

京都大学工学部 正員 山田善一
京都大学工学部 正員 O竹宮宏和

§. 1 まえがき

多自由度系構造物の応答解析において、減衰項が対角化でき、modal analysisが適用できる場合でも、固有振動モード間の位相差を考慮しない応答評価は、複雑な構造系に対してはなされなければならない。本研究では、不規則振動論を通じて、固有振動モード間の位相差が系応答よどの程度の効果を及ぼすかを、固有振動数と減衰定数との関係において解明し、また、一般的な減衰系に対しては receptance を用いて、減衰項の採り方による系応答への影響を究明しようとするものである。

§. 2 modal analysis

解析対象構造物は、10 質点系の長大つり橋のタワー・ピアー系であり、タワー部に比してピアー部の慣性質量が大きいため、系の動的特性は地盤条件によって大きく左右される。その様子は Fig. 1 の固有振動数の変化に示される。これより、系が典型的な振動挙動を示すであろうと思われる地盤領域 II, IV, VI で解析を進めている。まず、これらの地盤に対する振動モード形状を描くと、固有振動数が接近するとモード形状も相似にものとなる。

次に、系応答について、外力を理想的な定常確率過程に従うランダム波(white noise)と仮定するならば、その評価は解析的に導かれ、各次振動モードの位相を考慮しない応答値と、考慮した応答値との比で、固有振動モード間の位相差の応答評価に及ぼす効果を求めた。その比の分布は固有振動数に大きく影響され、地盤領域 II, VI では Fig. 2 の如く、一方、IV では系全体にわたってほとんど 1.0 となっている。この事実、振動モード形状を参照して、接近振動モードは同一位相で入っていることを示す。また、固有振動数が充分離れているときは、各振動モードは at random に入っていることも分かる。更に、固有振動モードが接近すると応答値が大きくなることは、receptance より求めた振動特性と観れば理解される。ところで、固有振動モード間の位相差を考慮しない response spectrum による R.M.S. 応答評価法が適用されうる条件を解析的に求めてみると、減衰項の形に応じて

$$\text{mass に比例させる場合} \quad 1 - (\omega_k/\omega_j)^2 \gg 4(\beta_j^2 - \beta_k^2)/\omega_j^2, \quad \omega_j > \omega_k$$

$$\text{mass と stiffness の組み合わせに比例} \quad 1 - (\omega_k/\omega_j)^2 \gg 4\beta_j^2, \quad \omega_j > \omega_k$$

$$\text{stiffness に比例} \quad 1 - (\omega_k/\omega_j)^2 \gg 4\beta_j^2 \omega_j^2 \{ (\omega_k/\omega_j)^2 + 1 \}, \quad \omega_j > \omega_k$$

従って、減衰効果が大きくなるにつれて、それだけ固有振動数の離れりが大とならねばならない。この傾向は、減衰項の仮定によって制限の強さや異なる。

上述の位相差の問題は、系応答値において、(3)法により EL CENTRO 1940 NS 成分に対して直接積分しにものと全く一致する。

§. 3 receptance analysis

対象構造物は、タワー部・ピアー部と、質量・剛性の著しく異なる部分から成立しているため、減衰効果も、一律に系全体にわたって課することは不適当と思われる。このような場合、それぞれに異なった減衰効果を与えた一般的な減衰系の解析には、receptance を用いなければならない。この方法による参考文献: Memoirs of the FACULTY OF ENGINEERING KYOTO UNIVERSITY, Vol. XXIX Oct. 1968 (投稿中)

り地震領域Ⅱ,Ⅳ,Ⅵの解析を行ない、減衰項の modal coupling に及ぼす効果を明らかにしに。

Fig. 3 は、1次振動モードと2次のそれが接近しに際し、系の振幅特性位相特性を表わす。これより、接近振動モードは同一位相で入っていることがわかる。

§.4 非定常外力を受ける系の応答

地震外力を非定常確率過程に属するものとしての数式的表現を試み、これによる系の非定常応答特性値と modal analysis, receptance analysis の方法で、スペクトル解析より算出し、両者と減衰項の関係において比較検討し、modal analysis の適用範囲を究明する。

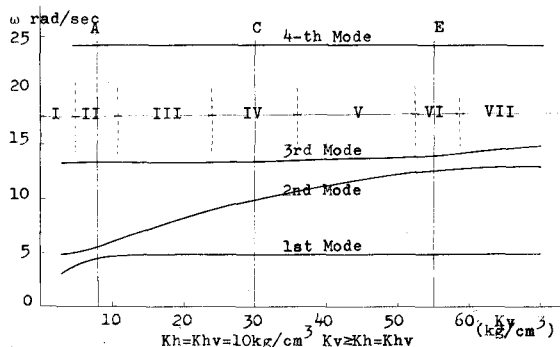


Fig. 1 Natural Frequencies of the system

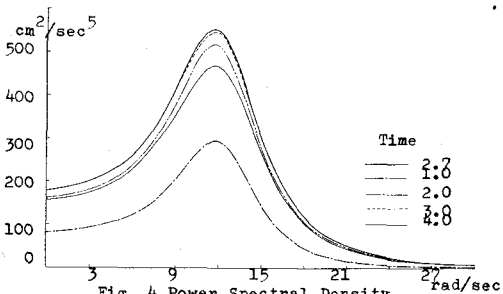


Fig. 4 Power Spectral Density of Non-stationary Excitation

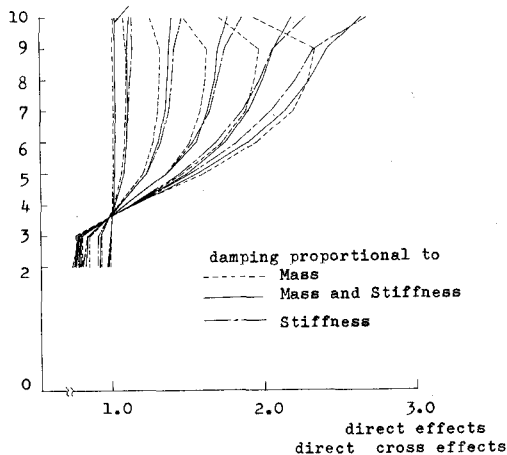


Fig. 2-a Cross-relation between normal modes distributed along the system; first proximity

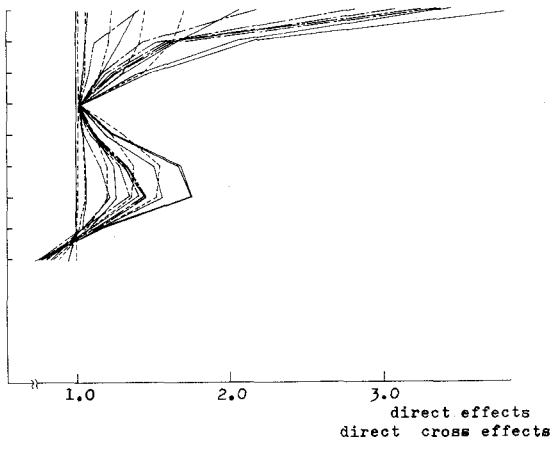


Fig. 2-b Cross-relation between normal modes distributed along the system; second proximity

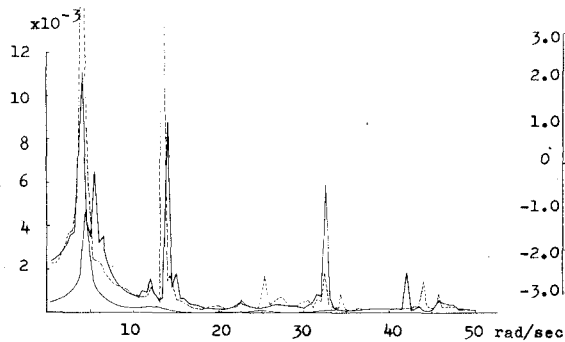


Fig. 3-a Amplitude characteristics; section 6

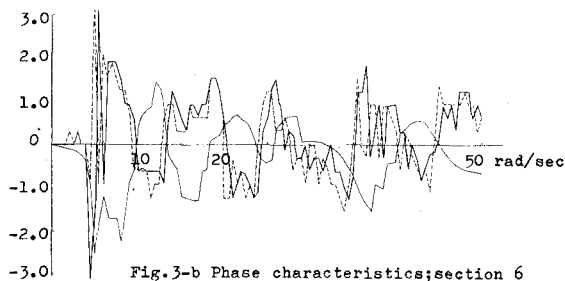


Fig. 3-b Phase characteristics; section 6

山竹宮不規則外力による自由度系の応答、関同技部年次講演会
模範 図 42. 43