

破壊検知センサの開発 -せん断変形への対応-

○近藤司（函館高専），山田誠（函館高専），川上健作（函館高専），古俣和直（函館高専），
白井健二（日本大学），松田順治（飛栄建設），穴田椋介（メディック）

要旨

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。従来は、伸び変形に対して検知可能な破壊検知センサを報告した。本報告で提案するセンサは、せん断変形にも対応出来るように改良を行った。その原理およびその性能に関して報告した。

1. はじめに

道路橋は全国に70万橋、道路トンネルは1万本ある。そ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構造物そのもの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、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、構造用材料の弾塑性に着目し、接合部分に働く張力およびせん断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の開発を目的としている。本報告では、センサのせん断変形量に対する破壊感度について、報告した。

2. 破壊検知センサ

図1-1に伸び変形に対する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て、第1部材が軸方向に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、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いる。

図1-2に提案する破壊検知センサの利用形態を示して

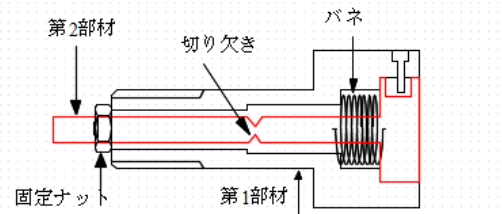


図1-1)破壊検知センサ 1

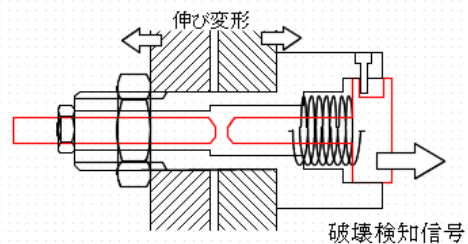


図1-2)破壊検知状況

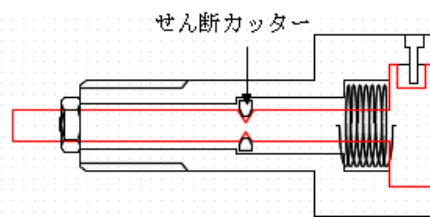


図2-1)破壊検知センサ 2

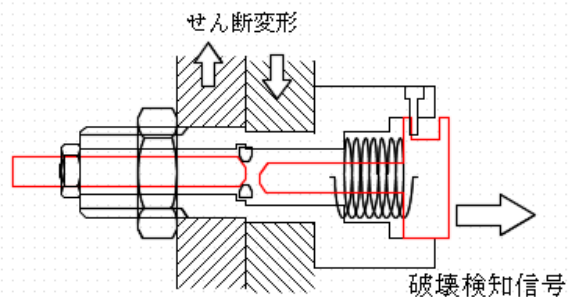


図2-2)破壊検知状況

いる。構造用部材の連結部に本センサがボルトの締め付けと同様な方法で設置される。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、弾性変形能が少なく、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部材の一部はバネの反発力により第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部材が設置している連結部が破断に至る。このように、連結部の変形に伴い、第1部材が変形し破壊に至る前で第2部材が破断し、その連結部が破壊する危険性を検知・報知することが可能である。

図2-1にせん断変形に対する破壊検知センサを示す。構造は図1-1と同じであるが、せん断変形により切り欠き部を押し開くカッターを円周に設ける。これにより、構造用部材の連結部に設置したセンサに対してせん断力（変形）が作用しても第2部材は切り欠き部で破断し、図1-2と同様に破断した第2部材の一部はバネの反発力により第1部材の外へ飛び出す（図2-2）。センサを図1-1から図2-1のように改良しても軸方向の変形に対して影響を及ぼさない、そのため軸方向の変形に加えてせん断方向の変形に対しても破壊検知が可能となる。図3にせん断カッターの断面形状を、図4に実物を示す。第2部材の切り欠き角度を60度として、カッターが食い込むことなく、軸方向に分断するように1.5Rの曲率をつけた。カッターは2分割することで第1部材と第2部材の間に組み込むようにした。

3. せん断破壊検知基礎実験

提案した破壊検知センサがせん断方向の変位に対して、どの程度の精度で作動するかを確かめるために基礎実験を行った。図5に実験装置を示した。第1部材に相当する装置本体の側面には第2部材を挿入させる穴がおり、第2部材をバネと一緒に挿入しナットで一端を固定する。装置本体のスリット部分からカッターを第2部材の切り欠きへはめ込み、それを対向する2つのせん断用圧子で押さえ込む。その2つの圧子を油圧バイスで挟み込み、カッターを介して第2部材にせん断力を与える。バイスの締め付け量はせん断変位量に対応するので、その締め付け量をダイヤルゲージで測定し、第2部材が破断するまでせん断力を与える。第2部材の材質は鋳鉄FC250を採用した。図6に実験状況を示した。

4. 実験結果

10本の試験片に対して、せん断変位量に対する破壊検知実験を行った。すべての試験片において、第2部材は破断し、バネの力によって装置の外へ飛び出し、破壊検知センサとして正常に動作することを確認した。図7に実験結果を破断に至ったせん断変位量を実験回数とともに示した。変位量0.13~0.22mm程度で第2部材は破断し、その標準偏差は0.03mm程度であった。このことから、今回の第2部材およびせん断カッターの設計形状ではおおよそ0.2mm程度のせん断変位でセンサが作動することを確認した。

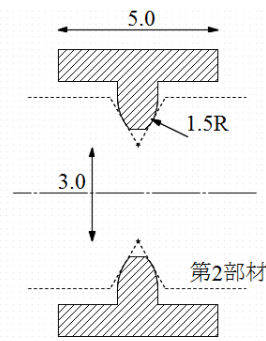


図3 せん断カッター断面図

図4 せん断カッター

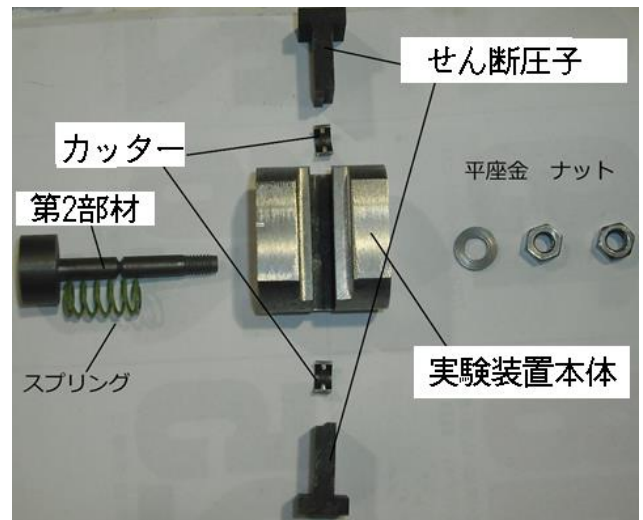


図5 せん断破壊検知実験装置図



図6 せん断破壊検知実験状況

実験回数	変位量【mm】	実験回数	変位量【mm】
1回目	0.22	6	0.19
2	0.18	7	0.21
3	0.15	8	0.18
4	0.18	9	0.14
5	0.15	10	0.13
平均値	0.173	標準偏差	0.0283

図7 せん断破壊検知実験結果