

その他

- 1 履歴型ダンパー付鉄骨架構のエネルギー法による地震応答予測の適用手法に関する研究

Study on Applicability of the Energy Balance Method for Seismic Response Prediction of Steel Frames with Hysteretic Dampers

(研究期間 平成 16~17 年度)

国際地震工学センター

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

長谷川隆

Takashi Hasegawa

This study proposes one of seismic response prediction methods for steel frames with hysteretic dampers based on the energy balance. In this method, plastic strain energy of each member obtained from static incremental analysis is utilized to predict earthquake response of frames. An adequacy of the proposed method is investigated through earthquake response analysis by using of six kinds of model frames with hysteretic dampers. As a result, applicability of this method was verified through a comparison with results of the earthquake response analysis.

【研究目的及び経過】

地震時における建物の応答予測法の 1 つとして、秋山により、エネルギーの釣合に基づく方法が示されている¹⁾。この方法では、骨組の塑性歪エネルギーを、損傷配分則を用いて各層に配分し、各層の損傷や最大層間変形を予測するものである。一方、この塑性歪エネルギーの配分を、骨組の静的増増載荷により得られる部材の塑性歪エネルギーの分布を用いることによっても、同様に、各層の応答が予測できると考えられる。

本研究課題では、履歴型ダンパー付骨組を対象にして、骨組の静的増増解析による部材の塑性歪エネルギー分布を用いて骨組の地震応答を予測する方法を検討する。この方法は、各部材の損傷の大きさに関わらず、骨組を構成する全ての部材の損傷を把握することができる。また、例えば、接合部パネルの変形を考慮した解析プログラムを用いることによって、接合部パネルのエネルギー吸収効果なども適切に反映した部材の損傷予測を行うことができる。

本報告では、履歴型ダンパー付鉄骨造骨組の応答予測法を示し、履歴型ダンパー付試設計骨組を対象にして、応答予測と地震応答解析結果を比較して、本研究で提案する予測法の適用性を検討した結果を述べる。

【研究内容及び結果】

(1) 履歴型ダンパー付骨組の最大層間変形の予測法

ダンパー付骨組の場合は、文献 2) で示されたダンパー系の塑性振幅の等価な繰り返し回数を、本予測法にも適用してダンパー系の塑性歪エネルギーを計算する。大地震に対しては、(1) 式によって、増増解析の各ステップで骨組が吸収する弾性歪エネルギーと塑性歪エネルギーの和を計算し、それが骨組の地震入力エネルギーの

値を超えるまで解析を行う。超えたステップでの各層の層間変形が、本予測法による各層の最大層間変形である。

(1) 式の構造物のエネルギー吸収の計算では、文献 2) に示されたダンパー系の塑性振幅の等価な繰り返し数を用いているが、本予測法では、塑性歪エネルギーの計算については、静的増増解析から得られる各部材及び各ダンパー系の塑性歪エネルギーの値を直接使って計算している点に特長がある。

$$E_d < \Sigma \left\{ (W_{fi} + W_{dei}) + 10 \times d_1 W_p + 4 \times (d_2 W_p + m W_p) \right\} \quad (1)$$

ここで、 E_d は大地震の設計用速度応答値³⁾を用いて計算される地震入力エネルギー、 W_{fi} は主体骨組のいずれかの部材が最初に降伏する時(以下、損傷限界時と呼ぶ)の主体骨組の各層の弾性歪エネルギー、 W_{dei} はダンパー系の各層の弾性歪エネルギー、 $d_1 W_p$ は損傷限界時のステップまでに各ダンパーが吸収する塑性歪エネルギー、 $d_2 W_p$ は損傷限界時のステップからそれ以後の任意のステップまでに各ダンパーが吸収する塑性歪エネルギー、 $m W_p$ は任意のステップまでの主体骨組の各部材の塑性歪エネルギー。

(2) 履歴型ダンパー付骨組の応答解析との比較

履歴型ダンパー付骨組について、試設計骨組を解析対象にして地震応答解析を行い、本予測法での応答予測値と地震応答解析結果の比較を行う。図 1 に、ここで検討の対象にした 4、8、12 層の履歴型ダンパー付鉄骨造建物のうち、4 層建物の平面と軸組を示す。8、12 層骨組も同様の平面、軸組である。これらの試設計建物は、現行耐震規定の許容応力度等計算を満足するように設計された履歴型ダンパー付建物のダンパーを、225N/mm² 級の鋼材から 100N/mm² の鋼材に変えることによって、中

地震時からダンパーのエネルギー吸収効果を発揮させることを意図した建物である²⁾。これらの試設計建物の X、Y 方向それぞれの骨組を対象にして、静的増分解析を用いた本予測法による応答予測と地震応答解析結果を比較する。

図 2 は、4、8、12 層建物の X、Y それぞれの方向の 6 つの解析骨組の各層の最大層間変形角に関して、3 波の地震応答解析結果と本論文で示す増分解析を用いた予測値（印）を比較している。また、損傷配分則を用いて、文献 2) に示される方法を使って応答予測を行った結果も参考として印でプロットしている。増分解析による予測値は、3 波の地震応答解析結果の最大層間変形角の分布の傾向を概ね包含するように予測している。

図 3 は、D8-X (C 通り) 骨組の各部材及び各ダンパー系の平均累積塑性変形倍率について、本論文の予測法で得られる結果と地震応答解析で得られる結果を比較して示している。この図から、本論文の予測法から得られる部材の損傷分布と地震応答解析結果の部材の損傷分布は、ともに中間層で部材及びダンパー系の損傷が大きめになっている傾向が見られ、本予測法の結果は、概ね地震応答解析結果の部材の損傷分布の傾向と対応していることがわかる。

【まとめ】

本研究における一連の解析結果から、静的増分解析により得られる部材の塑性歪エネルギーを用いて、地震時における履歴型ダンパー付骨組の最大層間変形及び各部材の損傷が、概ね安全側で予測できることが明らかになった。なお、本研究の研究成果の詳細は、文献 4) で発表している。

【参考文献】

- 1) 秋山宏：エネルギーの釣合に基づく建築物の耐震設計、技報堂出版、1999.11
- 2) 長谷川隆、西山功、向井昭義、石原直、加村久哉：エネルギーの釣合に基づく履歴型ダンパー付鉄骨造骨組の地震応答予測、日本建築学会構造系論文集、第 582 号、pp.147 ~ 154、2004.8
- 3) エネルギーの釣合いに基づく耐震計算法の技術基準解説及び計算例と解説、(財)日本建築センター、2005.10
- 4) 長谷川隆、加村久哉：静的増分解析による部材の塑性歪エネルギーを用いた鉄骨造骨組の地震応答予測、構造工学論文集 Vol.52B、pp.361 ~ 368、2006.3

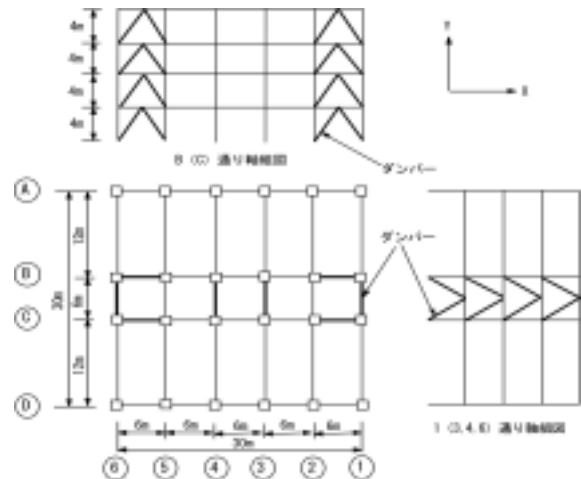


図 1 試設計建物の平面及び軸組

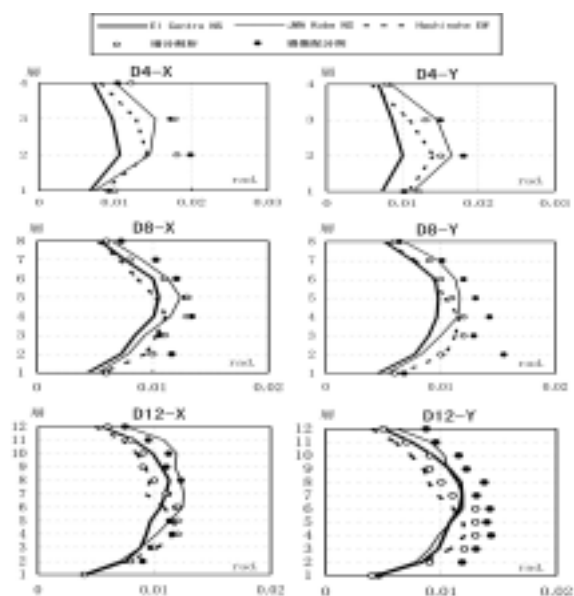


図 2 各建物の最大層間変形角の比較

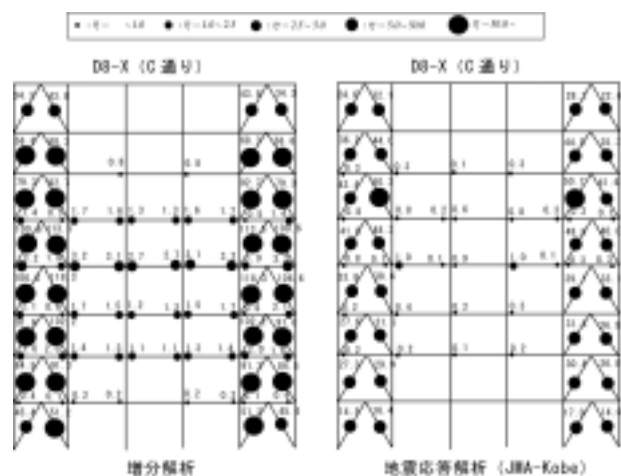


図 3 上部建物の損傷の比較