



鉄骨構造物の簡易計測技術の開発

－ピエゾ極限センサを用いた構造物の利便的な健全性モニタリングシステムの構築－

秋田県立大学 システム科学技術学部

1. 概要

我が国における多くの鉄骨造建築物で使用される構造物の接合方法は、溶接またはボルト等を用いた締結方法が一般的である。溶接接合の場合は、ボルト締結に比べ振動やナットの緩み等による事故は少ない反面、溶接時の熱影響から接合部周辺に硬化と同時に脆性が生じる。溶接接合部の検査方法は、非破壊検査技術や目視検査等が対象となる。しかし、大震災を経験している国々において、建築設計基準では震度 6 強以上の巨大地震が発生した場合には、建築物を倒壊させずに建物全体を塑性化させて地震エネルギーを吸収させる方法で完全崩壊を防ぎ、人命の尊重が優先されるように設計が求められている。また、他の先進国においても、接合部位だけを集中して長期にわたる健全性を精密な計測技術によるモニタリングを実施している報告は、見当たらないのが現状である。大震災後においても、鉄骨構造物の健全性を見守るために、自律型極限センサを用いた長期的かつ安価で簡便に計測が実施可能なモニタリングシステムの構築が求められている。センサ出力から変位量や荷重の予測を可能にする解析技術について検証を実施した。

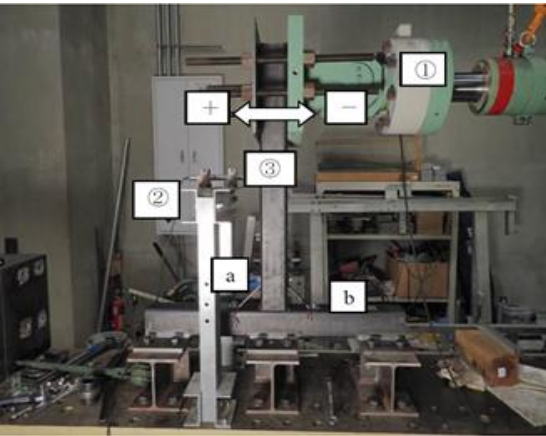
2. 柱脚の隅肉溶接部における接合部の破壊試験状況とセンサの詳細

現状技術の問題点

- (1) 構造物の防災や減災を目的とする健全性を定量的に評価する計測技術は、レーザ変位計、または接触式変位計を用いて変位を計測する方法のデータ蓄積とその評価の信頼性
- (2) 常時微動振動計を用いて固有振動を測定し有限要素法による解析を実施して、破壊の状況及び応力集中等の箇所を同定する方法の信頼性
- (3) 構造物の残留応力を非破壊かつ定量的に評価する方法として、有限要素法を用いる場合 X 線解析が一般的に重視されるが多くの時間と多額の費用を要する。

新計測技術の検討

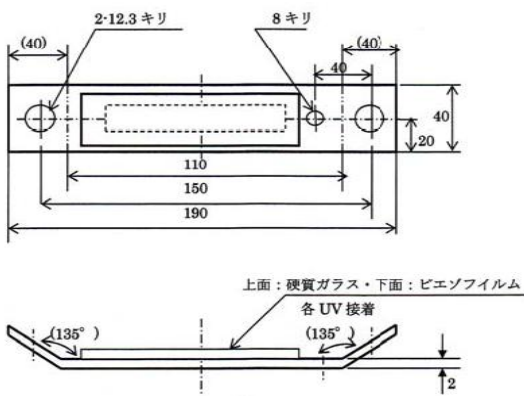
＊インフラ構造物の健全性を定量的に評価するため、従来の計測方法とピエゾ極限センサを用いた結果を比較検討し、FEM 解析技術も用いた本センサのモニタリングシステムに関する性能評価を実施する。



試験装置



ピエゾ極限センサ



ピエゾ極限センサの形状

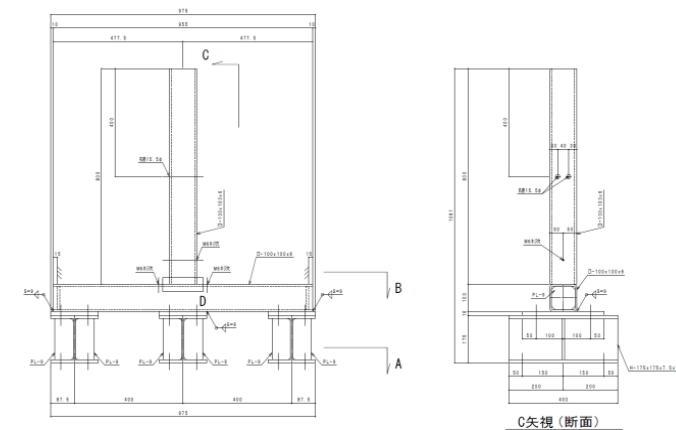
図 1 試験装置とピエゾ極限センサ

- (1) 試験体は中低層鉄骨造の露出柱脚を想定した試験体において、□100×100×6mm の角形鋼管柱を板厚 9mm のベースプレートを溶接し、台座に M27 のアンカーボルトを 12 個使用して固定されている。この試験体に左右の振幅を約 15kN で加力後、完全破壊まで実施しセンサ出力と変位等を計測した。
- (2) センサのベース金具表面には、ピエゾフィルム(東京センサ製 DT- 2- 028 k/L ⁹⁾ を約 10×70mm で紫外線硬化樹脂(UV)塗布し接着固定後、フィルムの薄利や劣化防止を目的とした約 35×85×1mm 厚さの硬質板ガラスを同様に UV で接着固定して製作されている。

3. ピエゾ極限センサを用いた溶接接合部の計測結果とシミュレーション結果の比較

試験体構造とシミュレーションモデル

＊下記に示す試験体を加力し、角柱両サイドの隅肉溶接の接合状態と強度等を計測後、シミュレーションモデルの結果と比較検証のための評価資料とした。シミュレーションでは、加力による変位が 8mm から 10mm で完全破壊が認められた。



試験体の構造と形状

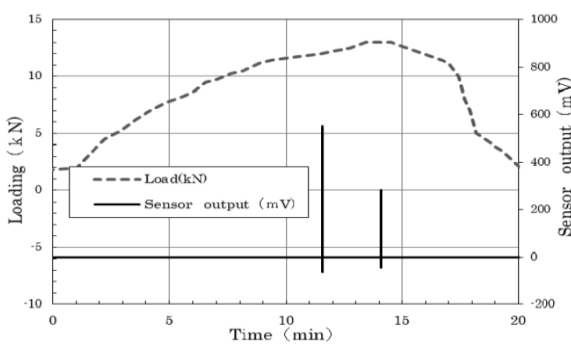


シミュレーションモデル 試験体破壊のメカニズム[完全破壊前 (8mm)～完全破壊(10mm)]

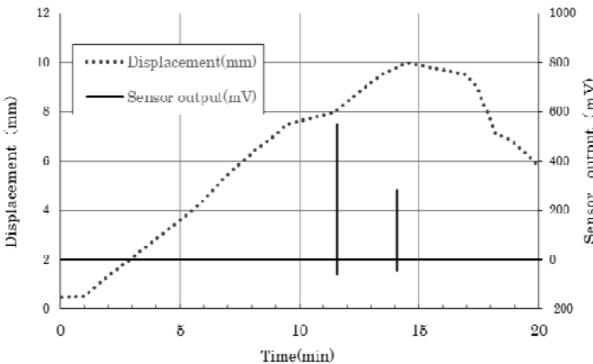
図 2 試験体の詳細とシミュレーションモデル

実装試験結果とシミュレーション比較

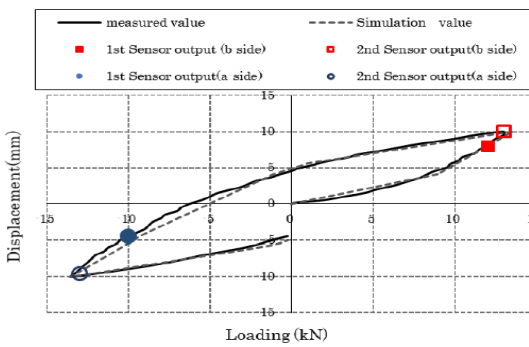
- (1) +側に約 20 分間、最大加力 15 kN を加え、また同様の条件で加力を－側にも加え、その時々に加力とセンサ出力の関係を測定した。いずれの結果もセンサ b の出力は、完全破壊領域の手前(変位が 8mm)と限界領域近傍(変位が 10mm)でセンサ出力が明確に示された。
- (2) 数値解析破線部と実測による結果実線部を比較し検証すると、概ね荷重の大きさに比例した変位が求められ、センサの出力も加力と変位の最大値において測定されている。



加力とピエゾ極限センサ b の出力結果



変位とピエゾ極限センサ b の出力結果



シミュレーションと荷重及び変位の計測結果

図 3 ピエゾ極限センの計測結果とシミュレーションの比較

4. 考察

- (1) ピエゾ極限センサの計測は、各条件における出力値から、溶接構造物の健全性を保つ構造上の限界領域の手前で危険値を示す特性を有している。このため、危険予測の計測を実施する可能性があると考えられる。また、従来リアルタイムの健全性モニタリングが困難であった溶接構造物の接合部における測定の可能性が広まり、安心安全の社会構築のために貢献できると思われる。
- (2) 構造物の接合部に関する安全性や健全性を求めるには 20 年以上の長期にわたるモニタリングが必要であるが、要求されるモニタリング期間を保証する計測装置や危険の予知までの実施を可能にするスマートセンシングの開発が急務とされている。

参考文献

- 【1】 「リミット型変位検出装置及び構造物等の健全性モニタリングシステム」特開 2018-4533 (2018.1.11)
- 【2】 N. Shimoi¹, T. Nishida¹, A. Obata¹, K Nakasho and C.Cuadra : Comparison of Displacement Measurements in Exposed Type Column Base Using Piezoelectric Dynamic Sensors and Static Sensors, American Journal of Remote Sensing, Vol.4, Issue5, pp23-32 (2016.9)