

III-B 125

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 学生員 磯谷 篤実

早稲田大学 学生員 中筋 智之

早稲田大学 正会員 小泉 淳

早稲田大学 正会員 村上 博智

1. はじめに

シールドトンネルに用いられるセグメントのセグメント幅は、施工効率の向上、防水上弱点になりやすい継ぎ目延長を少なくするなどの観点から、従来の90～100cmから110～150cmに拡大する傾向にある。千鳥組されたセグメントリングではリング継ぎボルトにせん断力が働き、リング全体の変形が拘束される。この添接効果によって生ずる付加的な曲げ応力度は、セグメント幅を拡大すると、リング継手周辺に集中することが考えらる。本研究は、模型実験およびこれをモデル化した解析から、セグメント幅の拡大と添接効果によって生ずるセグメント幅方向の付加的な曲げ応力度の分布との関係を調べることを目的としたものである。

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）をモデル化した縮尺約1/3の幅300mmの供試体4体を基本に、幅が500mmの供試体を4体、400mm、600mm、650mmおよび750mmの供試体をそれぞれ2体ずつ製作した。載荷は、リング継ぎボルトにせん断力を作用させて行った。図1に供試体の形状寸法とひずみおよび変位の計測位置を示す。また、表1に供試体の構成部材の材料および管理供試体試験結果を示す。

3. 解析方法

解析には、鉄筋コンクリート理論（以降「RC理論」と記す）および3次元有限要素法（以降「FEM」と記す）を用いた。RC理論では、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様な線荷重に評価し、ひび割れ発生前は全断面が有効に働くとし、ひび割れ発生後は引張側コンクリートの応力を無視して求めた。FEMによる解析では、供試体の形状および境界条件の対称性から模型供試体の1/4モデルを用いた。コンクリート、継手板およびブラケットには、20節点立体要素を用い、主鉄筋、配力筋およびアンカー筋には、せん断を考慮した弾性はり要素を用いた。各要素間には付着が完全であるとして互いの節点を共有させた。解析は、線形弾性解析とした。

4. 実験結果と解析結果との比較および考察

スパン中央断面の幅方向の曲げ応力度分布を幅750mmの供試体について、図2に示す。図2を見ると、ひび割れ発生前では、圧縮縁コンクリートの曲げ応力度の実験値は、FEMによる解析値とほぼ一致しており、アンカー筋先端位置から継手位置にかけてRC理論値を上まわっている。主鉄筋の曲げ応力度の実験値は、RC理論値とほぼ一致している。また、FEMによる解析値は幅方向の中心付近ではほぼ一様に分布し、そこからアンカ

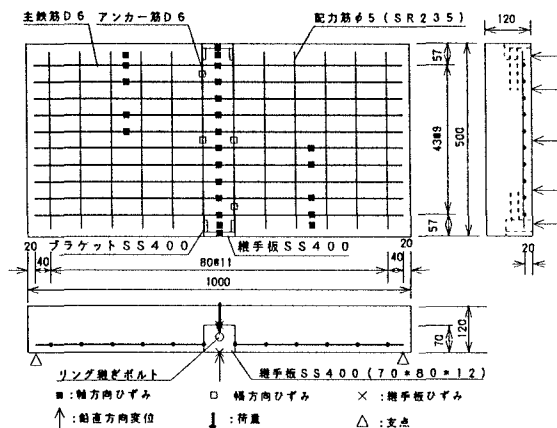


図1 模型供試体の形状寸法とひずみおよび変位の計測位置

表1 供試体の構成部材の材料および管理供試体試験結果

実験回	コンクリート			主鉄筋およびアンカー筋		
	圧縮強度 (kgf/cm^2)	ポアソン比 (ν)	曲げ強度 (kgf/cm^2)	ヤング係数 (kgf/cm^2)	材料	ヤング係数 (kgf/cm^2)
1	806.0	0.189	50.24	2.90×10^5	SD345	1.80×10^5
2	435.0	0.189	35.79	2.515×10^5	SD295A	1.65×10^5

単位に力
(kgf/cm^2)

一筋付け根位置にかけて緩やかに増加している。引張縁コンクリートの曲げ応力度の実験値は、FEMによる解析値およびRC理論値とほぼ一致している。

ひび割れ発生後では、圧縮縁コンクリートの曲げ応力度の実験値は幅方向の中心付近ではRC理論値よりも小さい値でほぼ一様に分布し、そこからアンカー筋付け根位置にかけて緩やかに増加し、そこでRC理論値を上まわっている。鉄筋の曲げ応力度の実験値は幅方向で全般的にRC理論値よりも小さく、幅方向の中心位置からアンカー筋先端よりも中心よりの位置にかけては緩やかに増加しており、そこからアンカー筋付け根位置にかけてはほぼ一様に分布している。

次に、セグメント幅方向の曲げモーメントの最大値とセグメント幅方向で一様に分布するとみなした場合の曲げモーメントの理論値との比を、添接効果によって生ずる付加的な曲げモーメントの増加率 α ($\alpha \geq 1$) と定義し、修正慣用計算法における設計用曲げモーメントの増加率を $\beta = (1 + \alpha \zeta) / (1 + \zeta)$ で表す。ここに、 ζ は、曲げモーメントの割増率である。

$\zeta = 0.3$ とした場合のスパン中央断面の設計用曲げモーメントの増加率 β と幅の拡大との関係を図3に示す。

図3を見ると、ひび割れ発生前は、実験値、FEMによる解析値とも供試体幅の拡大にともなって、設計用曲げモーメントの増加率 β は緩やかに直線的に増加していることがわかる。ひび割れ発生後は、供試体厚さに対する供試体幅の比が約2.48～5.33の範囲内では、供試体幅の拡大にともなって、実験値から求めた設計用曲げモーメントの増加率 β は直線的に増加するが、供試体厚さに対する供試体幅の比が約6.03、6.08になると、 β の値は急激に大きくなる。

5. おわりに

今回の模型実験結果およびFEMによる解析結果より、供試体厚さに対する供試体幅の比が約5.29～6.08の範囲の供試体では、添接効果によって生ずるセグメント幅方向の付加的な曲げ応力度は、アンカー筋先端付近から継手区間に集中することが確認された。このことから、現状よりもセグメント幅を拡大する際には、①設計用曲げモーメントをさらに割り増す、②アンカー筋区間の鉄筋量を増やし、アンカー筋をできるだけ幅方向の中心付近まで入れるなどの対策が必要となることがわかる。

今後は、コンクリートと供試体の主鉄筋、配力筋、アンカー筋、継手板およびブラケットとのすべりやひび割れを考慮した解析を行っていく予定である。

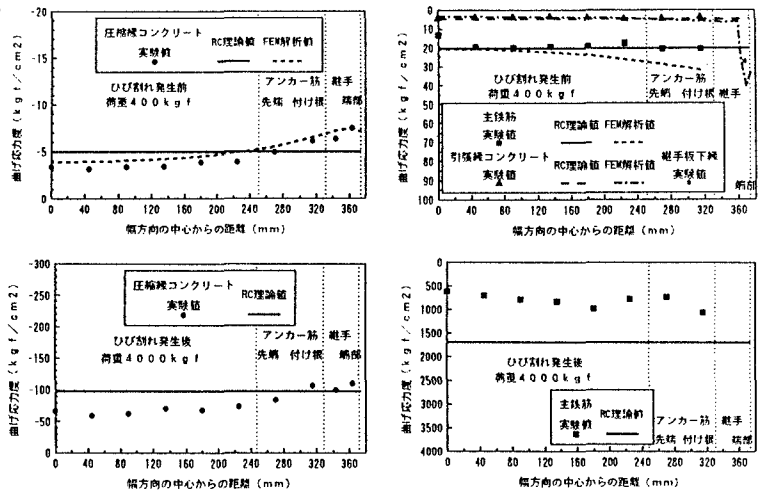


図2 幅方向の曲げ応力度分布（スパン中央断面）

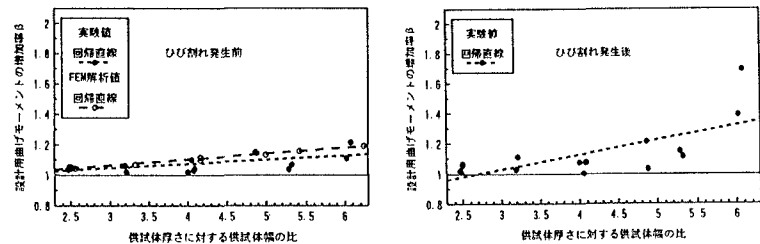


図3 設計用曲げモーメントの増加率 β と幅の拡大との関係（スパン中央断面、 $\zeta=0.3$ ）