

III-431

乾燥砂中の剛な埋設管に作用する土圧測定の実験

宇都宮大学 正員 ○萩原 敏行

" 正員 日下部 治

西松建設 正員 野本 寿

" 正員 三戸 憲二

1. はじめに

地中埋設管に作用する土圧の評価は、地盤と構造物との相互作用の典型的な問題の一つであり、土圧の値およびその分布形状は埋設管の剛性、表面粗さ、埋設管の設置方法等によって変化することが指摘されている。こうした埋設管の土圧問題に対して、土の自重効果を表面荷重におきかえた1 Gの模型実験では作用する土圧を過小評価する可能性があるとの実験結果が遠心模型実験を用いた Jamesら¹⁾の研究で示されている。そのため東田ら²⁾も矢板引き抜き時に埋設管に作用する土圧を適切に評価するために遠心実験を試みている。今回埋設管に作用する土圧に関する基礎的な実験として、作用応力の垂直、せん断成分を計測するための二方向ロードセルの試作を行い、それを用いて剛な埋設管に作用する土圧の計測を遠心装置を用いて行った。

2. 実験の概要

埋設管に作用している垂直、およびせん断応力成分を測定するために図-1に示すような小型(縦15 mm, 横24 mm, 高さ21 mm)の二方向ロードセルを作成した。ロードセル構造の基本原理解は龍岡らが採用したもの³⁾と同様で、平行平板モードによる変形を利用したものである。模型埋設管は外径80 mm, 内径58 mm, 長さ152 mmの肉厚で表面が滑らかなアルミニウム製の円筒でその中に2個のロードセルを円筒中央部で相対して剛接した。ロードセルの測定範囲は、垂直応力に対しては0~4.0 kgf/cm²、せん断応力に対しては0~2.0 kgf/cm²である。ロードセル各方向の出力について1 Gでキャリブレーションを行った結果、線形性は良好でヒステリシスも小さく誤差はフルスケールの0.1%以内であった。また、出力相互の干渉もほとんど見られなかった。

遠心模型実験は、宇都宮大学所有の遠心模型装置を用いて行った。実験に用いた試料容器及び実験システムの概要を図-2に示す。試料容器は縦355 mm, 横500 mm, 奥行き152 mmの剛性構造をしたもので、正面にはレキサンシートが填め込まれている。模型地盤の作成方法および埋設管の設置方法は、試料容器を鉛直に置き乾燥した豊浦砂を空中落下法で相対密度が80.0% ($\gamma_r=1.56 \text{ tf/m}^3$) となるように作成した。60 mmの層厚に達したら埋設管を地盤表面に設置しその後再び豊浦砂を落下させ、土被り厚(C)を埋設管の直径(D)に対する比C/Dが0.25, 0.5, 1.0の3種類に調整した。

遠心加速度を1 Gから80 Gまで10 Gごとに順次増加させて埋設管に作用する垂直応力とせん断応力を測定した。なお、80 Gのもとでは、埋設管の直径はプロトタイプに換算して6.4 mに相当する。

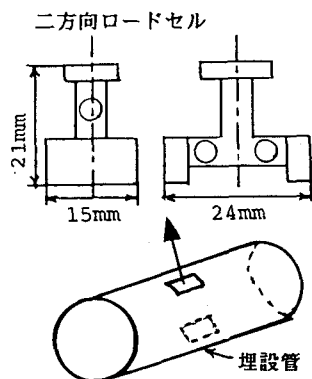


図-1 二方向ロードセル

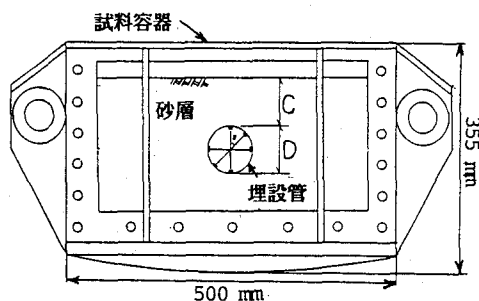


図-2 実験システム概要

3. 実験結果と考察

遠心加速度下で測定される応力の出力には埋設管に作用している表面応力とともにロードセルおよび受圧板の自重による出力が含まれている。両者の圧力に重ね合わせが可能であるとして、1 Gでのロードセルのキャリブレーション値を用いて n Gでの全圧力を算出し、そこから対応する n Gの遠心加速度下で別途求めた埋設管のみによるロードセルの出力値を引いた値を表面応力によるものとして以下のデータ整理を行なった。

図-3は遠心加速度 (G) の増加による垂直応力 (σ_n) 及びせん断応力 (τ) の変化を示している。各位置の垂直応力成分ともに G に対して直線的に応力が増大しており、Jamesら、東田らの実験事実を再確認するものとなっている。また表面滑で行った今回の実験ではせん断応力の値はいずれも小さく 0.1 kgf/cm^2 以下の場合が多い。80Gにおける頂部、および側方部での垂直応力を土被り圧 $n\gamma \cdot H$ で除した値を C/D についてプロットしたのが図-4である。図中にはJamesら、東田らのデータから読み取った値も示した。頂部では砂地盤と埋設管の剛性差によっていずれも値は1より大きくなっており、1.2~1.5程度とみなせる。また側方部の値は、0.25~0.30程度で、静止土圧 $K_0 \cdot \gamma \cdot H$ において $K_0 = 1 - \sin \phi'$ ($\phi'_t = 48^\circ$, $Dr = 80\%$)⁴⁾ とした値0.26に近い。また、頂部と側方部での垂直応力の比が、側方係数 (λ) にあたり、今回の実験では0.2~0.3となっている。垂直、せん断応力の管周面での分布を示したのが図-5である。垂直応力分布型は C/D の値によらずほぼ同一の形状となっている。せん断力の分布型をみるとせん断応力の方向の変化点が $\theta = 90^\circ$ より小さく、表面粗な管を用いたJamesらの結果による変化点 $\theta = 100^\circ$ と比較されよう。ただし、値は小さいものの対称点である $\theta = 0^\circ$, 180° の点では、全ケース必ずしもせん断応力が0となっておらず、受圧板の大きさ、管の設置方法の影響がみられる。

4. おわりに

垂直、せん断応力を測定する小型二方向ロードセルを試作し砂中の剛な埋設管に作用する土圧を遠心力場で測定した。測定結果は過去の同種の発表データとも良い対応を示すことが確認された。実験に際しては、元宇都宮大学学生萩島達也君の協力を得た。厚く御礼申し上げる。

<参考文献> 1) R.G.James and H.Larsen: Centrifugal model tests of buried rigid pipes, Proc. 9th ICSMFE, Vol.1, pp. 567-570, 1977. 2) 東田・三笠: 遠心力模型実験による剛性埋設管の土圧の検討、土木学会論文報告集、第376/III-6, pp.171-180, 1986. 3) 佐藤・龍岡・生原・山田: 二方向ロードセルの試作とその特性について、第38回土木学会年次学術講演会講演概要集、pp.285-286, 1983. 4) 木村ら: 砂地盤の支持力ならびに変形性状に対する異方性について、土木学会論文報告集、第319号、pp.105-113, 1982.

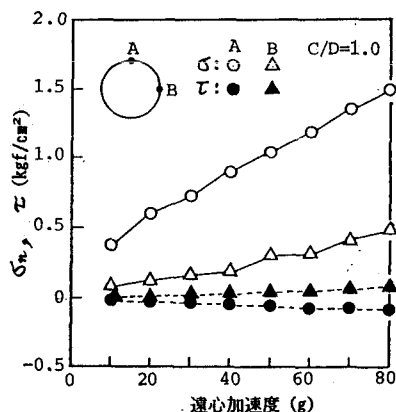


図-3 遠心加速度による σ_n , τ の変化

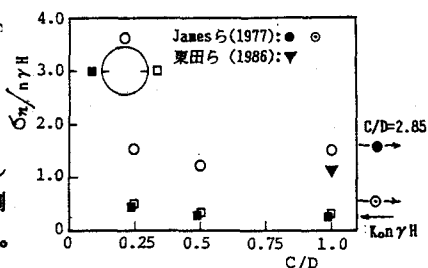


図-4 垂直応力と土被り比の関係

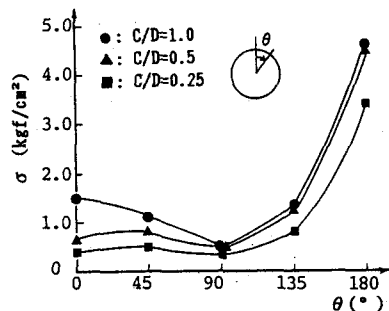


図-5(a) 垂直応力 (σ) 分布

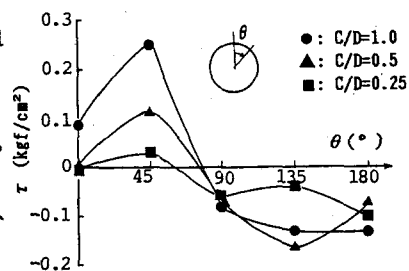


図-5(b) せん断応力 (τ) 分布