

## 砂防堰堤に作用する揚圧力に関する現地観測及び調査事例

国土交通省 北陸地方整備局 立山砂防事務所 三上幸三、越野正史、高橋至  
 日本工営株式会社 ○碓屋智之、太田敬一、村松広久、三池力  
 草谷恭行、藤原一啓、山下孝之、菅沼健

### 1. はじめに

現行設計基準の制定以前に施工された砂防堰堤の中には、現行設計基準に照合した場合、基準を満足しない施設もあり補強対策が必要となる。本稿は、既設の砂防堰堤の補強対策を検討する上で、本堰堤及び基礎地盤の地質調査並びに地下水水位観測事例をもとに、砂防堰堤に作用する揚圧力の推定方法について考察した。

### 2. 砂防堰堤に作用する揚圧力の推定方法について

建設省河川砂防技術基準案同解説<sup>1)</sup>によれば、砂防堰堤の堰高が15m以上の場合、堰堤の底部に作用する揚圧力の影響を検討する必要があるとしている。揚圧力は、堰堤の下流の水頭に対して、基礎地盤の性状毎に定まる揚圧力係数を堰堤の上下流の水頭差に乗じた値を足してその分布を設定することで得られ、揚圧力係数は基礎地盤が砂礫盤の場合1.0相当、岩盤の場合0.3程度とされる(図1)。また、砂防堰堤では一般的に揚圧力係数は1/3程度とされている<sup>1)2)</sup>。

揚圧力係数の採用値によって砂防堰堤の安定性評価や補強対策規模が大きく異なってくるため、既設堰堤の合理的な補強対策を検討する上では、実際に堰堤に作用する揚圧力を現地で計測し、その結果を設計に反映する方法も考えられる。そこで本検討では、既設堰堤の基礎地盤調査とともに堤体底面以深に水圧式水位計を設置し、底面に作用する水圧を計測した事例を示す。

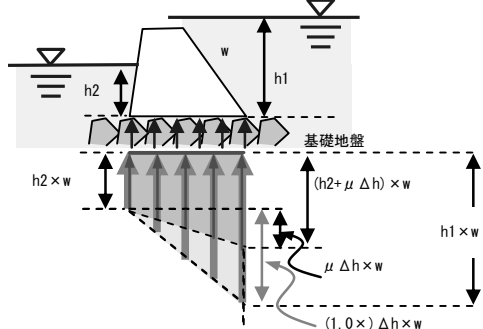


図1 揚圧力のイメージ図

$\mu$  : 揚圧力係数  
 $h_1$  : ダム上流側水深 (m),  $h_2$  : ダム下流側水深 (m)  
 $\Delta h$  : 上・下流側の水位差 (m)  $\Delta h = h_1 - h_2$   
 $w$  : 水の単位体積重量 ( $\text{tf/m}^3 = \text{kN/m}^3$ )  
 $P$  : 揚圧力の大きさ ( $\text{kN/m}^2$ )  
 岩盤の場合、上流端:  $P_1 = (h_2 + \mu \Delta h) \times w$  下流端:  $P_2 = h_2 \times w$   
 砂礫盤の場合、上流端:  $P_1 = h_1 \times w$  下流端:  $P_2 = h_2 \times w$   
 ※左図は現行基準<sup>1)</sup>に記載された揚圧力の設定方法を元に作成した。  
 ※左図より  $h_1 = h_2 + 1.0 \times \Delta h$  つまり、砂礫盤の場合  $\mu = 1.0$  に相当することがわかる。  
 ※砂防堰堤において、一般的に  $\mu = 1/3$  とすることが多い。<sup>1) 2)</sup>

### 3. 地下水水位計の設置による調査、観測事例の概要

既設砂防堰堤は満砂しており、周辺で実施された地質調査結果より堤体基礎地盤は、巨石混じりの砂礫層である。現行設計基準<sup>1)</sup>によれば、堤体に作用する揚圧力算定に用いる揚圧力係数は1.0相当となる(図1)。主な地質調査・観測項目は、①ボーリング調査(地質の確認、地質断面図の作成)、②原位置試験(透水試験、標準貫入試験、孔内水平載荷試験)、③地下水水位計による本堰堤底面に作用する水圧の計測である。本稿では、特に③の観測結果について報告する。①②の成果は地質断面図として地下水水位計の設置位置とともに図2に示す。

図2及び図3に示す通り、本堰堤の右岸、左岸の水通し部にそれぞれ「水圧式水位計」を設置し、本堰堤底面以下の水圧を計測するためにH20BV-2の孔口より深度30.99mに水圧式水位計を設置した。また、図2、図3に示すように、H20BV-2よりも上流側の水圧を計測するため、H25BV-1孔を平成25年度から新たに設置した。本検討での検討対象水位計は合計3基である。

地下水水位計の設置について、H25BV-1孔内の模式図を図4に示し、作業手順を以下に記載する。

①H25BV-1孔の掘進後にVP40の塩ビ管を孔内に挿入した。堤体底面以深はストレナ加工をした有孔管、堤体底面以浅は無孔管とした。②堤体上流法面孔口から堤体底面に繋る漏水を防ぐため、堤体孔壁と塩ビ管の隙間にパッカー材(ナイスール)及びベントナイトペレットを充填し遮水を行った。③塩ビ管内に水位センサを挿入し、堤体底面より3m深い位置に調整し、センサケーブルを固定した。④H25BV-1孔の孔口付近には地下水水位用データ収録装置の収納箱を設置した。

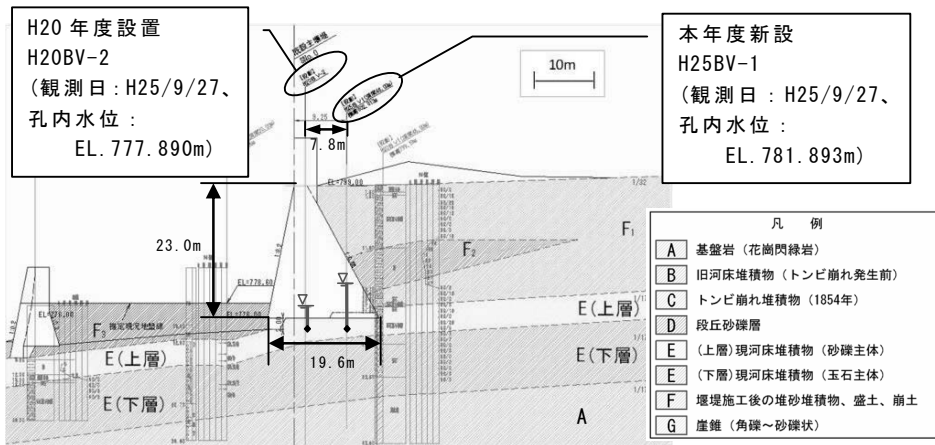


図2 地質図と水位計の設置状況(縦断方向断面)

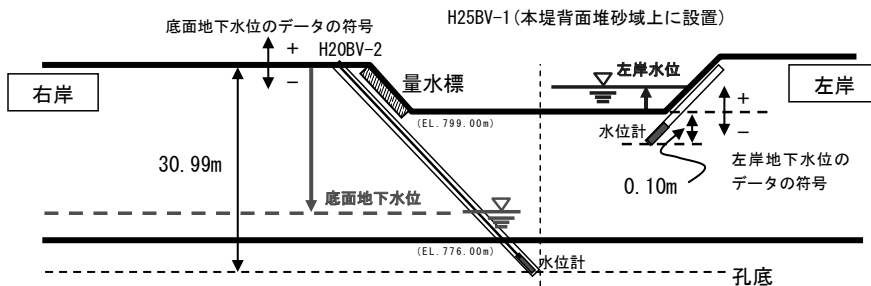


図3 水位計の設置状況(横断方向断面)

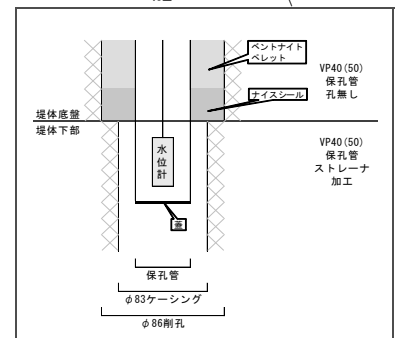
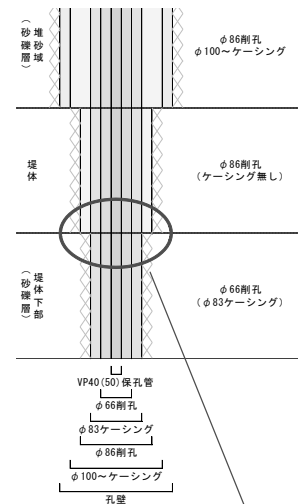


図4 水位計設置模式図(H25BV-1)

#### 4. 観測結果

越流水位を計測するための本堰堤左岸の水位計及び H20BV-2 は自動計測であり、連続的に記録されており、観測結果を図5に示す。H25BV-1 は平成25年度に新設されたばかりであるため、自動計測データではなく、手測りで計測した孔内水位を同日の H20BV-2 の孔内水位とともに図2に表示した。同日の本堰堤左岸(越流)水位は EL.799.230m であった。

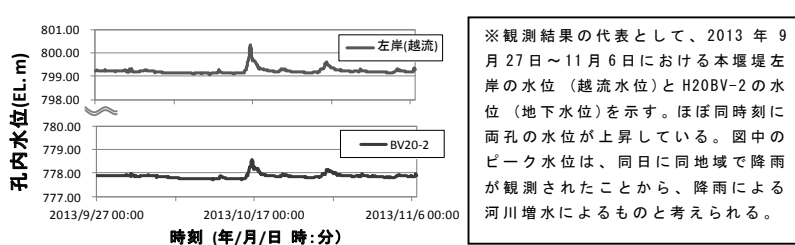


図5 本堰底面に設置された水位計の孔内水位変動

#### 5. 観測結果についての考察と展望

観測結果より、H20BV-2 と H25BV-1 の水位差は 4.003m であった。図2より、両孔の水平距離 7.8m、堰高 23m、底幅 19.6m である。孔内水位は底面に作用する揚圧力の水頭を示し、越流水深は堰堤の上流下流で等しく、揚圧力分布は直線と仮定して揚圧力係数を逆算すると約 0.4 となった。現行設計基準<sup>1)</sup>による揚圧力係数 1.0 よりも半分以下であることがわかる。図6より、本堰堤の越流水位の上昇によって本堰堤に作用する揚圧力は上昇する傾向が認められる。この傾向は、図1で示した  $h_1$  と  $h_2$  の増加によって底面での揚圧力が増加する模式図上の関係と一致する。これらの傾向に基づき、揚圧力が最も大きくなると考えられる計画流量時の揚圧力分布を推定することで、満砂しているなど現地の場の条件に沿った揚圧力を設計に反映できるのではないかと考えられる。

#### 【参考文献】

- 1) 建設省河川砂防技術基準案同解説 設計編Ⅱ p.5
- 2) 砂防設計公式集(マニュアル)、社団法人全国治水砂防協会、p.101

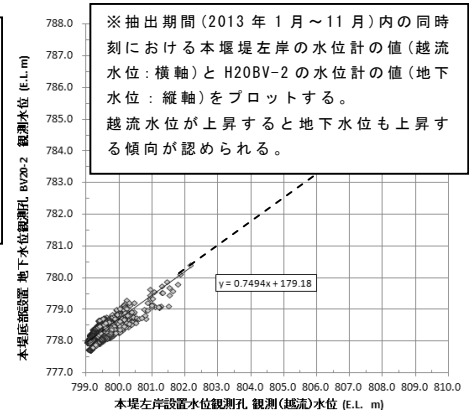


図6 越流水位と H20BV-2 水位の関係