

## 必要強度スペクトルに基づいた残留変位の特性について

鹿児島大学工学部 正会員 ○木村 至伸  
 鹿児島大学工学部 正会員 河野 健二  
 町田建設 稲村 政史

## 1. 目的

現在の耐震設計においては、構造物の非線形特性を評価した性能照査型設計法<sup>1)</sup>による検討が行われている。この設計法では、構造物の重要度に応じた耐震レベルが設けられており、また、地震後の復旧性が要求される場合には、残留変位を用いて照査されている。残留変位は入力地震動の振動特性に依存し、その値のバラツキが大きいと特性が不明確である。そこで本研究では、鹿児島県北西部地震において観測された地震動を対象に、必要強度スペクトルに基づいた残留変位スペクトル<sup>2)</sup>を算出し、構造物の固有周期、入力地震動の最大加速度の相違による残留変位の特性についての検討を行った。

## 2. 解析モデル 及び 解析方法

本研究では1自由度振動系を用いて解析を行った。また、部材は鋼管を考慮しておりバイリニア型履歴曲線を用いて評価している。ここでの剛性比は0.1としている。このモデルの運動方程式を以下に示す。

$$\ddot{x} + 2\beta\omega_0\dot{x} + Q(x, \dot{x}) = -\ddot{Z}_g \quad (1)$$

ここで、 $x$ は構造物の変位応答、 $\omega_0$ は構造物の固有振動数、 $Q(x, \dot{x})$ は復元力、 $\beta$ は減衰定数であり、5%としている。また、 $\ddot{Z}_g$ は入力地震加速度で、本研究で用いた入力地震動は、1997年3月と5月に発生した鹿児島県北西部地震の観測記録を、防災科学技術研究所 K-NET より入手した。その一覧をTable 1に示す。これらの地震波は、最大地震加速度が異なるので500galに基準化を行っている。この入力地震波の応答を、時間刻み1/1000秒のNewmarkの $\beta$ 法を用いて求めた。

構造物の非線形特性の評価に関しては、目標とする応答塑性率を $\mu=2,3,5,10$ とし、これを満足するまで降伏変位を変化させ求めた必要強度スペクトルで評価している。残留変位の特性は、必要強度スペクトルを求めた際の残留変位について検討を行った。

## 3. 解析結果および考察

ここでは、1997年5月鹿児島で観測された地震波についての結果を示す。Fig.1は、鹿児島の必要強度スペクトルを示している。また図中には、弾性応答時の応答スペクトルも塑性率1として示している。この図より、鹿児島の地震波は約0.3秒および約0.9秒付近において卓越周期を有していることが分かる。構造物のじん性を増加させることにより、必要強度の低下が可能であることが分かる。Fig.2は、応答塑性率 $\mu=$

Table 1 入力地震動一覧

| 観測点 | 最大地震加速度(gal) |       |
|-----|--------------|-------|
|     | 3月26日        | 5月13日 |
| 鹿児島 | 48.1         | 39.0  |
| 阿久根 | 296.9        | 153.2 |
| 宮之城 | 432.5        | 903.1 |
| 大口  | 310.9        | 181.5 |
| 川内  | 213.0        | 323.3 |

注)地震動はN-S成分を使用

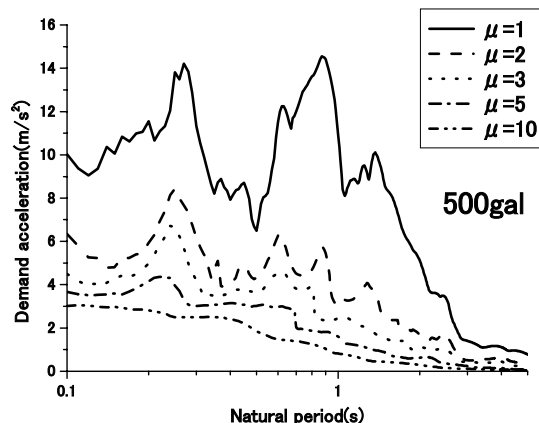


Fig.1 鹿児島の必要強度スペクトル

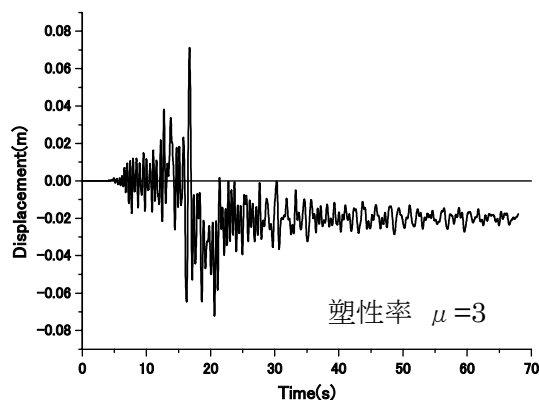


Fig.2 鹿児島の時刻歴応答変位

キーワード：非線形地震応答解析、必要強度スペクトル、残留変位、耐震性能評価

連絡先：〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40 Tel & Fax 099-285-8472

3, 構造物の固有周期を 0.5 秒とした場合の時刻歴応答変位を示したものである。最大応答変位は約 7.0cm を示しており、約 2.0cm の残留変位が認められる。このように、必要強度スペクトルの評価では、残留変位に関する情報が不明確である。

Fig.3 は、残留変位スペクトル<sup>2)</sup>を示したものである。この図から、残留変位の評価は上部構造物の固有周期により異なることが分かり、特に長周期側において顕著な残留変位が認められていることが分かる。また、残留変位が認められない固有周期が存在することが分かる。これらにおいては構造物の地震後の復旧性に関して、無損傷レベルと評価される可能性がある。以上のことは、入力地震動の振動特性に大きく依存しているため、用いる地震動により異なる傾向が認められた。

Fig.4 は、残留変位と降伏変位の比を示したものである。また、入力最大地震加速度を 500gal, 600gal, 700gal とした場合について示している。この図からも、残留変位は上部構造物の固有周期により異なることが分かり、降伏変位以上の残留変位が認められる場合があることが分かる。また、入力最大加速度の相違による影響については、残留変位と降伏変位の比は全く変化していないことが分かる。この要因としては、入力最大加速度を増加させて必要強度スペクトルを求めると、降伏変位と残留変位が共に変化する。これらが線形的な同程度な変化量であったため、残留変位と降伏変位の比に変化が現れなかったと考えられる。

Fig.5 および Fig.6 は、本研究において用いた入力地震動に対しての残留変位と降伏変位の比を 3月と5月に分類し、それぞれ示している。ここでの応答塑性率  $\mu = 3$ 、構造物の固有周期は 0.5 秒である。また、入力最大加速度の相違による影響についても示している。これらの図から、観測地点による相違が顕著に現れていることが分かる。3月の地震動に関しては、大口で降伏変位に対して約 1.0 倍程度の残留変位が認められているのに対して、川内ではほとんど認められていない。また、これらの図からも、必要強度スペクトルに基づいた降伏変位に対する残留変位の比は、入力地震動の最大加速度に依存せず構造物の塑性率に依存していることが分かる。

#### 4. まとめ

本研究では、1 自由度振動系を対象に、必要強度スペクトルに基づいた残留変位の特性についての検討を行った。その結果、残留変位と降伏変位の比を用いて検討することで、残留変位の評価は、入力地震動の最大加速度に依存せず構造物の塑性率に依存する特性を有していることが分かった。

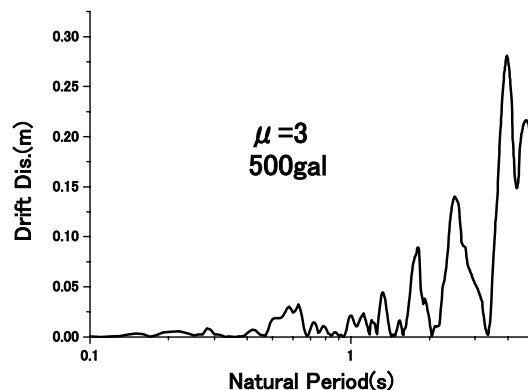


Fig.3 残留変位スペクトル

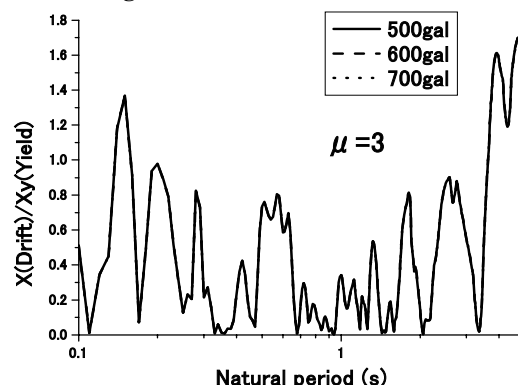


Fig.4 残留変位と降伏変位の比

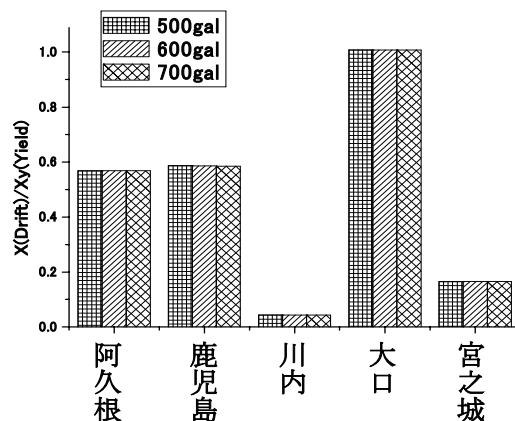


Fig.5 地域毎の残留変位と降伏変位の比  
(3月26日)

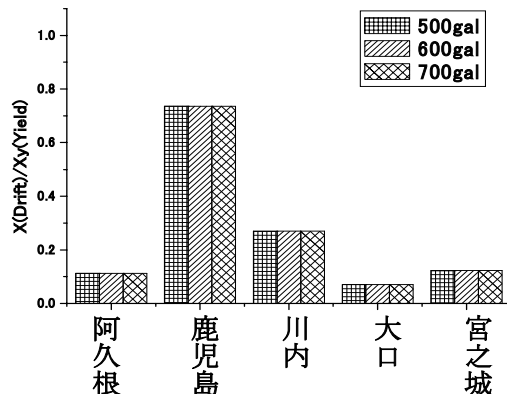


Fig.6 地域毎の残留変位と降伏変位の比  
(5月13日)

<参考文献> 1) 宇佐美勉, 鈴木森昌, 水越秀和: 鋼製橋脚の要求性能と保有性能, 橋脚と基礎, Vol.32, No.1, pp.45~49.1998  
2) 川島一彦, 星隈順一, 長尾和宏: 残留変位応答スペクトルの提案とその適応, 土木学会論文集 No.501/I-29, pp.183-192, 1994.10