

低層鉄骨造住宅の実大振動実験

その3 吸収エネルギーと躯体の損傷度の評価

正会員 ○三宅 辰哉^{*1}
同 小山 雅人^{*2}
同 鷲津 篤夫^{*3}
同 花井 勉^{*4}

1 はじめに

(その2)に引き続き、本報(その3)では模擬地震波加振時の吸収エネルギーと耐震要素の累積損傷値²⁾について考察する。

2 層せん断力・層間変位曲線 ($P-\delta$ 曲線)

試験体をせん断型3質点系に置換できるものとして、各層の層せん断力と層間変位を次のように求めた。

i 層の重量 $m_i g$ は試験体を構成する材料の公称重量を用いて次のように定めた。

第1期 $m_1 g = 5.412$ $m_2 g = 5.245$ $m_3 g = 3.314$ 計13.97tf

第2期 $m_1 g = 10.50$ $m_2 g = 10.54$ $m_3 g = 6.009$ 計27.05tf

この m_i に2~R階床面中央の加速度計による計測値を乗じて i 層の層せん断力 Q_i とした。 i 層の層間変位 δ_i は各層の南北二つの変位計による計測値の平均とした。第1期についてはE500加振時、第2期はEult加振時の $P-\delta$ 曲線を図1に示した。第2期では耐震要素の破損時刻をA棟で13.91s、B棟で20.15sとして、その前後に分けて示した。また同図には別途行った耐震要素単体の静的実験による荷重変形曲線を併記した。第1期では $P-\delta$ 曲線は静的実験値とほぼ一致している。第2期破損前では非構造壁により最大層せん断力は第1期の2倍程度となっている。

3 履歴吸収エネルギー

3.1 各層の履歴吸収エネルギー

Q_i に計測刻みごとの層間変位の増分を乗じて累積したものが i 層の履歴吸収エネルギー E_i となる。各加振終了時の E_i の累積値と、各加振ごとの E_i の比率を第2期について図2,3に示した。 E_i はE250以降急激に増大し、1層に集中している。

3.2 非構造壁の履歴吸収エネルギー

変位軸と交差した $P-\delta$ 曲線が次に変位軸と交差するまでの半サイクルごとの吸収エネルギーを E_{ci} 、半サイクル中の層間変位の最大値を変位振幅 δ_{ci} とする。このとき E_{ci} の累積値が E_i となる。第2期Eult破損後の E_{ci} と δ_{ci} の関係を図4に示した。この関係は最小自乗法により同図中 $e_c(\delta_{ci})$ に近似できる。破損前も含めて同様に δ_{ci} を求め、 $e_c(\delta_{ci})$ の累積値を非構造壁による吸収エネルギー E_{w1} とする。躯体の吸収エネルギー E_{s1} は $E_i - E_{w1}$ となる。 E_i 、 E_{w1} 、 E_{s1} と時間 t の関係を図5に示した。同図中に併記したように $E_{s1}-t$ 関係の勾配が低下し0になるまでの時間で耐震要素の破損が進展したと推定できる。なお破損以降で $E_{s1}-t$ 関係が若干負勾配になるのは $e_c(\delta_{ci})$ の近似誤差によると考えられる。

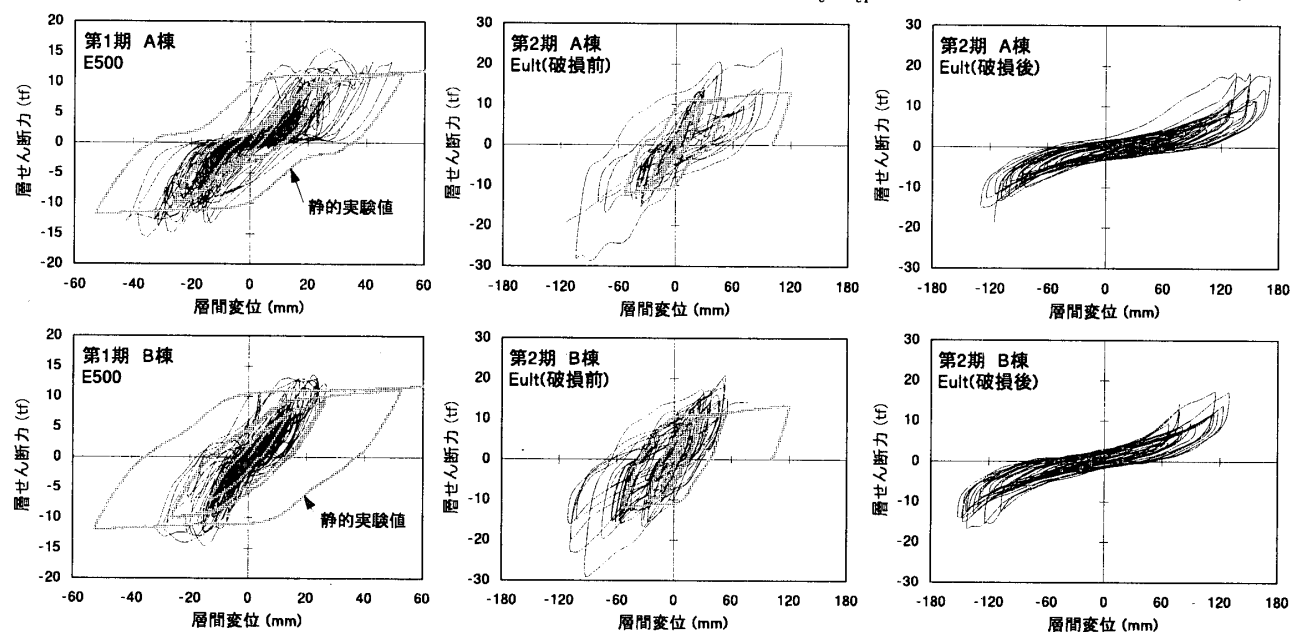


図1 層せん断力・層間変位曲線 (1層)

A full scale vibration test of low-rise steel-frame housing

Part3: Estimation on absorbed energy and damage of structure

Tatsuya MIYAKE et al.

第2期E250、E500についても同様に加振終了時の E_{w1} を求めた。ただし非構造壁の損傷が進展していない状態での $E_{c1}-\delta_{c1}$ 関係は $e_c(\delta_{c1})$ とは異なると考えられるので、別途行った静的実験¹⁾による $e_{cs}(\delta_{c1})$ で近似できるとした。この E_{w1} をEult破損時を含めて図3に示した。

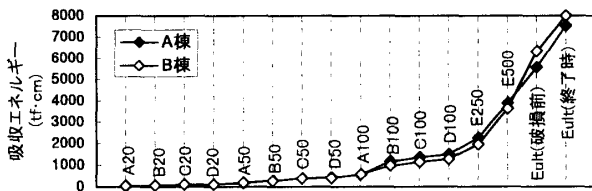


図2 全吸収エネルギー

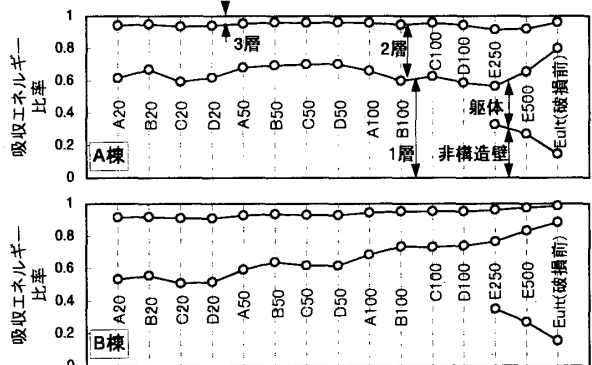


図3 エネルギー吸収比率

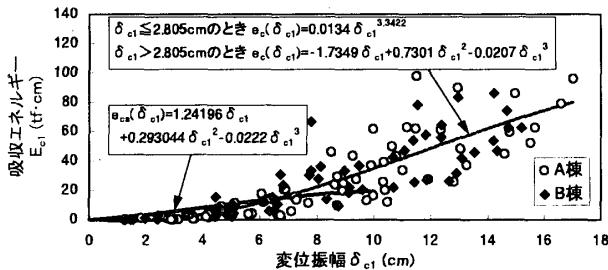


図4 非構造壁の変位振幅と吸収エネルギーの関係

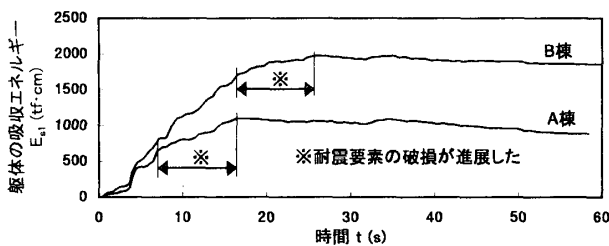


図5 躯体の吸収エネルギー時刻歴 (1層)

4 累積損傷値

本耐震要素の累積損傷値 D は下式で求められる²⁾、 D が1のとき耐震要素は破断あるいは破断に極めて近い状態にあると判定される。

$$D = \sum 1/N_f \quad \text{ここで、} N_f = A\delta_p^B \quad (1)$$

上式の A, B は係数で、別途行った実験によりA棟では

$A=5.78, B=-1.378$ 、B棟では $A=21.8, B=-1.461$ となる。 δ_p は耐震要素の塑性変形量で、層の塑性変形量 Δ_p との間に図6の関係を設定した。 Δ_p は E_{s1} との間に図7の関係を設定して求めた。図6,7の関係は耐震要素の静的実験に基づいている。

以上の方法で第2期Eult加振時について1層の D と時刻 t の関係を図8に示した。 $t=0$ の D はE250,E500加振の累積値である。第1期について同様に1層の D を求めたところ、最大層間変位が2cm以下の場合 D は極めて小さく、第2期においてE100-2加振以前の D の累積値は無視できると判断した。

図5において耐震要素の破損が進展する時刻を推定したが、図8ではこれらの時刻の中で D が1を上回っており、本損傷評価手法は本実験結果に良く対応している。

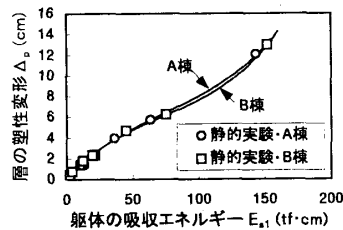


図6 $E_{s1}-\Delta_p$ 関係

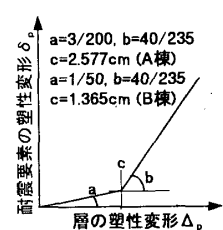


図7 $\Delta_p-\delta_p$ 関係

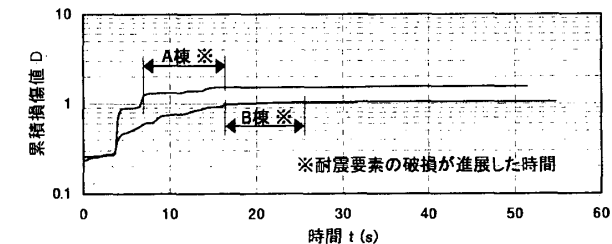


図8 累積損傷値時刻歴 (Eult加振・1層)

5 まとめ

地震波加振の結果を対象として、吸収エネルギーと損傷評価に関して考察した。その結果から次の3点が指摘できる。

- ①非構造壁は再現期間が250年を上回る極限地震時にも層の吸収エネルギーの40~50%を負担し、終局状態においても躯体と同等の水平力を負担している。
- ②累積損傷値を用いた躯体損傷予測手法は実用上十分な精度を有している。
- ③躯体の損傷予測には非構造壁を考慮する必要がある。

参考文献

- 1) 三宅:低層鉄骨建築物における非構造壁の耐震効果に関する研究,名古屋工業大学博士論文,1996
- 2) 小山,小山,中尾:低層鉄骨造住宅の耐震要素に関する実験的研究,日本建築学会大会学術講演梗概集,1996

*1 (株)日本システム設計・博士(工学)

*2 旭化成ホームズ(株)

*3 旭化成ホームズ(株)・修士(工学)

*4 (株)日本システム設計

*1 Nihon System Sekkei Co., Dr. Eng.

*2 Asahi Kasei Homes Co.

*3 Asahi Kasei Homes Co., M. Eng.

*4 Nihon System Sekkei Co.