

プレストレストコンクリート構造の復元力特性に関する研究
その2 平均減衰式の提案

Restoring Force Characteristics Model for Prestressed Concrete Structures
Part 2 Equation for Predicting Substitute Damping

○内田龍一郎¹, 小西智貴², 大川峻³, 浜原正行⁴

*Ryuichiro Uchida¹, Tomoki Konishi², Shun Ohkawa³, Masayuki Hamahara⁴

Abstract: Comparisons were made in term of load-displacement relationship, hysteretic damping and residual displacement between the test results for 81 PC members and the predicted results obtained from the model described in the part 1. The results obtained from the model agreed well with the test results. Elasto-plastic dynamic analyses using the model were performed to obtain the substitute damping of PC frames. On the basis of the analyses equations for predicting the substitute damping were presented.

1. はじめに

本報告では、その 1 で示した修正モデルの実験結果に対する適合性の検討を行い、このモデルを用いた地震応答解析から求まる平均減衰の推定式の提案を行う。

2. 実験結果と修正モデルの比較

検討には文献 1), 2) に掲載された 7 シリーズ 81 体の部材に関する実験資料を用いた。Table 1 は実験結果と修正モデルの曲げモーメント-部材角関係、等価粘性減衰定数-塑性率関係を比較したものを 3 例示した。上段のグラフより、実験結果と修正モデルの履歴性状が比較的よく一致していることが分かる。下段のグラフより、修正モデルによる計算値は等価粘性減衰定数を比較的よい精度で実験結果を推定している。

なお、残留変形率は以下のように定義されるものである。

$$\text{残留変形率} = \frac{\text{残留変形}}{\text{ピーク時の変形}} \dots\dots\dots (1)$$

Fig.1, Fig.2 は、それぞれ等価粘性減衰定数と残留変形率について、実験値と修正モデルによる計算値を前述の 81 体の試験体について比較したものである。Fig.1 より、等価粘性減衰定数の実験値は、修正モデルによって比較的精度よく推定されており、相関係数は 0.974 となった。Fig.2 より、残留変形率は等価粘性減衰定数の場合よりややばらつきが大きいが相関係数は 0.957 であった。これらの図より、実験結果と修正モデルによる結果は比較的よく一致していることが分かる。

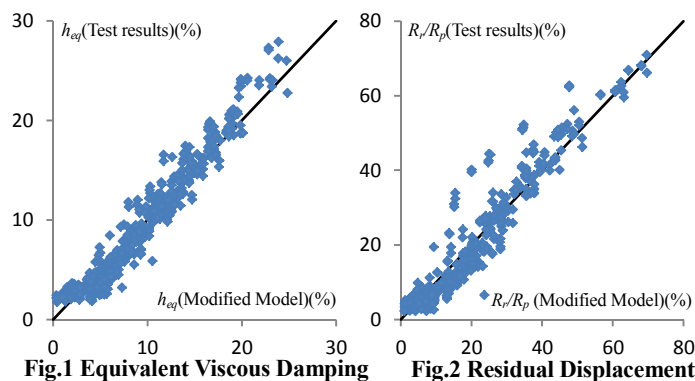


Table 1 Comparison of Modified Model with Test Results

	Series 1	Series 2	Series 3
Hysteretic Loops			
heq - μ			

1 : 内田建築構造コンサルタント 2 : (株)ピーエス三菱 3 : 日大理工・院 (前)・海建 4 : 日大理工・教員・海建

3. 地震応答解析

地震応答解析には、日本建築センター模擬波（最大加速度 207gal）を用い、応答の解析には、Newmark の β 法 ($\beta=1/6$) を用い、(2) 式に示す平均減衰 h_s を求めた。解析に際し、初期減衰は 5% とした。

$$h_s = \frac{-\int_0^t \dot{y}_0 \dot{y} dt}{2\omega_e \int_0^t \dot{y}^2 dt} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 \dot{y}_0 =地動加速度 \dot{y} =建物の速度
 ω_e =等価角振動数

解析は、質量を 1000ton とし、Table 2 の要因の水準を組み合わせさせた 1620 ケースについて実施した。

Table 2 Parameters for Analysis

解析要因	水準
初期周期(T_1)	0.2, 0.4, 0.6
降伏周期(T_2)/初期周期(T_1)	$\sqrt{2}, \sqrt{3}, 2$
ひび割れ荷重(Q_{cr})/降伏荷重(Q_y)	0.3, 0.4, 0.5
普通鉄筋の鋼材係数(q_r)	0, 0.1, 0.2, 0.3
プレストレスレベル(η_g)	0, 0.1, 0.2, 0.3
降伏震度 (Q_y/W)	0.2, 0.3, 0.4, 0.5

Fig.3 は Table 2 の解析要因のうちプレストレスレベル η_g を 0.2 に固定し、普通鉄筋の鋼材係数 q_r を 0~0.2 まで変動させた時の履歴ループを示したものである。これらの図より普通鉄筋の鋼材係数 q_r が大きいものほど、履歴ループの面積が増加し、これに伴い最大応答変位が減少していることが分かる。

4. 平均減衰の推定式の提案

提案の平均減衰の推定式を (3) 式に示す。本推定式は、PC 部材の諸元を用いることで、地震応答解析を行わず平均減衰を算出することを可能とした式である。

$$h_s = \frac{0.38 \cdot \alpha \cdot (\mu - \mu_{cr})}{(\mu - \mu_{cr}) + \beta} + h_0 \dots\dots\dots (3)$$

$$\alpha = (\mu \cdot q_r + \eta_g^2) / (\mu \cdot q_r + \eta_g) \dots\dots\dots (4)$$

$$\beta = 1.4 / (r \cdot T_2 + T_1) \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 μ_{cr} =ひび割れ時の変形量/降伏時の変形量
 r =除荷勾配のパラメータ h_0 =初期減衰

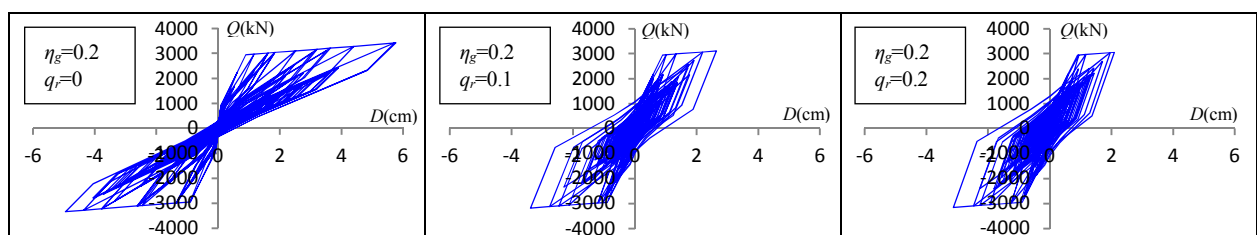


Fig.3 Effects of η_g and q_r on Hysteretic Loops

Fig.4 は地震応答解析より求まる平均減衰と推定式から求まる平均減衰を比較したものである。相関係数は 0.974 となっており、応答解析より求まる値と推定式による値は、高い相関性を示している。この結果より、提案式を用いることで、地震応答解析を行うことなく、平均減衰を推定することが可能であることを示した。

5. まとめ

1) 実験結果とその 1 で示した修正モデルによる荷重-変形関係の結果を比較したところ、履歴性状、等価粘性減衰定数、残留変形率のいずれの項目でも両者は比較的良好一致した。

2) 地震応答解析のパラメトリックスタディを行い、この解析結果より、平均減衰の推定式を提案した。

6. 参考文献

- 1) 浜原正行, 尹元奎ほか:「プレキャストプレストレストコンクリート柱の復元力特性に関する実験的研究」, 日本建築学会論文報告集, 1996, 2, No.480, pp.151-160
- 2) 浜原, 岡田:「プレストレストコンクリート曲げ部材の復元力特性に関する研究」, 日本建築学会構造系論文集, 1990, No.410, pp.63-66

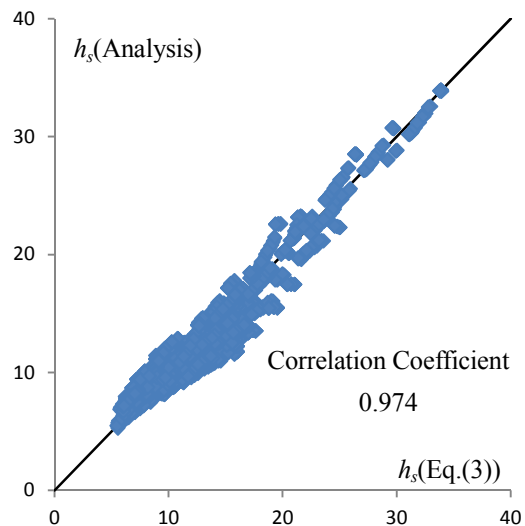


Fig.4 Correlation between h_s (Analysis) and h_s (Eq.(3))