

落とし戸実験による鉛直土圧軽減効果の検討

広島大学 フェロー会員 佐々木 康

広島大学 正会員 加納 誠二

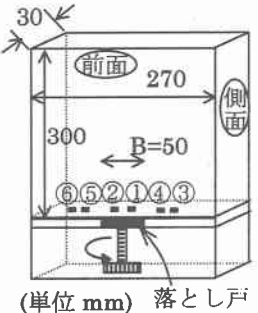
広島大学 学生会員 ○小畑 修次

1. 背景および目的

高盛土内に設置されるカルバートには、カルバート直上と周辺の盛土との相対的な圧縮量の差によって土被り荷重以上の鉛直土圧が作用するため、実務では盛土高さに応じて土被り荷重を最大 1.6 倍まで割増して鉛直土圧を計算している。このため高盛土になるほど工費が高くなり、鉛直土圧軽減を目的に発泡スチロール(以下 EPS)をカルバート上に設置する鉛直土圧軽減工法が採用されている。現場での実測によりこの工法による土圧軽減効果が確認されている¹⁾が、EPS の厚さと剛性の算定法を合理化することが求められている。そこで、EPS の圧縮を落とし戸の沈下と想定した落とし戸実験を行い、土圧軽減のメカニズムの解明を図る。

2. 落とし戸実験の方法

図 1 に落とし戸模型装置を表す。なお①,②…は土圧計番号を示す。ねじの回転により落とし戸が沈下する仕組みとなっており、この部分を発泡スチロールの圧縮と想定したものである。模型地盤は空中落下法により作成し、途中地盤高さ 25mm 間隔で着色砂の層を作り、その時の土圧の計測を行う。落とし戸沈下量 $S=0.1\text{mm}$ 毎にねじの回転を止めて土圧を計測し、 $S=1\text{mm}$ 毎に着色砂の形状をカメラで撮影する。また、撮影した画像から土のゆるみ領域を把握するために、落とし戸の沈下毎に着色砂の高さを計測し、そこから着色砂間の層のひずみを計算する。



(単位 mm) 落とし戸

3. 実験結果および考察

<シリーズ 1> 粘着力がない場合 ($c=0, e=0.65, \phi=35^\circ$)

落とし戸の沈下毎に撮影した画像を重ね合わせると図 2 のようになり、落とし戸の沈下に伴って土のゆるみ領域は上部に伝わり、ゆるみ領域幅は落とし戸幅 B より狭くなっている。図 3 は中心軸での落とし戸の沈下に伴う層のひずみを表したものであり、ゆるみ領域の上端は図中の点線で示すように発達している。また高さ $H=3.0B$ では落とし戸沈下量 $S=0.2B$ 以降ひずみが増大していることから、これより上部は 2 次的なゆるみ領域を形成していると考えられ、 $S=0.4B$ で $H=5.0B$ まで伝わった。また、ゆるみ領域の上端は Marston 理論の等沈下面高さ H_e に相当すると言える。

図 1 実験装置

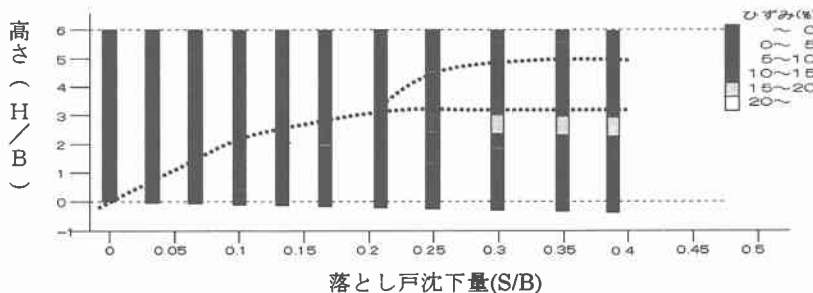


図 3 落とし戸沈下量とゆるみ領域の高さの関係

<シリーズ 2> 粘着力がある場合 ($c=670\text{Pa}, e=0.78, \phi=35^\circ$)

図 4 に見かけの粘着力がある砂質土の場合の実験結果を示す。粘着力を与えるために含水比 0.65% に調整した砂を用いた。シリーズ 1 と同様落とし戸の沈下に伴ってゆるみ領域は上部に伝わっていることが確認できるが、ゆるみ領域幅は落とし戸の沈下に伴って B より広がっている。また、図 5 よりゆるみ領域は $S=0.1B$ で $H=1.5B$ 、 $S=0.2B$ で $H=2.5B$ さらに $S=0.4B$ で $H=3.5B$ まで発達した。

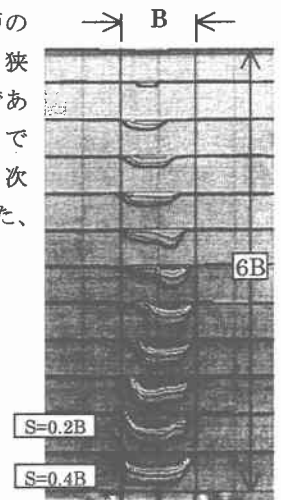


図 2 落とし戸の沈下に伴う着色砂の形状

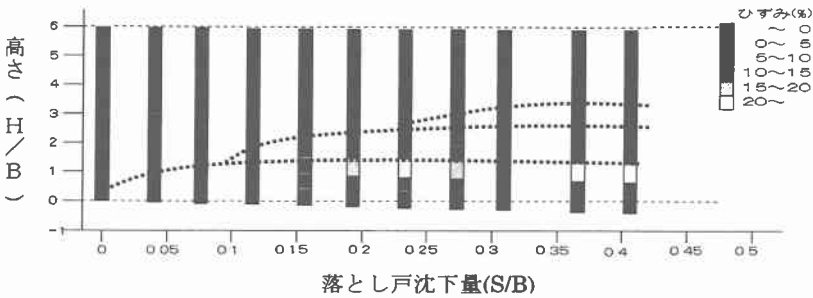


図5 落とし戸沈下量とゆるみ領域の高さの関係

＜シリーズ3＞粘着力がない場合の計測土圧

図6にシリーズ1の場合の地盤作成段階での底面で計測した鉛直土圧を示す。図7には落とし戸沈下量Sと計測土圧の関係を示す。計測土圧が土被り荷重より小さくなっているのはアクリル板前後面と土との摩擦による影響と考えられる。この影響を完全溝型状態($H=H_e$)と見なし、次式(1)により摩擦分を計算する。

$$P_v = -\gamma \{ \exp(-\eta' H_e) - 1 \} / \eta' + \gamma (H - H_e) \exp(-\eta' H_e), \eta' = \{ 2K\mu(\alpha + \beta B) \} / B \quad (1)$$

ここで α は土要素の側面、 β は前後面との摩擦の割合を表す。計算の結果 $\tan \phi$ ($\phi=35^\circ$) の15%の摩擦が影響していることが分かった(図6の実線)。前後面のアクリル板との摩擦として $\beta=0.15$ を採用し $\alpha=1.0$ として観測した H_e を用い、落とし戸の沈下に伴う土圧を計算した(図7の実線)。実測土圧は $S=1\text{mm}$ に達するまでに落とし戸上では60%程度低減し、その後は変化しなかった。また落とし戸の外側では落とし戸の沈下に関わらず土圧はほぼ一定となった。計算土圧は落とし戸沈下の初期の土圧軽減効果は小さいが、最終的には実測土圧と同様に60%程度まで低減した。初期段階での差は装置のスケールが小さいことや、幅に対して奥行きが短いことによる実験誤差などが考えられる。

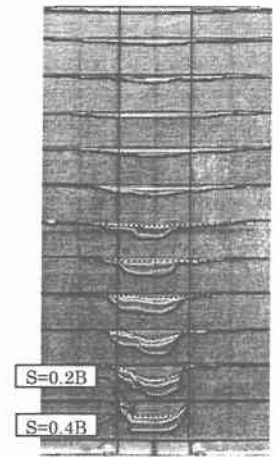


図4 落とし戸の沈下に伴う着色砂の形状

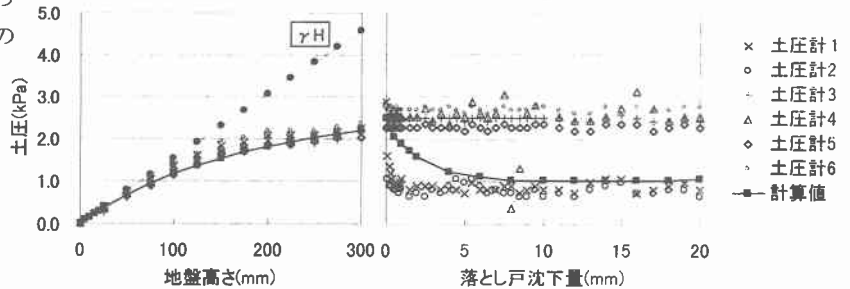


図6 地盤作成段階での土圧 図7 落とし戸沈下量Sと土圧の関係

4. 結論

- 1) 落とし戸実験により落とし戸の沈下とともにゆるみ領域が上方に伝わり、ゆるみ領域の上端までの高さ H_e はMarston理論の等沈下面高さ H_e に相当すると言える。粘着力がない場合はゆるみ領域幅 $B' < B$ となり、粘着力がある場合は $B' > B$ となったことからMarston公式の修正を要することが分かった。
- 2) 粘着力がない場合の計測土圧の結果、 $S=1\text{mm}$ で土圧は60%程度低減したが、模型装置との摩擦も十分考慮しなければならないことが分かった。今後、それを極力考慮しないで、実地盤の挙動が明らかにできるような室内実験の方法を確立することが必要である。

参考文献

- 1) 島田忠則, 松山裕幸, 小原富徳: 剛性カルバートの鉛直土圧軽減工法, ハイウェー技術 No.11, pp.170-194, 1998

謝辞 本研究にあたりご協力をいただきましたJH広島技術事務所及び計測リサーチコンサルタント(株)の方々に感謝いたします。