

## 常時微動測定による福井市の学校建築振動特性 データベースの構築

野 路 利 幸\*・安 井 讓\*\*・山 岸 邦 彰\*\*\*

### Compilation of Dynamic Characteristics Data of School Buildings in Fukui City Based on Microtremor Measurements

Toshiyuki NOJI, Yuzuru YASUI and Kuniaki YAMAGISHI

Microtremor measurements at seven elementary schools were carried out in order to compile dynamic characteristics data of school buildings in Fukui City. The results showed that the primary order natural frequencies of span direction were 3.2-4.1Hz and those of longitudinal direction were 3.6-4.2Hz. The ratio of  $f$  to  $f_0$  ( $f$ : natural frequency of interaction system,  $f_0$ : natural frequency of upper structure system) were 0.64-1.0. Predominant frequencies of the site ground were also obtained.

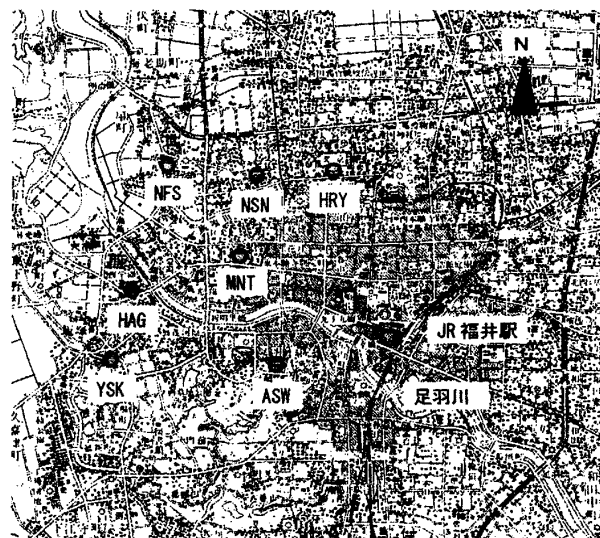
#### 1. はじめに

建物の長期にわたる維持保全をはかるために、建物剛性や振動特性の経歴を把握しておくことは、ヘルスマニタリングの一手段として有効である。特に、学校建築などの公共建築では、万一地震被害を受けた場合の建物の健全性や被災度を判断するための基礎資料、および、復旧対策の確認資料として、通常状態の建物の振動特性を把握しておくことが重要と考える。

本研究はこうした観点から、福井市内に建つ学校建築を対象に常時微動測定を行い、振動特性データベースを作成することを目的とする。本報告では、第1ステップとして7つの小学校についての振動測定結果を報告する。

#### 2. 振動測定概要

図1に測定建物の位置を示す。測定した小学校は7校で、2005年11～12月に HRY、HAG、MNT の3小学校を、2006年7～8月に ASW、NFS、NSN、YSK の4小学校を、各2回ずつ



「国土地理院発行の5万分の1地形図（福井）」を縮尺

図1 測定位置図

\* 建設工学科建築学専攻 \*\* 建設工学科土木工学専攻 \*\*\* 三井住友建設株式会社

日を分けて測定した。対象とした校舎は3階建以上である。

図2に測定概要図を示す。測定は5台のポータブル振動計 (GPL-6A3P) を用いて、1棟あたり校舎内6ヶ所、周辺地盤1ヶ所で加速度を測定した。測定方向はNS方向 (張間)、EW方向 (桁行)、UD方向 (上下) の3成分である。サンプリング時間は  $\Delta t=0.01$  秒、測定時間は原則として10分間とした。

各振動計はGPSによって同期をとった。測定した

加速度波形をFFT解析し、建物各位置、地盤のフーリエスペクトルおよびそれらの間のスペクトル比を求めた。解析条件は  $N=2048$ 、 $T=20.48$  秒、バンド幅  $0.2\text{Hz}$  の Parzen ウィンドウで、解析は15波について行い、その平均をとった。

### 3. 校舎概要および測定結果

(1) HRY 測定対象の校舎は、北棟[西・中]、北棟[東]、南棟の3棟で、各棟ともRC造3階建である。北棟[西・中]は、西側が昭和40年、中央部が昭和42年の竣工で、一体の構造である。近年耐震補強が実施されている。北棟[東]は昭和43年竣工で、北棟[西・中]とは構造的に分離されている。南棟は昭和43年竣工である。杭長は、南棟に隣接する2階建の管理棟で  $L=26\text{m}$  である。図3にフーリエスペクトル比の例として北棟[西・中]について3F/GL、3F/1Fを示す。こ

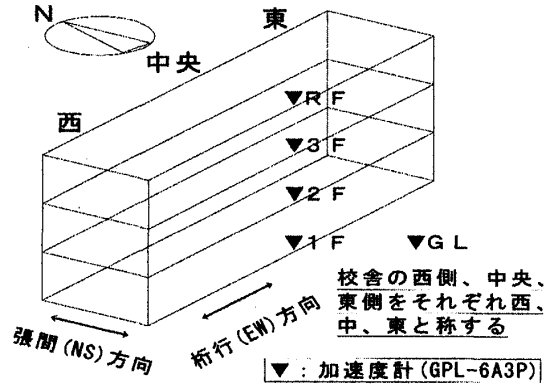


図2 測定概要

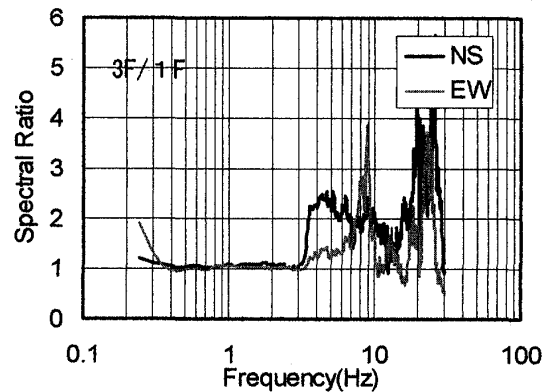
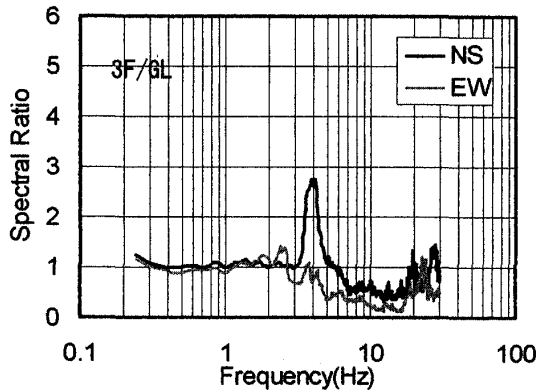


図3 スペクトル比 (HRY 北棟 [西・中])

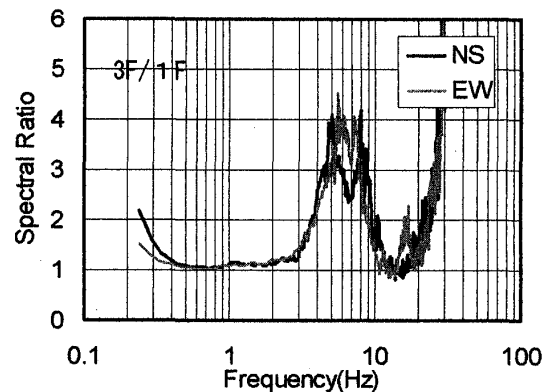
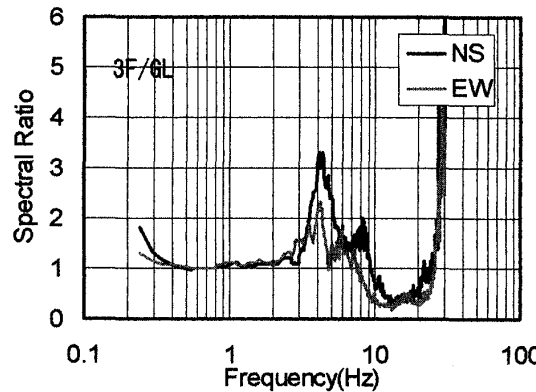


図4 スペクトル比 (HAG 中棟)

ここで、3F/GLは「上部構造+スウェイ+ロッキング」から成る全体系の振動性状を、3F/1Fはスウェイ成分を除いた「上部構造+ロッキング」（ここでは上部構造系と称する）の振動性状を表すものとみなす。波形解析結果から、全体系については、NS（張間）、EW（桁行）とも4Hz前後に1次のピークを示すものが多い。上部構造系については、北棟[西・中]を除いて、NSで4～5Hz、EWで6～7Hzにピークを示す。北棟[西・中]のEWでは耐震補強による剛性の増大の影響が出ているものと推測される。

(2) HAG 測定対象の校舎は、中棟、南棟の2棟で、各棟ともRC造3階建である。中棟は西側が昭和40年、中央部が昭和49年、東側が昭和56年の竣工で、一体の構造となっている。南棟は西側が昭和50年、東側が昭和53年の竣工で、構造的に一体である。杭長は $L=31\sim35\text{m}$ である。図4に中棟のフーリエスペクトル比を示す。波形解析結果から、全体系については、NS、EWとも約4Hzに1次のピークを示す。上部構造系については、NSで5Hz、EWで6Hz前後にピークを示す。

(3) MNT 測定対象校舎は、北棟、管理棟、南棟の3棟で、各棟ともRC造3階建である。北棟は西側が昭和45年、東側が昭和49年の竣工で、一体の構造である。管理棟は昭和53年の竣工であり、南棟は平成元年竣工である。杭長は各棟とも $L=35\text{m}$ である。図5に管理棟のフーリエスペクトル比を示す。波形解析結果から、北棟、南棟では、全体系についてはNSで3.2～3.3Hzに1次のピークを示し、EWでは顕著なピークを示さない。上部構造系についてはNSで5Hz、EWで6～7Hzである。他方、管理棟は全体系で他の校舎と比べて高い振動数を示す。これは同

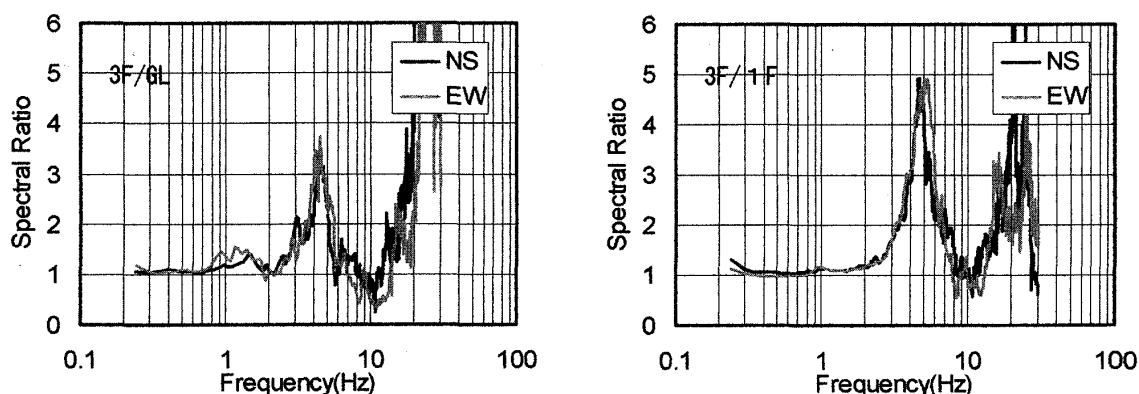


図5 スペクトル比(MNT 管理棟)

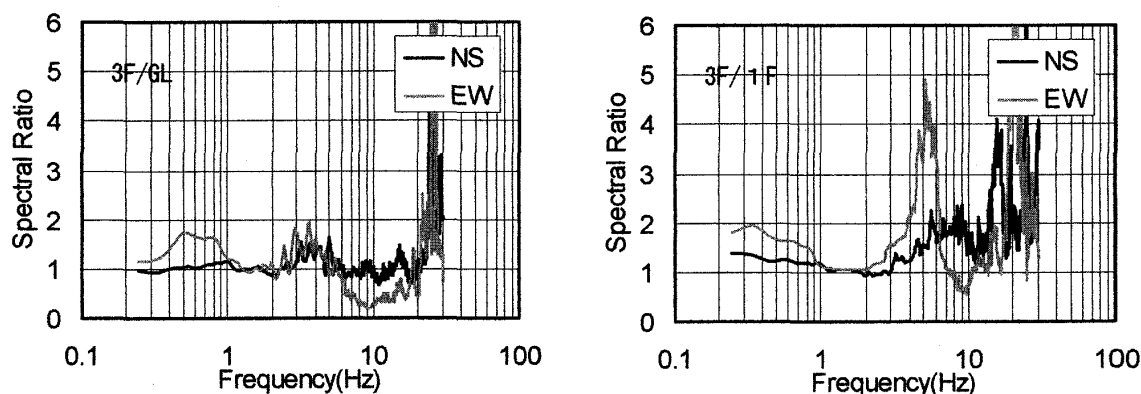


図6 スペクトル比(ASW 北棟)

時期に施工した隣接の昇降口棟の影響によるものと推測される。

(4) ASW 測定対象校舎は、北棟、中棟、南棟の3棟で、各棟ともRC造3階建である。北棟は昭和43年竣工で、後に平屋の昇降口棟および3階建一部平屋の教室・給食室が増築されている。これらは構造的には一体である。南棟は昭和46年竣工、中棟は西側が昭和48年竣工、東側は不明である。杭長は $L=26\sim 31\text{m}$ である。図6に北棟のフーリエスペクトル比を示す。波形解析結果から、全体系についてはNSで $4.0\sim 4.2\text{Hz}$ 、EWで $3.6\sim 4\text{Hz}$ にピークを示す。上部構造系についてはNS、EWとも約 $5\text{Hz}$ にピークを示す。

(5) NFS 測定対象校舎は、北棟、南棟[東]、南棟[西]の3棟で、各棟ともRC造3階建である。竣工は、北棟が平成3年、南棟[東]が昭和49年、南棟[西]が昭和62年である。南棟[西]と[東]は構造的に分離されている。杭長は $L=36\sim 38\text{m}$ である。図7に北棟のフーリエスペクトル比を示す。全体系についてはNSで $4\sim 4.2\text{Hz}$ 、EWで $4\text{Hz}$ 弱にピークを示す。上部構造系についてはNSで約 $5\text{Hz}$ 、EWで $5\sim 6\text{Hz}$ にピークを示す。

(6) NSN 測定対象校舎は、北棟、南棟[西]、南棟[東]の3棟で、各棟ともRC造3階建である。竣工は、北棟が昭和57年、南棟[西]が昭和51年、南棟[東]は不明である。杭長は $L=36\sim 37\text{m}$ である。図8に北棟のフーリエスペクトル比を示す。波形解析結果から、全体系については地盤-建物相互作用の影響により大きな減衰性を有し、NS、EWとも明確なピークを示さない。上部構造系については北棟のNSを除き両方向とも $5\sim 6\text{Hz}$ にピークを示す。なお、北棟のNSは昇降口部(1階建)の影響によりロッキング成分が小さいため高い振動数を示すものと考えられる。

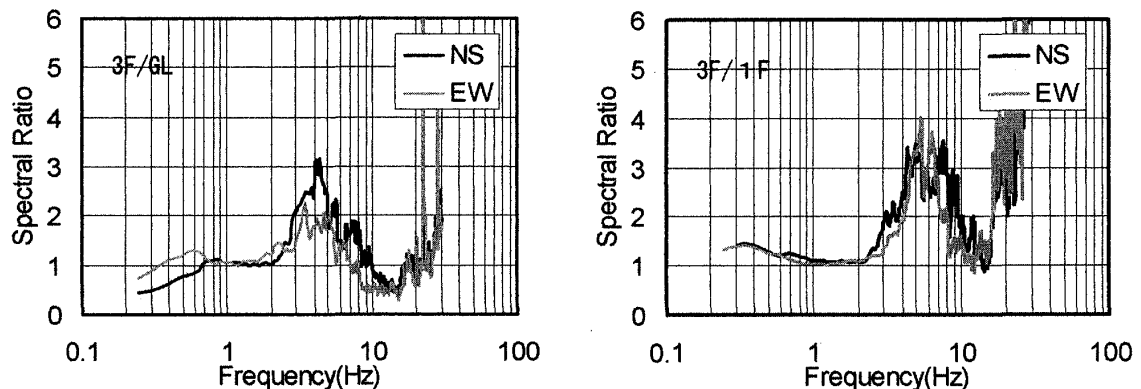


図7 スペクトル比(NFS北棟)

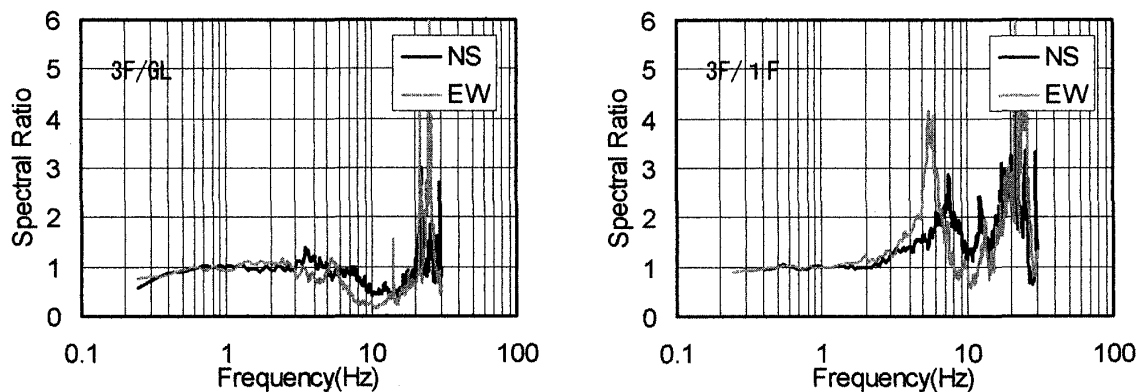


図8 スペクトル比(NSN北棟)

(7) YSK 測定対象校舎は、北棟[西]、北棟[東]、南棟、特別教室棟の4棟で、各棟ともRC造3階建である。竣工は、北棟[西]が昭和38年、北棟[東]が昭和40年、南棟西側が昭和47年、南棟中央が昭和49年、特別教室棟は昭和53年である。杭長は $L=28\text{m}$ である。図9に北棟[東]のフーリエスペクトル比を示す。全体系についてはNSで $3.5\sim 4\text{Hz}$ にピークを示すが、EWでは顕著なピークを示さない。上部構造系についてはNS、EWとも $5\sim 6\text{Hz}$ にピークを示す。

#### 4. 測定結果のまとめ

表1に各校の1次振動数の一覧を、図10に全体系1次振動数 $f$ と上部構造系1次振動数 $f_0$ の関係を示す。NS(張間)では、全体系で $3.2\sim 4.2\text{Hz}$ 、上部構造系で $4.5\sim 7.5\text{Hz}$ であり、 $f/f_0$ は $0.64\sim 1.0$ に分布する。他方、EW(桁行)では、全体系で $3.6\sim 4.2\text{Hz}$ 、上部構造系で $5.0\sim 8.5\text{Hz}$ であり、 $f/f_0$ は $0.65\sim 0.86$ に分布する。

#### 5. 敷地地盤の卓越振動数

図11に敷地地盤のH/Vスペクトル比を測定時期ごとに示す。これらの結果、各敷地地盤は1.3

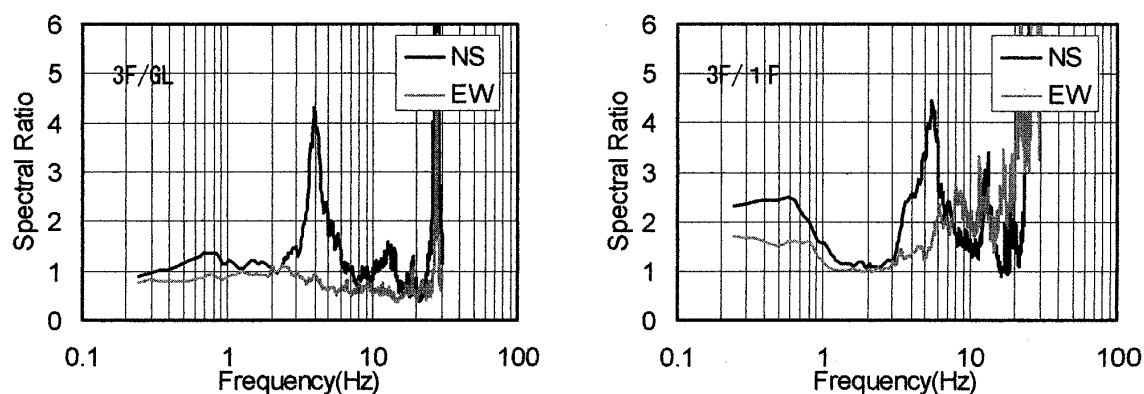


図9 スペクトル比(YSK北棟[東])

表1 各校の1次振動数

学校	校舎	NS(張間)			EW(桁行)		
		$f(\text{Hz})$	$f_0(\text{Hz})$	$f/f_0$	$f(\text{Hz})$	$f_0(\text{Hz})$	$f/f_0$
HRY	南棟	3.9	5.0	0.78	4.0	6.0	0.67
	北棟・東	4.1	4.5~5	0.8~0.9	4.2	6.5	0.65
	北棟・西中	4.0	4~5	0.8~1.0	—	8.5	—
HAG	南棟	4.0	5.0	0.80	4.1	5.8	0.71
	中棟	4.1	5.0	0.82	4.1	6.0	0.68
MNT	南棟	3.2	5.0	0.64	—	7.0	—
	北棟	3.3	5.0	0.66	—	5.9	—
	管理棟	4.4	4.6	0.96	4.4	5.1	0.86
ASW	北棟	4.0	—	—	3.6	5.1	0.70
	中棟	4.2	約5	0.84	約4	5.0	0.80
	南棟	4.2	5.0	0.84	3.7	5.0	0.74
NFS	北棟	4.2	約5	0.84	3.7	5.2	0.71
	南棟・西	4.2	4.9	0.86	3.8	5.6	0.68
	南棟・東	約4	5.0	0.80	—	6.0	—
NSN	北棟	—	7.5	—	—	5.6	—
	南棟・西	—	5~6	—	—	5.8	—
	南棟・東	—	—	—	—	5.3	—
YSK	北棟・西	3.8	5.5	0.69	—	約6	—
	北棟・東	4.0	5.7	0.70	—	—	—
	南棟	3.8	5.8	0.66	—	5.4	—
	特別教室棟	3.5	5.5	0.64	—	5.2	—

注1  $f$ : 全体系の1次振動数(Hz)、 $f_0$ : 上部構造系(上部構造+ロッキング)の1次振動数(Hz)

注2 YSKの特別教室棟は、NS(張間)が東西方向、EW(桁行)が南北方向

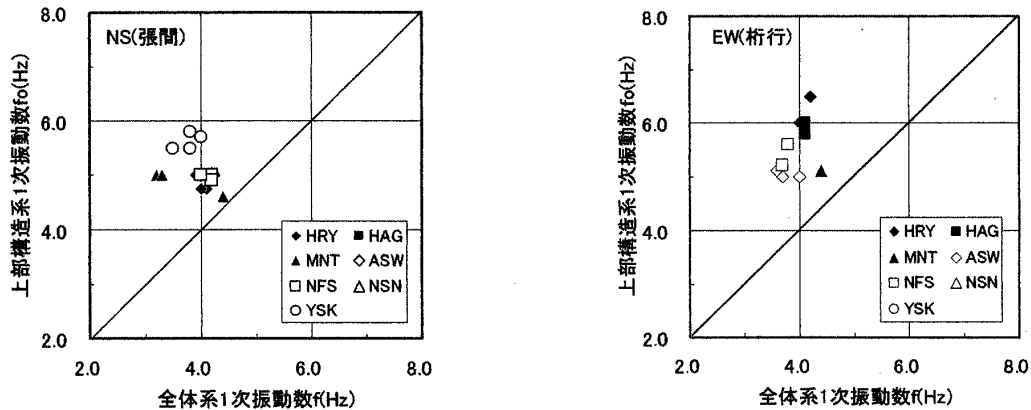
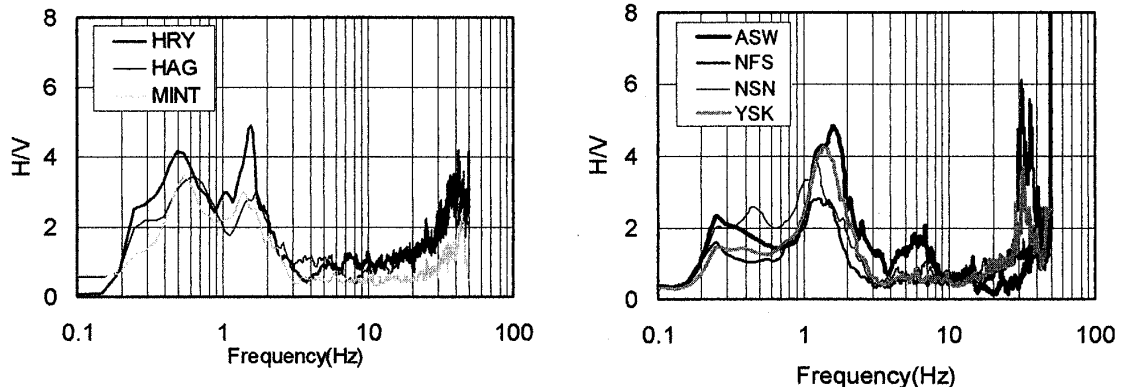


図 10  $f-f_0$  関係



(1) 2005 年 11～12 月測定

(2) 2006 年 7～8 月測定

図 11 地盤の H/V スペクトル比

～1.7Hz と 0.5～0.6Hz の 2 つのピークを示す。前者の短周期のピークは秋～冬（2005 年 11～12 月）と夏（2006 年 7～8 月）の両者に共通して顕著に認められるもので、表層地盤の卓越振動数成分と推測される。他方、後者の長周期のピークはやや深い地盤構造を反映したものと思われるが、秋～冬に卓越する一方、夏には顕著に認められない。このピークは季節により変動があることが指摘されている<sup>2)</sup>。

## 6. むすび

福井市内に建つ学校建築の振動特性データベースの構築を目的として、7つの小学校において常時微動測定を行った。測定結果から、各校舎の全体系および上部構造系の1次振動数、敷地地盤の卓越振動数を把握した。

**謝辞** 本研究にあたり、(財)地震予知総合研究振興会澤田義博博士（元名古屋大学教授）、福井市教育総務課および各小学校の関係各位、平成 17・18 年度福井工業大学卒研究生各位から多大なご支援、ご協力をいただきました。ここに記して深く謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 野路利幸他：常時微動測定にもとづく福井市の学校建築の振動特性、日本建築学会大会学術講演梗概集 B-2、pp.227-228、2006 年 9 月
- 2) 安井譲他：福井平野のレファレンスポイントの H/V スペクトルの特性について、第 12 回日本地震工学シンポジウム論文集（CD-ROM）、pp.342-345、2006 年 11 月

（平成19年 3 月22日受理）