

2

學生員 ○堀 幸夫

竹内信夫

### 1. 解析方法

埋設管の応力状態をM、図-1,2に示した載荷状態における応力状態とそれぞれM<sub>H</sub>、M<sub>V</sub>とすれば、管頂から角φの管要素の水平・鉛直たわみδ<sub>φ,H</sub>、δ<sub>φ,V</sub>はそれぞれ

$$\delta_{q,H} = \int_0^\pi \frac{M \cdot \bar{M}_H}{E \cdot I} r d\theta \dots\dots (1) \quad \delta_{q,V} = \int_0^\pi \frac{M \cdot \bar{M}_V}{E \cdot I} r d\theta \dots\dots (2)$$

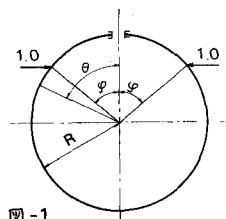


图-1

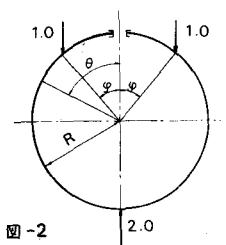


图-2

$M_i$ 、 $\theta_i$ より少し大きい角 $\theta_{i+1}$ にある断面での曲げモーメント $M_{i+1}$ とすると、角 $\theta_i$ 、 $\theta_{i+1}$ で挟まれる区間での曲げモーメント $E(M_i + M_{i+1})/2 = \text{一定}$ とすれば、(1)、(2)式の右辺は、それぞれ次のように書き換えられる。

$$\delta_{\varphi, H} = \frac{r^2}{EI} \sum_i \frac{M_i + M_{i+1}}{2} \{ (\theta_{i+1} - \theta_i) \cos \varphi - \sin \theta_{i+1} + \sin \theta_i \} \dots (3)$$

$$\delta y_N = \frac{r^2}{EI} \sum \frac{M_i + M_{i+1}}{2} \left\{ -\cos \theta_{i+1} + \cos \theta_i - (\theta_{i+1} - \theta_i) \sin \varphi \right\} \dots\dots (4)$$

## 2. 實驗方法

管の弾性係数E、ひずみゲージのばらつき及びニットの解析方法の精度を知る目的で、図-3に示される三点載荷実験とJIS 3443 800A鋼管に対し行なった。管寸法は図-3に示す。荷重レ

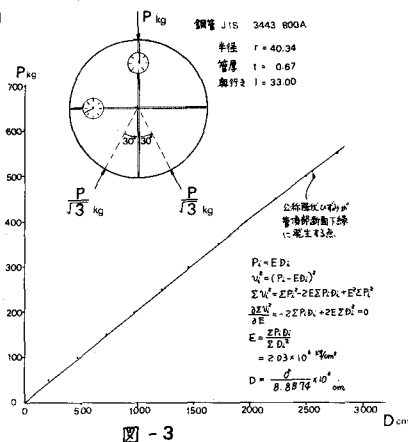


图 - 3

ベルを  $P=50 \text{ kg}$  からすべての断面での縁応力が降伏応力より小さい  $P=500 \text{ kg}$  までとし、 $50 \text{ kg}$  毎に鉛直・水平方向にわみ  $\delta_{0,v}$ ,  $\delta_{\pi/2,H}$  とダイヤルゲージで実測して  $E=2.03 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$  と得た(図-3)。

ゲージ長  $5 \text{ mm}$  のひずみゲージを奥行き  $1/2=16.5 \text{ cm}$  の管内壁に、円周方向には  $5^\circ$  毎に、長手方向には3点 ( $0, \pi/2, \pi$  断面) 貼り付けた。長手方向と円周方向のひずみの比は  $0, \pi/2, \pi$  断面で、それぞれ  $-0.060, -0.024, -0.052$  と求まり、平面ひずみ問題として解き得ることが明らかになった。

得られにひずみから(i),(iii)の解析方法により、鉛直にわみ  $\delta_{0,v}$ 、水平にわみ  $\delta_{\pi/2,H}$  を求めた。それらとダイヤルゲージによる実測値、ハリ理論による計算値とともに表-1に示す。表-1より次の二点が指摘できる。すなわち、(1)解析法(ii)を採用する場合、多項式のもつ拘束を緩めるため、より高次の多項式近似と行なう必要がある。(2)5°おきに得られるひずみの実測値を用い、解析方法(ii)で得る鉛直・水平にわみとも実測値や計算値とよく合致している。

本実験では長さ  $200 \text{ cm}$  の鋼管(予備実験で用いたのと同種管)とコンクリート土槽に埋め戻した(図-4)。ひずみゲージは奥行き  $1.00 \text{ m}$  の内壁・外壁に、それぞれ  $5^\circ, 10^\circ$  毎貼り付けた。埋戻し時の締固めは、(1)管底くさび状部分は棒により突固め、(2)深さ  $0 \sim 1.00 \text{ m}$  まではとくに締固めせず ( $\gamma_d = 1.616 \text{ kg/cm}^2$ : 砂置換法による実測値)、(3)深さ  $1.00 \sim 2.20 \text{ m}$  までは  $80 \text{ kg}$  の振動締固め機で  $10 \text{ cm}$  埋戻す毎に10分間締固め ( $\gamma_d = 1.756$ )、管が最も変形しやすい状態に埋戻した。実

験では  $20 \text{ cm}$  埋戻す毎にひずみを実測し、解析方法(iii)よりにわみを求めた。土かぶり  $0.8, 1.2, 1.6, 2.0 \text{ m}$  における管の変形形状、及び土かぶりが  $2.2 \text{ m}$  における管の水平にわみ分布を、それぞれ 図-5(a), (b) に示す。

### 3. 考察

Spangler は側圧分布と中心角  $100^\circ$  に挟まれるとし<sup>2)</sup>(図-5(b))、鉛直・水平にわみが等しい<sup>3)</sup> ( $\delta_{0,v} = -2\delta_{\pi/2,H}$ ) として管厚算定式を誘導している。今回の実験では水平にわみ分布は図-5(b)に示すように、 $\pi/2$  断面で最大値をとり、中心角  $180^\circ$  にわたり外に凸な、滑らかな曲線として得られた。すなわち一部だけでなく、すべての管要素は水平方向外側に変位している。水平・鉛直にわみの比を  $R_d$  で表わせば、図-6

のような集中荷重  $P, Q$  が作用したとき、 $R_d = 1.0$  となるのは  $Q = -P$ 、すなわち  $Q$  は引張りでなければならない。分布荷重である土圧を単純に集中荷重に置き換えて考えることはできないにしても、 $R_d = 1.0$  とするのは不自然である。本実験のように、管側部の埋戻し土が不十分に締固められた場合でも  $R_d = 0.87 \sim 0.94$  に求まっている。

[参考文献] 1) Leonards G.A., "Foundation Engineering", McGraw-Hill, 1962, pp 990-994 2) 渡辺隆, "埋設管の設計・施工に伴う問題点", 土と基礎, vol 94, No 1, 1972, pp 11-20 3) Spangler H.G., "Structural Design of Pipeline Casing Pipes", Proc of ASCE, vol 94, PL 1, 1968, pp 137-154

表-1

|          |               | $\delta_{0,v} \text{ mm}$ | $\delta_{\pi/2,H} \text{ mm}$ |
|----------|---------------|---------------------------|-------------------------------|
| 解析方法(i)  | 6次多項式近似       | 22.82                     | -12.85                        |
|          | 4次多項式近似       | 22.84                     | -12.83                        |
|          | 複2次式近似        | 12.63                     | 0.45                          |
| 解析方法(ii) | $(8m-8m+5)$   | 22.57                     | -10.46                        |
|          | ダイヤルゲージによる実測値 | 22.65                     | -10.66                        |
|          | ハリ理論による計算値    | 22.07                     | -10.45                        |

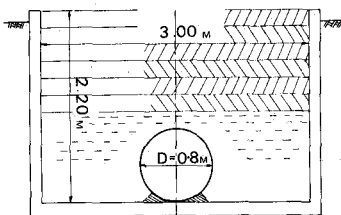


図-4

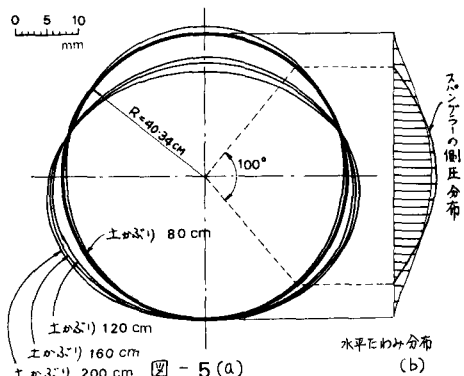


図-5(a)

水平にわみ分布 (b)

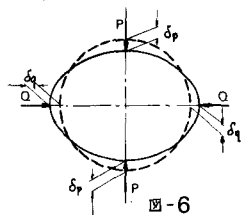


図-6