

# 上町断層を横切るシールドトンネルにおける対策事例

向井 寛行<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 工学博士 コンクリートコーリング(株) 顧問、元京阪電鉄

## 概要

大阪市中心部中之島の東側においては、上町断層が南北に分布している。京阪中之島線のなにわ橋駅から天満橋駅間においては、鉄道のシールドトンネル部をこの上町断層が横断している。京阪中之島線の設計にあたって、この横断する上町断層に伴う地盤変位が発生した場合のシールドトンネルに生じる影響を検討するとともに、地震時の影響を軽減するための可能な対策を施した。シールドトンネルへの影響検討においては、上町断層に伴う地盤変位を約4mと想定し、トンネルへの影響を照査した。その結果、当該区間のシールドトンネルをRCセグメントとした場合は耐力が不足するが、DCセグメントとした場合はトンネルの崩壊を防止できることが分かり、当該区間にDCセグメントを採用し施工に反映した。

キーワード：シールドトンネル、断層変位、鉄道、耐震性

## 1. はじめに

京阪中之島線は、京阪本線の天満橋駅から分岐し、大阪市中心部の中之島を東西に横切る延長約2.9kmの全線地下式の路線であり平成20年10月に開業した(図-1)。京阪中之島線の施工にあたっては、駅部は開削工法、駅間部はシールド工法で施工を行った。中之島における土層の特徴として、西側の中之島駅からなにわ橋駅間は水平で連続性を持った地層が続いているが、東側のなにわ橋駅から天満橋駅間においては、南北方向に上町断層が分布している(図-2)。本事例では、この断層中を通過するシールドト

ンネルに対する断層変位対策について紹介する。

## 2. 検討概要

### 2.1 断層変位の推定

検討に際して、解析条件として設定する上町断層の断層変位を推定する必要があったが、上町断層が通る部分については当初地層の連続性が確認できていなかったため、土質調査を実施してその推定を行った。土質調査においては3カ所で100m～300mのオールコアボーリングを実施



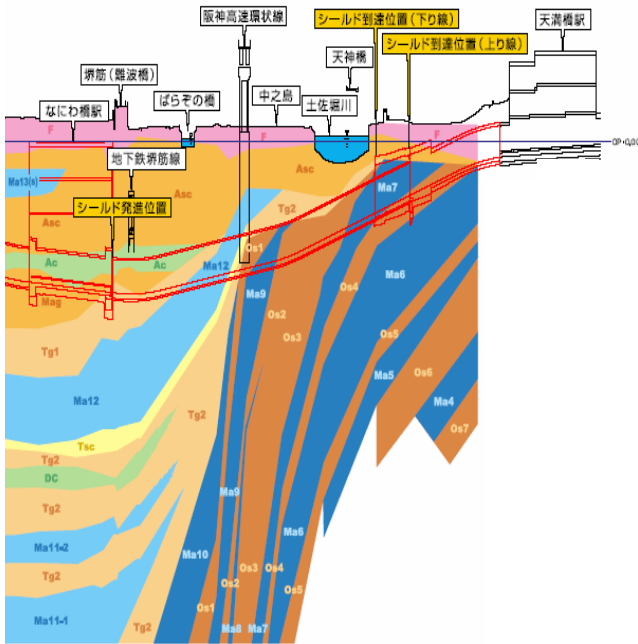


図 2 中之島線線路概要図

するとともに、S波反射法弾性波探査を実施してシールド掘進部分の深さまでの連続的な地盤性状の把握を行った。3カ所の大深度の地盤調査により Ma7 層および Ma6 層の基底震度を確認した上で、その上下変位量がそれぞれの海成粘土層が堆積した以降に生じたものとして、年平均上下変位量を算出した。さらに、杉山ほかの見解<sup>1)</sup>より上町断層の最新活動時期を約 9000 年前と仮定して、将来の活動時の変位量を算出した結果、上町断層を横切るシールド部の水平距離約 600m 区間において、約 4m の変位が生じると推定された (図-3)。

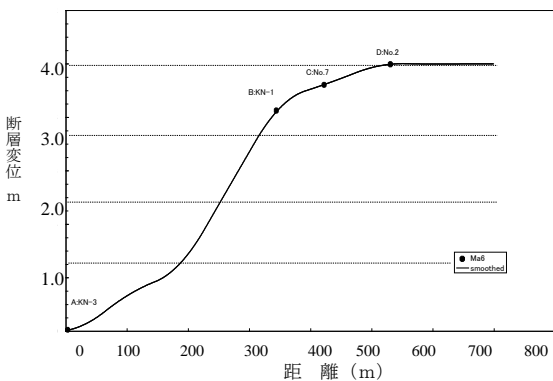


図 3 想定する縦断方向の断層変位

## 2.2 解析モデル

上町断層帯付近のななわ橋駅から天満橋駅間の鉄道構造物は、外径 6.8m のシールドトンネルで、西側のななわ橋駅付近で土被り約 25m、東側の天満橋駅付近で土被り約 5m である。

影響検討は、シールドトンネルを等価曲げ剛性を有する

梁、周辺地盤をバネ要素とする弾性床の上の梁モデルとした上で、想定する断層変位を強制変位として地盤ばねを介してシールドに作用させる応答変位法にて行った。シールドトンネルの等価曲げ剛性については、鉄道構造物等設計標準<sup>2)</sup>より、地盤ばねについては共同溝設計基準<sup>3)</sup>を参考に算出した。(図-4)

シールドトンネル周辺の土層構成は、西側は沖積粘性土が主体で、東側にかけては洪積層中を通過する。その上で、地盤ばねのトンネル軸方向に対する設定は、耐震設計上の基盤面の考え方とし、沖積粘土中の西側を表層部、洪積層中の東側を基盤面内としてモデル化した。

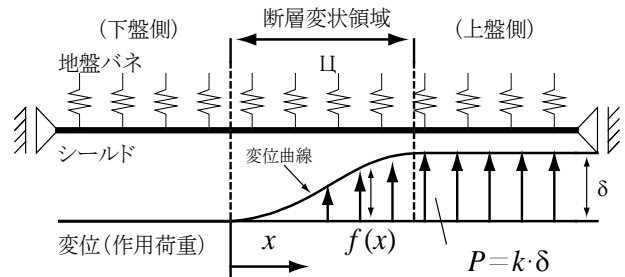


図 4 解析モデル図 (弾性床の上の梁)

## 2.3 検討ケース

当該区間のセグメントの仕様は、土被りが浅い区間やシールドの併設による影響を受けない区間については RC 平板形セグメントとし、RC 平板形セグメントで応力的にもたない区間についてはダクタイル (DC) セグメントとしていた。これを踏まえた上で、断層変位による影響の検討ケースとしては、セグメントの仕様としては、当区間のセグメントが『RC セグメントと DC セグメントから構成される場合』、『DC セグメントのみで構成される場合』の 2 ケースで設定した。また最大断層変位の設定としては、2.1 で推定された断層変位 4 m が生じた場合と、試算として断層変位 1 m が生じた場合の 2 ケースを設定した。

## 3. 解析結果

### 3.1 照査結果

検討の結果、セグメント仕様が RC セグメント+DC セグメントの組み合わせとした場合は、最大断層変位が 1 m とした時でも RC セグメントの箇所でも耐力不足となった (図-5)。しかし、シールド区間を全て DC セグメントとした場合は、4 m の断層変位に対しても終局耐力以内となり、断層によるトンネルの崩壊を防止できる結果となった (図-6)

となり、この範囲で軌道改修を行うことで、1mの断層変位であれば鉄道としての機能を確保できることが分かった(図-8)

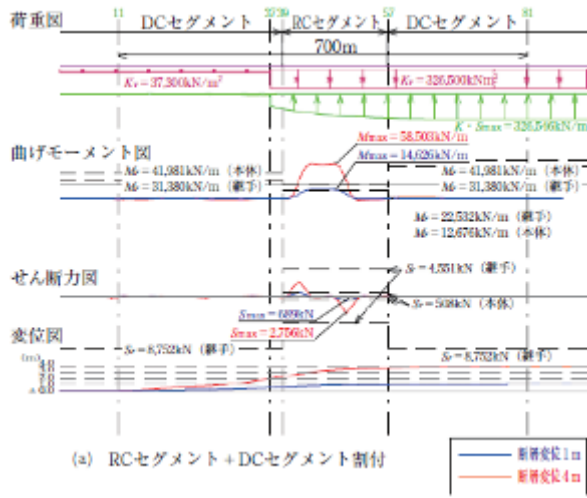


図 5 RCセグメント+DCセグメントとした場合

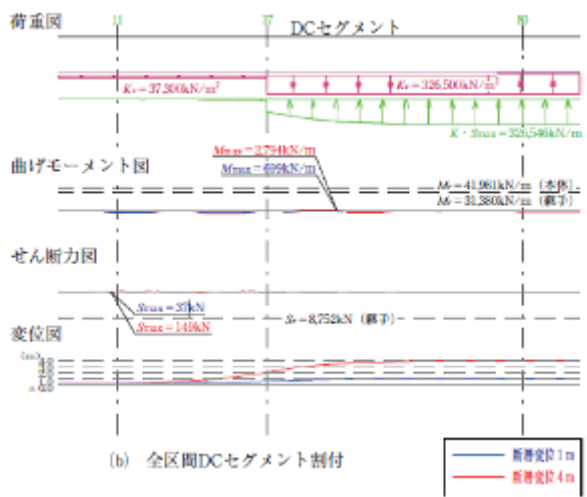


図 6 全区間DCセグメントとした場合

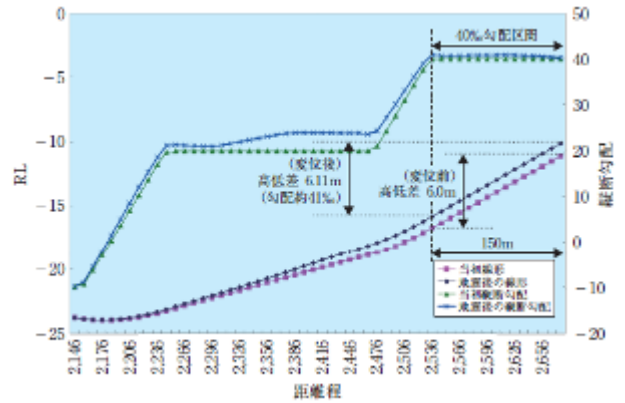


図 7 断層変位に1mの場合の軌道線形

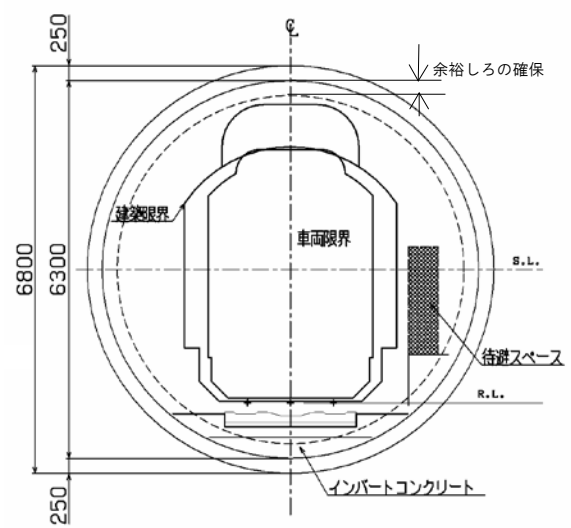


図 8 断層変位対応シールド断面

### 3.2 耐震性能の確保に向けた対策

シールド区間をすべてDCセグメントとした場合においては、シールドトンネルの耐力の照査に加えて、断層変位後のシールドトンネルの使用可能性の検討として、断層変位後の縦断変位が軌道線形におよぼす影響の確認を行った。本トンネル区間では、縦断線形の最急勾配を40%としており、これ以上の勾配の増加は認められない。これに対して、断層変位1mの場合の最大縦断勾配は150mの範囲で40.7%、断層変位4mの場合の最大縦断勾配は44%であり、両ケースともに、断層変位後そのままの状態では、鉄道としての機能は確保できていない結果となった

(図-7)。一方、DCセグメントとすることによって、セグメントの桁高を薄くすることが可能となり、標準6200mmの内空を6300mmと100mm拡大することが可能

検討ケース	セグメント仕様	想定する最大断層変位	検討結果
ケース1	RCセグメントとダクタイルセグメントの併用	1m	耐力不足
ケース2		4m(上町断層想定)	
ケース3	すべてダクタイルセグメント	1m	トンネルの崩壊を防止 地震後の補修により鉄道の機能回復が可能
ケース4		4m(上町断層想定)	

#### 4. おわりに

上町断層の活動による変位を推定し、上町断層を横切る中之島線シールドトンネルが受ける影響を検討した。検討の結果、当該区間のシールドセグメントをDCセグメントとすることによって、推定される約4mの断層変位が生じてもトンネルの崩壊は防止できることが確認でき施工に反映した。また、DCセグメントとすることで、1mの断層変位が生じても鉄道トンネルとしての機能回復が可能で



あることを確認した。

#### 参 考 文 献

- 1) 杉山ら：上町断層系の補足調査（その2），活断層・古地震研究報告，No.3，2003
- 2) 鉄道総合研究所，鉄道構造物等設計標準・同解説 シールドトンネル，1997.7
- 3) 日本道路協会，共同溝設計指針，1986.3