

## 鋼構造物の非線形性を考慮した限界地震動の実験的検証

金沢大学大学院 学生員 Abdolhossein Fallahi  
 金沢大学大学院 学生員 梅田洋平  
 大阪市 寺田昌広  
 金沢大学工学部 フェロー 北浦 勝

### 1.はじめに

地震は、地殻の複雑な運動として起こる現象である。地表面加速度にしても、それは観測された地点の地盤性状、地震動の大きさ、震央距離、震源の深さなどの影響を受け、その振幅レベル、継続時間、振動数成分などを異にする。したがって、地震動が構造物に及ぼす影響を的確に捉え、合理的な設計を確立するためには現状でもなお多くの問題を残している。たとえば、従来の動的解析は過去の強震記録を用いた応答の検証という形で安全性の照査がなされている場合が多い。我々は耐用年限中の構造物の安全性を確保したいのであるから、この方法では、将来発生するであろう地震に対して完全な安全照査とはならない。

そこで本研究では、将来発生しうる地震波をその周期特性に着目し作成し、その中でも鋼構造物に最もダメージを与える地震波を限界地震動と定義し、実験的見地からその評価を行うことにする。

### 2. 構造物モデル

本研究では、対象とする構造物を一階の鉄骨構造物(高さ 3m、幅 4m)とし、構造物モデルは軟鋼を用いた 1 自由度のラーメン構造(図 1)、高さと幅は、縮尺の限界である 1/8 スケールで設定した。

また、一般的な鉄骨構造物の減衰特性を考慮するために、構造物モデルにダンパーを設置した(写真 1)。構造物モデル設計パラメータと、作成した構造物モデルの各パラメータとの整合性を図るために、自由振動実験と静的実験(引張試験)を行った。実験から得られた構造物モデルの各パラメータ(表 1)は、シミュレーションによる限界地震動作成のために利用する。

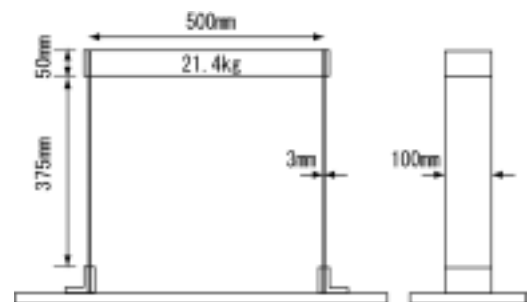


図 1 構造物モデル



写真 1 構造物モデル写真

### 3. 限界地震動の作成

本研究で作成される限界地震動とは、兵庫県南部地震を対象に振幅特性、振動特性において、大きな差異はないものの、対象構造物モデルにより大きな応答を与える地震動であるものとする。対象とする地震加速度波形の継続時間を 9 秒とし、それを 1.5 秒ごとに 6 区間に分けたのち以下のステップを繰り返すことにより作成される。

1. 第1区間の加速度波形を基に構造物モデルの応答変位を算出する。
2. 構造物モデルの応答変位を解析することで導出される第1区間におけるパワースペクトル密度(Power Spectral Density: 以下 PSD とする)の卓越振動数を  $f_p$  とする。
3. 第2区間における PSD を算出する。
4. 第2区間の PSD を  $f_p - f_p$  から  $f_p + f_p$  幅  $2 f_p$  の範囲で  $a\%$  増幅させ、同時に他の振動数領域では PSD 減少させ、PSD の面積が基と同じ値となるようにする。
5. この加工された PSD から確率分布を求める。
6. 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。
7. 対象とする地震の加速度波形の包絡線を作成された地震波形に乗ずる。

表1 構造物モデルパラメータ

固有振動数 $f$ (Hz)	4.3
固有周期 $T$ (s)	0.23
ばね定数 $k$ (kgf/cm)	20.6
減衰定数 $h$	0.02

以降、ステップ7で得られた限界地震波をステップ1に転用して、1~7のステップをさらに行い、次区間における限界地震波を作成する。以上の過程を繰り返す、計5回行うことで、各区間における限界地震波が作成され、それらの波形を繋ぎ合わせたものを限界地震動とする。

4. 結果と考察

作成した限界地震動を構造物モデルに入力したところ、最大加速度が兵庫県南部地震よりも小さいにもかかわらず、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することができた(図2,3,4,5)。なお、今回の実験では、構造物モデルが入力地震動と共振に近い状態にするように兵庫県南部地震と限界地震動の加速度波形の継続時間を9秒間に圧縮した。また、静的実験(引張試験)から得られた降伏点は  $x_y = 4.4\text{cm}$  であったので、限界地震動の入力時には、非線形領域に入っているはずである。しかし、応答変位と復元力の関係図からは非線形性を十分に確認することができなかった。

5. 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、対象とする構造物により大きな応答を与える地震動の存在が明らかになったといえる。このことは、構造物の耐震安全性の照査において、兵庫県南部地震の地震記録が全ての構造物の耐震安全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。

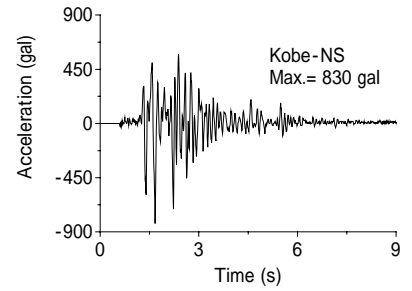


図2 兵庫県南部地震加速度波形

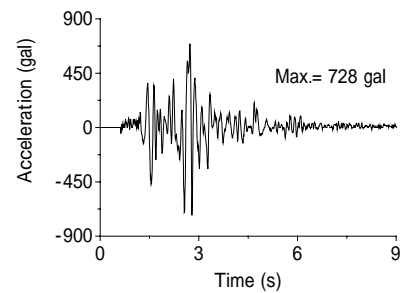


図3 限界地震動加速度波形

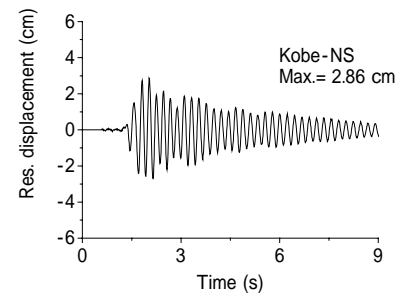


図4 兵庫県南部地震の応答

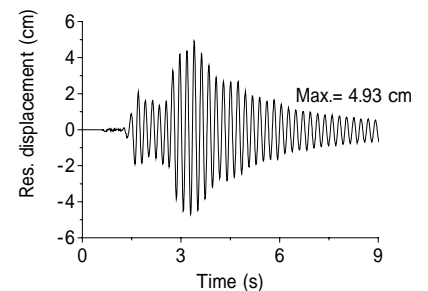


図5 限界地震動の応答