

## スロッシング変位量と振動継続時間との相関性

金沢大学工学部 学生会員 ○小林 正明  
 金沢大学大学院 正会員 宮島 昌克  
 大阪市水道局 正会員 村田 幸一

### 1. はじめに

水道供給システムでは、地震が発生した直後、システムに物理的なダメージが無くても急激な流量増加と水圧低下という異常挙動を発生することがある。この現象は一時的ではあるものの、発生中は水道供給システムの機能を低下させることがある。このような異常挙動については 1988 年に小林<sup>1)</sup>、2007 年に村田ら<sup>2),3)</sup>がそれぞれ報告している。異常挙動の原因として小林<sup>1)</sup>はトイレ洗浄用タンク内の自由水面のスロッシングにより内部のボールタップによる誤動作引水であると考え、村田ら<sup>2),3)</sup>は上水貯水槽内のスロッシングにより内部に設置されている水位センサーによる誤動作引水であると考えている。

そこで、本研究では異常挙動を発生させていると考えられる自由水面のスロッシング現象に注目し、特にスロッシングによって生じる水面変位量に着目した。これに関しては一般的にHousnerの耐震計算式<sup>3),4)</sup>により算出することが可能であり、値の変化するパラメータとしては一次スロッシング固有周期、水深、水槽幅の  $1/2, 1$  次スロッシング固有周期における速度応答スペクトル値の 4 要素である。しかしこの式は振動継続時間というパラメータが直接考慮されていない式となっている。そこで、スロッシング変位量と振動継続時間との間に密接な相関性があると推測し、この両者の関係を考察するため直方体型のトイレタンクを用いて水深、加速度、振動数を一定に保ち、振動継続時間を変化させて底面の長辺方向に一軸に正弦波を入力させる実験を行った。今回、相関性があると推測したスロッシング変位量と振動継続時間との両者について、得られた実験データより考察を行った。

### 2. 実験概要

水深については 25 cm、加速度は 40gal で設定をした。また振動数領域については、長周期と短周期の両面を意識して 0.4Hz ~ 1.5Hz で設定し、振動継続時間については 10 秒、60 秒、120 秒、180 秒、240 秒の 5 ケースで変化させ、固有振動数と考えられる振動数のみ継続時間 300 秒での振動も行い、スロッシング変位量と振動継続時間との相関性を考察した。また、スロッシング変位量については水圧計を用いて水深によりかかる電圧の違いからスロッシング変位を算出した。写真-1 では長辺方向における一軸振動実験の水圧計の設置場所を示しており、右から 1ch, 2ch, 3ch と設置した。写真-2 はスロッシングの状況を示す。



写真-1 水圧計の設置場所



写真-2 スロッシング状況

### 3. 解析結果と考察

図 1, 2 は 1ch, 3ch における各継続時間での設定した振動数領域におけるスロッシング最大変位をグラフ化したものであるが, これらより直方体型トイレタンクを長辺方向に振動させた場合における固有振動数は, 1.4Hz であることがわかる. また 1.4Hz については継続時間の増加により, スロッシング最大変位が増加しているが他の振動数については確実に増加しているとは言えない. つまり, 継続時間の増加によるスロッシング最大変位の増加は固有振動数に限られることが間接的に言える. Housner の耐震計算式<sup>3), 4)</sup>では変化するパラメータとして一次スロッシング固有周期, 固有周期における速度応答スペクトルが含まれていることは先で述べたが, 上記の結果よりスロッシング最大変位には振動継続時間も影響を及ぼしていることを間接的に証明できたと考えられる.

次に, 図-3 は 1ch, 図-4 は 3ch での固有振動数 1.4Hz における振動継続時間とスロッシング最大変位の関係を示す. これらの図より振動継続時間が増加するにつれてスロッシング最大変位が増加しているのがわかる. また, 1ch については継続時間 10 秒でのスロッシング最大変位と継続時間 300 秒でのスロッシング最大変位との差が約 1.26 cm とあまり差が出なかったが, 3ch については約 5.48 cm と差が顕著に現れた. そして各継続時間でのスロッシング最大変位の不一致よりスロッシング現象が左右対称に生じていないことも図-3, 4 で確認できる.

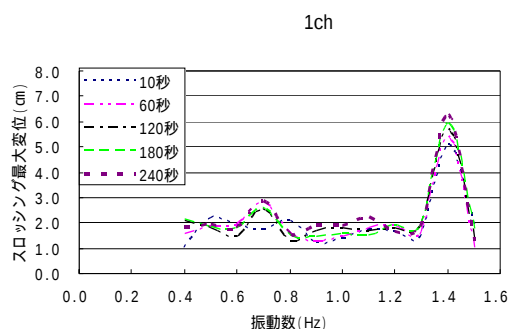


図-1 各継続時間でのスロッシング最大変位

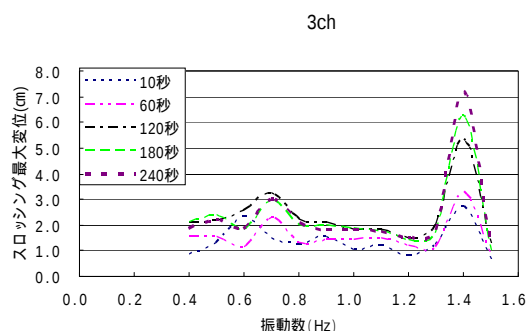


図-2 各継続時間でのスロッシング最大変位(3ch)

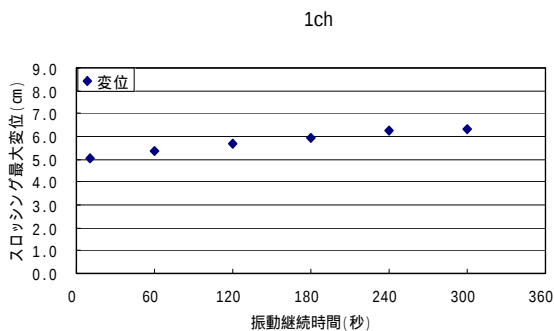


図-3 振動継続時間と変位との関係(1ch)

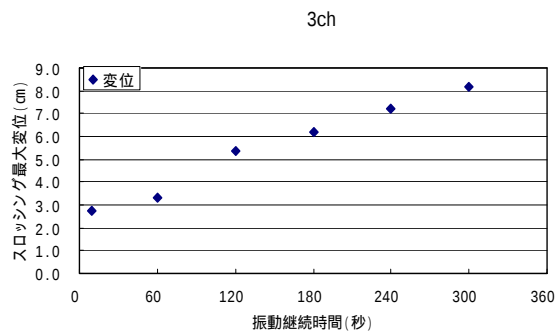


図-4 振動継続時間と変位との関係(3ch)

### 参考文献

- 1) 小林泰章: 地震動による送配水システム内水道水の異常挙動, 水道協会雑誌, 第 57 巻, 第 6 号, pp.2-14, 1988.
- 2) 村田幸一, 宮島昌克: 水道供給システムへの影響, 地震工学解論文集, 第 7 巻, 第 1 号, pp27-28, 2007.
- 3) 村田幸一: 長周期地震動による水供給システムへの異常挙動に関する研究, 平成 18 年金沢大学博士論, 2007.
- 4) 仙福太郎: 地震同の長周期成分による上水受水槽のスロッシングに関する研究, 平成 19 年学士学位論文, 2007.