

シールドトンネルにおけるセグメント幅を拡幅する場合の一考察

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 ○水上 博之*1
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 鈴木 久尚*2
 SAMBO ENGINEERING CO.,LTD Gy Chan Jun *3
 HYOJUNG CONST&DEVELOP CO.,LTD Dong Suk Jung *4

1. はじめに

韓国の首都であるソウルには、9つの地下鉄路線を有し、今後もその拡張や延伸が多く計画されている。ソウル付近の地質はおおむね良好であり、トンネル工法は山岳工法が適用される例が多いものの、一部緩い地山も出現することもあり、シールド工法を適用する場合もある。一方、地下鉄の平面線形は、日本のそれよりも比較的緩やかに計画されることが多く、セグメント幅を広くしても、セグメントとマシンのテールの競りによるセグメントの破損等の懸念は少ない。そこで、本文では、日本におけるセグメント幅・セグメント厚さ比の実績を整理して、その実績からはずれるセグメント形状に対して検討を行い、その安全性について検証を行うものである。

2. セグメント幅・セグメント厚比 (b/h)

セグメント幅を拡幅すると、表-1 に示すような課題が生じる。これらの課題に対して総合的に検証を行い、最終的にセグメント形状を定める必要があるが、本文は、セグメント端部の応力集中の課題を対象とする。セグメントリングを千鳥で組み立てることにより、相

対するセグメントリングの変位に差が生じるため、リングボルト近傍に添接荷重が発生する。添接荷重はセグメント断面の端部に作用し、その荷重がセグメント全体に分布する場合、分布の均一さは、セグメントの剛性、すなわちセグメント高さに大きく依存する。そこで、セグメント幅を拡幅する検討に使用する際の、パラメーターとして、セグメント幅 (b)・セグメント厚さ (h) の比 (b/h) を対象とし整理されることが多い。図-1 はセグメント幅・厚比の実績である¹⁾。RCセグメントの場合、セグメントリング外径がφ6,500～以上ではb/hを5を上限とし、ほとんどの実績が4程度となっている。

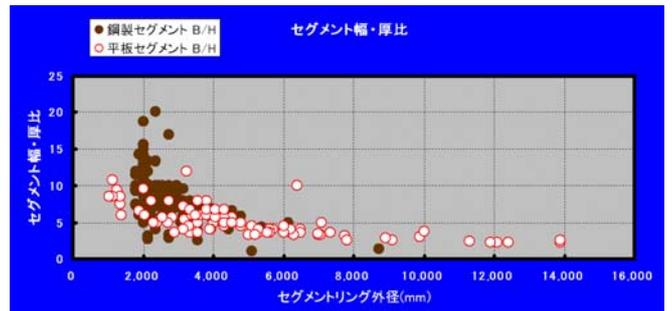


図-1 セグメント幅・厚比

表-1 セグメント幅拡幅の課題

項目	課題
施工	①マシンのテールが長くなり不経済
	②曲線施工時にセグメントとマシンのテールの競りが生じ、セグメントの破損につながる
	③セグメント単体の重量が重くなり、組立能率が低下
製作	④セグメント製作工場の改造が必要となることもある
設計	⑤千鳥組による添接荷重が増加し、セグメント端部に応力が集中する

最近の工事におけるセグメント幅の実績を表-2 に示すが、いずれも b/h が 5 である。

表-2 最近の b/h の実績

	外径 (mm)	セグメント幅 b	セグメント厚 h	b/h
東京メトロ副都心線	6,600	1,600	320	5
首都高速新宿線	11,360	2,000	400	5

キーワード：シールドトンネル セグメント幅 セグメント幅・厚比

連絡先*1: 〒163-0730 東京都新宿区西新宿 2-7-1 交通技術本部 TEL:03-3344-0600, FAX:03-3344-1366

連絡先*2: 〒163-0730 東京都新宿区西新宿 2-7-1 交通技術本部ト初部 TEL:03-3344-0575, FAX:03-3344-1366

連絡先*3: Sambo Bldg. 200-2, Bang i-1dong Songpa-gu, Seoul, Korea 138-834

連絡先*4: 3F.Dulim Const. Depart. Store 215-5 Nonhyun-dong Gangnam-gu, Seoul, Korea 135-829

3. ソリッド要素でモデル化した三次元解析

b/h が 4 を超える RC セグメントを対象とし、セグメント端部への応力集中度合いを検証するため、ソリッド要素でモデル化した三次元解析を実施した。対象とするセグメントの諸元および解析ケースを表-3、表-4 に示す。

表-3 セグメントの諸元

セグメントリング外径	φ	7, 580mm
セグメント厚さ	h	300mm
設計基準強度	f' ck	45n/mm2
ヤング係数	Ec	38kN/mm2
ポアソン比	ν	0.17

表-4 解析ケース

ケース名	セグメント幅(mm)	b/h
CASE-1	1, 200	4.0
CASE-2	1, 500	5.0
CASE-3	1, 600	5.33
CASE-4	2, 200	6.67

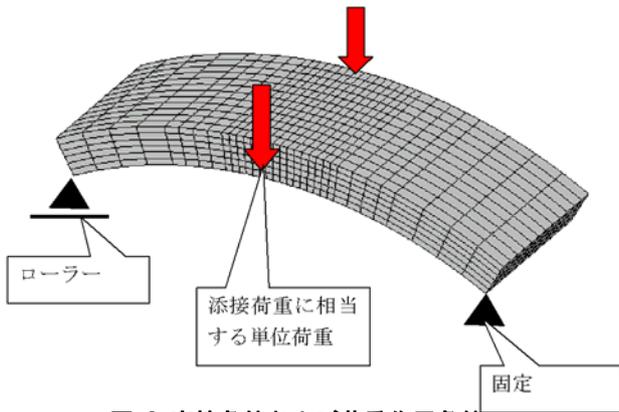


図-2 支持条件および荷重作用条件

三次元解析にあたっては、図-2 に示すような単体セグメントの載荷試験をイメージするようモデル化し、スパン中央のセグメント端部に添接荷重に相当する単位荷重 (10kN) を作用させた。解析結果の主応力分布図を図-3~図-6 に示す。また、セグメント幅方向における平均応力からの偏差を表-5 および図-7 に示す。応力の偏差は、発生応力 (Mz) / 平均応力 (Mz2D) の比で表現する。

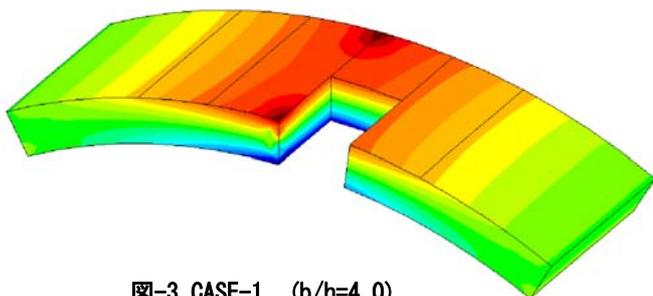


図-3 CASE-1 (b/h=4.0)

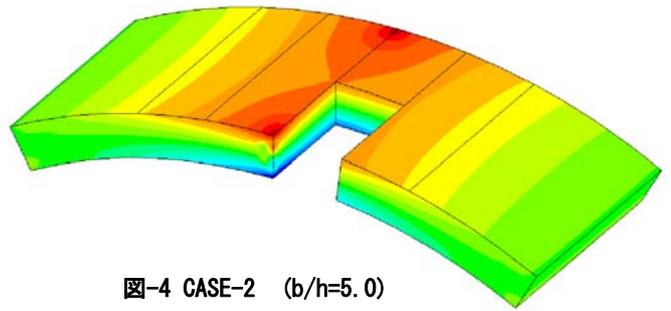


図-4 CASE-2 (b/h=5.0)

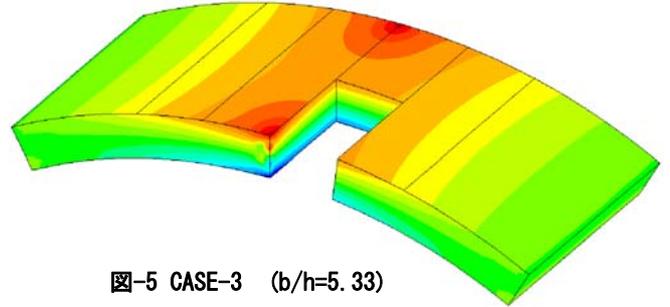


図-5 CASE-3 (b/h=5.33)

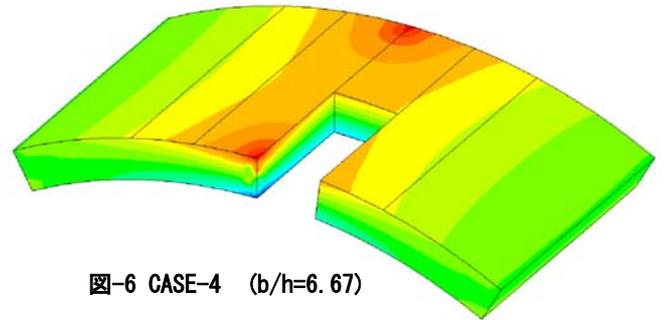


図-6 CASE-4 (b/h=6.67)

表-5 解析結果

CASE	セグメント端部の偏差	セグメント中央の編差
CASE-1	1.205	0.855
CASE-2	1.311	0.828
CASE-3	1.359	0.820
CASE-4	1.491	0.791

4. 考察

解析結果からは、セグメント幅を拡幅するとセグメント端部の応力集中は増加することがわかる。本解析では、添接荷重に相当する単位荷重のみをセグメント端部に与えているが、実際のセグメントはセグメント幅全体に作用する土水圧荷重を受け持つ。修正慣用計算法における曲げモーメントの割増率 ζ を 0.2 と仮定すると、CASE-4 で、応力集中の偏差を考慮しない場合は、セグメントに作用する設計曲げモーメントとして 1.2、偏差を考慮する場合は、1.3 (1+0.2×1.491) となり、その増加率は 10%程度である。そこで、設計においてはその増分に対して補強鉄筋等を配置することで設計上の課題を解決することが可能となる。

1) トンネル技術ステップアップ研修会 シールドトンネル
平成 17 年 10 月 日本トンネル技術協会