

Ⅲ-B174

上界値計算によるシールドトンネル掘削に伴う影響範囲の推定について
— (その2) 砂質土地盤 —

東電設計㈱ 正会員 金子俊輔 東電設計㈱ 正会員 富所達哉
東京電力㈱ 正会員 川村祥二 東京電力㈱ 正会員 岡留孝一

1. はじめに

シールドトンネル掘削による影響範囲は、従来、トンネル下端から $45^\circ + \phi/2$ (ϕ : 内部摩擦角) の角度で上方に立ち上げた線の内側とする考え方が慣用的に用いられてきた。同考え方によると、粘性土、砂質土といった掘削地盤の差異は、トンネル下端から立ち上げる角度でしか表現されないが、実際には、影響範囲の形状そのものが異なると考えられる。本報告では、砂質土地盤のトンネル掘削を対象に、(その1) の粘性土地盤とは異なった破壊メカニズムを想定し、上界値計算を適用して推定される影響範囲の実務への適用性を検討した。

なお、本報告の影響範囲とは、近接施工時に、既設構造物に有害な影響を及ぼすと考えられる大変形領域(破壊領域)のことを指す。

2. 上界値計算で得られる破壊領域

粘性土地盤の上界値計算は、外力仕事と内部消散エネルギーを等値することによって算定される安定数 N を最小化させて行ったが、本報告では、砂質土地盤を対象にしていることから、粘着力 $C=0$ として考え、外力仕事のつり合いだけで安定数 N を算定して最小化を行った。破壊条件は、Mohr-Coulomb 則に従った。計算に適用した破壊メカニズムを図-1に示す。最小化パラメータは、破壊領域を表す角度 β である。安定数 N は、Atkinson ら¹⁾ の報告を参考に、(1) 式とした。

$$N = \frac{\sigma_t}{\gamma D} \quad (1)$$

ここで、 σ_t : トンネル内圧、 γ : 土の単位体積重量、 D : トンネル直径である。

$\phi=30$ 度とした場合における計算結果を図-2に示す。

図-2中の(a)は、破壊領域幅(W/D , W_2/D)～土被り比(C/D)関係と変位速度比(V_0/V_1)～土被り比(C/D)関係を整理したものである。 W/D は、 C/D が大きくなるにしたがって小さくなり、 C/D が1.5になると0になる。これは、トンネルが深くなるほど地表面へ達する破壊領域は小さくなり、 C/D が1.5を越えると破壊領域が地表面まで達しなくなることを示す。 W_2/D は、 C/D が大きくなるにしたがって大きくなり、 C/D が1.5を越えると一定になる。これは、トンネルが深くなっても、破壊領域が地表面に達しているあいだはトンネル側部の破壊領域は広がり、破壊領域が地表面に達しなくなると、それ以上広がらないことを示す。 V_0/V_1 は、 C/D が大きくなるにしたがって小さくなり、 C/D が1.5を越えると一定になる。これは、トンネル側部の破壊領域が広がると、トンネル上部の沈下量が減少し、トンネル側部の破壊領域が変化しなくなるとともに、トンネル上部の沈下量も変化しなくなることを示す。図-2中の(b)は、破壊領域高さ(H/D)～土被り比(C/D)関係を整理したものである。 H/D は、 C/D が大きくなるにしたがって1:1の割合で大きくなり、 C/D が1.5を越えると一定になる。これは、 C/D が1.5までは、破壊領域が地表面に達し、それ以上になると、破壊領域の高さは変化しないことを示す。 W/D の変化と合わせて考えると、破壊領域が地表面まで達しなくなると、トンネルが深くなっても破壊領域はまったく変化しないといえる。

以上の上界値計算で得られた破壊領域に関する情報は、実現象を比較的良好に表現しているのではないかと考えられる。

3. 既往文献における模型実験結果との比較

足立²⁾らの実験結果と桜井ら³⁾の実験結果を適用して、上界値計算で得られた破壊領域の妥当性を検討した。両実験は、地盤をアルミ棒積層体でモデル化している。前者は、トンネル掘削を変位境界としてシュミレートしているのに対し、後者は、応力境界としてシュミレートしているところに違いがある。

上界値計算で得られた破壊領域と実験結果で得られた変位コンターとを比較した結果を図-3、図-4に示す。それぞれ、太線が上界値計算で得られた破壊領域である。両実験とも $\phi=30$ 度として計算を行っている。これらの図より、計算結果は、大変形領域をほぼ推定できていると考えられる。

シールドトンネル、上界値計算、近接施工、模型実験

〒110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3 東電設計上野センター 3F TEL03-5818-7618 FAX03-5818-7625

最後に、本報告 (その1, その2) の内容は、(社)日本トンネル技術協会、近接構造物特別委員会 (委員長: 東京都立大学山本稔名誉教授) の検討の一環として実施したことを付記する。また、上界値計算に関して、東京工業大学日下部治教授に有益な御助言を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

(参考文献)

- 1) Atkinson, J.H., Potts, D.M. and Schofield, A.N.: Centrifugal model tests on shallow tunnels in sand, Tunnels and Tunnelling, Vol.9, No.1, pp59-64, 1977.
- 2) 足立, 田村, 八嶋, 上野: 砂質地山トンネルの挙動と解析に関する研究, 土木学会論文集 No.358, III-3, pp129 ~ 136, 1985, 6.
- 3) 桜井, 川嶋, 川端, 皿海: 土被りの浅いトンネルの力学的挙動に関するモデル実験, 土木学会論文集 No.487, III-26, pp271 ~ 274, 1994, 3.

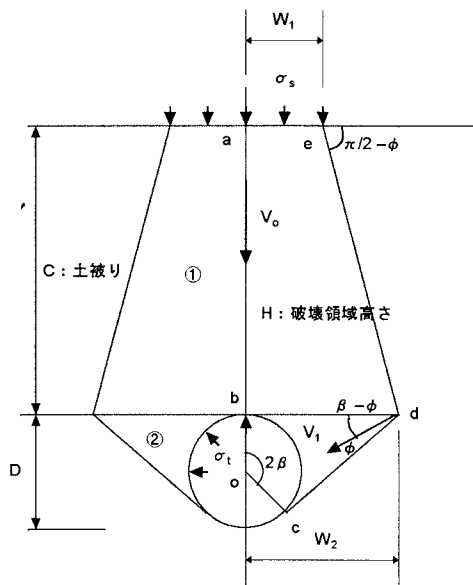
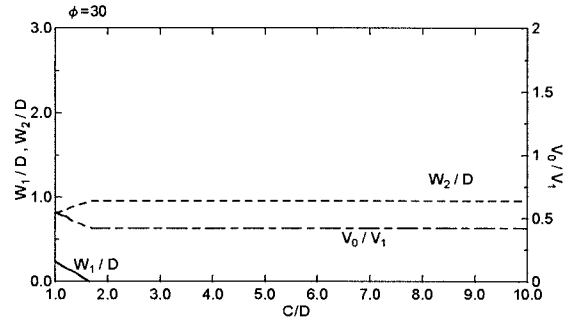
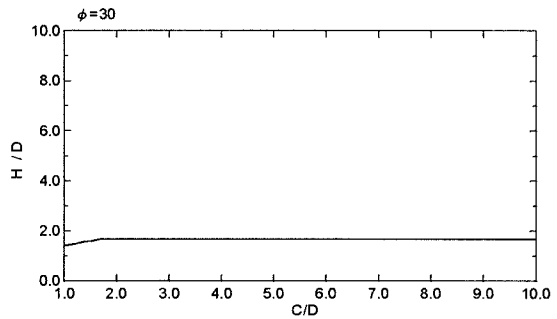


図-1 計算に適用した破壊メカニズム



(a) 破壊領域幅～土被り比関係



(b) 破壊領域高さ～土被り比関係

図-2 上界値計算によって得られる破壊領域

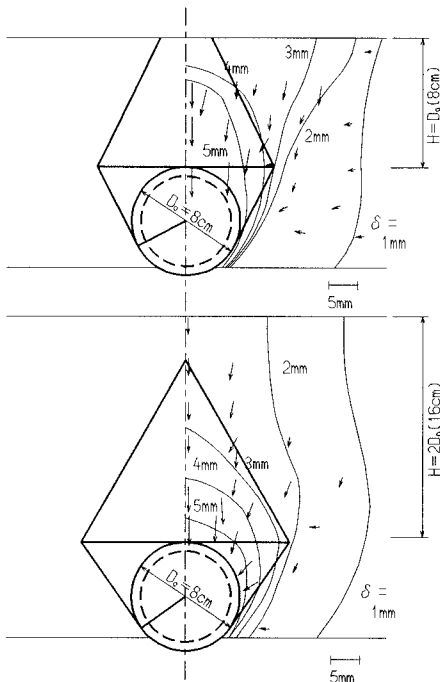


図-3 足立ら²⁾の実験結果との比較

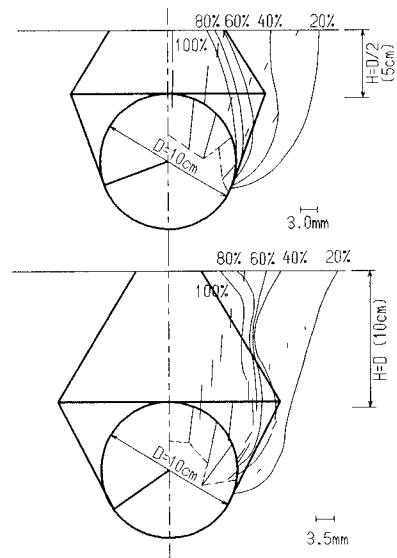


図-4 桜井ら³⁾の実験結果との比較