

神戸大学 正員 ○高田至郎 神戸市 正員 高橋俊二

はじめに 有継手埋設管路の地震時における被害は、直線管路では、ほとんど継手部で起っており、それらの適切な耐震設計法の確立が急がれている。これまでに、地震波の半波長内における継手変位の総量は、その区間での地盤ひずみの積分値に等しいとして、継手伸縮量の分布を正弦波状と仮定することによって任意位置での値を求める式が提案されている。本文では、上記手法をさらに発展させて、地盤のばね定数、管体の剛性、継手のばね定数を考慮した継手変位の推定式について考えていく。

継手変位の推定式の誘導 継手のばね k_T と管体一本を一つのばねとした EA/l を合成して、全体として等価なばね $E'A/l$ になったとすれば、継手を有する管路の剛性 E に等価な剛性 E' は次式となる。

$$E' = \frac{E}{1 + EA \frac{n-1}{nlk_T}} \dots\dots\dots (1)$$

式 (1) において、 A 、 l は管の断面積、一本当りの管長であり、 n は半波長内の継手の数である。継手管路を等価な剛性 E' をもつ連続した一樣管路であると見なせば、等価一樣管路に生じるひずみを ϵ_p' 、入力地盤変位を $y_0 \cdot \cos \frac{2\pi}{L}x$ (y_0 : 変位振幅、 L : 波長)、地盤ひずみを ϵ_s とし、次式が成立する。

$$\int_0^{nl} \epsilon_s = \overline{\alpha} \int_0^{nl} \epsilon_p' dx \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 $\overline{\alpha}$ は地盤ひずみが管路に伝達される割合の逆数であり、管路長手方向に関する運動方程式の解より導かれ、 $n-1 \approx n$ の近似を用いることによって次の様になる。

$$\overline{\alpha} \doteq 1 + \frac{4\pi^2}{L^2} \cdot \frac{1}{k_{sx}} \cdot \frac{EA}{1 + \frac{EA}{k_T l}} \dots\dots\dots (3)$$

(k_{sx} は地盤のばね定数)

ところで、等価一樣管路のひずみの積分値は、継手管路における管体ひずみの積分値と、継手変位 Δu_i の和に等しいとおける。したがって、式 (2) より次式が得られる。

$$\int_0^{nl} \epsilon_s dx = \overline{\alpha} \left\{ \int_0^{nl} \epsilon_p dx + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta u_i \right\} \dots\dots\dots (4)$$

次に、管体に働く軸力 N_i については、管一本分の長さの間では一樣と仮定する。ただし、管体剛性が地盤ばねに比較して小さい場合には、軸力一樣の仮定からはずれてくると考えられるので、その補正係数を γ とし、次式で示されるように、各管体のひずみを計算する際に、一樣と仮定したひずみ値に γ を乗じて補正するものとする。

$$\sum_{i=1}^{n-1} \Delta u_i = \frac{1}{k_T} \sum_{i=1}^{n-1} N_i \dots\dots\dots (5)$$

$$\sum_{i=1}^{n-1} \epsilon_{pi} = \frac{\gamma}{EA} \left(\frac{N_0 + N_1}{2} + \frac{N_1 + N_2}{2} + \dots + \frac{N_{n-1} + N_n}{2} \right) \dots\dots\dots (6)$$

$$= \frac{\gamma}{EA} \left(N_0 + N_n + \sum_{i=1}^{n-1} N_i \right) \doteq \frac{\gamma}{EA} \sum_{i=1}^{n-1} N_i$$

結局、式 (4) ~ (6) を用い、継手変位の分布を正弦波状と仮定することによって次式を得る。

$$\Delta u_i = \frac{2y_0}{\alpha \left(1 + \frac{\gamma l k_T}{EA} \right)} \cdot \frac{\sin \frac{i\pi}{n}}{\sum_{r=1}^{n-1} \sin \frac{r\pi}{n}} \dots \dots \dots (7)$$

地震動の変位振幅 y_0 、波長 L を入力地震波の情報として与え、管体の剛性 EA 、継手のばね定数 k_T 、地盤のばね定数 k_{sx} を与えることによって、半波長内にある継手の i 番目の変位が式 (7) で計算される。補正係数 γ は $1/\sqrt{k_{sx}/EA}$ の関数として与えられる。図-1、2 は伝達マトリックス法を用いて応答計算した結果得られた軸力などの分布を示している。鋳鉄管に比べ管体剛性の小さい塩化ビニル管では、軸力一様分布の仮定からはずれてきて、補正を必要とすることが分かる。図-3 は、式 (7) による値と、応答計算の結果を比較したものである。硬質塩化ビニル管、鋳鉄管について、それぞれ 2 つのケースの比較を行なっているが、両者はよい一致を示し、式 (7) は地盤、継手のばねとも線形挙動の仮定を許す限りは十分に実用に耐え得ると思われる。非線形の場合、応答計算の結果から、等価ばね定数を設定して式 (7) を用いることも考えられるが、継手変位は線形の場合より小さな値となるので、推定式は安全側の値を与えようと言えよう。補正係数 γ の説明、その他の計算結果の詳細については講演時にゆずる。また、図-1、2 に示した応答計算の手法、結果については本講演概要集の中で別に報告されているので参照されたい。 #土岐憲三：大阪市内における配水管の震害予測、大阪市防災会議地震専門部会、1973、pp. 1-39。

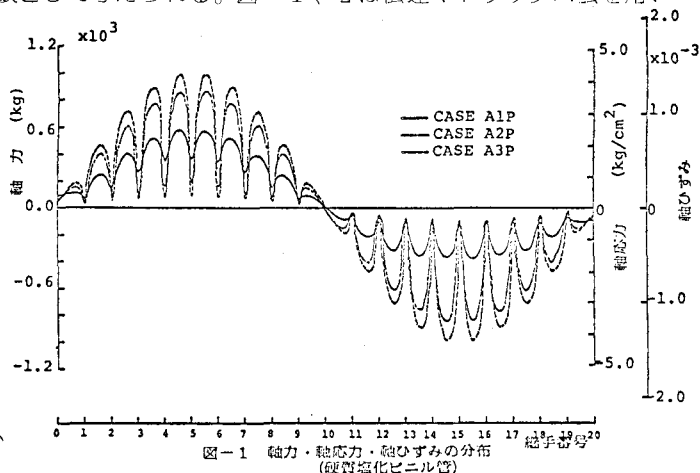


図-1 軸力・軸応力・軸ひずみの分布 (硬質塩化ビニル管)

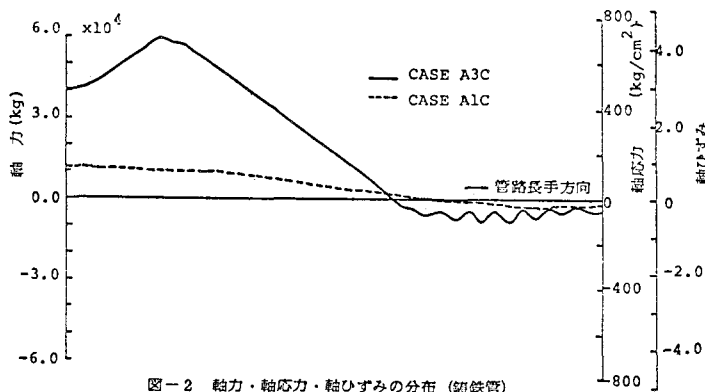


図-2 軸力・軸応力・軸ひずみの分布 (鋳鉄管)

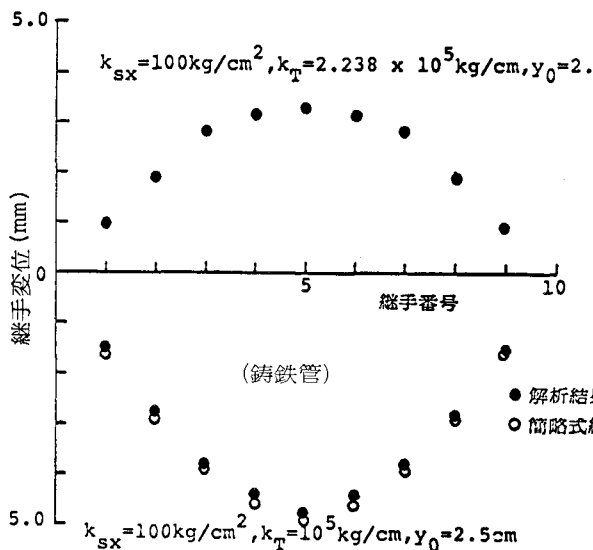
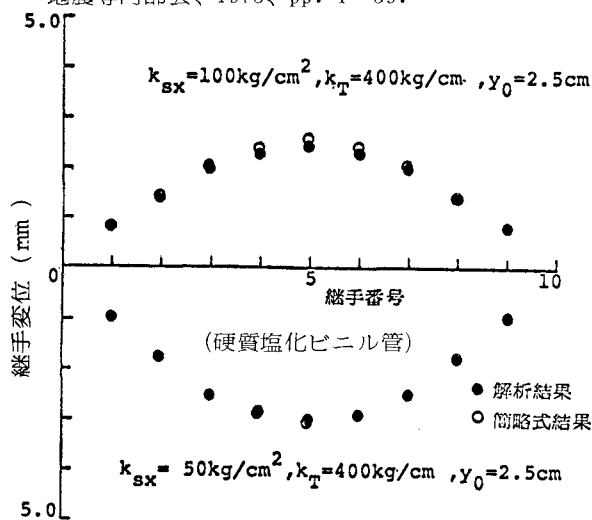


図-3 解析・簡略式による継手変位の比較