

地震動による建物被害を予測するための破壊力指標の検討

東京都水道局西部建設事務所 正会員 ○岡田 佳久
 東京都土木技術支援・人材育成センター 正会員 小川 好

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震以降、強震観測網が整備され、多くの強震記録が蓄積されてきた。境^{例え}¹⁾はこれら観測された強震記録と、その観測地周辺の被害調査を精力的に行い、建物の塑性化による周期の伸びを考慮に入れた等価周期に対応する1～2秒の応答が実際の建物被害と相関が高いことを指摘している。

そこで本論では、1～2秒の周期を持つ地震動が建物に与える影響について、周期と履歴消費エネルギーに着目し、1自由度質点系弾塑性解析をおこなった。解析には、加速度応答スペクトルで1～2秒の周期帯が卓越した1995年兵庫県南部地震で観測された強震記録を用いた。

2. 1自由度質点系弾塑性解析手法の概要

弾塑性解析には、変位の大小にかかわらず減衰定数が一定となる骨格曲線 $F(x)$ (式(1))を用いた。

$$F(x) = Cx^{\frac{1}{1+h'}} \quad , \quad h' = \frac{h}{1-\pi h/2} \quad (1)$$

ここで h は粘性減衰定数、 C は骨格曲線の全体的な勾配(剛性)を規定する定数である。

この骨格曲線を用いて弾塑性系応答スペクトルを求めると、通常、粘弾性系で計算される応答スペクトルとほぼ一致する。これらの詳細については別途文献²⁾を参照されたい。

上式(1)のモデル化には、図-1に示すIwan³⁾によって提案された力学モデル(並列型)を採用した。本モデルの特徴は、バネとスライダーという力学的要素によって構成され、弾性エネルギーはバネの伸縮量から、履歴消費エネルギーはスライダーの移動量から解析的に求められることにある。

骨格曲線の離散化については、初期値を降伏震度0.1に相当する最大復元力とし、この間の骨格曲線の変位を等間隔になるように1000分割した。解析は塑性率が1.0を超えたら降伏震度を更新し、0.95以上1.0以下に収束するように繰り返し計算をおこなった。

解析は質点を1kgに基準化し、バネ剛性が1～2秒の時のスライダーの移動量から履歴消費エネルギーを算出した。

3. 入力地震動および解析ケース

入力地震動は図-2に示すとおり、1995年兵庫県南部地震の神戸海洋気象台、JR鷹取及び大阪ガス(葺合)で観測された3波形とした。また解析は、減衰定数 h を0.05, 0.075, 0.1の3ケースについて実施した。

4. 解析結果

(1)等価周期と履歴消費エネルギーの関係(図-3)

等価周期は最大相対変位と最大絶対加速度から計算して求めた。バネ剛性が1～2秒時の履歴消費エネルギー
 キーワード 履歴消費エネルギー, 周期, 1995年兵庫県南部地震, 弾塑性系応答スペクトル

連絡先 〒168-0063 東京都杉並区和泉3-8-10 東京都水道局西部建設事務所工事第一課 TEL 03-5300-8574

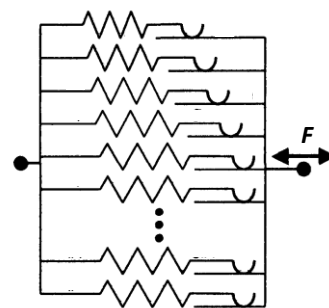


図-1 並列型力学モデル

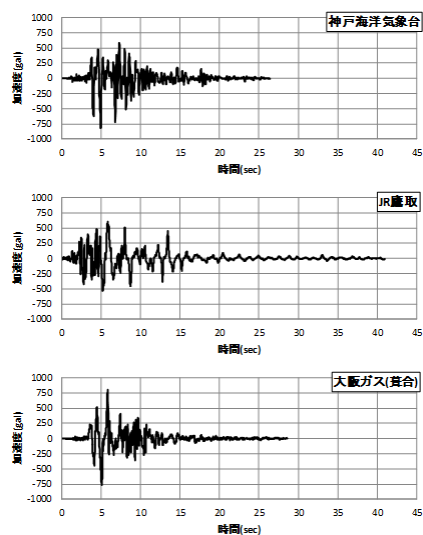


図-2 入力地震動

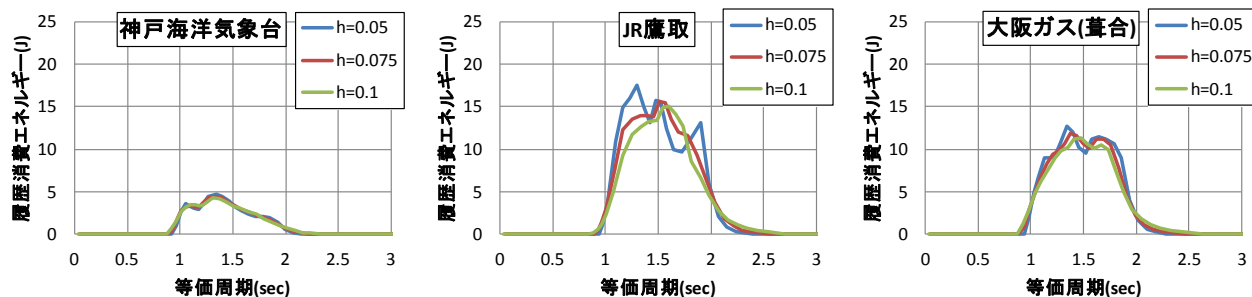


図-3 等価周期と履歴消費エネルギーの関係

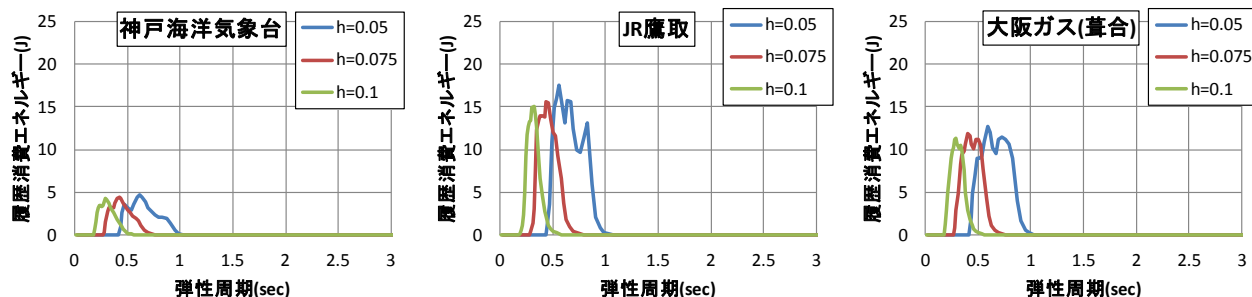


図-4 弾性周期と履歴消費エネルギーの関係

一を求めているため、3 波形とも 1～2 秒の周期帯で大きな値を示している。また、減衰定数が大きくなるにつれて履歴消費エネルギーのピークが平滑化され、等価周期帯も若干広がっている。

一方、境ら⁴⁾の調査によれば、3 波形の強震記録が得られた周辺での大破・全壊以上の低層住宅の割合は、JR 鷹取、大阪ガス（葺合）、神戸海洋気象台でそれぞれ 59.4%、20.2%、3.2%と報告されている。本解析から求めた履歴消費エネルギーの最大値は JR 鷹取が一番大きく、大阪ガス（葺合）、神戸海洋気象台の順になっており、調査結果の被害状況と調和的である。

(2)弾性周期と履歴消費エネルギーの関係（図-4）

弾性周期は文献⁵⁾を参考に、建物応答の相対速度が $1 \times 10^{-4} \text{m/sec}$ と仮定したときから計算して求めた。履歴消費エネルギーが示す周期帯は 3 波形ともに減衰定数 h が大きくなるにつれて短周期側に遷移し、 $h=0.05$ の時は約 0.4～1.0sec、 $h=0.75$ の時は約 0.3～0.7sec、 $h=1.0$ の時は約 0.2～0.5sec となった。大半の建物（木造家屋および中低層建物）の弾性周期が属する 0.2～0.5 秒という事を考えると、建物周期と被害はよく対応している。

5. まとめ

今回の解析結果から、1～2 秒の履歴消費エネルギーは建物の等価周期および弾性周期どちらで考えても、建物被害とよく対応した。ただし、本論は 1995 年兵庫県南部地震の 3 波形だけを対象とした結果であり、この地震以降多くの強震記録が得られていることから、今後解析をおこなって妥当性を検証しようと考えている。

参考文献

- 1) 境有紀：強震観測点周辺の被害データを用いた地震動の性質と建物被害の関係の検討，日本地震工学会論文集，第 7 巻，第 2 号（特集号），pp. 180-189，2007
- 2) 小川好，岡田佳久：地震動強度評価を目的とした弾塑性応答スペクトルの提案，第 26 回地震工学研究発表会講演論文集，pp. 385-388，2001
- 3) Iwan, W.D. : A Distributed-Element Model for Hysteresis and Its Steady-State Dynamic Response, J. of Applied Mechanics, December, pp. 893-900, 1966
- 4) 境有紀，額綱一起，神野達夫：建物被害率の予測を目的とした地震動の破壊力指標の提案，日本建築学会構造系論文集，No. 555，pp. 85-91，2002
- 5) 小川好：減衰定数一定の弾塑性応答スペクトルに基づく建物固有周期の遷移の解明，日本建築学会構造系論文集，No. 600，pp. 75-82，2006