多点変位計測による骨組構造物のアクティブ制振に関する検討

広島大学大学院学生会員鍵村俊哉広島大学大学院フェロー会員中村秀治広島大学大学院辻徳生広島大学大学院石井抱広島大学大学院正会員佐竹亮一広島大学田端洋子

1.背景と目的

制振は地震や強風による構造物の揺れを制御機構により低減させる技術であり,アクティブ制振と,パッシブ制振の2方式がある.特に,アクティブ制振は近年に周辺技術の向上で可能となった技術であり,その特長を生かした新たな制御方法の生まれる可能性も考えられる.また,その他の要素として,地震計ネットワークの発展により近未来の地震力が把握できるようになることが考えられる.本研究では骨組構造物を対象にアクティブ制振方法を検討し、その制振方法を解析と振動台実験の両方から検証することを目的とする.

2. 研究方法

本研究では,

制御の目標値を算出するための式を提案し、解析により検証する、

で提案した式を組み込んだ制振システムを構築する.

振動台を用いた振動実験を行う.

以上の3つの手順により本研究で提案する制振法の実構造物への適用性の検証を行う.

また,振動台加振による骨組構造物の制御方法は運動方程式を直接積分することにより求められた計算式及び、1/100 秒程度の時間刻みで求めた同時多点変位計測結果に基づいて,次ステップの制御力を算定し,アクチュエータで制御力を作用させる方法を用いる.制御力の算定方法は以下に説明する.

Fig.1 に供試体概要図, Fig.2 にアクチュエータの概要図, Fig.3 にスライダー設置状況を示す.



Fig.1 供試体概要図



Fig.2 スライダー概要図

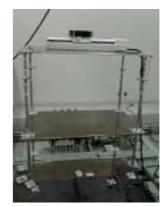


Fig.3 スライダー設置状況

3.制御力算定

本研究では運動方程式の直接積分に制御力の項を加えた次式を用いる。

$$\begin{cases}
\dot{U}_{t+\Delta t} \\
U_{t+\Delta t}
\end{cases} = \begin{bmatrix}
E_{11} & E_{12} \\
E_{21} & E_{22}
\end{bmatrix} \begin{bmatrix}
\dot{U}_{t} \\
U_{t}
\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}
H_{11} \\
H_{21}
\end{bmatrix} \{P_{t}\} + \begin{bmatrix}
G_{11} & G_{12} \\
G_{21} & G_{22}
\end{bmatrix} \begin{Bmatrix}
F_{t+\Delta t} \\
F_{t}
\end{Bmatrix}$$
(1)

ここで,

 $\dot{U}_{t+\Delta t}, U_{t+\Delta t}, F_{t+\Delta t}$:時刻 $t+\Delta t$ における速度,変位,制御力 \dot{U}_t, U_t, P_t, F_t :時刻 t における速度,変位,外力,制御力

次に制御力 $F_{t+\Delta t}$ の決定については,制御力 $F_{t+\Delta t}$ と変位 $U_{t+\Delta t}$ 以外は既知であることから,右辺の制御力 $F_{t+\Delta t}$ を含む項を除いて計算したものを B_t と置くと,次式のようになる.

$$U_{t+\Delta t} = B_t + G_{21} F_{t+\Delta t} \tag{2}$$

この式からわかるように , B_t は制御力 $F_{t+\Delta t}$ を作用させないときの , Δt 後の変位 $U_{t+\Delta t}$ でもある .そこで Δt 後の目標変位として ,

$$U_{t+\Delta t} = U_t + (B_t - U_t) \times \alpha \tag{3}$$

を与える.ここで とは時刻 t の変位 U_t から,制御力を作用させない場合の Δt 後の変位 B_t への変位増加量を何%に抑制するかを決める係数である.例えば, =0.9 なら変位を 90%に抑えることになる.この式を代入して変形すると,

$$F_{t+\Delta t} = (1-\alpha)G_{21}^{-1}(U_t - B_t)$$

となり制御力を算定する.

4.解析結果

Fig.4 に供試体の解析モデル,振動モード図及び一次固有周期,Fig.5 に解析に用いた地震波形,Fig.6 に供試体に実験神戸波を作用させた解析結果(=0.9)を示す.また,解析に用いた地震波形は阪神淡路大震災時に神戸海洋気象台で観測された波を用いており,実験神戸波は振動台上で神戸波を再現した波である.

本解析結果によると、制御した場合は、制御しない場合と比べて、 α =0.9 であっても大幅に応答変位が抑えられていることがわかる・



Fig.4 供試体の解析モデル及び振動モード図

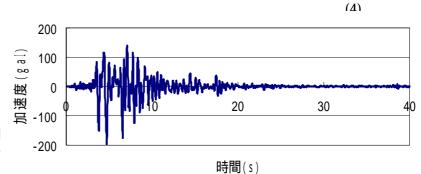


Fig.5 解析に用いた地震波の例

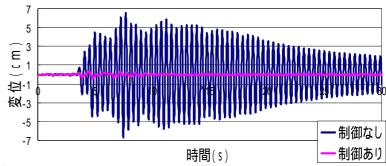


Fig.6 解析による神戸波での応答変位図(=0.9)

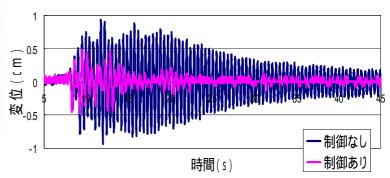


Fig.7 神戸波による供試体の応答変位図(=0.99)

5.実験結果

Fig.7 に実験神戸波を作用させた時の供試体の応答変位図(=0.99)を示す.制御した場合は制御しない場合と比べて最大応答変位を 50%程度抑えていることや,全体を通して揺れが低減していることがわかる.

この実験はまだ継続中であり、応答変位が十分抑えられていない、今後、制御システム全体を見直し、制御性能を向上させ制振技術の有用性を確認する予定である。