

都市 NATM 覆工の骨組構造解析

（株）竹中土木 正会員 西村直人
東京都立大学大学院 正会員 西村和夫・土門 剛

1.はじめに

近年、都市部における NATM によるトンネル（以下、都市 NATM）の施工例が増大している。環境条件や地質条件が厳しくなる都市部に施工される都市 NATM ではシールドトンネルと同様に、骨組構造解析により覆工耐力の照査が行われる。そのため、覆工のモデル化の相違が計算結果へ及ぼす影響を把握する必要がある。

骨組構造解析ではトンネル覆工を“はり”、地盤を“ばね”に置き換える。これまでのシールド覆工解析では慣用的に小断面トンネルでは中心角 5°ピッチ（72 分割）、大断面トンネルでは中心角 10°ピッチ（36 分割）に覆工を等分割する。しかし、馬蹄型など非円形の NATM トンネルでは等分割する方法が適用できない。一方、覆工と地山との相互作用を表現する地盤ばねの取り扱い、接線方向の地盤ばね値を法線方向ばね値の 1/3 に設定することが多い。しかし、トンネルは坑内へ地下水を一切入れない構造とするために覆工の施工に先立ち防水シートを全周に施す。そのため、地山および支保工と覆工間は分断されるので、接線方向の地盤ばねを考慮しないという考えもある。

そこで本報告では、実大トンネルを想定した骨組構造解析により NATM 覆工の骨組構造解析に必要とされる分割数を定量的に求めることとした。また、接線ばねを法線ばね値の 1/3 とした場合と接線ばねを考慮しない場合とで解析を行い、その覆工断面力を比較検討した。

2.解析条件

解析に用いたトンネルは図 1 のように(a)ウォータータイト型と(b)扁平型とした。それぞれの構造諸元は表 1、表 2 に示す。また、地盤ばねは法線方向と接線方向とし、法線方向は引張を考慮せず、接線方向は法線方向ばね値が 0 のときに、接線方向ばね値も 0 となるように設定した。

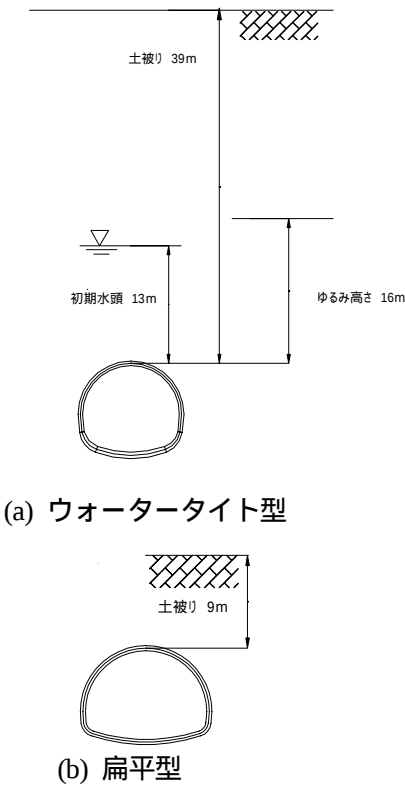


図 1 解析に用いたトンネルの種類

ウォータータイト型	
トンネル幅	11700 mm
トンネル高	10772 mm
扁平率	92%
単位体積重量	23.5 (kN/m ³)
地盤反力係数	法線方向 78 (kN/m ³)
	接線方向 26 (kN/m ³)
側方土圧計数	0.5
設計基準強度	24 (kN/m ³)
弾性係数	25 (kN/m ³)
覆工分割数	18, 36, 72, 108

扁平型	
トンネル幅	12800 mm
トンネル高	9600 mm
扁平率	75%
単位体積重量	23.5 (kN/m ³)
地盤反力係数	法線方向 41.4 (kN/m ³)
	接線方向 13.8 (kN/m ³)
側方土圧計数	0.5
設計基準強度	21 (kN/m ³)
弾性係数	23.5 (kN/m ³)
覆工分割数	18, 36, 72, 108

キーワード 都市 NATM，骨組構造解析，分割数，地盤ばね

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL 0426-77-1111

3. 解析結果

分割数

分割数をパラメータにとり解析を行った。図3、図5はウォータータイト型、偏平型それぞれの曲げモーメントと断面力の測定位置を示している。図2、図4から分かるようにウォータータイト型では36分割で断面力が収束しているものの、偏平型は収束に要する分割数は72分割以上となっている。

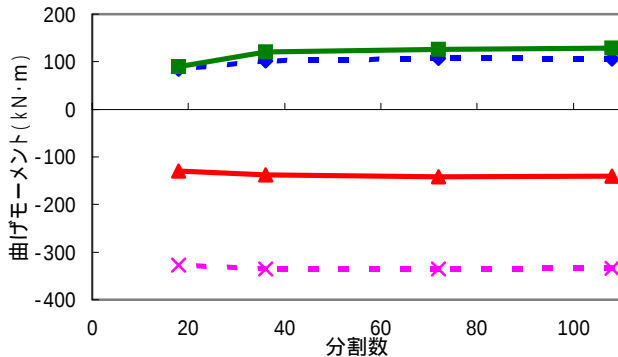


図2 分割数 - 曲げモーメント(ウォータータイト型)

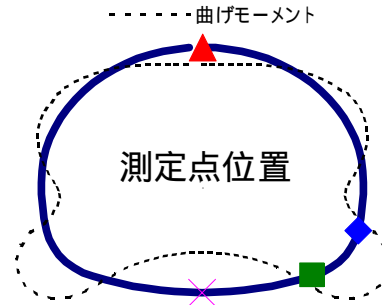


図3 断面力測定点位置(ウォータータイト型)

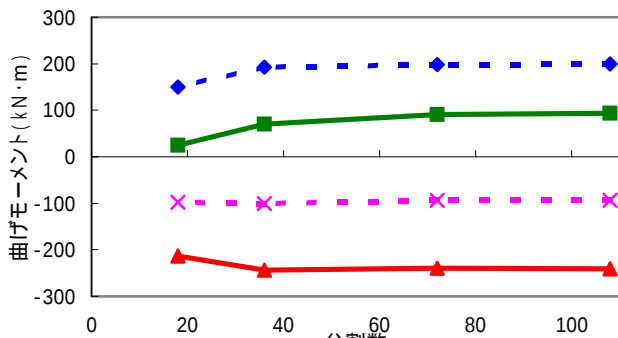


図4 分割数 - 曲げモーメント (偏平型)

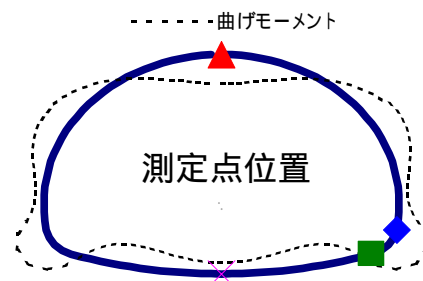


図5 断面力測定点位置(偏平型)

接線方向ばねの有無

接線方向のばねを考慮する場合と考慮しない場合の両ケースの断面力をM - N図に示す。

図6からも分かるように、接線ばねがないケースでは各測定点で曲げモーメントおよび軸力が大きくなっている。そのため断面力は覆工耐力線に沿って移動し、覆工耐力にはほとんど変化はなかった。しかし、接線ばねの有無により断面力が大きく変動する点には注意が必要である。

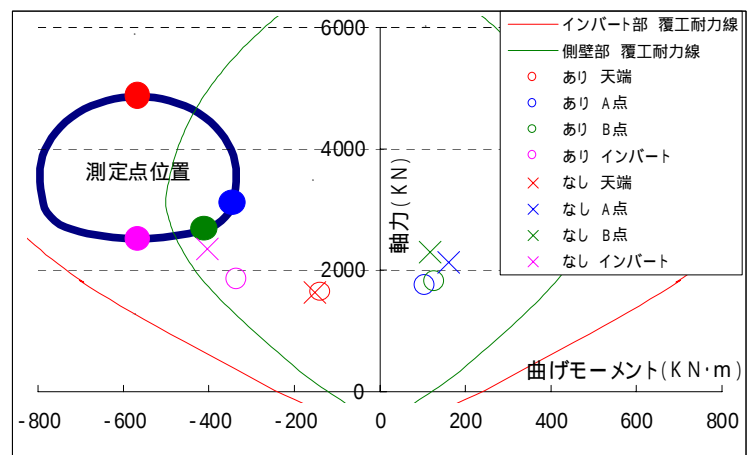


図6 M - N 図

4. おわりに

NATM 覆工の骨組構造解析に必要とされる分割数は、円形に近いウォータータイト型では36～72分割で良いことがわかった。一方、偏平型トンネルにおいては分割数72～108分割程度が必要であると考えられる。このようにトンネル断面の偏平率が大きくなると必要とされる分割数も多くなることから、今後は偏平率と骨組構造解析に必要とされる分割数の相関関係を見出す必要があると思われる。

接線方向ばねに関しては、接線ばねを考慮する場合と考慮しない場合の極端なケースで比較したが、ばねの有無による影響が大きいことが確認できた。今後は、実情に近い地盤ばねのモデル化についても検討する必要があると思われる。