解析では、昨年度まで用いていた模型供試体の1/4モデルから図2に示すような原寸モデルに変更した。この理由は、模型供試体の1/4モデルはひびわれの発生が想定される箇所拘束条件を設定せざるを得ないこと、また、ひびわれの影響を分散ひびわれモデルで評価しているが、分散ひびわれモデルの仮定が一要素に何本かのひびわれと鉄筋とを含んだ有限の領域を連続体と考えるため、発生するひびわれの間隔よりも細かい要素は解析上の仮定の範囲を越えてしまうことによる。昨年度まで用いていたモデルは解析精度を高めるために要素間隔を狭くしていたことから、この仮定の範囲を越えていた可能性が高い。今回の解析では、コンクリートは20節点立体要素を用い、主鉄筋および配力筋は20節点リバー要素を用いてそれぞれ評価した。この20節点リバー要素には、軸方向に剛性を有する補強材が入っており、図3に示すように要素の高さ方向に等価な厚さの層として表現される。

4.実験結果と解析結果との比較 および考察

幅500mm,750mmの供試体を例に、スパン中央断面における主鉄筋の幅方向の曲げ応力度分布を図4に示す。ひびわれ発生前は両供試体ともに全断面有効の理論値とほぼ同様な値を示し、とくに幅500mmの供試体においては添接効果による端部での応力集中が顕著に現れている。ひびわれ発生後は両供試体ともにRC理論値よりも小さな値を示している。これはコンクリートのひびわれ発生後における強度特性によるものと思われる。FEMによる解析値は実験値とほぼ同様な結果を示している。ひびわれ発生後においても添接効果による応力集中は明らかに見られる。

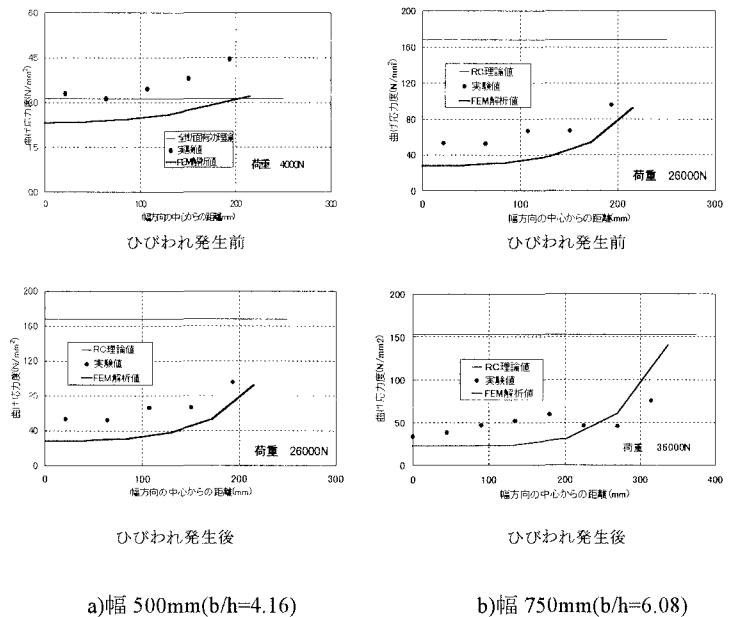


図4 主鉄筋の幅方向の曲げ応力度分布（スパン中央断面）

5.おわりに

非線形解析ではモデル化の際に評価しにくい部分が出てくるため、実際の挙動を忠実に再現するのはむずかしい。しかし、今回示した解析結果からもわかるように適切なモデル化を行うことにより現実に近い挙動を評価することが可能となる。鉄筋をリバー要素で表現することは、主鉄筋量の増減や配力筋の鉄筋量を容易に設定できるので、セグメント幅の拡大とともに応力集中が見られるリング継手部近傍に鉄筋量を増やして配筋するなどの解析には有効であると思われる。

【参考文献】

¹⁾ 杉山, 磯谷, 小泉, RC平板形セグメントのセグメント幅に関する研究, 土木学会第53回年次学術講演会概要集, III-B147, 1998, 他