ISSN 2186-5647

1-15

柔剛論争における柔構造に関する研究

－その 4　実存する柔構造建築物の振動特性－

日大生産工(学部)　○河地 駿介　　日大生産工　　藤本 利昭
日大生産工　　水野 僚子　　日大生産工(院)　山中 美穂

1 まえがき

1923年に発生した関東大震災の後，柔剛論争と呼ばれる論争が起きた。その3で報告した，真島健三郎の設計思想である柔構造理論で設計されたと考えられる，現米海軍横須賀基地内の実存建物の旧横須賀鎮守府庁舎(以下鎮守府庁舎)と，旧横須賀海軍病院庁舎(以下海軍病院庁舎)，および旧横須賀海軍病院兵舎(以下海軍病院兵舎)において，固有周期，高さ方向のモード形，短辺(X)方向，長辺(Y)方向の伝達関数等の基本的な振動特性を明らかにするため，常時微動の測定を行った。

本研究では，測定から得られた建物の振動特性を基に，柔構造建物の構造性能について報告する。

2 測定方法

2.1 測定機器

常時微動測定は，表1に示すサーボ式加速度計を2台用いて行った。加速度計は基準階となる1階と測定階に設置し，測定時間は各ケース15分間とした。また測定方向は短辺(X)方向，長辺(Y)方向の水平2方向と鉛直1方向の合計3方向とし，検討は水平2方向のみ行った。

表1 測定システムの概要

測定機器	製造社および機器名
サーボ式 加速度計	IMV CORPORATION 信号処理装置:VM-5123/6 24bit ピックアップ:VP-5123HHV

2.2 測定場所

測定機器の配置を，鎮守府庁舎は図1，海軍病院庁舎は図2，海軍病院兵舎は図3に示す[1)]。全ての建物において西側の階段室付近に測定機器を配置し，測定を行った。また，加速度計と接続ケーブルは基本的に内部階段室内に配線した。

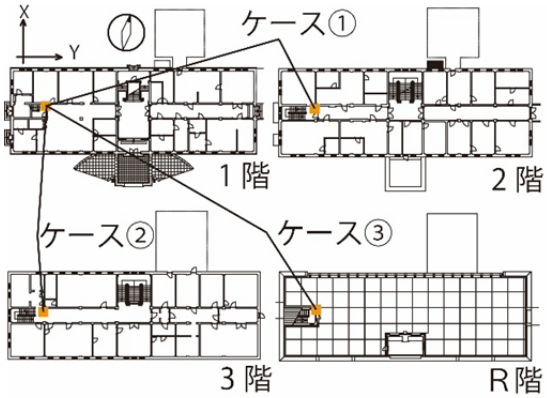


図1 鎮守府庁舎 測定機器配置図

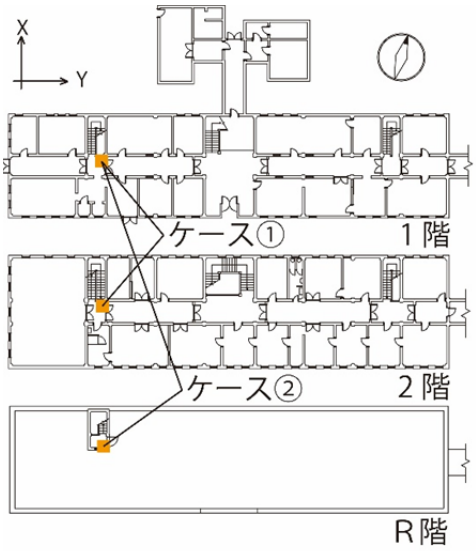


図2 海軍病院庁舎 測定機器配置図

A study on Flexible Structure in Flexible Structure vs. Rigid Structure
－ Part4 Vibration Characteristic of Existing Flexible Structure －

Shunsuke KAWACHI , Toshiaki FUJIMOTO , Ryoko MIZUNO and Miho YAMANAKA

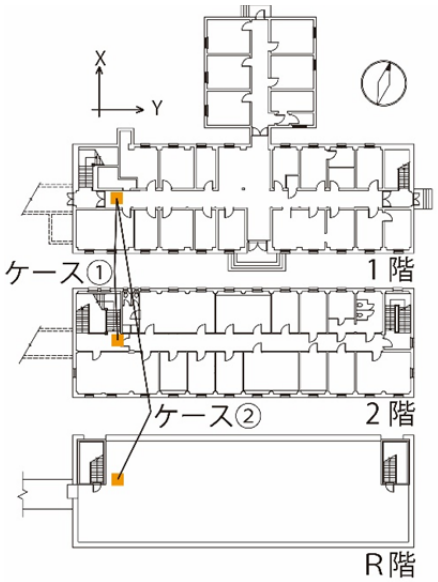


図3 海軍病院兵舎 測定機器配置図

3 測定結果および考察

3.1 旧横須賀鎮守府庁舎

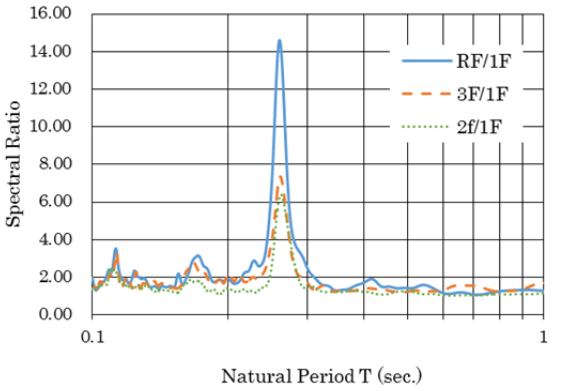
鎮守府庁舎における測定結果をフーリエ解析し，基準階である1Fと各階の伝達関数(スペクトル比)を求めた結果を図4に示す。なおスペクトルは全てParzenウィンドウを用い，そのウィンドウ幅は0.2Hzとした。また図5に伝達関数より推定した各階での1次振動モードを示す。長辺(Y)方向より，短辺(X)方向のフーリエ振幅が大きいことがわかる。また2階のフーリエ振幅が大きいことから，1階部分の変形が大きくなることがわかった。短辺(X)方向，長辺(Y)方向共にフーリエ振幅の最大値がR階付近にみられる。よって1次モードにおける固有周期，減衰定数等の振動特性は，R階で評価すべきであることがわかった。図4，図5から推定した固有周期，減衰定数を表2に示す。

固有周期については，短辺(X)方向において0.260秒，長辺(Y)方向おいて0.212秒にピークが見られた。これらが1次固有周期と推定される。一般的な鉄骨構造の場合，建物の固有周期Tは建物高さHに比例し，近似的にT=0.03Hで表すことができる。このことを考えると，鎮守府庁舎が約13mであるため固有周期は約0.39秒となることがわかった。また一般的な鉄筋コンクリート構造の場合も近似的にT=0.02Hと表すことができ，固有周期は約0.26秒となり測定値とほぼ一致した。これは内装および鉄骨柱が鉄網モルタルで被覆されているものと考えられる[2)]。

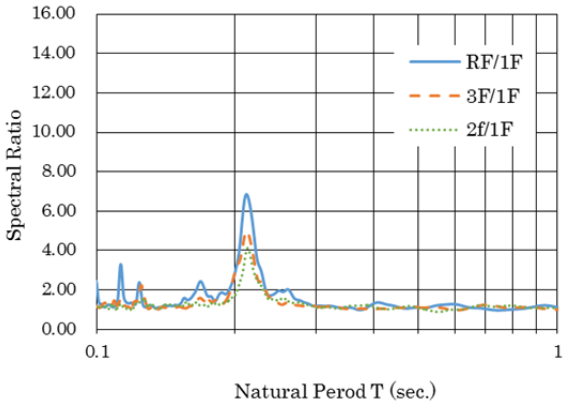
減衰定数はフーリエ振幅スペクトルを対象とする$1/\sqrt{2}$法で評価を行った。$1/\sqrt{2}$法とはフーリエ振幅のピーク値X_{max}を与える振動数f_n(n次モードの固有振動数)を定めてX_{max}の$1/\sqrt{2}$倍に相当する振動数の幅Δf_nを計算し，式(1)からn次モードの減数定数h_nを求めるものである[3)]。

$$h_n = \frac{\Delta f_n}{2 \cdot f_n} \quad \cdots\cdots (1)$$

減衰定数については短辺(X)方向において2.58%，長辺(Y)方向おいて3.20%であった。一般的な鉄骨造の設計用減衰定数は1%～3%が目安の値となっている[4)]。よって鎮守府庁舎では，若干大きな値となる結果となった。



(a) 短辺(X)方向



(b) 長辺(Y)方向

図4 鎮守府庁舎の伝達関数

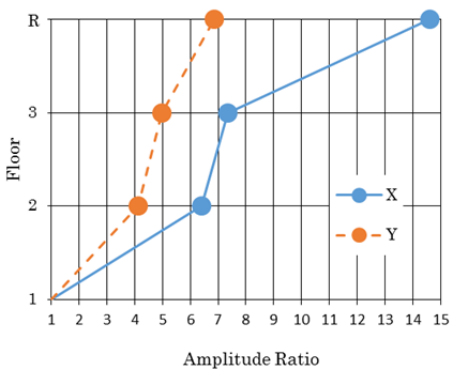


図5 鎮守府庁舎の1次振動モード

表2　鎮守府庁舎の振動特性(1次モード)

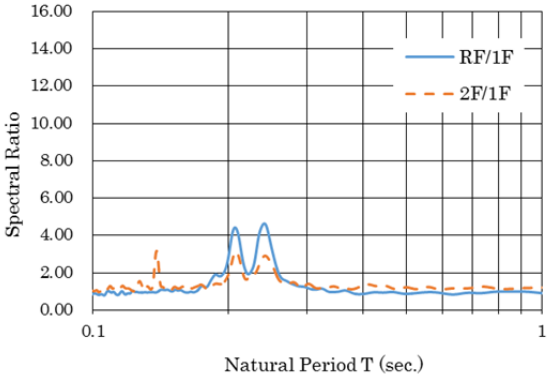
	短辺(X)方向	長辺(Y)方向
固有周期(sec.)	0.260	0.212
固有振動数(Hz)	3.85	4.73
減衰定数(%)	2.58	3.20

3.2　旧横須賀海軍病院庁舎

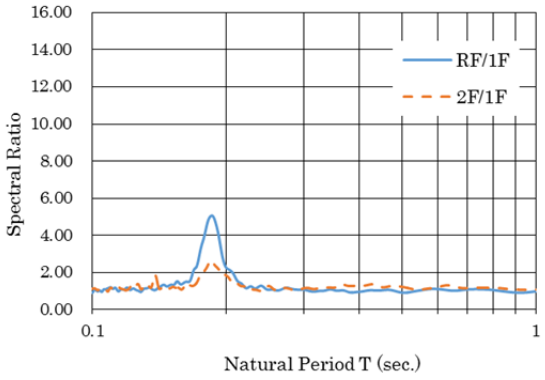
海軍病院庁舎に関しても鎮守府庁舎同様にフーリエ解析し，求めた結果を図6に示す。なおスペクトルは全てParzenウィンドウを用い，そのウィンドウ幅は0.2Hzとした。また図7には図6より推定した1次振動モードを示す。図7より，短辺(X)，長辺(Y)方向共にフーリエ振幅の最大値がR階付近にみられる。よって海軍病院庁舎に関しても1次モードにおける固有周期，減衰定数等の振動特性はR階で評価するべきであることがわかった。図6，図7から推定した固有周期，減衰定数を表3に示す。

固有周期については，短辺(X)方向において0.241秒，長辺(Y)方向おいて0.186秒にピークが見られた。これらが1次固有周期と推定される。鉄骨構造の近似式T=0.03Hで考えると，海軍病院庁舎が約10mであるため固有周期は約0.30秒となり，実際の固有周期が0.04秒以上短い値であることがわかった。また鉄筋コンクリート構造の近似式T=0.02Hでの固有周期は約0.20秒となり，測定した固有周期は鉄骨構造と鉄筋コンクリート構造の中間程度の値となった。

減衰定数については短辺(X)方向において3.85%，長辺(Y)方向おいて4.18%であった。短辺(X)，長辺(Y)方向共に一般的な鉄骨造の設計用減衰定数である1%～3%の目安の値を超える結果となった。これは短辺(X)方向に関してはフーリエ振幅のピークが近くに2つできてしまったこと等が要因と考えることができる。



(a)　短辺(X)方向



(b)　長辺(Y)方向

図6　海軍病院庁舎の伝達関数

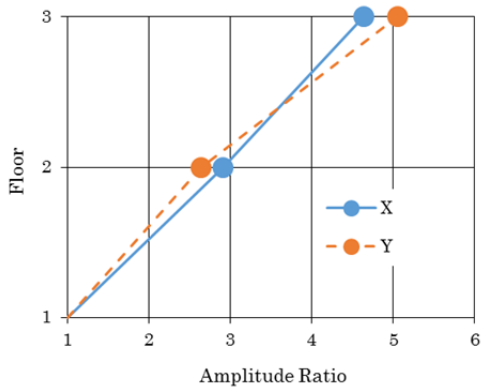


図7　海軍病院庁舎の1次振動モード

表3　海軍病院庁舎の振動特性(1次モード)

	短辺(X)方向	長辺(Y)方向
固有周期(sec.)	0.241	0.186
固有振動数(Hz)	4.15	5.38
減衰定数(%)	3.85	4.18

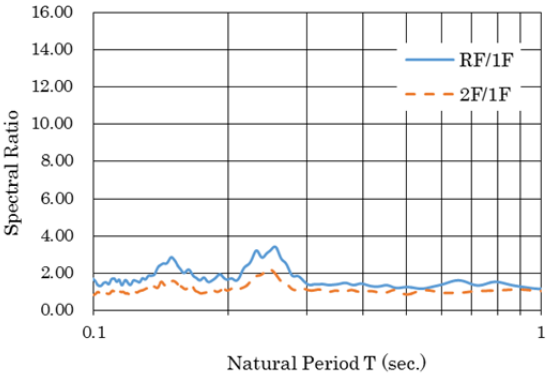
3.3　旧横須賀海軍病院兵舎

海軍病院兵舎に関しても同様にフーリエ解析をし，求めた結果を図8に示す。また図9には図8より推定した1次振動モードを示す。図9より，短辺(X)，長辺(Y)方向共にフーリエ振幅の最大値がR階付近にみられる。よって海軍病院兵舎に関しても振動特性はR階で評価するべきであることがわかった。図8，図9から推定した固有周期，減衰定数を表4に示す。

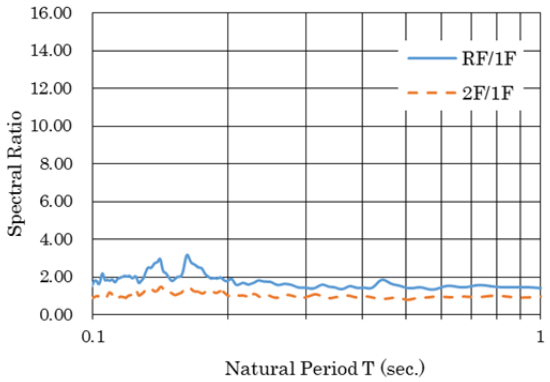
固有周期については，短辺(X)方向において0.254秒，長辺(Y)方向おいて0.163秒にピークが見られた。これらが1次固有周期と推定される。鉄骨構造の近似式T=0.03Hで考えると，海軍病院庁舎が約10mであるため固有周期は約0.30秒となった。また鉄筋コンクリート構造の近似式T=0.02Hでの固有周期は約0.20秒とな

り，測定した固有周期は鉄骨構造と鉄筋コンクリート構造の中間程度の値となった。

減衰定数については，短辺(X)方向において10.76%，長辺(Y)方向おいて5.35%であった。短辺(X)，長辺(Y)方向共に一般的な鉄骨造の設計用減衰定数である1%～3%の目安の値を大幅に上回る結果となった。これは短辺(X)，長辺(Y)方向共にフーリエ振幅のピークが近くに複数できてしまったこと等が要因と考えることができる。



(a) 短辺(X)方向



(b) 長辺(Y)方向

図8 海軍病院兵舎の伝達関数

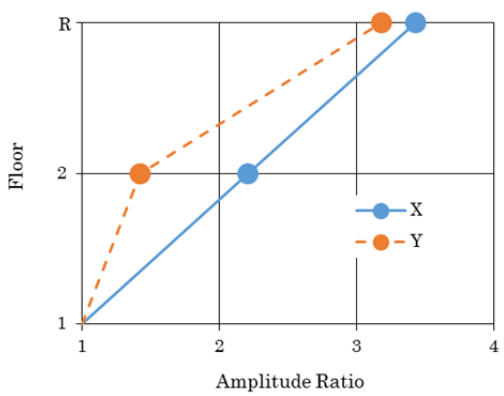


図9 海軍病院兵舎の1次振動モード

表4 海軍病院兵舎の振動特性(1次モード)

	短辺(X)方向	長辺(Y)方向
固有周期(sec.)	0.254	0.163
固有振動数(Hz)	3.93	6.15
減衰定数(%)	10.76	5.35

3.4 考察

測定したすべての建物の固有周期は，当時の柔構造派が目指した固有周期1.5秒という値より大幅に下回る結果となった。これは低層建築物における柔構造の考え方が，通常は壁などで剛性を高めておき，ある程度の地震力に対してはその壁で耐え，大きな地震力に対しては剛強な部分が破壊され全体の剛性が低くなり，その結果文献[5)6)]の単位架構が機能することで固有周期が増大し，地震力との共振が避けられると考えられたからである[7)]。今回測定した建物では壁などで剛性が高められたため，建物としての固有周期が短くなったと考えられる。

4 まとめ

柔構造理論で設計されたとされる米海軍横須賀基地内の3つの実存建物の振動特性について報告した。今後は固有周期の要因について検討するほか，減衰定数について他の解析方法で詳細に検討していきたい。

謝辞

本研究にあたり，荒木良子氏をはじめ在日米海軍横須賀基地の関係者の皆様にご協力いただきました。心より厚く御礼申し上げます。

「参考文献」

1) 独立行政法人 国立科学博物館 産業技術史資料情報センター：横須賀市近代遺産実測図面集，p8-19，p34-42，平成23年3月
2) 横須賀市：新横須賀市史 別編 文化遺産，p64-68，平成21年6月
3) 西川孝夫，荒川利治，久田嘉章，曽田五月也，藤堂正喜，山村一繁：建築の振動 応用編，朝倉書店，p19-20，平成20年8月
4) 日本建築学会 建築物荷重指針・同解説(2004)，p447-448，平成20年1月
5) 真島健三郎：地震と建築，丸善，昭和5年6月
6) 藤本利昭，水野僚子，山中美穂，城戸基：柔剛論争における柔構造に関する研究，日本大学生産工学部研究報告A 2017年 6月 第50巻 第1号，平成29年6月
7) 真島健三郎：耐震家屋構造の選択に就いて，土木学会誌，大正13年4月