

# 動ひずみ計のローパスフィルターがひずみ波形に及ぼす影響

石丸和宏\* 汐満将史\*\* 山野辰則\*\*\*

## Influence of a Low Pass Filter on a Dynamic Strain waves

Kazuhiro ISHIMARU, Masashi SHIOMITU, Tatsunori YAMANO

### ABSTRACT

The purpose of this paper is to investigate the influence of a low pass filter (LPF) of a dynamic strain amplifier on the strain waves. For measuring the dynamic strain of a structural member, LPF is set up to improve the dynamic strain waves, but it is not always the case that using LPF improve the waves. In this study, a dynamic test for an acrylic plate was conducted on a specimen bonded with a piezosensor and a wire strain gauge at the same position. As a result, using LPF cause a time lag in comparison with piezosensor's output.

**KEY WORDS:** dynamic amplifier, low pass filter, LPF, strain, piezosensor

### 1. はじめに

兵庫県南部地震, 新潟県中越地震などの直下型地震では, 多くの構造物が被害を受けたが, 新幹線や高速道路の RC 橋脚などにおいて横揺れのみでは説明のつかない衝撃的な力を受けたと思われる破壊形式が確認されている[1]. 構造物を地震から守るためには, それらの破壊した構造物がどのような力を受け, 破壊に至ったのか正確に調べる必要があると考える.

構造物が受ける力を調べるには構造部材に直接ひずみゲージ等を貼り付け, 計測することが一般的である. 現在, 著者ら[2]は, 大阪市立大学の建物竣工時にひずみゲージを部材に貼り付け, ひずみ計測装置および加速度センサーを設置し, 常時観測を行っている. このシステムは高額であるため, 様々な構造物にそのシステムを設置し, 汎用的に常時観測することは難しい. 著者らは, 様々な構造物の常時観測をするために, 上記計測方法とは異なるピエゾセンサーを用いた簡易で安価なひずみ計測システムの開発を行ってきた[3]. こ

の方法は, 部材にひずみゲージとピエゾセンサーを貼り付け, 打撃による衝撃や振動を与え, そのセンサーの有効性を調べるものであるが, 問題点として, ひずみ波形のノイズを除去するためのローパスフィルター(以下, LPF)がひずみ波形に影響を与え, ピエゾセンサーから得られる波形と時間のずれが発生することがわかった.

本研究では, 従来の地震動を受ける構造物から衝撃的な力を受ける際の領域までのひずみ速度を発生させることのできる装置を開発するとともに, その装置を用い, 動ひずみ計の LPF がひずみ波形に及ぼす影響を調べ, 今後のひずみ計測システム開発に必要な基礎的データを得るための実験を行った.

### 2. 実験概要

#### 2・1 実験装置

本研究では, 様々な振動数における供試体のひずみを計測するため, 周波数を変化させることができ, かつ一定の周波数で規則的に振動させることができる装置を開発した(図 1). その装置は, 正弦波を発生させる

\*都市システム工学科 \*\*筑波大学 \*\*\*日本ゼニスパイプ(株)

波形発信器, それを増幅するアンプ, 入力信号を振動として出力するスピーカー(写真 1), そしてそのスピーカーの振動を受け, 振動するアクリル板で構成されている. これにより, 従来の地震による水平動である数 Hz のひずみ速度から, 衝撃的な力を受けた場合のひずみ速度まで, 自由にひずみ速度を変化させることができる. 各装置の概要は次の通りである.

- ・発信機 : 設定した一定の周波数を出力する.  
418B 形 RC 発信器(菊水電子工業株式会社)  
発信周波数: 10Hz~1MHz  
出力インピーダンス: 600Ω±10%以内  
出力波形: 正弦波及び方形波



写真 1 波形発信器

- ・アンプ: 発信機より送られてきた振動を増幅させる.  
P-2200(ヤマハ株式会社)  
周波数範囲: 20Hz~20kHz  
出力電力: 300W

- ・スピーカー(写真 1): 6F-1W(CORAL)  
インピーダンス: 8Ω, 最大入力電力: 70W

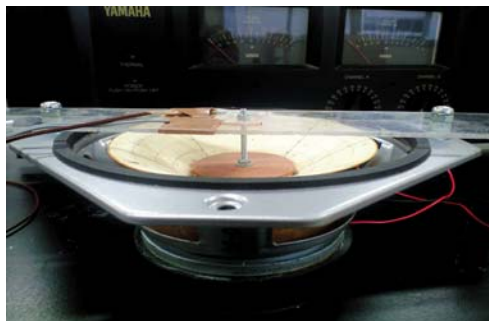


写真 2 スピーカー

## 2・2 振動実験

LPF がひずみ波形に及ぼす影響を調べるため, 動ひずみ計と市販チャージアンプを用い, チャージアンプの LPF の設定は常に W/B(pass)とし, 動ひずみ計の LPF を変化させてひずみの計測を行った. ひずみゲージとピエゾセンサーが同じひずみを計測するために, 薄いアクリル板に隣接して貼り付け, それをスピーカーに両端固定し, スピーカー中心部の振動がアクリル板の中央と連動するようにした. 発信機の信号(正弦波)をアンプで増幅し, スピーカーを一定の周波数で振動させ, ひずみを計測する.

発信機・アンプを用いることにより自在に周波数を変え, 一定の周波数でアクリル板を振動させ続けることができる.

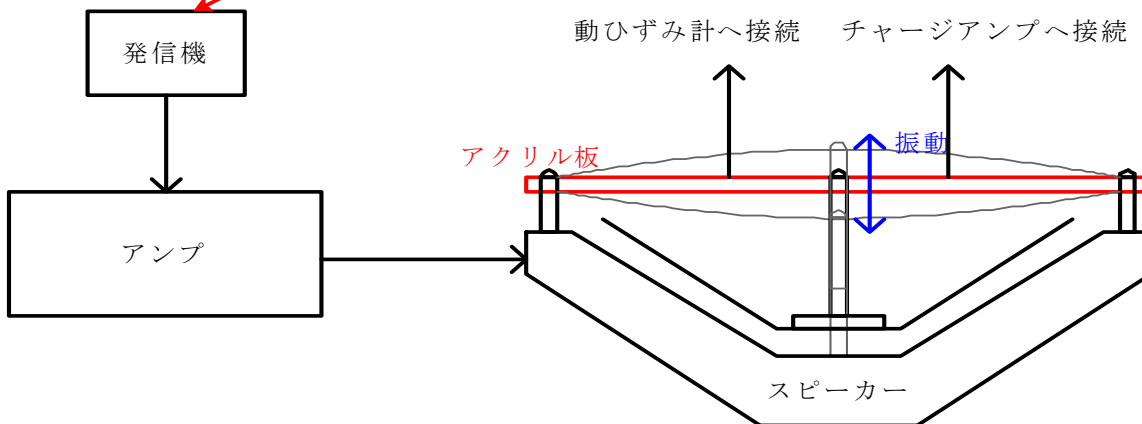


図 1 実験装置概略図

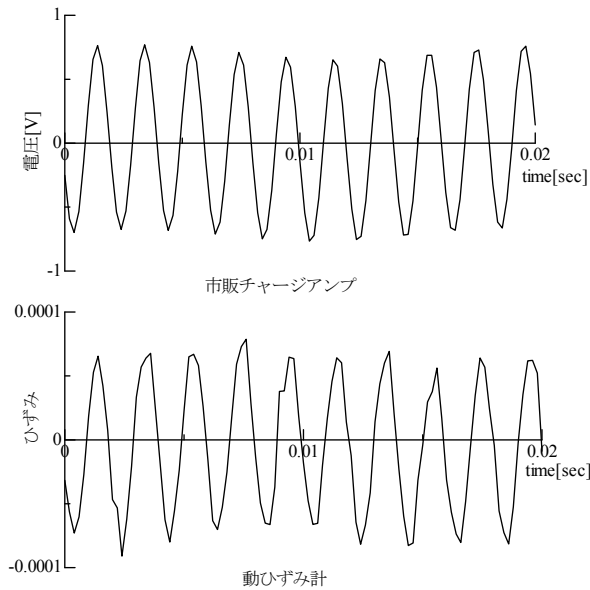


図2 500Hzのひずみ応答図(LPF pass)

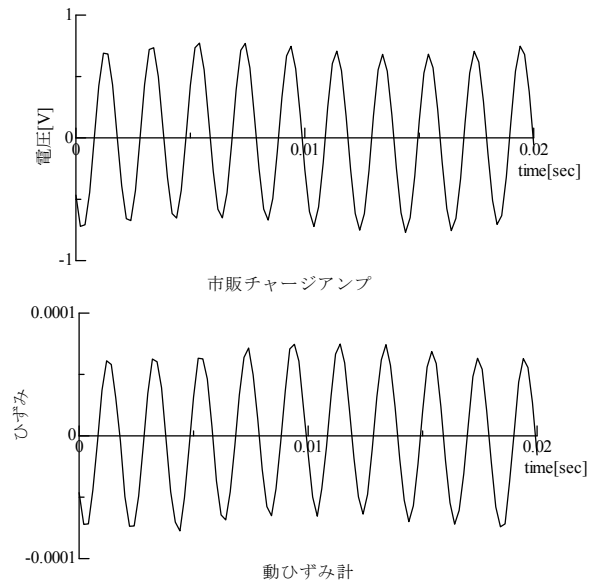


図4 500Hzのひずみ応答図(LPF 10kHz)

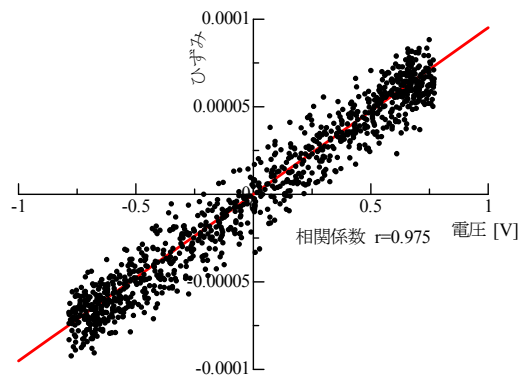


図3 500Hzの相関図(LPF pass)

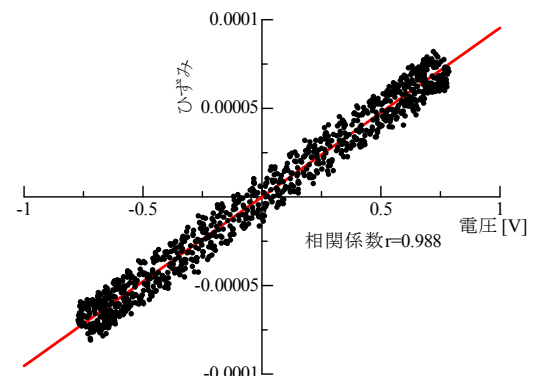


図5 500Hzの相関図(LPF 10kHz)

実験は、発信機の周波数を500Hz(ひずみ振動の周波数500Hz)とし、動ひずみ計のLPFをpass, 10kHz, 3kHz, 1kHz, と変化させ、サンプリング周波数を5kHzでデータ収集した。

動ひずみ計のLPFの設定をpass(フィルター無し)の場合のひずみ応答図を図2に示す。図中の2つのグラフにおいて横軸は時間[sec]であり、市販チャージアンプの縦軸は電圧[V], 動ひずみ計ではひずみを示している。応答図より動ひずみ計とチャージアンプからそれぞれ得られるひずみ波形はほぼ同様であることがわかる。この2つの波形の相関関係を調べるため、横軸にチャージアンプの出力電圧、縦軸にひずみをとった相関図を図3に示す。図において、1つの点は同時刻のひずみと出力電圧であり、すべての点の相関係数を求めると0.975であった。次に、10kHz以上のノイズを除去するために、動ひずみ計のLPFを10kHzとした場

合の図を図4に示す。2つの図を比較するとほぼ同様であり、これはLPFをpassの場合に比べると、若干図の山、谷の箇所でなめらかになっているように見える。図5より相関係数を求めると0.988であり、LPFの設定をpassにした場合より高い相関があることがわかる。また、最小二乗法より求めた原点を通る直線に対し、ばらつきが少なくなっている。さらにLPFを3kHzに設定した場合を図6に示す。先ほどと同様に2つの波形に大きな違いは見られないが、図7に示すように相関係数を調べると0.978であった。この値はLPFを10kHzより低い値である。図7の相関図において、ばらつきが減っているが、楕円を描くような点の集まりとなっている。この楕円は応答に位相のずれがあると見られる現象である。さらにこの現象を確認するため、LPFを1kHzとした場合を図8、相関図を図9に示す。相関係数は0.822であり、先ほどより係数が低くなっ

