

建設省土木研究所 正員 荒川直士

川島一彦

田村敬一

1. はじめに

土木構造物の耐震計算においては、一般に同一の地震波形が同一の位相で各部に作用すると仮定しているが、構造物の長大化に伴って、箇所別の入力地震動の差異を考慮する必要が生じてくる。そこで、本文は、入力地震動の位相差に着目して、2点で位相のみ異った地震動を与えた場合の1質点系の応答（マルチサポート応答スペクトル）について検討した結果を報告するものである。

2. マルチサポート応答スペクトル

図1に示すように質量 m 、減衰係数 C 、ばね定数 k_A, k_B の1自由度系に、支点入力 $\ddot{u}_{gA}(t), \ddot{u}_{gB}(t)$ が作用した場合の質点の運動方程式は次式で与えられる。

$$m\ddot{u} + C\dot{u} + (k_A + k_B)u = -\frac{m}{k_A + k_B}(k_A\ddot{u}_{gA} + k_B\ddot{u}_{gB}) \quad (u \text{ は質点の動的変位}) \quad \dots\dots (1)$$

ただし、ここでは入力地震動の位相差 τ のみを考慮するので、 $\ddot{u}_{gB}(t) = \ddot{u}_{gA}(t - \tau)$ と表わされる。いま、 $k = C / 2\sqrt{m(k_A + k_B)}$ 、 $\omega_0 = \sqrt{(k_A + k_B)/m}$ 、 $\gamma = k_B/k_A$ とおけば、式(1)は次のようになる。

$$\ddot{u} + 2k\omega_0\dot{u} + \omega_0^2 u = -\ddot{u}_g \quad \dots\dots (2)$$

ここで、 $\ddot{u}_g = (\ddot{u}_{gA} + \gamma\ddot{u}_{gB}) / (1 + \gamma)$ である。式(2)より、加速度応答スペクトル S_{AB} は次式で表わされる。

$$S_{AB} = \left| \ddot{u} + \frac{\ddot{u}_{gA} + \gamma\ddot{u}_{gB}}{1 + \gamma} \right|_{\max} \quad \dots\dots (3)$$

また、両支点到同位相の地震動 $\ddot{u}_{gA}$ が作用した場合の加速度応答スペクトル S_A は次のようになる。

$$S_A = |\ddot{u} + \ddot{u}_{gA}|_{\max} \quad \dots\dots (4)$$

次に、支点Aに作用するせん断力の最大値 F_{AB} は次に示すようになる。

$$F_{AB} = \left| k_A \left\{ u - \frac{\gamma(u_{gA} - u_{gB})}{1 + \gamma} \right\} \right|_{\max} \quad \dots\dots (5)$$

また、両支点到同位相の地震動が入力した場合に支点Aに作用するせん断力の最大値 F_A は次式で与えられる。

$$F_A = |k_A u|_{\max} \quad \dots\dots (6)$$

3. 試算例

入力地震動としては、土木研究所構内の地表面下53mの観測点で記録された表1に示す3波形のNS成分を用いた。まず、 $k = 0.05$ 、 $\gamma = 1$ とした場合の応答スペクトル S_{AB} 、 S_A を図2に示す。なお、紙面の都合上、ここではEQ-11、EQ-13の結果のみを示している。次に、応答スペクトル比 S_{AB}/S_A を図3に示す。図3よりスペクトル比は、どの固有周期に対しても1以下であり、また、一般に位相差が大きい程、スペクトル比は小さいことがわかる。次に、せん断力比 F_{AB}/F_A を図4に示す。これより、せん断力比は系の固有周期が短い領域では大きい値をとり、固有周期が長くなるとともに減少し、固有周期が0.3~0.5秒以上では1に漸近することがわかる。また、一般に位相差が大きい程、せん断力比は大きくばり、せん断力比が1に漸近する固有周期が長くなることがわかる。

4. まとめ

本解析で得られた主な結論は、以下のとおりである。

1) 1質点系の応答加速度は、両支点到位相差をもつ地震動が作用する場合の方が、同位相の地震動が作用する

場合よりも小さく、位相差の2倍に相当する固有周期で、その値が最小となる傾向が認められる。

2) 両支点に位相差をもつ地震動が作用する場合に支点に生じるせん断力は、短周期領域では同位相の地震動が作用する場合のせん断力より大きく、固有周期が長くなるに従って、同程度となる。すに、一般に位相差が大きい程、せん断力は大きくなり、せん断力比が1に漸近する固有周期は長くなる。

参考文献 1) 大久保 荒川, 川島: 地震動の箇所別の違いが構造物の地震応答に及ぼす影響, 土木技術資料 24-10, 1982.

表1 解析に用いた入力地震動の諸元

EQ NO.	震源地	発生年月日	マグニチュード	震央距 (km)
EQ-10	伊豆半島沖	1980. 6. 29	6.7	163
EQ-11	東京都北部	1980. 9. 24	6.0	42
EQ-13	千葉県中部	1980. 9. 25	6.1	71

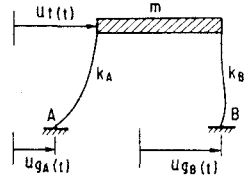
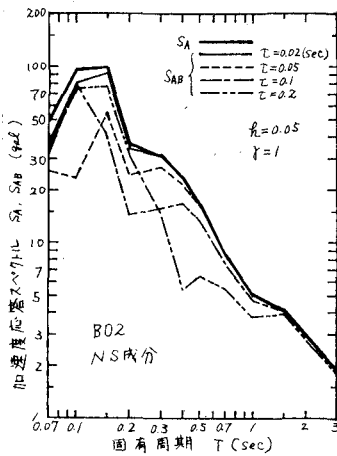
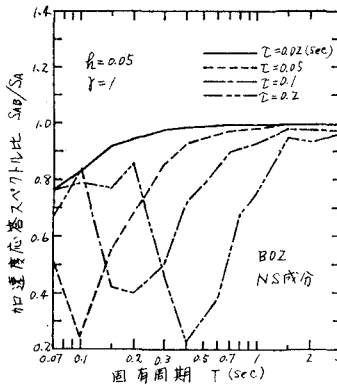


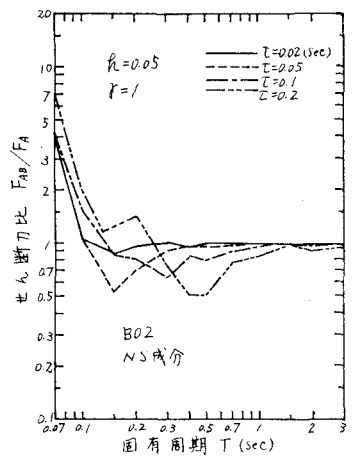
図1 マルチサポート応答スペクトルの定義



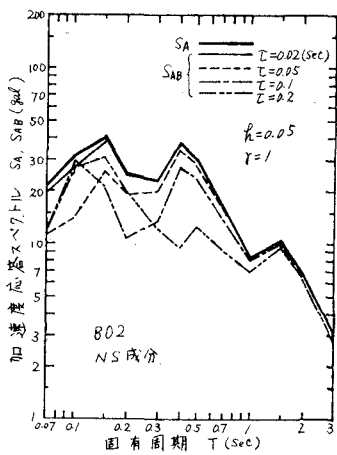
(a) EQ-11



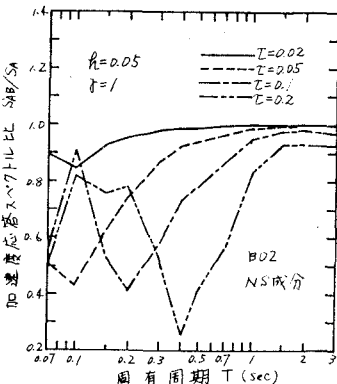
(a) EQ-11



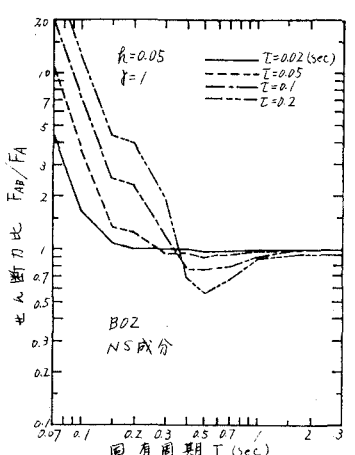
(a) EQ-11



(b) EQ-13



(b) EQ-13



(b) EQ-13

図2 加速度応答スペクトル

図3 加速度応答スペクトル比

図4 せん断力比