

別紙 4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 GA を用いた鉄骨造骨組構造の目標動的応答を実現する
静的設計外力の探索法

DESIGN LOAD APPROXIMATING DYNAMIC MAXIMUM RESPONSE DISPLACEMENT
OF STEEL FRAME STRUCTURES BY GA

氏 名 金子 慶一

論 文 内 容 の 要 旨

国内における現行の主な構造設計法には、①許容応力度等計算法（含、保有水平耐力に基づく方法）、②限界耐力計算法、③時刻歴応答解析法（大臣認定）の3種類の方法が存在する。中でも許容応力度等計算法は、利用できるプログラムが多いことや、建物高さおよび建物重量により設計外力が定まるなど、設計過程が明快であり、最も多く用いられている実用性が高い設計方法である。この設計方法は、 A_i 分布に基づく設計外力および各階の靱性を評価した構造特性係数 D_s を代表とするパラメータより算出した必要耐力と各階の耐力を比較する静的設計法である。しかし、以下の問題点が挙げられる。層間変形角 $1/100 \sim 1/75$ 時を保有水平耐力と設定するため、保有水平耐力算出時の変位量があたかも応答変位の様に扱われている現状がある。二次設計に相当する大規模地震時には建物の応答は非線形領域に至り、地震動の位相によって応答値が異なるため、 A_i 分布を用いて算出した保有水平耐力時の変位分布とは異なる場合がある。また、応答変位が算出可能な限界耐力計算法や時刻歴応答解析に関しては、工学的基盤を把握するための地盤調査費用の増加やモデル化が煩雑であるなどの問題点がある。更に、これらの計算結果の評価には、一般的に高度な知識が必要となるため、許容応力度等計算法と比較して、現状では一般的な方法であると言えない。なお、限界耐力計算法に関しては、許容応力等計算法における A_i 分布と同様な B_{di} 分布および B_{si} 分布を用いるため、許容応力等計算法と同様な問題点を抱えていると考えられる。

以上の現行設計の問題点を解決するため、本研究では曲げ変形の卓越しない整形な中層鉄骨造建物を対象として、既往の研究で報告されている弾性応答制御が弾塑性応答制御に有効である事に注目し、許容応力度等設計法の拡張として、ある条件下で一次設計を実施して柱梁を決定した建物に対して、2 次設計レベルの地震動の位相特性を反映した動的応答を制御することのできる静的設計外力の算出法の提案を行うものとする。こうした静的設計外力が与えられれば、これまで静的設計では未知数で

あった、各階の動的応答を静的なアプローチで近似でき、想定地震に対する目標耐震性の担保や損傷の程度把握に有用であると考えたためである。想定する静的設計外力は、ベースシア係数および外力分布係数とする。現行の A_i 分布は、線形応答による最適分布であり非線形領域での適用については疑問があるため、本論文での提案外力分布係数は非線形領域を視野に入れたものとし、乱数及び既往の提案式の中で最も適用範囲が広いとされる石山により提案された外力分布式を準用して検討を行っている。また、多くの研究で地震動の位相の相違が動的応答の相違の要因となる事を示している通り、これまでの提案外力分布では考慮されていない想定する地震動の位相特性に対して目標とする弾塑性応答を近似する許容応力度設計（レベル 1）時の静的設計外力を算出する。ここで、目標とする動的応答としては、先ず許容される応答変位以下となる状態を目標とする。また、大地震時においても構造物が損傷しない応答が理想と考えられるが、地震の発生確率や建物寿命等の現実的な要素を勘案すれば、そのようなアプローチは一般的に経済的な現実性を伴わないことが多い。そこで本論では、構造物に損傷を許容するものの、それが全体崩壊形となり、かつ各階の塑性率が可能な限り均等となる崩壊形を目標とする。全体崩壊形を目指すことにより、建物の損傷を構造物全体に分散して、建物全体で履歴減衰能力を発揮することができるようになり、その結果として大地震時の各階の層間変形角のバランスが向上して地震被害が軽減でき、建築基準法の目指す人命の保護や倒壊・崩壊防止の観点からも好ましい設計となると考える。また損傷の程度を高さ方向に分散する事は、各梁部材のエネルギー吸収能力が均等に発揮される事と等価であり、建物全体で効率的に地震に抵抗できることから合理的な断面配置と結びつき、経済的にも優位性を発揮すると考える。また、既往の研究においても変形過大のため倒壊を防止する最低強度を算定している様に、ここでは外力分布係数のみではなく目標最大層間変位を制御するために必要なベースシアも算出している。

本論文では、動的な応答性状を反映する設計外力を求める過程に、遺伝的アルゴリズム（以下、GA）による解探索の方法を採用する。具体的には、用途とする構造物の動な応答（最大応答層間変形角）を目的関数とし、静的設計外力を設計変数とする最適化問題は、非線形性の複雑な因果律を内在した離散変数による最適化問題を構成し、一般的には求解困難な問題となるが、既往の研究においても多数その有効性が示されている様に、離散変数による最適化問題に威力を発揮する GA は、ここで扱うような、不連続でかつ広大な探索空間から、少ない計算時間で実用上十分な精度で近似解を発見することが期待できる。本論文では、鉄骨造の整形建物を紡錘型履歴特性を有する多質点系モデルに単純化し、特定の位相を有する地震動に対して、動的な応答性状を反映できる静的設計外力を最適化問題の解として探索する。また、提案する手法の有効性を検証するため、静的設計外力を採用して許容応力度設計を行い、かつ一次設計レベルの層間変形角が特定層間変形角以下となり、また特定層間変形角に近接する柱および梁断面を決定した検証建物に対して、時刻歴応答解析を実施して目標性能が確保されているか確認を行う。更に想定外の地震動に対する応答特性についても、異なるスペクトル特性の地震動に対して静的設計外力を算出し、検討を行っている。

第 1 章では、新耐震設計法の許容応力時等計算における大地震時の変形量が未知である事、また外力分布が非線形領域においては変位分布と対応しない等の問題点を示し、建物の剛性・耐力分布

の均等化や変形量制御の必要性について述べる。次に、関連のある法基準、既往の研究を紹介し、本論文の構成を示す。第2章では、特定の入力地震動に対して、乱数を用いて、構造物の高さ方向に最大層間変形角を平均化する事のできる静的な設計外力の算出を試みる。また、その外力を用いて設計を行った建物が、目標通りの動的応答性状を保有しているか検証を行う。第3章では、2章で提案した手法を拡張して、高さ方向に最大層間変形角を平均化する事のできる外力分布係数の定式化を行い、その設計外力を用いて設計を行った建物が、目標通りの動的応答性状を保有しているか検証を行う。第4章では、第3章の問題を多目的問題に展開し、異なる位相特性を有する複数の地震動に対して、高さ方向に最大層間変形角を平均化する事のできる静的設計外力の算出を試みる。また、その外力の有効性を検証し、更に異なる階数の建物に対して、線形補間により推定した静的設計外力を適用した場合に、目標とする動的応答性状を付与することが可能かを検証している。なお、4章では異なるスペクトル特性の地震動に対して静的設計外力を算出し比較検討を行い、スペクトル形状の相違が提案手法に与える影響について考察する。第5章では、論文の結論と今後の課題について述べる。

これらの一連の研究における検討を通して、提案した静的設計外力を用いて、許容応力度設計を行い、かつ特定の層間変形角以下となる様に柱・梁断面を決定した整形な鉄骨建物は、2次設計レベルの極めて稀に生ずる地震動に対して、非線形領域においても目標とする動的特性（最大層間変形角分布の制御）を近似する事が可能であることを確認した。