

北海道大学 正員 牙村 仁
北海道大学 正員 O三 上 隆

1. まえがき

高い橋脚を有する高架橋や高架水槽など構造物の上部に比較的大きな重量を担うトップヘビーの構造物がみられるが、この種の構造物の横振動(曲げ振動)を考えると、鉛直方向力(軸方向力)による付加的な曲げ応力の影響が考えられる。本報告はこの影響をみるための解析を行い通常の曲げ振動によるものとの比較検討を行なったものである。この問題については自由端に剛体を有する片持梁の振動に関する研究¹⁾があるが、ここでは一般の構造物に適用できるようにするためストリッチス法により、自由振動および地震入力波による応答を求め比較を行なった。

2. 計算方法

解析に用いる剛性マトリックス[K]は既知で一定な軸方向力(圧縮力)Pを受けり断面一様な梁要素を用いて求める。その際の微分方程式は、回転慣性、せん断変形による影響を無視し部材の横方向変位が曲げの初等理論が適用できる程度に十分小さいとすると次式となる。

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} + P \frac{d^2 y}{dx^2} = 0 \quad (1) \quad \text{ここで } EI: \text{曲げ剛性 } P: \text{軸方向力(圧縮力)}$$

最終的に剛性マトリックスは次式となる。但し、 $\{F\} = \{P_1, P_{\theta 1}, M_1, P_2, P_{\theta 2}, M_2\}^T$

$$\{F\} = [K] \{S\} \quad (2) \quad \{S\} = \{U_1, V_1, \theta_1, U_2, V_2, \theta_2\}^T$$

(2)式の剛性マトリックス[K]に含まれている軸方向力の項を級数展開し高次の項を無視すると、剛性マトリックスは次式(3)となる。

$$K = K_E + K_G \quad (3)$$

K_E : 弾性剛性マトリックス

自由振動は次式を用いて解する。

$$([K_E] + [K_G]) - \omega^2 [I] \{S_0\} = 0 \quad (4)$$

上の式のマトリックス K_G は既知の軸方向力によって定まるから、問題は通常の振動の場合と同じである。

応答計算に於いては、減衰定数を2%と仮定し入力波としては次の3種類の地震記録波を用い、水平方向の最大加速度を78.5galになるよう圧縮拡大して用いてゐる。

(a) S-282 OFUNA 0-S May 18, 1968²⁾

(b) S-480 KINUURA-S September 9, 1969³⁾

(c) TÖKACHIÖKI May 16, 1968

図-2

図-3

3. 計算例

図-3に示す片持梁を例にとり、次の諸数値を用いて12質点に置換し解析を行う。 $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$, $L = 12.0 \text{ m}$, $I = (0.2)^4/12 \text{ m}^4$, $A = 0.04 \text{ m}^2$

$$\gamma_s = 7.85 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

各質点に於ける質量は $M_1 = A \gamma_s L / 2g + P/g$, $M_2 \sim M_{12} = A \gamma_s L / g$ より求めた。

軸方向力(P)の周期に与える影響を図示すると、1次周期の場合が図-4

に、2次及び3次周期の場合が図-5にそれぞれ示されてゐる。

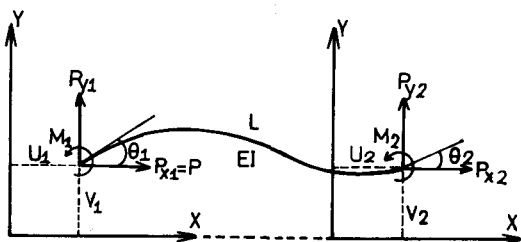
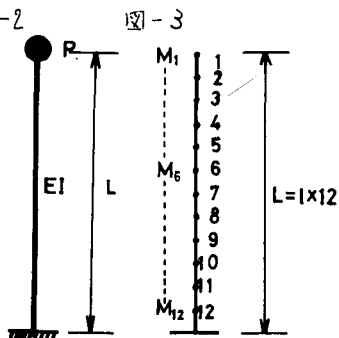


図-1



軸方向力を考慮した剛性マトリックス $K = K_x + K_y$ と軸方向力を無視した剛性マトリックス $K = K_x$ を用いて、種々の P に対する計算結果より軸方向力の固有周期に与える影響として、次の様なことが言える。

- (1) 1次周期に与える軸方向力(P)の影響は無視できないものと思われるし、構造物の巨大化に伴い、2次・3次周期が問題になる場合も同様であると思われる。
- (2) 高次固有周期に及ぼす軸方向力(P)の影響は、低次固有周期に与える影響程、顕著でなく軸方向力を無視した曲げ振動に於ける周期に一致する傾向がある。

応答計算に用いた軸方向力 $P=4.8t$ の場合の周期を表-1に示す。

図-6は軸方向力を考慮に入れたときのモード(1次, 2次)である。

表-1 (単位: sec)

周期	P を考慮	P を無視
1. 次	2.2886	2.1731
2. 次	0.1916	0.1904
3. 次	0.0605	0.0604

$P=4.8t$ のときの3種類の地震記録に対する応答結果を表-2で示す。

表-2に於いて加速度(gal)、変位(cm)は図-3での節点1の

値であり、曲げモーメント($t\cdot m$)は固定端の値である。

種々の P に対する計算結果より、例えば $P=4.8t$ (座屈重量の10%に相当)の場合だと固定端曲げモーメント応答値に及ぼす軸方向力の影響は10%程度の差違を与えており、変位に与える影響はこの解析例では最大で18%、最小で3%の差違を与えておりトッパへビー構造物に与える軸方向力は無視できない場合も生じまものと思われる。しかし P の値の減りに伴い応答値に与える影響は小さくなる。

4. まとめ

片持梁を例にとり軸方向力の固有周期、応答値に及ぼす影響を論じてきたがトッパへビー構造切に与える影響は無視できない場合も生じることがあり、以後実橋をモデルとして解析をする予定である。

参考文献

- 1) 酒井良男 自由端に剛体を有する片持梁の振動に関する研究、土木工学部研究報告第51号(1968)
- 2) 土田肇 台湾地震強震観測年報(1979) 台湾技術資料1010
- 3) 金田栄一 台湾地震強震観測年報(1978) 台湾技術資料1009
- 3) 福地定子 台湾地震強震観測年報(1978) 台湾技術資料1009

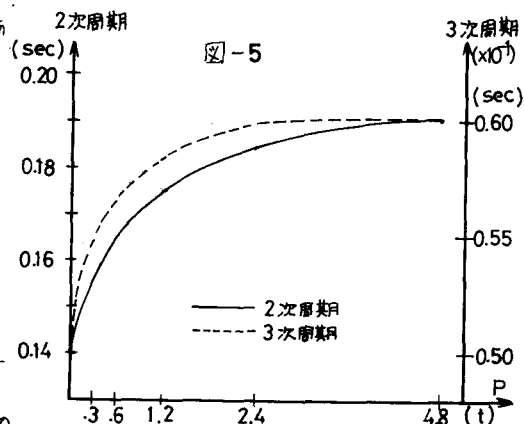
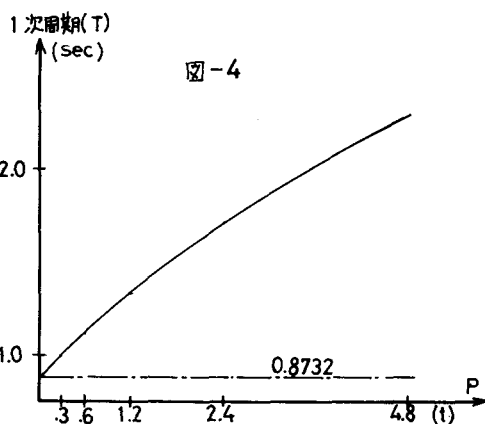


表-2 A: 軸方向力考慮 B: 軸方向力無視

	OFUNADO		KINUURA		TOKACHIOKI	
	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
ACCELERATION	92.577	93.648	74.345	73.411	87.366	85.336
DISPLACEMENT	6.009	5.528	6.812	5.787	7.018	6.816
BENDING-MOMENT	8.253	7.612	6.924	6.470	8.212	7.475

図-2

