

建設省土木研究所 ○ 学生員 千場良信
 “ 正員 栗林栄一
 “ “ 羽立隆幸

1. まえがき

通常、沈埋トンネルは水底の軟質な地盤の表層近くに建設される大規模な線状構造物であるため、完成後の地盤の不等沈下による影響や地震時の地盤の変位の影響を受ける。この対策としてトンネルエレメント間およびエレメント内に可撓性継手を設け断面力の低減を図ることが考えられている。

このような可撓性継手を用いた沈埋トンネルの地震応答は、一般的に可撓性継手を等価バネに置き換えて解析している。このため可撓性継手の止水用ゴムガasketの動的特性を把握することが必要となる。ここでは沈埋トンネル継手の止水用ゴムガasketの部分模型を用い、動的な圧縮およびせん断実験を行なった結果を報告する。

2. 実験目的

動的圧縮バネ定数(K_{cd})および動的せん断バネ定数(K_{sd})を、図1に示すゴムガasket部分模型の硬度60と40(JIS K 6301)について実験結果より得られた荷重(P)～変位(δ)の関係から把握し、動的バネ定数に影響を及ぼす要因等について検討することを目的とした。

3. 実験方法

3.1. 動的圧縮実験

縮尺 $1/2$, $1/4$, $1/8$ の模型をアムスラー試験機(最大荷重: $50t$, 波形: 正弦波, 精度: $\pm 2\%$)で図1に示すようにゴムガasket面方向に加振した。

3.2. 動的せん断実験

図2に示すように供試体の上に水平に加振版を挟んだ状態で頂版を締め初期圧縮を与えた。また、加振版の振動が頂版に伝わらないようにベアリングを配置し、加振はアクチュエーター(最大荷重: $2t$, 最大振幅: $100mm$, 最大速度: $76cm/s$)によった。なお模型縮尺は $1/4$ のみとした。

4. 実験結果

図3は動的圧縮実験において、硬度60、くり返し回数を16回とし、周波数をパラメータとした場合の P ～ δ 曲線である。この場合、周波数が増加すると K_{cd} も増加する傾向にある。図4は硬度60、周波数 $3Hz$ でくり返し回数をパラメータとしたときの P ～ δ 曲線で、300回以内のくり返し回数では、ヒステリシスループはほとんど変化がなく、 K_{cd} にもほとんど影響を及ぼさなかった。

図5は動的せん断実験で、硬度60、周波数 $2Hz$ におけるゴムガasketの軸(長手)方向と軸直角(横断)方向に加振した場合の P ～ δ 曲線である。くり返し回数が、大きくなるとヒステリシスループの面積は小さくなる傾向がある。

ひずみとバネ定数の関係を調べるために、つぎのように動的圧縮ひずみ(ϵ_{cd})と動的せん断ひずみ(ϵ_{sd})を定義する。縮尺 $1/4$ の模型実験を図6に示す。

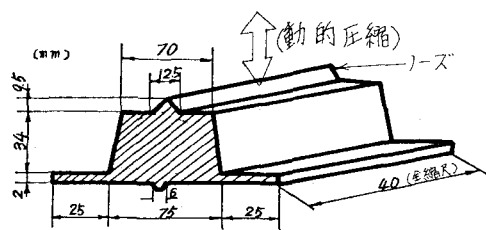


図1 ゴムガasket部分模型 (縮尺: $1/4$)
及び加振方向

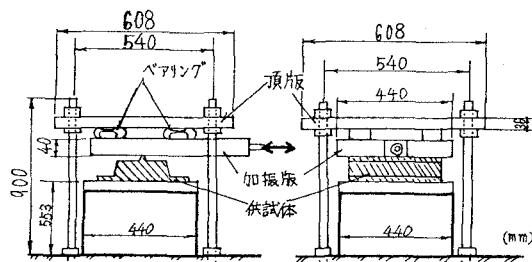
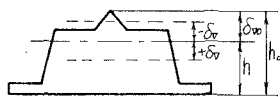


図2 動的せん断実験装置



$$E_{cd} = \frac{\delta_v}{h} = \frac{\delta_v}{h_0 - \delta_v}$$



$$E_{sd} = \frac{\delta_H}{h} = \frac{\delta_H}{h_0 - \delta_H}$$

5. 原型のバネ定数

原型と同じ材料を用いて模型実験を行なった場合、原型と模型(縮尺1/n)には次の関係がある。原型の諸元には素字P, 模型の諸元には素字mをつけると。

$$\left. \begin{array}{l} \text{長さ: } l_m = l_p / n \\ \text{断面積: } A_m = A_p / n^2 \\ \text{弾性係数: } E_m = E_p (=E) \end{array} \right\} \dots (1) \quad \left. \begin{array}{l} E_m = (P_m / A_m) / \epsilon_m \\ E_p = (P_p / A_p) / \epsilon_p \end{array} \right\} \dots (2)$$

ここで ϵ : ひずみ, P : 荷重

(1), (2)式 および $E_m = E_p$ (幾可学的相似) の関係から

$$P_p = (A_p / A_m) P_m = n^2 P_m \dots (3)$$

$$\Delta l_p = (l_p / l_m) \Delta l_m = n \Delta l_m \dots (4) \quad \Delta l: \text{変形量}$$

(3), (4)式を用いて、原型における $P \sim \delta$ 曲線を描くと図.7 のようになる。

今回の実験より得られた原型の K_{cd} の値(全木圧相当: 135~242 t/m) を以下に示す。

$$\begin{array}{ll} \text{硬度 } 60^\circ \text{ 縮尺 } 1/2: K_{cd} = 27 \times 10^3 (\text{t/m}) & \text{硬度 } 40^\circ \text{ 縮尺 } 1/2: K_{cd} = 16 \times 10^3 (\text{t/m}) \\ \text{ } 1/4: \text{ } = 33 \times 10^3 & \text{ } 1/4: \text{ } = 16 \times 10^3 \\ \text{ } 1/8: \text{ } = 28 \times 10^3 & \text{ } 1/8: \text{ } = 17 \times 10^3 \end{array}$$

また K_{sd} については

$$\begin{array}{ll} \text{硬度 } 60^\circ \text{ 長手方向: } K_{sd} = 180 (\text{t/m}) & \\ \text{横断方向: } K_{sd} = 105 & \\ \text{硬度 } 40^\circ \text{ 長手方向: } K_{sd} = 57 & \\ \text{横断方向: } K_{sd} = 44 & \end{array}$$

となった。

6. 参考文献

(1) 江守一郎著「模型実験の理論と応用」

(2) 日本工学会, Vol. 12, No. 3

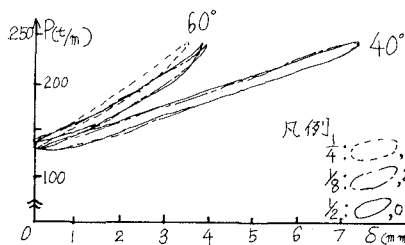


図.7 $P \sim \delta$ (実物大換算: 全木圧相当)

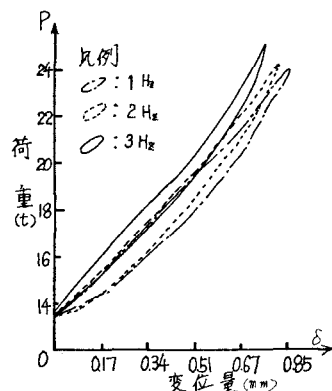


図.3 Hysteresis Loop の周波数依存性

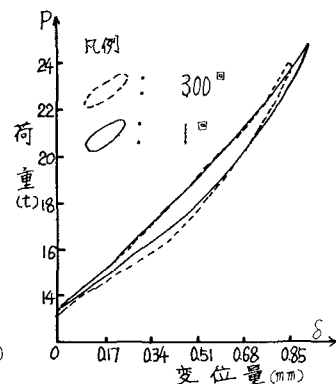


図.4 Hysteresis Loop のく返し回数による影響

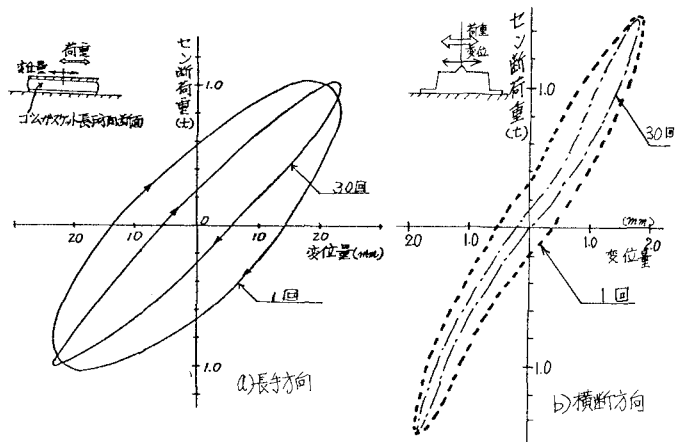


図.5 動的せん断実験における Hysteresis Loop のくり返し回数による影響

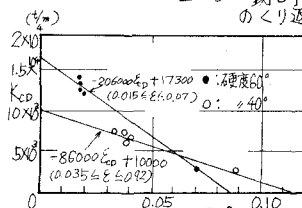


図.6 $K_{cd}(K_{sd})$ と $E_{cd}(E_{sd})$ との関係

