インテリジェントマテリアルによる基礎構造物の損傷検知手法の開発
（その１　圧電デバイス）

埼玉大学　正会員○齊藤　正人，川上　英二
埼玉大学　理工学研究科博士前期課程　非会員　田村　真一
鉄道総合技術研究所　正会員　西岡　英俊，渡辺　健治，村田　修

１．はじめに

地上構造物を支える基礎構造物の維持管理において，地震や洪水などの自然災害による基礎部材の損傷の有無や程度を把握することは，それ自身が地中に存在するため，気中にある地上構造物と比べて格段に困難である．これまでに，基礎部材の損傷状態を評価する手法として，ＡＥ法，超音波法等の非破壊検査法が研究，開発されてきた．しかし，センサー等の検査装置を取り付けるための大掛かりな掘削作業を伴うため，コスト面に問題があり，また，損傷箇所・程度の高精度な評価はいまだ困難な状況にある．このように，既設構造物の基礎に関する損傷評価の困難さを鑑みれば，今後建設される構造物基礎の損傷評価に関して何らかの方策を取る必要がある．そこで本研究では，新設構造物を対象に，基礎構造物に損傷検知機能を付与させて，損傷程度や損傷箇所を掘削作業せずに評価する方法についての基礎的な研究を実施している[1)]．さらに，検査コストや手間を大幅に低減させるために，構造物自身が損傷を検知し，その情報を管理者に報知するようなインテリジェントシステムの構築を行っている．その研究の一環として，現在，圧電材料を利用した損傷検知用の圧電デバイスを開発している．圧電材料とは，物体に変形を与えると電気分極を生じひずみに比例した電圧が発生する性質を有する材料の総称である．この圧電材料からなるデバイス（以下，圧電デバイスと呼称）を基礎部材に埋め込み，部材の損傷により材料自らが発する電荷を計測すれば，その部材の損傷状態を評価することが可能になると予想される．本研究では，圧電デバイスの基本的特性を把握するため，RC 梁の供試体に圧電デバイスを埋め込み，コンクリートの損傷程度（塑性率）と圧電デバイスからの出力特性の相関性について評価すると共に，良好な相関を得るための必要条件を検討した．

２．模型実験の概要

圧電材料には施工性の高い高分子圧電材料（PVDF：ポリフッ化ビニリデン）を使用した．この圧電材料は通常フィルム状に加工されている．この圧電フィルムにひずみが生じると電気分極が生じ，圧電フィルムの表裏面に電位差が生じる仕組みである．この圧電フィルムを円筒形に加工し，その両極（表裏面）に導電性ケーブルを取り付けた後，ポリアセタール(POM)でカプセル化した(**図-１**)．カプセル化した理由は，コンクリート材料の強アルカリに対する圧電材料への保護効果に加えて，圧電材料の変形モードを固定し，微小クラック等の局所的な変形に伴う電圧の過剰応答を抑制させることにより，発生電圧と損傷程度に良好な相関性を持たせるためである。本実験においては，圧電デバイスの寸法が損傷検知の精度に及ぼす影響を把握するために，圧電デバイスの長さを３種類（type1: 100mm, type2: 200mm, type3: 300mm）を設定した．

図-１ 圧電デバイスの写真（300㎜長の場合）

図-２に RC 供試体と圧電デバイスの配置に関する概要を示す．供試体寸法は，幅 300mm，高さ 200mm，長さ 2000mm である．圧電デバイスは引張側最外縁から 500mm の引張主鉄筋近傍に配置した．本実験は本

キーワード　インテリジェントマテリアル，圧電材料，ポリフッ化ビニリデン，基礎，非破壊検査法
連絡先　〒338-8570 さいたま市桜区下大久保 255　埼玉大学工学部建設工学科　℡048-858-3560

供試体による３点曲げ試験であり，載荷方法は一方向の繰り返し載荷である．圧電デバイスから出力された電荷は，エレクトロメータ（電荷量測定器）により逐次計測を行った．

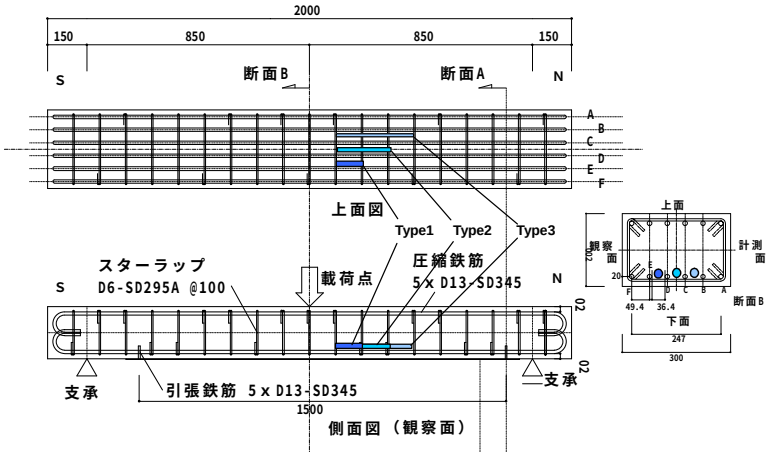

図-２ RC 供試体と圧電デバイスの配置図

３．実験結果とまとめ

図-３に RC 梁供試体中央位置における鉛直変位と載荷荷重の履歴を示す．また**図-４**には，圧電デバイス type1（長さ 100mm）から出力される電圧値（電荷量をデバイスの静電容量で除して換算）と梁供試体の変位（損傷）の関係を示す．圧電デバイス type2（長さ 200mm）の結果については割愛するが，圧電デバイス長 200㎜ 以下のケースでは，**図-４**に示すように，梁供試体の損傷程度とデバイスからの発生電圧には，良い相関は見られない．また，**図-３**に示す荷重－変位関係の各履歴ループの最大変位（●）と発生電圧にも良好な相関は見られない．一方で，圧電デバイス type3（長さ 300mm）のケースでは，**図－５**に示すように，梁供試体の変位（損傷）の増加に伴い圧電デバイスからの発生電圧は増加する傾向が見られ，良好な相関関係が確認できる．また，荷重－変位関係の各履歴ループの最大変位（●）と発生電圧にも良好な相関を見ることができる．デバイスの長さの違いによって相関性に相違が生じる理由として，圧電デバイス長 200㎜ 以下のケースでは，圧電デバイスがクラック－クラック間に位置してしまい，クラック後に応答が励起されにくい状態となることが推察される．一方で，圧電デバイス type3（長さ 300mm）のケースでは，圧電デバイスがクラックを跨ぐ位置に存在するため，クラックひずみに応じて応答が励起されていると考えられる．

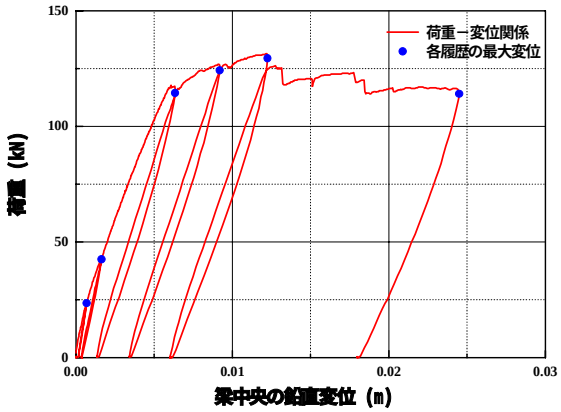

図-３ RC 供試体中央位置の鉛直変位と載荷荷重の履歴

以上の検討から，コンクリートの損傷程度（引張側）と圧電デバイスからの出力には良好な相関性が期待できること，またその必要条件として，圧電デバイスの長さを構造部材に生じるクラック－クラック間隔以上にすることを明らかにした．なお，本研究は（財）鉄道総合技術研究所と埼玉大学の共同研究の成果の一部をまとめたものである．

参考文献　1)　西岡英俊，渡辺健治，齊藤正人，村田修，川上英二：インテリジェントマテリアルを利用した基礎構造物の損傷検知手法の提案，地盤工学会誌　土と基礎，Vol.51, No.11, pp17-19. 2003.11.

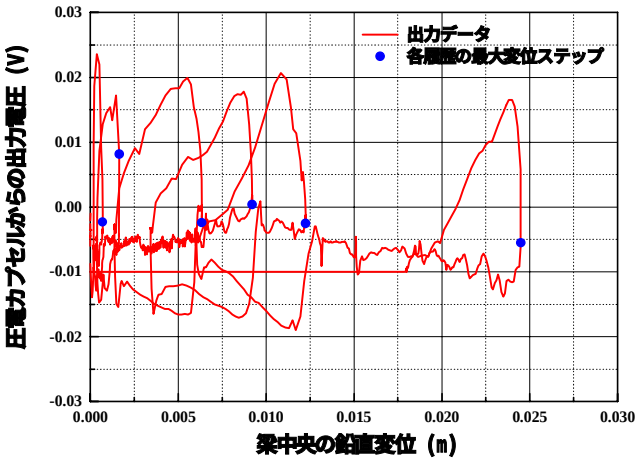

図-４ 圧電デバイス長 100㎜ のケースにおける梁の変位量と出力電圧の関係

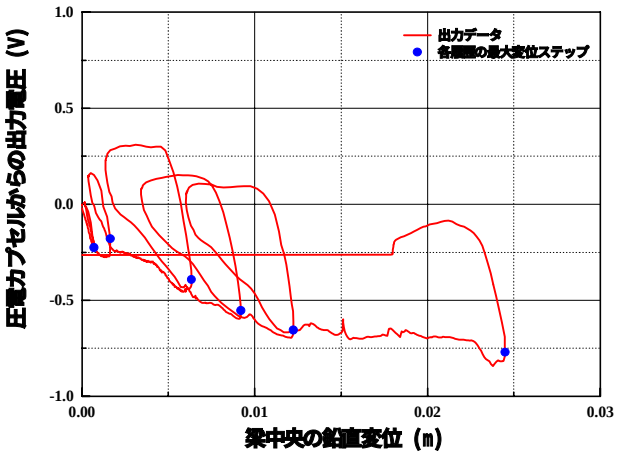

図-５ 圧電デバイス長 300㎜ のケースにおける梁の変位量と出力電圧の関係