

1) 構造研究グループ

1) - 1 過大入力地震に対する鋼構造建築物の終局状態の評価手法と損傷検知に関する研究【安全・安心】

Study on Ultimate-State Performance Evaluation Method and Damage Detection of Steel Building Structures Subjected to Huge Earthquake Ground Motions

(研究期間 平成 28~30 年度)

構造研究グループ
Dept. of Structural Engineering
国際地震工学センター
International Institute of Seismology and
Earthquake Engineering

長谷川 隆
HASEGAWA Takashi
鹿嶋 俊英
KASHIMA Toshihide

岩田 善裕
IWATA Yoshihiro

中川 博人
NAKAGAWA Hiroto

Ultimate-state performance evaluation method and damage detection of steel building structures against huge earthquake ground motions beyond the current seismic design level were investigated in this research. Multi-cycle loading test of beam-end connections, earthquake response analysis of model buildings and shaking table test of steel frames were conducted. From the results of these tests and analysis, the beam fracture evaluation formula and seismic performance evaluation method up to building collapse were presented in this research.

[研究開発の目的及び経過]

今後、発生が懸念される首都直下地震や巨大海溝型地震などでは、これまでの設計の想定よりも大きな速度応答スペクトルの地震動や長い継続時間の地震動（大きなエネルギー・スペクトルの地震動）が建築物に作用する可能性がある。このような入力地震動に対して、鋼構造建築物の倒壊、崩壊を防止するためには、建築物の最大耐力以後の終局状態の挙動（梁端部の破断や局部座屈発生後の挙動）の解明やその評価手法を確立しておく必要がある。

本研究では、現行の建築基準法の極稀地震のレベルよりも大きな地震（過大入力地震）に対する中低層鋼構造建築物の梁端部の破断や局部座屈発生、及び、その後の建築物の倒壊までの終局状態の挙動を評価するための手法（鋼構造建築物の終局状態の評価手法）を提示することを目的として、実験的、解析的検討を行う。また、地震後に実際の建物の梁端部等に破断が生じているかどうか観測記録等を用いて推定するための手法（鋼構造建築物の損傷検知手法）について検討を行う。

[研究開発の内容]

本研究では、上記の研究目的に対応して、以下の3つの研究項目について検討を行う。

1) 梁端部破断までの限界繰り返し性能：

鋼構造建築物の梁端部の破断までの塑性変形性能に関する実験と設計用性能曲線の検討

2) 建築物の終局状態の評価手法：

梁端部破断以降の建築物の終局状態を評価するための振動台実験と試設計建物の解析、エネルギー法による性能評価方法の検討

3) 地震後の梁端部破断等の損傷検知手法：

地震計等の観測記録を用いる方法等に関する実験検討

[研究開発の結果]

1) 梁端部破断までの限界繰り返し性能

30 年度は実状に近い梁端部の限界繰り返し性能を確認するために、図 1 に示すようなスラブ付きの梁端部試験体を対象にして、一定振幅での多数回繰り返し実験を行った。実験パラメータは、スカラップの有無と载荷振幅 ($2\theta_p$ 、 $4\theta_p$) であり、合計 4 体の試験体の実験を行った。

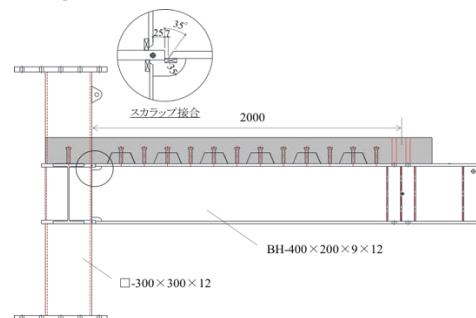


図 1 スラブ付き梁端部試験体

図 2 は、この実験から得られた梁端部の塑性率と梁破断までの限界繰り返し回数との関係であり、28、29 年度に実施した実験結果とともに示す。また、超高層鉄骨造建築物の梁端部の設計用性能評価式を比較のため示す。これらの結果から、中低層建築物で使われる通しダイアフ

ラム形式の梁についても、既往の超高層鉄骨造建築物の梁の評価式で概ね安全側に評価できることがわかった。

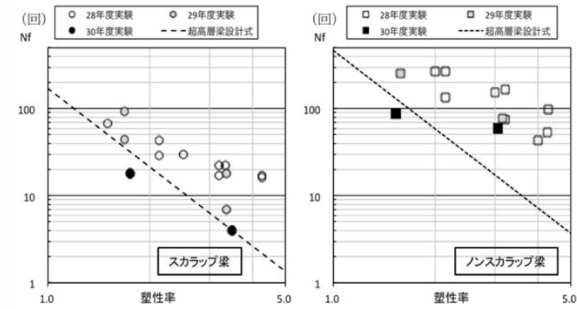


図 2 梁破断までの限界繰り返し回数

2) 建築物の終局状態の評価手法

静的実験から得られる梁端部の限界繰り返し性能を検証するために、写真 1 に示すような 2 層鉄骨造骨組の振動台実験を行った。図 3 は、既往の静的載荷実験から得られた結果 (○印プロット) と振動台実験から得られた梁破断までの性能曲線式 (図中の直線) の比較である。両者が、良い対応を示すことが明らかになった。

梁端の限界繰り返し性能評価式を用いたエネルギー法による性能評価法を検討した。ダンパー付きの 9 層試設計骨組等を用いて、地震動、梁端性能評価式、ダンパー有無などをパラメータとした検討を行い、図 4 に示すような評価結果を得た。この手法は、建築基準法のレベルを超える地震に対しても評価可能なものであり、建築物の終局限界性能の評価方法として提案した。

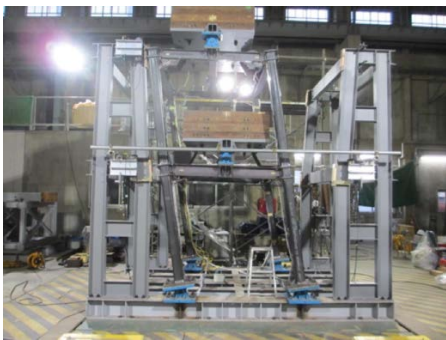


写真 1 2 層骨組の振動台実験 (加振後)

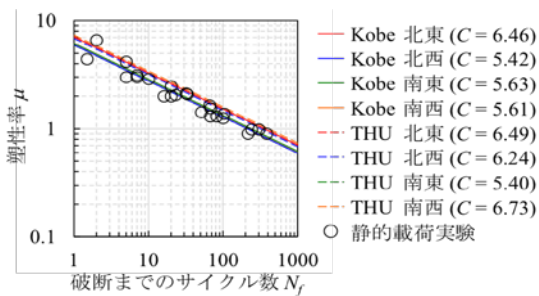


図 3 静的載荷実験と振動台実験の比較

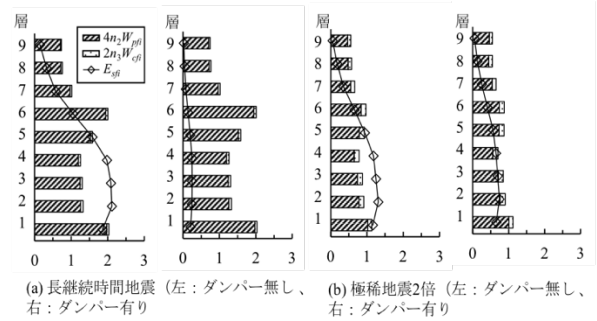


図 4 エネルギー法による評価結果の例

3) 地震後の梁端部破断等の損傷検知手法

鋼構造建築物の地震後の梁端部の破断等を検知するために手法として、本研究では、表 1 に示すセンサ等による検討を行った。これらの手法の適用可能性や精度を検討するために、写真 1 に示した振動台実験の試験体に、各種センサを取り付けて実験を行った。

図 5 は、地震計の加速度記録の積分による手法についての結果であり、レーザー変位計の値を比較的精度よく予測できることが確認された。他の手法についても、鉄骨骨組の梁端部の破断等の損傷を概ね検知できることを確認した。今後の課題として、非構造部材の影響なども検討が必要と考えられる。

表 1 本研究で対象とした損傷検知手法

分類	使用機器	損傷検知手法の概要
加速度による検知	<ul style="list-style-type: none"> ひずみゲージ式加速度センサ サーボ型加速度センサ スマートフォン内蔵の MEMS 加速度センサ 	加速度記録を積分して層間変形術答を求め、慣性力-層間変形関係から梁端部の損傷を推定し、評価する。
		加振中の試験体の振動特性を評価し、時刻歴における固有振動数の変化から損傷を検知する。
ひずみによる検知	<ul style="list-style-type: none"> 塑性ひずみゲージ 半導体ゲージ ピエゾセンサ 	加振後に残留ひずみを複数箇所にて計測し、ひずみの引張側への移動量の算出により損傷を評価する。
		加振前後の常時微動を高感度でひずみ検出可能なセンサにて計測し、損傷指標の算出により評価する。

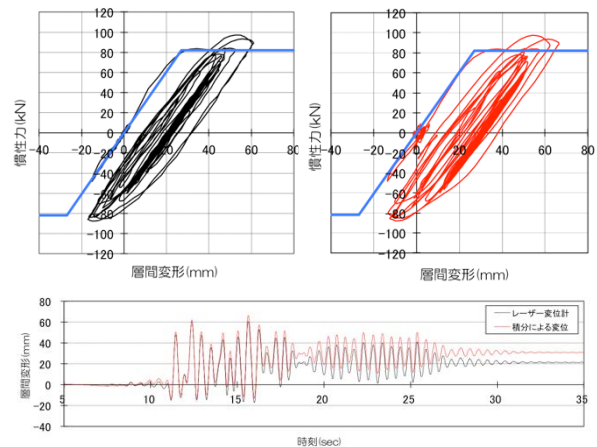


図 5 レーザー変位と加速度積分の比較