

## セグメントの備蓄時耐震安全性に関する振動台実験

首都大学東京 大学院 都市環境科学研究科 学生会員 寺島 博明  
 首都大学東京 大学院 都市環境科学研究科 正会員 長嶋 文雄  
 石川島建材工業（株） 正会員 橋本 博英  
 石川島建材工業（株） 正会員 ○阿部 義

### 1. はじめに

コンクリート二次製品であるシールドトンネルセグメントの備蓄時耐震安全性について検討している<sup>1)</sup>。本報告は、製品群としての耐震安定性を明らかにする目的で、1/8 スケールモデル(s=1/8)を用い、振動台による加振実験を通して、セグメントの列数、段数、加振方向などをパラメータとして検討したものである。

### 2. 実験概要

写真-1は2段積み(上段、下段共に3列)の場合の実験状況を示したものである。上段の、向かって右側のセグメントが転倒しているが、例えこのように転倒に至った場合でも、天蚕糸(てぐす)によって、支える構造となっており、安全性に配慮している。振動台(リンク方式、最大搭載重量:1ton、水平方向最大振幅:±75mm、最大加速度:±980gal)の概要を図-1、2に示す。セグメントの挙動はレーザー変位計を用いて計測した。実験に用いたセグメント模型の概略図を図-3、4に、また諸元を表-1に示す。



写真-1 実験状況写真

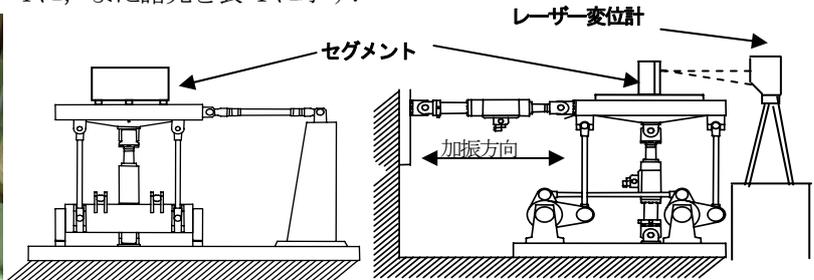


図-1 振動台図(正面)

図-2 振動台図(側面)

表-1 セグメント模型の諸元

変数	変数の詳細	値
$d_1, d_2$ (mm)	台木間距離	197
$r$ (mm)	セグメントの中心から弧の中心までの距離	393
$r'$ (mm)	セグメントの内側から弧の中心までの距離	373
$t$ (mm)	セグメントの厚さ(板厚)	40
$x$ (mm)	セグメントの外側から転倒支点までの距離	97
$y$ (mm)	転倒支点から弧の中心位置までの距離	316
$z$ (mm)	セグメントの内側から転倒支点までの距離	57
$\phi$ (rad)	弧の中心角	1.197
$e$ (mm)	偏心量	43
$h$ (mm)	セグメントの高さ	200
$h/2$ (mm)	横から見た際のセグメントの重心位置	100
$m$ (kg)	セグメントの質量	8.58
$\alpha$ (gal)	転倒限界加速度(理論値)	422

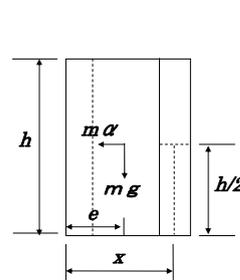


図-3 セグメントの側面図

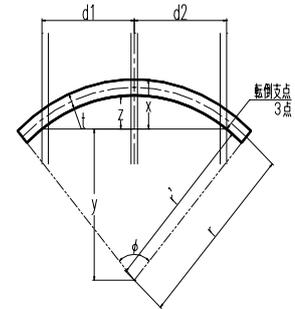


図-4 セグメントの正面図

振動台に図-5に示すような漸増型の正弦波(周波数一定として $\sqrt{s} = 2.828$ Hz)を発生させ、セグメント転倒時の振幅より転倒加速度 $\alpha_T$ を求めた(転倒加速度を以降は $\alpha_T$ と略記する)。振幅は3波毎に20段階で増加させたが、加速度では2.7gal刻みとなる。従って最大入力加速度は約470 galとなり、これはセグメント単体の転倒加速度を上回るものである。実験は各ケースに対して2回行い、結果に違いが出た場合は3回測定し値の近い2回を選択し $\alpha_T$ の平均を求めた。

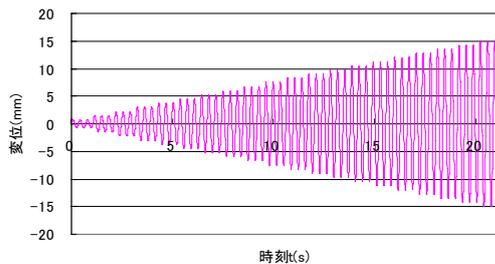


図-5 漸増型強制入力変位

キーワード: セグメント, 備蓄製品, ストックヤード, 耐震安全性, 安定供給

連絡先: 〒100-0006 東京都千代田区有楽町 1-12-1 石川島建材工業 (株) セグメント事業本部 TEL 03-5221-7240

本実験では、ロッキング開始時を不安定現象発生時とした。実験は単体、1段3列、2段(上段3列、下段3列)、3段(上段1列、中段3列、下段3列)の4ケースとした。またそれぞれのケースに対して転倒防止治具を取り付けた場合の実験を行った。さらに加振方向の違いによる影響も90° 入力方向を変化させて調べることにした。

3. 実験結果

3.1 1段の場合 単体の場合のロッキング開始時加速度は $\alpha_T=370\text{gal}$ 程度となった(図-6)。これは理論値(422gal)の90%弱の値である。この理由としては模型実験によるスケール効果が考えられる。また1段3列では $\alpha_T=360\text{gal}$ 程度となり(図-7)、セグメントを複数並べてもほとんど $\alpha_T$ は変わらないことが確認できた。転倒防止治具を取り付けた場合(図-8)は加振時間全体にわたって、安定した状態が続きロッキングは起こらなかった。このことから転倒防止治具を取り付けた場合では $\alpha_T>470\text{gal}$ である。

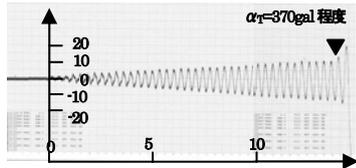


図-6 単体の実験結果

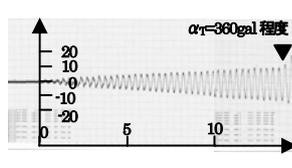


図-7 1段3列の実験結果

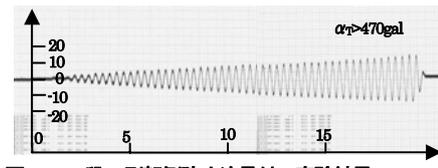


図-8 1段3列転倒防止治具付の実験結果

※註 図6~8, 9, 11~13のグラフにおいて、縦軸を変位(mm)、横軸を時刻(s)とする。

3.2 多段の場合 2段では、まず転倒防止治具を取り付けずに上段における $\alpha_T$ を測定した。 $\alpha_T=240\text{gal}$ 程度となったが、これは単体の場合の $\alpha_T$ の約65%であり $\alpha_T$ はかなり低減したが、2段の理論値(211gal)よりは大きくなった。このときの多段の理論値は、図-10のように上下セグメントを一体化させて考えることにより、2段では単体の1/2、3段では1/3の値となる。上段のみに転倒防止治具を取り付けた場合は $\alpha_T=250\text{gal}$ 程度、下段3列を転倒防止装置(複数のセグメント間にスペーサーを置き一体化し、耐震安全性を高めたもの)で固定した場合は $\alpha_T=230\text{gal}$ 程度となり、転倒防止治具なしの場合とほぼ等しかった。また上段3列を転倒防止装置で固定した場合も $\alpha_T=240\text{gal}$ 程度であり変わらない値となった。上段に転倒防止治具を取り付け、下段を転倒防止装置で固定すると $\alpha_T=280\text{gal}$ 程度となり、 $\alpha_T$ は若干増加した(図-11)。

3段の場合で、転倒防止治具などを取り付けないときには、 $\alpha_T=170\text{gal}$ 程度となり、3段の理論値(141gal)を幾分上回った。下段のみ転倒防止装置で固定したところ、 $\alpha_T=190\text{gal}$ 程度となり、中段と下段を転倒防止装置で固定した場合には、 $\alpha_T=240\text{gal}$ 程度となり安定性が向上した。

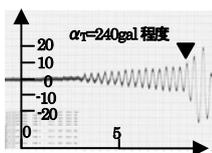


図-9

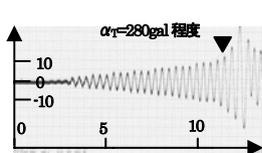


図-11

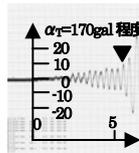


図-12

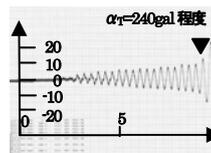


図-13

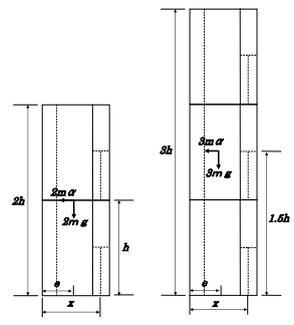


図-10

2段の結果(転倒防止治具無) 2段の結果(上段下段固定) 3段の結果(転倒防止治具無) 3段の結果(中段下段固定) 多段モデルを一体化したモデル

3.3 加振方向の影響 3段において加振方向を90° 変えて実験を行った。加振時間全体にわたって、安定した状態が続きロッキングは起こらなかった。このことから $\alpha_T>470\text{gal}$ である。加振はセグメントの対称軸を含む法線方向に行えば、安全側の結果が得られることが分った。

4. おわりに

コンクリートセグメントの備蓄時耐震安全性を実験的に調べ、その定性的な特性について明らかにした(図-14に実験結果と理論値をまとめて示す)。今後は詳細な解析を加え、定量的な検討と、耐震安全性の向上化等を目指す。

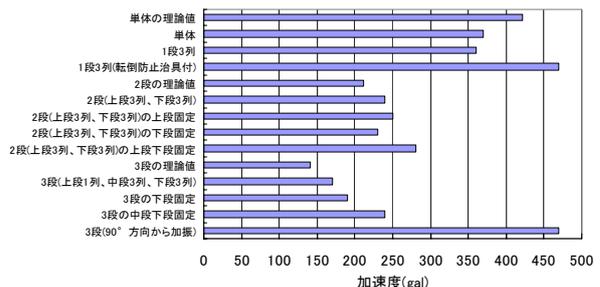


図-14 理論値と各実験の転倒加速度的比較

参考文献 1) 阿部・橋本・長嶋・杵築：ストックヤードにおけるセグメントの耐震安全性に関する検討，土木学会第60回年次学術講演会（平成17年9月）