

## 4 土量配分計画

土量配分計画は、運土計画とも称するが、運土計画はより意味が広く、搬土機械の割付けや走路計画まで含む場合がある。

土構造物の施工計画（土工計画）においては、まず、施工の対象となる区域での土量計算を行い、次に土量配分計画を立案する。

無計画に土を運搬すると不経済になるので、合理的な土量配分が必要である。

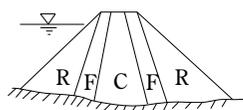


### 1 運土形態と土量配分法

土工事は運土形態から線土工、面土工、塊土工に分類する。道路・鉄道・堤防の工事のような線状の運土工は線土工、宅地造成や敷地造成の多くは面状の運土工となるので面土工である。また、原石山（土取場）からダム堤体へと土を運ぶフィルダム工事のように、離れた場所への塊状の大量土となる運土形態を塊土工（マッシブな土工）という。表 4.1 に、これらの各運土形態に適した土量計算法と土量配分法を示す。

土量計算には、線土工では線状の土量を捉えやすい平均断面法、面土工では面状の土量把握に便利なメッシュ法（柱状法）を用いる。塊土工では原石山採取計画や堤体盛立計画のように施工進行に合わせて、高さごとの土量把握が行える等高線法が便利である。

また、線土工では、マスカープ（累加土量曲線、土積図）を利用すると容易に土量配分が行える。面土工の場合は、線形計画法を用いて最適土量配分が決定できる。代表的塊土工であるフィルダム工事では、ロック材・フィルタ材・コア材など材料別に配分するので、堤体盛立ゾーン別の材料の流れを材料フロー図（図 4.20 参照）として表す。



R：ロックゾーン  
F：フィルタゾーン  
C：コアゾーン

フィルダムの盛土ゾーン(例)

表 4.1 運土形態と土量計算・配分法

運土形態	代表工事	土量計算法	土量配分法
線土工	道路 鉄道 堤防	平均断面法	土積図 (マスカープ)
面土工	宅地造成 敷地造成	メッシュ法 (点高法)	線形計画法
塊土工 (マッシブな土工)	フィルダム	等高線法	材料フロー図 (用土計画)

## 2 土量計算法

図 4.1 に各土量計算法の概念を示し、以下に各計算法を説明する。

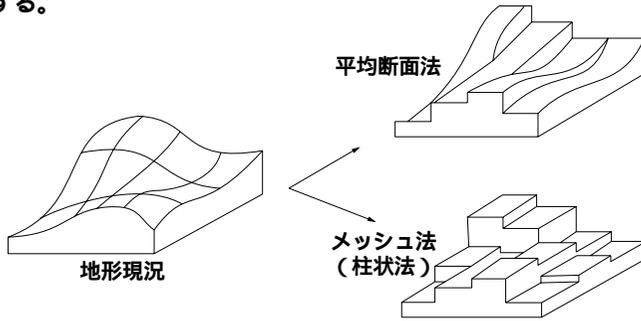


図 4.1 土量計算法の概念図<sup>8)</sup>

### 1 平均断面法

平均断面法は、2点間の両端断面積 $A_1$ ・ $A_2$ の平均断面積と2点間の距離 $L$ を乗じて2点間の体積 $V$ を次式により求める方法で、道路工事などの線土工の土量計算に適し、線状の土量分布を把握しやすい。マスカープは、平均断面法による土量計算を用いて、累加土量を求め土量配分を行う。

$$V = (A_1 + A_2) \cdot L / 2 \quad (4.1)$$

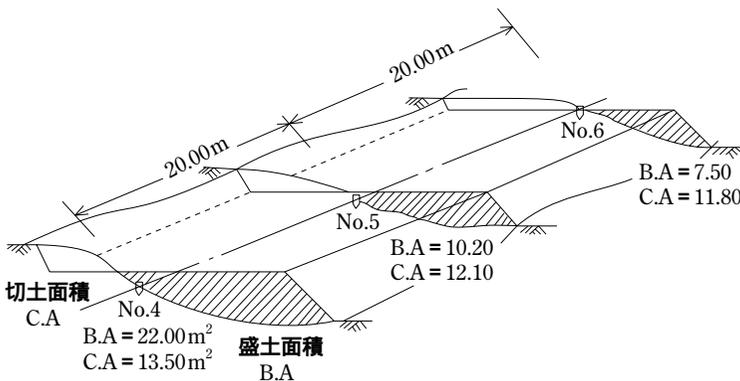


図 4.2 平均断面法の例<sup>1)</sup>

### 2 メッシュ法

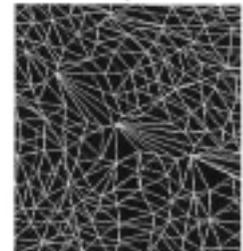
メッシュ法(点高法、柱状法)は、敷地造成工事のような面的広がりをもつ面土工に適した土量計算法で、面的な土量分布の把握に



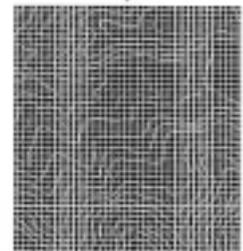
地形図ラスタ画像



ベクタデータ



TINデータ



DEMグリッド

等高線をベクトル化し標高値を与えてTINデータを作成したのち、任意間隔でDEMデータを作る。

【DEMデータの作成フロー】

## 4 土量配分計画

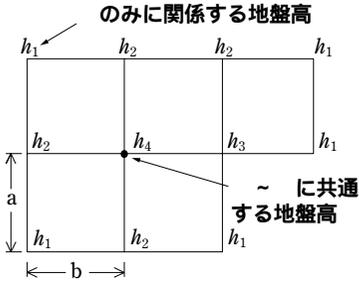


図 4.3 メッシュ法<sup>1)</sup>

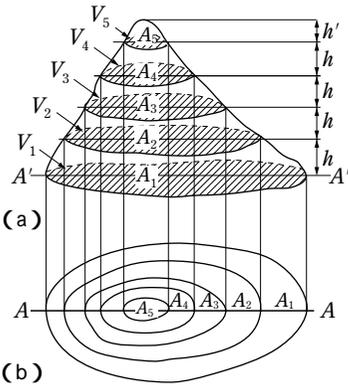


図 4.4 等高線法の概念図<sup>1)</sup>

プリズモイド公式

$$V = (A_1 + 4A_2 + A_3) \cdot h / 3 + (A_3 + 4A_4 + A_5) \cdot h / 3$$

(但し  $h' = h$  の場合)

DTM : Digital Terrain Model

数値地形モデル

地形を3次元座標で数値表現するモデルのこと。3次元座標は等間隔格子点や任意点の緯度・経度・標高値により表現される。座標値は空中写真などから解析図化機によって求めるが、既存地形図から等高線をデジタイザやスキャナによっても読み取れる。格子点間や等高線間の地形(座標)はTINなどの内挿法によって求められる。なお、標高値のみのモデルを数値標高モデル(DEM)という。DEMデータの作成フローを前頁欄外に示す。

TIN : Triangulated Irregular

Network 不整三角形網

三角形による平面近似法。任意配置された地点を結んだ多数の三角形を作り、三角形内の標高は三角形平面から求める内挿法。

適している、したがって、面土工の土量配分計画はメッシュ法で行う。図 4.3 における全土量  $V$  は、次式で求まる。(メッシュ間隔  $a \cdot b$  は、20m が一般的である。)

$$V = A \cdot (\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4) / 4 \quad (4.2)$$

ここで、 $A$  : 単位面積 (1メッシュ分の水平投影面積)

$\Sigma h_i$  :  $i$  個のメッシュに関する高さの総和

## 3 等高線法

等高線法は山状の体積計算に適し、等高線(コンターライン)を利用して土量計算を行う。原石採取(土取)工事などでは、ベンチカットで上段から切り降ろしてくるため、採取計画時に施工進行に合わせたベンチフロア高さごとの土量把握が必要となる。また、フィルダム堤体の盛立計画でも施工進捗に合わせた盛立高さごとの土量把握が求められるので等高線法が便利である。

等高線法はこのように鉛直方向に進行する掘削や盛立の土量把握に適した土量計算法である。土量計算法は平均断面法と同様でよいが、より正確な計算にはプリズモイド公式を用いる。この場合、最上部の体積  $V_5$  を無視することがある。

$$(V_5 = A_5 \cdot h' / 3)$$

$$V_4 = (A_4 + A_5) \cdot h / 2$$

$$V_3 = (A_3 + A_4) \cdot h / 2$$

$$V_2 = (A_2 + A_3) \cdot h / 2$$

$$V_1 = (A_1 + A_2) \cdot h / 2$$

} (4.3)

## 4 数値地形モデル : DTM

パソコンの地形処理システムを利用して地形図をDTMとしてデジタル化すると土量計算や後の土量配分計画、走路計画が容易となる。地形図からのデジタル化は、コンター(等高線)情報をスキャニングしてラスタ・ベクタ変換する方法とメッシュを切って、メッシュ交点や頂点での高さを読み取る方法などがある。これらコンター(ベクタ)、メッシュ、TINの各デジタル情報は、補間法により相互変換が可能となる。

3次元モデルの表示法にはコンター法、断面法、柱状法、グリッド法、TIN法などがある。パソコンでも近年TIN処理が可能となり、シェーディング処理したCG鳥瞰図が出力できる。また、TINによる三角パッチを張ったサーフェス成形の体積は、コンピュータにより前記の簡易的な土量計算法と違った計算を可能としている。

## 3 土量変化率

土を掘削し運搬・盛土を行うと土は、次の状態に変化し、各状態によって体積も変わる。

- ・地山土量  $V_1$  : 地山にある状態
- ・ルーズ土量  $V_2$  : 掘削によりほぐされた状態 (運搬土量)
- ・締固め土量  $V_3$  : 締固められた状態 (盛土量)

切盛作業を行う時には、切土と盛土の体積を求め、盛土での変化率を求めて切盛バランスを検討する。また、土工機械の作業能力を計算する場合には、荷台などのほぐしたルーズ土量の変化率が必要である。したがって土量変化率の予測は、正確な土量配分や作業能力の算定を行う上で極めて重要な要素となる。

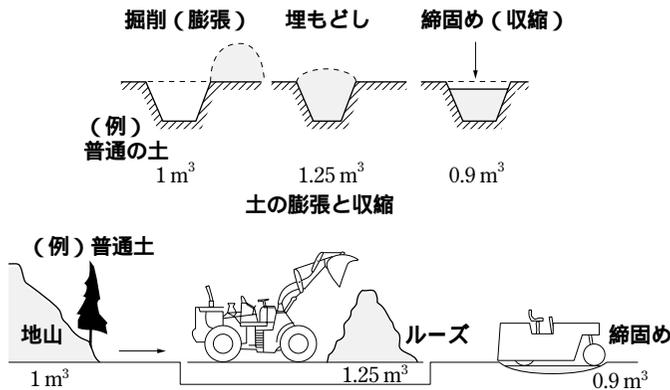


図 4.5 土の容積変化<sup>2)</sup>

土量変化率  $L \cdot C$  は、次のように定義される。

$$L = \frac{\text{ルーズ土量 } V_2 \text{ (m}^3\text{)}}{\text{地山土量 } V_1 \text{ (m}^3\text{)}}$$

$$C = \frac{\text{締固め土量 } V_3 \text{ (m}^3\text{)}}{\text{地山土量 } V_1 \text{ (m}^3\text{)}}$$

(4.4)

〔土量変化率の一般的性質〕

- ・地山を掘削してほぐした土量は、必ず地山土量より多くなる。  
( $L > 1.0$ )
- ・地山を掘削して盛土すると、一般には土砂盛土量は地山土量よりも少なくなる。  
( $C < 1.0$ )
- ・変化率  $L$  は土質やほぐした状態によって非常に異なる。

土量変化率 ( $L$ 、 $C$ ) の推定は、積算や施工計画の段階では既往資料から求め、工事着手後は試験盛土を行って予測の精度を上げ、工事進捗に伴い出来型測量から変化率を更に補正していく。

## 4 土量配分計画

表 4.2に示す土量変化率は、統一分類法によって分類した各土質に対応した標準的な値である。土質の細分類が難しい場合は、同表の右の表を使う。また、土量換算係数 $f$ は $L$ 、 $C$ を用いて表 4.3によって求められる。

表 4.2 土量の変化率<sup>3)</sup> (国土交通省 積算基準より)

分類名称		記号	変化率 $L$	変化率 $C$
主要区分				
レキ質土	レキ	(GW) (GP) (GPs) (G-M) (G-C)	1.20	0.95
	レキ質土	(GM) (GC) (GO)	1.20	0.90
砂及び砂質土	砂	(SW) (SP) (SPu) (S-M) (S-C) (S-V)	1.20	0.95
	砂質土 (普通土)	(SM) (SC) (SV)	1.20	0.90
粘性土	粘性土	(ML) (CL) (OL)	1.30	0.90
	高含水比 粘性土	(MH) (CH)	1.25	0.90
岩塊・玉石			1.20	1.00
軟岩			1.30	1.15
軟岩			1.50	1.20
中軟岩			1.60	1.25
硬岩			1.65	1.40

(注) 本表は体積(土量)より求めた $L$ 、 $C$ である。

表 4.3 土量換算係数 $f$ の値

求める $Q$ 基準の $q$	地山土量	ルーズ土量	締固め土量
地山土量	1	$L$	$C$
ルーズ土量	$1/L$	1	$C/L$
締固め土量	$1/C$	$L/C$	1

表 4.3の土量換算係数 $f$ は、次式により1時間あたりの作業量 $Q$  ( $m^3/h$ )を求める場合などに用いられる。

$$Q = q \cdot n \cdot f \cdot E$$

$q$  : 1作業サイクルあたりの作業量 ( $m^3/h$ )

$n$  : 1時間当たりの作業サイクル数

$E$  : 作業効率



# 4 土量配分法

## 1 土積図(マスカープ)

マスカープ

帯状区域に分布する路線方向の累加土量を示したものがマスカープである。

道路工事などの線土工では土積図(マスカープ)を利用すると簡便で合理的な土量配分計画を作成できる。

線土工の土量配分では、まず、図 4.6のように横断方向の切盛を行い、残りの過不足の土量を図 4.7のように縦断方向へ運搬すると考える。つまり、横断図において[切土量 - 盛土量]が+ならば、余った土量を縦断方向の近くの不足箇所に運び、マイナスで不足な

らば近傍の余剰土を運んでくる。

なお、図 4.6 の横方向の切盛土量は、概念把握を容易にするため単純化し、土量変化率を考慮していない。

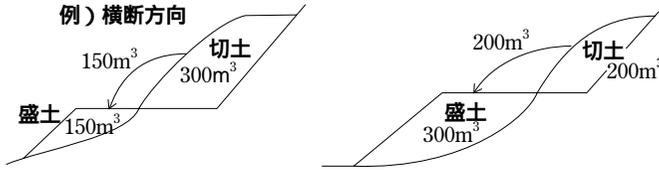


図 4.6 横方向土量の例

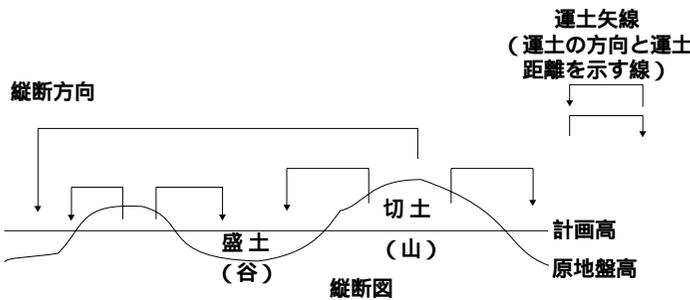


図 4.7 縦断方向の土量配分

このような土量配分を山谷ごとに土量集計して、配分の試行錯誤を繰り返すのでは非常に煩雑となるが、累加土量曲線(マスカーブ)を用いて図式的に解くと合理的に配分できる。また、後述の平衡線(バランス線)を上下させるだけで、切盛のバランス箇所を自在に変更でき、運土変更の試行検討が容易になる。

### マスカーブの性質

平均断面法によって求めた土量計算書に累加土量を付け加え、この累加土量をグラフに表したものがマスカーブ(土量累加曲線、土積図)である。

累加土量とは、各測点間ごとの[切土量 - 盛土量]の差を累計したものである。(その差が+ならば加算し、-ならば減ずる。)したがって、図 4.8 のようにマスカーブの上昇は切土箇所、下降は盛土箇所を示していることになる。また、曲線の極値(極大値、極小値)は切盛境を示している。

土積図 Mass Haul Diagram



図 4.8 マスカーブの性質

マスカーブは、累加土量が0からスタートすると、再び0軸（基線）に交叉するところで切盛がバランスする。これを土量が平衡（バランス）しているという。マスカーブにおいて、累加土量が同じ値を示す2点間は、どこを取っても平衡していることになる。よって、この2点を平衡点、2点間を結んだ線を平衡線と呼ぶ。

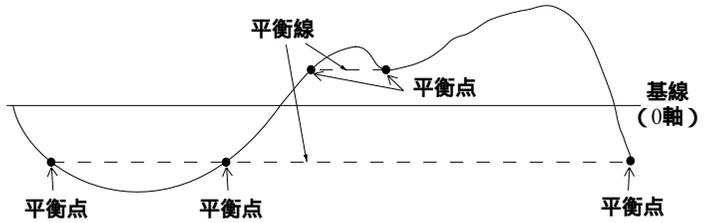


図 4.9 平衡点と平衡線

平衡線から極大および極小までの高さ  $V_i$  は運搬土量を示している。

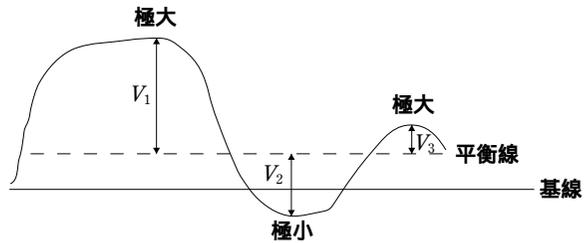


図 4.10 運搬土量

曲線上の極値と平衡線との  $1/2$  の点 ( $V_i/2$ ) が、切土・盛土それぞれの重心となる。したがって、その2点間を結んだ線が運土距離  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  を示していることになる。

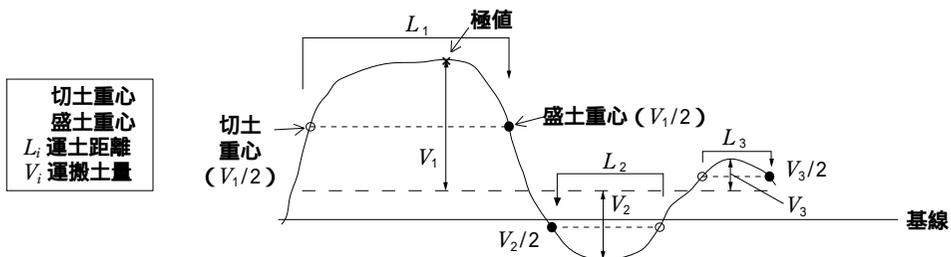


図 4.11 重心と運土距離

### 搬土機械と運搬距離

運土計画で機種別の設定を行う場合は、図 4.13 の経済的運搬距離を参考に設定する。最近の国内の道路工事は、工区も短くショベル・ダンプ工法が一般的なので、運搬機種を細かく設定する必要はあまりない。横方向と工用道路の取付などの準備工的な切盛はブルドーザでの施工（ブルワーク）となる。

なお、図 4.9 のマスカープのように2こぶの凸部は平衡線で閉合し、少なくとも片方は閉合させ運土を発生させる。

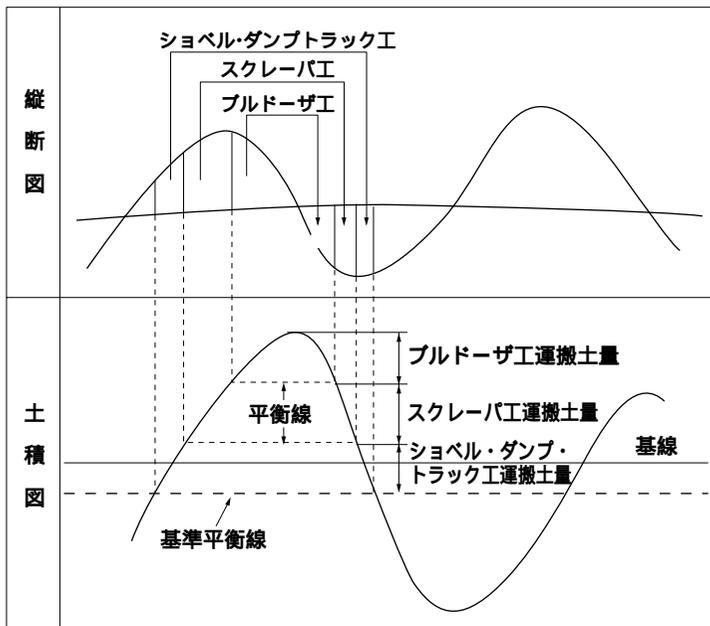


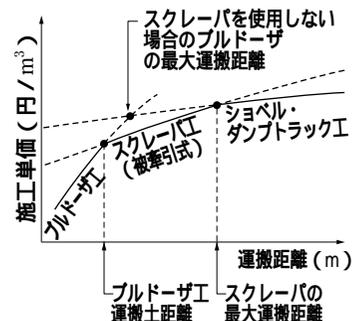
図 4.12 機種別の設定例<sup>8)</sup>

### 切土土積図と盛土土積図

表 4.4 に土積計算書の例を示す。マスカープには切土土積図と盛土土積図があるが、同表は盛土量を補正する切土土積図の計算書である。土質が一種類の場合は、地山数量に換算する切土土積図が積算にそのまま使えて便利である。

一般的な道路工事では複数の土質が介在するので、切土を土砂・軟岩・硬岩などに分類してそれぞれの変化率を乗ずる。

したがって、こんな場合は切土量を補正する盛土土積図を作成して土量配分を行うことになる。この場合は、各運土矢線で求めた土量は盛土数量となっているので、積算用に地山(切土)数量に戻してやる必要がある。表 4.5 には普通土と軟岩が存在する場合の盛土土積図の例を示した。なお、このとき極値を求めておくとマスカープ作成時の運土量が容易に求められる。



(注) 自走式スクレーパ、スクレーパドーザなどを必要とするときは、図に加えて求めればよい。

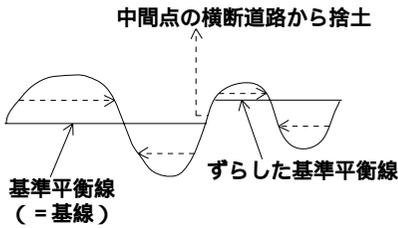
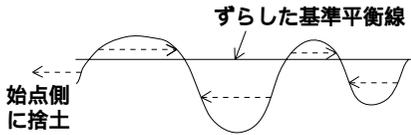
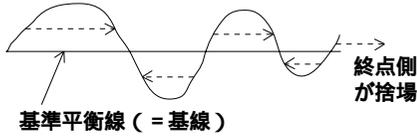
図 4.13 経済的運搬距離<sup>8)</sup>



基準平衡線の位置を決定し、それを基準に前述の方法で各運土（距離と土量）を求めていく。

(1) 捨土がある場合

矢印破線は運土距離と運土方向を示す。



(2) 客土がある場合

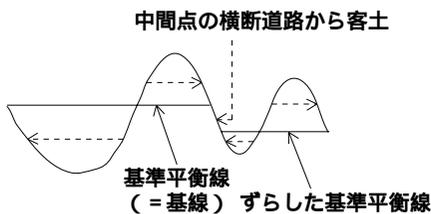
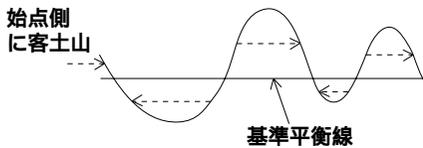
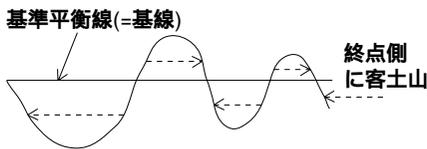


図 4.14 客土・捨土がある場合の基準平衡線の設定法



マスカープの例

2種類の土積図の例を図 4.15 と図 4.16 に示す。通常、運土矢線は縦断面図に描く場合が多いが、区間ごとの土量を柱状に表示する土量柱状図に描くと土量分布が把握しやすい。この場合、切土部の柱状図内で土砂・軟岩・硬岩の土質を区分する。

施工時にパソコンを利用すれば、月々の出来形測量を入力して計画に対する出来形が判り、進捗がグラフで容易に把握できる。また、残土量に対するマスカープの再描写も自動的に可行る。

マスカープの作成にはパソコンの表計算ソフトを利用するとグラフ表示も簡単に行える。

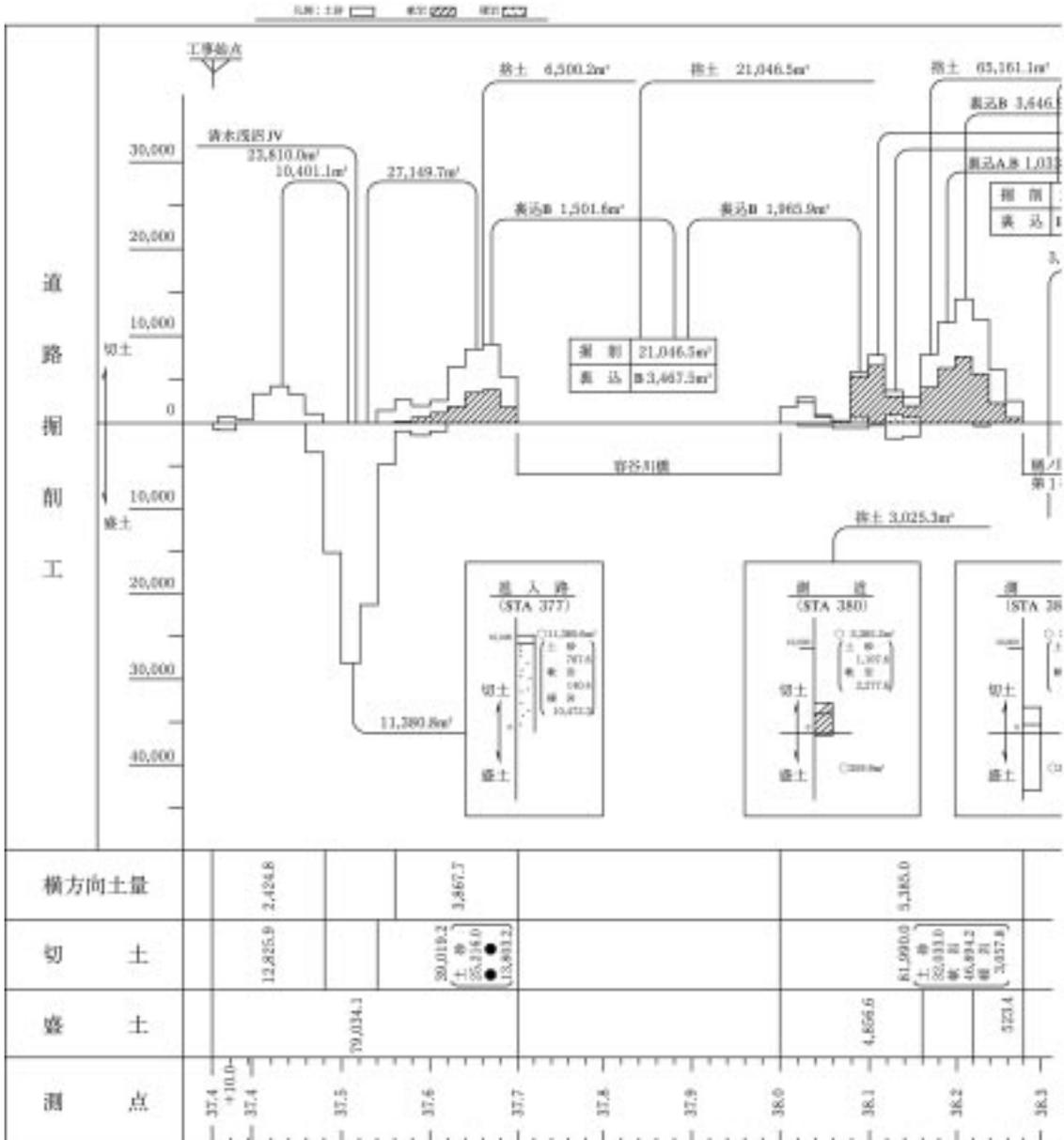


図 4.16 土量柱状図に運土矢線を描いた土積図例

## 2 面土工の土量配分計画

面土工のような2次元的な拡がりをもつ運土形態では、マスカープ手法が利用できない。そこでまず、面的な土量の把握を行うために土量分布図を作成する。

### (1) 土量分布図の作成(メッシュ土量とブロック土量)

面土工ではメッシュ法による土量計算を行い、計算結果を図4.17のような土量分布図に示す。土量計算のメッシュ間隔は20mが一般的であるが、運土の作業単位としては小さいので、メッシュ土量をまとめたブロック単位(60m位)で計算する。ブロック内の切盛はマスカープ手法の横断面内(横方向土量)での切盛と同様にブルワークと考え、ブロックのサイズは60m位とする。そして、ブロック内の差引き土量である過不足土をブロック間で運搬すると考える。

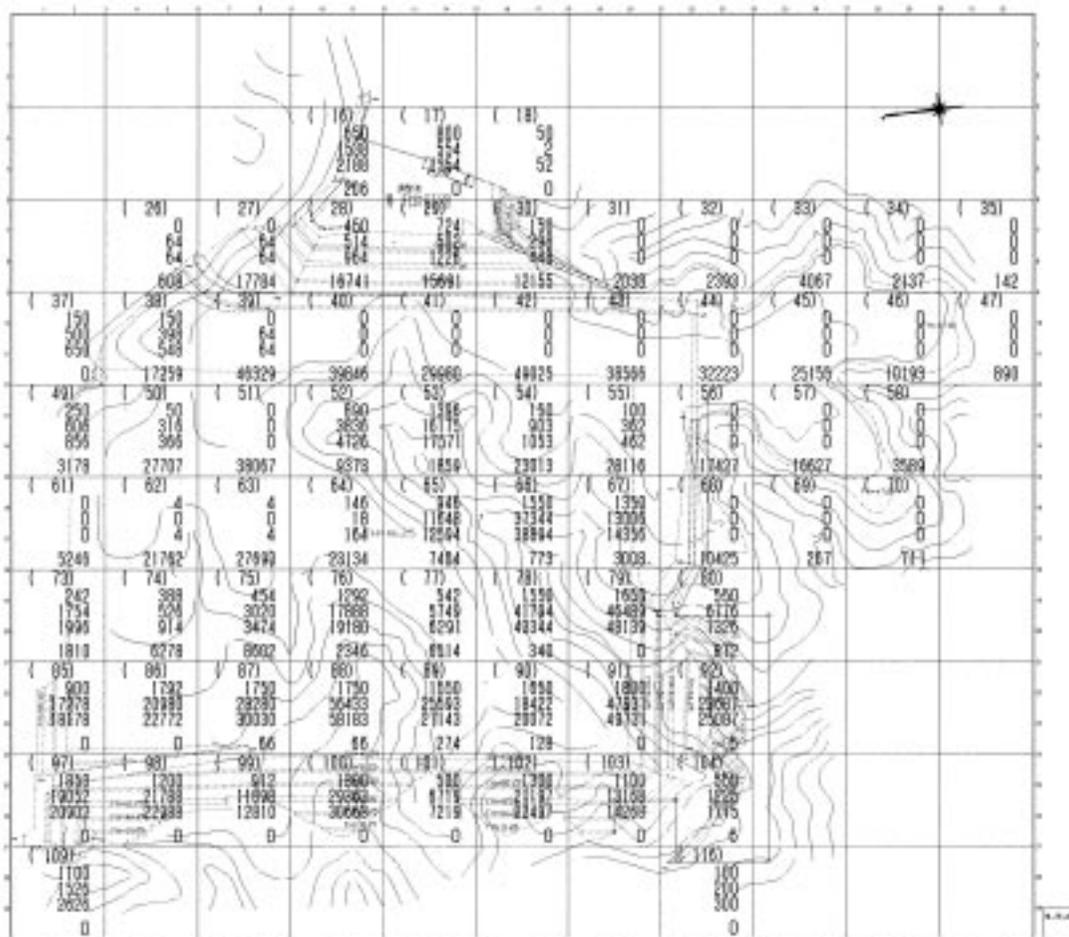


図 4.17 土量分布図

さて、この差引き土量を如何に最適配分するか、マスカープが2次元の問題に対応できないことは既に述べた。従来、施工技術者は土工機械の特性や施工条件を考慮して、更に過去の経験を活かし、次の原則としつつ、試行錯誤的に土量配分計画を作成した。

搬土距離をできるだけ短くする。

地盤の高い所から低い所へ運搬する。

また、施工に当たっては、まず近距離で切盛を行い、高低差を小さくしてから徐々に運土距離を延ばすような施工法を探っている。その他にも施工者の主観に属した種々の方法が考えられるが、最適化計算したものではなく、評価基準も不明確である。そこで、コンピュータを利用した線形計画法(LP)による最適化手法を示す。

(2) 線形計画法

線形計画法とは、ある制約条件のもとで、ある量を最大若しくは最小にする数理計画法の一種である。すなわち、実行計画の作成のための最適化手法の1つであり、目的関数、制約条件がともに一次式で表されるものをいう。

線形計画法の中でも制約条件式の変数が±1で記述されている場合には、特に輸送型線形計画法と呼ばれる。図4.18のような土量配分の最適化は、輸送型線形計画法の問題となる。

$$\left. \begin{aligned} v_1 + v_2 &= 100,000 && (v \text{ の単位はいずれも } m^3) \\ v_3 + v_4 &= 200,000 \\ v_1 + v_3 &= 140,000 \\ v_2 + v_4 &= 160,000 \end{aligned} \right\} (4.5)$$

の制約条件のもとで、次式で求められる仕事量(運搬距離×運搬土量) $Z_w$ を最小にする。

$$Z_w = 350 v_1 + 150 v_2 + 500 v_3 + 250 v_4 \quad (4.6)$$

この問題を効率的に解くためには初期解(実行可能解)を与える。初期解を求めるには、北西隅のルール(Northwest Corner Rule)やハウサッカ・ルール(Houthakker Rule)などがあるが、ここでは、より最適解に近い初期解が求められるハウサッカ・ルールによる解法を示す。

まず、全体を眺めて距離の最短のものを探す。表4.7の例では、 $C_1 \rightarrow B_2$ の15である。これに $C_1 = 10, B_2 = 16$ を比べて小さい方、即ち10を全部入れる。この場合の残りの割当ては自動的に決まるが、もっと制約条件の多い問題でも、原則的に距離の小さい順に割当てていく。これで輸送量が決まり、制約条件は満たされているので、この解を実行可能解という。

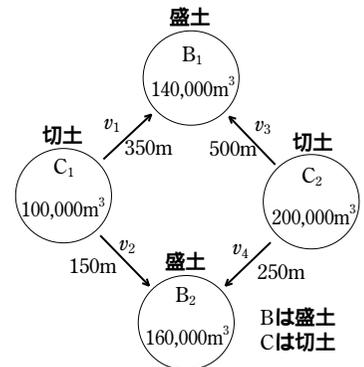


図 4.18 土量配分の問題例

表 4.6 土量配分の問題例

盛土部 \ 切土部	$B_1$	$B_2$	切土量 m <sup>3</sup>
$C_1$	350	150	100,000
$C_2$	500	250	200,000
盛土量 m <sup>3</sup>	140,000	160,000	300,000

4 土量配分計画

この時の総仕事量  $W_d^f$  は表 4.7 に示すように、

$$W_d^f = 1,000 (\times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{m}) \quad (4.7)$$

である。しかし、求めたいのは最適解であるので、もっとよい解を探らねばならない。その方法の1つに効率的な飛石法 (Stepping - Stone Method) がある。

表 4.7 ハウサッカ・ルールによる実行可能解

盛土部 \ 切土部	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	切土量 × 10,000m <sup>3</sup>
C <sub>1</sub>	35 0	15 10	10
C <sub>2</sub>	50 14	25 6	20
盛土量 × 10,000m <sup>3</sup>	14	16	30

$$\begin{aligned} 35 \times 0 &= 0 \\ 15 \times 10 &= 150 \\ 50 \times 14 &= 700 \\ 25 \times 6 &= 150 \end{aligned}$$

$$\text{総仕事量 } 1,000 (\times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{m})$$

表 4.8 飛石法による解法

盛土部 \ 切土部	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	切土量 × 10,000m <sup>3</sup>
C <sub>1</sub>	35 (-5) (+1)	15 (-1)	10
C <sub>2</sub>	50 (-1)	25 (+1)	20
盛土量 × 10,000m <sup>3</sup>	14	16	30

$$\begin{aligned} 35 \times 10 &= 350 \\ 15 \times 0 &= 0 \\ 50 \times 4 &= 200 \\ 25 \times 16 &= 400 \end{aligned}$$

$$\text{総仕事量 } 950 (\times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{m})$$

表 4.7 において C<sub>1</sub> B<sub>1</sub> という運土は存在しないが、仮に 1m<sup>3</sup> 運ぶとした場合、全体の運土がどう変化するかを見る。即ち C<sub>1</sub> B<sub>1</sub> に (+1) を運ぶと、C<sub>1</sub> B<sub>2</sub> = 10 なので C<sub>1</sub> B<sub>2</sub> を (-1) とする。C<sub>1</sub> B<sub>2</sub> を (-1) にすると B<sub>2</sub> = 16 なので、C<sub>2</sub> B<sub>2</sub> は (+1) となる。同様に C<sub>2</sub> B<sub>2</sub> の (+1) は C<sub>2</sub> B<sub>1</sub> の (-1) を必要とする。C<sub>2</sub> B<sub>1</sub> (-1) は、B<sub>1</sub> = 14 のもとで C<sub>1</sub> B<sub>1</sub> の (+1) によってカバーされる。

この操作で 1m<sup>3</sup> を運ぶための運搬距離の増減をみると、次式の様になる (表 4.8 参照)。

$$\begin{aligned} & (C_1 B_1) + (C_1 B_2) + (C_2 B_2) + (C_2 B_1) \\ &= (+35) + (-15) + (+25) + (-50) \\ &= -5 \end{aligned} \quad (4.8)$$

この場合の総仕事量  $W_d^0$  は次式となり、 $(W_d^f - W_d^0)$  の仕事量が節減される。

$$\left. \begin{aligned} W_d^0 &= 950 (\times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{m}) \\ W_d^f - W_d^0 &= 1,000 - 950 (\times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{m}) \\ &= 50 (\times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{m}) \end{aligned} \right\} (4.9)$$

すなわち、500,000 m<sup>3</sup> · m 仕事量の節減が果たされたわけである。

実際の土量配分問題は切土部・盛土部ともに多く、前記の表が  $m$  行  $n$  列の場合の総仕事量最小を求める式は (4.10) 式のように表せ、 $m$  行  $n$  列に初期解を代入して順次加減算して、仕事量 ( $m^3 \times m$ ) が最小となる組合せをコンピュータで求める。

さて、今までの例は総仕事量最小を目的関数とした解法であるが、総仕事量最小の計画が必ずしも総費用最小とはならない。

総費用最小を目的関数とするには、コストカーブを用いる方法がある。すなわち、図 4.13 の経済的運搬距離のコストカーブから距離別単価を求め、(4.11) 式の  $D_{ij}$  に代入する方法である。

$$W_d = \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n V_{ij} \cdot D_{ij} \quad (m^3 \cdot m) \quad (4.10)$$

$$W_d = \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n V_{ij} \cdot D_{ij} \quad (\text{円}) \quad (4.11)$$

図 4.19 の運土矢線は、最適土量配分計画を表している。矢線は切土重心から盛土重心を結んだ最短直線運搬距離を示している。経路に障害がある場合は、障害の位置を設定することで、迂回距離による最適化計算を自動的に行ない、自動作図することも可能である。

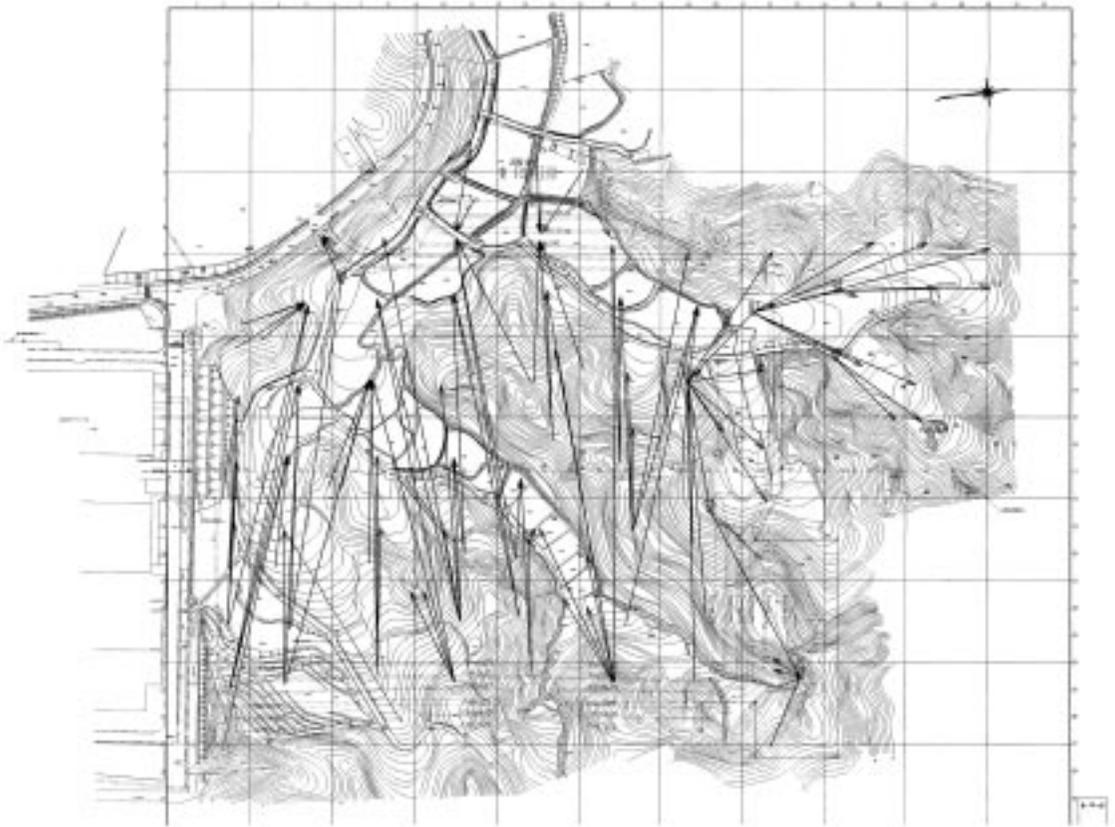


図 4.19 最適土量配分計画

4 土量配分計画

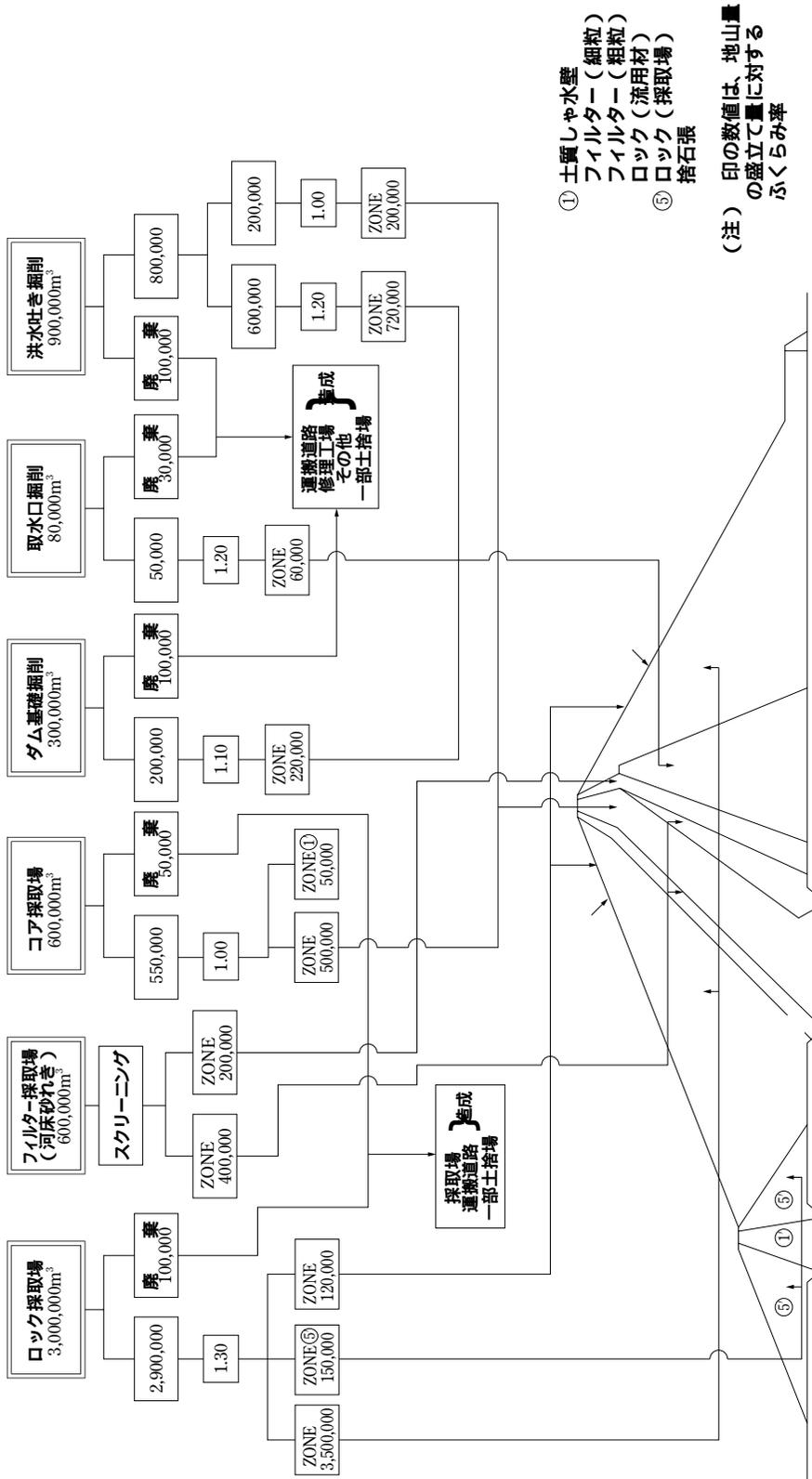


図 4.20 材料フロー図(用土計画)

### 3 塊土工の用土計画

塊土工の代表工種であるフィルダム工事では、材料別の配分が重要となるので堤体盛立ゾーン別の材料の流れを材料フロー図 (Material Flow : 用土計画) として表す。

すなわち、材料別の各採取場から選別・分級・混合、ストックパイルなどの各過程を経由して盛立ゾーン、捨場などへの流れをフロー図に示す。そして、それぞれの位置での変化率、ロス率などを考慮した数量をフロー図に示す。図 4.20 は、概略的な材料フロー図の例である。

#### 引用・参考文献

- 1) 粟津清蔵、包国勝、茶畑洋介、平田健一：「絵とき測量」、オーム社、1993
- 2) 京牟禮和夫：「機械土木の施工計画」、オーム社、1979
- 3) 国土交通省大臣官房技術調査課：「国土交通省土木工事積算基準」、(財)建設物価調査会、2004、p.13
- 4) (社)日本建設機械化協会：「建設機械施工ハンドブック」、2001
- 5) 山崎建設(株)：「施工計画」、1980
- 6) (社)日本道路協会：「道路土工施工指針」、1966
- 7) (社)電力土木技術協会：「最新フィルダム工学」、1972
- 8) 建設大臣官房技術調査室監修：「土木施工管理技術研修用テキスト 土木工学編・上巻 平成10年度版」、1998、pp.85 ~ 87