

プレストレストコンクリート骨組の復元力特性モデルに関する研究
その2 平均減衰推定式の提案

Restoring Force Characteristics Model for Prestressed Concrete Frames
Part 2 Equations for Predicting Substitute Damping

○小西智貴¹ 内田龍一郎² 浜原正行³

Tomoki Konishi¹, Ryuuichiroh Uchida², Masayuki Hamahara³

Abstract: Inelastic dynamic analysis using the restoring force characteristic model described in the part 1 were performed to obtain substitute damping. On the basis of the analysis equations for predicting the substitute damping were presented. The substitute damping obtained from model were agree well with that obtained analytically.

1. はじめに

本報告では、前報(その 1)で述べた提案モデルを用いた 1 自由度弾塑性応答解析から平均減衰を求め、さらにその推定式を提案する。

2. 骨組モデルの弾塑性応答解析

解析概要 解析には日本建築センター模擬波を用い、数値解析は、Newmark のβ法¹⁾(=1/6)を用いた。平均減衰 h_s は(1)式で与えられる。

$$h_s = - \int_0^t \ddot{y}_o \cdot \dot{y} dt / (2\omega_e \int_0^t \dot{y}^2 dt) \text{-----(1)}$$

ここに \ddot{y}_o : 地動加速度(m/s²)

\dot{y} : 建物の速度(m/s)

ω_e : 等価角振動数(rad/s)

Table 1 Parameter for Analysis

解析要因	水準
降伏震度(Q_v/W)	0.2, 0.3, 0.4
ひび割れ発生荷重(Q_{cr})	$Q_v/2$, $Q_v/3$
初期周期を(T_1)	0.25, 0.5, 0.75, 1
降伏周期(T_2)/初期周期(T_1)	$\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, 2
除荷勾配のパラメータ(r_s)	0.2, 0.25, 0.3
骨組のプレストレスレベル(η_{gs})	0, 0.1, 0.2, 0.3
骨組の鉄筋鋼材係数(q_{rs})	0, 0.1, 0.2

質量(m)は 510ton とした。解析は、Table 1 に示す要因と水準を基に 2591 ケースについて行った。

解析結果 Fig. 1 は X 軸に骨組の塑性率 μ , Y 軸に平均減衰 h_s をとり、解析結果をプレストレスレベル η_{gs} , 引張鉄筋の鋼材係数 q_{rs} をパラメータとして示したものである。Fig. 1 より、以下のことが指摘できる。

1) $\eta_{gs}=0$ (Fig.1-a) は RC 骨組に対応しており、このグループでは、 $\mu-h_s$ 関係は q_{rs} に依存しない。

2) Fig.1-b~c 中、 $\eta_{gs} \geq 0.1$ のグループは、 q_{rs} の上昇に伴って h_s の値が増加する。これは、 q_{rs} の上昇に伴って、履歴ループが RC のような紡錘型に近づき、エネルギー消費能力が高くなったことに起因している。

3) Fig.1-b~c 中、 q_{rs} 同一(図中、色が同じ)のグループを見ると、いずれのグループでも η_{gs} の増加に伴い、原点復帰傾向が強くなるため h_s の値が減少している。

3) Fig.1-b~c 中、 $q_{rs}=0$ (図中紺色)のグループは、 μ の上昇に伴う h_s の増加が少ない。 $q_{rs}=0$ は純 PC に対応しているため、 μ が増加しても、履歴ループ面積が大きく上昇しないことに起因している。そして、このグループでは、 $q_{rs}>0$ のグループとは逆に、プレストレスレベルが増加するに伴い最大値が微増している。

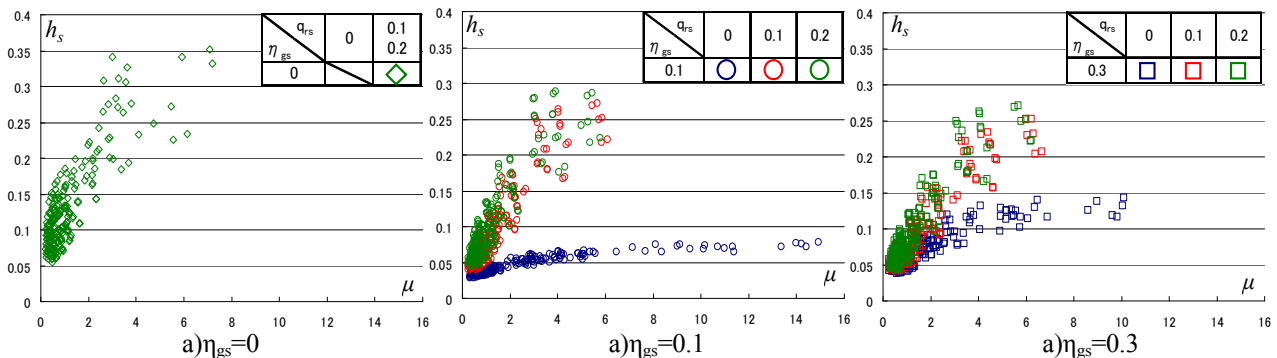


Fig. 1 Effects of η_{gs} and q_{rs} on h_s - μ relationship

1:(株)ピーエス三菱, PS Mitsubishi Construction Co. Ltd 2:松井建設(株), Matsui Construction Co. Ltd

3:日大理工・教員・海建, Prof., Dept. of Oceanic Architecture & Engineering, Science & Technology Nihon University

3. 平均減衰の推定式の提案

ここでは、前節の解析結果 1)~3) で述べた応答解析の結果を踏まえて、骨組の平均減衰の推定式として (2) 式を提案する。その際の α_s については (3a) 式、 β については (3b) 式によって算出する。(3c) 式は初期減衰でその値を 0.03 とした。

本推定式は、応答解析を行わず、骨組モデルのパラメータである、引張鉄筋の鋼材係数(q_{rs})、プレストレスレベル(η_{gs})と除荷勾配のパラメータ(r_s)を用いることで平均減衰を算出することを可能とした式である。以降で推定式と応答解析により算出される平均減衰の比較検討を行う。

$$h_{sc} = \frac{0.45\alpha_s(\mu - \mu_{cr})}{(\mu - \mu_{cr}) + \beta_s} + h_o \text{ -----(2)}$$

$$\alpha_s = \frac{q_{rs} \cdot \mu + \eta_{gs}^2}{q_{rs} \cdot \mu + \eta_{gs}} \text{ -----(3a)}$$

$$\beta_s = \frac{1.4}{r_s \cdot (T_2/T_1)} \text{ -----(3b)}$$

$$h_o = 0.03 \text{ -----(3c)}$$

ここに μ_{cr} : ひび割れ変形/降伏変形
 T_1, T_2 : 初期周期(s), 降伏周期(s)

4. 推定式に対する検討

Fig. 2 は Y 軸に平均減衰、X 軸に塑性率をとり、応答解析より求まる平均減衰と推定式の計算値とをプロットし、比較したものである。

Fig. 2 より、以下のことが指摘できる。

応答解析から求まる平均減衰は、引張鉄筋の鋼材係数が小さい平均減衰が小さいグループでは、プレストレスレベルの増加に伴い、推定値も増加している。そして、引張鉄筋の鋼材係数が多くプレストレスレベルの低いものについても、比較的精度よく平均減衰を推定できている。

Fig. 3 は横軸に応答解析値より求まる平均減衰 h_s (解析結果)、縦軸に推定式から求まる計算値 h_s (推定式)をとり、この平面上に総ての解析結果についての相関を示したもので、縦軸に前述の 2591 ケース応答解析値より求まる平均減衰についての計算値をプロットしたものである。

この図より、(2) 式~(3) 式から求まる計算結果は解析結果に比較的よく一致していることが分かる。なお、推定式による計算結果と解析結果の相関係数は 0.975

となっており、両者の相関性は比較的高いといえる。

この結果より、平均減衰の推定式を用いることにより、応答解析を行うことなく、1 方向漸増解析の結果より、平均減衰の推定が可能であることを示した。

5. まとめ

提案の骨組モデルを用いて、2591 ケースのパラメトリックスタディーを行った結果、平均減衰は、骨組のプレストレスレベルと、引張鉄筋の鋼材係数に強く影響を受けることを示した。

応答解析の結果を踏まえ、平均減衰の推定式を提案し、その適合性を 2591 ケースについて行った。その結果、提案式は比較的精度よく平均減衰を推定可能なことを示した。

参考文献

- 1) 柴田明徳: 最新耐震構造解析 第 2 版 2007, pp.104

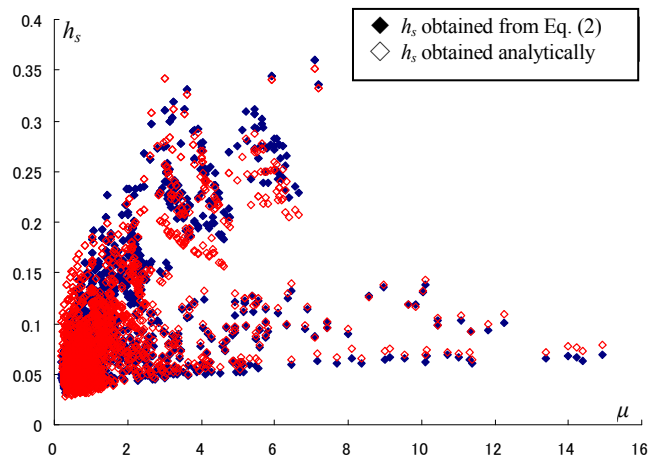


Fig. 2 Results from Analysis and Eq. (2)

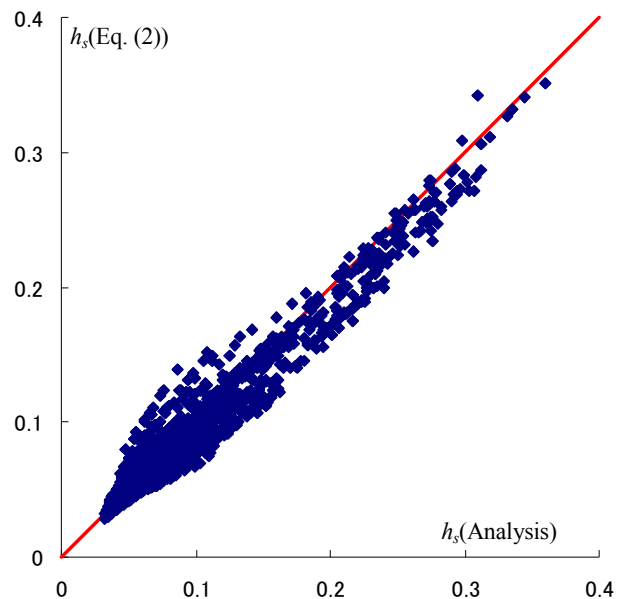


Fig. 3 Correlation between h_s (Eq. (2)) and h_s (Analysis)