

(論文審査の結果の要旨)

社会の稠密化や高機能化に伴って、大地震を被った後も、人命保護は言うに及ばず、生活の質の保証、構造物機能の保持、事業継続等への要求が高まっている。そのときに問題になるのは、地震直後の構造物の損傷判定と評価、さらには評価結果に応じた補修である。各種センサーを構造物内にはり巡らすことによって地震直後の損傷を判定する手段も次第に浸透してはきてはいるものの、センサー類の設置や維持管理に要する費用がかさむこと、センサー情報から構造物損傷の程度を同定することがなお困難であること等によって、その実用化はなお限られている。本研究は、①構造物全体としての損傷をある構造部位の損傷から大まかに推定する、②特定構造部位の損傷を視覚的に検知する、という仕組みの構築によって、損傷同定と評価の新しい展開をめざす論文であり、下記の点で際だった特長を有している。

1. スリット入り鋼板耐震壁は、スリットの入れ方によって強度と剛性を自在に調節できるという利点を有している。またこの耐震壁を制振装置として用いることから、他の構造部位を健全に留めつつ、この耐震壁だけに損傷を集中させることが可能になる。スリット入り耐震壁のスリットを、従来とは異なり不等間隔に入れることによって、鋼板中の損傷（塑性化）を徐々に進行させ、また鋼板が被った変形角と損傷の進展を一対一に対応させる仕組みを考案した。また提案耐震壁の制振装置としての有効性を、オンラインハイブリッド実験や精緻な数値解析から実証した。
2. 上記の不等間隔耐震壁の損傷程度を視覚的に検知する手段として、耐震壁表面に塗布した塗料の剥がれ具合から推定する方法と、スリット間に挟まれる要素の構面外残留変形を測ることから推定する方法を提案した。前者については、鋼の降伏時に剥がれが生じる塗料の配合方法を特定するとともに、剥がれ具合と当該耐震壁が被った最大変形角をパターン認識によって関係づける手法を構築した。また後者については、スリット間隔を変数として、経験した最大変形角と鋼面外座屈や座屈後残留変形を関係づける手順を開発した。さらにこれら検知手法の妥当性を一連の準静的実験によって検証した。

以上、地震直後の損傷同定というこれからの社会が強く要求する事項に対して、既存部位の損傷を利用するとともに視覚的な損傷評価を可能にする手法を提案し、さらにその妥当性を現実的な実験から実証した本論文は、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 22 年 10 月 25 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

京都大学	博士（工 学）	氏名	Andrés Jacobsen Pohlenz
論文題目	Development of Steel Slit Wall Dampers with Embedded Condition Assessment Capabilities (損傷検知機能を内蔵した鋼製スリット壁ダンパーの開発)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>社会の稠密化や高機能化に伴って、大地震を被った後も、人命保護は言うに及ばず、生活の質の保証、構造物機能の保持、事業継続等への要求が高まっている。そのときに問題になるのは、地震直後の構造物の損傷判定と評価、さらには評価結果に応じた補修である。各種センサーを構造物内にはり巡らすことによって地震直後の損傷を判定する手段も次第に浸透してはきてはいるものの、センサー類の設置や維持管理に要する費用がかさむこと、センサー情報から構造物損傷の程度を同定することがなお困難であること等によって、その実用化はなお限られている。本研究は、①構造物全体としての損傷をある構造部位の損傷から大まかに推定する、②特定構造部位の損傷を視覚的に検知する、という仕組みの構築によって、損傷同定と評価の新しい展開をめざす論文であり、全8章から構成されている。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の背景とそれを解決する実験・解析手法、論文全体の構成を記述している。</p> <p>第2章では、損傷同定に関わる研究状況を概観したうえで、損傷を視覚的に検知する部位として鋼板制振壁を対象とすることの是非を、損傷の進展度合いが他の部位に比べて先行すること、既存の部位を損傷検知に用いることによって維持管理等の難点を克服できること、という利点から論じている。ついで制振壁に関わる研究開発の歴史を広範に調査するとともに、特に縦スリットを設けることによって剛性と耐力を自在に調整できるスリット入り鋼板制振壁に関する重要な研究成果をまとめている。またこれら制振壁に関わる設計情報を整理し、耐震設計に直接寄与できる設計式等を整理している。</p> <p>第3章では、スリット入り鋼板制振壁に着目し、従来の同一幅によるスリット配置（均等スリット配置）ではなく、複数のスリット幅をもつスリットを混在させる配置（不均等スリット配置）とすることによって、徐々に塑性化と損傷の進展を図れること、またそれによって損傷の視覚検知が容易になること、また視覚検知の方法の一つとして塗料の剥離があることを指摘している。またこの方法の妥当性を確かめるべく、詳細な有限要素法解析を実施することから、不均等配置の効力を実証したうえで、スリットで囲まれる部分のアスペクト比と塑性化や横ねじれ座屈の関係を明らかにするとともに、制振壁が被った最大変形角と塑性化部分の進展状況と関係づける手法の提案に至っている。またスリット配置に応じた、鋼板制振壁の初期剛性、最大耐力、エネルギー消費効率、これら諸量の繰り返し载荷による影響を定量化することから、実践的な設計式を提案している。</p>			

氏名	Andrés Jacobsen Pohlenz
----	-------------------------

第4章は、第3章でつまびらかにした鋼板制振壁を実際の建築物に組み込んだときの挙動を、3層鋼構造建築物に対するオンライン応答実験を実施することから、制振壁としての効果と、損傷検知機構としての効果の両面から検証している。制振壁としての効果については、従来の均等スリット入り鋼板制振壁に劣らない制振効果を発揮できること、またスリット入り鋼板の塑性化進展と制振壁が被った最大変形の相関が高いこと、塑性化進展は塗料の剥離によって概略検知できることを明らかにしている。さらに、損傷検知に資する不均等配置スリットをもつ鋼板制振壁の制振効果についても、中小地震時と大地震時それぞれに対する消費エネルギーや、地震時特有の繰返し载荷におけるエネルギー消費効率の低下に対する定量的情報を与えている。

第5章では、損傷検知の方法として採用したスリットの座屈とそれに伴う残留変形に焦点をあて、隣接スリット間の座屈連成による検知上の不都合を除去するために、検知用スリットの間には細長いスリット群をクッションとして設けることから、スリットのアスペクト比とスリット座屈の関係に唯一性を持たせるという仕組みを提案している。また座屈と残留変形の载荷履歴による影響を検討し、ある特定の最大変形角に至る前の小変形や、ある特定の最大変形角を被った後の小変形に対して、座屈や残留変形は不変であることを、従って座屈と残留変形は被った最大変形角と高い相関を保持しうることを明らかにしている。これら検討結果の妥当性を一連のスリット入り鋼板制振壁実験によって確かめ、制振壁の最大変形角にして0.5%、1.0%、3.0%のような耐震設計上重要となる変形角を、スリット残留変形の痕跡から概ね検知できることを実証している。

第6章では、損傷検知の方法として採用したスリット端部における塗料の剥離に焦点をあて、塗料の種類や添加剤や希釈剤の配合と剥離歪の関係を多数の引張試験から定量化するとともに、剥離がもっとも進行する配合を明らかにしている。また塗布した鋼板に軽く線痕を付与することが剥離時の歪を安定させる役割を果たすこと、鋼板が受ける歪分布は有限要素法による解析によって追跡できることにも言及している。

第7章は、第3章で実施したオンライン応答実験に関連して、この実験をさらに発展させるために有益と考えられる、複数の実験施設における同時実験を基軸とする、分散型サブストラクチャ法オンライン応答実験の適用手順をまとめている。さらに構築した実験システムの妥当性を検証するために、別途実施した鋼構造骨組の崩壊挙動に関するオンライン応答実験の結果を紹介するとともに、この実験から明らかになった問題点に言及している。

第8章は結論であり、本論文で得られた成果を要約している。