

ランダム変形履歴下におけるせん断劣化モデルの提案と係数の同定

学生氏名 菊池 陽介

学生氏名 阿形 宏英

指導教員 吉川 弘道

1. はじめに

RC柱では繰返し外力を受けることによりせん断耐力伝達能力の低下が起こる。このせん断耐力劣化現象については多くの研究がなされており、部材靱性率から劣化現象を定量的に評価する手法も提案されている。しかし、この提案手法は劣化過程を追跡するものではなく、劣化現象についても未解明部分が多く残されている。そこで本論では、ランダム応答を対象とした動的劣化モデルを構築し、せん断耐力劣化現象の定量的評価を試みる。

2. 動的劣化モデル

・劣化せん断耐力式 V_{uk} : 修正トラス理論を基本として、繰返し時の劣化係数 ζ_k を導入し、せん断補強筋負担分 V_s と劣化コンクリート負担分 V_{ck} の累加式で表す。

$$V_{uk} = V_s + V_{ck} = V_s + \zeta_k V_{c0} \quad (1)$$

・単発劣化係数 ξ_k : Priestley のせん断劣化曲線を正規化し、応答塑性率 μ_d を用い、次のように表記する。

$$\begin{aligned} \mu_d < 2: \xi_k &= 1 \\ 2 \leq \mu_d < 4: \xi_k &= -0.327m_{k-1}\mu_d + 0.655m_{k-1} + 1 \\ 4 \leq \mu_d < 8: \xi_k &= -0.04325m_{k-1}\mu_d - 0.482m_{k-1} + 1 \\ 8 \leq \mu_d: \xi_k &= -0.828m_{k-1} + 1 \end{aligned} \quad (2)$$

・動的劣化モデル: 累積損傷理論を用い、緩和係数を介して、次のように劣化係数 ζ_k を提案する。

$$\text{緩和係数 } m: m_k = \beta \zeta_k^\gamma \quad (3)$$

$$\text{劣化係数 } \zeta_k: \zeta_k = \prod_{i=1}^k \xi_k(m_{k-1}) \quad (4)$$

ここでは、ランダムな時刻歴応答変位を表1のように整理し、正負の振幅が異なる応答一波に対し、次のような等価振幅 μ^* を提案する。

$$\text{正負振幅比 } \chi \ (0 \leq \chi \leq 1): \chi = \left| \frac{\mu_2}{\mu_1} \right| \quad (5)$$

$$\text{等価振幅 } \mu^*: \mu^* = \left(\frac{\chi + \chi_0}{1 + \chi_0} \right)^n (\mu_1 + \mu_2) \quad (6)$$

ここで応答一波は3つの(片振り载荷では2つの)ゼロクロスニングにより認知し、応答の時刻歴に従って緩和係数 m ,

等価振幅 μ^* , 劣化係数 ζ_k を逐次算出する。

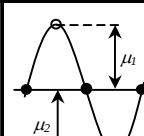
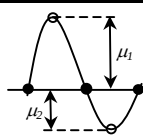
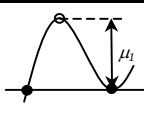
3. 4 係数の実験的同定

4 係数 β, γ, χ_0, n を、本研究室で実施されたRC柱の静的载荷実験より得られた劣化係数と動的劣化モデルを用い算出した劣化係数を比較検討することにより同定する。载荷実験は片持ち梁形式の試験体に対し、片側漸増繰返し载荷履歴、両側漸増繰返し载荷履歴、ランダム载荷履歴(開北橋観測波)の3ケースをについて行った。

実験結果より劣化係数 ζ_k を算出する方法として、まず時刻歴におけるせん断補強筋負担分 V_{sk} , 劣化せん断耐力 V_{uk} を算出し、式1より劣化コンクリート負担分 V_{ck} を算出する。初期コンクリート負担分 V_{c0} は鉄道構造物等設計標準式を用い算出する。算出した劣化コンクリート負担分 V_{ck} と初期コンクリート負担分 V_{c0} より劣化係数 ζ_k を算定する(図1)。

4 係数は初期値を $\beta = \gamma = \chi_0 = n = 1.0$ と仮定し、これを 0.5 ~ 1.5 の範囲で変化させ、計 256 ケースの解析を行い、载荷履歴

表1 繰返し形状における振幅量

繰返し方	正負完全交番	ランダム繰返し	完全片振り
振幅形状			
振幅量	$ \mu_1 = \mu_2 $	$ \mu_1 > \mu_2 $	$ \mu_1 > 0, \mu_2 = 0$
正負振幅比	$\chi = 1$	$0 < \chi < 1$	$\chi = 0$

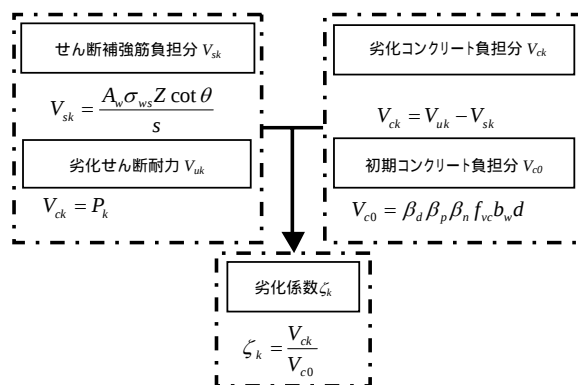


図1 劣化係数算定フロー

key words: せん断耐力劣化現象, 動的劣化モデル, 等価振幅

連絡先: 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学 TEL: 03-3703-3111(内線)3243

の異なる3ケースとの対比から最適な4係数を選定した。その結果 $\beta=0.5$, $\gamma=0.7$, $\chi_0=0.5$, $n=1.0$ が得られた。さらにこれを初期値とし、再度比較検討を行った結果 $\beta=0.6$, $\gamma=0.7$, $\chi_0=0.4$, $n=0.9$ が得られた。図2に以上の4係数を用いた静的載荷実験における劣化係数を比較したものを示す。

4. 解析結果

載荷実験において、片側漸増繰返し載荷した試験体では、図2(a)より、実験値、解析値ともに塑性率 $\mu=8$ を超えた直後に急激なせん断劣化を引き起こされており、実験値の劣化傾向を解析値の劣化傾向がよく追跡していることが確認できる。また、正負漸増繰返し載荷した試験体では、図2(b)より、実験値、解析値ともに塑性率 $\mu=2$ 直前から急激なせん断劣化が進行しており、実験値の劣化傾向を解析値の劣化傾向がよく追跡していることが確認できる。次に、ランダム載荷した試験体では、図2(c)より、塑性率 $\mu=4$ 弱の大きな変位が生じたとき、実験値、解析値共に著しく劣化係数の低下が見られた。その後両劣化傾向とも徐々にではあるがせん断劣化が進行していることが確認できる。これは初期の繰返し大変形により急激な劣化係数の低下が生じ、これがこの試験体におけるせん断劣化を決定付け、その後初期のような繰返し大変形が作用しなかったためと考えられる。

以上より、載荷履歴の異なる3ケースにおけるせん断劣化傾向を動的劣化モデルにより評価できたとと言える。よって、動的劣化モデルはせん断耐力劣化現象の定量的評価法として有効であると考えられる。

5. まとめ

本論は地震時におけるRC柱のせん断破壊と靱性評価を考察するもので、繰返し大変形下におけるせん断耐力劣化現象を定量的に評価することを目的とするものである。

本論により、以下の知見が得られた。

本論で提案した動的劣化モデルにおける4係数を $\beta=0.6$, $\gamma=0.7$, $\chi_0=0.4$, $n=0.9$ としたとき、本研究室で行われた静的載荷実験結果をよく追従するものであった。よって動的劣化モデルはせん断耐力劣化現象の定量的評価法として有効であると考えられる。また、更なる実験結果との比較検討を行うことにより精度向上が図れると考えられる。

【参考文献】

- 1) 吉川弘道, 青戸弘起, 高丸弘美, 大江亮二: 鉄筋コンクリート橋脚の非線形応答解析とせん断劣化を考慮した動的破壊解析, 土木学会 応用力学論文集 Vol.3, pp.645-656
- 2) Priestley, M.J.N. and Seible, F. Calvi, G.M.: Seismic Design and Retrofit of Bridges, John Wiley & Sons, 1996

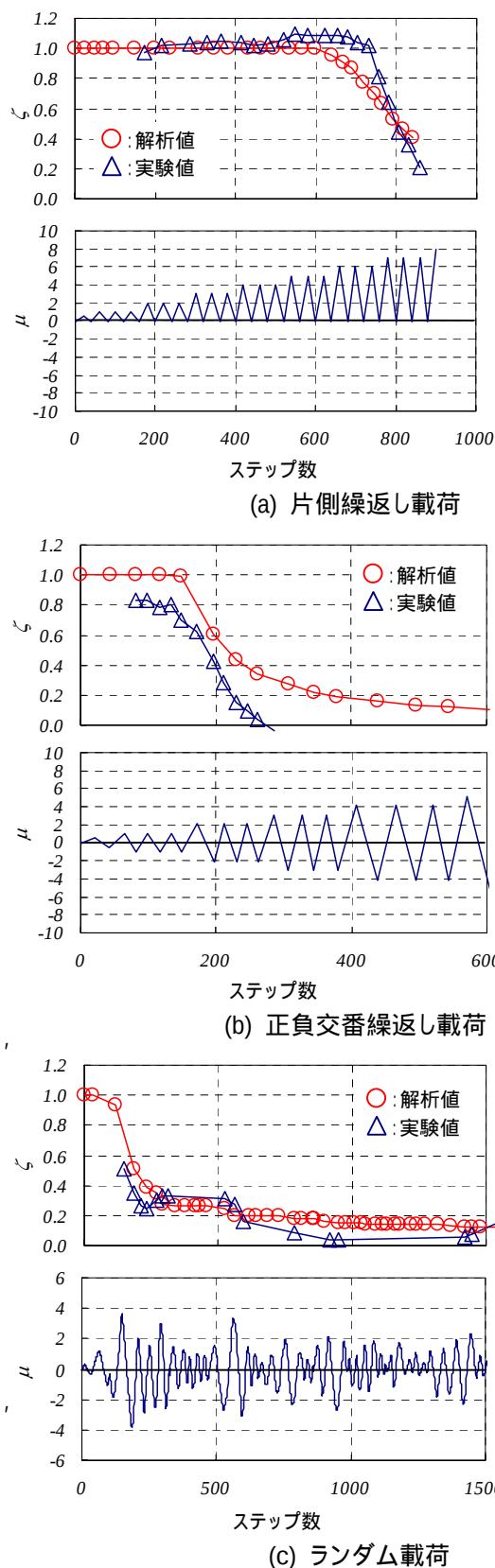


図2 静的載荷実験における劣化係数の比較