

長周期地震動を対象とした震度の表現とその特性

佐賀大学大学院 学生会員 井芹祐哉

佐賀大学大学院 正会員 坂井晃

1. まえがき

長周期構造物を対象とした震度の表現としては、絶対速度応答スペクトルの最大値 $(S_{va})_{\max}$ を用いた長周期地震動階級(気象庁)¹⁾が計測震度とは別に施行されている。本研究は、筆者によって提案されている長周期地震動レベル²⁾を用いて、各種地震波を対象に長周期地震動階級と比較検討した。

2. 本研究に使用した地震波形

(1)設計用長周期地震動波形³⁾(建築物を対象に0.1秒から10秒の幅広い周期成分を含み、各観測地点の解放工学的基盤における加速度応答スペクトル及び郡遅延時間の平均値と分散を基に時刻歴波形を算出)の想定東海地震(M_w 8.0)、東南海地震(M_w 8.1)と、(2)東北地方太平洋沖地震(2011年3月11日, K-NET: 500箇所)を使用した。

3. 長周期地震動レベルの概要

計測震度に対応する震度の表現法として、計測震度と同一の補正加速度を使用し、移動実効値法を適用した次式の震度レベル L_{Fs} を提案している⁴⁾。

$$L_{Fs}(t) = 2 \log A_{Fcom}(t) + 1.25 \quad (A_{Fcom} \text{は補正加速度実効値}) \quad (1)$$

また、図-1に示すように、周期に対して傾き m が1, 2となる補正係数を用いた補正加速度実効値を使用して、式(1)と同形式で表した速度対応と変位対応の震度レベル L_{Fav} 、 L_{Fad} を提案している⁵⁾。さらに、設計用長周期地震動波形を用いた速度対応の最大震度レベル $(L_{Fav})_{\max}$ は、図-2に示されるように長周期地震動階級に用いられる $(S_{va})_{\max}$ との相関関係を適用して、長周期地震動レベルの提案に用いられている²⁾。今回は、長周期地震動波形の観測点を11箇所²⁾から1069箇所に増加して、 $(L_{Fav})_{\max}$ と $(S_{va})_{\max}$ の関係を求めた。

$(S_{va})_{\max} = -1.76 + 1.17(L_{Fav})_{\max} \quad (2)$ これにより、速度対応の最大長周期地震動レベル $(L_{Lv})_{\max}$ として次式を用いる。

$(L_{Lv})_{\max} = 0.132 \{(L_{Fav})_{\max}\}^2 \quad (3)$ 速度対応の長周期地震動レベル L_{Lv} は式(3)と同様に与えられるものとする。

$L_{Lv} = 0.132(L_{Fav})^2 \quad (4)$ このときの変位対応の長周期地震動レベル L_{Ld} は L_{Lv} と平均的に一致するものとしている(式(5))。また、長周期地震動は速度だけでなく変位応答にも依存すると考えられるため、長周期地震動レベル L_{Lp} としては、図-1、図-2に示す速度と変位の中間的な震度レベル L_{Fap} を用いた式(6)を採用している。

$$L_{Ld} = 0.132(L_{Fad} - 1.0)^2 \quad (5) \quad L_{Lp} = 0.132(L_{Fap} - 0.5)^2 \quad (6)$$

4. 最大長周期地震動レベルと長周期地震動階級の比較

図-3(a)は、設計用長周期地震動(想定東海地震)における長周期地震動階級(気象庁)と最大長周期地震動レベルの関係を示している。速度対応の最大長周期地震動レベル $(L_{Lv})_{\max}$ を用いた長周期地震動階級は、 $(S_{va})_{\max}$ の値によって4段階に区分される気象庁の階級とほぼ一致している。ただし、変位対応の $(L_{Ld})_{\max}$ は、気象庁の階級よりも低い観測点も数ヶ所見られることから、それらに対応する長周期地震動レベル $(L_{Lp})_{\max}$ による階級も1階級程度低下している。一方、図-3(c)の東北地方太平洋沖地震では、速度対応の $(L_{Lv})_{\max}$ に対しても気象庁の階級より低い地点が見られ、変位対応の $(L_{Ld})_{\max}$ においては2階級低下している箇所も認められる。こ

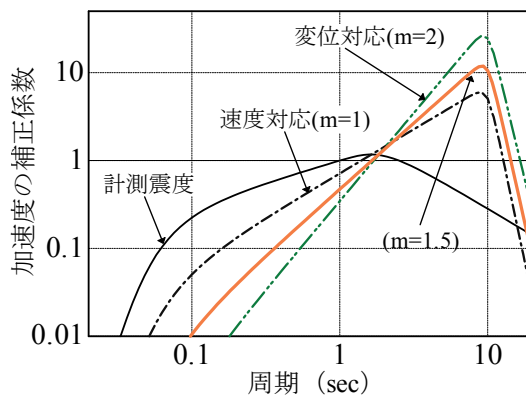


図-1 加速度の補正係数

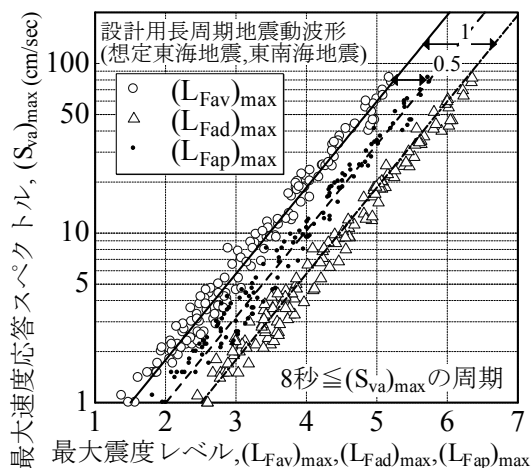


図-2 各種震度レベルと $(S_{va})_{\max}$ の関係

のために、 $(L_{Lp})_{\max}$ による階級は、観測点の半分程が1階級低い値を示している。図-3(b)(d)は、最大長周期地震動レベル $(L_{Lp})_{\max}$ と速度対応の $(L_{Lv})_{\max}$ 、変位対応の $(L_{Ld})_{\max}$ の関係を両地震に対してプロットしたものである。設計用長周期地震動の $(L_{Lp})_{\max}$ は、 $(L_{Ld})_{\max}$ に対して僅かに大きな値を示す程度であるが、 $(L_{Lv})_{\max}$ に対してはその差が広がり、 $(S_{va})_{\max}$ の周期が短くなるほど1程度の差異が生じている。観測地震波（東北地方太平洋沖地震）の $(L_{Lp})_{\max}$ は、最大長周期地震動レベルが大きくなるほど、 $(L_{Ld})_{\max}$ に対して1程度まで大きく、かつ $(L_{Lv})_{\max}$ に対して1.5程度も小さな値を示す観測点も見られる。

5. 長周期地震動レベルの時系列変化

$(S_{va})_{\max}$ を用いた長周期地震動階級に対して、長周期地震動レベルは、震度の時系列変化を示すことができる。図-4と図-5は、千代田区役所(E4E)(想定東海地震)と小川(TCG006)(東北地方太平洋沖地震)における長周期地震動レベルの時系列変化と各補正加速度のフーリエスペクトルを示している。千代田区役所では、周期6.5秒の長周期領域にピーク値を有していることから速度、変位の増幅が大きく、各長周期地震動レベルに差異はほとんど見られない。一方、小川地点では、周期1.25秒付近にピーク値は見られるものの、それよりも長周期の領域における成分が少ないため速度、変位になるほど増幅が小さい。このために、 $(S_{va})_{\max}$ が千代田区役所地点の113cm/secに対して小川地点では230cm/secと2倍程度大きいにも関わらず、 $(L_{Lp})_{\max}$ は約3.5で差異はなく、速度対応の L_{Lv} よりも1程度小さな値を示している。

6. まとめ：長周期地震動レベルを用いた長周期地震動階級は、速度と変位の間絶的な評価を行っているために、 $(S_{va})_{\max}$ を用いた気象庁の階級に比べて1階級低い観測点も多く見られた。今後は、長周期地震動の地図上における分布特性の違いについても明らかにしたい。

参考文献：1) 気象庁：長周期地震動階級および長周期地震動階級関連解説表について、3) 国土交通省：超高層建築物等における長周期地震動への対策案について、2)4)5) 坂井晃：土木学会論文集A1, Vol.70(2014), Vol.68(2012), Vol.69(2013)。

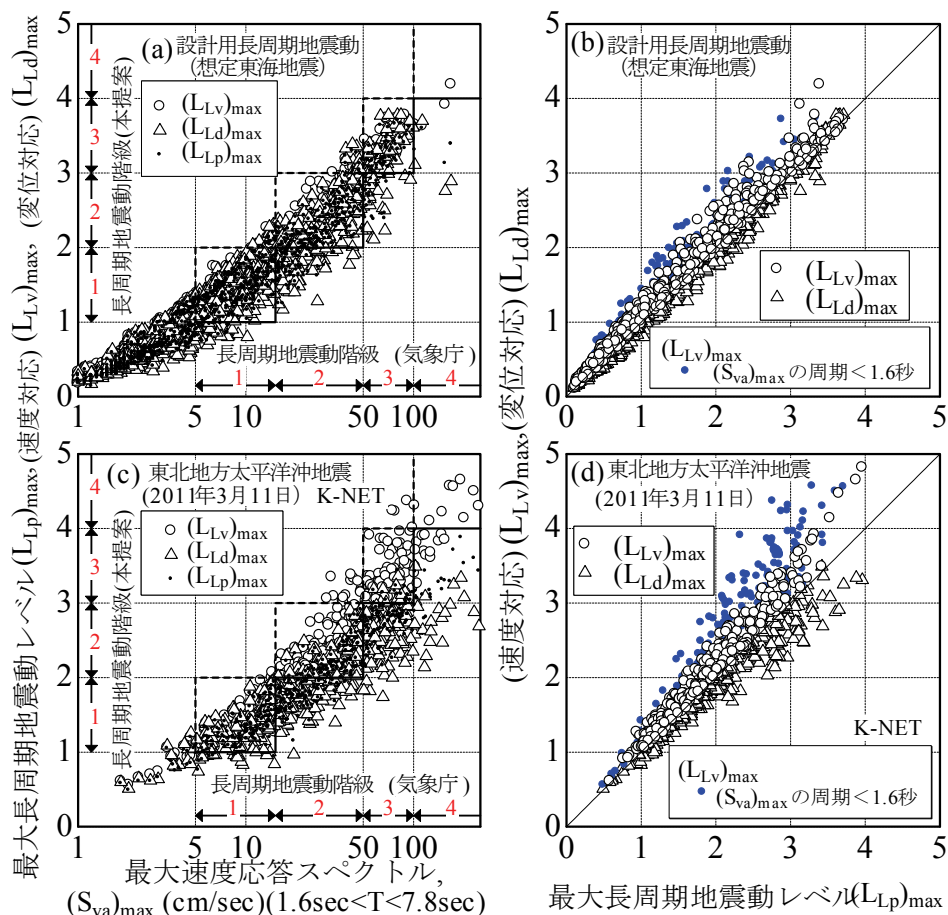


図-3 最大長周期地震動レベルと長周期地震動階級の比較

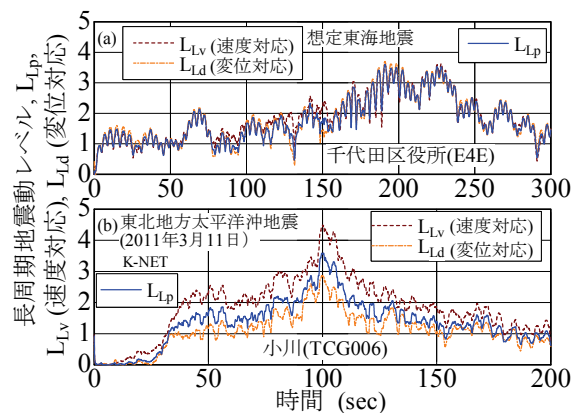


図-4 各種長周期地震動レベルの時系列変化

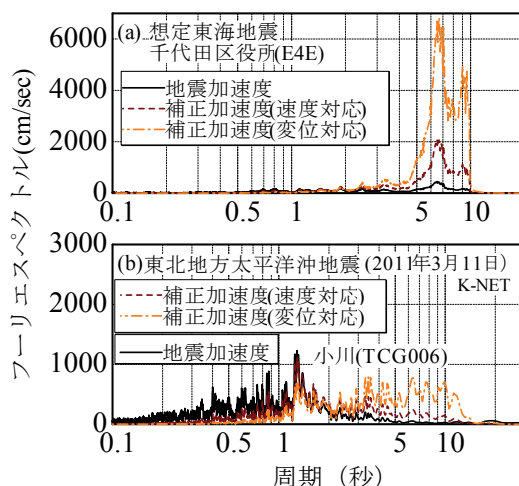


図-5 合成補正加速度のフーリエスペクトル