

III-264

単線並列シールドトンネルの超近接影響予測

日本鉄道建設公団 東京支社 正会員 町田 茂一

日本鉄道建設公団 東京支社 正会員 須賀 武

日本鉄道建設公団 東京支社 正会員 森藤 眞治

1. まえがき

京葉都心線西八丁掘Tは、単線シールドから複線シールドへの取付区間であり、一般的には開削工法が採用されることが多いが、埋設物や道路交通への影響、経済性等を考慮した結果、単線並列シールドの超近接施工法が採用された。併設されるシールドセグメントの離隔距離が0.8m～0.4m（シールド機鋼殻間隔0.25m）と極めて小さいため、併設による施工時のゆるみの影響、両トンネルの相互作用等の不明確な問題がある。よって併設シールドの施工に伴うトンネル外周地盤の応力及びセグメントの応力を、定性的に把握するため両トンネルと周辺地盤を一体としたFEMモデル（弾性解析）により解析を行ったのでその結果について報告するものである。

2. 地形・地質

トンネル位置は幅員22mの道路直下（土被り22m）であり、道路に面して六～九階建のビルが随所に建築されている集積度の高い商業地域である。地表は標高3mで、TP-17m付近までは粘性土、砂質土から成る軟弱な沖積層が分布し、その下部は粘性土、砂礫、砂質土から成る洪積層により構成されている。トンネルは下部の洪積層の東京礫層及び江戸川砂層に位置し、施工基面での被圧水頭は、19mとなっている。

3. FEMによる近接影響予測

解析にあたっての条件として、土質定数はボーリングデータを基本に図-1に示すとおり設定し、シールドリングは剛性一様リングで梁要素とした。解析ステップは図-2に示すとおり5ステップとし、シールド掘削による応力は、縦断方向の支保（アーチ）効果を考慮して解放率35%¹⁾、泥水圧は解放される地山応力に対しトンネル内方から主働土圧+水圧+2t/m²の27t/m²、セグメン

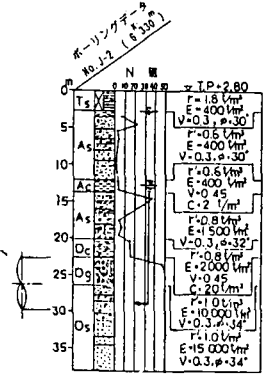


図-1 地質柱状図と土質

定数

r: 土の単位重量

E: 変形係数

ν: ボアソン比

ト離隔距離は $d=0.4\text{m}$ 、 $d=0.8\text{m}$ 、 $d=1.6\text{m}$ の3ケースとした。

併設シールドの影響はシールドトンネル設計施工指針（案）²⁾では1.0Dから0.5D（D: トンネル外径）の条件下において鉛直土圧を最大50%まで割増すことで評価し、

0.5D以下は詳細な検討を行うこととなっているが今回解析したトンネル周辺地山内応力の鉛直成分変化を見ると、後行シールド掘進による先行シールドセグメントに加わる鉛直荷重は図-3に示すとおり $d=0.4\text{m}$ の場合最大約30%の増で三角形分布となっている。またセグメント離隔距離が小さいほど大きくなっている。これは慣用法における一様分布と異なり、セグメントリングの曲げモーメントが慣用法より小さく計算される要因になっていると思われる。

STEP-1	STEP-2	STEP-3	STEP-4	STEP-5
地山初期応力状態	先行シールド掘進	先行シールド完成 (セグメント設置)	後行シールド掘進	後行シールド完成
 ΔPw : 上部と下部の水圧差 σ_0 : 地山の有効応力	 ΔP : $\alpha(\sigma_0 - Pf)$ ΔP : 解放荷重 σ_0 : 地山の応力 $(\sigma_0 - \sigma_0' + \sigma_w)$ α : 解放率 (35%) Pf : 泥水圧 σ_w : 水圧	 $P = \sigma_0 - \Delta P$ $= (\sigma_0' + \sigma_w) - \Delta P$ P : セグメントに作用する荷重	 STEP-2と同様に後行シールドに荷重を与える。	 STEP-3と同様に後行シールドに荷重を与える。

図-2 解析ステップ概要

ケース1 ($d=0.4$ m) における先行トンネルの曲げモーメント (STEP 3: スプリング位置で -6.7 t・m) は、後行シールド掘進 (STEP 4: -20.5 t・m) によって著しく増加し、その分布は図-4に示すとおり左右非対称となっている。なおこの曲げモーメントは後行トンネルのセグメント設置により (STEP 5: -12.2 t・m) 後行トンネルが荷重を受け持つことによりかなり減少する。

セグメント離隔距離の変化による曲げモーメントの増加は図-5に示すとおりであり、スプリング位置の曲げモーメントは、セグメント離隔距離が $d=1.6$ m (0.2 D) から $d=0.8$ m (0.1 D) になることによって急激に増加する傾向を示している。これは後行シールドの接近による側圧の減少による影響を表わしている。

地山の安定性の問題は、後行シールド掘進時にセグメント間の地山が塑性化して土砂がとりこまれるなど不安定な状態になることが考えられ、どの様に変化するか検証を行った。代表として最もシールドが接近している $d=0.4$ m のシールド間地盤のエレメント N0, 425 をみると、 $N=50$ 、 $\phi=34^\circ$ のとき図-6に示すとおり STEP 4 すなわち後行シールド掘進時に Mohr の応力円が Mohr - Coulomb の破壊包絡線を越え、安全率 $F_s = (C + \delta \tan \phi) / \tau$ が1以下となり塑性化を示している。なおこの値はトンネル離隔距離が大きくなると若干変化するが、それほど大差なく塑性領域内にある。しかし目安として、図に示す破線程度 (4 t/m²) に粘着力を増加すれば安定させることができる。粘着力の増加の方法としては地盤注入等が考えられ、安全な施工は充分可能であると考えられる。

4. おわりに

今回の FEM 解析は超近接影響解析の一手法として行ったが、セグメントと地山のすべりの関係、セグメント間の地山の扱い方等今後検討する点も多く定性的に設計上利用するにとどまっているが、現地での計測を計画しているのでその結果によりさらに検討を加えてゆくことを考えている。なお今回の解析にあたって御指導いただいた筑波大学西岡隆助教授に深く謝意を表します。

参考文献 1) 土木学会第41回年次学術講演会 Ⅲ-426 中村信義、小野重剛
2) シールドトンネルの設計施工指針 (案) 昭和58年8月改正
国鉄建設局・構造物設計事務所編

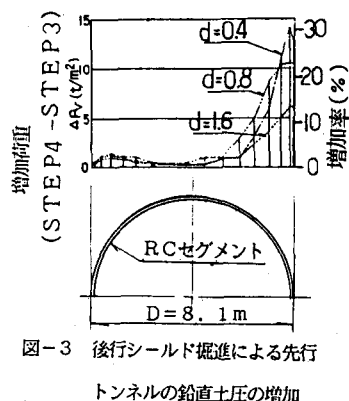


図-3 後行シールド掘進による先行トンネルの鉛直土圧の増加

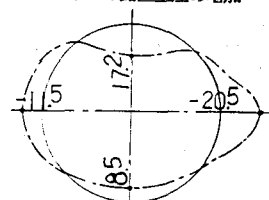


図-4 STEP 4の先行トンネルの曲げモーメント図

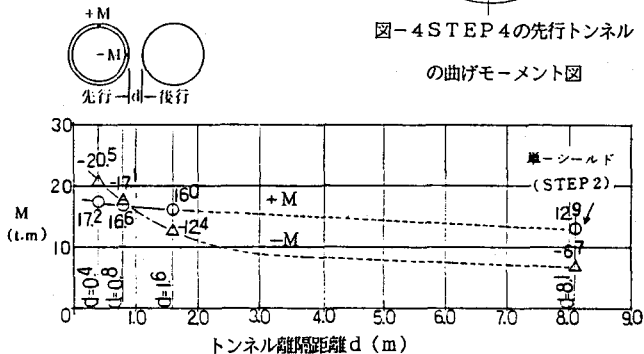


図-5 STEP 4における

トンネル離隔距離と
曲げモーメントの関係

(注) $\alpha \leq D$ では併設の影響がないものとし、単一トンネルの値になるものと仮定した。

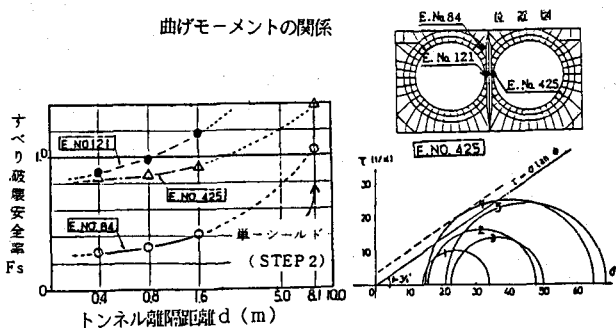


図-6 すべり破壊安全率