

二分割鋼管セグメントによるシールドトンネル補強

大阪市交通局 建設技術本部 建設部	正会員	沢田 充弘
N T Tインフラネット（株） 関西支店	正会員	鎌田 敏正*
川崎製鉄（株） エネルギー・水道事業部	正会員	○増田 敏一**
（財）地域 地盤 環境 研究所	正会員	橋本 正

1. はじめに

近年、地下空間の有効活用により地下の過密化が進み、N T Tの通信用トンネル（以下、「とう道」と略す）に近接する地下建設工事の計画が増加している現状にある。

このような状況の中、大阪市交通局が計画している地下鉄8号線工事の内、蒲生4丁目に構築する駅舎部の直下に、セグメント外形4,750mmのとう道が構築されており、駅舎部の土留め掘削に伴う荷重変化によりとう道に発生する応力増加に対処するため、地下鉄工事に先立ち、とう道を補強することとした。現用の通信ケーブルに支障をきたすことなく、かつ補強後の内空断面を確保する必要があることから、この技術課題を解決する補強方法として、二分割鋼管セグメントを開発した。本報では、工法の概要、補強効果確認試験結果ならびに現場への適用性について述べる。

2. 二分割鋼管セグメント概要

二分割鋼管セグメントは、図-1に示すように、鋼管を二分割してフランジと差込継手を取り付けたもので、弾性範囲内で縮径し、とう道内に運搬後、フランジをボルトで締結して円形断面に復元し、差込継手により連結するものである。

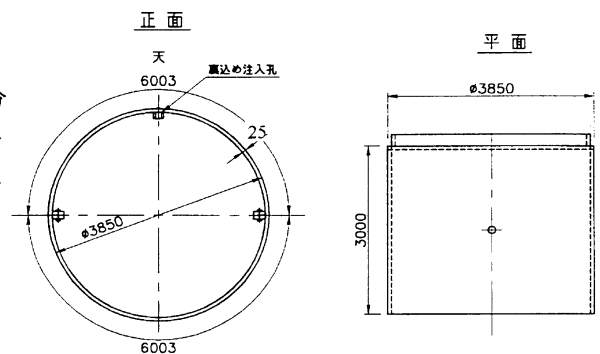


図-1 二分割鋼管セグメント

3. 本工法の特長

本工法の特長は、以下のとおりである。

(1) 補強効果の確保と内空断面の減少抑止

鋼製リングビーム巻立方式、中間支柱方式等の従来工法では、補強後の内空断面の減少が著しく、また、補強箇所に応力集中が発生し、補強効果が不均一になる場合があった。本工法では、セグメントの自在性を利用し、とう道の内空寸法を150mm(内径比率3.8%)程度減少させることによりトンネルの耐荷重特性が向上し、補強効果を得ることが可能となる。

(2) 通信ケーブル活線状態での安全、かつ高速施工

補強工事に際し、とう道に収用した通信ケーブル等を切り替えることは、お客様に多大な迷惑を掛けるため、PIP(Pipe in Pipe)工法の適用は不可能であった。また、通常の鋼製セグメントによる工法では、セグメントが6~7分割され、かつ長さが1mと短いことから、施工能率の点で問題があった。本工法では、図-2に示すようなセグメント搬送・組立台車を導入することで、高速かつ安全な施工が可能である。

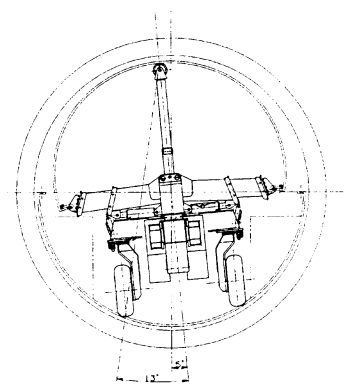


図-2 セグメントの搬送方法

キーワード：シールド工法、補強工事、セグメント、トンネル工事、とう道

連絡先：* 〒541-0056 大阪府中央区久太郎町2-4-11 TEL06-4705-7593 ,FAX06-6267-1250

** 〒111-0051 東京都台東区蔵前2-17-4 TEL03-3864-3798 ,FAX03-3864-3795

4. 施工手順

本工法の施工手順を以下に示す。なお、図-3は完成後の断面である。

- ①通信ケーブルの防護
- ②立坑からのセグメント吊り下ろし
- ③台車でセグメント搬送
- ④組立（ケーブル移動が伴う）
- ⑤既設トンネルとの間隙への充填材注入

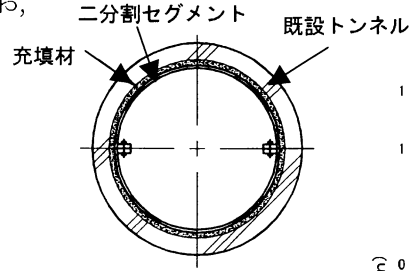


図-3 補強後の断面

5. セグメントの基本性能確認試験

5.1 フランジ継手部の曲げ剛性

鋼管と二分割セグメントとの曲げ剛性を確認するため、 $\phi 900 \times 6t$ の供試体を用いて圧縮試験を実施した。この場合の内空変位と載荷荷重の関係を図-4に示すが、実験結果は理論値とほぼ一致しており、両者の曲げ剛性は、ほぼ同等であると考えられる。

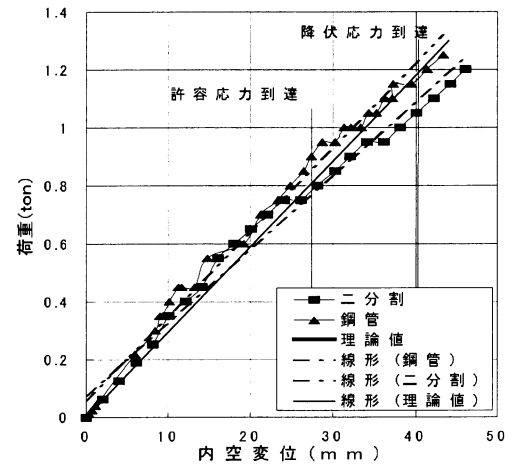


図-4 鋼管と二分割セグメントの荷重と変位

5.2 差込継手の施工性能および止水性能

曲線区間におけるセグメントでは、差込継手の施工性能確保のためテーパ角が制限され、セグメント長が短くなるという問題があった。そこで、差込継手をテーパ角分だけ傾けて溶接し、継手とセグメントを平行にすることで、1セグメントで3°前後までの曲がりを可能とした。このため、曲率半径110mの場合で、約3m長尺のセグメントが使用可能である。

一方、止水機能に関しては、セグメントの製作精度管理と水膨張ゴムの採用により、実物大試験で0.5~1.0MPa程度の止水性能を持つことを確認した。

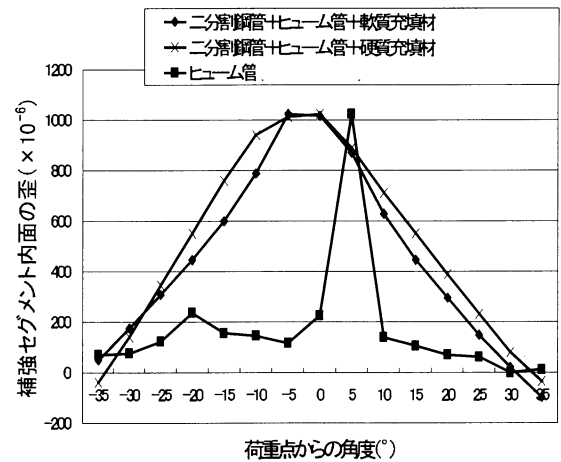


図-5 補強有無と載荷点付近の歪み分布

6. 補強効果の検証

既設セグメントの代わりにヒューム管を使用した縮小モデルによる実証実験をおこなった。その結果を図-5に示す。ヒューム管単独の場合、ひび割れ発生点にひずみが局所的に発生して、小さい変形で破壊に至っている。しかし、鋼管セグメントによる内巻き補強を施したヒューム管の場合、ひずみ分布は比較的均一化しており、たとえヒューム管にひび割れや一部破壊が発生しても鋼管セグメントが荷重を支え、大きな変形まで安定した挙動が得られることが確認できた。以上のことから、既設セグメント耐力低下時にもとう道の構造的な安全性が十分確保出来ることが実証された。

7. まとめ

- (1) 二分割鋼管セグメントによるシールドトンネル補強工法を開発した。本工法は、内空断面減少の抑制と補強効果の確保の両立が可能であり、さらに現用ケーブルに支障なく補強が可能となる。
- (2) 鋼管セグメントの基本性能は、鋼管と同等であり、十分な既設トンネル補強効果が得られることを実験により確認した。

以上、本工法は、とう道の補強のみならず、老朽化が進んでいるライフライン系のトンネル構造物の再生、保生に有効な技術として、今後の施工を通じてよりよい技術に改善改良することとしている。