

I - B171

AMD 変位制約を考慮した多自由度構造物の非線形震動制御

鹿島建設（株） 正会員 塩見豪
 京都大学工学研究科 正会員 五十嵐晃
 京都大学工学研究科 フェロー 家村浩和

1. はじめに

大地震時に問題となる AMD の可動範囲制約を解決するため、1 自由度構造物に関しては可変制御ゲインを用いた非線形制御則¹⁾が提案され、実大構造物制震実験等により検討が行われてきた。

本研究では、AMD の可動範囲を有効に活用する制御則を、多自由度系構造物の複数モードの制御を行うよう拡張し、数値シミュレーションによりその理論的有效性を検証するものである。

2. 多自由度系構造物の複数モード制御則

図-1 に示されるような多自由度構造物の複数のモードを制御するために、図-2 に示すように、AMD の全体の可動範囲を、各次の固有振動に許容する可動範囲の線形和となるように決定する。

また、制御則を $\dot{y} = \beta x_1$ と仮定し、構造物がある特定 n 次モードの定常状態で振動している場合に AMD の変位飽和 $|Y_0| = Y_{max,n}$ を仮定すると、次式に示すように n 次の制御ゲイン β_n と振動エネルギー E_n の関係が n 次の固有振動数 ω_n とモード剛性 K_n を用いることにより得られる。

$$\beta_n = \frac{Y_{max,n} \omega_n \sqrt{K_n}}{\sqrt{2E_n}}$$

実際に制御則を利用するために、AMD 取り付け位置での応答値 x_1 から FIR バンドパスフィルタを用いてステップ毎に特定次振動数付近の成分をたたみ込みによりそれぞれ計算することとする。

以上の点を考慮して以下に制御則をまとめ、図-3 に応答計算アルゴリズムを示す。

$$\dot{y} = \beta_n x_{fn} + \beta_m x_{fm} \dots - \alpha y$$

$$\beta_k = \begin{cases} \frac{Y_{max,k} \omega_k \sqrt{K_k}}{\sqrt{2E_k}} & (E_k > E_{sk}) \\ \beta_{max,k} & (E_k \leq E_{sk}) \end{cases} \quad (k = n, m, \dots)$$

$$\begin{cases} x_{fn}(l) = \sum_{k=0}^{N_n} h_{nk} x_1(l-k) \\ \dot{x}_{fn}(l) = \sum_{k=0}^{N_n} h_{nk} \dot{x}_1(l-k) \end{cases}$$

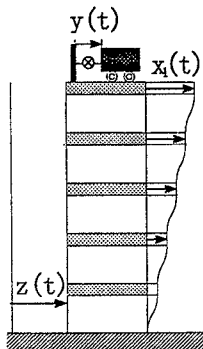


図-1 多自由度構造物モデル

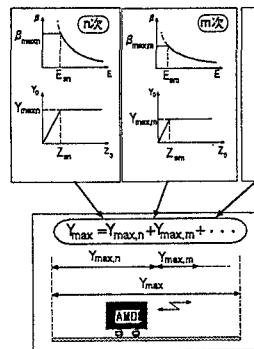


図-2 制御則と可動範囲の関係

3. 応答解析結果による制御則の検証

実際にモデル構造物に El Centro 波 (NS 成分、0.4 倍にスケーリング) を入力した場合についての応答解析結果を図-4 に示す。モデルとして、京都大学防災研究所内鉄骨 5 層フレーム²⁾を選んだ。制御対象モードとして 1 次・2 次モードを選び、AMD 全体の可動範囲は $Y_{max} = 15(cm)$ とする。各固有振動に対応する可動範囲の振り分けの決定法に関しては、各モードの変位振幅比率の絶対値のピーク値の比により AMD 全体の可動範囲を振り分けることが妥当であると考えられ、今回のモデルの場合 $Y_{max,1} = 14(cm)$, $Y_{max,2} = 1(cm)$ と決定される。また、 $\beta_{max,1} = 80$, $\beta_{max,2} = 150(1/sec)$ を選び、AMD 補助マスの中立位置が可動範囲の中心を遊離しないための固定ゲインを $\alpha = 1(1/sec)$ と設定した。

構造物 5F 変位応答は、無制御の状態においても 1 次モード振動がほとんどであるため、 $Y_{max,1}$ を可動範囲として制御ゲイン β_1 は変化しているが、制御ゲイン β_2 は変化していないことがわかる。

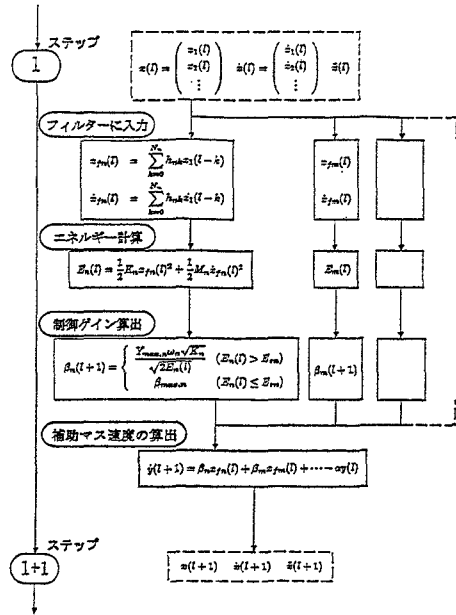
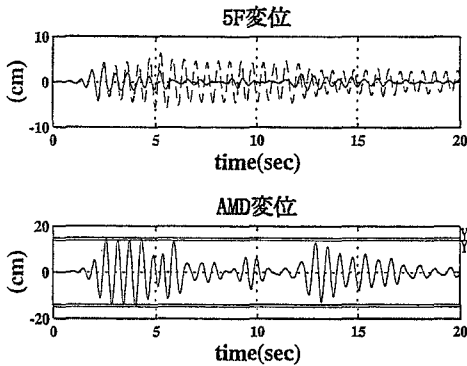


図-3 制御計算アルゴリズム

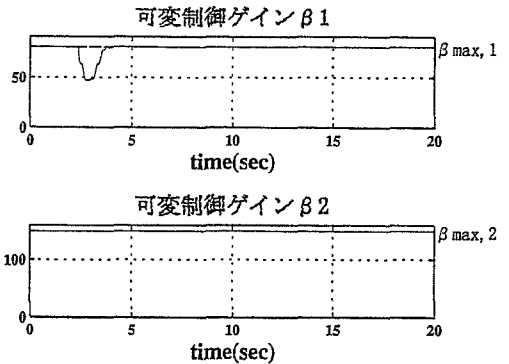


図-4 応答解析結果

4. 最後に

フィルタ次数およびバンド幅等の決定に関しては、各次モードの振動特性を基に決定することが必要である。詳細については講演時に発表する。

参考文献

- 1) 五十嵐晃ほか：AMD の可動質量変位制約を考慮した非線形制御則，第 3 回振動制御コロキウム講演論文集，平成 7 年。
- 2) 家村浩和ほか：可変ゲイン制御による大地震を対象とした制震システムの実大構造フレーム実験，免震・制震コロキウム論文集，平成 8 年。