

表-2 積分時間間隔と線形区間が応答変位に与える影響(正弦波)

正弦波(170gal)		線形区間(m/s)											
		0.1	0.01	0.001	0.0001	0.000025	1.0E-05	1.0E-06	1.0E-07	1.0E-08	1.0E-09	1.0E-10	1.0E-11
積分 時間間隔 (sec)	0.001	1.0066	1.0016	1.0015	1.0015	1.0015							
	0.0001	1.0021	0.9974	0.9974	0.9974	0.9974	0.9974	0.9974	0.9974				
	0.00001	1.0068	1.0019	1.0018	1.0018	1.0018	1.0018	1.0018	1.0018	1.0018	1.0018		
	0.000001	1.0046	0.9999	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998
	0.0000005	1.0058	1.0001	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

表-3 積分時間間隔と線形区間が応答変位に与える影響(Type II - I -1)

Type II - I -1		線形区間(m/s)											
		0.1	0.01	0.001	0.0001	0.000025	1.0E-05	1.0E-06	1.0E-07	1.0E-08	1.0E-09	1.0E-10	1.0E-11
積分 時間間隔 (sec)	0.001	1.0089	1.0016	1.0006	1.0006	1.0006							
	0.0001	1.0112	1.0040	1.0028	1.0028	1.0028	1.0028	1.0028	1.0028				
	0.00001	1.0307	1.0317	1.0307	1.0307	1.0307	1.0307	1.0306	1.0306	1.0306	1.0306		
	0.000001	1.0113	1.0045	1.0034	1.0033	1.0033	1.0033	1.0033	1.0033	1.0033	1.0033	1.0033	1.0033
	0.0000005	1.0094	1.0011	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

それぞれの地震波における最大応答値を示す。図-5 の入力地震動が正弦波における応答加速度の時刻歴より、波形が最大値近傍で正弦波と異なる波形になることが確認された。応答加速度が最大値になる際に、応答速度は 0 近傍となる。従って、2.1 で解析上の取り扱いとして速度の微小区間において線形区間を設けたために、応答加速度の時刻歴の波形に乱れが生じたと考えられる。

4. 積分時間間隔と線形区間の設定が
 応答に及ぼす影響評価

4.1 積分時間間隔と線形区間の設定

2.1 で示した1質点系モデルを対象に、積分時間間隔と線形区間の範囲が最大応答値に及ぼす誤差の影響評価を行う。入力地震動は 2.2 に示した正弦波および地震波 Type II - I -1 の 2 波を用いた。積分時間間隔を 1.0×10^{-3} 秒から 5.0×10^{-7} 秒、線形区間を 0.1m/s から 1.0×10^{-11} m/s においてパラメトリックに変化させ、47 ケースの 1 質点系動的応答解析を行った。一般の動的応答解析においては積分時間間隔 1.0×10^{-3} 秒、線形区間 1.0×10^{-3} m/s 程度で実施されている。今回の検討では微小な線形区間を設定し精度が高い解析を行うために、動的応答解析において収束条件に用いる加速度増分の修正量を通常の 10 分の 1 と設定することにより収束条件を満たすようにプログラムを改良した。誤差の把握を行うため、各ケースで得られた最大応答値を今回の検討中最も精度が高いケースである積分時間間隔 5.0×10^{-7} 秒、線形区間 1.0×10^{-11} m/s の最大応答変位で除すことにより無次元化して応答値の誤差に与える影響の考察を行った。

4.2 解析結果と考察

入力地震動を正弦波、地震波 Type II - I -1 とする積分時間間隔と線形区間の範囲が最大応答変位に与える影響をそれぞれ表-2, 3 に示す。表において、水色のデータは誤差が 0.1%未満、黄色のデータは誤差 1%以上、

空欄は収束条件を満たせずに応答値を求めることが出来ない箇所である。表-2 の正弦波を入力した解析結果より、線形区間が 0.1m/s から 0.01m/s に変化した時、他の線形区間による応答値の変化と比較した際に、誤差の減少が認められる。ただし、積分時間間隔が 1.0×10^{-4} 秒のときにおいては誤差が僅かに増加することが確認された。全ての積分時間間隔において線形区間 0.01m/s より小さくした際、誤差に減少は認められなかった。表-3 の地震波 Type II - I -1 を入力した解析結果より、積分時間間隔が 1.0×10^{-5} 秒の時に他の積分時間間隔と相対的に比較すると誤差が大きいことが確認された。ただし、最も精度が高いケースと比較した場合においても、最大応答値の誤差は 3%以内に収まることが明らかとなった。

5. まとめ

本研究では摩擦履歴型粘性ダンパーを対象に抵抗力-速度の関係でモデル化し、正弦波及び地震波入力時の挙動の把握及び積分時間間隔と線形区間が 1 質点系モデルの応答値に及ぼす影響評価を行った。

本研究結果より、一般に非線形の動的応答解析に用いられる条件³⁾で設定される線形区間や積分時間間隔に基づく応答は大きな誤差を有していないことが確認された。

参考文献

- 1) (財)海洋架橋・橋梁調査会:既設橋梁の耐震補強工法事例集, 2005.4
- 2) 斉藤次郎, 佐藤英和, 横川英彰, 宇野裕恵, 牧口豊, 下田郁夫:摩擦履歴型ダンパーの適用とその事例, 第 6 回地震時保有水平耐力方に基づく耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.133-138,2003.1.
- 3) 柚木浩一, 松田泰治, 宇野裕恵, 宮本宏一:制震ダンパーのモデル化の違いによる応答値の一考察, 第 30 回地震工学研究発表会, 2-0019, 2009.5