

首都高速道路公団 正員 菊地正剛  
 東京理科大学 同上 福岡正巳  
 同上 同上 今村芳徳

1) まえがき

地中埋設管に作用する土圧については、いまだ不明な点が数多くある。Marston-Spangler 公式等を用いた現行の設計方法では、埋設管に加わる土圧は管の上下と左右から鉛直及び水平な仮想壁面に加えられる。しかし実際に埋設管に加わる土圧は、管壁に作用する垂直土圧と壁面摩擦力であるから、仮想壁面上に垂直土圧を作用させることは正確ではない。故に、今回は、このような点を考慮し、管に働く垂直土圧と壁面摩擦力を実測するためにパネル式土圧計を開発し、パイプラインとして通常用いられている直径2 m鋼管の埋設実験より土圧を実測し、ため計算をして、既存のMarston-Spangler 公式との比較を行なったのでここに報告する。

2) 実験概要

パネル式土圧計は図-1に示すように58×68cmの大きさの受圧板をもち10枚の受圧板で管の周囲を全部覆うことができる。土圧は上板の表から作用する。裏側には垂直土圧を測定するロードセル4個(平鋼2枚、丸鋼棒2本)と壁面摩擦力を測定するロードセル2個(ステンレスリング2個)の合計6個のロードセルを取り付けた。

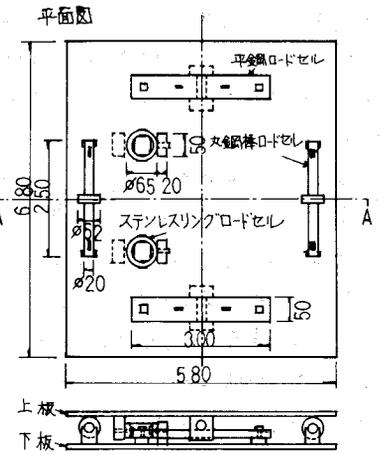


図-1 パネル式土圧計の構造

埋設実験は図-2に示すように東京理科大学屋外実験場にある盛土に、底幅3 m、天端7.5 m、深さ4.5 mの溝を掘り、気乾砂で埋め戻しを行ない、最終的に管頂より2.25 mまで埋め戻した。その際、管に加わる土圧の測定は、埋め戻し段階ごとの締め固め終了後行なった。また、管のためには地すべり変位計を用いて測定した。

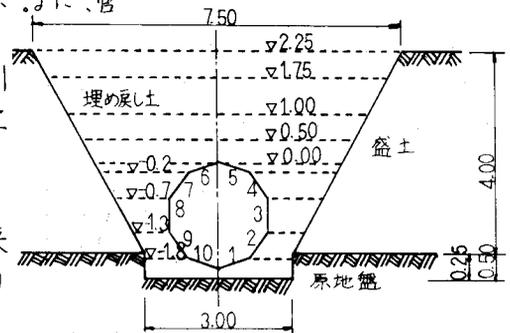


図-2 埋設管断面図

埋め戻しに用いた砂は、埼玉県から採取した粒径一様の川砂であり、盛土は粘土質の関東ロームで、原地盤は粘土である。これらの土質特性を表-1に示す。

3) 実験結果

まず、実験において図-2の10番の土圧計の値に支障を来し、10番の土圧計の値を水平方向の土圧とモーメントが釣り合うように修正した。鉛直方向の土圧の不釣り合いについては浮力と考えた。その土圧分布を図-3に示す。なお、この土圧分布は締め固め完了直後で土被り高さ2.25 mである。図-3により管上土圧分布については従来考えられていた等分布の鉛直土圧ではなく凹形となり、側方土圧については中心部にくびれのある瓢箪形となった。底面反力については従来通り、等分布の鉛直土圧として作用した。また図-3の点線と実線の土圧分布を比較すると管上半分で壁面摩擦力の影響が大きく、管壁に作用する土圧は垂直土圧だけでなく垂直土

表-1 土質特性

項目	材料	埋め戻し土	盛土	原地盤
含水比	$w(\%)$	15.9	99.02	84.84
湿潤密度	$\rho_t(\text{g/cm}^3)$	1.60	1.215	1.81
乾燥密度	$\rho_d(\text{g/cm}^3)$	1.38	0.629	0.818
比重	$G_s$	2.68	2.78	2.71
内部摩擦角	$\phi(^{\circ})$	39.6	14.0	5.0
粘着力	$c(\text{kg/cm}^2)$	0.0	0.12	0.11
液性限界	$W_L(\%)$	-	82.83	156.50
塑性限界	$W_p(\%)$	-	68.04	52.71
塑性指数	$I_p(\%)$	-	14.79	103.79
均等係数	$U_c$	2.375	-	-
曲率係数	$U_c$	1.299	-	-
分類		砂	WH:関東ローム	CH:粘土

圧と壁面摩擦力であることが実測された。

図-4は管頂部における鉛直土圧と土被り高さの関係とMarston-Spanglerの公式及びH公式と比較したものである。土被り高さ1m以上になると今回の実測値は諸公式より小さな鉛直土圧となった。

図-5は昭和58年2月27日の震度4の地震前後の2月23日と3月7日の土圧を比較したものである。土被り高さは2.25mで埋め戻し完了後約1か月である。これより地震後、垂直土圧は大きくなり、管上半分の壁面摩擦力は小さくなり、管下半分の壁面摩擦力は大きくなることの実測された。

#### 4) 解析

図-6に示すようにカスチリアノの第二定理(最小仕事の原理)とカスチリアノの第一定理を用いてマイクロ・コンピュータにより実測した土圧から土被り高さに対するたわみの変化を計算した。そして、図-7に示すように管の鉛直たわみ量について実測値及びSpanglerの公式と比較した。なお、Spanglerの公式については側方たわみ量の公式を鉛直たわみ量と等しいと仮定して用いた。計算値は実測値とあまり合っていないが、上記の計算方法により図-6に示すように管全体のたわみの変化を計算可能となった。

図-4 管頂部の鉛直土圧

▲ - 0.2m ■ 0.5m ● 1m  
△ 2.25m ○ 2.25m (10日後)

#### 5) あとがき

今回は、一回の埋設実験より以上のような結果となったが、一回の埋設実験で土圧を明確にするのは困難であり、数回の埋設実験が必要である。また、マイクロ・コンピュータの利用により、容易に土圧 管全体のたわみを計算したが、まだ実測値との開きが大きく今後の課題としたい。以上により埋設管に働く土圧とたわみのシミュレーションも可能となるだろう。

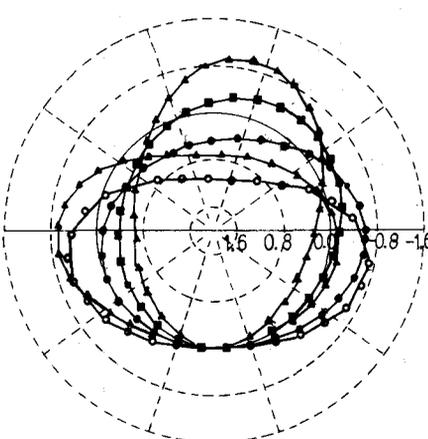


図-6 土被り高さごとたわみ量

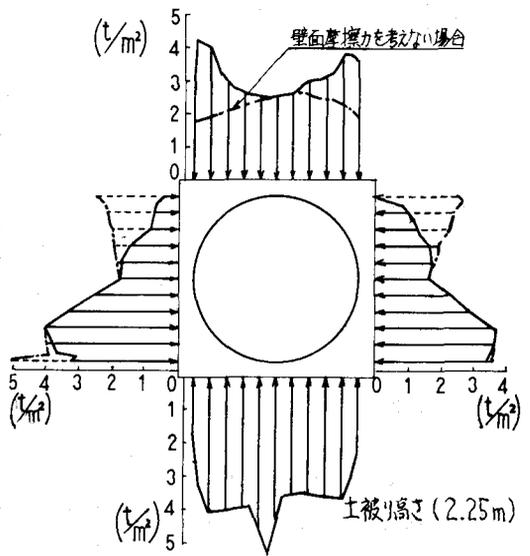


図-3 埋め戻し完了直後の土圧分布

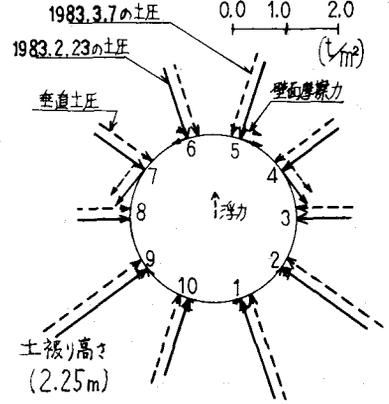


図-5 地震前後の土圧

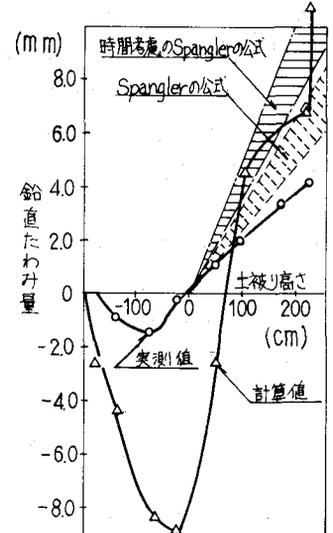


図-7 土被り高さごと管の鉛直たわみ量