

地震動の減衰補正に関する研究
その 2 新たな低減式の提案

Study on attenuation correction of ground motion
Part2 Proposal of a new attenuation correction formula for response reduction

○西村漢³ 周翔宇² 古橋剛¹ 張芸⁴
*Kan Nishimura³ Xiangyu Zhou Takeshi² Furuhashi¹ Yi Zhang⁴

In part 1, the data on the trend of attenuation of each earthquake wave was compared with the correction formula of Ministry of Construction Notification. As a result, it was found that the natural period is an important variable. Moreover, it was found that the attenuation of various attenuation correction formula is excessive with respect to the measured value of the seismic motion. However, each correction formula for response reduction take into account only attenuation constant. In this paper, it is aimed for the suggestion of the attenuation correction formula considering the natural period.

1. はじめに

その 1 では各地震波の減衰の傾向を k-Net の実測値で確かめ、告示式と比較した。その結果、応答加速度においては周期が大きな変数であることが分かり、各種低減補正式^[1]は $h=0.15$ 以降、実測値に対して減衰が過大であることも分かった。しかし、それらは告示式も含めて、変数が h のみで、周期による影響までは考慮していない。よって、周期を考慮し、一律な低減補正式を定義することを試みる。

本報ではその 1 で用いたデータを基に応答加速度と応答変位でそれぞれ異なる減衰に対する低減式を提案することを目的とする。

2. 検討方法

2-1.対象

その 1 で用いた十勝沖、新潟県中越、岩手・宮城内陸、茨城県沖、福岡県西方沖、紀伊半島南東沖の 6 つの地震動を用いる。観測点の一つの地震動につき 30 点とする。計 180 点の減衰定数ごとの応答加速度倍率、応答変位倍率を用いて、検討する。

2-2.方法

$h=0.05$ の応答を 1 とするグラフとする。応答変位の低減式は、計 180 点の減衰定数ごとの応答変位倍率を平均し、最小二乗法を用いて提案式を導く。一方、応答加速度の低減式は、計 180 点の h ごとの応答加速度倍率と周期との関係を Figure2~4 に示し、応答変位の場合と同様に式を導く。又、導かれた応答加速度の提案式を建告告示式と比較して、その傾向を掴む。更に、応答変位の提案式も併せて $S_a \cdot S_d$ 曲線を描き、こちらの告示式に対する傾向も掴む。

3. 検討結果

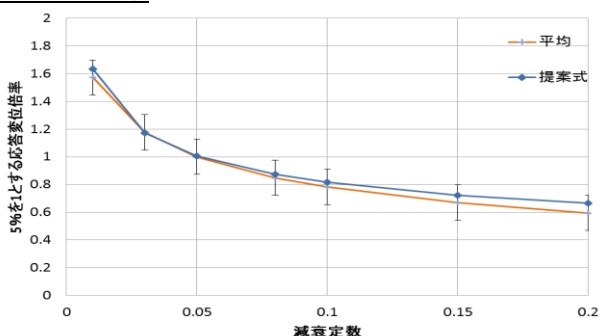


Figure 1 New correction formula of displacement response magnification

Figure1 では周期 0.01~0.5s での各地震動の観測地計 180 点を平均した応答変位倍率とそれに基づいた応答変位倍率の提案式を並べてグラフにしている。平均値の誤差範囲内に収まることにより新たな低減式を作ることが出来た。この時、応答変位倍率は本研究の提案式の式(1)の通りになる。この時、式の定義域は $0.01 \leq T \leq 5.0$ である。

$$Fh = \left(\frac{0.05}{h} \right)^{0.31} \quad (1)$$

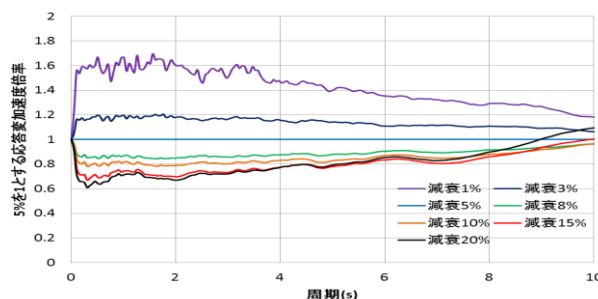


Figure 2 Inland earthquake

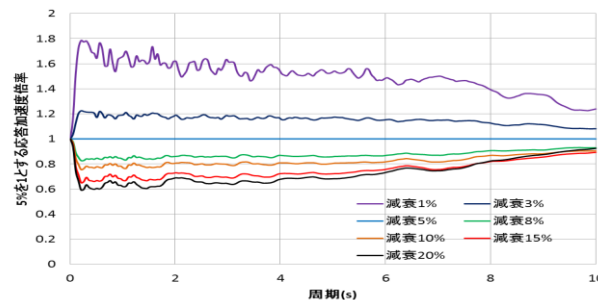


Figure 3 Oceanic trench earthquake

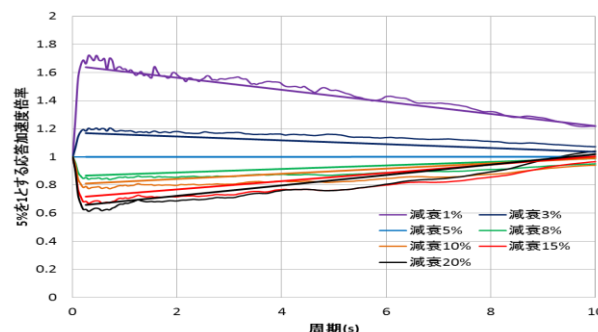


Figure 4 New correction formula of acceleration response magnification

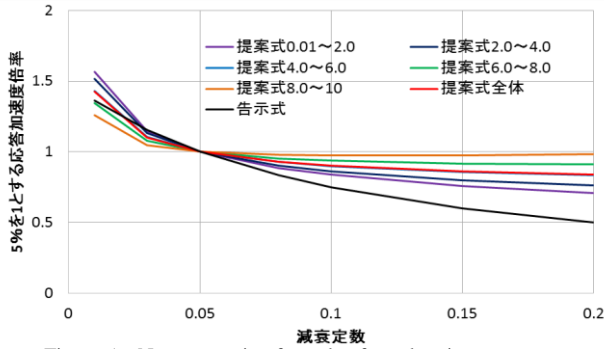


Figure 5 New correction formula of acceleration response magnification and Ministry of Construction Notification

Figure2, 3 ではそれぞれ新潟県中越地震(内陸型地震), 十勝沖地震(海溝型地震)の応答加速度倍率と周期 0.01~10s との関係を示している. 各曲線で短周期における各 h の分布は, 上から下へ $h=0.01, 0.03, 0.05, 0.08, 0.10, 0.15, 0.20$ となっている. それによると, 長い周期になっていく程, どの減衰も基準の $h=0.05$ に近づいていく傾向が得られる. 細かく言えば, Figure2 は, Figure3 に比べて, 長い周期での特に $h=0.20$ の応答が大きくなっているが, 全体的な傾向はそれぞれの地震動で特に違いは見られない. 又, グラフによると周期 0.2s までの時点は, 各減衰での応答倍率は 1 から広がっていく過程であると言える. そのため, Figure4 では他の地震動も含めた計 180 点の観測点のデータを平均したが, 提案式においては, 各減衰による傾向が得られる周期 0.2s からのグラフを Figure で示している. 更に, 周期 9s 時点で $h=0.20$ での地震動が 1 より大きくなっているのが見られ, 高い減衰の方が低い減衰よりも大きくなったと言える. Figure4 に添えた低減式は本研究の提案式の(2)より次の様になる. 周期に対する各減衰での傾きは, 正負共に存在するため, 自然対数の型で示した. 切片の格好は応答変位の低減式と似る. 又, 式の定義域は $0.2 \leq T \leq 10s$ である.

$$Fh = (2.67 \times 10^{-2} \log h + 0.08)F + \left(\frac{0.05}{h}\right)^{0.31} \quad (2)$$

Figure5 では告示式と提案式の式(2)を周期 0.01~10s で, 提案式(2)はそれぞれ周期 2s ごとのグラフを示し, 減衰定数と加速度応答倍率の関係を示した. それによると, 告示式の各減衰の応答分布は $h=0.05$ までは概ね提案に沿っていた. しかし, $h=0.08$ 以降では告示式の減衰が各周期での提案式のそれに比べて過大になり, 実測値に基づいた提案式との乖離は高い減衰程大きくなっていく傾向が見られる. このことから, 告示式は $h=0.05$ までの応答加速度に対しては有効であるが, それ以上の高い減衰に対してはその減衰は過大であると言える. 更に, 提案式の周期ごとの傾向を見ると周期が長い程, 減衰定数を大きくしたことに対する減衰の減り具合が小さくなっていることが分かる.

Table 1 Specifications of the building

Sd(cm)	0.00	0.83	1.67	2.50	3.33	4.00	5.00	6.67	10.0	20.0
Sa(cm/s ²)	0.00	136	227	227	227	227	227	227	227	227

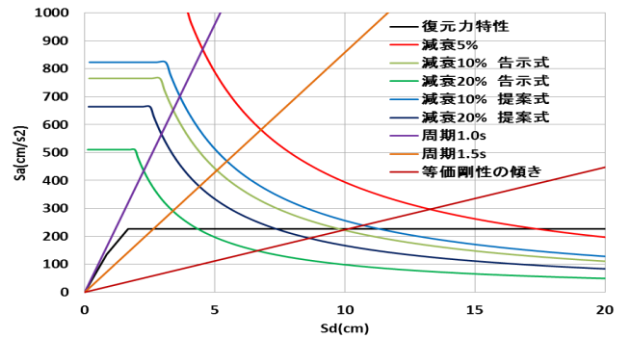


Figure 6 Sa-Sd curve

Figure5 の S_a - S_d 曲線は告示式と新たな提案式の(1), (2)を開放工学的基盤における加速度応答スペクトル^[2]に基づいて描いた. グラフで用いられている復元力特性は, Table1 の通りである. $h=0.05$ の応答スペクトルをそれぞれ告示式, 提案式のやり方で計算した. それによると, $h=0.10, 0.20$ の応答から, 提案式は告示式よりも大きいと言える. 又, 復元力特性との交点から, $h=0.10$ の変位は提案式が告示式よりも 1.5cm 大きく, $h=0.20$ の変位は提案式が告示式よりも 3cm 大きい. このことから, 高い減衰程, 実際の変位が告示式の場合よりも大きくなると言える. 応答値を算出する際, Figure5 の様な曲線を導く. この場合, 等価剛性の傾きを持つ直線とある h における加速度応答スペクトルを S_a - S_d 曲線の荷重と変形の変換した曲線の交点が各ステップの応答値となる. それら応答値を結んだ線を必要性能スペクトルと呼び, そのスペクトルと建物全体の復元力特性の交点が建物の応答となる. しかし, 上記の結果より, h が 5%以上のより減衰を抑えた設計をする建築物となると, 限界耐力計算で出た応答よりも大きな揺れや変形が発生してしまうと言える.

3. まとめ

前報その 1 では各地震動のデータを用いて告示式や各種既存の低減式と比較した. その結果, 応答加速度と応答変位では減衰の傾向が異なることや, 応答加速度は各周期によって減衰定数ごとの傾向が異なってくるのが分かった.

本報その 2 では, 前報その 1 で用いたデータを基に応答加速度, 応答変位の低減式を検討した. その結果, 前者は周期と h との連動があることが確認され, これに基づいて低減式を作ったところ, 告示式は高い減衰で $h=0.05$ に対する減衰が過大であることが分かった.

本研究では限界耐力計算の建告告示式やそれに関係する既存の低減式に対して, 地震動の実測データと比較し, 検討した. その結果, 応答変位では実測データに沿った提案式を, 応答加速度においては更に周期を考慮した提案式を提案することが出来た.

参考文献

- 1)日本建築学会：地震荷重—その現状と将来の展望, 1987.1.
- 2)木造軸組工法建物の耐震設計マニュアル委員会：伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル—限界耐力計算による耐震設計・耐震補強設計法, 学芸出版社, 2004.3