

氏 名	石 田 修 三 いし た しゅう ぞう
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 843 号
学位授与の日付	昭 和 51 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	弾塑性骨組の静的及び動的なたわみ解析法

論文調査委員 (主 査) 教 授 横 尾 義 貫 教 授 小 堀 鐸 二 教 授 石 崎 潑 雄

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、建築重層骨組構造の耐震・耐風設計の研究分野で重要である、数値実験方法として、筆者が開発した、骨組の静的及び動的弾塑性応答解析の手法ならびに、その若干の応用例をとりまとめたもので、3部、8章から構成されている。

第1部は、序編であり、2章からなり、骨組の弾塑性解析法に関する、既往の数多くの研究を歴史的に展望し、発展の過程を述べ、筆者の研究の位置づけ、具備すべき条件を明らかにしている。

第2部は、基礎理論編であり、第3章は、一般化塑性関節の概念を用いた、剛域を含むなたわみ弾塑性応答解析法を提示している。柱・接合部を剛、部材断面はサンドイッチ断面とし、弾・完全塑性を仮定し、塑性関節可能断面で骨組を、適当数の要素に分割して取り扱う。増分理論に立ち、なたわみによる剛体変位を除くため、移動局所座標を用い、要素の弾・完全塑性剛性行列をたて、剛域を含む系の基準座標に関して、剛域端変位と材端力との剛性方程式を導いている。この方法を用いて、最小重量設計骨組の、材料強度・設計荷重等の不整に対する敏感度を検討し、また局部的鉛直過荷重によるベイ崩壊の性状を調べている。

第4章は、筆者の研究の中心部分をなすもので、増分理論によるひずみ硬化架構の有限要素型なたわみ解析法を導いたものである。在来この種の方法は、必要計算機容量・計算時間の点から多部材からなる建築重層架構への適用は困難であった。筆者の方法はこの点を著るしく改良したものである。その特徴は、(1)要素に移動局所座標を用いて剛体変位を除去し、正味の変形の記述、(2)塑性域の拡がりに伴う履歴要素の自動的分割、(3)要素の直列接続からなる部材に伝達行列法の適用、(4)等価サンドイッチ断面の仮定、(5) bilinear 形構成法則の仮定などである。上述の考えに立ち、結局、系基準座標系に関して、系剛性方程式を誘導している。

第5章は既知の若干の厳正解、実験例を用いて、上記方法の精度の検証を行ない、よい精度を示すことを明らかにし、また1スパン6層架構に、水平方向に一方向載荷及び定振巾繰返し両振り載荷を加えた結

果を応用例として示している。

第6章はまず、第4章に述べた手法を、地盤特性を考慮に入れた重層架構の変動風力、地震動による動的解析へ適用し、運動方程式を誘導している。上部構造には、粘性減衰を考慮し、地盤特性は基礎を剛とし、水平、上下及び回転のパネ・タッシュポットで基盤と結合された系で表現し、減衰行列は質量行列及び剛性行列にもとづくレーレイ型粘性行列としている。

また、地動入力エネルギー、風入力エネルギー、重力仕事、運動エネルギー、粘性減衰エネルギー、弾性エネルギー、塑性エネルギー等及びそれらのバランスを評価する方法を導き、架構の動的応答の性格の理解に役立てるとともに、計算精度の検定に用いている。

設計用ベースシャ0.2の1スパン6層架構に、最大加速度2000galのVernon及びEl Centro地震波形の大外乱を加えた場合について、IBM-360K195型計算機を用い、本法によって計算を行なった結果、1回の増分ステップに要した時間は0.1~0.2secであり、入出力エネルギーバランスは大部分0.001程度であったことを示している。

第3部は、第4章、第5章に述べた方法の応用編であり、第7章は、変動風力による動的崩壊及び動的シェークダウンの追跡を行なったものであり、風圧としては、神戸貿易センタービルで観測された変動風圧を、10分間平均風圧が30m/secとなるよう増巾したものを採用し、架構としては、風速30m/secに対する風圧を下限とし、さらに1.5、2.0、2.2、2.3、2.5、3.0倍した風圧に対して最小重量設計した7通りの架構を作り、計算を行なった結果、この場合は2.2倍の風圧に対して設計した架構を境として、動的崩壊グループと動的シェークダウングループに分かれることが示された。

第8章は、地震外乱を受ける多層架構の動的崩壊過程の追跡を試みたもので、架構としては第7章の2.3倍風圧に対する最小重量設計架構FR5（一次固有周期 $T=2.5\text{sec}$ ）、その梁断面を100倍した強深架構FR5B（ $T=1.6$ ）、及び1層の柱以外の深・柱の断面を100倍したピロティ架構FR5P（ $T=0.89$ ）の3種を考え、モデル外乱として、水平及び上下周期2sec、最大加速度（水平）377gal、（鉛直）188galのcosine波を採用している。3種の架構の応答解析の結果につき種々の角度からそれぞれの特色を検討しているが、10sec後の全柱の消費塑性エネルギー比は、FR5:FR5B:FR5P=1:1.86:1.55であるのに対して、消費エネルギー最大柱について比較するとFR5:FR5B:FR5P=1:1.59:4.47であり、ピロティ架構のピロティ柱にエネルギーの消費が集中していることが指摘されている。

終りに、APPENDIXとしてひずみ硬化架構の動的大たわみ解析用数値計算プログラムが示されている。

論文審査の結果の要旨

わが国では、建築骨組の設計において、耐震・耐風設計が支配的である。したがって、強風・激震等の外乱の性状を知ることと共に、これら外乱による建築骨組の崩壊に至るまでの、弾塑性挙動を研究することが重要である。建築骨組は、その規模・構成から見て、実験的研究はおのずから、その構成部分に限定される。したがって精度が高く、かつ必要計算機容量及び計算時間ができるだけ縮小された、数値実験と呼ぶにふさわしい、大たわみ弾塑性応答解析の手法の開発が望まれる。本論文は上記の要請に応えようと

したもので、その得られた主な成果は、次の通りである。

(1) 本論文の最も主要な成果は、次のような特徴をもつ、ひずみ硬化架構の大たわみ解析法の開発である。(i)増分理論による、材料及び幾何学的非線形を考慮した複合非線形有限要素法であり、(ii)要素の剛体変位を分離し、移動局所座標を用いて、正味の変形を記述するようにし、(iii)塑性域の拡がりにとまって、部材を自動的に履歴要素に分割し、(iv)直列的に接続された適当数の要素からなる部材について伝達行列の手法を適用していること、また問題を簡単化するため、(v)要素断面は等価サンドイッチ断面とし、(vi) bilinear 形の応力・歪関係を採用していること等があげられる。

上記手法を架構の動的解析へ応用し、増分型運動方程式を誘導している。上部構造には粘性減衰を考慮し、剛な基礎が、水平・上下及び回転のバネ・タッシュポットを介して基盤に結合された系を想定し、その数値計算用プログラムを APPENDIX として示している。

(2) (1)の方法においては、入力エネルギーすなわち地震入力エネルギー・風圧入力エネルギー・重力仕事及び、出力エネルギーである運動エネルギー・粘性減衰エネルギー・弾性エネルギー・塑性エネルギー等の消長及びバランスを算出し、外乱に応ずる骨組の大変形挙動の性格を理解する資料とし、また計算精度の検定に用いている。

(3) 風速 30m/sec に対する風圧を下限とし、その3倍の風圧を最大とする7通りの風圧に対して最小重量設計した、7通りの同形の重層架構に対して、ある実測された変動風圧を10分間平均風速が30m/sec であるように調整した外乱を加えた場合の動的応答を(1)の方法を用いて求めている。その結果、設計風圧がほぼ2.2倍の架構を境として、動的シェークダウングループと、崩壊グループに分けられることを示している。

(4) ある一定の cosine 波形の地震外乱に対して、最小重量設計重層架構及びそれと同形の強梁架構、ピロティ架構の3通りの架構について、(1)の方法によって応答解析を行ない、それら架構の崩壊過程の性状を論じている。

(5) (1)の方法のほかに、弾塑性架構の接合部の剛域を考慮した、一般化塑性関節型大たわみ解析法をも開発している。

以上要するに本論文は、弾塑性架構の静的・動的な外乱による崩壊への過程を追跡する解析法を開発し、若干の応用例を示したものであるが、ことに(1)の方法は、数値実験法として現段階で最も進んだものと判断される手法であり、工学上、学術上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。