

山口大学工学部 正員 ○ 最上 幸夫

" 阪本 紀博

1. 緒言

地盤上に設置された構造物の地震入力に対するレスポンスについては、これまでかなり多くの研究が行なわれているが、地震作用を一種の衝撃とみなすとき、このような衝撃作用が地盤にどのような影響を与えるものであるかについては、なお多くの検討すべき点が残されているものと考えられる。すなわち、衝撃現象に対する土の動力学的性質に関しては、種々研究が進められているが、いまなおその発展の段階にあり、今後さらに引続いて研究すべき重要課題の一つであると考えられる。このような見地から本文においては、砂層に衝撃を加えたとき、砂層中に生ずる最大加速度を小型加速度計によって測定し、また砂層表面にコンクリートブロックを載せて、その転倒に対する安定性を実験的に検討してみた。以下今回行なった室内実験とその考察について述べる。

2. 実験の概要

実験装置の概略はFig. 1に示すとおりで、重さ30.8 Kgの円筒形重錘を長さ80.5 cmのワイヤーロープで固定点からつるし、水平距離 $H=15, 20, 25, 30, 35, 40$ cmの6種に変化させて衝撃量 I を変えた。砂層としては自然乾燥状態の海砂を用い、内容積 $24.5 \times 44 \times 50$ cmの木製あく内に一層16 cmごとにならべて重さ1.5 Kgの突き棒を3 cm高さから一箇所20回落下させて突き固め、3層(層厚48 cm)として砂層を作成した。砂層は図のごとく、鋼製ラーメンによって支持され、ラーメン柱頭の一端に衝撃 I が作用する。この砂層の重心軸上底部より16, 32, 48 cmの位置に小型加速度計を埋め込み、リード線によって歪測定器を経てラピコ

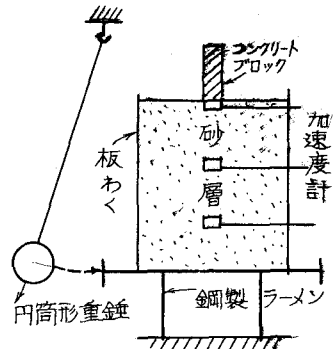


Fig. 1 実験装置概要

ーダーに接続して加速度記録をとった。一方砂層表面に幅2 cm、奥行45 cm(模型奥行と同じ)、高さを5 cmごとに変えたコンクリートブロックを直立させ、衝撃 I を一定としたとき、その衝撃に対してブロックが転倒する高さを実験的にしらべた。かくして測定された加速度記録と解析の結果とを比較検討し、従来の振動学的解析の方法が衝撃の場合にもそのまま適用しうるが否かなどについて若干の考察と検討を行なった。

3. 実験結果とその考察

実験結果については表-1の()内に示してあり、12個の測定値の平均値で示してある。測定結果に対する解析を行なうと、つぎのようである。まず鋼製ラーメン柱頭部の最大加速度は次式で計算される。

$$|\ddot{y}_{\max}| = I n g / W \quad (1)$$

$$\text{ただし, } n = \sqrt{k g / W}, \quad k = 24 E I_0 / l^3 \quad (2)$$

ここに、 k : 鋼製ラーメンのバネ常数、 W : ラーメンに作用する鉛直重量、 $E I_0$: ラーメン柱の曲げ剛性、 l : 柱高。

つぎに砂層の水平せん断振動の方程式は、

$$k'AG \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} - bku - \frac{WA}{g} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0 \quad (3)$$

ここに、 $k' = 2/3$ (矩砂断面)、 A : 砂層断面積、 G : 砂層せん断弾性係数、 b : 変行幅、 K : 水平地盤係数、 W : 砂の単位体積重量、 g : 重力の加速度、 u : 砂層の水平振動変位、 Z : 砂層中心底部を原点、鉛直上方にとった座標、 t : 時間。

式(3)の定常振動(円振動数 ω)に対する解は、 $bK > WA\omega^2/g$ として、

$$u = (C \cosh \beta Z + D \sinh \beta Z) \cos \omega t = U(Z) \cos \omega t \quad (4)$$

$$\text{ただし、} \quad \beta^2 = (bK - \frac{WA}{g} \omega^2) / (k'AG) \quad (5)$$

積分定数 C, D を決める条件として、 $Z=0$: $k'AG \frac{\partial U}{\partial Z} = In$, $Z=h$: $\frac{\partial U}{\partial Z} = 0$ を用いると、

$$\left. \begin{aligned} u &= \frac{In}{k'AG\beta} (\cosh \beta h \cdot \cosh \beta Z - \sinh \beta Z) \cos \omega t \\ |\ddot{u}_{max}| &= \frac{In \omega^2}{k'AG\beta} (\cosh \beta h \cdot \cosh \beta Z - \sinh \beta Z) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

となる。ところが砂層中の加速度記録をしらべると、かなり複雑な非線形特性を示しており、砂層の固有振動数を求めることは容易でない。そこで式(6)の計算をするときの ω の値をいかにとるかについては、かなり検討の余地があるが、ここでは便宜上、加速度記録で最大加速度値を示した箇所の周期を記録から直接求め、これより ω^2 の値を決めて、式(6)により最大加速度値を計算してみると、表-1のさとなり、ぎあめてよい一致がみられる。

つぎにブロックの転倒に関する実

表-1 $|\ddot{u}_{max}|$ の計算値と実測値との比較(単位 g)

$Z \setminus I$	0.0549	0.0732	0.0914	0.1098	0.1280	0.1464
16 cm	0.909 (0.904)	1.160 (1.068)	1.376 (1.325)	1.574 (1.503)	1.749 (1.768)	1.906 (1.856)
32 cm	0.526 (0.532)	0.678 (0.663)	0.821 (0.835)	0.956 (1.012)	1.054 (1.036)	1.218 (1.205)
48 cm	0.433 (0.454)	0.556 (0.602)	0.681 (0.701)	0.789 (0.758)	0.904 (0.827)	1.016 (1.024)

【註】 I : 単位長さ当たり衝撃量 $\text{kg} \cdot \text{sec} \cdot \text{cm}^{-1}$, () 内測定値を示す。

と考えられる。すなわち、衝撃のような単に一回の打撃が加えられた場合には、定常振動による一定の加速度の繰返しによる転倒加速度の2.0～2.7倍の大きさの加速度で始めて転倒するということが本実験から認められた。

4. 結言

以上今回行った砂層に一回の打撃を加えた場合の実験結果から得られた主な結論はつぎのとおり。

1) 砂層に衝撃を加えたとき、層中に生ずる加速度の記録はかなり複雑な非線形振動の特性を示し、砂層の底部、すなわち、衝撃点に近い部分から砂層表面へ行くにしたがって次第に固有周期は長くなっていく傾向が認められ、このことは、式(3)のように G, K が全層で一定値を採ると仮定することはあまり妥当でないことを示していると考えられる。しかしその値の変化は比較的小さいので、近似的取り扱いとしては一定値としても差支えないようである。

2) 砂層表面上ブロックの衝撃による転倒に対する安定性については、定常振動による転倒加速度の約2.0～2.7倍程度の加速度で始めて転倒するということがわかった。

しかし実験数がまだ少ないので、さらに検討を続ける予定である。また今後衝撃の繰返し回数やその作用時間々隔が転倒加速度にどのような影響を与えるかなどについても検討するつもりである。

なお紙数の都合で説明不足となった部分については講演時に補足する。