

サーマルカメラによる振動時構造物挙動の観測の適用性に関する研究

長崎大学工学部 正員 後藤 恵之輔 長崎大学工学部 正員 奥村 運明
 長崎大学工学部 正員 棚橋 由彦 長崎大学工学部 ○学生員 福田 利之

1. はじめに

様々な原因により構造物は振動を起こし、各部材に応力が発生する。これらの応力の内で大きなものは構造物の有する耐力に迫り、構造物の破壊につながる場合がある。1995年1月17日に発生した阪神大震災における、高速道路高架橋の倒壊は記憶に新しい。また振動エネルギーがそれほど大きくなく、発生応力が小さい場合でも構造物の機能に問題を生じる場合もある。これらの振動被害を防ぐためには、構造物が振動する際に発生する応力特に応力集中箇所を発見し、補強等の維持管理を行う必要がある。そこで本研究では、サーマルカメラ(熱赤外線映像装置)を用いて構造物の振動時挙動の観測を行い、その結果から、振動時における構造物の応力集中箇所を発見することを目的としている。

2. 実験

2.1 実験原理

気体を断熱的に圧縮すると温度が上がり、膨張させると温度が下がる。固体も気体と同様に圧縮、引張力が急激に加わると、変形は断熱的に行われ、発熱と吸熱が生じる。このことは、トムソン(W.Thomson)により明らかにされ、熱弾性効果として知られている¹⁾。この効果を利用し、振動時構造物の発生応力を温度変化としてサーマルカメラで観測できると考えられる。

2.2 実験概要

実験概要を図-1に示す。実験で使用する構造物模型はラーメン構造物を対象としたものである。材質はアルミで、(幅)3m×(奥行)6m×(高さ)3mを1階とした、6階(18m)建ての建物を1/10に縮小(30cm×60cm×180cm)したものである。また、真の温度を得るためには対象物の放射率を1に近づける必要があるため、模型表面全体を耐熱塗料で黒く塗装し放射率を1に近づけた。

周知のように、振動時に構造物に発生する応力の大きさは、構造形状と構造物に作用する荷重に深い関わりがある。そこで今回の実験では構造形状に着目し、上述の模型に補強ありと補強無しの二つの構造形状パターンを用いた。模型の補強方法は、図-2に示すように、振動方向の2面に壁を設ける(振動方向と直角をなす面には壁は設けていない)。壁の材質は木材で、厚さは梁や柱の幅と同じ1cmとした。

模型を設置する振動台は、正弦波の入力が可能で、水平にのみ振動する。振動台に入力する周波数は、模型の1次固有周期から導きだされた値とした。1次固有周期を推定する式はいくつかあるが、実際に模型を振動させ、最も良く振動を起こした次式²⁾を採用した。

$$T = (0.05 \sim 0.06) H / \sqrt{D}$$

ここで、T：建築物の1次固有周期(秒) H：模型の高さ(feet) D：模型の振動方向の奥行(feet)

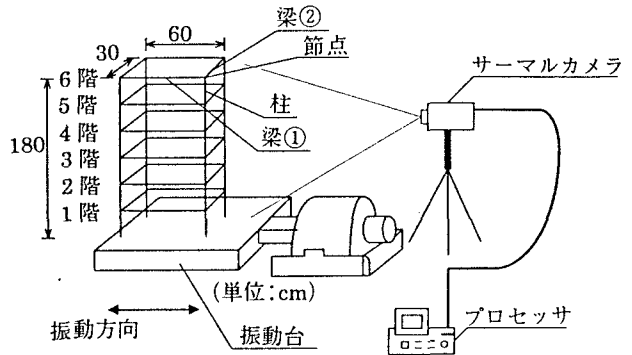


図-1 実験概要図

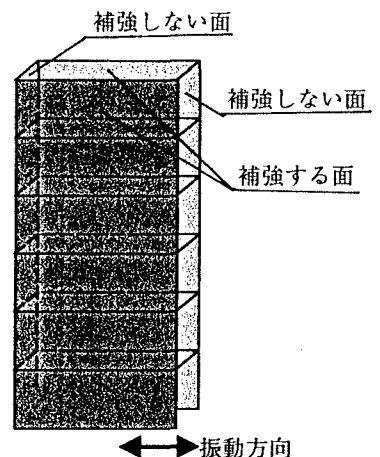


図-2 補強模型

この式より、振動台に入力する周波数は $f = 4.4\text{Hz}$ とした。サーマルカメラは、検知波長 $8 \sim 13\mu\text{m}$ 、最小検知温度差 0.08°C の性能を持つ。実験は補強無しと補強有りの二つのパターンをそれぞれ 30 分間振動させ、サーマルカメラで観測を行った。

3. 実験結果および考察

補強有り・無しの両方とも、全ての階で温度変化が見られた。6 階を一例として抽出すると、補強無しと補強有りの各部材（図-1 参照）の振動前・後の表面温度差は図-3 のようになる。全ての部材は温度が上昇している。図-3 より、補強有りは補強無しより、全ての部材で上昇温度が小さい。つまり、補強壁は柱および梁の水平力を負担し、発生応力を抑えるという機能がある。そのため、補強有りは補強無しより振動時の発生応力が小さく、よって温度上昇の差として現われたと考えられる。また、節点部分が補強有り・無しの両方とも温度上昇が最大であった。このことから、節点部分に最も大きな応力が発生していると考えられる。

上述の結果から節点の温度変化特性を調べる必要がある。各階節点の温度変化を図-4 に示す。図-4 より、補強あり・無しの両方とも、時間経過と共に温度が上昇し、下がることはない。このことは、時間経過と共に節点の作用応力が大きくなっていることを表わしていると考えられる。

各階節点の振動前と振動後の温度差を図-5 に示す。図-5 より、補強有り・無しの両方とも 6 階から 2 階までは、上の階ほど温度上昇が大きく、下の階が上の階より温度上昇が大きくなることはない。これは上の階にいくほど大きな応力が発生しているものと考えられる。しかし、1 階においては 2 階より温度上昇が大きい。この原因は、振動台の方が模型より温度が高かったため、その熱が模型の 1 階に影響したと考えられる。

4. おわりに

以上の実験結果から構造形状が異なる場合に、振動時に発生する応力変化は表面温度変化と相関関係にあることが明らかになった。すなわちサーマルカメラによる応力観測の方法は適用性があると考えられる。今後は構造物に作用する荷重が異なる場合の温度変化の観測を行い、より多くのデータを集めサーマルカメラを用いた応力観測の適用性をさらに調べていく予定である。

【参考文献】

- 1) 増喜彰久・酒井重保：熱赤外線応力画像システムによる応力測定，非破壊検査 Vol.44, No3, p.144, 1995.
- 2) 竹内吉弘・島田耕一：建物と地震災害，学芸出版社，p.112, 1981.

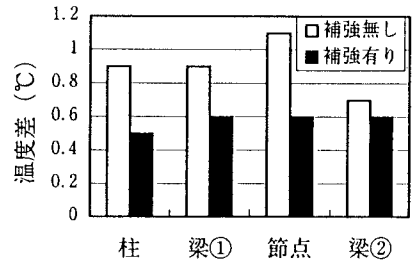
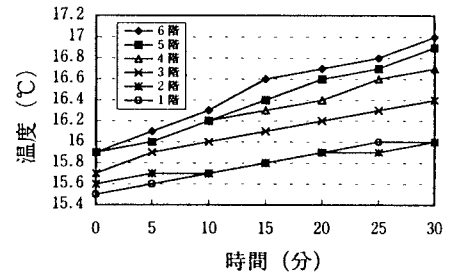
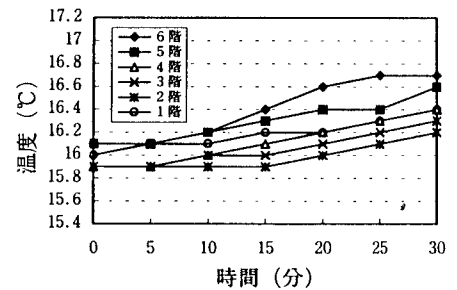


図-3 6 階各部材の温度差の比較



(a) 補強無し



(b) 補強有り

図-4 各階節点の表面温度の経時変化

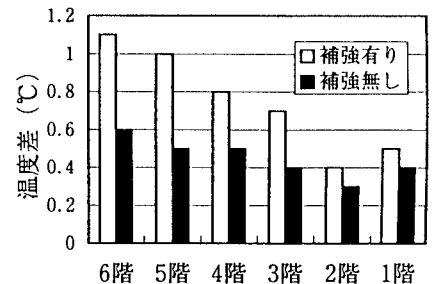


図-5 各階節点の温度差の比較