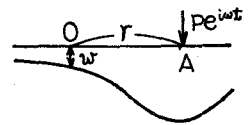


京都大学工学部 正員 後藤尚男 熊本大学工学部 正員 秋吉 卓
 阪神高速道路公団 正員 岡地正彦 島根県庁 正員 伊藤慶幸
 日本鉄道建設公団 正員 伊藤 隆

1. まえびき 地表面上の構造物の振動特性については、これまで数多くの理論的、実験的研究が報告されてきた。このうち動揺振動に限ってみると、これらの研究の対象はほとんどすべて構造物断面の主軸に沿った振動であって、それは断面が円形以外のものに任意方向から外力が作用する場合に応用できない。このような場合、断面形状の差が応答の方向に決定的な要素になるであらうと考えて、秋吉¹⁾は楕円断面構造物が地表面上に載っている場合について応答の方向とその動特性を検討した。本研究もこれに引続いて、矩形断面構造物が地表面上に載っていてこれに任意方向よりモーメントが与えられる時の応答の方向と、その動特性について理論および実験により検討したものである。

2. 任意方向の外力に対する構造物の動揺振動の方向性と振動アドミッタンス

図-1において半無限地盤の表面上のO点より距離 r だけ離れたA点に鉛直点荷重 $Pe^{i\omega t}$ が作用する時、自由表面で応力がゼロの条件を入れ



るとO点の鉛直変位 w は

$$w = \frac{1}{2\pi G} \cdot Pe^{i\omega t} \cdot \frac{e^{i\omega r}}{r}$$

で与えられる²⁾ G は地盤のせん断弾性係数、 k_r は波数である。この式は点荷重 $Pe^{i\omega t}$ による波動の伝播を球面波表示したものである。

応答回転角は構造物底面中心点の地盤の傾斜角とする。また振動に伴う構造物底面における地盤の鉛直応力分布を変位に比例する分布、すなわち三角形分布とする。なお回転軸は断面中心を通り、かつ構造物の自重の影響は無視するものとする。

図-2のように断面に対して θ_0 の角度で入力モーメント M が作用する時には、回転軸に対する断面形状の非対称性により構造物はその運動の釣合いを他の位置では保ち得ないで、より地盤の剛性の小さな方にその釣合いの位置を求めようとする。そこでこの位置を θ^* とする。さてこの θ^* 方向での応答の動特性を構造物の揺れ易さを意味する振動アドミッタンス A_R 、および A_R の逆数で地盤の抵抗強さを意味する動的ばね定数 K_R で評価する。比較の基準として円形断面の場合の静的ばね定数 k_0 とその逆数 $1/k_0$ を用いて $A_R/k_0 = \alpha_1 - i\alpha_2$ 、 $K_R/k_0 = \beta_1 + i\beta_2$ として実部と虚部とを別個に取り扱う。なお、 θ^* の決定、 A_R/k_0 、 K_R/k_0 の解析表示は紙面の都合上、ならびに基本的には秋吉と同様な解析過程となるので、ここでは省略する。

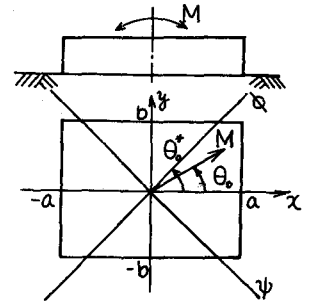


図-2 回転モーメント M を受理する矩形断面構造物

次に、理論の検証として実験を行なう。模型地盤は寒天槽($50\text{cm} \times 60\text{cm} \times 80\text{cm}$)でその強度は表-1に示すものを作製した。構造物の断面形状は模型基礎の底版と与之(表-2)、模型基礎上

部に偏心質量式起振器を取り付けて回転モーメントと発生させ、この起振器の模型基礎への固定方向を変えることによって加振方向を設定した。また模型基礎の断面主軸上に変位ピックアップを取り付け、これらの出力より回転軸は断面中心点を通ると仮定して応答の方向角を決定した。

3. 理論計算結果および実験結果

図-3は入力方向 θ と応答方向 θ^* とが断面形状によりどれだけ影響されるかを示しており、断面の長短径比 a/b が大きいかほど θ^* と θ との差が大きくなり、細長い構造物では入力方向が 20° 前後より大きくなると応答は急速に短軸方向に接近して行く。

図-4においては、入力方向が長軸に近い時は断面形状による揺れ易さの差は小さいが、それが 20° 前後をすぎるとその差がきわめて増大している。また虚部 α_2 も実部 α_1 の変化する θ より少し大きな角で変動するが量的には小さい。図-5は応答の方向と入力振動数の関係を示しており、無次元振動数 f が 0.5 以下は一般に f の増加とともに若干の θ^* の増減のみあるのみであるが、特別な場合($a/b=4, \theta=22.5^\circ$)には振動数の変動によっても急激に応答方向が変化するようである。

図-6は構造物の揺れ易さ、入力方向および断面形状によってどのように影響されるかを示したもので、虚部 α_2 はあまり影響されないが実部 α_1 は断面が扁平なほど入力方向が短軸に近づくほど大きく現われている。図-7は入力方向 θ と応答方向 θ^* との関係を実験的に求めたもので、寒天濃度、断面形状をパラメーターに取り理論との比較も行なった。図-8は図-5に対する実験結果と云えるが、特に入力方向が短軸の近くにあるほど入力振動数に対する変動が少なく、また高振動数ほど応答の方向が減少する傾向がみられ、図-7、図-8によって実験結果はほぼ理論を裏付けている。したがって構造物の応答はおおむね上に示した傾向に従うものと言えよう。

表1 模型基礎剛性

寒天濃度	1.5%	2.0%	2.5%
ヤング率	231	400	523

(単位 $98/cm^2$)

表2 模型基礎断面寸法

1/2長径(a)	1/2短径(b)	a/b
48.9	32.6	1.5
56.4	28.2	2.0

(単位 mm)

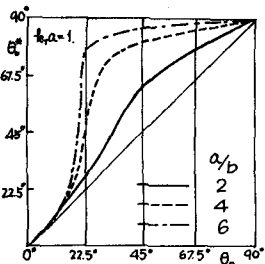


図-3 入力方向と応答の方向との関係

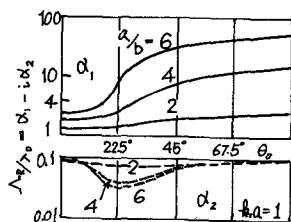


図-4 入力方向に対する振動の大きさ

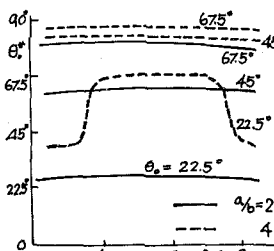


図-5 応答の方向と入力振動数の関係

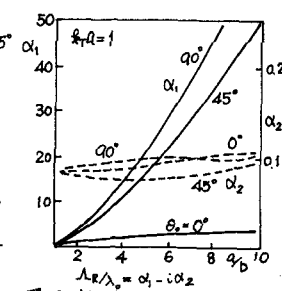


図-6 断面変化に対するアドミタンス

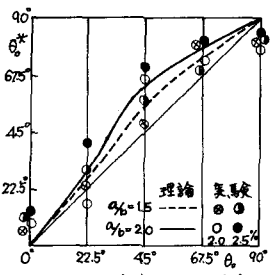


図-7 入力方向と応答の方向との関係 (実験での2.0%, 2.5%は寒天濃度)

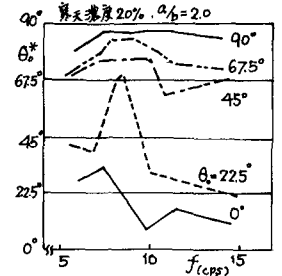


図-8 応答の方向と入力振動数への依存性

参考文献 1) 秋吉 卓：「地表面上の剛構造物の回転振動における方向性について」土木学会 昭和45年度年次学術講演会講演集1, I-205, 2) 野邑 雄吉：「技術者のための特殊関数とその応用」, 日刊工業新聞社 昭和37年.