

防衛大学校 正員 佐藤 敏 志

1. まえがき 埋設条件によっては、埋戻し土砂による荷重より影響が大きいと考えられる輪荷重などのいわゆる上載荷重に対する埋設管の土圧分布は、多くの要因が複雑にかうみ合っていることから明確には把握されていない。上載荷重をうける埋設管の応力などに関して、これまで2次元問題として応力から土圧を計算する方法および実測値と計算値との関係について2, 3の考察を行ってきたが、より実際的な問題を検討するためには、種々の条件下における軸力および曲げモーメント分布を知ることが必要である。

本報告は、上載荷重をうける埋設管の応力性状などを知ることを行なった模型実験の結果についてまとめたものである。以下に実験の概要および実験結果の一部として3種類の埋設条件に対する応力の実測値、土圧の計算値などについて述べる。

2. 実験の概要 実験に用いた砂槽、埋設管模型、埋戻し材料および載荷方法は昨年度述べたとおりである。埋戻しは、砂層を図-1のように区分し、それぞれの部分の締固め方法は表-1に示すように行なった。

実験結果の一例として、各測点(図-2)における円周方向のひずみの実測値( $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ )、それらの値から計算した軸力( $N$ )、曲げモーメント( $M$ )および中心方向の土圧( $P(x)$ )を表-2, 3に示した。

表-2は $t=2\text{mm}$ の管に対する荷重1500 kgのときの結果を示したものであり、表-3は、 $t=4\text{mm}$ の管に対するものである。表中のデータの種類の表わすシリーズI, II, IIIは表-1の埋設条件に対応している、ひずみは土のひずり40 cmを0とした場合の値である。

軸力、曲げモーメントは、 $\varepsilon_1$ および $\varepsilon_2$ から曲りバリとして計算した。これらの表から、当然のこゝなびり管の応力は埋設条件によってかなりの影響をうけることがわかる。また、中心方向土圧は各断面における $N, M$ から算出したものである。この計算では、軸力および曲げモーメントを同一レベルで扱っているが、実際問題としては、表中のひずみの測定値から軸力の精度は曲げモーメントに比してかなり悪いことが予想され、問題を残している。従って、軸力分布を統計的に推定するか、または比較的精度のよい曲げモーメント分布を主体とした土圧計算法を検討する必要もあろう。

図-3, 4には中心方向土圧の分布を示した。最下点の土圧が非常に小さいことは、埋戻しの際の管下部の締固めの方法に起因していると考えられる。実測値との関係については講演時に述べる。

3. あとがき 埋設管の応力に関する模型実験の結果の一部について述べたが、現在、埋設条件に対応する土質定数を定量化するための補足実験を計画しているので、これらの結果を待って、さらに整理していく予定である。

(参考文献) 1) 佐藤, 埋設管における上載荷重の影響に関する模型実験, 第11回土木工学研究発表会(1976)

2) 佐藤, 上載荷重をうける埋設管の応力と土圧について, 第31回土木学会年次講演会(3)(1976)

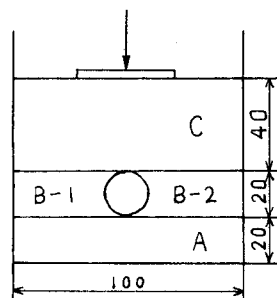


図-1 砂層の区分

表-1 砂層の部分の状況および締固めの種類

| A | B   |     | C | 備考      |
|---|-----|-----|---|---------|
|   | B-1 | B-2 |   |         |
| H | M   | M   | M | シリーズI   |
|   | S   | S   |   | シリーズII  |
|   | S   | M   |   | シリーズIII |

但し S: 締固めのない

M: 締固め後の一層の厚さが10 cmになるように締固める

H: 十分に締固める

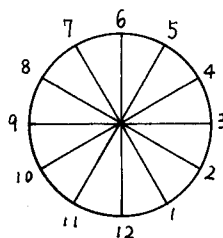


図-2 測定点

表-2 実験結果および計算結果 ( $t=2\text{mm}$ ,  $P=1500\text{kg}$ )

| 測定点 | シリーズⅠ (平均)                           |              |           |              |                                        | シリーズⅡ (平均)                           |              |           |              |                                        | シリーズⅢ (平均)                           |              |           |              |                                        |
|-----|--------------------------------------|--------------|-----------|--------------|----------------------------------------|--------------------------------------|--------------|-----------|--------------|----------------------------------------|--------------------------------------|--------------|-----------|--------------|----------------------------------------|
|     | $\epsilon_1$<br>( $\times 10^{-4}$ ) | $\epsilon_2$ | N<br>(kg) | M<br>(kg·cm) | P( $\alpha$ )<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_1$<br>( $\times 10^{-4}$ ) | $\epsilon_2$ | N<br>(kg) | M<br>(kg·cm) | P( $\alpha$ )<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_1$<br>( $\times 10^{-4}$ ) | $\epsilon_2$ | N<br>(kg) | M<br>(kg·cm) | P( $\alpha$ )<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 1   | 53                                   | -48          | 1.37      | 0.85         | 0.18                                   | 227                                  | -210         | 4.80      | 3.69         | 0.73                                   | 85                                   | -80          | 1.47      | 1.39         | 0.19                                   |
| 2   | 10                                   | 2            | 2.91      | 0.07         | 0.30                                   | -115                                 | 147          | 7.31      | -2.21        | 0.53                                   | -17                                  | 27           | 2.34      | -0.37        | 0.22                                   |
| 3   | -88                                  | 105          | 3.80      | -1.63        | 0.30                                   | -328                                 | 342          | 2.31      | -5.66        | 0.03                                   | -135                                 | 147          | 2.45      | -2.38        | 0.19                                   |
| 4   | -107                                 | 120          | 2.78      | -1.92        | 0.17                                   | -185                                 | 192          | 1.09      | -3.19        | 0.03                                   | -172                                 | 180          | 1.37      | -2.98        | 0                                      |
| 5   | 53                                   | -32          | 5.21      | 0.72         | 0.48                                   | 158                                  | -130         | 7.22      | 2.43         | 0.69                                   | 25                                   | -8           | 4.16      | 0.28         | 0.35                                   |
| 6   | 172                                  | -153         | 5.11      | 2.75         | 0.66                                   | 368                                  | -345         | 6.69      | 6.03         | 0.92                                   | 243                                  | -228         | 4.37      | 3.98         | 0.60                                   |
| 7   | 27                                   | -10          | 4.16      | 0.31         | 0.37                                   | 143                                  | -118         | 6.45      | 2.21         | 0.63                                   | 163                                  | -148         | 4.12      | 2.63         | 0.49                                   |
| 8   | -113                                 | 128          | 3.23      | -2.04        | 0.20                                   | -197                                 | 208          | 2.01      | -3.42        | 0.07                                   | -118                                 | 122          | 0.58      | -2.03        | -0.05                                  |
| 9   | -68                                  | 85           | 3.86      | -1.29        | 0.32                                   | -293                                 | 308          | 2.66      | -5.08        | 0.08                                   | -223                                 | 227          | 0.25      | -3.80        | -0.10                                  |
| 10  | 22                                   | -12          | 2.47      | 0.29         | 0.28                                   | -95                                  | 113          | 4.02      | -1.76        | 0.33                                   | -80                                  | 92           | 2.62      | -1.45        | 0.18                                   |
| 11  | 43                                   | -35          | 2.06      | 0.66         | 0.21                                   | 155                                  | -142         | 3.61      | 2.51         | 0.48                                   | 120                                  | -112         | 2.30      | 1.96         | 0.36                                   |
| 12  | 20                                   | -18          | 0.54      | 0.32         | 0.02                                   | 193                                  | -195         | 0.14      | 3.28         | -0.01                                  | 117                                  | -115         | 0.85      | 1.96         | 0.08                                   |

表-3 実験結果および計算結果 ( $t=4\text{mm}$ ,  $P=1500\text{kg}$ )

| 測定点 | シリーズⅠ (平均)                           |              |           |              |                                        | シリーズⅡ (平均)                           |              |           |              |                                        | シリーズⅢ (平均)                           |              |           |              |                                        |
|-----|--------------------------------------|--------------|-----------|--------------|----------------------------------------|--------------------------------------|--------------|-----------|--------------|----------------------------------------|--------------------------------------|--------------|-----------|--------------|----------------------------------------|
|     | $\epsilon_1$<br>( $\times 10^{-4}$ ) | $\epsilon_2$ | N<br>(kg) | M<br>(kg·cm) | P( $\alpha$ )<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_1$<br>( $\times 10^{-4}$ ) | $\epsilon_2$ | N<br>(kg) | M<br>(kg·cm) | P( $\alpha$ )<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_1$<br>( $\times 10^{-4}$ ) | $\epsilon_2$ | N<br>(kg) | M<br>(kg·cm) | P( $\alpha$ )<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 1   | 38                                   | -35          | 1.81      | 2.24         | 0.21                                   | 86                                   | -78          | 4.64      | 5.03         | 0.62                                   | 67                                   | -64          | 2.15      | 4.02         | 0.33                                   |
| 2   | -7                                   | 15           | 3.55      | -0.68        | 0.40                                   | -28                                  | 43           | 6.49      | -2.18        | 0.64                                   | -25                                  | 39           | 6.07      | -1.96        | 0.50                                   |
| 3   | -84                                  | 92           | 2.65      | -5.40        | 0.09                                   | -154                                 | 172          | 6.38      | -10.00       | 0.21                                   | -121                                 | 130          | 2.67      | -7.70        | -0.07                                  |
| 4   | -71                                  | 83           | 4.62      | -4.72        | 0.14                                   | -101                                 | 118          | 6.54      | -6.72        | 0.25                                   | -92                                  | 105          | 4.83      | -6.04        | 0.08                                   |
| 5   | 50                                   | -44          | 3.31      | 2.88         | 0.41                                   | 97                                   | -89          | 4.77      | 5.70         | 0.70                                   | 65                                   | -62          | 2.12      | 3.89         | 0.35                                   |
| 6   | 126                                  | -123         | 2.84      | 7.64         | 0.66                                   | 194                                  | -189         | 4.54      | 11.74        | 0.91                                   | 169                                  | -169         | 1.98      | 10.36        | 0.63                                   |
| 7   | 47                                   | -37          | 5.09      | 2.58         | 0.52                                   | 77                                   | -65          | 6.35      | 4.35         | 0.73                                   | 76                                   | -71          | 3.16      | 4.51         | 0.45                                   |
| 8   | -75                                  | 86           | 4.12      | -4.94        | 0.15                                   | -105                                 | 124          | 7.40      | -7.02        | 0.33                                   | -89                                  | 99           | 3.50      | -5.76        | 0.02                                   |
| 9   | -85                                  | 97           | 4.46      | -5.58        | 0.22                                   | -147                                 | 162          | 5.10      | -9.48        | 0.19                                   | -136                                 | 143          | 1.59      | -8.56        | -0.10                                  |
| 10  | -10                                  | 18           | 3.52      | -0.86        | 0.37                                   | -28                                  | 44           | 6.94      | -2.21        | 0.60                                   | -40                                  | 49           | 3.62      | -2.73        | 0.25                                   |
| 11  | 52                                   | -48          | 2.42      | 3.07         | 0.33                                   | 86                                   | -81          | 3.28      | 5.12         | 0.54                                   | 77                                   | -74          | 2.26      | 4.63         | 0.40                                   |
| 12  | 54                                   | -57          | -0.73     | 3.40         | 0.02                                   | 109                                  | -110         | 0.82      | 6.72         | 0.20                                   | 98                                   | -107         | -2.94     | 6.29         | -0.09                                  |

$\epsilon_1, \epsilon_2$  : 圧縮ひずみを正とする  
 N : 圧縮力を正とする  
 M : 内側に凸になり変形を正とする  
 モーメントを正とする

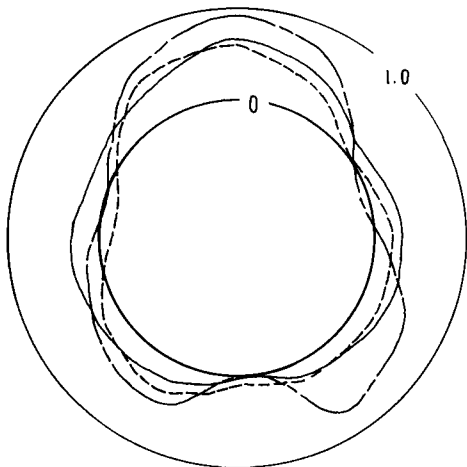


図-3 中心方向土圧分布 ( $t=2\text{mm}$ ,  $P=1500\text{kg}$ )

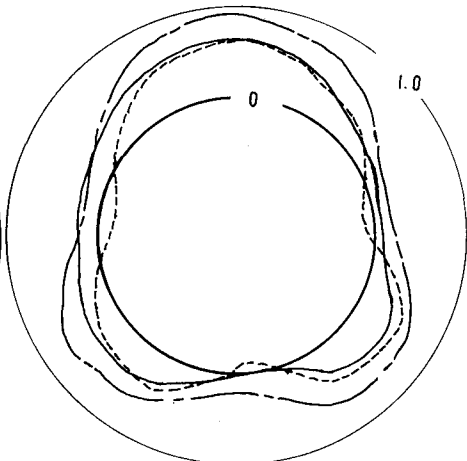


図-4 中心方向土圧分布 ( $t=4\text{mm}$ ,  $P=1500\text{kg}$ )

———— シリーズⅠ  
 - - - - - シリーズⅡ  
 ······· シリーズⅢ