

III-55 近接施工に伴う既設シールドトンネル 横断面の断面力推定に関する一手法

東京電力（株） 正会員 有泉 慶隆
東電設計（株） 正会員 伊藤 利昭
東電設計（株） 正会員◎金子 俊輔
（株）東設土木コンサルタント 正会員 河村 隆

1. はじめに

この報告は、近接施工をモデル化したFEMによる解析を実施しておき、既設のシールドトンネル横断面において、互いに直行しない任意の2方向の増分内空変位を計測することによって、同横断面に発生している増分断面力を推定する一手法を取り扱ったものである。

2. シールドトンネルの変形状態

近接施工に伴う既設シールドトンネルの変形を予測するため、開削工事における山止め壁背面及び前面に既設シールドトンネルが存在している場合について、それぞれFEMにより解析を行った。

この解析では、地盤、山止め部材、及びシールドトンネルを弾性体と仮定し、掘削計画に合わせた逐次解析とした。

既設シールドトンネルが山止め壁背面及び前面に存在している場合のある掘削段階におけるシールドトンネルの変形状態をそれぞれ図-1及び図-2に示す。

これらの図から、シールドトンネルは、楕円状に変形しており、それらの長軸及び短軸の向きが傾いていることが読み取れる。

3. 増分内空変位分布の推定

図-1及び図-2に示したシールドトンネルの変形状態をもとに、図-3に示すような座標系を定義して、初期状態からのシールドトンネルの増分内空変位をプロットした結果を図-4に示す。

同図によれば、増分内空変位の分布は、正弦曲線または余弦曲線を呈しているように見える。ここでは、フィッティングのため、増分内空変位の分布を次式で与えられる余弦曲線で近似できるものと仮定した。

$$\Delta \delta = \Delta \delta_0 \cdot \cos(2\theta + \theta_0) \quad (1)$$

ここに、 $\Delta \delta$ = 増分内空変位

$\Delta \delta_0$ = 増分内空変位（ $\theta = 0$ 時）

θ = 縦軸からの反時計回りの角

θ_0 = 初期位相角

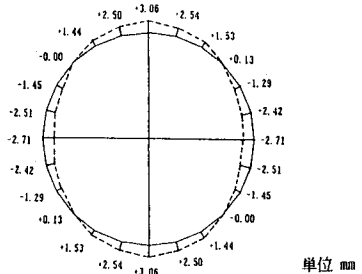


図-1 山止め壁前面におけるトンネルの変形

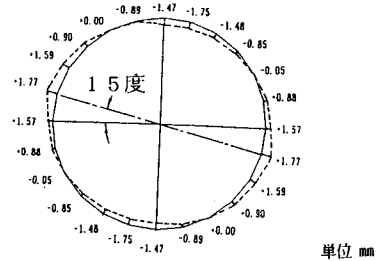


図-2 山止め壁背面におけるトンネルの変形

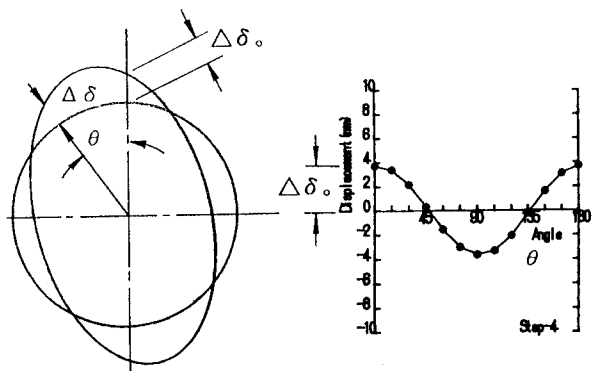


図-3 トンネルの変形の極座標表示

そして互いに直行しない任意の2方向の $\Delta\delta$ と θ を用いて、 $\Delta\delta$ 及び θ を未知数とする連立方程式を立て、これらの未知数を求め、 θ の関数として $\Delta\delta$ を表現してみた。このようにして得られた図-1及び図-2に示したシールドトンネルの $\Delta\delta$ の分布とFEMによる $\Delta\delta$ の分布を図-5に示す。またそれらの $\Delta\delta$ の差分を比較した結果を図-6に示す。これらの図から、(1)式による簡便な方法で精度よくFEMによる $\Delta\delta$ の分布を表現できたことがわかる。

4. 増分断面力の推定

先のFEMで得られた既設シールドトンネルの最大の $\Delta\delta$ とその位置における増分最大曲げモーメントとの関係を図-7及び図-8に示す。これらの図は、最大の $\Delta\delta$ が与えられれば、その位置での増分最大曲げモーメントの推定が可能なことを示唆しているといえる。

したがって、近接施工に伴う既設シールドトンネルの計測管理にあたっては、あらかじめ、FEMなどにより増分最大内空変位とその位置での増分最大曲げモーメントの関係を作成しておき、近接施工がおこなわれる段階で少なくとも互いに直行しない任意の2方向の増分内空変位を計測しておけば、(1)式による簡便な方法で増分最大内空変位とその位置を推定し、更に同内空変位を上記関係に適用することによって、増分最大曲げモーメントとその発生位置を推定できるものと考えられる。

5. おわりに

従来、近接施工に伴う既設シールドトンネルの計測管理では、増分内空変位を計測していたが、シールドトンネルの変形状態や増分断面力の推定までなされることはなかった。

ここでは、FEM線形解析結果を詳細に分析することによって、増分内空変位の計測結果に基づいて、シールドトンネルの変形状態や増分最大断面力を推定できる可能性のあることを報告した。

今後、地盤の非線形性を取り込んだFEM結果に基づいた分析や実際の計測を通じて、ここに報告した手法の信頼性を確認していきたいと考えている。

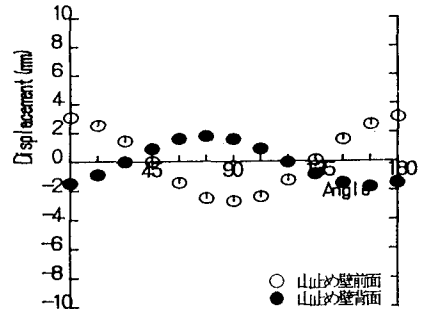


図-4 増分内空変位量

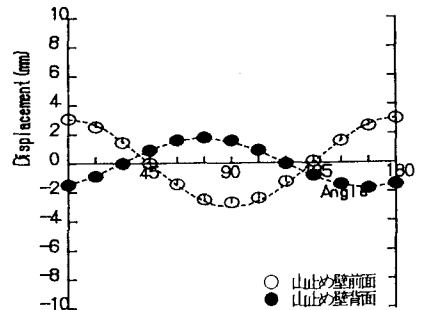


図-5 増分内空変位量の近似

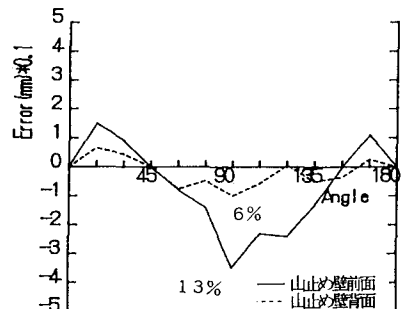


図-6 $\Delta\delta$ の差分の比較

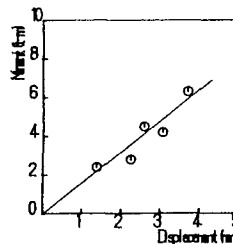


図-7 増分内空変位量と増分曲げモーメントの関係 (山止め壁前面)

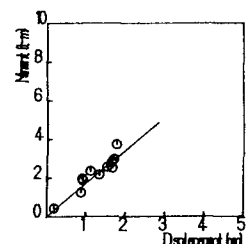


図-8 増分内空変位量と増分曲げモーメントの関係 (山止め壁背面)