

7. 人力加振による建物の減衰特性

減衰定数を評価するための実測データの取得方法には、周波数領域のデータを用いる方法、自由振動波形を用いる方法、システム同定を用いる方法などが一般的な方法としてある。前章では、常時微動の時刻歴波形にRD法（Random Decrement Technique）を用いて求めた自由振動波形から減衰定数を評価した結果が示された。本章では、人力加振より得られた自由振動波形から減衰定数を評価した結果を示す。

7.1 データ処理の方法

人力加振は加振源の設置が不要といった長所はある反面、共振振動数を事前に予測しておく必要があるため微動測定時に実施するケースが多い。また、低層の建築物などでは高次振動数までの評価は困難であるため、1次振動数に着目した低次モードでの評価に止まるケースが多い。さらに、加振時には、建物を押す力として人の体重移動を利用するため、加振ピッチの精度を上げるため、建物の固有振動数に合ったパルス音やかけ声などに合わせて振動させるよう、加振者に周知させるなどきめ細かな事前調整が必要となる。ここで実施した人力加振方法は、建物の最上階で1人の合図のもと、6～7人程度が連成系建物の1次卓越振動数に対応させた、約10秒間の加振を数回程度行って得られた自由振動波形を実測データとした。解析対象とするデータは、建物最上階に設置したセンサーより得られた自由振動波形とし、フィルター処理は前節で述べたと同様、1次卓越振動数を中心とした狭帯域のバンドパスフィルター処理（2～4Hz バタースフィルター）を行った自由振動波形を用いることとした。

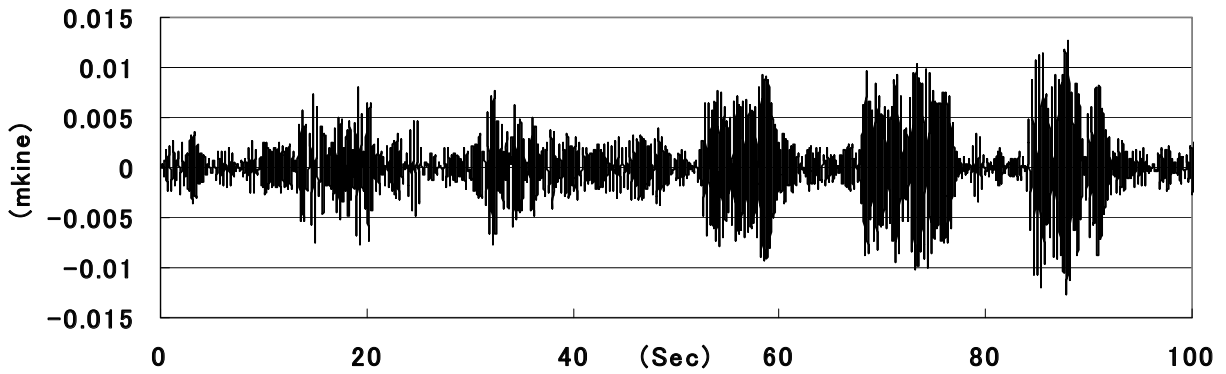
フィルター処理をした後の棟別、方向別の自由振動波形を図7.1に示す。人力加振法は、0.5～2秒程度の範囲での加振に適していると言われているが、本建物の1次卓越振動数は約4Hz程度とかなり短い周期であり、精度の良い自由振動波形として利用できる実測データはさほど多くは得られなかった。ここでは、図7.2に示すように自由振動波形として利用できるデータのみ選択し、1次卓越振動数に限定して減衰定数を評価する事とした。

7.2 減衰定数の評価方法と結果

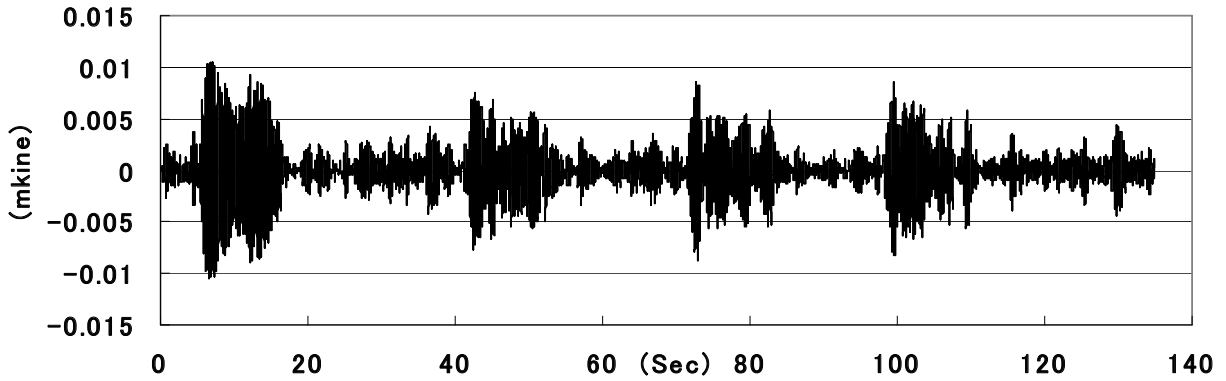
建物の振動特性の推定において、自由振動波形は、時間領域において、建物の振動特性の情報を表現しており、建物の固有振動数や減衰定数などを比較的簡単に評価する事ができる。人力加振により求めた自由振動波形から、減衰定数を評価する法について、以下に記述する。

自由振動波形から減衰定数を評価するための代表的な方法としては、振幅減衰比による方法と最小2乗法による方法が良く用いられる。振幅減衰比による減衰定数の評価法は簡便であることから良く用いられている。しかし、自由振動波形の極値のみに着目するため建物振動特性の情報の利用効率は余り高くなく、評価精度が十分かどうか疑問もある。一方、最小2乗法による評価法は、自由振動波形の情報を最大限に利用できるため評価精度は高いと言える。ここでは、最小2乗法により減衰定数の評価した結果について示す。利用できる実測データがかなり限られていることもあり、評価時間は約1秒の区間を設定し各ブロック毎で最小2乗法により減衰定数を評価した。

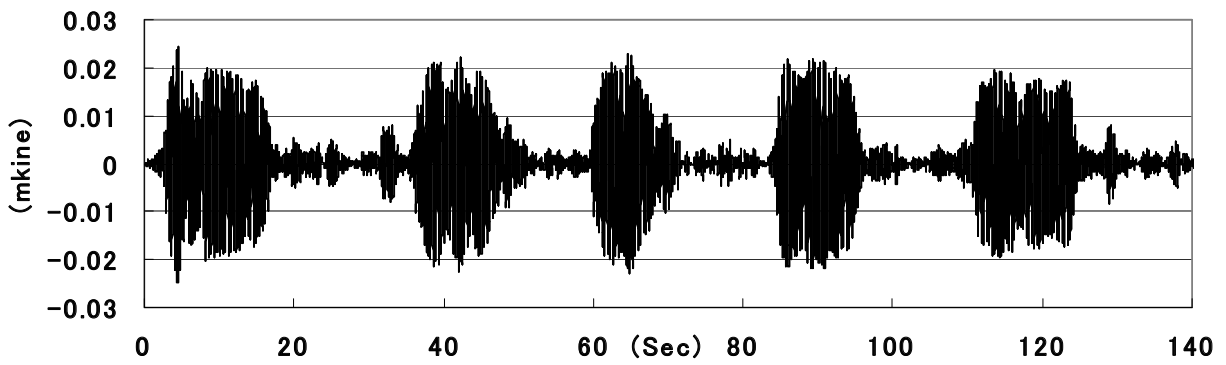
(a) A棟：短辺方向の自由振動波形



(b) A棟：長辺方向の自由振動波形



(c) B棟：短辺方向の自由振動波形



(d) B棟：長辺方向の自由振動波形

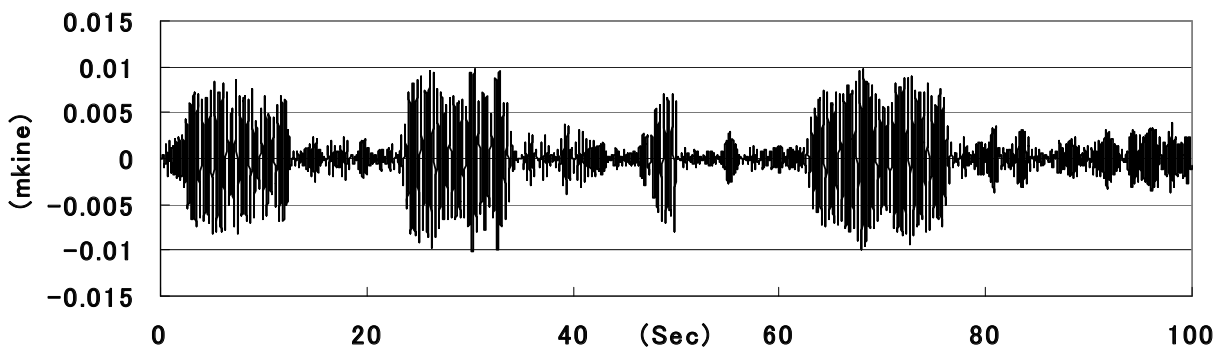


図 7.1 フィルター処理した後の自由振動波形

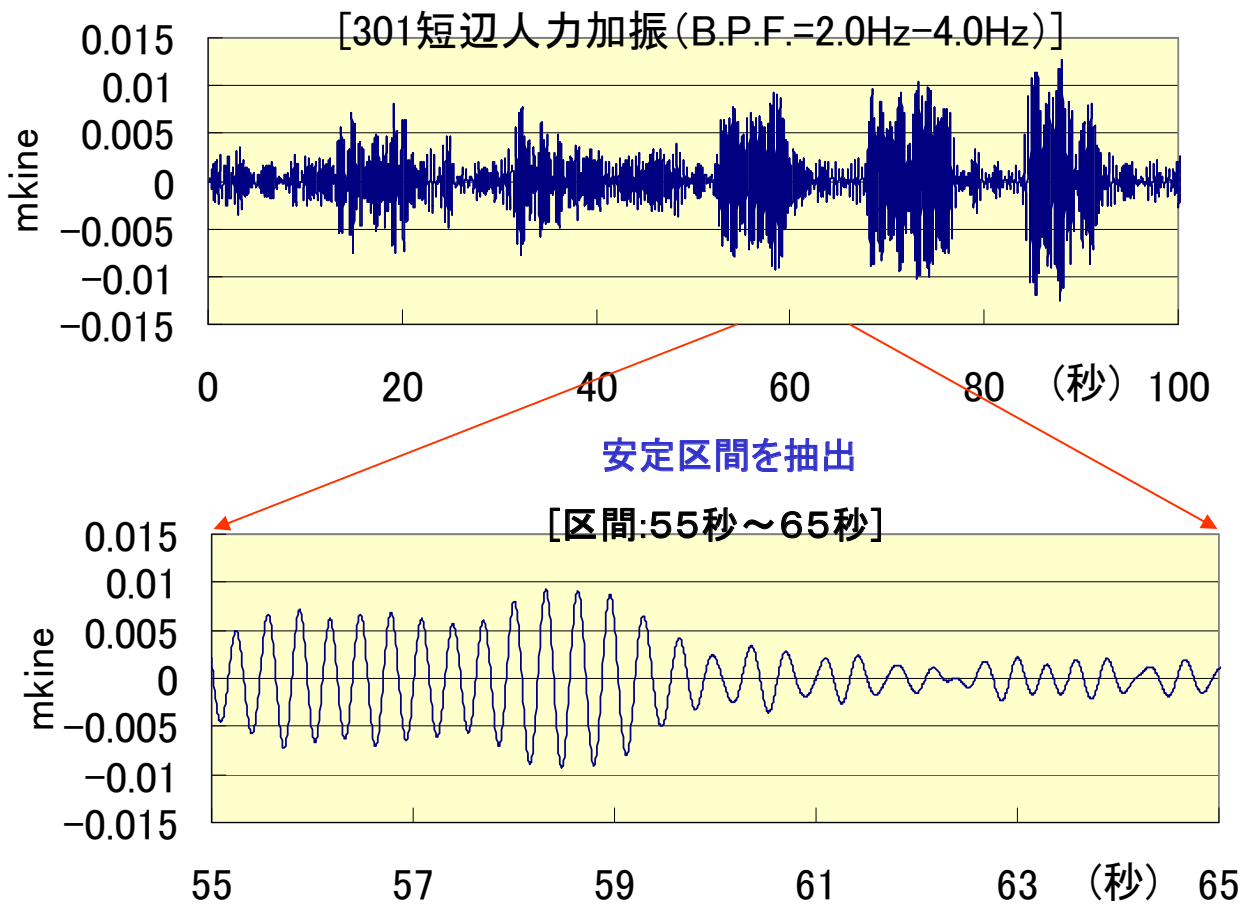


図 7.2 減衰評価を求めるデータ区間の抽出

人力加振より得られた自由振動波形に 1 次振動数帯域のバンドパスフィルター処理をした波形を 1 次の自由振動波形とみなし、以下の式を適用し、最小 2 乗法により振動数 f_1 、減衰 h_1 を推定した。

$$a(t) = a_0 \cdot \exp(-h_1 \cdot 2 \pi f_1 \cdot t) \cdot \cos(2 \pi f_1 \sqrt{1-h_1^2} \cdot t) \quad \dots (7.1)$$

上式より推定した包絡形の一例を実測された自由振動波形とともに図 7. 3 に、推定結果を表 7. 1 にそれぞれ示した。また、上式より推定した自由振動波形と実測された自由振動波形を図 7. 4 に比較した。得られた減衰定数は、短辺方向の減衰定数は R D 法により得られた結果とほぼ同様であったが、長辺方向については、1 割程度小さめに評価されている傾向にあった。短辺方向、長辺方向の減衰定数は、共に 5.0~6.0% 程度の範囲の値が得られた。

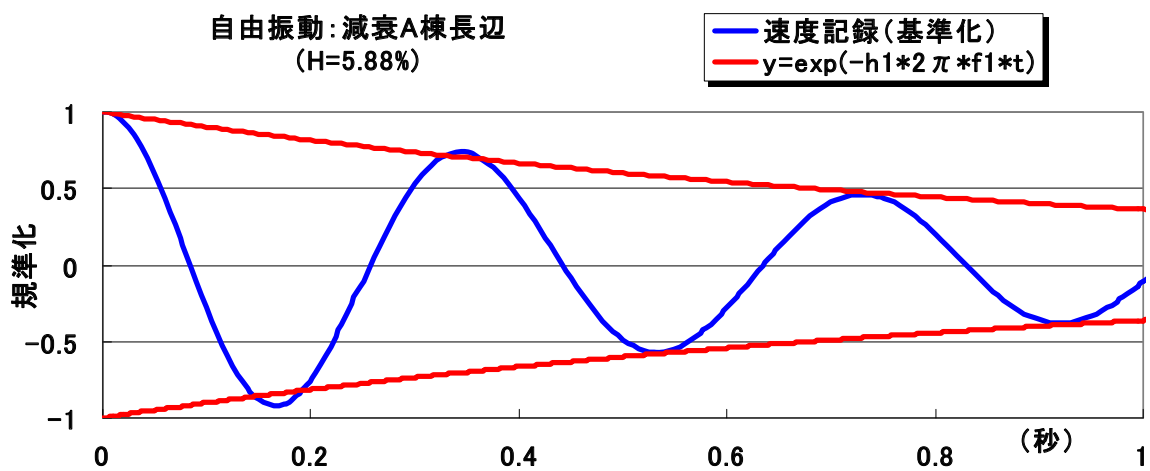
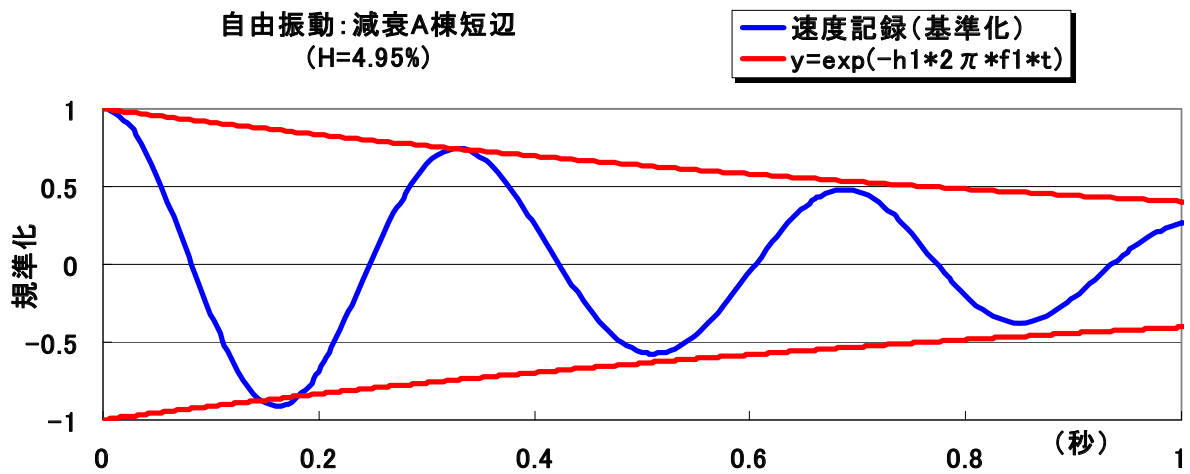
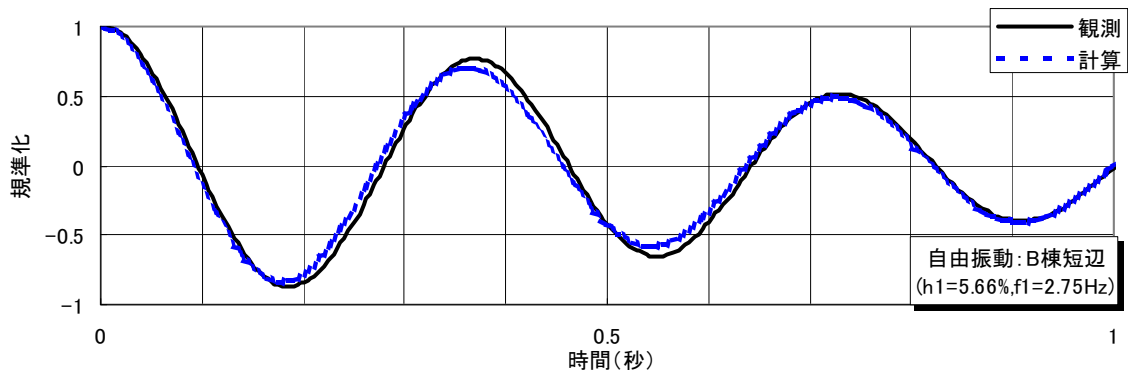
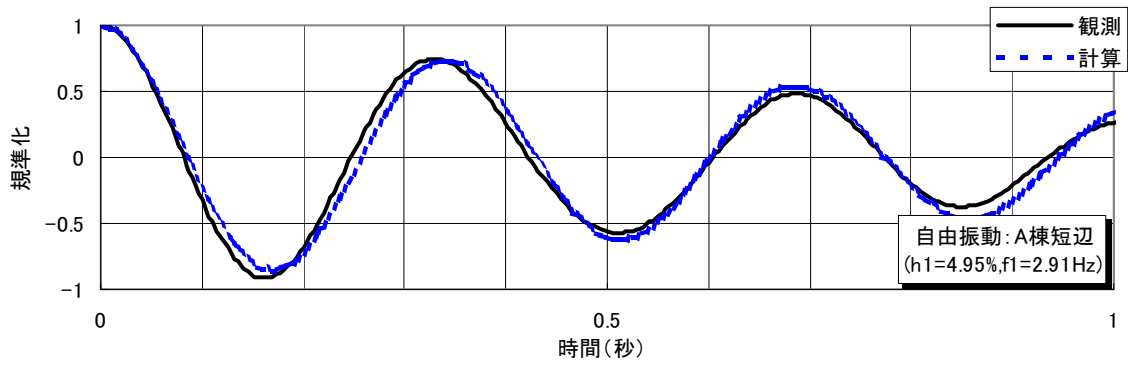


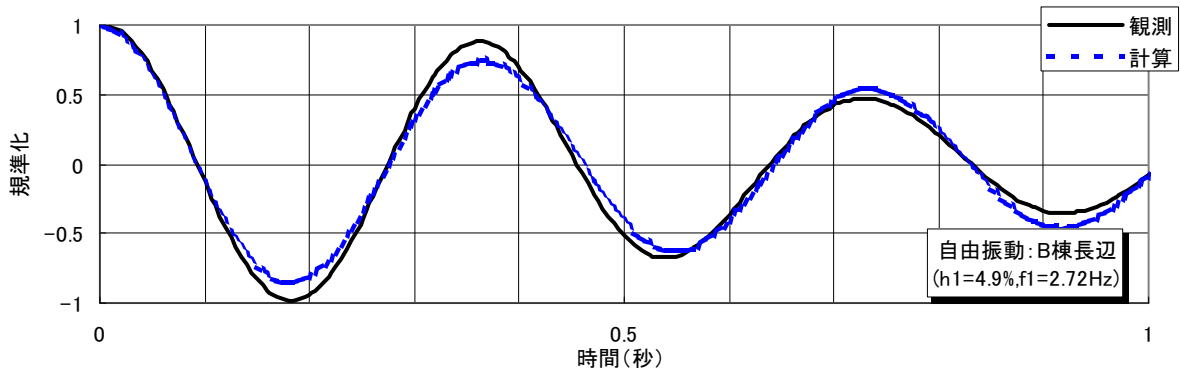
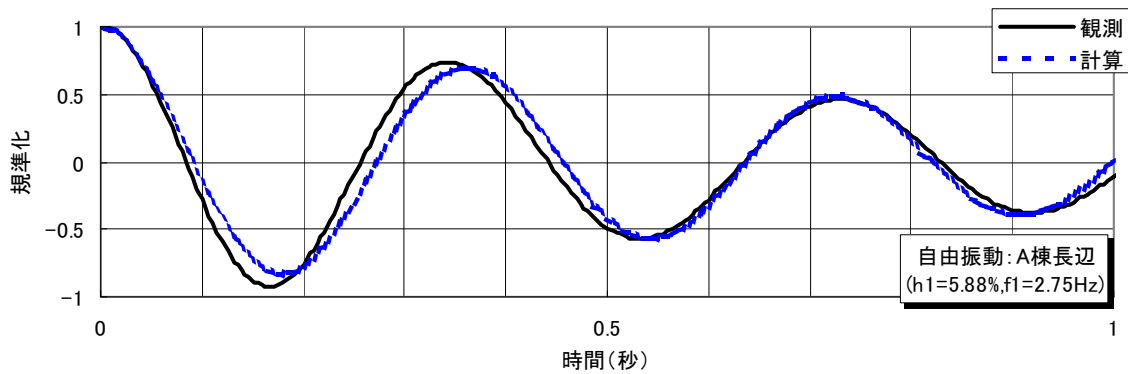
図 7.3 減衰評価結果 (A 棟)

表 7.1 人力加振による減衰定数の算出結果

	A 棟		B 棟	
	f_1 (Hz)	h_1 (%)	f_1 (Hz)	h_1 (%)
短辺方向 1 次卓越振動数	2.91	4.95	2.75	5.66
長辺方向 1 次卓越振動数	2.75	5.88	2.72	4.90



(a) 短辺方向



(b) 長辺方向

図 7.4 実測自由振動波形と推定波形の比較