

低層鉄骨造住宅の地震応答と損傷評価に関する検討

その1. 地震動タイプによる

最大層間変位 - 累積損傷値関係の提案

正会員 鷲津 篤夫*¹ 同 皆川 隆之*²
同 小山 雅人*³ 同 小山 高夫*¹
同 花井 勉*⁴

地震動 位相差分スペクトル 低層鉄骨造住宅
時刻歴応答解析 最大層間変位 累積損傷値

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震以降、K-net (防災技術研究所) などを中心に強震動観測網が充実し、地震発生直後から観測波形情報の入手が可能となっている。また、中央防災会議や J-SHIS (防災技術研究所) などでは、シナリオ地震動の波形なども公開され、今後の構造設計における積極的な利用が考えられる。又、建物の損傷評価においても、地震動の特徴と建物応答の関係を把握する事が重要となる。

鉄骨造建物の損傷評価は最大変形値の他に累積変形量も対象となる。ここでは同一構造システムの建物を対象に地震動の特性と最大変形値から、累積変形量を推定する手法を提案する。

2. 最大層間変位-累積損傷値関係 (仮定)

本報では、図 1 に示すような耐力パネルを用いた低層鉄骨造住宅を検討対象とする。対象建物は、複数の静的実験及び実大振動実験により、耐力パネルの復元力特性、疲労寿命特性および非構造壁の復元力特性などのデータが構築されている¹⁾⁻⁴⁾。

また、耐力パネルの疲労寿命特性¹⁾より累積塑性変形量を累積損傷値として 1 式のように表わし、地震動における最大層間変位 (δ_{max}) と累積損傷値 (D_L) の関係は、直下型地震動及び海溝型地震動など地震動タイプにより図 2 のような傾向になると仮定した。

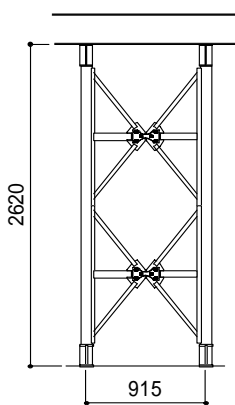


図 1. 耐力パネル

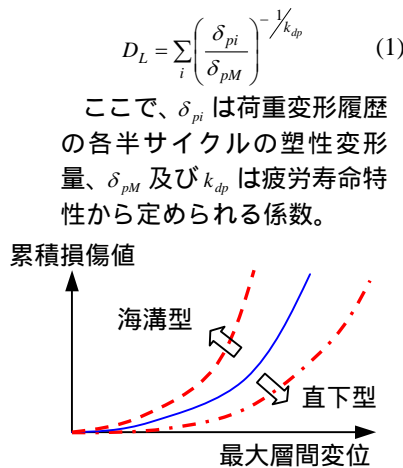


図 2. 最大層間変位-累積損傷値関係 (仮定)

3. 地震動タイプの分類と模擬地震動の作成

直下型地震動及び海溝型地震動など、地震動タイプの分類方法として位相差分スペクトル⁵⁾を用いた検討が行われ

ている⁶⁾。本報においても地震動の位相差分スペクトルを正規分布と仮定し、地震動タイプをその平均値と標準偏差をパラメータとして設定する。なお、地震動データと位相差分 ($0 \sim -2\pi$) との類似性については文献⁵⁾などに示されている。表 1 に設定した地震動タイプ毎の模擬地震動を作成する。模擬地震動の全データ時間を 163.84 秒、位相差分スペクトルの平均値を 81.92 秒、地震動タイプにおける標準偏差は表 1 の値とする。また、フーリエ振幅は図 3 に示すように対象建物の応答周期では一定となるように設定し、上記条件にあう位相をランダムに発生させ、各 30 波作成した。波形例を図 5 に示す。

表 1. 模擬地震動のパラメータ

| 地震動タイプ | 標準偏差 |
|--------|----------------------|
| 直下型 | $-0.020 \times 2\pi$ |
| 中間型 1 | $-0.075 \times 2\pi$ |
| 中間型 2 | $-0.125 \times 2\pi$ |
| 海溝型 | $-0.200 \times 2\pi$ |

注) 標準偏差の値は、地震動の全データ時間 163.84s 時の値。

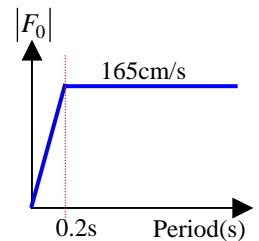


図 3. フーリエ振幅

4. 応答解析シミュレーション

4.1 解析モデル

図 4 に示す 3 質点系のせん断ばねモデルを用いて時刻歴応答解析を行う。せん断ばねには、耐力パネル、ALC 帳壁、石膏ボードを考慮した。各復元力特性の詳細は文献¹⁾²⁾を参照されたい。また、各質量及び部材量は 1 階の耐力パネル量に比例して設定される。建物諸元を表 2 に示す。

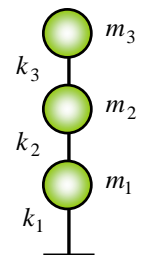


図 4. 振動モデル

表 2. 建物諸元

| 階 | \bar{m}_i | R_i | \bar{n}_{pi} | w_{ALC} | w_b |
|---|-------------|-------|----------------|-----------|-------|
| 3 | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 1.525 | 2.034 |
| 2 | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 1.795 | 2.393 |
| 1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.795 | 2.393 |

$$M = \sum_{i=1}^3 \bar{m}_i = \frac{Q_{py}}{\alpha_y \cdot g} \quad (2)$$

ここで、 Q_{py} : 耐力パネルの降伏耐力 (=35.87kN)、 α_y : 降伏せん断力係数 (=0.23)、 g : 重力加速度 (9.80665m/s²)、 \bar{m}_i : 質量比 (t)、 R_i : 耐力パネルの剛性低下の比率、 \bar{n}_{pi} : 1 階の耐力パネル量に対する比率、 w_{ALC} : ALC 帳壁の長さ (m / M)、 w_b : 石膏ボードの長さ (m / M)

Examination about an earthquake response and damage evaluation of low-rise steel framed housing

Part 1 : The proposal of the relation between maximum relative story displacement and cumulative damage value by the type of earthquake motion

WASHIZU Atsuo et al.

4.2 応答解析

地震動タイプ毎の模擬地震動を入力して応答解析を行う。解析結果（1階の最大層間変位と累積損傷値）を図6に示す。解析では、累積損傷値が0.05以上1.0以下の範囲に複数の結果が得られるように、降伏せん断力係数（ α_y ）をパラメータとしている。また、地震動タイプが海溝型になるに従い、設定した模擬地震動では累積損傷値が1.0に至らない場合が生じる。この場合には、入力振幅の割増しにより結果を得た。同図には任意の地震動1波における1階の最大層間変位と累積損傷値を印で示している。ほぼ同一曲線上に分布する事が確認でき、解析における耐力パネル量と入力振幅の大きさは、この図の関係への影響は小さいと言える。

4.3 応答のばらつきに関して

応答解析は塑性化を伴う構成要素の非線形解析となる為、応答にばらつきが生じる。図7に耐力パネルの累積損傷値が、ほぼ同じ値となる2つの波の1階の応答履歴を示した。履歴の面積はほぼ同じになるが、ドリフトにより最大層間変位はかなり違っている。

ドリフトの影響を確認する為、最大層間変位を正負最大層間変位の平均とした場合の近似曲線を細線で、正負最大層間変位の2乗平方根とした場合の近似曲線を太線で図6に示した。各近似曲線は概ね応答の上限値および下限値を捕らえている。

5. 地震動タイプにおける最大層間変位-累積損傷値関係

上限値の近似曲線を用いて、各地震動タイプにおける最大層間変位-累積損傷値関係を図8に示した。同図より、地震動タイプにおける最大層間変位-累積損傷値が2章で仮定したものと同じ傾向である事が確認できる。

6. まとめ

本報（その1）では、位相差分スペクトルが正規分布に

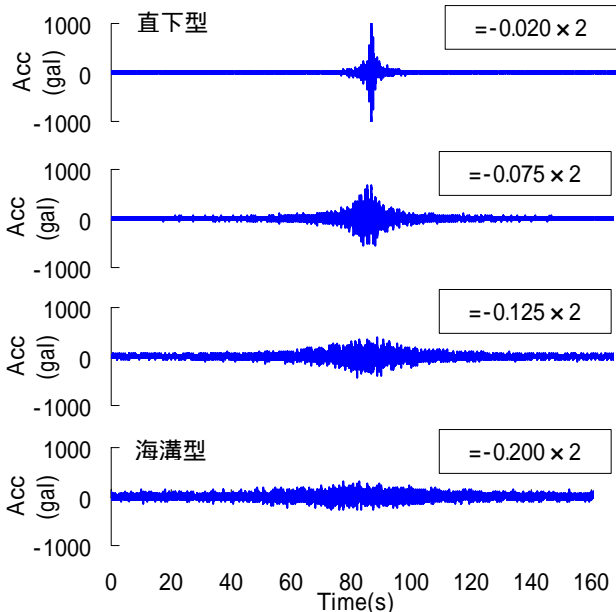


図5 模擬地震動波形例

従うとして模擬地震動を作成し、地震動タイプ毎の最大層間変位-累積損傷値関係を得た。任意の地震動1波における解析結果は、耐力パネル量や入力地震動の振幅には殆ど影響なく、概ね曲線上に分布する事を確認した。又、非線形解析における応答のばらつきの傾向についても確認した。
参考文献：‘その2’にまとめて記す。

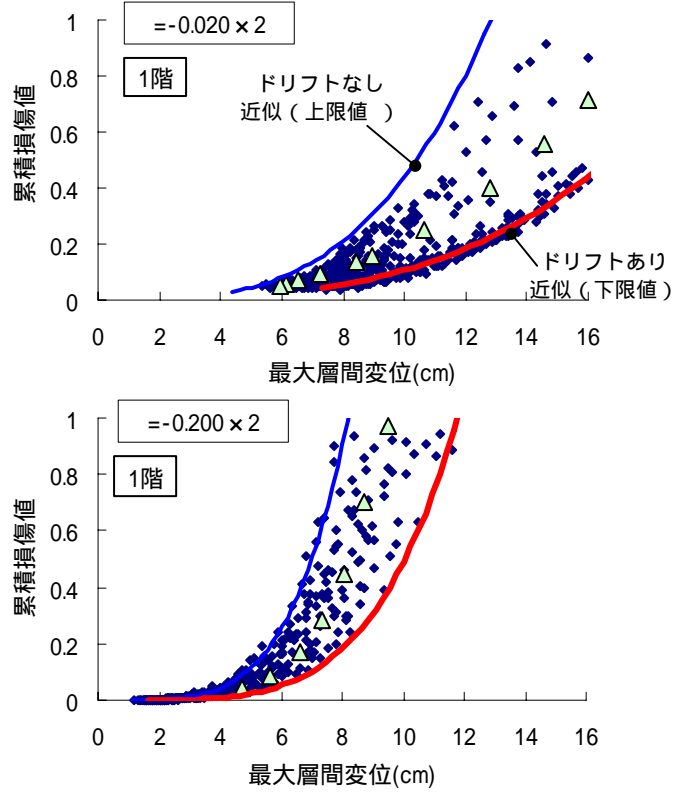


図6 応答解析結果

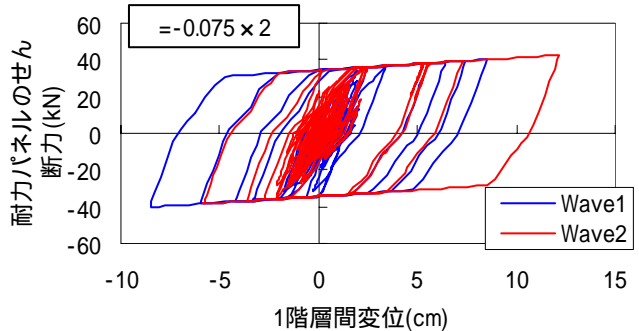


図7 応答履歴の比較

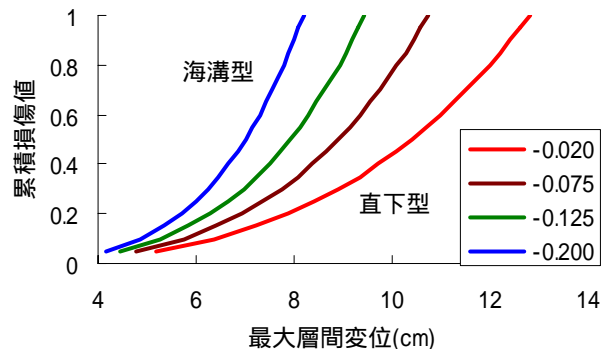


図8 最大層間変位-累積損傷値関係

*1 旭化成ホームズ(株) *3 旭化成ホームズ(株)・博士(工学)
*2 (株)日本システム設計 *4 (株)日本システム設計・博士(工学)

*1 Asahi Kasei Homes Co., *3 Asahi Kasei Homes Co., Dr.Eng
*2 Nihon System Sekkei Co., *4 Nihon System Sekkei Co., Dr.Eng