

I-82

残留変位応答スペクトルの提案

建設省土木研究所 正員 川島一彦

正員 星隈順一

○正員 長屋和宏

1. まえがき

道路橋示方書・V耐震設計編における地震時保有水平耐力の照査は、構造物のじん性を考慮して断面を設計する新しい手法である。しかし、じん性が高くなると非線形応答変位が大きくなるため、橋脚には大きな残留変位が生じ、復旧が困難となる場合もある。したがって、じん性を考慮した設計では、地震後の残留変位に対して十分な配慮が必要である。そこで、著者らは、バイリニア型振動系に生じる残留変位を「残留変位応答スペクトル」として扱うことを提案し、我国で観測された強震記録に基づいて解析を行ったので、その結果を報告する。

2. 残留変位応答スペクトル

構造物をバイリニア型の1自由度振動系にモデル化し、入力地震動が作用した場合に生じる残留変位 u_r と、系の固有周期 T (1次剛性に対する固有周期)、系の粘性減衰定数 h との関係を残留変位応答スペクトルと定義する。ここで残留変位は、式(1)に示すように、バイリニア型振動系に生じ得る残留変位の最大値 $u_{r,max}$ に対する比で表した。

$$r_{r,max} = \frac{u_r}{u_{r,max}} \quad (1)$$

$$\text{ここで、} u_{r,max} = u_{max} - u_y \left(\frac{Fs_{max}}{Fs_y} \right) \quad (2)$$

なお、 u_{max} 最大変位、 u_y 降伏変位、 Fs_{max} 最大変位時の復元力、 Fs_y 降伏変位時の復元力であり、じん性率 μ は $\mu \equiv u_{r,max}/u_y$ である。また、1次剛性 k_1 と2次剛性 k_2 の比 k_2/k_1 をばねの剛性比 r と呼ぶ。

本文では、 $r=0$ に対して粘性減衰定数を5%、じん性率を2, 4, 6、系の固有周期は0.1秒~3.0秒の10種類の条件で、我国で観測された194記録(I種地盤46記録, II種105記録, III種43記録)の水平加速度強震記録を用いて残留変位応答スペクトルの解析をした。

3. 解析結果

図-1は、1968年の日向灘地震における板島橋近傍地盤上の記録(II種地盤)に対して、残留変位応答スペクトルを解析した結果である。残留変位応答スペクトルは、じん性率や固有周期によって大きく異なることがわかる。図-2は、残留変位応答スペクトルを多数の強震記録に対して求め、これが地震のマグニチュード M 、震央距離 Δ に対し

て、どのように変化するかを示した一例であり、じん性率 μ は4、系の固有周期 T は1.0秒、II種地盤の記録である。この結果によれば、残留変位比 $r_{r,max}$ は、 M や Δ によって顕著な傾向は示さない。そこで、全強震記録に対して地盤種別ごとに残留変位比を平均した結果が図-3である。残留変位比は、地盤条件や固有周期によらずほぼ一定となり、全解析条件に対する残留変位比の平均は0.61である。また、図-3には大

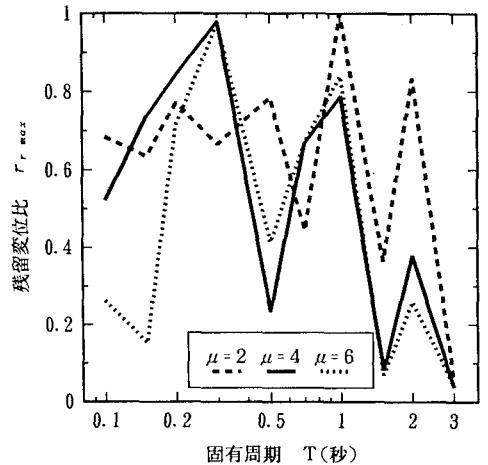
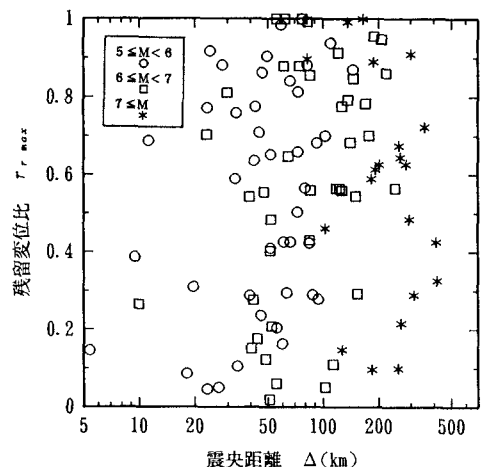
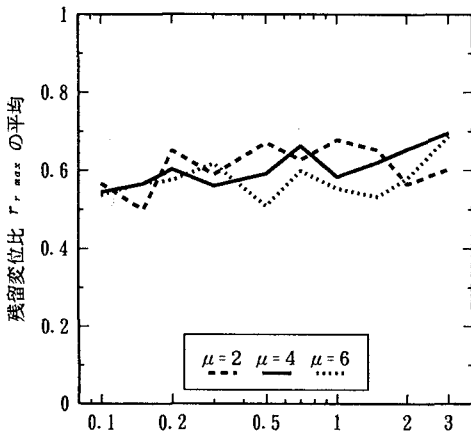
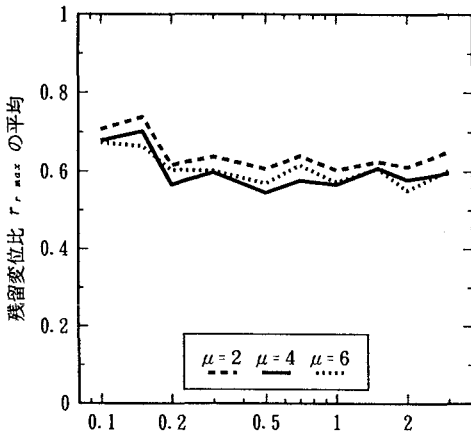


図-1 残留変位応答スペクトル解析の例

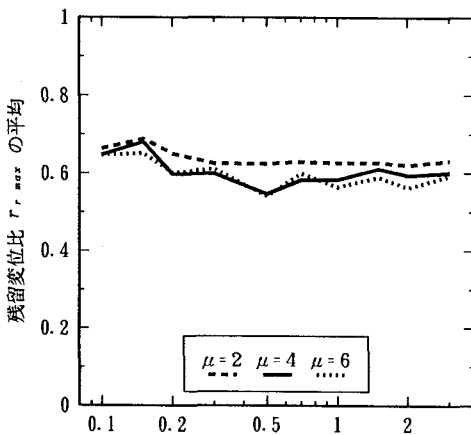
図-2 残留変位比と M, Δ の関係



固有周期 T (秒)
a) I 種地盤



固有周期 T (秒)
b) II 種地盤



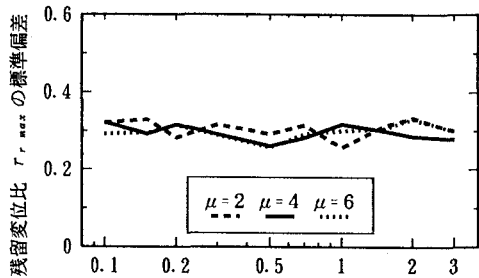
固有周期 T (秒)
c) III 種地盤

図-3 全強震記録に対する残留変位比の平均

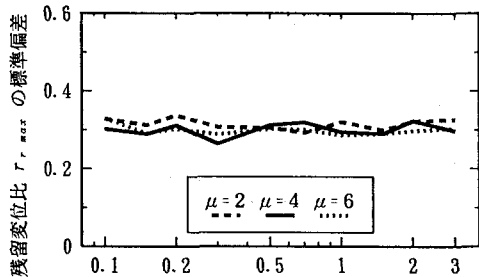
きなばらつきがあり、標準偏差として示した結果が、図-4である。標準偏差の平均は0.30であった。

5. まとめ

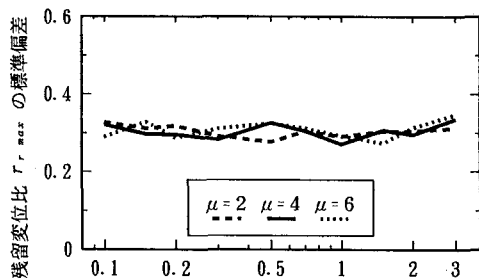
バイリニア型振動系に生じる残留変位を、残留変位応答スペクトルとして設計に取り入れられるように提案するとともに、我国で観測された多数の強震記録に基づいて、残留変位応答スペクトルの解析を行った。この結果、残留変位比は地震のマグニチュードや震央距離、地盤条件、系の固有周期によって大きく異なるが、全記録に対する平均値は解析条件によらず0.6程度となり、その標準偏差は0.3程度となった。剛性比を変化させた場合の残留変位応答スペクトルについては、別の機会に報告したい。



固有周期 T (秒)
a) I 種地盤



固有周期 T (秒)
b) II 種地盤



固有周期 T (秒)
c) III 種地盤

図-4 残留変位比の標準偏差