

トンネルにおける吹付コンクリートの等価弾性係数(その2)

神戸大学大学院 ○山地宏志 同 進士正人 神戸大学 桜井春輔

1 はじめに : 従来のトンネル解析では、吹き付けコンクリート覆工がなめらかな一様断面であるとして解析されてきた。しかし、実際の吹き付けコンクリート覆工は大小の凹凸を有している。著者は以前に覆工の凹凸が変位を増大させることを知り、この影響を解析に考慮するため等価弾性係数を提案し、円形トンネルに対しこれを求めた¹⁾。ここで等価弾性係数とは、凹凸を有する覆工の変位が見掛け上なめらかな覆工の変位と等しくなる、そのなめらかな覆工の弾性係数を言う。本研究では、半円形トンネルにおける等価弾性係数をシミュレーションによって求め、等価弾性係数と覆工凹凸との関係を調べた。

2 シミュレーションの手法 : シミュレーションに用いたモデルは、地山と吹き付けコンクリートがともに等方均質な線型弾性体とし、トンネルは全断面同時掘削、吹き付けコンクリート覆工は、トンネル掘削後瞬時に施工されるものとする。

シミュレーションは次の手順で行なう。まず硬付コンクリート覆工の凹凸を標準正規乱数によって決定する。(図-1) 次いで、この凹凸を有する覆工の変位を有限要素法により求める。さらに、これがなめらかな一様断面の覆工の変位であるとして、その時のなめらかな覆工の弾性係数(等価弾性係数)を、桜井、武内により提案された直接逆解析法を用いて求める。

3 凹凸度と凹凸長 : 覆工の凹凸の程度は、凹凸度と凹凸長によって表す。まず、凹凸度は次式で定義する。

$$\text{凹凸度} = \left\{ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (R_i - \bar{R}) / \bar{R} \right\} / \bar{R} \quad (3.1)$$

ここでNはトンネル壁面の節点数、 R_i は各節点からトンネル中心までの距離を表す。 $\bar{R}$ は R_i の平均値 $\sum R_i / N$ を表す。

次に凹凸長は次のように定義する。すなわちトンネルの横断面において、内壁に沿う凹凸の卓越する波長をトンネル半径で除したものを凹凸長とする。ここで、卓越する波長はパワースペクトルによって求める。ただし、次式を満たす覆工の凹凸長は0.4以下とする。

$$\text{Max } P(T_2) \leq \text{Min } P(T_0) \quad (3.2)$$

ここで、 $\text{Max } P(T_2)$ は、200 cmより大きな波長におけるパワースペクトルの最大値、また $\text{Min } P(T_0)$ は200 cm以下の波長におけるパワースペクトルの最小値を示す。

4 シミュレーション結果 : 図2に等価弾性係数 E_e を覆工材料の弾性係数 E_c で除した値と凹凸度並びに凹凸長の関係を示す。図から明らかなように、等価弾性係数は、凹凸度が凹凸長の増大とともに減少することが分る。

図3は同じ結果を、凹凸長を縦軸に、凹凸度を横軸にとり整理した図である。各シミュレーションケースをプロットし隣に等価弾性係数を覆工材料の弾性係数で除した値を10倍

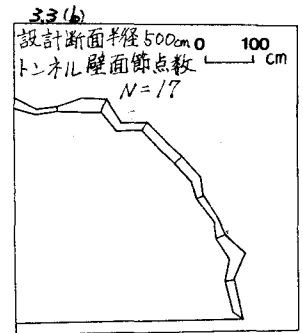


図1 標準正規乱数による覆工の凹凸の一例

Shunsuke SAKURAI, Masato SHINJI, Hiroshi Yamachi

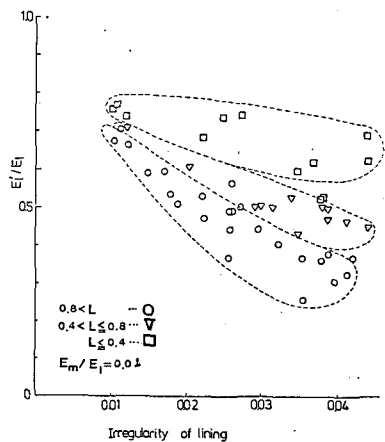


図2 凹凸度、凹凸長及び等価弾性係数の関係

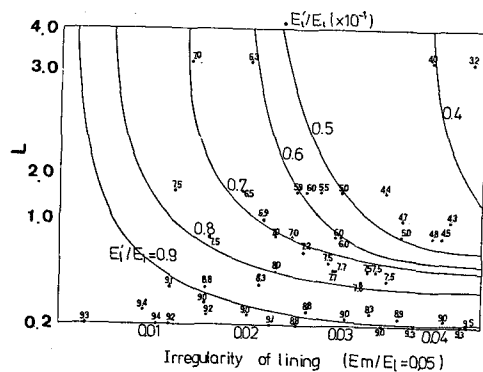


図3 凹凸度、凹凸長及び等価弾性係数の関係(地山と覆工の弾性係数の比0.05)

したものを示す。図4は、地山と覆工材料の弾性係数の比が0.01の場合である。

4 結論：覆工の凹凸は、覆工の剛性を低下させる。その程度は場合によって無視し得ないように思われる。この影響を解析にとり入れるためには、等価弾性係数を用いることが有効であり、それは覆工の凹凸度及び凹凸長から、ほぼ定量的に把握できると考えられる。

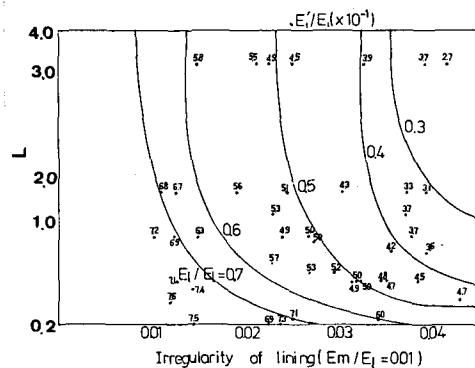


図4 凹凸度、凹凸長及び等価弾性係数の関係(地山と覆工の弾性係数の比0.01)

参考文献

- 1) 浅井春輔、蓮土正人：トンネルにおける吹付コンクリートの等価弾性係数、第15回岩盤力学におけるシンポジウム講演論文集、pp. 190~194, 1983
- 2) 武内邦文：トンネル工事における変位計測結果の評価と、その設計施工のフィードバックに関する研究、神戸大学大学院工学研究科修士論文、1983