施工時荷重を考慮した大和川線シールド掘進による地下鉄御堂筋線の変状解析

大阪市交通局	正会員	島	拓造	正会員	南川	真介			西木	大道
㈱大林組	正会員	河田	利樹		香川	敦	正会員	\bigcirc	菅野	静

1. はじめに

都市部のシールド工事では,限られた空間に既設構造物が輻輳し,また線形等の制約から近接施工が避けられない場合がある.そのため、シールド掘進に伴う周辺地盤の変形や既設構造物への影響および安全性を適切に評価する必要がある.本検討では、対象シールド工事の各施工段階における荷重が近接構造物(地下鉄トンネル)に与えた影響を FEM 解析で再現することを試みた.

2. 対象工事の概要

本検討の対象工事は、大阪市交通局発注(堺市より受託)の 都市計画道路大和川線における、地下鉄御堂筋線(外径 6.8m. 以下、御堂筋線)トンネル交差部のシールド工事である.マシ ン外径が 12.54m、セグメント外径が 12.3mの大断面シールド 工事であり、泥土圧シールド工法により御堂筋線トンネル直下 を離隔 2m で通過する.交差部の土質は洪積砂質土層(Ds)と 洪積粘土層(Dc)の互層である.

3. 先行シールド掘進時のシミュレーション解析

先行(西行)シールドにおいて慎重な掘進管理を行った結果, 御堂筋線トンネルの変位量は最大で 2.1mm の隆起に抑えるこ とができた.この変状を再現するため,FEM 解析を行った.

(1)各施工段階における荷重モデルおよび FEM 解析条件

本検討では、参考文献^{1) 2) 3) 4)} に基づき、図-4 に示すよう なシールド掘進に伴う地盤変状解析の荷重モデルを参考にし た解析を行った. 先行シールドの施工では、マシン後半部通 過以降、御堂筋線トンネルの変位量は増加しなかったことか ら、3step および 4step の荷重(裏込注入圧、姿勢制御による 荷重)による影響は小さいものであると判断し、1step および 2step の荷重(切羽圧)モデルを用いて検討を行った. 御堂筋 線下端の地盤変位量の算出には 2 次元 FEM 解析プログラムで ある 2D- σ を使用し、解析モデルを図-3 に示す. 御堂筋線ト ンネルの変位量の算出には FRAME(面内)を使用した.



図-1 大和川線平面図



図-2 御堂筋線交差部イメージ図



図−3 解析モデル図



図-4 シールド掘削に伴う地盤変状解析の荷重モデル

キーワード シールド,施工時荷重,FEM 解析,変状解析 連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 ㈱大林組 TEL:03-5769-1318

-853

(2) 解析結果

a. 御堂筋線下端の地盤変位量

各ステップの解析結果より抽出した御堂筋線下端の地盤の 鉛直変位分布図を図-5 に示す. 先行シールド直上において, 1stepの変位が+3.6mm, 2stepの変位が+1.4mm, 計 5.0mmの隆起 となった.

b. 御堂筋線トンネルの変位量

a で算出された地盤変位 δ を, P=K× δ の関係式に基づき変 位荷重 P に変換し,地盤ばね K と御堂筋線トンネルの剛性を考 慮した弾性床上の梁モデルに載荷することにより,御堂筋線ト ンネルの変位量を算出した.御堂筋線トンネルの鉛直変位分布 図を図-6 に示す.先行シールド直上において,1step が+2.7mm, 2step が+1.0mm,計3.7mm の隆起となった.先行シールド施工 時における御堂筋線の実測変位量は,1step 時+1.1mm,2step 時+1.0mm,計2.1mm の隆起である.解析変位は,隆起する現象 をとらえることができたが実測変位よりも大きな値となった.

(3) 実測変位量との整合

実測変位を再現するため、図-4 に示す 1step のシールド半 径方向の応力増加割合 α と 2step の補正値 β_1 に着目した. 実測変位量よりも大きく隆起する結果であったため、 α および β_1 を図-4の荷重モデルの値 (α =0.15、 β_1 =0.50) より小さく 評価し、 α =0.06、 β_1 =0.33 として解析を行った.

a. 御堂筋線下端の地盤変位量

御堂筋線下端の地盤の鉛直変位分布図を図-7 に示す. 先行 シールド直上において, 1step が+1.4mm, 2step が+1.4mm, 計 2.8mmの隆起となった.

b. 御堂筋線トンネルの変位量



a で算出された地盤変位から算出した御堂筋線トンネルの鉛直変位分布図を図-8 に示す. 先行シールド直上 において, 1step が+1.1mm, 2step が+1.0mm, 計 2.1mm の隆起となり,実測変位量とおおよそ同じ結果となっ た. 先行シールドでは,御堂筋線トンネルの挙動を迅速に切羽圧管理にフィードバックしたことにより,切羽 圧と地山応力の差が小さくなるように掘進を行った.よって 1step においてシールド半径方向の応力増加割合 を小さくでき, 2step において切羽圧と地山応力の差圧による影響範囲を小さくできたと考えられ, α を 60% 減じた時, β_1 を 34%減じた時に実測変位量を再現することができた.

4. まとめ

シールドの各施工段階における荷重要因を考慮した荷重モデルを用いて解析を行い,先行シールドが御堂筋線トンネルへ及ぼす影響を再現することができた.今後後行シールドについても検討し,離隔2mという超近接施工の実績から,大断面シールドが近接構造物に及ぼす影響に関する解析手法を確立したいと考えている.

参考文献 1)太田 他:シールド掘進時の施工時荷重による地盤変形に関する計測結果とその分析,トンネル工学 報告集第 16 巻, pp. 395-402, 2006. 2)沢田 他:施工過程を考慮したシールド掘進に伴う近接構造物の影響予測, 施工過程を考慮した地盤変形・破壊予測に関するシンポジウム発表論文集, pp. 175-182, 2002. 3)譽田 他:シール ド掘進時の施工時荷重による影響を考慮した地盤変形解析,第 48 回地盤工学研究発表会, pp. 1475-1476, 2013. 4) 中野 他:施工時荷重を考慮したシールド掘進に伴うトンネル周辺地盤の変形挙動検討, pp. 1295-1296, 2009.