

1. はじめに

アクティブ制振には構造物に付加質量を搭載し、油圧あるいはサーボモータにより作動させて力を構造物の振動逆方向に加える方法、すなわち、アクティブマスダンパーによる方法がある。アクティブ制振を実際の構造物に適用する場合、構造物の全自由度を考慮した制御はアクチュエータ及び制御コントローラの制限により不可能である。制御は構造物の自由度を小さくして低次元化モデルで行う。この場合制御することにより、無視した高次の振動を励起する制御スピルオーバー、観測スピルオーバーが発生する可能性があり、この現象を定量的に評価しておくことが必要である。そのため振動台を用いた模型実験と解析結果からスピルオーバー現象について考察した。

2. スピルオーバー

制御することは式(1)の振動系を式(2)に示す振動系に変換することを意味する。

$$\{\ddot{q}\} + [2h_s \omega_s] \{\dot{q}\} + [\omega_s^2] \{q\} = -\{\beta\} \ddot{y}_0 - [Q] Y^* \quad \text{..... (1)}$$

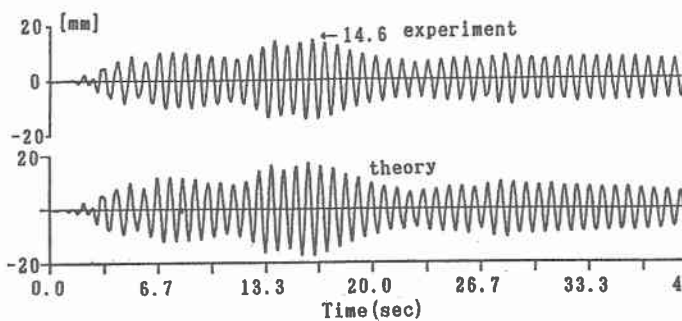
$$\{Y^*\} = \{F_{mv}\}^T \{q_c\} + \{F_{md}\}^T \{q_c\}$$

$$\{\ddot{q}_c\} + [[2h_s \omega_s] - [Q_c] \{F_{mv}\}^T] \{\dot{q}_c\} + [[\omega_s^2] - [Q_c] \{F_{md}\}^T] \{q_c\} = -\{\beta_c\} \ddot{y}_0 \quad \text{..... (2)}$$

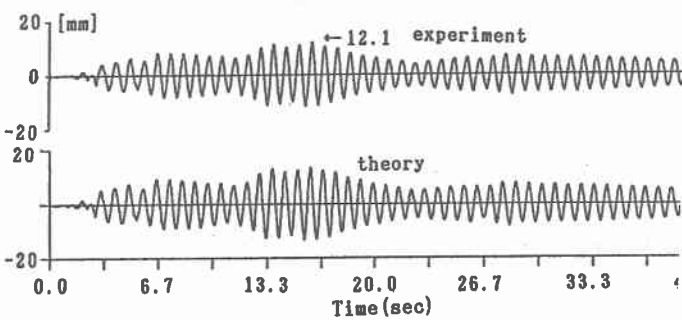
このため、制御されていないモード応答は式(3)になる。

$$\{\ddot{q}_r\} + [2h_s \omega_s] \{\dot{q}_r\} + [\omega_s^2] \{q_r\} = -\{\beta_r\} \ddot{y}_0 - [Q_r] \{F_{mv}\}^T \{\dot{q}_c\} - [Q_r] \{F_{md}\}^T \{q_c\} \quad \text{..... (3)}$$

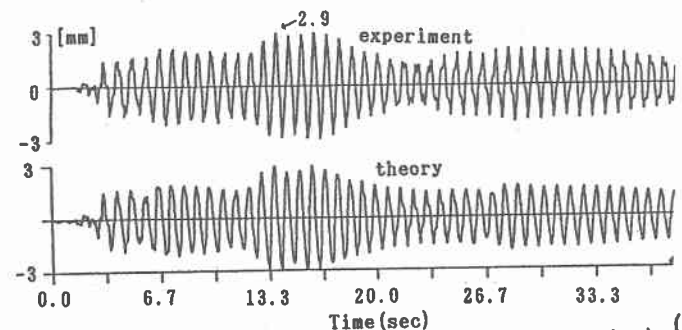
右辺2、3項がコントロールされていないモードに対して余分な力がモードマトリックスを介して作用することになる。この項が占める割合が大きくなるとスピルオーバー現象が発生する可能性が高くなるため、この項を計算で求めることにより、現象が定量化できる。



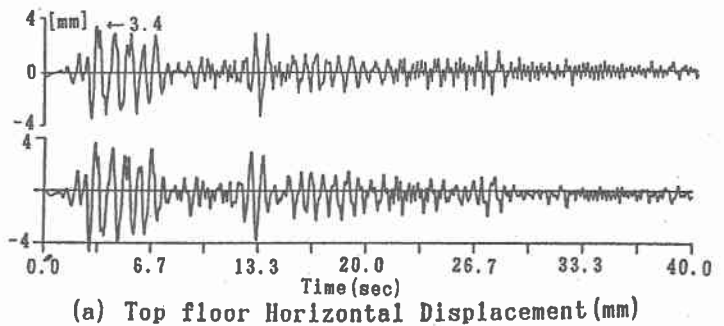
(a) Top floor Horizontal Displacement (mm)



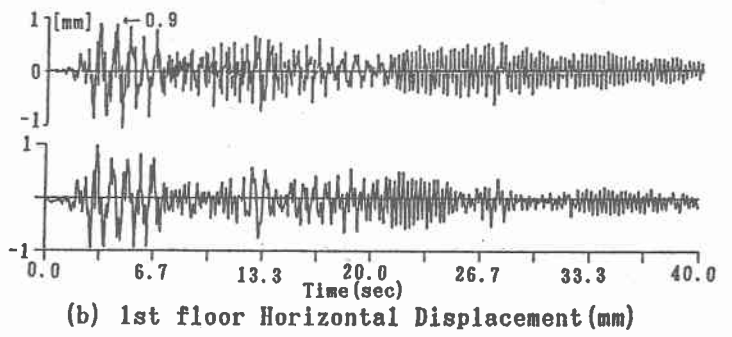
(b) 5th floor Horizontal Displacement (mm)



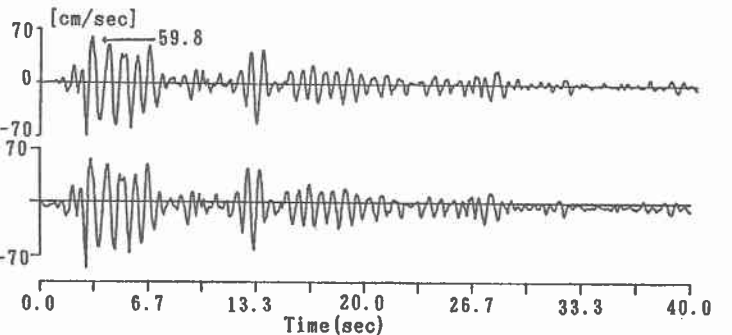
(c) 1st floor Horizontal Displacement (mm)



(a) Top floor Horizontal Displacement (mm)



(b) 1st floor Horizontal Displacement (mm)



(c) Control Signal (velocity of the mass driver cm/sec)

図-1 Without Control.

White Noise with EL.Centro NS Phase 100cm/s² (All Floor Response Measurements,

図-2 Closed Loop, 1st mode Control

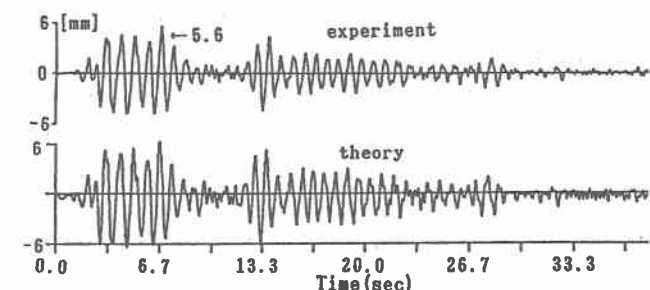
White Noise with EL.Centro NS Phase 100cm/s²)

3. 制御スプilloーバの現象と考察

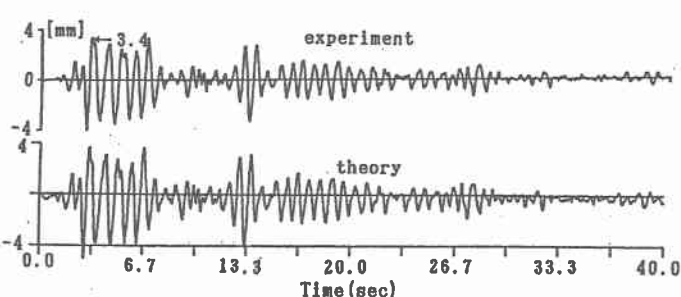
観測点数を全点、2点(8階、4階)、1点(8階)と減らして制御した場合に制御効果がどのように変化するかを実験で検証する。実験は解析と同様、AMD に対して1次モードを制御対象とした閉ループ制御則を用いて振動系を制御した。入力にはエルセントロ(1940 NS)波形の位相を持つホワイトノイズを作成し、最大加速度を100galに調節して用いた。非制御時の時刻歴曲線を図-1に示す。上段から8、5、1階の応答変位を示し、上図が実験結果、下図が解析結果を示す。次に観測点を全点、2点、1点と変えて制御した結果を順に図-2、図-3、図-4に示す。上段が最上階の応答変位、中段が1階の応答変位、下段が制御信号を示し、上図が実験結果、下図が解析結果を示す。全点観測時の図-2をみると最大応答変位は非制御時の約2割に低減するとともに高次の振動成分が現れている。これを基準に観測点が2点の場合の図-3をみると、全点観測時と同じように応答変位は低減し、全点観測ほどではないが高次の振動成分がみられる。1点のみを観測した場合の図-4ではさらに高次の振動成分が少ないことがわかる。全点観測時より観測点を最上階1点に減らした方が高次モードまで制御するという解析結果と同じ結果が確認できた。

参考文献

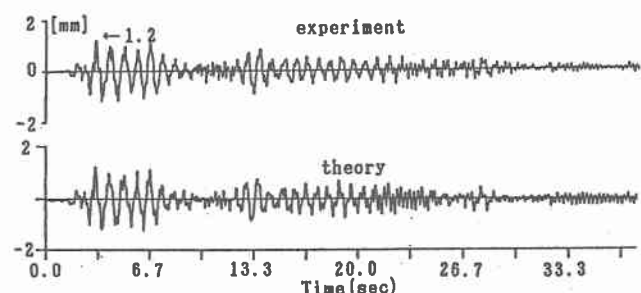
- 1) 吉川正昭, 稲葉金正, 栗本雅裕, 安井健治: 閉ループ制御による構造物の震動制御、奥村組技術研究所年報, No.20, pp.29 ~ 34, 1994. 10.
- 2) Masaaki YOSHIKAWA, Kenzo TOKI, Tadanobu SATO: ACTIVE CONTROL OF SEISMIC RESPONSE OF STRUCTURES, The East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, pp.801 ~ 811, 1999.8.



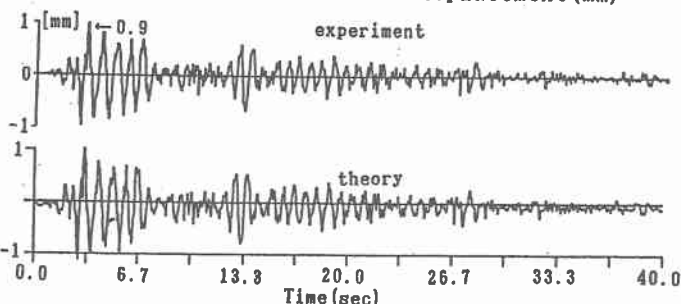
(a) Top floor Horizontal Displacement (mm)



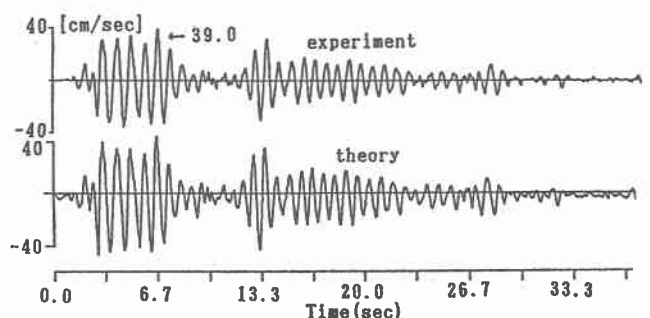
(a) Top floor Horizontal Displacement (mm)



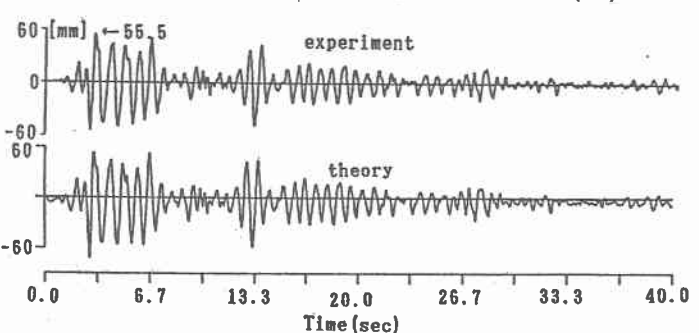
(b) 1st floor Horizontal Displacement (mm)



(b) 1st floor Horizontal Displacement (mm)



(c) Control Signal (velocity of the mass driver)



(c) Control Signal (velocity of the mass driver cm/sec)

図-3 Closed Loop, 1st mode Control

(Two Point Response Measurements, 8th and 4th floors, White Noise with EL.Centro NS Phase 100cm/s²)

図-4 Closed Loop, 1st mode Control

(One Point Response Measurement, 8th floor, White Noise with EL.Centro NS Phase 100cm/s²)