

はじめに

- 免震層が擁壁へ衝突した場合の影響を解析で確認することも行われており^{例えば¹⁾}, 設計実務では, 上部+免震構造を多質点系とし, 衝突を模擬するギャップ変位を有するバネ(衝突バネ)を加えた, 比較的簡便なモデルによる解析が多用されていると思われる。
- 衝突バネはギャップ変位(免震クリアランス)に到達後, 剛性が急激に立ち上がるため, 応答解析精度を保持するには細かな解析時間間隔 Δt を要する(例えば, $1/10,000\text{s}$ 程度²⁾)。
- 一方, 衝突バネを弾塑性型とする場合, その耐力は擁壁高さに依存するものの, 1次剛性は構造物よりも一般に小さい³⁾という指摘もある。

はじめに

- 本報は、免震構造の衝突解析で与えるべき Δt 設定の参考となるように、擁壁の剛性と Δt に着目して行ったパラメータスタディによる結果からその傾向を報告するものである。
- さらに参考解析として、衝突中に細かな Δt が必要となることは明らかなたため、衝突バネがギャップ変位を超えている間の Δt を細かくし、衝突中と非衝突中で Δt を切り替えた解析も行ってみた。

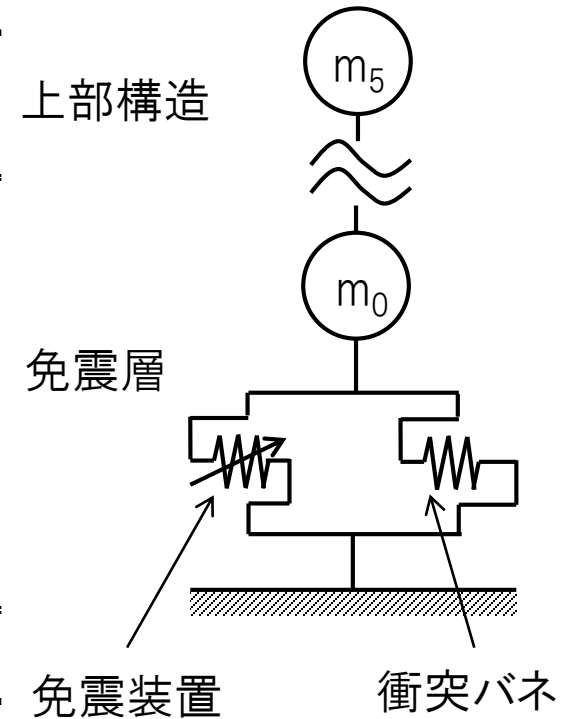
解析モデル

- 上部構造5階建て(1次の固有周期:約0.6s)

表2.1 解析モデルの諸元

階	階高 (cm)	重量 (kN)	初期剛性 (kN/cm)	免震層の諸元
5	400	2,000	2,000	免震周期=4s 降伏せん断力係数=3% 擁壁剛性と建物総質量から 求まる周期 T_w は, 0.01, 0.1, 1.0s の3ケース
4	400	6,000	5,000	
3	400	10,000	7,000	
2	400	10,000	7,000	
1	400	12,000	10,000	
免震層	300	20,000	右記による	

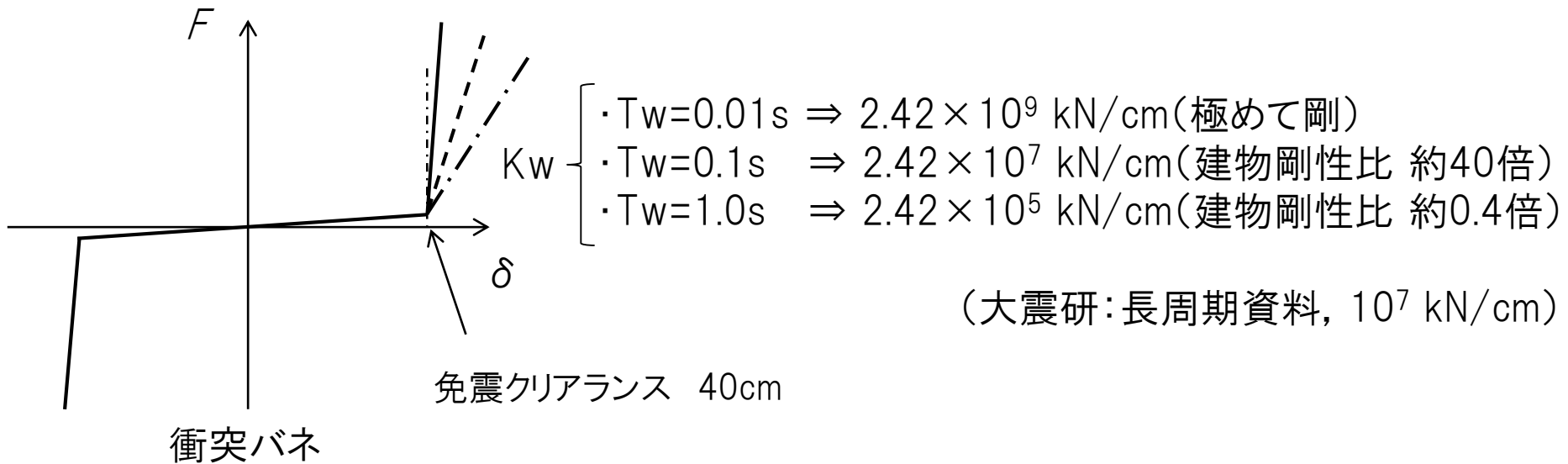
上部構造の内部粘性減衰 : 1 次の減衰定数 $h_1=2\%$ (初期剛性比例型)



解析モデル

- 擁壁剛性 K_w は, T_w で表現

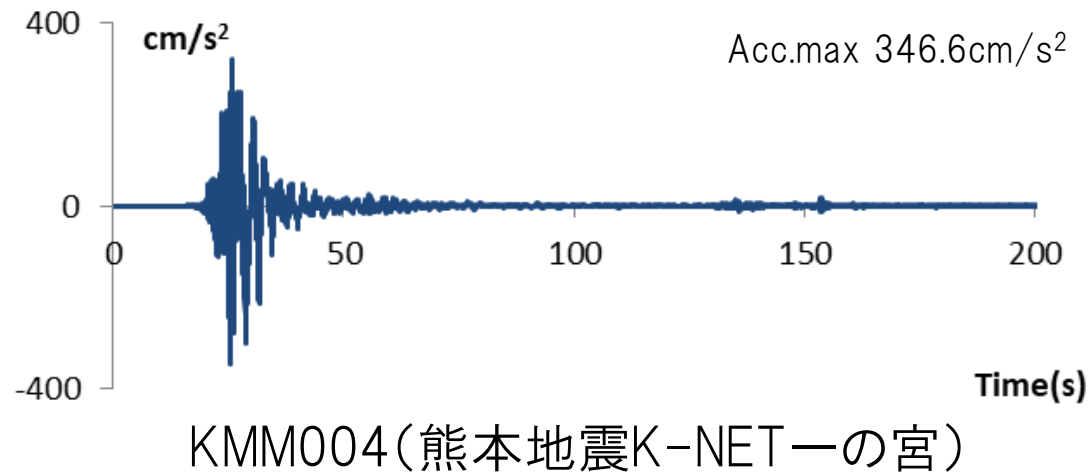
$$T_w = 2\pi\sqrt{\Sigma M / K_w} \quad T_w: \text{擁壁剛性と建物総質量から求まる周期}$$



- 積分方法 Newmark- β 法 ($\beta = 1/4$), HHT- α 法

免震層の応答加速度

- 入力地震動

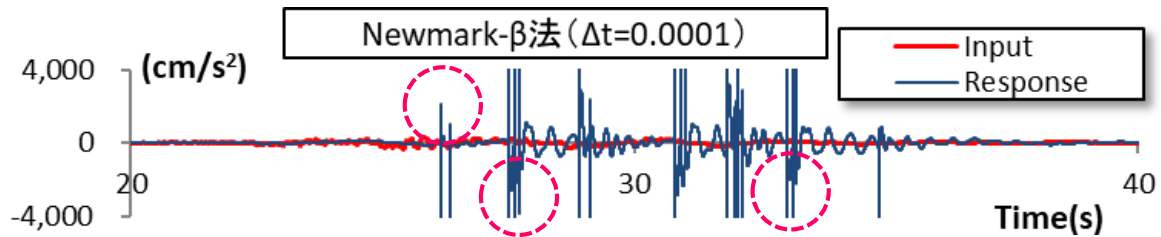


- Δt と積分方法に着目し, 擁壁剛性 K_w 毎に免震層の加速度応答の比較を行った。

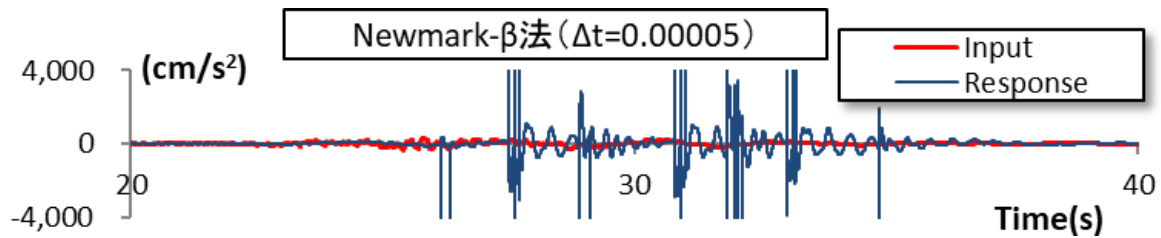
免震層の応答加速度

○ 不要な高振動モード

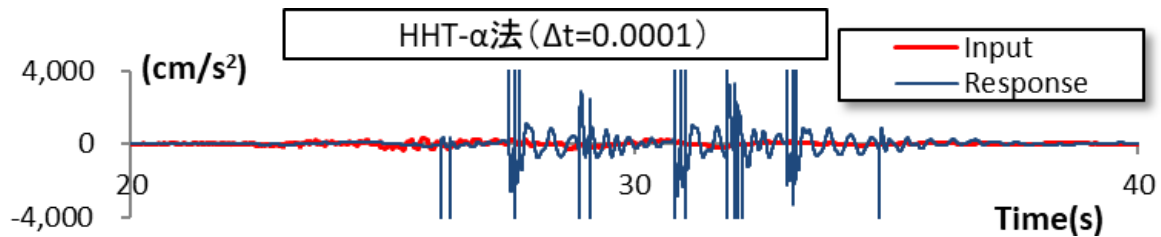
$\Delta t = 1/10,000 \text{ s}$



$\Delta t = 1/20,000 \text{ s}$

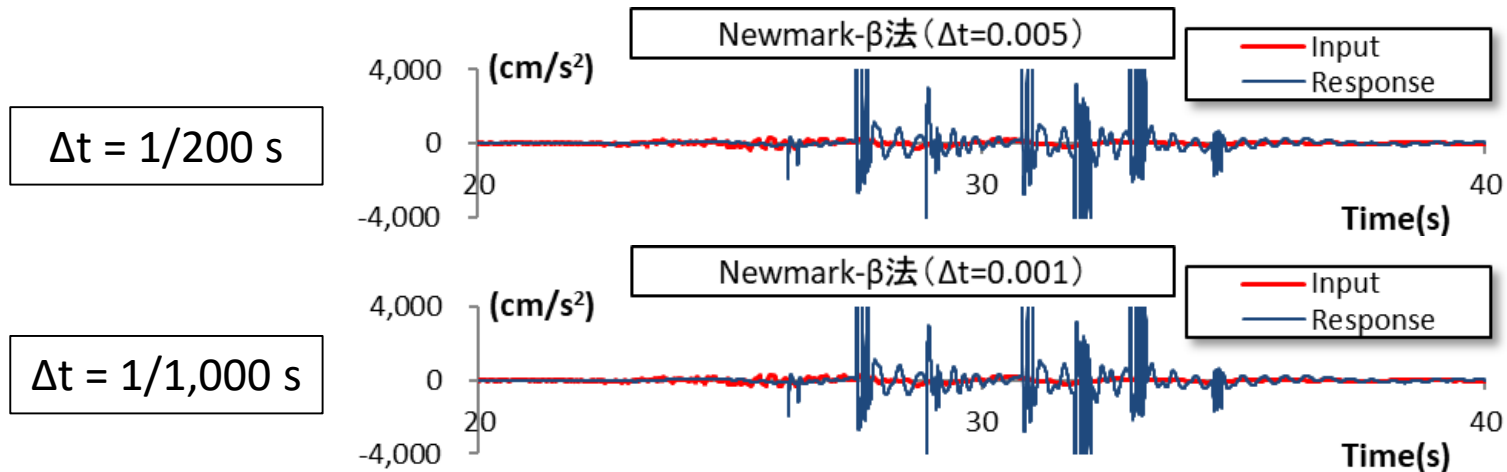


$\Delta t = 1/10,000 \text{ s}$

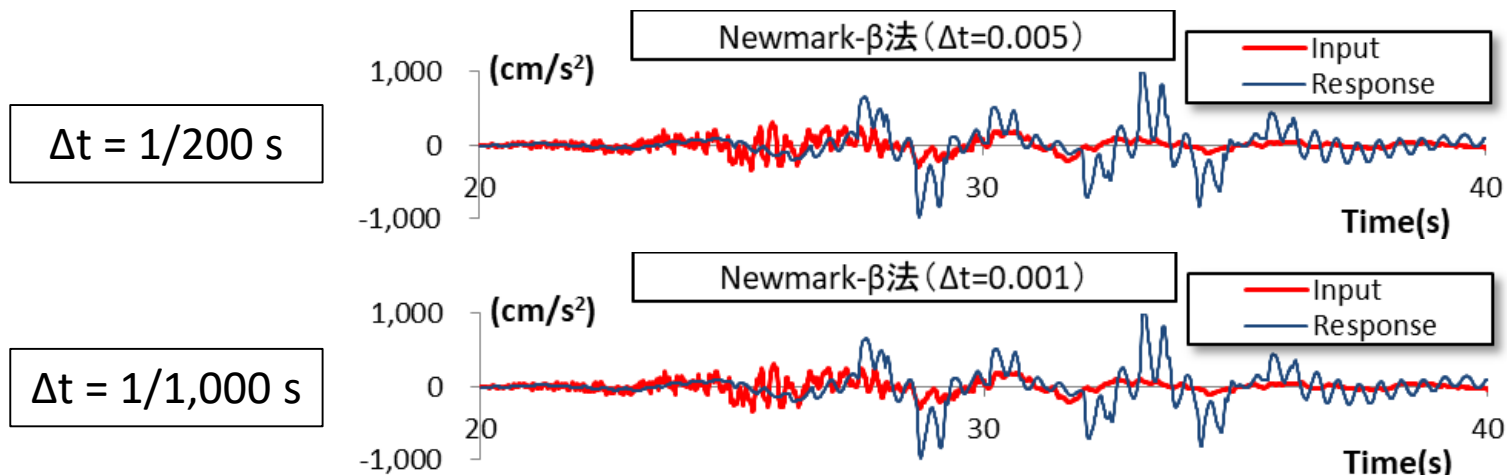


加速度応答_KMM004($T_w=0.01 \text{ s}$ 極めて剛)

免震層の応答加速度



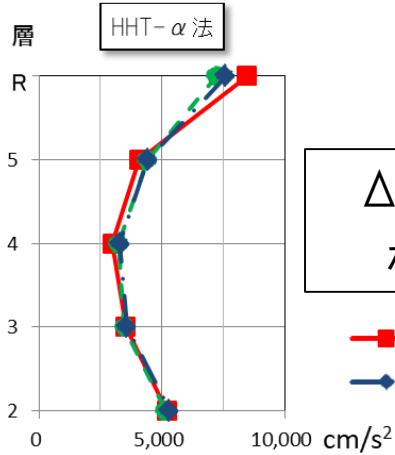
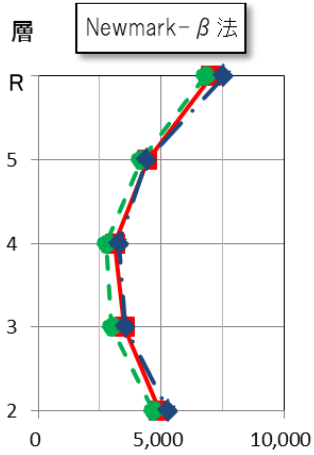
加速度応答_KMM004($T_w=0.1 \text{ s}$ 建物剛性比40倍)



加速度応答_KMM004($T_w=1.0 \text{ s}$ 建物剛性比0.4倍)

最大応答値の比較

$T_w=0.01s$

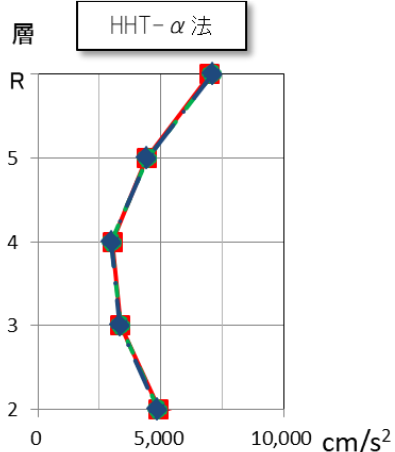
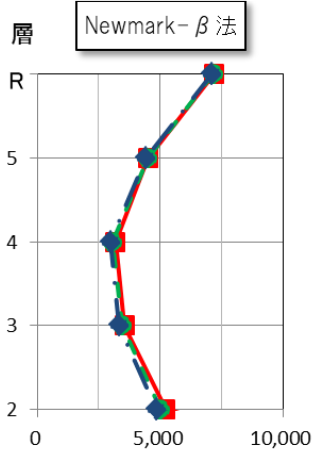


$\Delta t=1/20,000s$ で不要
な高振動モード除去

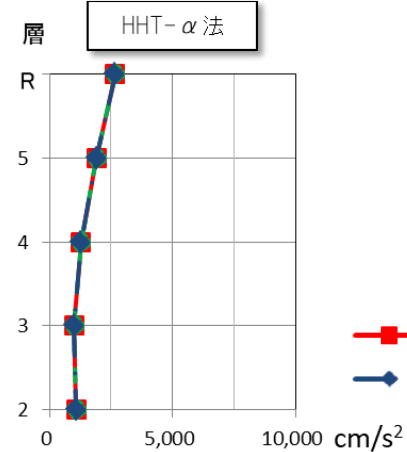
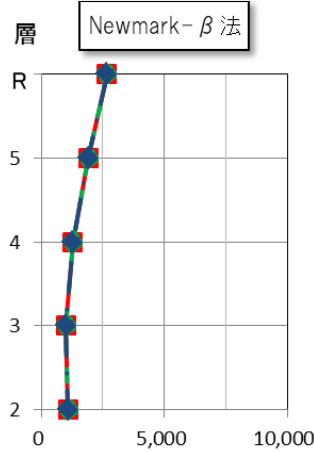
■ $\Delta t=0.001$ ● $\Delta t=0.0005$
◆ $\Delta t=0.0001$

最大加速度分布
KMM004(上部構造)
Newmark β 法

$T_w=0.1s$

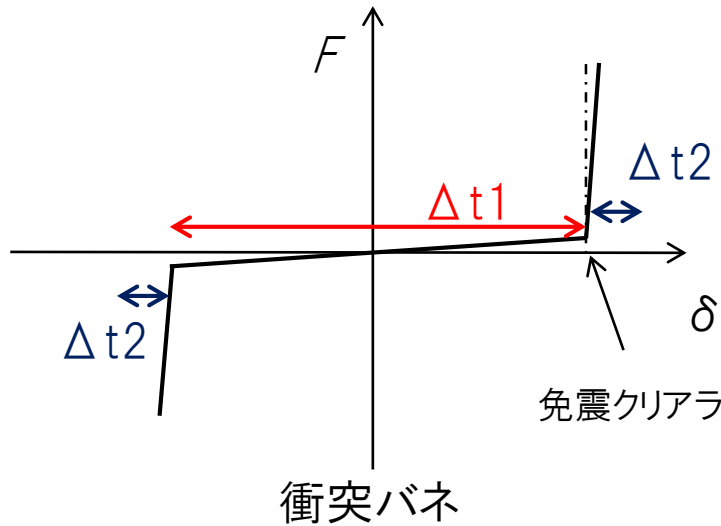


$T_w=1.0s$



■ $\Delta t=0.005$ ● $\Delta t=0.001$
◆ $\Delta t=0.0005$

参考解析



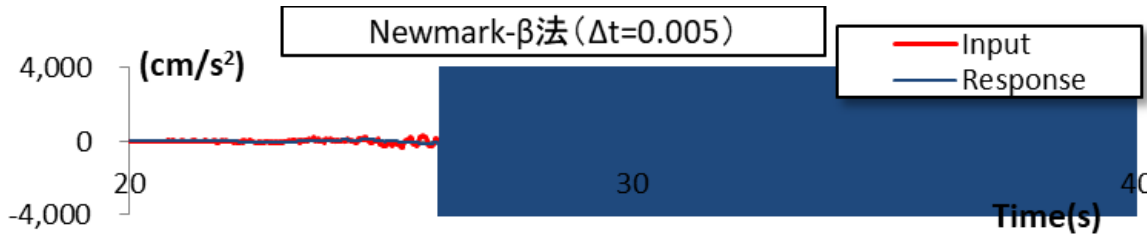
$\Delta t1$: 非衝突中 $\rightarrow 1/100$ s

$\Delta t2$: 衝突中 $\rightarrow 1/20,000$ s

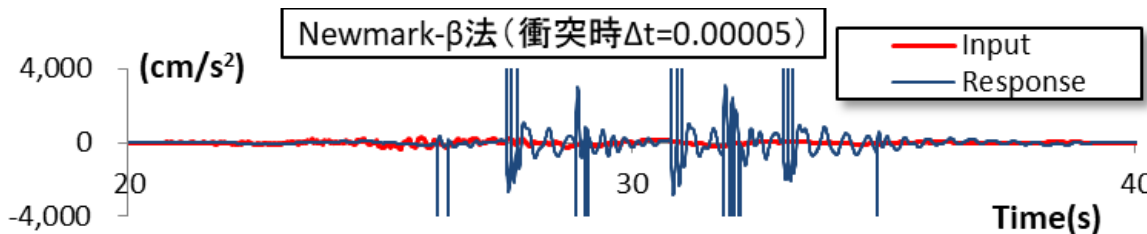
免震クリアランス 40cm

衝突バネ

Δt : 荒く一定



Δt : 切り替え



解析ステップ数
 ・ $\Delta t=0.00005$ sの一定
 $\rightarrow 6,000,000$ step
 ・ $\Delta t1=0.01$ s,
 $\Delta t2=0.00005$ s
 $\rightarrow 34,577$ step

加速度応答_KMM004($T_w=0.01$ s)Newmark β 法

まとめ

- $T_w=0.01\text{s}$ (極めて剛)では, 不要な高振動モードが現れやすく, 積分方法をHHT- α 法にすることで, Δt に対し若干の改善が見られた。
- $T_w=0.1, 1.0\text{s}$ (建物剛性比 40倍, 0.4倍)では, Δt を細かくする必要はなく $\Delta t=0.005\text{s}$ でも良好な結果が得られた。
- 上部構造の最大加速度に着目すると, Δt が粗く不要な高振動モードが含まれていても安定した結果が得られることが確認できた。

不要な高振動モードと Δt の関係

Tw(s)	Δt (左:Newmark- β 法, 右 HHT- α 法)				
	0.005	0.001	0.0005	0.0001	0.00005
0.01	×	×	×	× ○	○
0.1	○	○	○	○	○
1.0	○	○	○	○	○

○:高振動モード除去, ×高振動モード残存