

## 緩中傾斜地における森林作業道の維持管理費

北海道立総合研究機構林業試験場道北支場 蓮井 聡

## はじめに

持続的な林業経営において必要となる費用の一つに、森林作業道の維持管理費がある。これまでこの値を具体的に求めた例は見当たらないが、本報告ではこの値を求める式を示す。また、前提条件を緩中傾斜地（緩傾斜地 0~15°, 中傾斜地 15~30°）としたときの式の値と検証結果を報告する。

## 方法

## 定式化について

森林作業道の費用については、既往の研究(4)を参考に、まず次式を想定した。

$$OA = OT + OY \quad (1)$$

ただし、OA: 林業経営期間における単位距離当たりの森林作業道の費用 (円/m), OT: 森林作業道の費用の資本回収期間における単位距離当たりの作設費、改良費および維持管理費 (円/m), OY: 林業経営期間から資本回収期間を差し引いた期間 Y (年) における単位距離当たりの維持管理費 (円/m)。ただし、資本回収期間 (年) < 林業経営期間 (年)。ここで、資本回収期間後を想定すると、OA=OY となる。

次に、非積雪期において森林作業道の横断面の各部位を分類すると、OY は、

$$OY = OY_1 + OY_2 + OY_3 + OY_4 + OY_5 \quad (2)$$

ただし、OY<sub>1</sub>: 単位距離当たりの盛土及び路面の維持管理費 (円/m), OY<sub>2</sub>: 単位距離当たりの盛土の安定に必要な簡易構造物の維持管理費 (円/m), OY<sub>3</sub>: 単位距離当たりの切取法面の維持管理費 (円/m), OY<sub>4</sub>: 単位距離当たりの道路上における一定空間確保のための維持管理費 (円/m), OY<sub>5</sub>: 単位距離当たりの排水施設の維持管理費 (円/m)。ただし、ここで OY<sub>1</sub>, OY<sub>2</sub>, OY<sub>3</sub>, OY<sub>4</sub>, OY<sub>5</sub> は、Y における値である。

OY<sub>1</sub> については、次式とする。

$$OY_1 = o \cdot p \cdot q \cdot Y \quad (3)$$

ただし、o: 年間当たり単位距離当たりの補修土量 (m<sup>3</sup>/年/m), p: m<sup>3</sup>当たりの施工時間 (時/m<sup>3</sup>), q: 単位時間当たりの施工費 (円/時)。ここで、パラメーター p, q は一定の値とする。ところで、盛土については、基礎地盤の支持力が十分にあり、かつ、入念な締固めおよび排水処理が実施されていれば安定化する(1)とされており、加えて、経年的な維持管理によっても安定化するものとする、長期的には被害が限定的になると考えられる。このため、o は Y が長期のときは一定の値に収束すると想定される。ここで、林業経営が持続的に行われるものとする、Y は長期となり OY<sub>1</sub> も大きな値となるが、このときの年間当たりの OY<sub>1</sub> は(3)式の両辺を Y で除した値 o · p · q (円/年/m) となる。

一方、伐期齢を r (年)、この期間における森林作業道

の維持管理回数を k (回) とすると、Y が長期のときの維持管理 1 回当たり単位距離当たりの作業時間 Tm<sub>n</sub> (時/回/m) は、

$$Tm_n = o \cdot p \cdot r / k \quad (4)$$

よって、維持管理 1 回当たりの OY<sub>1</sub> (以下、Ok<sub>1</sub> (円/回/m)) は、

$$Ok_1 = Tm_n \cdot q \quad (5)$$

ここで、盛土及び路面(波形勾配)は適切に作設された直後は安定し、1 回目の集材後に限定的な変状及び損傷(被害)が生じるものとする、これを補修するときの 1 回当たり単位距離当たりの作業時間 Tm<sub>1</sub> (時/回/m) は、Tm<sub>n</sub> と同程度とみなすことができる。このとき、

$$Ok_1 = Tm_1 \cdot q \quad (6)$$

したがって、Y が長期のときの維持管理 1 回当たりの OY (以下、Ok (円/回/m)) は、以下に前提条件を示すが、OY<sub>2</sub>, OY<sub>3</sub>, OY<sub>4</sub>, OY<sub>5</sub> を考えないものとする、

$$Ok = Tm_1 \cdot q \quad (7)$$

## 前提条件について

OY<sub>2</sub> を計上しない(盛土において簡易構造物を必要としない)場合の前提条件として、山腹傾斜角(°)の上限值を以下に示す。

まず、森林作業道の横断面形状は、山側の切土高が 1.5m 以下で、かつ、盛土に余剰土が生じる形状とする。土工横断面図(図-1)より、山側の切土高 H<sub>i</sub> (m) と片切り片盛り時の切土量 CA<sub>i</sub> (m<sup>3</sup>)、盛土量 BA<sub>i</sub> (m<sup>3</sup>) 及び水平伐開幅(道路敷幅) F<sub>i</sub> (m) は、道路中心線の鉛直上における原地盤高から路面高を差し引いた値(以下、地盤から路面までの深さ) S<sub>i</sub> (m) を用い、次式により求められる。

$$H_i = S_i + \tan\alpha_i \left( \frac{5}{6} W + S_i \right) / \left( \frac{5}{3} - \tan\alpha_i \right) \quad (8)$$

$$CA_i = \frac{1}{2} H_i \left( W - \left( \frac{W}{2} - \frac{S_i}{\tan\alpha_i} \right) \right) \quad (9)$$

$$BA_i = \frac{1}{2} \left( \frac{W}{2} - \frac{S_i}{\tan\alpha_i} \right) \left( \tan\alpha_i \left( \left( \frac{5}{12} W - S_i \right) / \left( \frac{5}{6} - \tan\alpha_i \right) \right) - S_i \right) \quad (10)$$

$$F_i = \left( \left( S_i - \frac{W}{2.4} \right) / \left( \tan\alpha_i - \frac{5}{6} \right) \right) + \left( \left( S_i + \frac{W}{1.2} \right) / \left( \frac{5}{3} - \tan\alpha_i \right) \right) \quad (11)$$

ただし、W: 幅員 (m), α<sub>i</sub>: 路線と直交する一様な山腹傾斜角(°), 切取法面勾配は 1:0.6, 盛土法面勾配は 1:1.2。ここで、D<sub>i</sub> (m<sup>3</sup>) を、CA<sub>i</sub> (m<sup>3</sup>) と BA<sub>i</sub> (m<sup>3</sup>) との差として定義するものとし、値が正であれば余剰土、負であれば不足土が生じるものとした。ただし、水平伐開幅 F<sub>i</sub> の斜面長の表土 0.1m を盛土不適土(2)として控除するものとし、土量変化率は 0.9(2)とした。このとき、D<sub>i</sub> は以下の式で表される。

$D_i = 0.9(CA_i - 0.1F_{ci}/\cos\alpha_i) - (BA_i + 0.1(F_i - F_{ci})/\cos\alpha_i)$  (12)  
 ただし、 $F_{ci}$  は  $F_i$  中の切土部分の水平伐開幅 (m) とし、  
 式を展開して得られる  $0.01F_{ci}/\cos\alpha_i$  については、値が小さいことから 0 とみなすこととした。

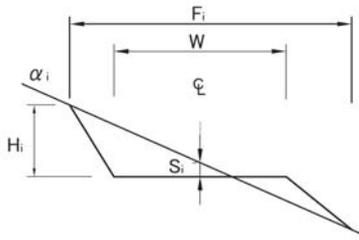


図-1 土工横断面図

以上より、 $W$  が 3.0m のときの地盤から路面までの深さ  $S_i$  と横断面形状 ( $H_i$ , 余剰土・不足土) との関係を図-2 に示す。ここでは横断面形状が切通しとなる場合も示してある。

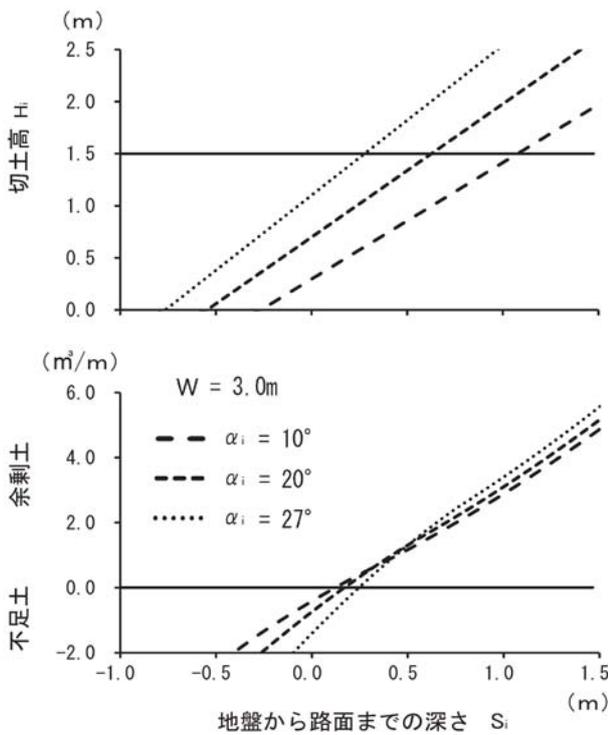


図-2 地盤から路面までの深さと横断面形状との関係

ここで、縦断流用土を考慮しないものとする、 $\alpha_i > 27^\circ$  ( $\alpha_i$  は正の整数とする) では、 $H_i \leq 1.5m$  のとき常に不足土が生じる横断面となるため、盛土量を縮減するための簡易構造が必要になることが分かる。結果、 $W=3.0m$  のとき、 $OY_2$  を計上しない場合の  $\alpha_i$  の上限値は  $27^\circ$  ( $S_i=0.25m$ ) となる。なお、 $W=2.5m, 3.5m$  のとき  $\alpha_i$  の上限値はそれぞれ  $29^\circ$  ( $S_i=0.26m$ )、 $25^\circ$  ( $S_i=0.24m$ ) となる。

$OY_3$  は、 $H_i$  が 1.5m 以下の切取法面は安定性が高い(3) ことから、ここでは計上しないこととする。なお、切取法面からの小崩土については、 $\sigma$  などに利用されるものとする。

$OY_4$  は、 $OY_1$  に含まれるものとし、ここでは計上しないこととする。ただし、 $OY_1$  以外の部分の費用 (例えば、見通し確保のための切取法面上部の除草) は、適宜考慮

する必要があると考えられる。

$OY_5$  は、開きよ及び洗い越しのとき  $OY_1$  に含まれるものとし、ここでは計上しないこととする。

**結果と考察**

2013年7月中川郡中川町町有林豊里8林班35小班(傾斜角  $27^\circ$  以下) において作設された森林作業道について、1回目の集材後に行った維持管理結果を表-1に示す。結果、 $W=3.0m$  のとき、機種がバックホウ山積  $0.45 m^3$  では、 $Tm_1=0.004$  時/回/mであった。なお、このとき行った維持管理は、主にわだち、滞水箇所の整正、変状した盛土の原形復旧であったが、いずれも軽微な補修作業であった。

検証対象となる維持管理費は長期計画上の費用であるため実績値はないが、代替値として、従来の作業路における維持管理費(作設費の2%/年(5))を求めると、作設費 500円/m に対し、10円/年/mとなる。これに  $r/k$  (年/回) (ここでは  $r/k=5\sim 10$  とする) を乗じると、50~100円/回/mとなる。(7)式の値は  $q=7000$  円/時とすると 28円/回/mとなり、代替値より安価となったが、森林作業道は作業路より耐久性が高く、また、ここでは安定した土構造における限定的な被害の補修作業のみを対象としていることから、概ね妥当な値であると考えられる。仮に、 $Tm_1=0.01$  時/回/mとなる場合でも  $Ok=70$  円/回/mとなり、代替値程度となる。

なお、今回未調査だが、積雪期の維持管理費には、非積雪期に適切な維持管理が行われ安定した盛土が確保されているものとする、除雪費として  $OY_4$  が計上される。

表-1 維持管理結果

区分	記号	中川町 豊里	単位
幅員	$W$	3.0	m
作業時間	$Tm_1$	0.004	時/回/m
施工費(0.45m <sup>3</sup> バックホウ)	$q$	7000	円/時
維持管理費			
実績の代替値		50~100	円/回/m
(7)式	$Ok$	28	円/回/m

**おわりに**

持続的な林業経営における道路の経済性に関しては、単に作設費を最小にするのではなく、施工の良し悪しが耐久性、すなわち維持管理費に大きな影響を及ぼすことを認識することが重要であると考えられる。

最後に、調査にご協力いただいた中川町経済課産業振興室並びに NPO 法人もりねっと北海道に厚く御礼申し上げます。

**引用文献**

- (1) 日本道路協会 (2010) 道路土工-盛土工指針 (平成 22 年度版). 日本道路協会, 東京, 310pp.
- (2) 日本林道協会 (2011) 平成 23 年版林道必携 (技術編). 日本林道協会, 東京, 310pp.
- (3) 大橋慶三郎 (2001) 大橋慶三郎の道づくりのすべて. 全国林業改良普及協会, 東京, 159pp.
- (4) 酒井秀夫 (1987) 合理的集運材方式に基づく長期林内路網計画に関する研究. 東大演報 **76** : 1-85.
- (5) 澤口勇雄 (1993) 林路網規格の合理的配置 (I)  $H_{ACK}$  の法則の類似式適用による幹線路網規格の決定. 日林誌 **75** : 16-23.