

I - B135 繰返しによる劣化の影響を考慮した鉄筋コンクリート部材の 非線形履歴モデルに関する一検討

建設省土木研究所 正会員 運上 茂樹

1. はじめに

鉄筋コンクリート部材の非線形域の動的耐力や変形性能は、地震動が作用する継続時間や地震動の繰返し回数により大きく影響を受けることが知られている¹⁾。平成8年12月に出された道路橋示方書V耐震設計編²⁾では、大正12年の関東地震のようなプレート境界型の大規模な地震による地震動と平成7年兵庫県南部地震のような内陸直下型地震による地震動の両者を考慮することとされている。ここで、前者は大きな振幅が長時間繰返して作用する地震動、後者は継続時間は短い極めて大きな強度を有する地震動とし、それぞれの地震動のタイプに応じて鉄筋コンクリート橋脚や鋼製橋脚などのじん性を評価することとされている。

このように繰返しによる劣化の影響を耐震解析に取り込む必要があると考えられるが、本研究では、鉄筋コンクリート橋脚の繰返しによる劣化の影響を考慮した非線形履歴モデルを構築することを目的に、模型橋脚の動的載荷実験結果に基づき、繰返しによる劣化関数について検討した結果を報告するものである。

2. 繰返しによる劣化を考慮した非線形履歴モデル

図-1は、繰返しによる劣化を考慮した非線形履歴モデルのイメージを示したものである。ここでは、バイリニア型モデルを対象について示しているが、剛性低下型やトリリニア型などその他のモデルに対しても拡張可能である。繰返しによる劣化の考え方としては、図-1に示すようにいくつかのモデルが考えられる。すなわち、B点は剛性を一定として耐力のみを低下させた場合、C点は耐力を一定として剛性のみを変化させた場合、D点は剛性と耐力の両者を低下させた場合、である。例えば、N+1回目の載荷とN回目の載荷による剛性と耐力の劣化の度合い(劣化関数Rという)を式(1)に示すように一定と仮定し、トリリニア型履歴モデルの水平力と水平変位の関係を求めると図-2のようになる。

$$R = K_{N+1}/K_N = F_{N+1}/F_N = 1 - k \quad (k: \text{定数}) \quad (1)$$

ここで、 K_N : 第N回目の載荷時の等価剛性、 F_N : 第N回目の載荷時の最大変位時の水平力、である。

3. 模型実験結果に基づく繰返しによる劣化の影響の評価に関する一検討

繰返しによる劣化を考慮した履歴モデルを考慮した場合には、式(1)に示した劣化関数をどのように決めるかが最も重要な課題となる。川島ら¹⁾は、多くの鉄筋コンクリート模型を対象に一定振幅変位漸増載荷方式で繰返し載荷実験を行った場合の荷重～変位関係をもとに、繰返し載荷に対する剛性の低下の影響について次式による剛性低下率 R_i を提案している。

$$R_i = K_i/K_1 = 1 / \{1 + a(N-1)\} \quad (2)$$

ここで、 R_i : 等価剛性の低下率、 K_i : 第i回目の載荷時の等価剛性、 K_1 : 第1回目の載荷時の等価剛性、 N : 荷重の繰返し回数、 a : 剛性低下係数、である。

本研究では、上記の式(2)の関係を基本として、これに塑性化の度合いを含めた繰返しによる耐力の劣化関数を検討した。実験データによれば、劣化関数には一般に繰返し回数や塑性化の度合いが大きく影響するので、劣化関数を式(3)のように仮定し、その係数を実験データから求めてみた。

$$R = 1 + (A-1)\nu^n \quad (3)$$

ここで、 A : 繰返し回数による係数、 ν : 塑性係数(塑性化の度合い)で次式のように与えた。

$$\left. \begin{aligned} A &= 1 / \{1 + a(N-1)\} \\ \nu &= \frac{\delta_u - \delta_y}{\delta_u - \delta_y} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

解析対象としたのは、土木研究所で実施された模型橋脚11体¹⁾の正負交番繰返し載荷実験結果である。ここで、実験データにおいてどこを終局とするかで係数が変わってくることになるが、ここでは、降伏後最大耐力に達し、その後降伏荷重まで耐力が低下した時の変位を終局変位として実験データを整理した。なお、

キーワード: 繰返しによる劣化、非線形履歴モデル、鉄筋コンクリート部材、劣化関数

〒305 茨城県つくば市旭1番地 TEL:0298-64-2211 FAX:0298-64-4424

終局変位の定義を変更しても同様に整理することが可能である。

図-3は、対象とした模型橋脚に対して塑性係数 ν と等価剛性から求めた劣化関数 R の関係を示したものである。これによれば、塑性係数 ν が大きいほど、また、繰返し回数 N が大きいほど劣化関数 R が小さくなり、載荷繰返しによる耐力の低下が大きいことを示している。11体の実験データをもとに式(3)及び(4)の係数 a 及び n を最小二乗法で求めると、 $a=0.06$ 、 $n=1.07$ となり、図-3に示したとおりとなる。

4. まとめ

繰返し劣化を考慮した非線形履歴モデルとして、劣化関数を仮定し剛性と耐力を低下させる1つの方法を提案した。さらに、式(3)に示した劣化関数を仮定し、そのパラメータについて模型橋脚の実験データをもとに検討した。劣化関数を定めるパラメータ a 及び n としては、それぞれ $a=0.06$ 、 $n=1.07$ が得られた。

今後、実験データとのシミュレーション解析等を行い、繰返し劣化を考慮した履歴モデルの検討を行ってきたい。

参考文献

- 1) 川島、長谷川、長島、小山、吉田：鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の照査法の開発に関する研究、土木研究所報告、第190号、平成5年9月
- 2) (社)日本道路協会：道路橋示方書V耐震設計編、平成8年12月

