

ダクティルセグメントの幅広化への一考察

（株）クボタ 産業機材事業部 正会員 向野 勝彦
 正会員 青木 敏行
 正会員 ○辻本 和則

1. はじめに

近年、大口径のシールドトンネルでは、セグメントの大型化と高速施工を目的として、セグメントの幅広化のニーズが高まっている。本報告では、ダクティルセグメントの幅広化への対応の一方策として、従来幅（900～1200mm）のセグメントを予め幅方向に2ピース接合することにより、2倍幅とした組み立て式のセグメントを検討し、その課題について考察を行ったので報告する。なお、本報告では、説明の便宜のため、元の従来幅のセグメントを「ピース」、2ピースを接合したセグメントを「ユニット」と呼ぶことにする。

2. 幅広化の現状

国内外でのシールドトンネルにおけるセグメント幅の実績例を表1に示す。現状では1200mmが一般的であるが、大口径の道路トンネルを中心に、国内では1500mm程度、海外では2000mm程度の実績がある。

表1 主なトンネルのセグメント幅(1500mm以上)＜RCセグメント＞

	工事名	用途	外径 (mm)	桁高 (mm)	セグメント幅 (mm)
国内	東京湾横断道路	道路	13900	650	1500
	首都高新宿線 SJ11～31	道路	12830	600	1500
	営団13号線	地下鉄	6600	320	1600
海外	Granholz	鉄道	11000	400	1800
	WesterSchelde	道路	11400	450	2000
	Hamburg Elbe 4	道路	13800	700	2000

今後は、国内でも2000mm以上のセグメント幅が考えられる。

3. ダクティルセグメントの幅広対応

ダクティルセグメントは、一般に、RCセグメントに比べて強度が高く、荷重条件の厳しい部分での採用が多く、道路トンネルなどの大口径のトンネルにも適したセグメントである。また、継手面が機械加工されており、寸法精度が高く、止水性に優れるとともに、角力けや割れが無く、軽量であるため、施工性が良いという特徴があり、セグメントの大型化に対しても適したセグメントであると考えられる。

今後のセグメントの幅広化に対するダクティルセグメントの対応策としては、一体で作る場合と、従来幅のセグメントを予め幅方向に2ピース接合して2倍幅とすることにより、幅1800～2400mmといった多様な幅に対応しやすくした組み立て式のセグメントとする場合が考えられる。次章では、この組み立て式セグメントについて、その特徴と技術課題の検討を行う。

4. 組み立て式セグメントの課題検討

組み立て式セグメントの概要を表2に示す。元の従来幅のセグメントの形状・組み合わせ方の違いにより、4案を考える。これらについて、以下の考察を行った。

(1) 覆工の設計

案1は、接合面を通常のリング継ぎボルトで組み立てた場合である。千鳥組リングと芋継ぎリングが交互に現れることになるが、これらを考慮した梁-ばねモデルを構成すれば、梁-ばね設計法が適用できると考えられる。また、接合面にホゾ溝を設けるなどの施策により、接合面でのせん断剛性の補強が可能であれば、接合後のユニットは一体型と差異が無くなると考えられる。また、案2では、ボルトピッチの倍数分だけずらせて接合した場合であり、組み上がったリングは、通常幅の千鳥組リングと同じである。案3、案4についても同様に、接合部の一体化が確実になされれば、接合後のユニットの形状は、RCセグメントで実績のある形状と同じになり、構造上、問題ないと考えられる。

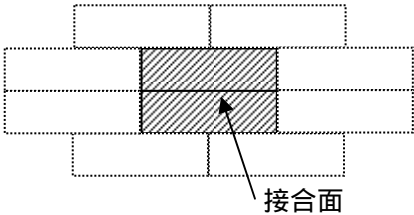
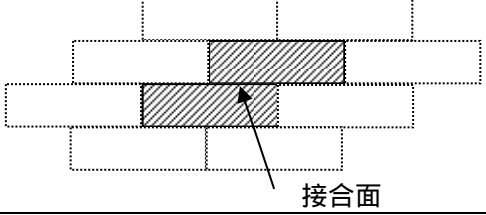
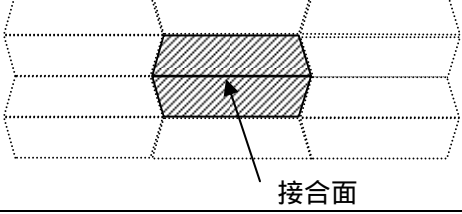
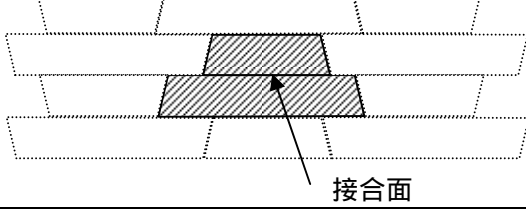
(2) ユニットの組立て

ピース単体では、4つの継手面が機械加工面で精度が良いため、2ピースを組み合わせたユニットの寸法誤差も小さく収めることは可能である。具体的な組み立て方法については今後の課題である。また、組み立

キーワード：シールドトンネル、セグメント、道路トンネル

連絡先：〒551-0021 大阪市大正区南恩加島 7-1-22 (株)クボタ 恩加島工場 技術開発課 TEL.06-6552-1180

表2 組み立て式セグメントによる幅広化

案	概略構造	特徴
1		・ 矩形のピースを単純に接合 ・ 部分的に芋継ぎとなる ・ 接合面のせん断強度が本体の強度と同程度であれば、接合後のユニットの本体剛性は一体型と同等
2		・ 矩形のピースをボルトピッチの倍数分だけずらして接合 ・ 接合面をリング継ぎボルトで締結すれば、通常の千鳥組リングと同一の構造となる ・ 最初と最後に組み立てるピースのみ通常幅サイズのセグメントが必要
3		・ 同じ大きさの台形型ピースの長辺側を接合し六角形とする ・ 接合面のせん断強度が本体の強度と同程度あれば、接合後のユニットの本体剛性は一体型と同等 ・ 同時掘進が可能
4		・ 大小大きさの異なる台形型ピースを接合し、凸型のセグメントとする ・ 接合面をリング継ぎボルトで締結すれば、リング完成後のピースは千鳥組となる。 ・ 同時掘進が可能

ての場所については、製作工場で行う場合と工事現場で施工前に組み立てる場合とが考えられる。

(3) 高速施工対応

案1では、あらかじめセグメントを組み立てておくことで、ハンドリングするセグメント質量が従来のセグメントの倍になるが、メートル当りの掘進時の組み立て時間は短縮できる。案2では、リングの最初と最後に組み立てるセグメントのみ、通常幅のセグメントを用いることで組み立て可能であり、施工時の組み立て時間は短縮できる。案3については、組立て - 掘進の同時化も可能である。案4は、凸型セグメントであり、図のように向きを交互にすることにより、組立て - 掘進の同時化が可能である。

(4) 止水

止水の基本的な考え方は、接合前のセグメントの継手面すべてに従来のセグメントと同様にシール溝を加工し、水膨張シール材で止水を行う。また、あらかじめ接合する面についても、従来と同様にシール溝を機械加工し、水膨張シール材を使用すれば従来と同様に止水が行える。しかし、セグメント製作後、シール材を貼りつけた状態で長期保管する場合についての養生方法は、今後の課題である。

5. まとめ

ダクティルセグメントの幅広化の一考察として、組み立て式の検討を行った。今回は、基本的な考え方を検討したが、さらに、本体構造の評価、コストの評価、実際の組み立て精度などについてはより詳細な検討が今後必要である。

最後に、本研究の遂行にあたり、ご指導を戴いた早稲田大学 小泉淳教授に深く感謝の意を表します。