

鉄骨構造物モデルの振動特性と最悪地震動について

金沢大学大学院自然科学研究科
 金沢大学大学院自然科学研究科
 金沢大学大学院自然科学研究科 フェロー 北浦 勝

○ 井関 智久
 Abdolhossein Fallahi

1. はじめに

1995 年の兵庫県南部地震の発生以降、大規模橋梁などの主要構造物では、その設計時に兵庫県南部地震の地震記録を用いて耐震安全性を照査している場合が多い。しかし、全ての構造物に対して兵庫県南部地震の波形を用いて評価することが安全側の照査になるとは限らない。その理由は、構造物ごとに兵庫県南部地震よりも都合の悪い地震波形(最悪地震動)が存在することが考えられるからである。これは、兵庫県南部地震の地震波形は、起震活断層に関わるあらゆるパラメータの値が 1 組決まって発生したものであり、パラメータの 1 つでも異なる値をとれば、当然波形は若干変わりうるということ、また、ある構造物の破壊は、構造物独自の振動特性が関わっていることに起因する。これらのことから、耐震安全性を評価するにはその構造物独自の最悪地震動を用いて評価することが望ましいと考えられる。

本研究では、ある構造物が地震動を受けて破壊に至る際の構造物の挙動・破壊の様子などを構造物の応答の非線形性を考慮した上で評価を行い、どのような地震動がその構造物にとって最も都合がよくないか(構造物に大きなダメージを与えるか)を導き出すことを目的とし、簡単な構造の鉄骨構造物モデルを用いてシミュレーションと実験を行い、その構造物モデルの最悪地震動を作成した。

2. 最悪地震動の作成と評価

対象とする構造物モデルは軟鋼を用いた 1 自由度の鉄骨ラーメン構造とし(図 1, 写真 1)、モデル設計段階で得られた構造物モデルの各パラメータはシミュレーションによる最悪地震動作成の際に利用する。さらに、線形域および非線形領域での挙動を把握するために、同じ規格のモデルを複数用意し、静的に力を入力する実験および正弦波またはスイープ波を入力する実験を行う。

本研究で作成される最悪地震動は振幅特性、振動特性において兵庫県南部地震と大きな相違はないが、対象となる構造物モデルにより大きな応答を与える地震動であるとする。最悪地震動作成の際には、兵庫県南部地震の加速度波形、兵庫県南部地震のパワースペクトル密度¹⁾(Power Spectral Density: 以下 PSD とする)、Wilson θ 法²⁾によって計算された対象構造物の変位応答(非線形: バイリニア)を利用する。以下、最悪地震動作成の過程を示す。

- ・ 兵庫県南部地震の加速度波形(30 秒)を 5 秒ごとに区切り、6 つの部分に分ける。
- ・ 1 番目の部分の PSD および対象となる構造物モデルの変位応答を算出する。この時 PSD のピークの振動数を f_p [Hz] とする。
- ・ 2 番目の部分の PSD を算出する。
- ・ 2 番目の部分の PSD を $f_p - \Delta f_p$ から $f_p + \Delta f_p$ の範囲で $a\%$ 増加させる
- ・ この時、 Δf_p および a は自由に設定できる定数であり、構造物の応答が最も大きくなるように変化させる。同時に他の振動数領域では PSD を減少させ、PSD の面積が基と同じ値となるように調整する。
- ・ 変更された PSD を確率密度関数とみなし、1 回積分して確率分布を作成する。

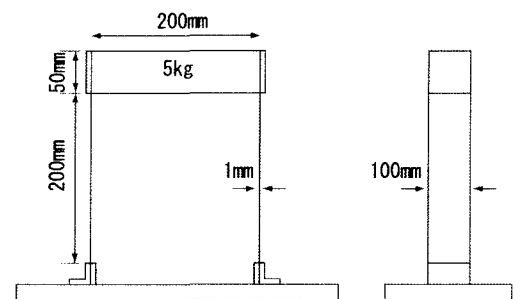


図 1 構造物モデル

- ・ 得られた振動数の確率分布から地震波形(模擬地震波)を作成する⁴⁾。
- ・ 作成された地震波形に兵庫県南部地震の包絡線を乗ずる。
- ・ 2番目の作業以下を繰り返す。

ここで得られた波形は兵庫県南部地震の地震記録と非常によく似ているが、対象となる構造物により大きな応答を与える波形の1つであると考えられる。以上の作業を繰り返し、得られた複数の地震波形の中で応答を最大にする波形が最悪地震動であるとする。

以上の過程で得られた最悪地震動を実際に構造物モデルに入力し、その応答を確認する。

3. 結果と考察

作成した最悪地震動を構造物モデルに入力したところ、兵庫県南部地震を入力した際の応答よりも大きな応答が生じていることを確認した。また、最悪地震動を入力した際に Wilson θ 法によって計算された対象構造物の変位応答と実際に観測された変位応答に相関性が見られ、シミュレーション結果から作成した力-変位の履歴曲線と実験記録から作成した力-変位の履歴曲線にも同様に相関性が見られた(図 2,3,4,5)。しかし、実験記録から作成する力-変位の履歴曲線と一致しない部分が見られ、これはシミュレーション結果から作成した力-変位の履歴曲線はバイリニアの特性を持つことから、滑らかな履歴を持つ実験記録とに差が生じたと考えられる。

4. まとめ

今回の結果から、兵庫県南部地震の地震記録と非常によく似ているが、対象となる構造物により大きな応答を与える地震動を作成することができたといえる。このことは、構造物の耐震設計において兵庫県南部地震の地震記録がすべての構造物の照査に最適であるとは限らないことも証明したといえる。

また今回は、基礎的な研究として簡便な構造の1自由度の鉄骨ラーメン構造を用いたが、今後は実際の構造物を対象とした構造物モデルに適用させていく必要がある。

参考文献

- 1) 道路橋示方書 (Ⅴ耐震設計編)・同解説, 社団法人 日本道路協会, 1996.
- 2) 大崎順彦: 新・地震動のスペクトル解析入門, 鹿島出版社, pp.215 - 256, 1994.
- 3) 大崎順彦: 建築振動理論, 彰国社, pp.371 - 476, 1996.
- 4) 後藤尚男・土岐憲三・秋吉卓: 電子計算機による耐震設計の人工地震波に関する研究, 日本地震工学シンポジウム, pp.25 - 30, 1966.

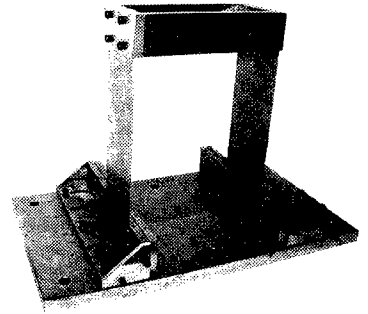


写真1 構造物モデル

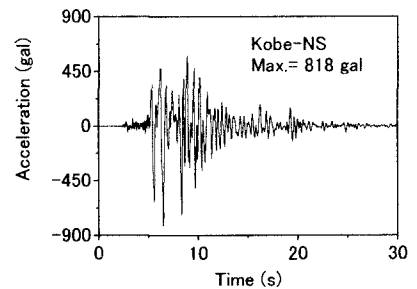


図2 兵庫県南部地震の波形 (1995)

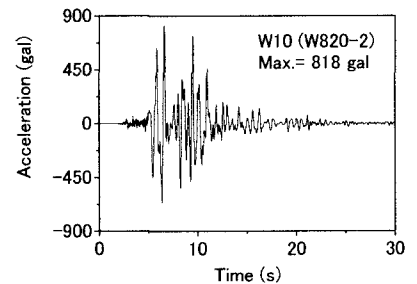


図3 作成した最悪地震動の波形

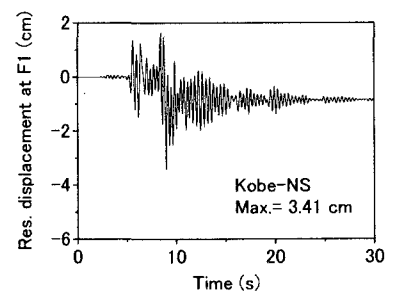


図4 兵庫県南部地震の変位応答

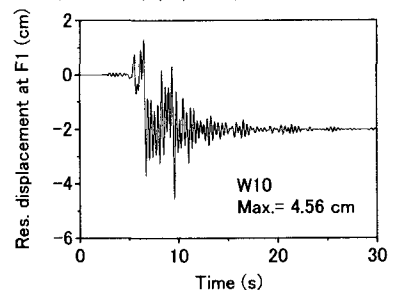


図5 最悪地震動の変位応答