

III-A 199 地盤の上下動による土圧の変化についての一考察

東海大学海洋学部 正 福江正治 正 中村隆昭
東海大学大学院 学 濱田展寿 学 山元敬豊

1. まえがき 阪神大震災で人工島の護岸が被害を受けた。これは主としてケーソンが海側に数m動いたことによる。現在、ケーソンがなぜ動いたか各機関で研究・検討が進められている。現在のところ、護岸ケーソンが地盤の上下動によっては動かないという解析結果がある¹⁾一方、地盤の上下動が構造物の破壊に極めて重要ではないか²⁾という報告もある。現地観測から、埠頭の上屋の基礎が下方から突き上げられたように破壊した例、また高く積まれたコンテナが崩れずにそのまま残っていたことなど、必ずしも横揺れだけからでは説明できない現象が見られた。今のところ、地盤の上下動が無視できないという直感ではあるが、本研究では上下動が土圧の変化を起こすと考え、簡単な実験結果から地盤が上下動するときの土圧の変化について検討した。

2. 仮説 砂の安息角は内部摩擦角とほぼ同じである。すなわち、安息角は静的条件における内部摩擦角と考えることができよう。本報告では、上下動によって砂の安息角がどう変わるかを実験的にはかり、それより動的土圧を検討しようとするものである。

基本的には、図-1のように静的なモールの破壊円と動的なモールの破壊円から土圧を考えてみるのが本研究のねらいである。つまり、振動後の砂山の斜面角を動的な内部摩擦角と仮定し、それよりモール円を考える。図-1の σ_{vd} および σ_{hd} はそれぞれ動的状態における鉛直および水平応力である。 $\Delta\sigma_v$ は鉛直加速度によって生じる鉛直応力の増分である。上下動によって崩れた砂山の斜面角を動的な内部摩擦角と仮定できるかどうか現在のところわからない。しかしながら、地盤の動的土圧に関する情報が少ない現在、上のように、上下動が働いているときの動的土圧に対する知見を与えてくれそうな気がする。

3. 実験方法および結果 図-2に実験装置、また図-3に与えた加速度の例を示す。実験には、市販のけい砂および清水市三保海岸から採取した砂をふるい分けしたものを使用した。まず、図-2の振動台を上から押さえ、ばねに所定のひずみを与えておく。振動台の上に、最大の斜面角をもつような乾いた砂山を造り、その形状（高さおよびすその広がり）をはかり、安息角を求める。ばねのひずみを瞬間に解

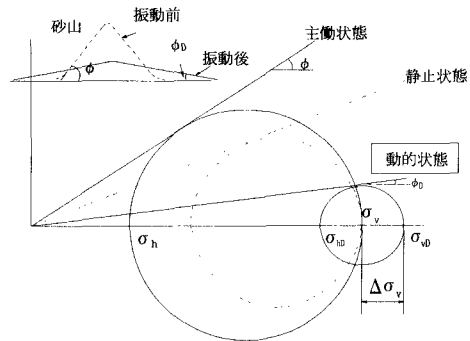


図-1 動的状態におけるモール円の概念

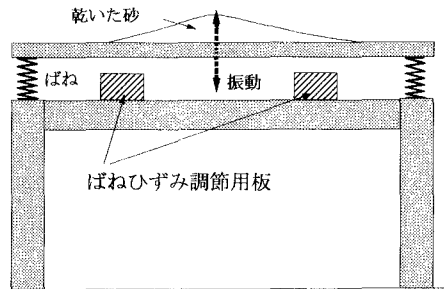


図-2 上下動振動装置

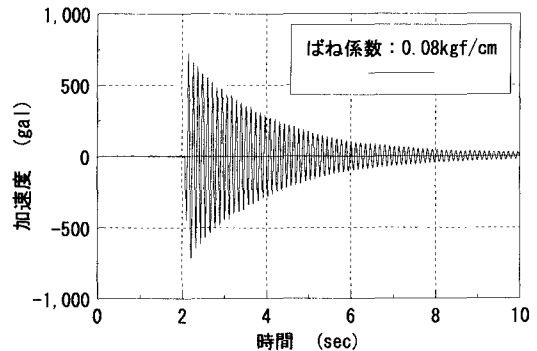


図-3 与えた加速度の例

放し、振動台を振動させる。変形した砂山の形状をはかり、それより斜面角を求める。この斜面角は、図-3に示した最初に現れる最大加速度によって決まり、その後の振動では変わらない。しかし、最大加速度が働いた瞬間には、土粒子は一度ばらばらになり、現象的には液状化に似ている。したがって、その瞬間に働く土圧は、本研究で考える斜面が安定したときの状態から求められるものとは若干異なることが予想される。

図-4に実験結果の例を示す。なお、振動用のばねとして、ばね係数が0.08kgf/cm²のものを用い、ばねの最大圧縮量を0.5cmとした。また、砂の質量をそれぞれ300, 500, 1000, 1300, 1500gに変え、それによって加速度を変化させた。図のように、上下動における砂の安息角は、ばらつきをもって最大加速度が大きくなるにつれて減少した。しかし、ばねの最大圧縮量などを変化させると、実験結果が図-4のものとは若干異なることが分かった。図-4では最大加速度が500galのとき、上下動時の安息角は静的安息角の約3/5となることがわかった。

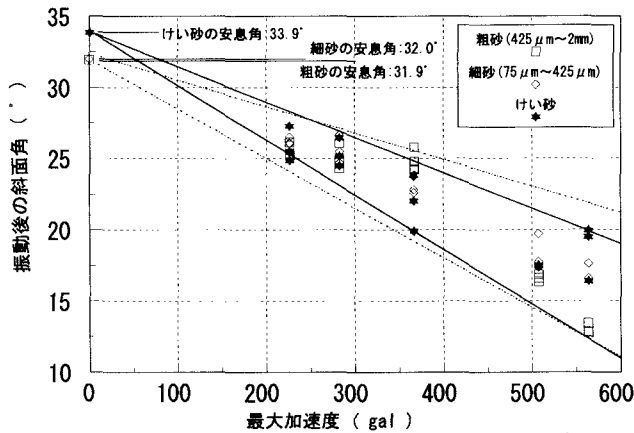


図-4 最大加速度に対する振動後の斜面角

4. 考察および結論 もし、上下動時の斜面角が動的内部摩擦角であると仮定すると、上下動による土圧係数を図-1から次のように考えることはできないだろうか。

$$K_D = \frac{1 - \sin \phi_D}{1 + \sin \phi_D}$$

ここに、 K_D は動的土圧係数、 ϕ_D は動的内部摩擦角（動的安息角）とする。この関係が使用できるなら、図-5を得る。図-5は、静的摩擦角（ $\phi=30^\circ$ ）に対する動的斜面角の比によって、動的土圧係数が主働土圧係数の何倍になるかを示す。したがって、単純化した条件では、図-1の $\Delta \sigma_v$ の影響を考慮して、上下動のみによって働く動的土圧は主働土圧の $(K_D/K_a)\{(a+g_n)/g_n\}$ 倍になるであろう。ここに a は鉛直加速度、 g_n は重力加速度である。

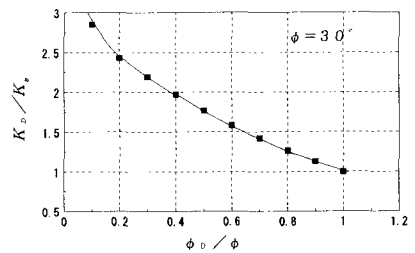


図-5 静止土圧係数に対する動的土圧係数

いま、加速度500galのもとで、 ϕ_D/ϕ が3/5であるなら、乾いた砂地盤において動的土圧は主働土圧の2.42倍になる。

5. おわりに 本研究の実験には学部生の鈴木紀慶、竹内俊文、横 豊君の協力を得た。

参考文献

- 1) 輪湖ほか：1995兵庫県南部地震による神戸港の被害とその復旧工法，土と基礎，Vol.44, No.3, Ser.No.458, pp.59-61, 1996
- 2) 高田直俊：「突き上げるような上下動」はどこへいった，土と基礎，Vol.44, No.3, Ser.No.458, pp.13-15, 1996