

残土量算出における創意工夫

地区名 島田地区

会社名 池村建設株式会社

執筆者 現場代理人 杉山 豊

技術者番号 00230363

はじめに

本工事は大代川農地防災ダム管理道の法面保護工を実施し、併せて仮回し水路、仮設道路設置に際し、支障となる土砂を搬出するものである。

土砂の搬出先は吉田町川尻地区（運搬距離 25km）であり、搬出時期、搬出量（設計 5,450m³）および搬出台数の常時把握が重要と推測された。

1. 工事概要

工事名 平成 30 年度防災ダム大代地区法面保護 2 工事

発注者 静岡県志太榛原農林事務所

工事場所 島田市大代地内

工期 平成 31 年 3 月 29 日～令和 2 年 2 月 28 日

工事内容

モルタル吹付工 A=207m²、かごマット工 L=26m、仮設道路工 L=140m 土砂運搬 5,450m³

施工箇所位置図



2. 本工事の課題

- ① 従来、土量の計算には平均断面法が採用されている。しかし、精度が低く¹また縦断面図が必要となり、任意場所の残土体積算出については台形の計測を行うのが通例であった。しかし、台形の整形は計測用に整える必要があり、土質の状況により困難な場合が生じる。
- ② 当現場は、搬出路が林道で狭く、一度に多数のダンプ車の乗入れは不可能である。多工種との兼ね合いもあり、工程管理上、仮置場残土量とダンプ台数の比較を正確に求める必要が生じた。

3. 材料と方法

- ① 盛土された残土において、計測するポイントをスプレーで識別し、測量機（LN-100 株式会社トプコン 東京）を用いて計測（上辺下辺とも各 4 点～16 点）する。各点の座標値（x,y,z）を求めた後、各点毎の距離を下記公式にて算出し、「ヘロンの公式の三次元への拡張」²を用いて三角錐の体積を求めて残土量を算出する（Microsoft Excel 使用）。

-整合性の確認-

数式にて得られた 2 点間距離の整合性は座標 sim データを CAD ソフト TREND-POINT（福井コンピュータ）にて展開し確認する。得られた体積は casio 社の keisan サイト「四面体の体積算出」にて確認する。

- ② 比較対象として、スケールで台形の寸法（上辺面積および下辺面積および高さ）を計測した。

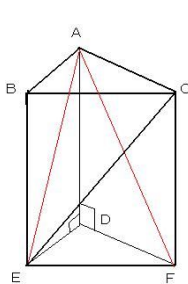
★2 点（x,y,z）の距離算出

公式 $\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$

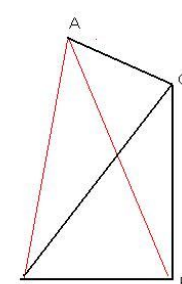
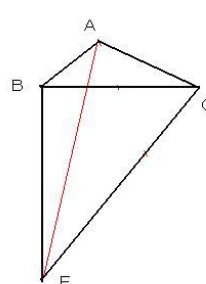
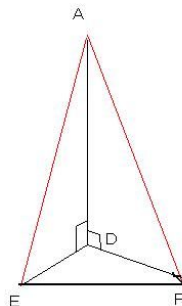
★ヘロンの公式の三次元への拡張（三角錐の体積算出）

$$\begin{aligned} 144V^2 = & a^2\alpha^2(-a^2 - \alpha^2 + b^2 + \beta^2 + c^2 + \gamma^2) \\ & + b^2\beta^2(a^2 + \alpha^2 - b^2 - \beta^2 + c^2 + \gamma^2) \\ & + c^2\gamma^2(a^2 + \alpha^2 + b^2 + \beta^2 - c^2 - \gamma^2) \\ & - \alpha^2b^2c^2 - a^2\beta^2c^2 - a^2b^2\gamma^2 - \alpha^2\beta^2\gamma^2 \end{aligned}$$

台形（残土）は四角柱であり、三角柱が 2 つである。三角柱には三角錐が 3 個存在する。したがって、上記計算式を複数算出し、仮置場土量を算出した。



三角柱



三角柱内の三角錐

¹ 体積測定で検証する土塁の取崩しによる土橋の造成 [中世城郭研究会, 2019-08-04.](#)

² 青空学園数学科

<http://aozoragakuen.sakura.ne.jp>

『数学対話』「デカルトの円定理の一般化」「ヘロンの公式の一般化」

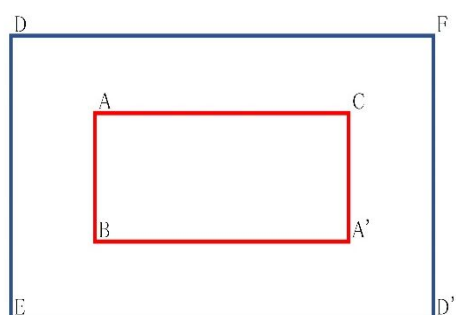


LN-100 を用いた計測（ワンマン測量を実現）

4. 結果

① 「ヘロンの公式の三次元への拡張」より算出

仮置場土量 (m³) = 227.93m³ 計算結果は整合性を確認した。



仮置場残土を上から見た図

得られた座標値（例）

座標値			
	X	Y	Z
A	208.762	341.758	102.512
B	205.500	344.864	102.579
C	212.818	356.243	102.400
A'	207.803	355.650	102.598
D	207.754	339.014	100.178
F	212.004	358.420	100.334
E	202.121	342.387	100.264
D'	205.353	359.140	100.344

② スケール計測結果

下辺面積 14.9m×11.75m=175.1m²、上辺面積 12.45m×8.79m=109.4m²、高さ 1.35m

仮置場土量 (m³) 192m³= (175.1+109.4)/2×1.35

差異

$$227.93\text{m}^3 - 192\text{m}^3 = 35.9\text{m}^3$$

考察

スケール計測との比較は約 36m³ となった。原因として、ダム浚渫残土は水分が多く台形の形状に整形するには困難であることが推測された。

座標点を測量機にて得る方法「ヘロンの公式の三次元への拡張」では、整合性も確認され、残土の形状を細かに得ることが出来、正確な土量の把握を実現した。

5. まとめ

測量機を用いた「ヘロンの公式の三次元への拡張」を応用することにより、任意の場所での体積量把握を実現した。ダンプ車の積載量および運搬台数との比較も容易であり、作業工程の把握を正確に行うことができた。

今後、土質による変化の比較を行うとともに、SQL 言語および Visual Basic 言語を用いて、計測値をデータベース化し、展開図等（帳票および図面）が自動で出力出来るよう開発をしていきたい。

謝辞

計算について「ヘロンの公式の三次元への拡張」の記述者河村央也氏、余弦定理計算方法の基礎的数式等アドバイスを頂いた東進ハイスクール相良校長野氏および解析方法の助言をくれた私の家族に感謝したい。