

FEM解析を用いた近接構造物施工に伴う既設構造物への影響の検証

復建技術コンサルタント 正 会 員 早坂 辰雄
同 上 正 会 員 安倍 敏夫

1. はじめに

既設構造物に近接して工事が計画された場合に、施工範囲の安全を確保することを目的とした合理的な影響予測・対策工の検討を行うことが求められている。影響予測の解析的手法の一つとして、FEM (finite element method; 有限要素法) 解析を用い、近接施工に伴う既設構造物への影響 (変位、増加応力等) を確認し、近接施工に関する既往資料で定められている近接度の区分<Ⅰ無条件範囲、Ⅱ要注意範囲、Ⅲ制限範囲 (要対策範囲)>に着目し検証を行う。

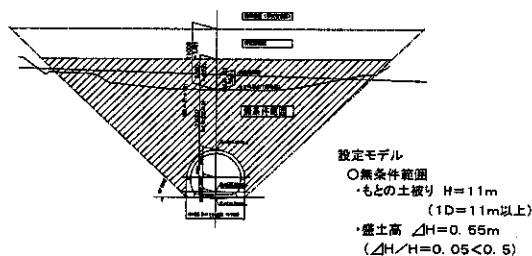
解析手法は、土木分野で一般的に用いられており、系全体を区分領域 (要素) の集合として捉え、個々の区分領域で定義される試験関数を導入し、要素を代表する有限個の節点における節点パラメータを未定係数とする連立一次方程式に帰着する解法であり、斜角のきつい橋梁やトンネル等の複雑な構造物の変形・ひずみ・応力等を求める時に適用される。

2. 既設トンネルに近接して上部地山に盛土、軽量盛土、架橋の場合の各タイプを考える

タイプー1; トンネル地山上部を盛土することにより、トンネル覆工に作用する上載荷重が増大し、覆工が上から押さえられるように変位・変形する。計画路線が既設トンネル上部を通過し、トンネル上部地山に盛土する場合を想定し、既設トンネルへの影響を「近接度」という区分に着目して、3種類の区分 (無条件範囲、要注意範囲、制限範囲) ごとに検討を行う。

各ケースの概要図を以下に示す。

ケースⅠ; 無条件範囲でのトンネル上部の盛土



○解析STEP

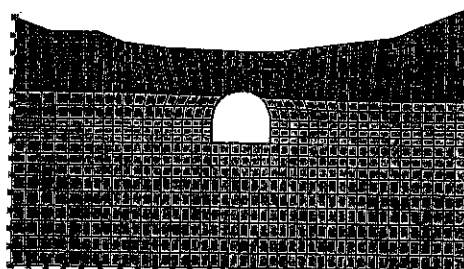
STEP0: 現状

STEP1: 盛土完了後

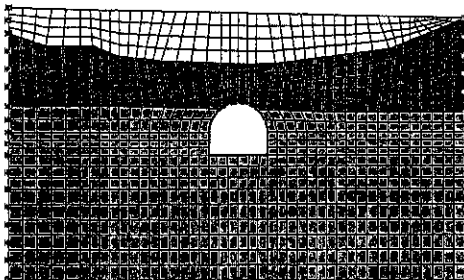
STEP2: 盛土完了後活荷重載荷

以上の様に、解析STEPの設定を行い、それぞれSTEP0からのトンネルの変位・断面力等の変位を定量化した結果を○検討結果>にまとめる。

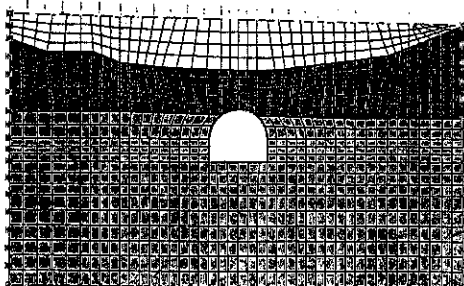
解析STEP0: 現状



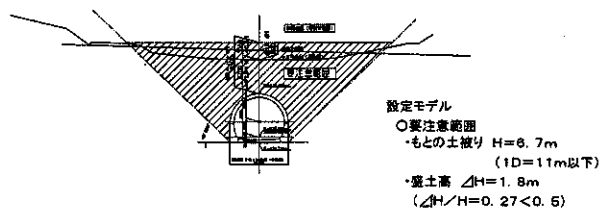
解析STEP1: 盛土完了時



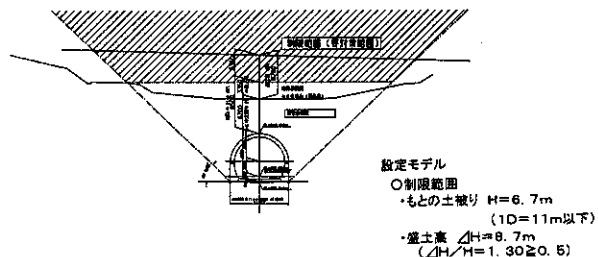
解析STEP2: 盛土上活荷重載荷



ケースⅡ; 要注意範囲でのトンネル上部の盛土



ケースⅢ; 制限範囲 (要対策範囲) でのトンネル上部の盛土

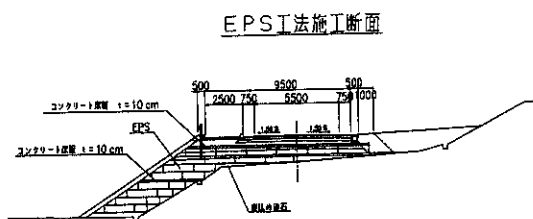
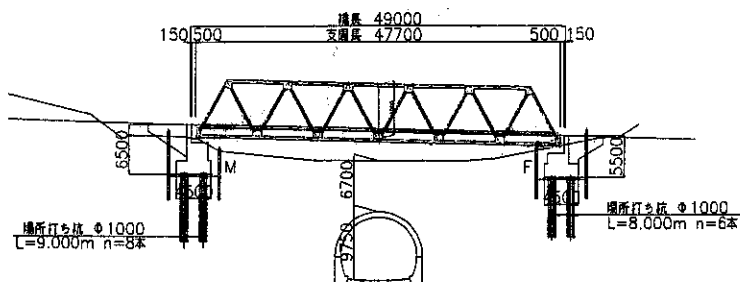


Key Words 有限要素法、近接度、トンネル、軽量盛土

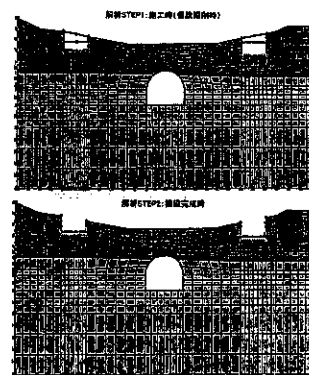
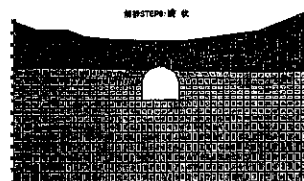
連絡先 〒980-0012 仙台市青葉区錦町1丁目7番25号 TEL.022-217-2034 FAX.022-217-2036

タイプ 2 ; トンネル上部の盛土に軽量盛土材 (EPS) を計画するもので、盛土重量を軽量化しトンネルへ与える影響を極力少なくする工法である。ケースⅡの要
注意範囲でトンネル上部に通常の盛土を使用した場合と
軽量盛土材を使用した場合とで比較検討する。

タイプ 3 ; トンネル上部に盛土をせず、橋梁にて跨ぐ。橋梁施工時 (仮設掘削時) と橋梁完成時 (常時、地震時) で検討する。



○解析STEP
STEP0: 現状
STEP1: 施工時 (仮設掘削時)
STEP2: 橋梁完成時
以上の様に、解析STEPの設定を行い、それぞれ
STEP0からのトンネルの変位・断面力等の変位を
定量化した結果を<○検討結果>にまとめる。



3. 解析結果と各タイプ毎の考察

タイプ 1 ; トンネルの変位は、ケースⅢの制限範囲で
盛土を行った場合が最大を示し、覆工アーチ頂部における
増加応力は、ケースⅡの要
注意範囲、ケースⅢの制限範囲
で、許容値を超過する結果が得られた。ケースⅠの無条件
範囲であっても、盛土高さ比 ($\Delta H/H$) をより大きくした
場合は、覆工の増加応力が許容値を超過する可能性がある
ので、いずれの範囲についても影響予測を行うことが望ま
しい。

タイプ 2 ; 軽量盛土材を使用した場合、通常の盛土で
施工した場合よりも沈下方向の最大変位・覆工の増加応力
を軽減することが可能となった。要
注意範囲内においても、
軽量盛土を使用すれば、トンネル上部の盛土計画が可能と
なることが分かった。

タイプ 3 ; 盛土した場合よりも、橋梁を計画した方が
変位は大きくなり、覆工の増加応力が許容値を超過するこ
とから、トンネル上部に構造物を施工することは、既設ト
ンネルへの変位を考えると好ましくない。橋梁施工時にお
ける変位が最も大きくなる結果が得られた。これは、橋台
施工時にトンネル上部の地山が掘削され、トンネル上の土
被りが軽減されることにより、上方へ引っ張られるように
変位・変形するためと考えられる。

4. おわりに

既設トンネル付近に近接施工する必要がある場合、むやみにトンネル上部を盛土・掘削するこ
とは既設トンネルへの影響が大きくなることから好ましくない。やむを得ず近接施工を行う必要性
がある場合は、軽量盛土材の使用により上載荷重の軽量化を図ること等のトンネルへの影響を極力
抑えるための工夫が必要である。

最後に、余談であります当該地の施工については、軽量盛土工法を採用し、施工時には覆工
にひずみ計を設置し変位を測定することを予定している。実測値とFEM解析の結果を比較するこ
とで、解析自体の精度が確認されることと思われる。

参考文献

(財) 鉄道総合技術研究所: 既設トンネル近接施工対策マニュアル, 平成 8 年 9 月

○近接度区分による既設構造物(トンネル)の変位一覧

検討step	変位	単位	I 無条件範囲	II 要 注意範囲	III 制限範囲
盛土完了時	アーチ頂部での 増加引張応力	kg/cm ²	変位値 8.351	10.792	22.739
	許容値		判定 OK	OUT	OUT
	浮き上がり方向の 最大変位 Δ_{max}	mm	変位値 1.909	4.182	24.008
盛土 + 近接度範囲	アーチ頂部での 増加引張応力	kg/cm ²	変位値 9.308	11.887	23.592
	許容値		判定 OK	OUT	OUT
	浮き上がり方向の 最大変位 Δ_{max}	mm	変位値 2.328	5.722	25.562

○盛土材による既設構造物(トンネル)の変位一覧

検討step	変位	単位	通常盛土	軽量盛土	軽減盛
盛土完了時	アーチ頂部での 増加引張応力	kg/cm ²	変位値 10.792	5.441	5.351
	許容値		判定 OK	OK	OK
	沈下方向の 最大変位 Δ_{max}	mm	変位値 4.182	0.316	3.846
盛土 + 近接度範囲	アーチ頂部での 増加引張応力	kg/cm ²	変位値 11.887	6.254	5.403
	許容値		判定 OUT	OK	OK
	沈下方向の 最大変位 Δ_{max}	mm	変位値 5.722	1.313	4.409

○橋梁計画時の既設構造物(トンネル)の変位一覧

検討step	変位	単位	変位値	許容値	判定
橋梁施工時 (仮設掘削時)	アーチ頂部での 増加引張応力	kg/cm ²	17.387	10	OUT
	浮き上がり方向の 最大変位 Δ_{max}	mm	0.992	—	—
橋梁完成時 (常時)	アーチ頂部での 増加引張応力	kg/cm ²	17.145	10	OUT
	浮き上がり方向の 最大変位 Δ_{max}	mm	-0.114	—	—
橋梁完成時 (地震時)	アーチ頂部での 増加引張応力	kg/cm ²	15.596	10	OUT
	浮き上がり方向の 最大変位 Δ_{max}	mm	-0.048	—	—