

## 破壊検知センサの開発 -センサの基本性能-

○近藤 司（函館高専）、カルピン（函館高専5年）、山田誠（函館高専）、川上健作（函館高専）、白井健二（日本大学）、松田順治（飛栄建設）

本研究の目的は、建造物の構造用部材の連結・接合部分が「破壊する可能性」を検知するセンサの開発と、それを用いて連結・接合部分の破断の危険性を監視できる技術を開発することである。提案するセンサは、外力がかかっている構造用部材に固定されたセンサ外部部材の変形過程で、脆性破壊した内部部材が、センサの外部に飛び出す構造により容易に視認可能である。本報告では引張破壊試験により、センサ形状に対する検知性能を明らかにした。

### 1. はじめに

建築物、橋、トンネルなどの構造用部材の連結・接合には溶接やリベット、ボルト・ナットなど様々な接合技術が用いられている。その接合部分の破壊はその建造物の損壊と密接に繋がっている。そのため、安全性の観点から、傷みを調べる必要があり定期的に検査を行わなければならないが、その検査方法には「打音検査」や「目視検査」がほとんどであり、特に打音検査は測定者のカンや熟練が必要である。さらに、一般に連結部分は高所または人間の目に直接触れにくい場所が多く、高所作業車を使った検査作業は時間と手間のかかる非効率的な作業であり、短時間で、かつ無人で24時間、接合部分の破断の危険性を検知し報知する技術が求められている。

本研究では、構造用機械材料の弾塑性に着目し、接合部分に働く張力に対して発生する機械的変形を検知し、その部分が破断する前にその可能性を、機械的信号を用いて視覚的に報知するセンサについて報告する。

### 2. 破壊検知センサ

図1に破壊検知センサを示す。センサは中空の第1部材とその中に挿入された第2部材および、両者間に嵌入されたばねにより構成されている。第2部材はその一端が第1部材に固定され、他端が固定されていない状態で第1部材と並列に設けられている。第1部材が機械的変形を起こしたときに第2部材には一端から他端に向かう方向の力が働くように構成されている。また、

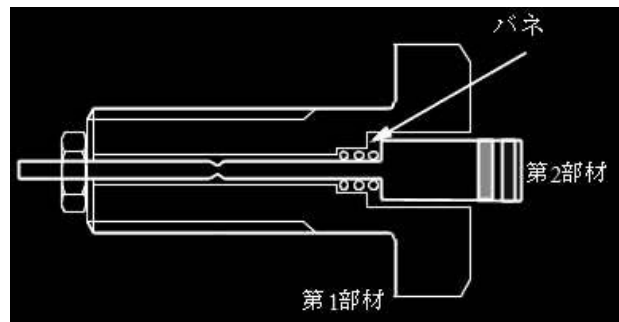


図1 破壊検知センサ

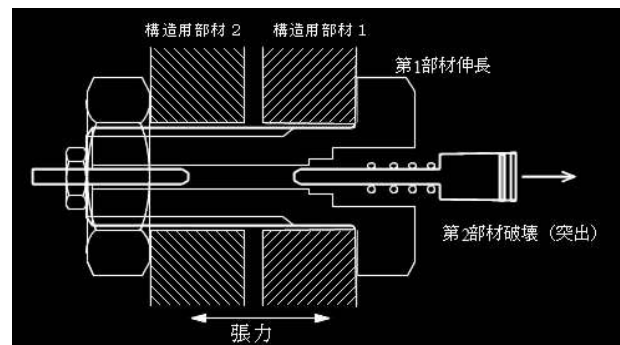


図2 破壊検知の利用形態

第2部材は、第1部材より脆性材料であり、一端から他端の途中の外周面に切欠きなどの応力集中部位を設けてある。

図2に提案する破壊検知センサの利用形態を示している。構造用部材の連結部に本センサが設置される。地震など突発的、または漸進的な変形力の作用によりセンサに張力が働き、センサの第1部材が引き伸ばされ変形すると、その後、第2部材にも変形力が作用する。第2部材は第1部材より脆性が大きいため、弾性変形量が少なく、また応力集中により、第1部材より早く破断する。破断した第2部材の一部はばねの反発力により第1部材

の外へ飛び出す。このままの変形力が作用する状態が続くと第 1 部材および連結部が破断に至る。このように、連結部の変形に伴う第 1 部材が変形し破壊に至る手前で第 2 部材が破断し、その危険性を検知・報知することが可能である。このセンサの感度は第 2 部材の切り欠き量に大きく依存する。そのため、切り欠き量に対する第 2 部材の破断特性を調べる必要がある。

### 3. 第 2 部材の破断特性

#### 3.1 第 2 部材の引張試験

本報では、第 2 部材の切り欠き量と破断時の伸び量の関係を調べることでセンサの感度を検証する。そのため、図 3 に示す試験片を作成し 3 種類の切り欠き量に対する破断荷重と伸び量を引張試験により実験した。第 2 部材は FC250 (引張強さ  $250\text{N}/\text{mm}^2$  以上) を採用した。実験状況を図 4 に示した。切り欠きをまたいで間隔 65mm の位置にダイヤルゲージを取り付け、変位量を実測した。

#### 3.2 実験結果

元の直径 6mm に対して、切り欠き形状をもつ部位の最小直径を切り欠き部直径とした。図 5 に切り欠き部直径と破断荷重の関係を示した。直径が大きくなるにつれ、大きな荷重で破断している。その関係はほぼ線形であった。引張強さは概ね  $300\text{N}/\text{mm}^2$  で、カタログ値を満たしていた。また、破断時の変形量もまた切り欠き部直径が大きくなると変形量は大きくなっており、その関係も線形である。今回の実験条件の範囲では、切り欠き量に対する破断荷重および変形量は推定可能であることがわかった。また、最も高い検知感度は切り欠き部直径 3.0mm (切り欠き量 1.5mm) でその変形感度は 0.05mm であった。すなわち、今回の第 2 部材の形状では、センサの設置箇所が変形し軸方向(引っ張り方向)に 0.05mm 変形すると、破壊の危険性を報知できると言える。

### 4. 結論

本報では、破壊検知センサの検知感度に重要な役割をもつ第 2 部材の破断特性に着目し、第 2 部材の切り欠き量に対する破断への影響を調べるために引張試験を行い、切り欠き量と破断荷重および破断時の変形量の関係を明らかにした。

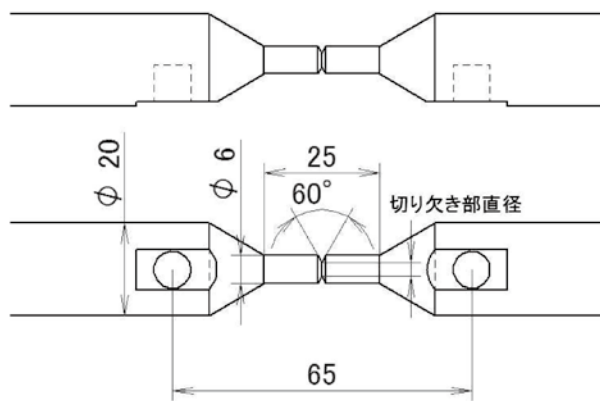


図 3 第 2 部材実験資料



図 4 実験状況

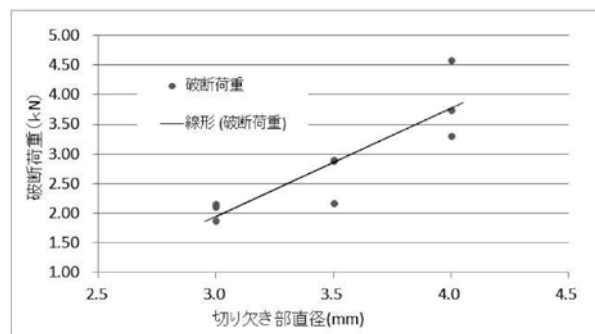


図 5 切り欠き量と破断荷重の関係

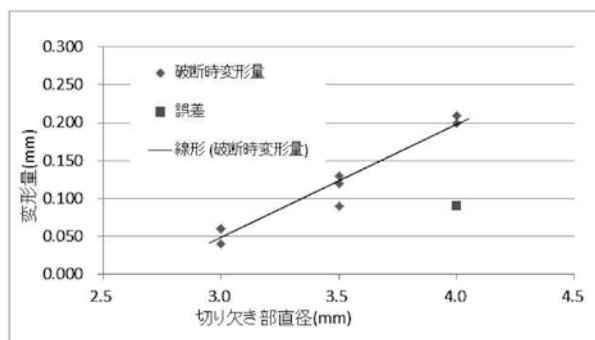


図 6 切り欠き量と変形量の関係