

圧電素子を用いた橋梁構造物の走行荷重による損傷同定の可能性について

大阪府立大学工業高等専門学校 総合工学システム専攻土木工学コース 正員 小幡 卓司
 大阪府立大学工業高等専門学校 総合工学システム専攻土木工学コース 学生員 西村 勇軌

1. まえがき

我が国の社会基盤構造物は、1965～1980年代のいわゆる高度成長時代に、非常に多くが建設・供用された。橋梁を例にとると、旧世代の木橋に対して、RC、PC橋や鋼橋は「永久橋」と呼ばれる時代もあったが、供用後30年～50年を迎えた今日、多数の損傷が発見され、補修補強、維持管理の強化、損傷の位置・程度の同定手法の開発は急務となっている。現在でも、検査法は目視や打音などが主流であり、点検講習による技術向上や、加速度測定などの新手法も提案されているが、ニーズを十分に満たしてはいない。このような背景から、本研究では安価で自己発電機能を有する圧電素子をセンサとして損傷同定システムを構築して実験行ってきた。本研究においては非常に簡単なスロットカーによる走行荷重実験を実施したので、その結果をするものである。

2. 圧電素子によるセンシング

圧電素子は、ひずみ（変形）を与えると電圧を発生する圧電効果と、電圧を加えるとひずみを生ずるといふ逆圧電効果を利用してセンサやアクチュエータとして利用されている^{1),2)}。本研究では、実験供試体の損傷状況を調べために圧電素子を自己発電機能によるひずみセンサとして応用することで、供試体の健全時および損傷時の発電量の変化を実験的に捉えて比較を行う。また、同時に加速度計による測定を実施して、両者の特性の差異などについて考察を試みる。

具体的な実験手法は、図-1に示すような桁長2400mm、全幅300mmの格子桁で、主桁には10mm×10mmの角パイプを使用した。また、走行荷重であるスロットカーを走らせるためにヒノキ製のレールを供試体上に取り付けた。レールには10mm×10mm×1000mmのヒノキ製角材を三本連結したものを二組使用し、この角材にアルミテープを張り付けることでスロットカーに電力を供給した。実験方法は、図-1のように圧電素子3個（Ⅰ～Ⅲ）と加速度計3個（圧電素子と同位置）を取り付け、走行帯にスロットカーを走行させ、強制加振し、圧電素子で発生した電圧と加速度を測定した。損傷に関しては、ボルト添接部を1箇所だけ設け、ボルトと添接板の状態を健全状態、損傷状態（片側ボルトを抜いた状態）、ボルトも添接板も外した破断状態の3種類の損傷を与えた。これらの状態で、走行荷重による圧電素子の発電量を比較し、その変化から損傷同定が可能か検討を試みた。写真-2に、損傷状態の一例を示す



写真-1 実験供試体

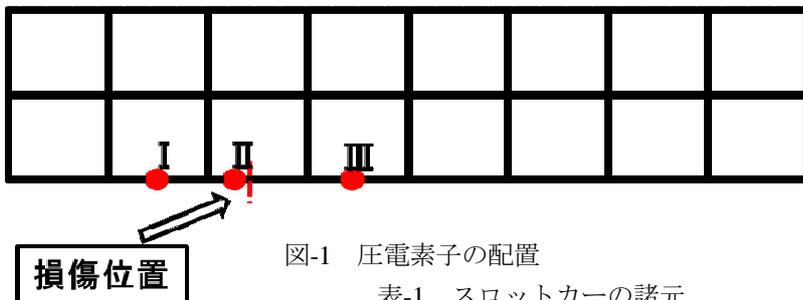


図-1 圧電素子の配置

表-1 スロットカーの諸元

重量[g]	サイズ[mm]	モータ性能
102	101×42×41	6V:4.5km/h
		9V:7.2km/h



写真-2 損傷状態

3. 解析結果とその考察

圧電素子の健全状態および破断状態の電圧波形とフーリエスペクトルを、図-2、図-3に示す。なお、圧電素子は瞬間接着剤を用いて部材に直接接着している。

キーワード 橋梁構造物, センシング, 圧電素子, 損傷同定

連絡先: 大阪府寝屋川市幸町 26-12 大阪府立大学工業高等専門学校 TEL&FAX:072-820-8588

図-2, 図-3 を比較すると, 健全状態では車両通過中において走行帯の段差部分を通じた際と考えられる時間に, 発電量が大きくなっている状況が認められ, 電圧の最大値を生じている時間はほぼ同一であることが分かる. これは, 健全状態において損傷が無ければ測定位置が多少変わっていてもほぼ同様のひずみが生じていることになり, 本研究のようなラフな走行荷重を用いても, 走行荷重による実験でも, 簡便に測定が可能であることを示している. 破断状態においては, 損傷箇所を設けた位置のII圧電素子の発電量が最大約0.18V程度であるのに対し, 他の位置の圧電素子の発電量の最大約1Vと, 発電量の最大値に差異が見受けられた. これは部材間の添接部を取り外したことで一本の桁が完全に分断されている状態になっており,

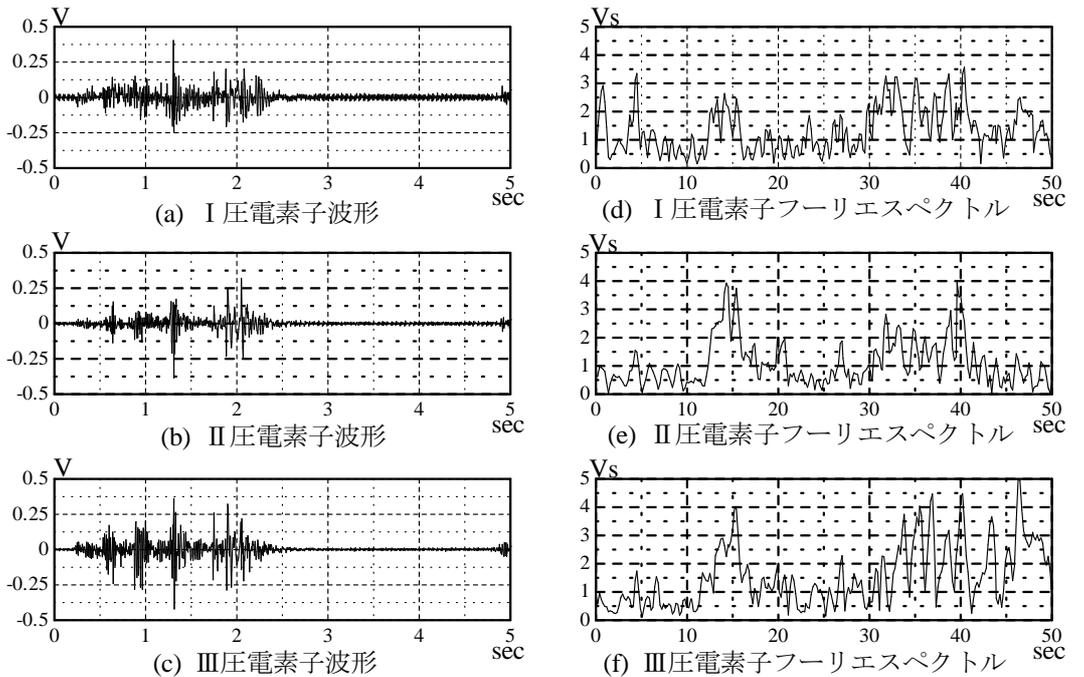


図-2 圧電素子波形とフーリエスペクトル (健全状態)

部材のたわみが他の部材に比べ異なることから, 発電量の減少が生じたと考えられる. また, 破断位置に車両が通過した際に電圧が最大になっていることは注目に値する. フーリエスペクトルは様々な振動が入り交ざっており判断しにくい, 5Hz付近と15Hz付近で卓越振動数が確認できる.

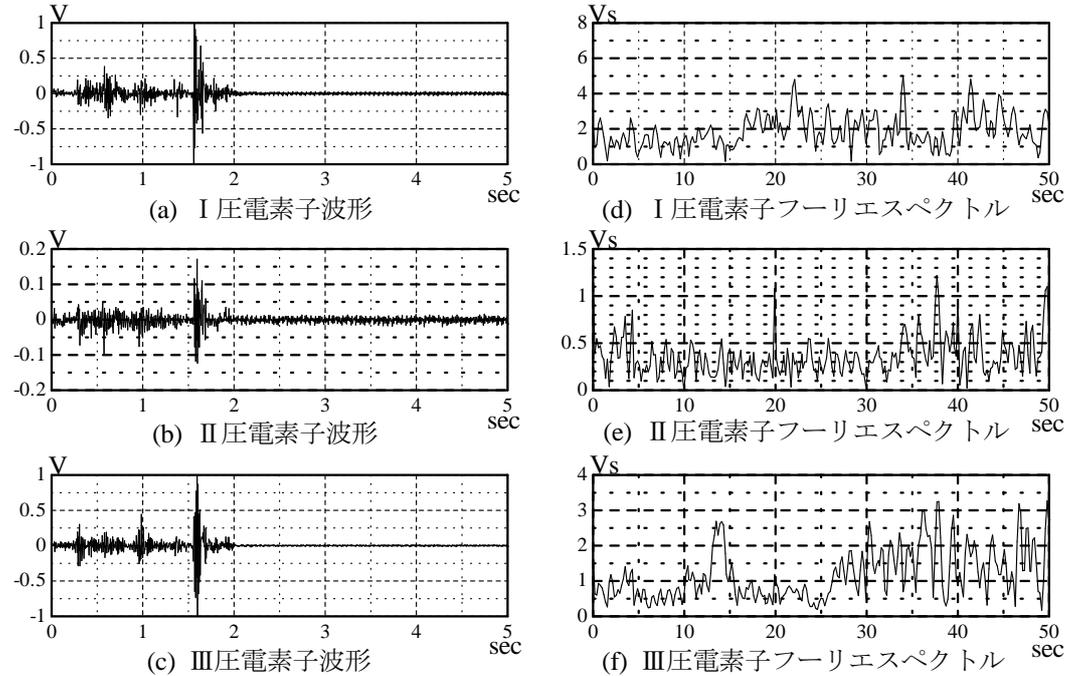


図-3 圧電素子波形とフーリエスペクトル (破断状態)

4. あとがき

以上のように, 簡便な走行荷重でも圧電素子による損傷同定は高い可能性を有することが判明した. したがって, 実橋においても, 常時微動や走行荷重による圧電素子を用いたセンシングは, 充分可能であると考えられる.

【参考文献】

- 1) 奥川雅之, 佐々木実: 圧電素子を用いたセルフセンシング梁構造のシステム同定と制御系設計, 日本機械学会, Dynamic and Design Conference 2000, CD-ROM 論文集, No.729, 2000年9月.
- 2) 大島和彦: 圧電素子のセルフセンシング・アクチュエーションとその応用, システム/制御/情報, 日本システム情報学会, Vol.44, No.5, pp.281-288, 2000.