



Title	鋼材の塑性履歴構成式の定式化と繰り返し外力を受ける鋼構造物の変形能の評価への応用に関する研究
Author(s)	池内, 智行
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40576
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	いけ 池 うち 内 とも 智 ゆき 行
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 3 8 2 6 号
学 位 授 与 年 月 日	平成10年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科土木工学専攻
学 位 論 文 名	鋼材の塑性履歴構成式の定式化と繰返し外力を受ける鋼構造物の変形能の評価への応用に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 西村 宣男 (副査) 教 授 村岡 浩爾 教 授 森 康男 教 授 中辻 啓二 教 授 松井 繁之 教 授 松井 保 教 授 谷本 親伯 教 授 堀川 浩甫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、精度の良い鋼材の塑性履歴構成式を定式化し、これを多軸応力状態へ拡張するとともに有限要素法に導入することにより、地震力などのような繰返し外力を受ける鋼構造物の強度と変形能の評価に応用したもので、以下の8章から構成されている。

第1章では、繰返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式に関する既往の研究について述べ、構造用鋼材の特性を表現する上で、既往の構成式の問題点を指摘している。

第2章では、1軸応力状態での繰返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式の提案を行っている。この構成式は単調載荷曲線を基本とし、応力-ひずみ関係を弾性域、非線形遷移領域および単調載荷曲線に準ずる領域に区分するもので、非線形遷移領域から単調載荷に準ずる領域への移行点の評価に特徴がある。各種の鋼材および種々の繰返し経路に関する実験によって、提案構成式が精度良く追従していることを、実験との比較によって明らかにしている。さらに、構成式に含まれる材料定数を決定するための材料試験としては、単調載荷実験、小ひずみ振幅で載荷・除荷を繰返す実験、原点を中心として正負のひずみを漸増させる両振り実験が必要であることを示している。

第3章では、1軸応力状態に関して開発した構成式を相当応力を用いることにより多軸応力状態に拡張している。降伏曲面と記憶曲面を定義することにより、多軸応力状態においても弾性域、非線形遷移領域および単調載荷曲線に準ずる領域に区分し、各領域で定義された応力-ひずみ関係式よりひずみ硬化係数を導いている。さらに関連流れ則により多軸応力状態での弾塑性マトリックスを誘導して、アイソパラメトリックシェル要素を用いた立体薄板構造の繰返し塑性履歴解析プログラムを作成している。

第4章から第7章では、第3章で述べているプログラムを適用して、繰返し塑性履歴を受ける鋼構造物の数値シミュレーションを行い、強度と変形能の評価法を明らかにしている。

第4章では、一定軸圧縮力と変動曲げを受ける箱形断面および円形鋼管断面の強度と変形能について、数値解析を行い、局部座屈による強度低減が生じない限界幅厚比および径厚比を曲げの単調載荷と繰返し載荷についてそれぞれ与えている。同様に最大強度に対応する強制回転変位と降伏回転変位の比で定義された変形能に関しても、箱形断面については幅厚比との関係を、円形鋼管断面については径厚比との関係を与えている。

第5章では、面内水平地震力を受ける鋼製門型ラーメンの隅角部を対象として数値解析を行い、実験結果との良好な対応を検証している。さらに、隅角部の強度と変形能について、隅角部腹板パネルの幅厚比、隣接フランジの幅厚

比および隅角部パネルとフランジの面積比をパラメータとした数値解析により、極限強度と塑性率の推定式を提案している。

第6章では、兵庫県南部地震において罹災した阪神公団神戸3号線の鋼管橋脚の数値シミュレーションにより罹災原因の究明を行っている。代表的な3つの損傷を生じた橋脚について、地震時の脚頂部の推定応答変位を強制変位として与えることにより、実橋脚の損傷状況を再現している。鋼管橋脚は工場製作された鋼管セグメントを現場溶接により組み立てられているが、径厚比の大きい脚高さの中間で、セグメント同士の板厚ないしは鋼種が変化している個所に被害が集中していることを明らかにしている。

第7章では、極低降伏点鋼を主体とした鋼管の塑性ねじりによるエネルギー吸収を活用した吸振装置の開発に関係して、橋梁に適用した場合の吸振効果を、数値シミュレーションにより検討している。橋梁上部構造の応答変位を低減する効果は地震波の特性によって異なること、直下型地震のように初期の加速度が大きい場合は極低降伏点鋼と低降伏比高張力鋼を貼り合せたハイブリッド鋼管の効果が大きいことを明らかにしている。

第8章では、本研究で得られた成果を総括し、結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

地震により都市高架橋を始めとして、多くの鋼構造物に甚大な被害が発生したのは、兵庫県南部地震が初めてであった。このような被害の発生を予測して鋼構造物の耐震検討の重要性を認識し、数値シミュレーションの基本となる鋼材の繰返し塑性履歴構成式の高精度化を完了した段階で、兵庫県南部地震が発生した。鋼構造物の損傷の原因究明と耐震設計法の見直しのために、直ちに構成式を有限要素の中に導入し、種々の鋼構造物の繰返し荷重履歴に対する強度と変形能のシミュレーションを行い、以下のような研究成果を得た。

- (1)鋼材の単調載荷曲線を基本とし、繰返し応力-ひずみ経路を弾性領域、単調載荷曲線に準ずる領域およびその間を繋ぐ非線形遷移領域に区分することによって、各種の鋼材に対して高精度に適用できる塑性履歴構成式の開発に成功している。
- (2)一軸応力状態で定式化された構成式を、降伏曲線と記憶曲線を用いることによって多軸応力状態に拡張し、さらに有限要素の弾塑性マトリックスに組み込むことによって、繰返し荷重効果を受ける各種の鋼構造物の強度と変形能の評価を可能にしている。
- (3)鋼製橋脚の基本断面として箱形断面と円形鋼管断面を取り上げ、一定圧縮軸力と繰返し曲げの作用の下での、強度と変性能を箱形断面については幅厚比と軸力比、鋼管断面については径厚比と軸力比について検討し、断面の全強あるいは要求塑性率を確保できる限界幅厚比ないしは限界径厚比を明らかにしている。
- (4)鋼製門形ラーメン橋脚の隅角部を対象として、隅角部腹板パネルの幅厚比パラメータ、隅角部に隣接する部材のフランジの幅厚比パラメータおよび隅角部腹板とフランジの面積比を変数として、隅角部の強度と保有塑性率の評価式を作成している。
- (5)兵庫県南部地震で罹災した鋼管橋脚の損傷原因の究明を数値シミュレーションによって再現し、鋼管を構成するセグメントの板厚あるいは鋼種の変化部において、局部座屈が発生したことを明らかにしている。
- (6)極低降伏点鋼鋼管と低降伏比高張力鋼鋼管を焼き嵌めしたハイブリッド鋼管の繰返し塑性ねじりによるエネルギー吸収を利用した吸振装置が、橋梁上部構造の地震応答変位を低減する効果を数値シミュレーションにより評価し、橋梁形式によって顕著な吸振効果が発揮できることを示している。

以上のように、本論文は鋼材の繰返し塑性履歴を高精度に表現できる構成式を提案し、多軸応力状態への拡張と有限要素への導入によって、鋼構造物の繰返し塑性履歴現象を広く解析できるプログラムを開発し、それを適用して、各種の鋼構造物の繰返し荷重作用に対する、強度と変形能を明らかにしたものであり、鋼構造工学、橋梁工学に対して寄与するところ大である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。