

自己振動による構造物の減衰効果に関する実験的研究

東北学院大学工学部 学生会員○舟山 史康
東北学院大学工学部 正会員 李 相勲

1. 序論

阪神大震災、新潟中越地震といった大型地震の発生により、構造物の耐震性向上は以前に増して重要視されている。

機械の分野では、回転するボールを内蔵した振動体を振動源に付着させ、その振動を低減する方法が用いられている。しかし、土木分野では対象構造物に取り付けたおもりを振動させ、構造物の振動エネルギーを吸収するといった手法はまだ導入されていない。本研究では、鋼のラーメン構造物を制作し、その上部におもりが着いたモーターを取り付け、地動による構造物の振動とおもりの振動の相関関係を実験的に検討する。また、より単純化した状態での数値実験も行い、振動エネルギーの吸収に作用すると思われる諸条件の変化による減衰効果についても検討する。

2. 自己振動による減衰の考え方

構造物内部におもりを取り付け、そのおもりを移動させ、振動をおこす。そのおもりの移動による荷重が地動による構造物の振動エネルギーを相殺する。本研究においては、便宜上、おもりの移動による荷重 F の作用を自己振動、構造物が受ける振動エネルギーの相殺効果を減衰効果と呼ぶ。

3. 自己振動の振幅変化による減衰効果

自己振動による構造物の減衰効果について、自己振動の振幅の変化による影響を数値実験にて調べる。解析対象物は 1 質点系モデルを 6 質点で表現したものとし、ヤング率と構造物の固有振動数、減衰定数は既知である。

地動としては振幅を 0.1m として Sin 波を入力した。する。自己振動の振幅は地動 P により質量 m に作用する慣性力に関連付けるため、地動 P の加速度に質量 m をかけて求めた力 F_0 を基準として定める。したがって、地動 P と自己振動 R は次式で定める。

$$P = 0.1\sin(\omega_1 t) \quad \dots(1)$$

$$R = F_0 \times \sin(\omega_2 t) = 0.1\omega_1^2 \times m \times \sin(\omega_2 t) \quad \dots(2)$$

ここで、 ω_1 と ω_2 はそれぞれ地動と自己振動の円振動数

であり、ここでは同じ値を用いて解析を行う。解析条件として、振動数が 2.0Hz, 3.0Hz, 3.24Hz, 3.45Hz, 4.0Hz の場合について、振幅の変化による減衰効果への影響を検証した。この結果を図-3 に示す。

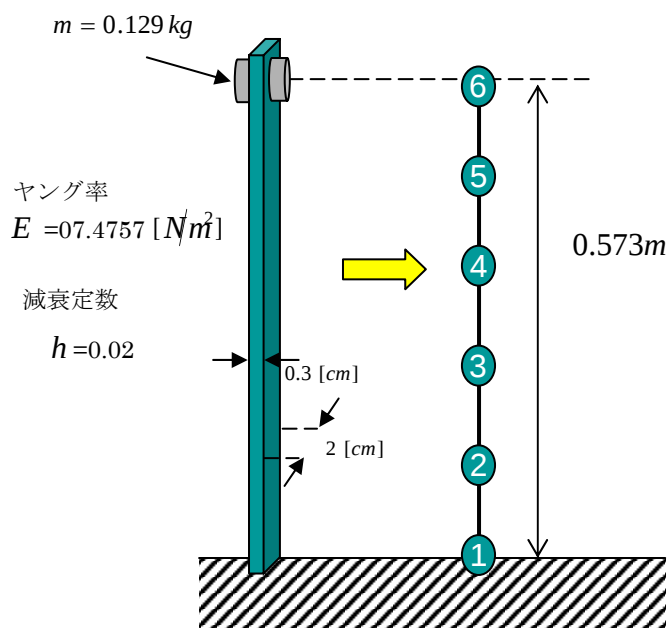


図-2 解析モデル

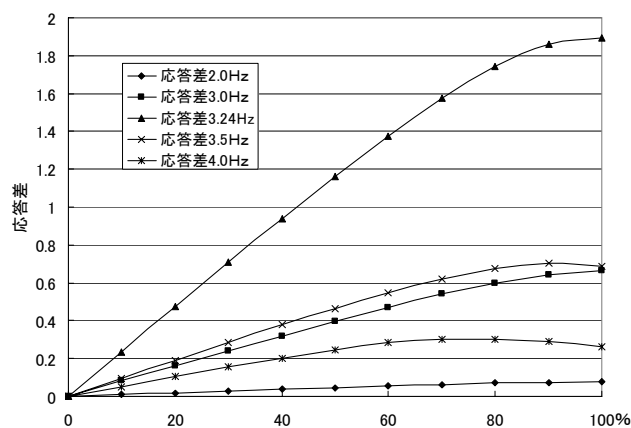


図-3 振幅変化による減衰効果

4. 自己振動の位相変化における減衰効果

一般的に構造物に振動が作用すると、その応答は定常振動と自由振動の合成波として現れることが知られている。定常振動については地動に対して位相がずれた波形として現われる。ここでは、前章と同じ解析モデルを用いて自己振動を定常振動の逆位相としたときが最も減衰効果の高いものなのか、位相を変化させて検証する。 ω_1 と ω_2 については同値として振動数より求める。特に振動数が2.0Hz, 3.24Hz, 4.0Hzの場合について位相の変化による減衰効果の応答差を図・4に示す。

5. 実験による減衰効果の検証

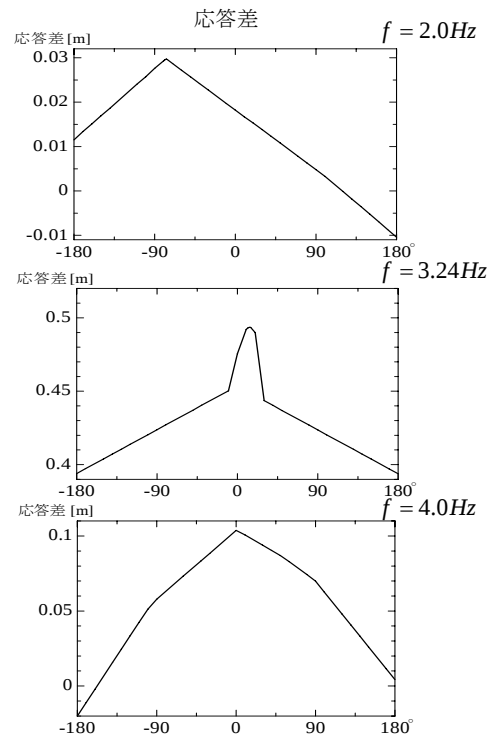
対象構造物自身におもりを取り付け振動させ、構造物の振動エネルギーを吸収するといった手法を再現するため、図・5のような鋼製ラーメン構造の試験体を制作した。今回用いた試験体の自己振動はモーターによる回転運動で与えた。試験体に加える地動はファンクションジェネレータにて一定のsin波を振動台から与えた。試験体の固有振動数は $f = 2.3\text{Hz}$ であるので地動と自己振動の振動数を $f = 2.3\text{Hz}$ として、減衰効果が得られているか確認した。地動のみの応答と、自己振動を与えた場合の応答を図・6に示した。

6. 結論

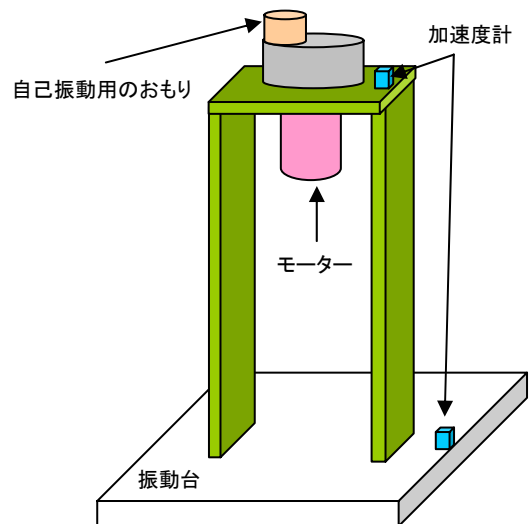
- (1) 異なる各振動数の地動を受けている場合でも、自己振動の振幅に対し比例的に減衰効果が得られる。
- (2) 地動の応答における位相のずれに自己振動をあわせても、減衰効果が最大にはならなかった。しかし、応答差は相対的に小さい値であったため、実際の構造物においては位相のズレは考慮しなくても良いと考えられる。
- (3) 実験においては部分的にはあるが、共振点に近い振動数にて減衰効果が確認できた。実際の構造物に適応した場合も充分な減衰効果が期待できる。
- (4) 実験装置については自己振動数をよりデジタル的に制御する、確実に逆位相とできるようなシステムなど、改善が求められる。

参考文献

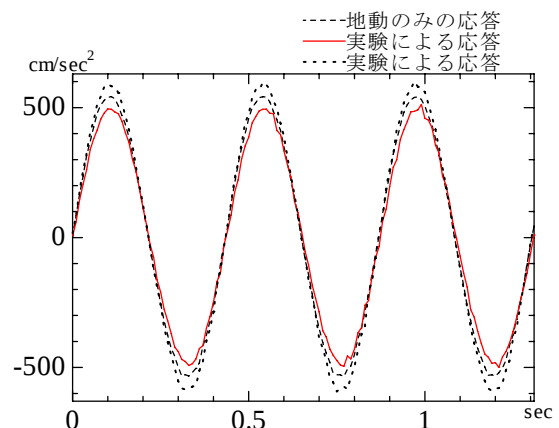
- 1) 柴田 明德：最新耐震構造解析 第2版，森北出版株式会社，2003
- 2) 白山 陽理：橋梁上の門型標識柱に対する振動解析と疲労耐久性評価手法，東北学院大学工学部環境土木工学科，2006



図・4 自己振動の位相変化による応答差



図・5 実験装置



図・6 実験による減衰効果の比較