

## 土圧係数に着目した室内・現地土圧試験

立山砂防事務所 福田光生(現 湯沢砂防)・川合康之(現 松本砂防)・石井崇・岩田涼乃(現 金沢河川国道)  
 日本工営株式会社 ○日下拓也・長山孝彦・田方智・後藤健(現 国土交通省砂防部)・伊藤隆郭・小林浩二  
 政策研究大学院大学 水山高久

### 1. はじめに

砂防堰堤の高機能化等改良で課題となっている適切な堆砂土圧に対する知見を得るため、土圧センサーを開発し、開発した土圧センサーの土砂への適用性を確認することを目的とした室内土圧試験と、実物大規模の高さに作用する土圧を確認することを目的とした現地土圧試験を実施したので、その結果を報告する。

### 2. 土圧センサーの開発

開発した土圧センサーの模式図および大型試験枡への設置イメージを図1に示す。土圧センサーは、曲げ荷重による計測誤差を軽減させる目的で引張圧縮両用型小型ロードセルを図1(a)に示す3箇所に設置し、試験枡の側壁に直接埋込み、アンカーボルトで試験枡に固定する構造(図1(b))とした。

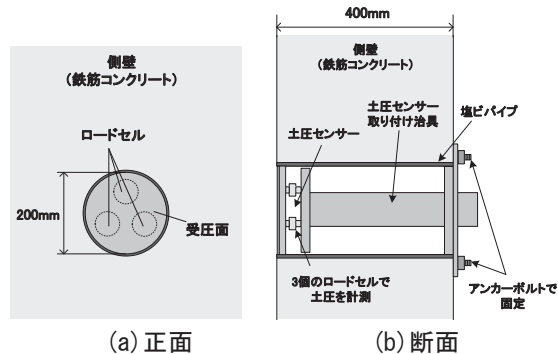


図1 土圧センサー

### 3. 土圧試験の内容

土圧試験は、図2に示す小型試験枡を用いた室内土圧試験と、図3に示す大型試験枡を用いた現地土圧試験を実施した。小型試験枡(鋼材製)は、内寸が高さ70cm×幅50cm×奥行き40cmである。土圧センサーは、試験枡底面から12.8cmの位置(受圧面の中心)に設置した。大型試験枡(鉄筋コンクリート製)は、内寸が高さ430cm×幅280cm×奥行き400cmで、奥行きは主働すべり面が十分入る寸法とした。土圧センサーは、試験枡底部から50cm、150cm、250cm、350cmの4箇所に設置した。

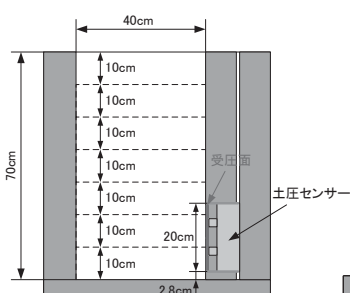


図2 小型試験枡(室内)

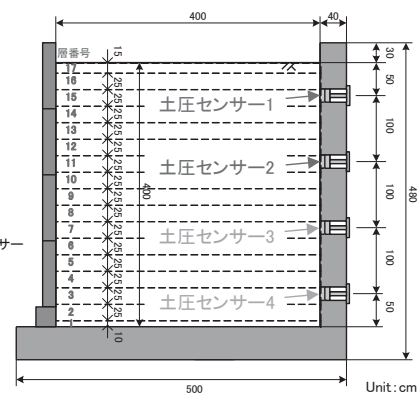


図3 大型試験枡(現地)

試験に用いた土砂は、常願寺川およびその周辺より採取した粒径が様な礫であり、粒径は、図4に示す通り、19~37.5mm程度のものとした。試験に用いる密度は、堰堤内に堆積した状態の土砂を想定して、水締めされた状態での乾燥密度とし、図5に示す通り、室内にて密度試験を実施して、乾燥密度を1.426g/cm<sup>3</sup>と設定した。相対密度Drは21.3%であり、比較的ゆるい状態である。室内土圧試験は、試験枡に表乾状態の1様礫を所定量投入し、所定の乾燥密度(1.426g/cm<sup>3</sup>)になるよう締め固めた。各層の仕上り高さは10cmとし、計60cmの1様礫を投入

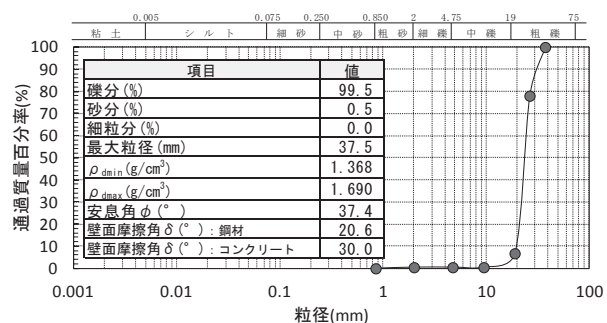


図4 使用土砂の材料特性

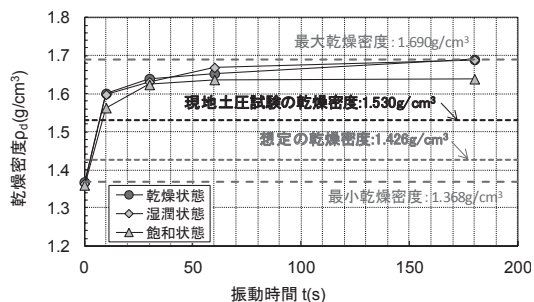


図5 乾燥密度条件

した。土圧の計測は、10cm 毎に行った。現地土圧試験は、1 層の仕上がり高さを約 25cm として、試験枡に重量を測定した一様礫を投入し、所定の乾燥密度（ $1.426\text{g/cm}^3$ ）になるよう締固めることとしたが、投入段階で、所定の密度を超えていたため、締固めは実施しなかった。最終的に高さ 400cm まで投入し、平均乾燥密度は、 $1.530\text{g/cm}^3$ （図 5 参照）となった。計測は、1 秒に 1 回サンプリングし、試験開始後 1 週間程度は、その平均値を 5 秒に 1 回出力し、その後は 60 秒に 1 回出力した。

#### 4. 試験結果

##### (1) 室内土圧試験（小型試験枡）

図 6(a)は、10cm 毎に計測した水平土圧と、投入した一様礫の重量より算出した鉛直土圧の深度分布を示したものである。図 6(b)は、静止土圧係数（=水平土圧/鉛直土圧）の深度分布を示したものである。静止土圧係数  $K_0$  は、0.36~0.66 の間に分布し、深度が深くなるにつれて小さくなる傾向が見られた。この傾向は、土木研究所で実施された粗砂での実験結果<sup>1)</sup>からも確認できる。また、古典土圧式<sup>2)</sup>（ヤークーの式： $K_0 = 1 - \sin \phi'$ ）より求めた静止土圧係数  $K_0 = 0.39$ （ $\phi' = 37.4^\circ$  として）と概ね整合している。

##### (2) 現地土圧試験（大型試験枡）

図 7(a)は、4 箇所を設置した土圧センサーに作用する荷重の時系列データを示したものである。この中から、土砂投入の 2 日後(2015/12/18)と約 3 カ月後(2016/3/11)の計測結果より整理した水平土圧および鉛直土圧の深度分布を図 7(b)に示し、静止土圧係数の深度分布を図 7(c)に示す。水平土圧は 3 カ月後の方が小さくなる傾向にあり、静止土圧係数  $K_0$  は、2 日後で 0.17~0.24 の間に、3 カ月で 0.08~0.23 の間に分布しており、室内土圧試験結果や設計基準<sup>3)</sup>（ $K_0 = 0.3 \sim 0.6$ ）よりも小さい値を示した。室内土圧試験、現地土圧試験の結果より、静止土圧係数は深度によって変化することが考えられる。

#### 5. おわりに

本検討では、砂防堰堤に作用する土圧を確認するために、実物大規模の試験枡を用いて土圧試験を実施した。その結果、現地土圧試験の静止土圧係数は室内土圧試験結果や設計基準よりも小さな値となり、深度によって静止土圧係数が変化することを示唆する結果が得られた。今後、材料や含水状態などの条件を変えた実験を実施し、砂防堰堤に作用する堆砂圧に関する考え方を整理する予定である。

参考文献：1)建設省土木研究所施工研究室(1969,1970)：壁の移動と土圧に関する一実験，第2報，第3報，土木研究所資料，第536号，第578号。2)砂の静止土圧係数の算定式とN値を用いた静止土圧の計算法，土質工学会論文報告集，Vol.17，No.3，pp93-101。3)全国治水砂防協会(1984)：砂防設計公式集（改訂版）

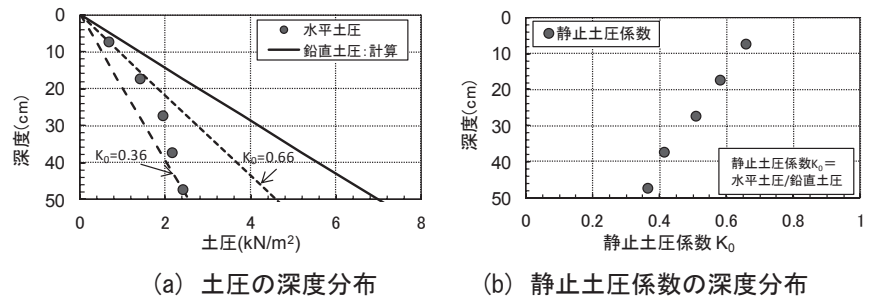
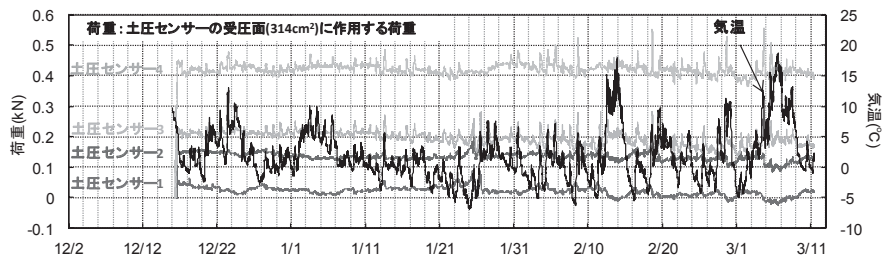


図 6 室内土圧試験結果



(a) 土圧センサーに作用する荷重の時系列データ

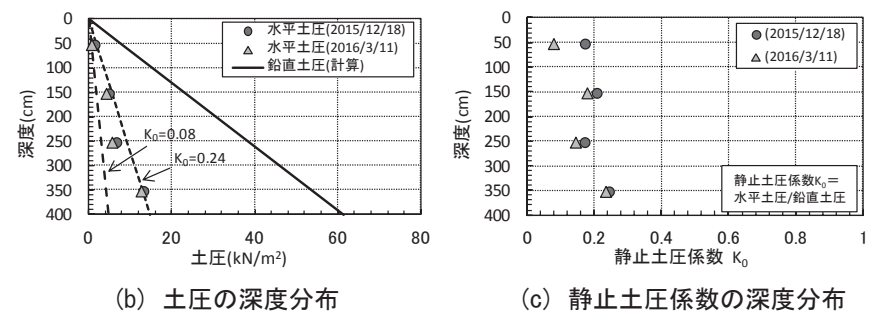


図 7 現地土圧試験結果