

顧客満足度を考慮した耐震性能評価システム

株式会社フジタ構造設計部 堤 和敏

日本で建設される構造物においては地震を避けて通ることはできず、地震被害が社会に与える影響は計り知れないものがある。本研究は、阪神淡路大震災の反省も踏まえ、より顧客の立場に立った性能評価システムの開発を目指したものであり、地震による被害レベルとその性能を顧客の満足度で表現し、地震動による構造物の応答予測・制御シミュレーションを行い、より満足度の高い性能を確保する合理的な設計評価システムを開発することを目的としている。このようなシステムの開発には、新たな情報処理技術であるソフトコンピューティング手法が有効である。以下に、本研究の概要を述べる。

耐震性能に対する顧客満足度調査のための実験

顧客の被害レベルに対する満足度と設計工学量との関係を調査するためには、設計工学量と被害レベルが1対1に対応しているデータがなければならないし、またそのデータも顧客が具体的に被害レベルをイメージできるものでなくてはならない。しかし、そのようなデータ（文献・資料）はないに等しい。そこで、共同住宅玄関周り1構面の1/2モデル試験体を作成し、加力実験を行うことにした。試験体を加力し、ある設計工学量に達した状態を写真に撮り、その被害状況写真を顧客に見せ、満足度を評価することとした。加力は、指定層間変形角に対して1サイクルの正加力・除加・負加力・除加を行ない、全体写真および試験体を6ブロックに分けて被害状況をデジタルカメラで撮影した。

耐震性能に対する顧客満足度調査のためのアンケート調査

得られた被害写真をもとに、インターネットを利用したアンケート調査を行った。12月末現在450件もの回答があった。アンケート調査項目の主なものを、下記に示す。

- ・建物グレードと初期コストとの関係
- ・建物グレードと補修コストとの関係
- ・建物グレードと被害状況との関係
- ・2次壁の違いによる被害レベルの相違
- ・被害状況と満足度との関係
- ・初期コストと満足度との関係
- ・補修コストと満足度との関係
- ・被害レベルとコストとの重要度
- ・初期コストと補修コストの重要度
- ・家具・什器の扱い
- ・地震の重要度
- ・構造技術者と一般の人との間にギャップ

目標設計工学量（層間変形角）の設定

耐震性能を評価するためには、建物被害レベル、初期コスト、補修コスト等の性格が異なる性能を総合的に評価する必要がある。そのためには、各性能を同一の評価軸で表現し、かつ、各性能間の重要度（重み）を考慮しなければならない。本研究では、アンケート調査結果に基づき、同一の評価軸として縦軸は顧客満足度を、横軸は層間変形角とした。また、各性能間の重みは、1対比較により求めた。本研究では、目標とする設計工学量は指定満足度以上となる範囲と定義し、設計に自由度を持たせた。

1 質点系構造物の応答変形推定法の開発

耐震性能設計においては、仮定した断面による応答解析結果が目標範囲に納まっているかどうかを検証し、納まっていなければ再度部材断面を修正し応答解析を行う、という手順が必要である。従って、応答結果が目標値に納まっていない場合の効果的な応答変形制御法が要求されている。応答変形制御を行うには、応答変形の精度よい推定が必要である。本研究では、履歴エネルギー係数という概念を導入し、履歴エネルギー係数をニューラルネットワークで学習させることにより、応答変形が十分推定可能であることを示した。このときの推定比の標準偏差は10%であり当初の数値目標を達成している。

1 質点系構造物の応答変形制御法の開発

上記、応答変形推定法を拡張して応答変形制御が十分可能であることを示した。応答変形を制御するには、1)部材断面を調整する、2)壁量を調節する、3)免・制震構法を採用する、等が考えられるが、本研究は1年間と短期であったために、1), 2)を対象とし、1 質点系での理論展開までとした。しかし、検証数は少ないながら多層構造物を対象に本論の適用と検証を行い、多層構造物への展開の可能性も確認している。

総合的耐震性能評価システムの開発

設計された建物の耐震性能をわかりやすく、客観的に評価し、明示するための手法の開発を行った。評価指標として顧客要求性能満足度、耐震性能指標を使用する。顧客要求性能満足度は顧客の要求性能に対してどの程度顧客が満足できるかを示したものである。一方、耐震性能指標は、このアンケートの範囲内での合意と見なされる建物グレードに対して、設計された建物がどのグレードに属しているのか、そのグレードの中でもどの程度であるのかを示したものである。これらの指標においては、顧客の性能項目や地震レベルに対する重要度を考慮している。

検証例

これまでに展開してきた耐震性能評価理論を具体的な建物に適用して検証を行った。ただし、本研究は1年間という短期集中型であるために実際の設計物件に適用することは時間的に無理であった。従って、すでに設計された物件に対して、当時の設計方針から想定してアンケートを行い、アンケートから目標設計量を設定した。一方、応答解析の結果から応答変形量が目標設計量の範囲にあるかどうかを検証した。さらに、要求性能満足度、耐震性能指標を算定し、本建物が顧客の要求性能を満足し、建物グレードはアンケート範囲内での合意としての推奨レベルであることを確認した。また、一質点応答制御理論が多層構造物にも適用可能であることも確認した。

外部発表論文一覧

本研究で外部発表および予定の論文一覧を下記に示す。

- 1) K. Tsutsumi and K. Komono: A Response Displacement Estimation Method for RC Elasto-Plastic Structures with Single Degree of Freedom Using a Neural Network, VIII-ICCCBE, Stanford Univ., Aug. 2000, 掲載予定
- 2) 堤和敏、薦野和彦：RC系一質点モデルに対する部材断面調整法による応答制御法が多層構造物への展開、日本建築学会技術報告集、2000年6月、現在査読中
- 3) 堤和敏、薦野和彦：RC系一質点弾塑性モデルの変形制御設計法に関する研究 その2 壁調整法、構造工学論文集 Vol.46B、2000年3月、掲載予定
- 4) K. Tsutsumi, K. Komono, Y. Kato, K. Ando, S. Kurashima, Y. Akahoshi and S. Yoshida: A Response Displacement Estimation Method for Steel Elasto-Plastic Structures with Single Degree of Freedom Using a Neural Network, ACIDA 2000, Tunisia, Mar. 2000, 掲載予定
- 5) 堤和敏、薦野和彦：RC系一質点弾塑性モデルの変形制御設計法に関する研究 その1 部材断面調整法、日本建築学会構造系論文集、2000年2月、PP.197-202.
- 6) 堤和敏、薦野和彦、加藤泰夫、安藤欽也、倉島重夫、赤星靖、吉田聡：S系一質点弾塑性モデルの履歴エネルギー係数同定による応答変形推定法、第22回情報システム・技術シンポジウム、1999年12月、PP.31-36.
- 7) 堤和敏：RC系一質点弾塑性モデルの履歴エネルギー係数同定による応答変形推定法、日本建築学会構造系論文集、1999年9月、PP.157-161.

これは平成12年3月9日に開催した
計算科学技術活用型特定研究開発推進事業
研究報告会（主催 科学技術振興事業団）
の予稿集から抜粋したものです。