

## I - 5 鋼構造建築物の地震修復性能設計法に関する研究

### Study on Reparability Performance-based Seismic Design of Steel Structural Buildings

(研究期間 平成 17～18 年度)

構造研究グループ  
Dept. of Structural Engineering

岩田善裕  
Yoshihiro Iwata

For the development of performance-based design taking into consideration economic losses after earthquakes, reparability performance evaluation method in order to avoid demolishing based on residual drift was proposed. In this method, residual drift predicted by proposed probabilistic formula is compared with reparability limit investigated by actual data. Furthermore, as an evolutionary version of this simple method, new framework of reparability design that can clearly specify repair cost and downtime through damage evaluation of not only structural frame but also non-structural members and architectural equipment was proposed.

#### [研究目的及び経過]

現在わが国の建築構造分野では、建築主の多様な要求に対応しうる技術革新が求められており、性能を基軸とした設計法の体系化が急速に進められている。平成7年に起きた兵庫県南部地震における鋼構造建築物の被害では、建物は倒壊を免れ人命は確保されたものの、建築主が予期せぬ形で多額の経済的損失を被らなければならない例が多く見られ、国民の間では建物の復旧に直接的に必要な修復コストや間接的に失われるビジネスコストなどへの関心が高まっている。従って今後の性能設計では、設計者は地震時における建物の使用性や安全性のみならず、地震後の修復性にも配慮して設計を行い、建物の性能をコストとの関係を含めて明確に建築主に説明することが必要となる。

現状では修復性を考慮した設計法はほぼ白紙状態であり、新たな修復性能設計法の確立が急務となっている。本研究では、総プロ等で既に検討された性能設計法の基本的な枠組に、修復コスト・修復期間の概念を積極的に加味し、構造躯体のみならず非構造部材・建築設備をも含めた建物全体の視点から、より信頼性の高い鋼構造建築物の地震修復性能設計法を構築することを目的とした。

#### [研究内容]

地震後の建物の修復性に配慮した設計を行うためには、まず、被災建物の最低限の修復性を確保するための設計法が明らかにされる必要がある。既往の兵庫県南部地震で修復／解体された鋼構造建築物の実態調査では、被災建物の最低限の修復性確保には、残留変形の制御が一つの重要な手段になることが確認されている<sup>1)</sup>。本研究では、鋼構造建築物の修復／解体指標としての残留変形に着目し、設計計算において、ばらつきが大きく予測

が困難とされる残留変形を確率的に簡易評価する手法について検討を行い、被災建物の最低限の修復性を確保するための基本的な修復性能設計法の提示を行った。

また、上記手法をさらに拡張した発展的な修復性能設計法の確立に向け、設計段階で、構造躯体のみならず非構造部材・建築設備も含めた建物全体の損傷を予め把握し、修復費用、修復期間を明示的に算出できる新たな修復性能設計法の枠組を構築した。

#### [研究結果]

##### (1) 残留変形に基づく修復性能評価法の提示

鋼構造建築物の修復／解体指標としての残留変形に着目し、その指標に基づいた被災建物の最低限の修復性を確保するための設計法を提示した。

修復／解体指標としての残留変形の評価法は以下のとおりである。

$$u_r = R_{u_r} \cdot R_{p, u_r, \max} \cdot u_{r, \max, p} \quad (1)$$

$R_{u_r}$  : 残留変形率(確率変数)

$R_{p, u_r, \max}$  : 上界残留変形の予測精度率(確率変数)

$u_{r, \max, p}$  : 上界残留変形の予測値

残留変形率の確率分布は、2次剛性比  $\gamma$  ごとの正規分布(図1)、上界残留変形の予測精度率の確率分布は、一律の対数正規分布で近似され、上界残留変形の予測値は、例えば中低層建物に対しては、既往の1次モード重視型のPushover解析の援用による最大変形予測法から導かれる。一方、全体残留変形角および最大残留層間変形角の修復限界値は、それぞれ1/200、1/90程度であり、最終的な修復性能設計法の性能評価は、予測された応答値と限界値の比較評価によって行われる。

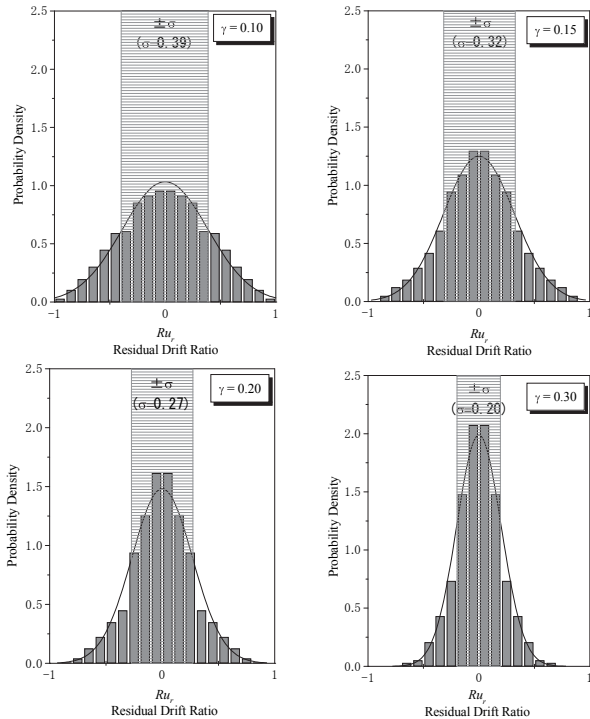


図 1 残留変形率の確率分布例 ( $1\sigma$  超過確率約 30%)

(2) 発展的な修復性能設計法の枠組の提示

(1)の手法に加え、修復費用、修復期間を明示的に算出できる発展的な修復性能設計法の枠組(図2)を構築した。枠組の詳細な解説は、参考文献2)に記載される。ここでは、図2の要点(\*1~\*8)のみを記す。

- \*1 目標性能の設定を完了しておく。(後の修復性1, 2次検証で必要な限界値を設定しておく。)なお、修復性2次検証で使用する修復コスト・修復期間の限界値は、設計者と建築主の協議に基づき設定される。構造設計者は協議の段階から建築主に建物用途などに応じた適切な情報を提供するのが望ましい。
- \*2 従来の設計に加え、適切な対応を施すことで、非構造体の損傷をさらに低減できる可能性がある。
- \*3 特定にあたっては、部位別損傷状態のデータベースを利用する。(今後、更なる検討が必要である。)
- \*4 従来の性能評価項目に基づく、主に構造設計者向けの検証である。この検証により、最低限の技術性と経済性が確保される((1)の手法はこの簡略版に相当する)。
- \*5 算定にあたっては、修復方法別に整理された修復コスト・修復期間のデータベースを利用する。(今後、更なる検討が必要である。)
- \*6 修復性2次検証は、修復コストの検証、修復期間の検証の2段階で行われる。
- \*7 比較検証は確率論・確定論の何れに基づいてもよい。
- \*8 最後に、建築主に向けた修復性の性能表示を行う。

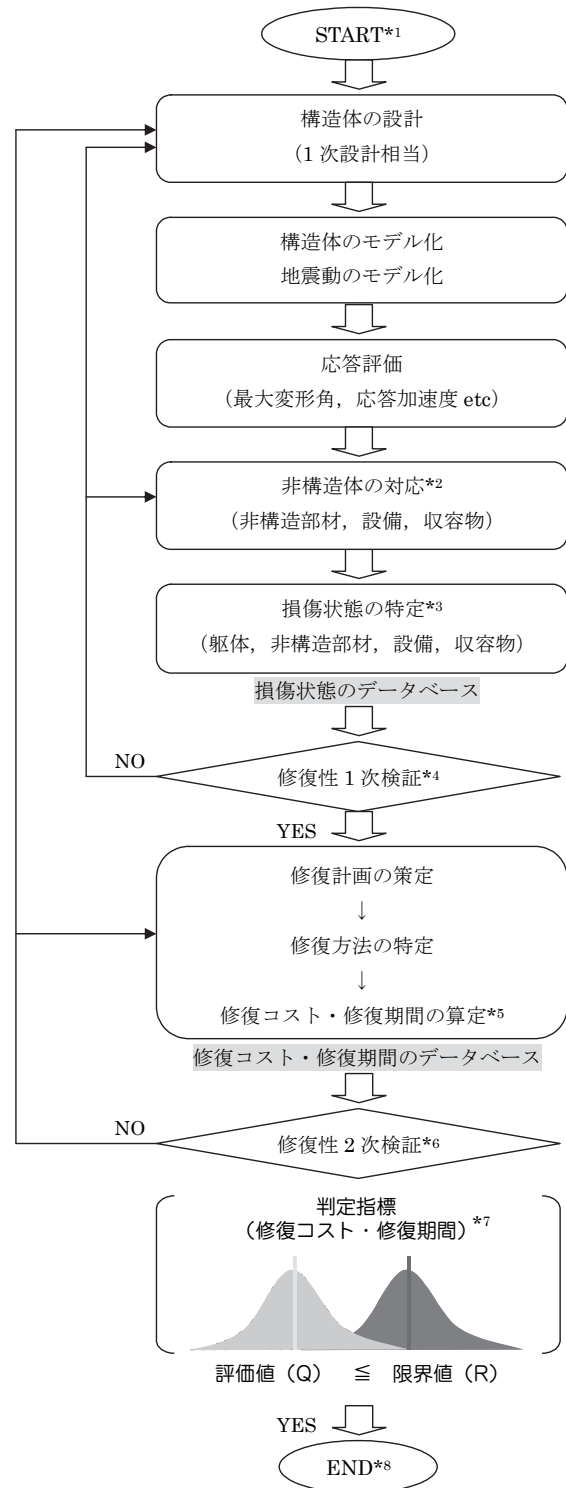


図 2 発展的な修復性能設計法の枠組

【参考文献】

- 1) 岩田善裕, 杉本浩一, 桑村 仁: 鋼構造建築物の修復限界—鋼構造建築物の性能設計に関する研究 その2—, 日本建築学会構造系論文集, No. 588, pp.165-172, 2005.2.
- 2) 福山、喜々津、向井、岩田、斉藤: 震災後における建築物の迅速な機能回復に向けて、H18年度建築研究所講演会テキスト