

III-219

遠心力模型実験による剛性埋設管の実測土圧とFEM弾性解析

大阪市立大学 東田 淳・三笠正人・八谷 誠(現中央復建コンサルタント)

まえがき 筆者の一人は開削工法で埋設された剛性管の土圧集中問題を簡単な弾性モデルを用いて検討し、土を弾性体と仮定しても境界条件を適切に選べば現象をかなり良く説明できることを示した¹⁾。今回は乾燥砂(密詰、ゆる詰)中に種々の条件で埋設された剛性管の遠心力模型実験実測土圧を示し、実験条件にできるだけ忠実なFEM弾性解析と対比した結果を報告する。実験の方法については別報²⁾を参照されたい。

1. 実験の種類

実験は別報²⁾のTable 4に示したように、A)管の設置形態(仮設矢板を用いた溝型-1、同2、盛土型)、B)管面粗度、C)掘削溝幅 B_d 、D)土被り高 H 、E)基礎砂厚 H_b 、の5つの要因を変化させた5シリーズ、合計34ケースについて行なった。なお、管表面が滑、 $H=9\text{cm}$ 、 $H_b=4\text{cm}$ 、 $B_d=13\text{cm}$ (溝型)または $B=34\text{cm}$ (盛土型、 B は盛土延長)の場合を基準模型とし、各要因をそれぞれ単独に変化させてその要因の影響を調べた。また溝型のうち2枚の矢板を同時に引抜く実験を溝型-1、片方ずつ引抜く実験を溝型-2とした。

2. 解析方法

解析は8節点アイソパラメトリック要素を用いて、溝型-1と盛土型について行なった。計算条件は実験条件と一致、あるいは近似させた。

Fig. 1に要素分割と材料定数を示す。境界条件は次の通り。

- ①地盤側方の境界条件は、溝型-1： $y=B_d/2$ において $\sigma_y=0$ 、盛土型： $y=2.5D$ (D は管径、9cm)において $\varepsilon_y=0$ とした。
- ②管と土との境界条件は、Sharmaら³⁾の示したジョイント要素を用いて、管表面滑に対して滑動条件($u_r=u_r'$ 、 $\tau_{re}=\tau_{re}'=0$ 、ただしダッシュ有無はそれぞれ土、管のものとする)を与え、Bシリーズでは固定条件($u_r=u_r'$ 、 $u_e=u_e'$)についても計算した。
- ③地盤下端水平面の境界条件は固定とし、Eシリーズではローラー条件についても計算した。実験ではこの面は供試体容器底面(滑らかな鉄板)にあたる。

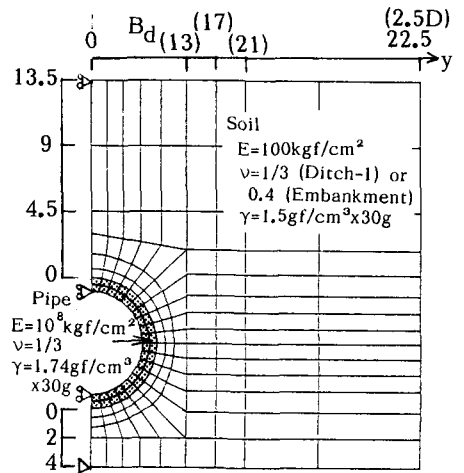


Fig.1 Element Mesh unit:cm

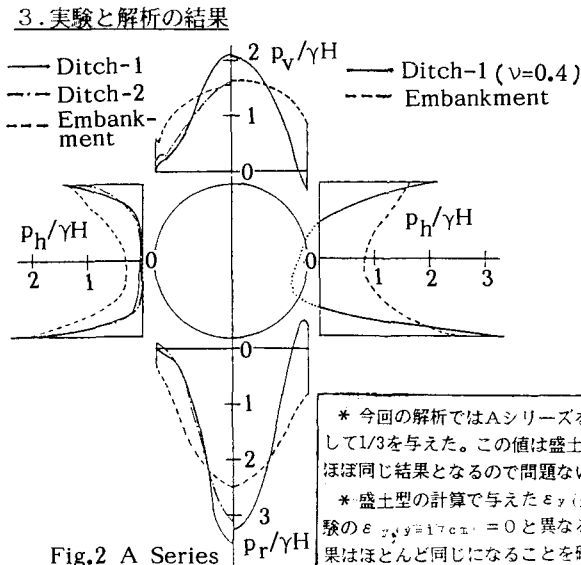


Fig.2 A Series

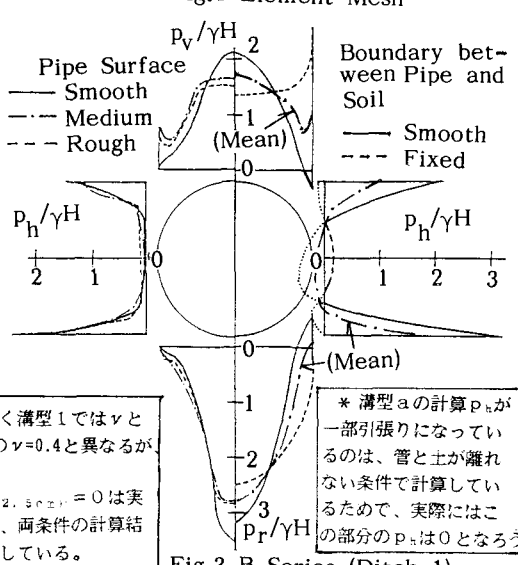


Fig.3 B Series (Ditch-1)

* 今回の解析ではAシリーズを除く溝型1では ν として1/3を与えた。この値は盛土型の $\nu=0.4$ と異なるがほぼ同じ結果となるので問題ない。
* 盛土型の計算で与えた $\varepsilon_y(y=22.5\text{cm})=0$ は実験の $\varepsilon_y(y=17\text{cm})=0$ と異なるが、両条件の計算結果はほとんど同じになることを確認している。

* 溝型aの計算 p_h が一部引張りになっているのは、管と土が離れない条件で計算しているためで、実際にはこの部分の p_h は0となる。

鉛直土圧 p_v 、鉛直反力土圧 p_r 、水平土圧 p_h の分布の例を Fig. 2～6 に示した。各図の左半分は実測値、右半分が計算値である。実測は密詰の場合で、溝型-1 は30g の下での矢板引抜き中に管頂土圧が最大となった時点のもの、盛土型は30g で計測値が5 分間一定値を保った時のものである。ゆる詰の実測も密詰とほぼ同じ結果となった。

A) 管の設置形態 (Fig. 2) 実験では、 p_v 、 p_r はいずれも山形分布で、溝型1、2、盛土型の順に管頂、管底への集中が弱まる。 p_h はいずれも凹形分布を示す。溝型-1、盛土型に対する計算は実験と同傾向を示す。

B) 管面粗度 (Fig. 3) 管表面が滑の場合の実測値は滑動条件の計算値と良く合う。中粗、粗の実測土圧は滑動、固定両条件の計算値の平均値に近い。固定条件の計算では管側を中心とする90° の範囲の管面せん断応力が実測管面摩擦角 (別報²⁾ の Table 3) から求める管面の摩擦抵抗力を

与えるので、実際はそこで滑りが生じることになる。

C) B_d (Fig. 4)

実験では B_d の増大につれて p_v 、 p_r は山形分布から台形分布へと変化するが、計算ではこの傾向は見られない。 B_d が17、21cm の場合は弾性論での処理には多少無理があるとみられる。

D) H (Fig. 5) 実験では溝型-1、盛土型とも $H=4.5$ cm の p_v はM 形で他と傾向が異なり、 p_r は H の減少につれて管底への集中が強まる。計算もこの点同傾向を示し、さらに盛土型は分布形の特徴も良く似ている。

E) H_b (Fig. 6) 実験では H_b の減少につれて管底への集中が強まる。計算は地盤下面の境界が固定、ローラー両条件とも実験と同傾向を示す。なお、 $H_b=4$ cm では両条件による差は無い。

以上のように B_d の影響を除いて、計算と実験はかなり良い一致をみた。これは B_d の基準値が弾性論で処理できる13cm であったことによる。なお、 $B_d=13$ cm と対応する Prototype の B_d 寸法は実際施工で通常用いられるものである。

参考文献 1) 東田淳: 弾性論による埋設管の土圧の検討、第20回土質工学研究発表会、1985. 2) 遠心力模型実験による剛性埋設管の土圧の検討、第41回土木学会年講. 3) Sharma et al: Generalization of Sequential Nonlinear Analysis-A Study of Rock-fill Dam with Joint Elements, Numerical Methods in Geomechanics, ASCE, 1976.

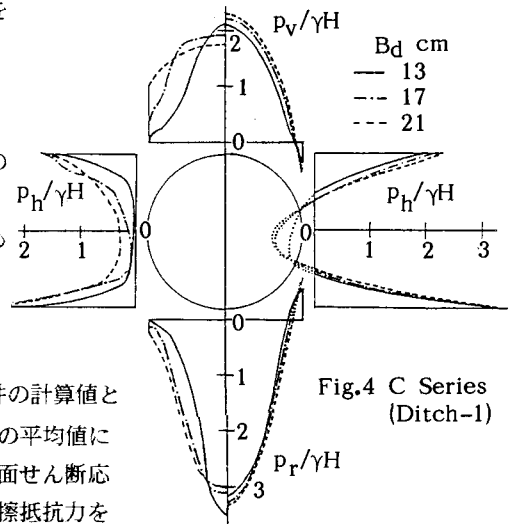


Fig.4 C Series (Ditch-1)

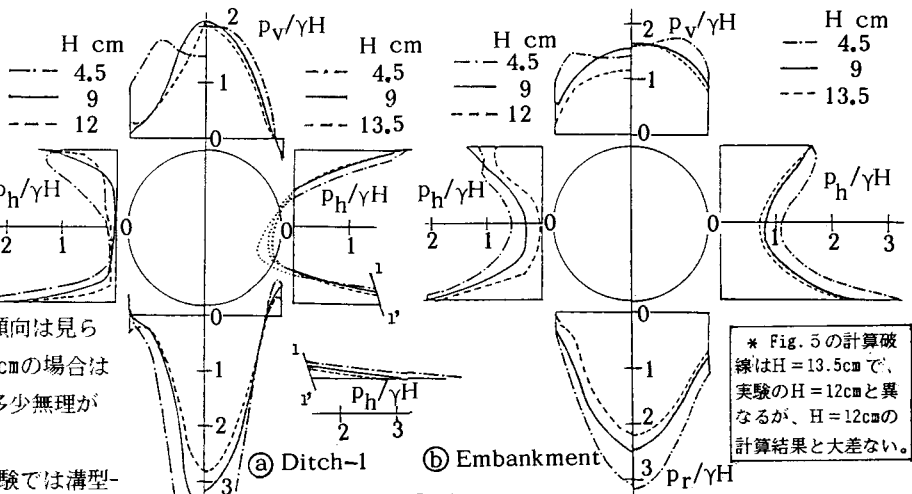


Fig.5 D Series

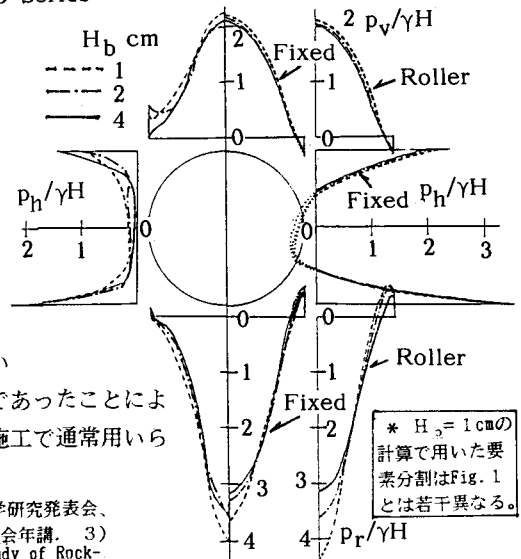


Fig.6 E Series (Ditch-1)