

STUDY ON THE DESIGN OF EARTHMOVING BY BULLDOZER

(Trans. of JSCE, October 1955)

Yasuo Itami, C.E. Member

Synopsis In this paper, author presents the production and cost computation which are said to be the main point in the design of earthmoving works executing by bulldozer. Theoretical consideration on design has been executed in order to make clear the every problem, especially those hitherto no clear and unknown, and by putting the records on earthmoving works in order, it was successful to obtain several factors and coefficients which are necessary for the computations, consequently those computations have been led up to the level of practical use.

To calculate the quantity of earth work, author introduced a practical formula, in which a field-work coefficient is used, and this propose formula, makes the calculation of the quantity of earth work much simpler than the conventional method. Moreover, if the field-work coefficients, which the author has obtained by classifying the degree of easiness of work according to the kind of work, are used, the discrepancy between the estimated work efficiency and the actual work efficiency can be minimized. This is the important point of the present study.

In computing the work cost, a concrete calculation of various costs such as repair cost, residual value, depreciation cost, etc. has been made possible by extending the theory of depreciation which states that the sum of the depreciation and repair costs is constant, to the conditions of various kinds. The problems regarding the method of computation of the rental which is subject to the fluctuation of commodity prices, or the administration expenses, have been also solved.

Further, the author obtained, through actual experiment, various coefficients necessary for computing the rentals and especially the economical life of various types of bulldozer and the ratio of the maintenance and repair expenses to the purchasing expenses, and made it possible to calculate the practical value such as the rental for the bulldozers which are now in use in Japan. In addition, the author has shown a few examples of computation.

On estimation of repair costs, author established a method of calculating repair costs, taking into consideration the time and number of the periodical overhauls of machine, and succeed in obtaining on correct estimation of the repair expenses, because he was able to for each type.

Regarding the calculation of operating costs, the author collected and classified many data concerning the per hour consumption of the main fuel and lubricant oils, and was able to find out the increase and decrease of consumption, which vary with the change of the work condition. At the end of this paper, the author added tables and graphs with hourly quantity of earth work and unit costs by the type of bulldozer, according as the easiness of the work and carrying distances.

要旨 本研究はブルドーザによる土工の設計において、その主軸とされる土工量の算定および工費の算定に関するものである。設計に関する各項目についての指針を示すことはもちろんであるが、従来より要望されていたが不明確であり未知であった多くの問題について理論的解明を行い、またこれらの実績に関する諸資料を整理して、算定に必要な諸係数を求めることに成功し、その結果これらの算定を作業条件とブルドーザの各型式の種別に従って、実用的に実施できる段階に導いたものである。

土工量の算定においては、土工量の実用的な算定公式を考案し、その公式を用うると、作業条件の変化にともなう土工量の算定が従来より簡単であり、著者が工種別に作業の難易性を分類して求めた現場作業係数を用うることにより、設計と実施とにおける作業能率の誤差を少なくできることが研究の要点となっている。またこれの計算を単時間に簡便に行うための計算尺の考案も実現した。

工費の算定においては、償却費と修理費を加えた費用が常に一定である償却理論を各種の条件にまで発展させ、時間当り修理費、残存価格、償却費等の算定についての具体的な計算を可能とした。また物価の変動をとまなう場合の使用料および中古機械の使用料の算定法、あるいは使用料に関する管理経費の問題等について解明した。さらに使用料算定に必要な諸係数、特に各型式のブルドーザの経済的耐用時間と維持修理費の購入経費に対する割合について実験的に求め、現在わが国で使用されているブルドーザについての使用料等の実用値を計算することを可能とし、また計算例もいくつか示した。

次に修理費の見積りについても、初めて定期的全分解整備の時期および回数を考慮に入れた計算法を確立し、各型式に対する修理率を実験的に求めることができたので、修理費の見積りを正しく求めることに成功した。

運転経費の算定においても、時間当りの主燃料、油脂等の消費実績等について、多くの資料を整理し、作業条件の変化に応ずる消費量の増減を知ることができる。

最後にブルドーザの型式別に現場作業の難易性と、土運搬距離に応じた時間当り土工量と土工単価の表並びにグラフを作成してブルドーザによる土工に関する見積りを一層便利ならしめた。

ブルドーザによる土工の設計に関する研究

正員 伊丹 康 夫*

目 次

第1章 総 論	3.4.3. 時間当り使用料	21
1.1. 緒 論	3.5. 中古機械の使用料の算定	22
1.2. ブルドーザによる土工の設計	3.6. 使用料の算定公式(管理費を含めた場合)	22
1.2.1. 設計における特異性	3.6.1. 年間標準使用料算定公式	22
1.2.2. 設計における問題点	3.6.2. 時間当り使用料算定公式	24
1.3. 本研究の概要	第4章 ブルドーザの使用料等の算定 に必要な使用実績および使用 料等の計算実例	
第2章 土工量の算定	4.1. 概 説	24
2.1. 概 説	4.2. 運転時間の実績	25
2.2. 土工量の実用算定公式	4.3. 定期整備の実績	26
2.2.1. 実用算定公式の理論	4.4. X および f の値	27
2.2.2. ブレード(排土板)面積 B	4.4.1. A.G.C.A.の資料	27
2.2.3. 土運搬距離 D	4.4.2. 国産ブルドーザについての値	27
2.2.4. 現場作業係数 F	4.4.3. キャタピラー D-8 についての値	29
2.2.5. 土量換算係数 f	4.5. 管理費その他	29
2.3. 各種ブルドーザによる土工量の算定	4.5.1. 管 理 費	29
2.3.1. ブルドーザ土工作業計算尺について	4.5.2. スクラップの価格	30
2.3.2. 土工量の計算実例	4.5.3. 物価の変動経過	30
2.3.3. 土工量の算定上考慮を要する問題	4.6. 使用料の計算	30
第3章 使用料等の算定	4.6.1. 基本式による場合	30
3.1. 概 説	4.6.2. 修理費の物価変動を考えた場合	31
3.2. 購入費, 修理費, 使用料, 残存価格, 償却費等の基本的関係およびこれらの 算定式	4.6.3. 購入価格を評価替した場合	32
3.2.1. 購入費, 修理費累計および経済的 耐用時間の関係	4.6.4. 同一型式で購入年度の異なる場合の 使用料の比較	34
3.2.2. 時間当り修理費 $r(x)$	4.7. 修理費の計算	35
3.2.3. 残存価格 $S(x)$	4.7.1. 修 理 費 率	35
3.2.4. 償却費累計 $D(x)$	4.7.2. 修理費の見積計算	37
3.2.5. 使用料累計 $L(x)$	第5章 工費および工期の算定	
3.2.6. 時間当り使用料 $l(x)$	5.1. 概 説	40
3.3. 修理費のみ物価指数の変動を考慮した 場合の使用料の算定	5.2. 時間当り燃料消費量の実績	40
3.3.1. 修理費, 経済的耐用時間等の基本 的關係	5.3. 労力歩掛り	41
3.3.2. 使用料累計	5.4. 工費の算定	41
3.3.3. 時間当り使用料	5.4.1. 運転時間に比例して増減する経費	41
3.4. 購入価格を評価替した場合の使用料の 算定	5.4.2. 固定的な経費(運転時間に無関係 な経費)	42
3.4.1. 修理費, 経済的耐用時間等の基本 的關係	5.4.3. 総工費の算定	42
3.4.2. 使用料累計	5.5. 工期の算定	42
	5.6. ブルドーザ土工と人力トロ運搬土工と の比較	42
	5.7. 土工単価図表	44

* 電源開発株式会社 土木部機械課 課長代理

第1章 総論

1.1. 緒論

ブルドーザは機械化土工に最も広範囲に利用できる建設機械である。すなわち掘削、土運搬、撒土、盛土、転圧および仕上げの作業をブルドーザのみで行うことができるので土工に単独で使用されることも、また他の建設機械に組合せて使用されることもできる。

ブルドーザは前記の作業の他、除根、伐木、凍土および硬土等の破碎等の特殊作業を行い、またスクレーパ、ルータ、タンピングローラ等の牽引操作の原動機械として使用されるので、整地、道路土工、河川の築堤および掘削工事、ダム工事等には欠くことのできない機械である。

履帯式 (crawler type) のブルドーザは主として数十米以内の近距離の土運搬を伴う土工に最も適する。

ブルドーザは米国において始めて 1915 年に製作され第 2 次世界大戦中の飛行場の急速設定に威力を発揮したことは有名である。わが国においては戦争中、陸海軍で主として飛行場設定のために米軍のものを模倣して製作を始めたこともあつたが、ほとんど実用には供し得なかつた。戦後は米軍より多数のブルドーザの払下げを受けたので、その使用法を体得し、その偉大な作業力を知る機会を得た。

土工々事にブルドーザを本格的に使用せんとする気運は、戦後、国産ブルドーザの試作機が完成して間もない昭和 24、25 年頃から起り始めた。しかしその頃は、わが国としてはブルドーザによる施工法はまつたく経験がなくこのような機械化工事には幾度となく失敗を重ね、工事も計画通り進捗しないのが常道であつたので、現場にあまり好感をもつて受け入れられないことも多かつた。

その後、機械の性能が向上するに従い、各方面におけるブルドーザ施工の苦い経験も次第に実を結び、これと併行して技術者の訓育、オペレータの養成にも努力が払われかつ機械の運営および管理についても要領がのみこめてきたので、次第にブルドーザが土工々事で万能的な、能率的な威力を発揮することができるようになり、現在では土工々事用機械として広く普及し、わが国での保有台数約 3,000 台を数えるに至つた。

しかし、ブルドーザによる土工々事の計画のたてかた、設計の組みかたが、従来的人力または「トロ」の方式による土工々事と、性格的に異なり、また施工および機械の運営管理においては、専門的知識と経験を必要とするため現在でも正しい計画、設計および見積のもとで、ブルドーザを高率的に使つて工事を施工している処は比較的少いといえる。その原因の第 1 としては、従来方式の土工々事では作業能力すなわち、1 時間当りの土工量は作業現場の掘削土の硬さ、土運搬距離と勾配、および、使用される器材または労力によつて、比較的簡単に算出されるが、ブルドーザ土工方式ではその作業能力が上記の条件以外に機械の性能および土の物理的性質に大きく影響されることが多く、従つて比較的含水比の高いわが国では米国の資料をそのまま使用できないことである。原因の第 2 としては工費の大きな部分を占める、機械償却費の適正な算定方法が確立されておらず、また維持修理費の実績の整理がなされていないため、工費を正しく見積ることに大きな欠陥があり、各所まちまちの工費が見積られているのが現況である。

本研究は以下これらの問題に対し設計上の見地より理論的解説を試みるとともに各種の現場実績を整理し、特に設計上の重要な問題点を解決することにより、ブルドーザ土工に対する具体的な設計基準並びに方法をあたえるものである。これにより、ブルドーザ以外の重機械による工事の設計にも、この研究の成果を応用することができる。

1.2. ブルドーザによる土工の設計

1.2.1. 設計における特異性

従来ほとんどの土工、たとえば人力掘削、トロ運搬の土工あるいはラダー掘削機と機関車の組合せによる掘削土運搬工事等、あらゆる土工の設計において単位土工量当りの単価表を算出することは多年の経験にもよることながら、現場条件が変つてもさして問題なく算出できる。すなわち 1 m^3 の掘削は 0.3 人工とか、50 m のトロ運搬は 1 m^3 につき 0.2 人工とか、あるいは 1 時間 120 m^3 掘りラダー掘削機により掘削し 20 t 蒸気機関車による 3,000 m の土運搬を伴つた築堤工事は 1 m^3 当り 100 円 (直接工事費だけで修理費および償却費等を含まない) であるというように、設計の見積りは 1 m^3 または 100 m^3 当り単価表が使用されるのが慣例であつた。これら従来の土工の設計が 1 m^3 または 100 m^3 当りの単価表を用いていることは、その第 1 が人力が主力となつて工事がなされており、機械を使用した場合も運転手の他に多数の人夫を必要とし、概して 1 日の実作業時間が一定して

いることと、第2が現場条件が変わっても、同一地域では1 m³ 当り単価には単純で判定し易い影響しかおおよぼさないためである。

一方ブルドーザによる土工は機械が主力としてほとんどの一貫した作業が施工され、機械の型式の種類と運転距離の長短により、単位時間当りの土工量が大きく変化する。また最も顕著なことは掘り取られる土砂および走行路盤を形成する土砂の物理的性質により作業効率が大きく影響することは、従来の土工に見られなかつたことである。すなわち関東地方のローム質土では、瀬戸内海沿岸の砂質土より作業が極めて困難で年間の作業可能日数も極めて少く、冬期の関東ローム質土地帯でのブルドーザ土工は採算のとれない程非効率であることがすでに明かにされている。また工費の構成のうちその大部分を占める運転経費、機械修理費および機械償却費は機械の実働時間に比例して掛る性格のものであるから、時間当り単価表の作製を省略して直ちに100 m³ 当りの単価表を他の類似の工事实績等により作成することは設計に誤算を生ずる原因となつてくる。事実わが国でブルドーザ土工を始めた頃は、実働時間当りの土工量も正しく判定することができないのに、すべて従来の土工の設計における場合と同様に、100 m³ 当りの所要時間を算定して、次に100 m³ 当り燃料、労力等の所要量を算定し、その結果から100 m³ 当りの単価を算定していた。この方法ではほとんど工事の進捗が計画通り行われず、工費も大幅に、誤差を生ずることが少なくなかつた。

またこの種の新しい重土工機械について共通なことであるが、機械の型式の別、機械経歴の別および機械の運営管理の良否により修理費のかかり方も異なり、耐用時間数も違うために、償却費が異なり、また工程の大切な要素である稼働率もこれらにより影響されるので、工事単価の計算は甚だ複雑となる。

従つて現在わが国においてブルドーザによる土工の設計のうち、特に信頼のもてる工期および工費を算定することを可能とするためには、どうしても工事の立場からしたブルドーザの性能に対する諸研究および工事の実績についての分析検討を行い、土工量の算定方式と工費の算定方式等を確立することが極めて必要である。

1.2.2. 設計における問題点

ブルドーザ土工の設計においては、時間当りの土工量と時間当りの経費を別個に算定し、これにより単位土工量当りの工費いわゆる単価を算定することの必要性を前項に述べた。

先づ第1の時間当りの土工量の算定については、作業に使用する機械が定められ、作業条件が与えられたら、あとは作業の難易性を定めることにより算定は可能である。米国の USE OF ROAD AND AIRDROME CONSTRUCTION EQUIPMENT には、この作業の難易性すなわち、ブルドーザの作業効率 (dozer efficiency factor) の説明が次のとおり記述されている。

The dozer efficiency factor takes into account the fact that a full 60-minutes work hour is rarely obtained. Efficiency varies depending on supervision, operators, maintenance requirements, and site conditions.

この作業の難易性を設計上どう扱うかということは、作業能率算定の上から最も大切で、かつ難しい問題であり、従来の土工方式においてもこれを分析して基準が得られた例はない。ブルドーザ土工においては特にこの問題についての研究が設計並びに施工上重要である。

第2の時間当り経費の算定についてはその構成要素として運転費、維持修理費、および償却費の算定が問題としてとり上げられる。先づ、運転費は運転1時間で消費する燃料、油脂費および労力費の合計である。これは機械の型式により、ほぼ定つた費用として算定は比較的容易である。次に維持修理費は実績を重じて算定すべきであるが、ブルドーザは運転時間が増加する程、時間当り修理費が増加する具体的な実態をブルドーザの型式ごとにどう把握するか、またその計算はどうすべきかが新しい問題である。最後の問題は経費のうち最も多額を占めるであろう償却費についての計算法である。これには税法上の固定資産の償却法としての定額法および定率通減法があるが、いづれも残存価値の実態に合致していない。ブルドーザのような損耗の激しい機械についてはその寿命は年数で数えるのではなく、時間数をもつて数えるべきであり、従つて時間当り償却費をどう算定すべきかが大きな課題である。

なお上述の時間当り経費の算定法については新しい重機械に対して共通の問題として解決されるべき問題である。

1.3. 本研究の概要

本研究はブルドーザ土工の設計においてその骨幹をなす土工量の算定、および工費の算定に必要な理論並びに諸資料を整備し、実用に供し得るまでにこれらの解明を試みたものである。

土工量の算定においては実用的な算定公式を考案し、その公式における作業の難易性の判定要素として、工事実績を分析分類して求めた現場作業係数を用いることを試みたことが研究の重点となつている。

工費の算定においては、従来より最も実用性が乏しく算定が困難であつた機械の使用料の理論を実際的な面まで発展させたこと、およびそれに必要な数値、特に国産ブルドーザに対する耐用時間および維持修理費に関する諸係数を多くの実績を整理した結果より求め得たことである。なお使用料算定上必要な場合が起る物価の変動等に関する算定式を求め、あるいは定期整備の時期および回数を考慮した修理費等の見積計算に関する実際的な運用法を明らかにした。

更に工費の算定について重要な要素である運転経費について、多くの実績を整理し、作業条件の変化に応じて、算定に使用できるように諸要素を分類しその基準を得た。

最後にブルドーザの型式別に現場作業の難易性と、土運搬距離に応じた土工単価表並びにグラフを作成した。本研究の内容については既に関連事項を発表しており、それらの文献を次に参考までに記す。

題名	掲載誌名または発行所	年	月
1 ブルドーザ土工作業の実用算定公式	建設の機械化 No.43	28.	9
2 同 (補遺)	同上 No.45	28.	11
3 ブルドーザ土工設計々算法	同上 No.50	29.	4
4 実績を基にしたブルドーザ土工設計々算法	建設省直轄工事第8回技術研究会	29.	8
5 建設省の実績より見た国産ブルドーザの水準 (運転時間と整備費の実態について)	建設の機械化 No.57	29.	11
6 建設省の実績より見た国産ブルドーザの水準 (国産ブルドーザと米国製ブルドーザの比較)	建設の機械化 No.58	29.	12
7 建設機械の使用料の算定法並びにブルドーザによる使用料算定の実例	日本建設機械化協会 昭和30年技術講演会 技報堂全書	30.	4
8 ブルドーザ土工の設計および施工		30.	11
9 ブルドーザ土工作業計算尺	特許出願 昭 28-24209		

なお本研究の対象として使用されたブルドーザの型式は 表-1.1 にその作業要目を示す。これらはわが国でもつとも多く土工工事に使用されているものである。

表-1.1 ブルドーザ作業要目一覧表

	小 松			三 菱		日 特		キャタピラー	
	D-50	D-80	D-120	BBIV	BF	NTK-4	NTK-7	D-7	D-8
全 長 (単 車) (mm)	3,475	4,325	4,982	3,720	4,350	3,100	4,000	4,130	4,650
(排土板付き) "	4,455	5,430	6,100	4,690	5,470	3,830	5,330	5,350	5,970
全 幅 (単 車) (mm)	2,045	2,560	2,580	2,160	2,460	1,980	2,500	2,460	2,620
(排土板付き) "	3,000	3,850	4,100	3,500	3,860	2,890	8,360	3,860	4,040
全 高 (排気管先端) (mm)	2,400	2,650	2,700	2,700	2,860	1,730	2,170	2,030	2,290
整備重量 (単 車) (kg)	7,000	13,900	16,000	10,000	15,000	4,600	11,500	11,200	15,600
(排土板付き) "	9,000	16,000	20,500	—	16,000	6,200	13,500	—	—
軌 板 幅 (mm)	400	560	580	460	560	330	550	510	560
無限軌道中心距離 (mm)	1,600	2,000	2,000	1,640	1,900	1,520	2,000	1,880	2,130
接 地 圧 (単 車) (kg/cm ²)	0.42	0.44	0.51	—	—	0.40	0.50	0.46	0.56
(排土板付き) "	0.53	0.57	0.62	0.53	0.57	0.55	0.59	—	—
主 機 関 (HP)	55	100	150	80	100	46	85	105 HP	185 HP
排土板大きさ (高さ×幅) (mm ²)	750×3,000	1,020×3,850	1,000×4,100	900×3,500	950×3,860	700×2,890	900×3,860	983×3,860	983×4,060
登 坂 能 力 (単車無牽引)	30°	30°	30°	35°	35°	30°	30°	—	—
最 大 牽 引 力 (kg)	6,400	13,300	14,200	10,000	15,400	5,000	10,700	90 HP	150 HP
前 進 速 度 起低速 (km/h)	—	1.84	—	—	—	—	—	—	—
第 1 速 "	2.12	2.64	2.76	2.20	1.80	2.70	2.10	2.25	3.05
第 2 速 "	3.26	3.66	3.70	3.40	2.50	3.70	3.40	3.54	4.35
第 3 速 "	6.30	5.85	4.95	6.20	3.70	4.71	5.80	5.15	5.62
第 4 速 "	10.10	7.30	6.13	9.50	5.50	5.89	8.60	7.40	7.23
第 5 速 "	—	9.60	7.78	—	7.70	8.58	—	9.64	9.30
第 6 速 "	—	—	—	—	9.50	—	—	—	—
後 退 速 度 第 1 速 "	2.73	2.34	3.34	2.50	2.30	3.13	2.80	2.58	3.05
第 2 速 "	5.19	3.32	4.46	4.00	3.10	—	5.00	4.18	4.35
第 3 速 "	—	4.63	5.95	7.30	4.60	—	—	6.12	9.30
第 4 速 "	—	7.36	—	11.10	6.90	—	—	8.70	—

第2章 土工量の算定

2.1. 概 説

ブルドーザによる土工量の算定には特に現場の作業の難易性の扱い方を知らねばならぬ。しかし作業の難易性は定性的な分析は可能であつても、定量的には不可能であるので、著者はこれを作業実績から求めることとし、特に土工の工種および土質の状態等から土工の難易性の分類を試みた。この際従来土工量の算定式ではその算定が繁雑かつ正確性を欠くので新しく土工量の実用算定公式を考案した。またこれの算定を容易にするためにブルドーザ土工作业計算尺を新案した。

なお以上の算定方法によつて、機械の各型式、各種現場条件に応ずる土工量の算定値を求めた。

2.2. 土工量の実用算定公式

2.2.1. 実用算定公式の理論

従来ブルドーザの土工量を理論的に算定する場合は次式が使用される。

$$\text{土工量} = \frac{Q \times f \times 60 \times E}{C_m} \quad (\text{m}^3/\text{h}) \dots \dots \dots (2.1)$$

Q : ボーウル(排土板)容量 (m^3)

f : 土量換算係数

E : ブルドーザの作業効率

C_m : サイクルタイム (min)

この式においては、使用ブルドーザの型式によりボーウル容量 Q の値を定め、土運搬距離および作業現場の土質等の現場作業条件等から、土量換算係数 f およびブルドーザの作業効率 E の値を定めて土工量を算定する。しかしその場合、各数値の決め方が難かしい。すなわちわが国においては土質が粘土分に富み、含水比が高く、ブルドーザ土工に非能率な工事現場が数多く、従つて作業能率が現場の諸条件により大きな差異を生ずるから、 E の値の示す範囲は大きくなり、その判定は特に難かしい。

またサイクルタイム C_m の値は、日々の現場条件の変化、作業状況の変化により絶えず変化するため、同一工事であつても常に一定の値をとることができず、ある仮定のもとで C_m の平均値を想定して計算しても実作業に適合し難い。またボーウル容量 Q の値は実作業においては土質の種類により変化する値である。なおその標準値については各所各人まちまちである。(表-2.1 参照)

以上のとおりこの理論算定式は、実際に当つては使用が不便であるので、これに代る算定式として作業現場を見聞すれば簡単に算定できる実用性のある算定式が強く要望されていた。私は多くの工事実績の分析検討の結果、次に示す実用算定公式を考案した。この実用算定公式は前述の理論算定式と関連性をもつてはいるが、理論算定式の各項のうち測定し難いもの、あるいは不確定なものを、測定しやすいもの、あるいは確定されたものに置換し、特に従来の作業効率 (efficiency factor) を現場の総合的な作業の難易度に基いて定められる現場作業係数 (field condition factor) に変えたことである。

すなわち、実用算定公式は次のように示す。

$$\text{土工量} = \frac{10 \times (B \times f \times 60^2 \times F)}{16 \times (3D + 20)} \quad (\text{m}^3/\text{h}) \dots \dots \dots (2.2)$$

B : ブレード面積 (m^2)

D : 土運搬距離 (m)

F : 現場作業係数

f : 土量換算係数

以上の実用算定公式においては、理論的算定式のボーウル容量 Q をブレード面積 B に、すなわち $Q = B \times 10/16$ の関係、サイクルタイム C_m を土運搬距離 D に、すなわち $C_m = (3D + 20)/60$ の関係を用いて実用算定公式を得た。従つて Q および C_m が B および D におきかえられたため、それらの数値の決定は極めて容易になつた。現場作業係数 F は理論的算定式における作業効率 E より現場条件が更に広範に加えられたものであり、作業の難易性を示す係数である。

(注) 奥野正和氏はこの実用算定公式について、「土木技術」第10巻、第6号に次のごとく批評を寄せている。

伊丹氏の公式は米軍工兵のマニュアルの式を実際の使用に容易なように誘導して改め、作業の諸条件を具体的に係数で表わして式中に導入

してある。非常に実用度の高い公式である。

伊丹氏の公式の使用に当つて、一番重要なのは、現場作業係数の決定であるが、私の勤務先で過去1年間に実施した数十件の工事のうち、ドーザの使用延台数が多く、かつ現場作業条件の比較的明らかである約10件の工事記録について検討した結果では、伊丹氏の示された現場作業係数は妥当なものであると認められる。私の調査では同一現場で働いたドーザを機種(D-7, D-80, BF, D-120)毎に別々にわけ、更に1台毎のドーザについて作業土工の実績から逆算して現場作業係数を求めて見ると、ほとんど一定の値が得られ、かつ伊丹氏の示した係数、係数が正しいことがわかつた。

次に実用算定公式の成立した経過並びに式中の各項について説明する。

2.2.2. ブレード (排土板) 面積 B

従来のボーウル容量 Q については表-2.1の資料を作成することができるが、これは設計者によりまちまちの値を使用していることがわかる。

表-1.1における型式のブルドーザのボーウル容量の各数値と、ブレード面積との関係を図示すると図-2.1のとおりである。図-2.1においてキャタピラー D-8 および D-7 について“USE of ROAD……”の示す点に相等する点は、私が採用していた点と、ほとんど一致するので記入を省略する。図-2.1のようにボーウル容量とブレード面積が直線的関係にあるとすると、次の関係式を得る。

$$Q = B \times \frac{10}{16} \dots\dots\dots(2.3)$$

なおこの関係式が適用されるのは、ストレートドーザ (進行方向に直角のブレード) で、両端に散逸防止用の

ブレードが特についていないものについてである。また押土の際に土質の相異により起る土の散逸程度の大小は後述する現場作業係数の要素に入れて考える。

表-2.1 ボーウル容量と面積との関係

型式	ブレード寸法 (mm×mm)	ブレード面積 B (m²)	ボーウル容量 Q (m³)		
			USE OF ROAD	斎藤義治氏	著者
キャタピラ D-8	3400×1142	3.88	2.39		2.40
” D-7	3099×1142	3.54	2.18	2.50	2.20
三菱日本 BF	3860×950	3.67		2.40	2.20
小松 D-80	3850×1000	3.85		2.40	2.00
三菱日本 BBIV	3500×900	3.15			
日特 NTK 7	3860×900	3.47			
三菱日本 BBⅢ	3150×800	2.52	D-6(1.43)	1.70	1.20
小松 D-50	3000×750	2.25		1.60	1.10
日特 NTK 4	2890×700	2.03			
小松 D-120	4100×1000	4.10			

(注) USE OF ROAD…… USE OF ROAD AND AIRDROME CONSTRUCTION EQUIPMENT の略

2.2.3. 土運搬距離 -D

従来の理論的算定式のサイクルタイム C_m の算定は、型式によりそれぞれ異なる 前進後退の各変速の種類別に従つて行われる。すなわち

$$C_m = D \left(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2} \right) + t \quad (\text{min}) \dots\dots\dots(2.4)$$

D : 土運搬距離 (m)

v₁ : 前進速度 (m/min)

v₂ : 後退速度 (m/min)

t : ギャー入替えに要する時間 (min)

(2.4) 式において 1/v₁+1/v₂ は変速の種類により異なる項であつて、実際作業に適用される場合について計算すると表-2.2のとおりである。なお t はほぼ20秒(0.33 min)と算定される。表-2.2に示すとおり 1/v₁+1/v₂ の値の最も多く起り得る値として 0.050 をとれば (2.4) 式は次のようになる。

$$C_m = \frac{3D+20}{60} \quad (\text{min}) \dots\dots\dots(2.5)$$

図-2.1 ブレード面積と容量関係図

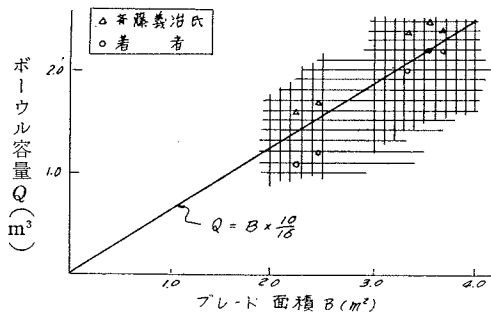


表-2.2 1/v₁+1/v₂ の値

型式	前 進		後 進		1/v ₁ +1/v ₂ (min/m)
	変速段階	v ₁ (m/min)	変速段階	v ₂ (m/min)	
D-7	1	34.5	1	43.3	0.052
	1	34.5	2	70.0	0.043
	1	34.5	3	101.7	0.039
D-50	1	32.5	1	45.3	0.058
	1	32.5	2	87.3	0.042
D-80	1	27.5	1	39.0	0.062
	1	27.5	2	55.3	0.054
	1	27.5	3	71.1	0.049
BBⅢ	1	28.5	1	36.7	0.062
	1	28.5	2	58.4	0.052
	1	28.5	3	93.8	0.046
BF	1	27.0	1	38.3	0.063
	1	27.0	2	51.7	0.056
	1	27.0	3	76.6	0.050
	2	37.5	1	38.3	0.053
BBIV	2	37.5	2	51.7	0.046
	2	37.5	3	76.7	0.040
	2	37.5	3	76.7	0.040
NTK 7	1	33.0	1	41.7	0.054
	1	33.0	2	66.7	0.045
	2	51.0	2	66.7	0.035
NTK 4	2	51.0	3	122.0	0.028
	2	51.0	3	122.0	0.028
NTK 4	1	31.5	1	46.6	0.053
	1	31.5	2	83.4	0.044
NTK 4	1	41.1	1	79.5	0.037

備考: 前進速度は公称定格速度の 90% を使用した。

この場合(2.4)式により計算したサイクルタイムと(2.5)式により計算したサイクルタイムとの間の誤差は土運搬距離50m以内においてB B IV型の前進2速の場合を除けば、サイクルタイムが正負2割以内におさまり、土運搬距離がさらに増してもほとんど誤差の増加はない。しかしこの(2.5)式により求めたサイクルタイムと実作業におけるサイクルタイムとの間の誤差については、次項で述べる現場作業係数 F で処理することができる。すなわち高速で土運搬ができる場合は、土質および路盤も良好で、下り勾配を利用して作業するような走行容易な、すなわち現場作業条件のよい現場であり、反対に前後進とも低速でしか運行できない場合は、土質および路盤が不良で走行困難な、すなわち現場作業条件の不良の現場であると考えることができる。

故にサイクルタイムの項は土運搬距離 D の変数として計算され、標準速度より高速で作業できる現場は現場作業係数のよい現場として、現場作業係数の選定の際にその事情が取り上げられる。

また、タイヤドーザのようにクローラータイプのブルドーザと比較して走行機構が異なり、かつ走行速度が高速を得られる機械については、(2.5)式の分子の $(3D+20)$ を適宜変えて使用することにより、実用算定公式を応用して使用することができる。

2.2.4. 現場作業係数 F

現場作業係数は現場の作業条件の良否を総合的に判定すべきもので、その判定の対象となる要素としては、

- (1) 削土または運搬される土質の良否
- (2) 走行路盤の良否
- (3) 施工方法の難易
- (4) ポールより土の散逸する程度
- (5) 天候による影響

であるが、これらの要素の個々に判定して現場作業係数を求めることは困難であるので、専ら工事実績を基にして実験的に求め、これを工事種別に従って整理し、現場作業係数の選択を容易にする推定表の作成を試みた。

なお運転員の技倆の優劣も作業条件に影響するが、この係数とは別個の取扱いとして計算すべきで、この点については後述3.3.2.(2)に現場実測の結果の1例を示す。

(1) 工事実績より得た現場作業係数

過去のブルドーザ土工の実績として建設省、農林省および国有鉄道の実績および、著者の関係した建設技術研究補助金による“建設の機械化施工の経済的規模に関する研究”の調査資料のうちブルドーザの作業実績の明確なるものより現場作業係数を計算すれば表-2.3のようである。ただし表-2.3および表-2.4に記録された資料はその工事現場での全部すなわち全工事期間の記録でない場合が多いが、結果の判定は施工期間と作業量によつて検討を加えた。

また私が建設省荒川上流工事々務所において施工したブルドーザによる河川の掘削工事の実績は表-2.5のようである。この表-2.5に記録せる2つの工事のうち“山田機械掘削工事”は渇水期に入間川の低水路を薄く掘

表-2.3 現場実績調査資料 (No. 1)

所 属	工 事 箇 所	型 式	建設機械 番 号	施工年月日	運土距離 (m)	土 質	稼働 時間率	1 日 運転時間	総作業量 (m^3)	現場作業係数		
										1時間当 作業量 (m^3)	数 値	平均値
建設省関係	那河川大場堤防災害復旧	D-8	T102	24-2~24-6	50~60	砂交り砂利	71.7	7.3	51,768	67	1.62	1.44
			T104	24-4~24-6	"	"	38.2	3.1	5,670	50	1.21	
			T111	24-12~24-6	"	"	78.1	6.3	39,797	54	1.24	
	東海道戸塚園道改良	"	23-066	26-7~26-9	50	関東ローム	48	7.9	4,729	26	0.77	0.64
		"	23-069	"	40	"	44	10.6	1,057	19.8	0.48	
		"	25-301	"	30	"	35	11.0	1,397	15.9	0.47	
北海道開発局	石狩川金星橋下流河 道整理	D-50	24-142	26-6~26-11	30	砂利交り土 80%	55	8.7	7,890	16.5	0.40	0.42
		"	24-002	"	"	普通土20%	35	8.2	4,378	23.6	0.56	
		B F	26-087	"	"	"	52	8.1	6,071	22.8	0.34	
建設省近畿	揖保川今市築堤	B F	25-145	26-9~27-2	30~40	砂利交り砂	45.7	6.4	1,530	47.8	0.83	0.78
		D-80	25-151	26-9~27-2	"	"	46.2	7.4	1,840	41.5	0.69	
		"	26-099	26-12~27-2	"	"	64.1	7.5	650	43.3	0.71	
		B B III	24-192	26-11~27-2	"	"	44.7	4.7	1,850	33.0	0.86	
	瀬田川南部掘削	D-7	24-309	26-11~26-12	30	砂利交り砂	59.0	6.3	5,900	45.0	0.69	0.65
		B B III	24-195	"	"	"	37.6	3.6	1,920	24.6	0.52	

表-2.4 現場実績調査資料 (No. 2)

所 属	工 事 個 所	型 式	建設機械番 号	施工年月日	運土距離 (m)	土 質	稼働 時間率	1 日 運転時間	総作業量 (m³)	1時間当 り作業量 (m³)	現場作業係数	
											数 値	平均値
建設省近畿	紀之川低水路掘削	D-7	24-073	25	50	砂 利	77	8.9	6,915	43.2	1.02	0.86
		"	24-310	"	"	"	65	7.8	29,925	52.9	1.24	
		BBⅢ	24-195	"	"	"	55	7.1	11,173	21.4	0.72	
		D-7	—	"	30	砂利交り砂	—	8.5	—	71.0	1.09	
		BBⅢ	—	"	"	"	—	7.0	—	40.0	0.88	
		D-7	24-310	26	"	"	—	7.2	—	54.6	0.94	
		"	24-309	"	"	"	—	7.3	—	46.1	0.71	
		BF	—	"	"	"	—	8.7	—	38.2	0.57	
		D-80	—	"	"	"	—	8.2	—	46.1	0.64	
		D-7	—	"	整地20	"	—	7.2	—	88.0	0.98	
BBⅢ	—	"	"	"	—	7.2	—	43.5	0.70			
	大和川掘削	D-7	—	26	15	硬粘土	—	7.2	—	94.0	1.10	1.10
建設省中部	常願寺川利田掘削	D-50	24-149	26-9~26-12	20	玉石交り砂礫	56	6.6	24,070	18.7	0.42	0.42
	掛川西山口国道	"	25-081	25	50	土丹岩	51	7.7	8,223	15.2	0.35	0.35
建設省九州	川内川下掘削	D-50	24-146	25	30~50	粘土交り砂	49	6.0	18,485	25.0	0.76	0.76
	遠 賀 川	"	24-016	"	"	"	52	6.3	13,453	25.2	0.76	0.76
	長 崎 国 道	"	25-023	"	30	軟砂岩	41	5.1	7,245	24.2	0.80	0.80
農林省北陸	邑知瀧干拓締切堤 塹土取	D-50	No.1	25-1~25-3	50	軟岩交り砂	50	6.0	8,718	34.9	1.34	0.92
	"	"	"	25-4~25-12	"	"	83	8.0	31,598	22.3	0.86	
	"	"	"	26-4~26-7	"	"	68	7.5	13,354	20.0	0.77	
農林省九州	花宗土堰堤土取	D-7	No.12	24-11~26-1	20~50	粘 土	54	4.4	65,391	34.0	0.85	0.85
農林省東北	安久土耕地復旧	D-8	No.17	25-5~25-9	50	砂 礫 土	82	8.1	53,450	56.0	1.19	1.19
農 林 省 (富山県)	山田川土堰堤	D-50	—	26	40	ロ - ム	—	8.2	12,801	23.2	0.89	0.82
		D-7	No.1	26-5~26-9	50	"	33	7.9	7,818	24.2	0.72	
		"	22-16	27-6~27-9	40	粘土砂礫	45	7.0	5,086	51.9	1.05	
国鉄信濃川	山 辺 土 堰 堤 " (表土切取) " (基礎根掘) " (") " (池内掘削) " (") " (")	D-7	D7-1	26	30	土丹塊並に 砂利交り粘土 耕土又は砂	125	10.0	807	26.9	0.59	0.49
		"	"	27	押上 5~30	53	—	24,720	45.5	0.65		
		"	"	"	"	37	—	5,910	23.9	0.39		
		"	"	"	押上 10~30	48	—	1,250	25.6	0.41		
		"	"	"	"	53	—	10,427	16.6	0.20		
		"	"	"	10~50 押上 20~50	39	—	28,431	25.9	0.42		
国 鉄 (草津山)	瀬田川橋梁盛土	D-7	D7-4	25	30	赤 土	41	3.6	1,998	47.0	0.90	0.88
		D-8	D8-7	26	"	"	53	4.6	2,775	50.0	0.87	
国鉄東京	大井工機部	"	D8-1	26	60	石炭殻	27	6.2	518	16.8	0.40	0.56
		"	D8-4	"	"	"	48	5.9	3,543	29.9	0.69	
	横田飛行場	"	D8-1	"	30	砂利交り 関東ローム	71	7.4	12,000	91.4	1.43	1.43

表-2.5 入間川改修工事における実績調査資料

工事名	年 月	型 式	建設機械番 号	施工期間	運土距離 (m)	土 質	稼働日数	1日当りの 運転時間		総作業量 (m³)	1時間当り 作 業 量 (m³)	現 場 作 業 係 数		
								総運転時間	数 値			月平均値	総平均値	
山田 機械掘削 (河床掘削運土)	27-9	BBⅢ	25-017	16~30	50~30	砂 利	13	10-42 139-40	6,251	44.74	1.24	1.24	1.10	
	27-10	"	"	1~23	"	"	16	10-18 165-10	6,029	36.49	1.02	0.99		
				24~31	50~20	真 土	5	6-54 34-30	1,110	32.17	0.92			
	27-12	"	"	4~28	50~30	砂 利	16	7-53 126-05	4,495	36.67	1.00			
				24-191	13~28	"	10	5-48 58-00	2,032	35.03	0.98			
				BBⅣ	27-067	21~28	"	"	8	5-52 47-00	1,880	40.00		0.87
BF	27-044	21~28	"	"	8	5-52 46-40	3,262	69.85	1.30					
D-7	25-203	12~28	"	"	17	5-14 89-00	5,255	59.04	1.66					

28-1	BBⅢ	25-017	4~17	60~30	真土	14	5-03 81-00 6-10 86-10	3,240	40.00	1.23	1.09
	BBⅣ	27-067	4~18	真土	14	4-43 52-00 5-10 62-00 5-52 94-10 6-00 36-00 6-11 80-20 6-11 49-30 6-23 43-00 5-27 21-50	3,017	35.00	0.95		
28-1	D-8	22-001	6~18	70~60	小砂利交砂	11	4-43 52-00	2,600	50.00	1.37	1.04
	"	"	19~31	50~30	真土	12	5-10 62-00	3,410	55.00	1.09	
	D-7	26-203	16~31	"	砂交り頁土	16	5-52 94-10	4,705	49.96	1.09	
	BF	27-044	11~17	60~50	砂	6	6-00 36-00	1,620	45.00	1.12	
	"	"	18~30	50~30	直土	13	6-11 80-20	4,015	49.98	1.05	
	BBⅣ	27-067	24~31	60~50	"	8	6-11 49-30	1,338	27.03	0.88	
28-2	BBⅢ	25-017	17~25	50~30	"	8	6-23 43-00	1,376	32.00	1.00	0.96
	"	24-191	7~16	60~50	小砂利交砂	4	5-27 21-50	550	25.19	0.93	
28-2	D-7	26-203	1~17	40~30	真土	16	6-34 105-00	5,250	50.00	0.93	0.96
	BBⅣ	27-067	1~20	"	"	17	6-48 115-30	4,620	40.00	0.87	
	BBⅢ	25-017	1~18	"	"	7	6-51 48-00	1,920	40.00	1.12	

削し土砂をラダ―掘削機の位置まで押し上げる作業であり、“平塚新田機械掘削”は入間川の小支川である小畔川の捷水路の洪水敷を開き土砂を左右の築堤位置まで押し上げるものである。この2つの実績調査においては係数の季節的变化、土質による変化およびブルドーザの型式の差異による変化を分析調査する目的で記録を整理した。その結果季節的变化は施工期間が短期間であつたため求められなかつた。型式の差異による変化および土質による変化については 図-2.2 にその結果を示すが同一作業をしなかつたことと、資料数が少ないので明確な判定がつかない。

表-2.6 現場作業係数の実績

図-2.2

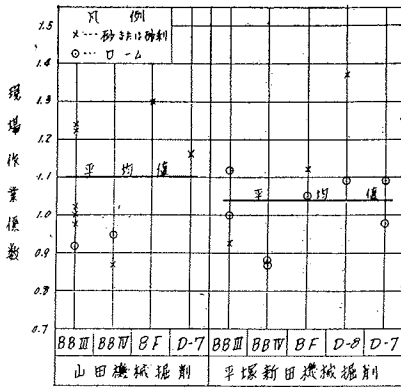


表-2.3~表-2.5 により求めた工事現場の現場作業係数をその順位に並べると 表-2.6 のとおりになる。表-2.6 によりわかるとおり整地が最も現場作業係数が大きく、河川の掘削工事、アースダム工事、道路工事の順で、水分の多い土の処理が最も作業能率が悪いことを知る。表-2.6 において現場作業係数 1.5~1.3 の範囲をAとし以下 0.2 の範囲ごとに B(1.3~1.1), C(1.1~0.9), D(0.9~0.7), E(0.7~0.5), F(0.5~0.3) とした。

(2) 現場作業係数推定表

これから工事しようとする現場の現場作業係数は類似の実績に基いて決めるのがよいが、表-2.3~表-2.6 の現場作業係数の結果を工種別および主たる作業条件から分類して表-2.7 に示す現場作業係数推定表を作成した。表-2.7 には一応代表的な工種すなわち整地、アースダム工事、河川改修、道路改良の4つに分類してある。従つてそれぞれの地域的な土工の作業条件

現場作業係数記号	工事箇所	所属	施工年度
A	那珂川大場堤防災害復旧 横口飛行場	建設省関東圏	24 26
	宝文之耕地復旧	農林省東北	24~26
B	入間川山田機械掘削 大和川掘削	建設省関東圏 近畿	27 26
	入間川平塚新田機械掘削	建設省関東圏	27
C	瀬田川橋梁盤工	国鉄	25
	紀之川取水路掘削	建設省近畿	25-26
	花栗上埋戻	農林省九州	24-25
	山田川土埋戻	農林省富山	25-27
	長河掘削	建設省九州	25
	球塚山分路掘削	建設省近畿	26
D	川内川下石掘削	建設省九州	25
	達賀川	建設省九州	25
	瀬田川新築掘削	建設省近畿	26
E	大井工機部	国鉄東京	26
	東海道戸家園道改良	建設省関東	26
F	信濃川山辺土埋戻	国鉄	26-27
	常陸専利川田機械掘削	建設省中部	26
	石狩川金尾橋下流河運整理	北海道庁	A 26

が変化した場合の現場作業係数推定表を作成する必要がある場合は表-2.7を参考として別に作成して使用すると便利である。

次に現場作業係数推定表の使用法について1例により説明する

(例) 道路改良の切土運搬を伴う盛土工事において土質がローム質土で乾燥(締固め最適含水率より含水量が少い場合)しているときは表-2.7により現場作業係数は0.8~0.9を選び、土が中位の湿り(締固め最適含水率より湿っている)のときは0.5~0.7を選ぶ。

表-2.7 現場作業係数推定表

現場作業係数 F	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	
整地 (不陸直し)	不陸の程度	少		い		中		位		大		き	
	土質	砂質土	ローム	砂質土	粘土	交り	砂質土	ローム	粘土	交り	砂質土	ローム	
アースダム (土運搬)	土の湿り					乾燥		適		度		湿	
	土質					砂質土		ローム		粘土		ローム	
河川改修 (掘削, 運搬)	工事の種類	高水敷掘削または築堤						低水路または水中掘削					
	土質			砂利交り土砂		砂質土		粘土または玉石		砂利交り砂		砂質土	
道路改良 (切土, 盛土)	土の湿り					乾燥		中		位		湿	
	土質					砂質土		ローム		砂質土		ローム	

表-2.8 土量換算係数表

土質	換算すべき土の状態		
	地山のまま (あと坪)	掘り弛めた 場合	締固めた 場合
砂	0.90	1.00	0.86
普通土	0.80	1.00	0.72
粘土	0.70	1.00	0.63
砂交り砂	0.85	1.00	0.91
砂利	0.88	1.00	0.91
固結した砂利	0.70	1.00	0.91
石灰岩, 砂岩, その他 軟岩を破碎したもの	0.61	1.00	0.74
花崗岩, 玄武岩, その他 硬岩を破碎したもの	0.59	1.00	0.77
小割した石塊	0.57	1.00	0.80
爆破した岩石の大塊	0.56	1.00	0.72

2.2.5. 土量換算係数 f

土量換算係数 (conversion factors for earth-volume change) は従来より表-2.8に示すものが使用されている。(2.1) 式および(2.2) 式で土工量を求める場合 f を 1.0 とすると掘り弛めた状態における容積が算出される。また自然状態のまま(あと坪)あるいは締固められた容積で算出したいときは、各土質に応じて表-2.8の左欄あるいは右欄のそれぞれ該当の係数を使用すればよい。

2.3 各種ブルドーザによる土工量の算定

2.3.1. ブルドーザ土工作業計算尺について

(2.2) 式の土工量の実用算定公式を計算するための計算尺を考案設計した。これによると現場作業員または運転員等に対しても土工量の計算を容易にし、また土工作業の実績より絶えず現場作業係数を逆算することにより、日々の作業の難易性を容易に知ることができる(計算尺は日本建設機械化協会発売中)。

(注) 本計算尺は昭 28-24209 にて特許申請中のものである。本計算尺は製作において目盛の位置が若干狂つて作られているためこれで計算された土工量は約 1 割増大して求められる。計算尺における各尺の目盛の振り方は次のようである。

- 土量換算係数 (f) …… 逆方向対数目盛
- ブレード面積 (B) …… 正方向対数目盛 80/36(=2.22) に f の 1.0 を合せる
- 現場作業係数 (F) …… 正方向対数目盛
- 作業土量 (P) …… 正方向対数目盛
- 運土距離 (D) …… 正方向対数目盛 160 m に P の 10 m³, 10 m に P の 100 m³ を合わせる。

2.3.2. 土工量の計算実例

(2.2) 式により、わが国で使用されるブルドーザの型式別に、現場作業係数の変化に従つて計算した時間当たり土工量は表-2.9~表-2.17のとおりである。ただしこの表はいづれも土量換算係数の f=1 場合で、あと坪または出来高で土工量を求めるときは、それぞれの場合についての土量換算係数をこれに乘じなければならぬ。

表-2.9 D-8ブルドーザ土工量 (m³/h)

土運搬距離 (m)	現場作業係数											
	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4
10	245	210	175	140	105	70						
20	153	131	109	88	66	44						
30	111	95	80	63	48	32						
40	88	75	63	50	38	25						
50	72	62	51	41	31	21						
60	61	52	44	35	26	18						
70	53	45	38	30	23	15						
80	47	40	34	27	20	13						
90	42	36	30	24	18	12						
100	38	33	27	22	16	11						
110	35	30	25	20	15	10						
120	32	27	23	18	14	9						

2.3.3. 土工量の算定上考慮を要する問題

(1) タイムスタディーに対する補正

土工量算定にさきだつて、サイクルタイムの基準を知るためにタイムスタディー（作業時間分析調査）を行うことがある。しかしこのタイムスタディーについては運転員にそれを行うことを予告して行われた作業の1サイクルタイムの割合をもつて1時間の土工量を算定したものと、実作業1時間における実績土工量とを比較すると後者が前者の64.4%であることが次の現地試験より明らかにされた。試験は北海道緋牛内美幌間第二工区道路改良工事において昭和27年実施し、測定記録は表-2.18に示すとおりである。

この試験の結果、運転員に通告された、タイムスタディーにより1サイクルタイムを測定し、これにより土工量を算定した場合は、その約65%（55~85%）をもつて設計上の1時間当りの土工量とするのが基準であることを知つた。

表-2.18 タイムスタディーを行つた場合と実作業との比較

型式	土質	車速		距離	1サイクル タイム	1回平均 作業量	測定時の作業値			1日 実作業量	実作業量 測定作業量
		前進	後進				1時間 回数	1時間 作業量	1日 作業量		
		速	速								
三菱 BBⅢ	粘土	1	3	m	分秒	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	%
〃	火山灰	〃	〃	100	2-22	2	25.3	59.6	339	192	56.6
* 〃	〃	〃	〃	100	3-47	2	15.9	31.8	213	123	57.7
日特 NTK-7	粘土	1	2	100	4-55	2	12.1	24.2	162	123	*75.9
〃	〃	〃	〃	80	2-42	2.3	22.2	51.1	322	122	37.8
〃	〃	〃	〃	100	3-49	2.3	15.7	36.1	227	103	45.3
キャタピラーD-7	転石交り土	1	3	60	3-06	2.8	19.4	54.3	397	234	59.0
〃	〃	〃	〃	80	4-25	2.8	13.6	38.1	278	241	86.7
〃	〃	〃	〃	100	5-19	2.8	11.2	31.4	229	215	93.8
キャタピラーD-8	〃	2	4	120	4-31	3.5	13.3	46.6	321	251	78.1
日特 NTK-7	粘土	1	2	100	4-31	2.3	13.3	30.6	193	103	53.3
各車平均											64.4

(注) *印は助手が運転したものを示す。

(2) 運転員の熟練度による補正

ブルドーザによる土工作业においては運転員の熟練度により作業能率に差を生ずる。これに関する現場試験の結果は5~6年の運転経験のある運転員（十分一人前の技術あるもの）による1サイクルタイムを100とすると、2年の運転経験の運転員による1サイクルタイムは略110と見做される。試験は北海道緋牛内美幌間第二工区道路改良工事において昭和27年実施し、測定記録は表-2.19および表-2.20に示すとおりである。

表-2.19 運転員の熟練度の差異によるサイクルタイムの比較 (No.1) キャタピラーD-8 ブルドーザ

経験年数	排土時間	ギヤー入換時間	後退時間	ギヤー入換時間	計(サイクルタイム)	サイクルタイムの比較
6年	分秒 1-50	分秒 0-03	分秒 2-23	分秒 0-02	分秒 4-18	100%
2年	2-07	0-03	2-32	0-02	4-45	110

(注) 排土は下り勾配15%で土質は転石交り土距離120m 作業条件不良(昭27.7.19)

表-2.20 運転員の熟練度の差異によるサイクルタイムの比較 (No.2) 三菱日本 BBⅢ アンゲルドーザ

経験年数	排土時間	ギヤー入換時間	後退時間	ギヤー入換時間	計(サイクルタイム)	サイクルタイムの比較
5年	分秒 3-17.6	分秒 0-02.6	分秒 1-07.6	分秒 0-03	分秒 4-30.8	100%
2年	3-34.3	0-02.6	1-14.3	0-04	4-55.2	109

(注) 土質は火山灰土、距離100m、作業条件良好(昭27.8.8)

第3章 使用料等の算定

3.1. 概 説

従来より土木工事に使用されていた機械はブルドーザ、パワーショベル等の重土工機械に比較して構造が単純であり、損耗が少く、従つて耐用命数が長い為、これらの機械を使用した工事における機械の償却費および維持修理費は金額も少いので、工事経費の算定にはさして問題とならなかつた。

これに反してブルドーザによる土工のみならず最近の機械化工事においては、工事経費のうち機械償却費と維

持修理費が大きな構成要素として占められるようになった。それ故、ブルドーザ等の重土工機械については、その償却費および、維持修理費についてはその算定の基準を新たに求める必要がある。

すなわち維持修理費の基準については、各種使用条件に応じた実績を集計整理することにより求めることもできるが、機械を購入してより廃棄するまでの実績を記録することは容易ではない。

償却費についてはいかなる償却方法を適用するかにより、償却率の時間的変化が種々異なり、ブルドーザ等の建設機械の運用に最も適合する償却方法についての研究を必要とする。

工用機械の償却方法には税法上の減価償却その他考えられるが、単位運転時間についての償却費と維持修理費の合計が、機械の新旧の別なく常に一定の金額となるという仮定に基いて償却率を決定する使用料コンスタントの償却法が、使用料の算定の上からもまた土工単価の積算の上からも、他の償却方法に比較して最も便利であることを知るであろう。

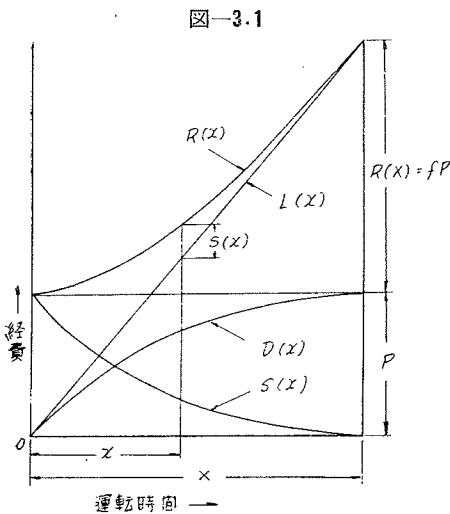
この研究においては上述の機械の使用料コンスタントの原則に従って修理費、使用料、残存価格および償却費の算定式をあたえ、かつ物価の変動および簿価の評価替えした場合の使用料の算定式を求めることができた。

また更に機械の管理費も計算に入れた場合の使用料の算定式も最も実用的な場合として求めることができた。

3.2. 購入費、修理費、使用料、残存価格、償却費等の基本的関係およびこれらの算定式

3.2.1. 購入費、修理費累計および経済的耐用時間の関係

使用料算定公式等を求めるために次の購入費と修理費と運転時間の関係を用いる。(図-3.1 参照)



P …………… 購入費
 $R(x)$ …………… 運転時間 x までの修理費累計
 x …………… 経済的耐用時間

(注) 経済的耐用時間……機械を購入した後に絶えず修理を加えてゆかねばならない。ところが運転時間が経過するにつれて、修理費の割合が大きくなる傾向があるので、運転時間当りの購入費と修理費を合計した値が一定の運転時間が経過したときに最小の値をとる。このような運転時間を経済的耐用時間という。

建設機械のうちでも特にブルドーザは、耐久度を異にする多くの部分から構成されているから、維持修理費と運転時間の関係は、これらの部分を修理するための費用と、これらの部分の耐久度の関係で変化する。その傾向は運転時間の長くなるほど運転時間当りの維持修理費がかさんでくる。

また比較的大きな修理は時々行われ、その効果はそれ以後の運転時間に現われるものであるから、実際に起る維持修理の支出は決して期間的に均等に配分されない。

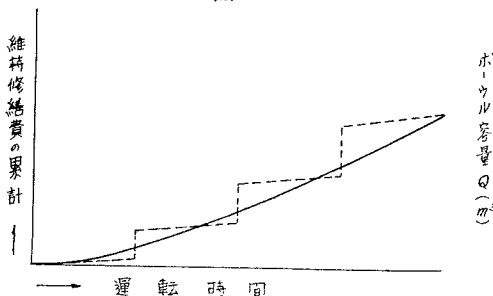
すなわち図-3.2に点線で示すごとく、たまたま大きな修理が起つた期間には、それだけ経費が大きくなるので、この不均衡を均等化して考える必要がある。図-3.2の実線がそれである。従つて修理費累計曲線は運転時間が零のとき修理費の累計が零を起点とした曲線で、 m, n を機種により異なる任意の常数として次の関係式が求められる。

$$R(x) = m \cdot x^n \cdot P \dots\dots\dots (3.1)$$

経済的耐用時間までの修理費の累計の購入費に対する割合を f とすると

$$R(X) = f \cdot P \dots\dots\dots (3.2)$$

図-3.2



経済的耐用時間 X は $R(x)$ の曲線に原点より切線を引いた切点の示す時間であることにより

$$\left. \frac{dR(x)}{dx} \right|_{x=X} = m \cdot n \cdot X^{n-1} \cdot P = \frac{1+f}{X} \cdot P \dots (3.3)$$

(3.1), (3.2) 式を (3.3) 式に代入して

$$m \cdot X^n \cdot (n-1) = 1 \quad f \cdot (n-1) = 1$$

$$n = 1 + \frac{1}{f} \dots\dots\dots (3.4)$$

修理費累計 $R(x)$ は (3.1), (3.2) および (3.4) 式の関係から

$$R(x) = f \cdot P \cdot \left(\frac{x}{X}\right)^{(1+1/f)} \dots\dots\dots(3.5)$$

3.2.2. 時間当り修理費 $r(x)$

(3.5) 式を x について微分して求める

$$r(x) = \frac{dR(x)}{dx} = f \cdot P \cdot \left(1 + \frac{1}{f}\right) \left(\frac{x}{X}\right)^{(1+1/f)} \cdot \frac{1}{x} \dots\dots\dots(3.6)$$

3.2.3. 残存価格 $S(x)$

$$S(x) = P + R(x) - L(x) = P \cdot \left\{ \left(1 + \frac{1}{f}\right) \cdot \left(\frac{x}{X}\right)^{(1+1/f)} - (1+f) \cdot \left(\frac{x}{X}\right) \right\} \dots\dots\dots(3.7)$$

米国においては経済的耐用時間における残存価格を零としている。すなわち
 $S(X) = 0$

しかし、わが国では経済的耐用時間における残存価格を零とするのは適当でなく、スクラップ価格 P_S だけ残ると考えねばならない。

この場合、経済的耐用時間のときに残存価格が丁度スクラップ価格になる場合と(図-3.3 参照), 残存価格が経済的耐用時間より短い X_S においてスクラップ価格になり、以後、経済的耐用時間までは残存価格が変化しない場合(図-3.4 参照)の二通りが考えられる。

図-3.3
($S(X) = P_S$)

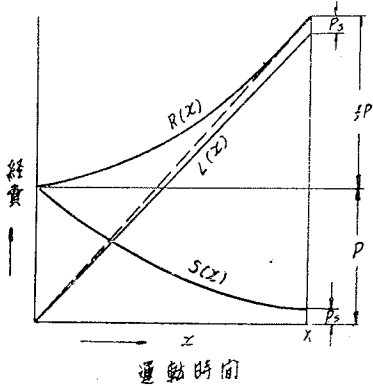
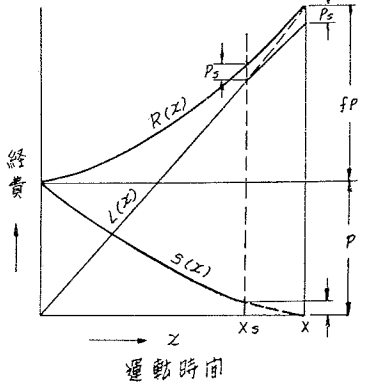


図-3.4
($S(X_S) = P_S, X_S < X$)



3.2.4. 償却費累計 $D(x)$

$$\begin{aligned} D(x) &= P - S(x) \\ &= L(x) - R(x) \\ &= P \left\{ (1+f) \left(\frac{x}{X}\right) - f \cdot \left(\frac{x}{X}\right)^{(1+1/f)} \right\} \dots\dots\dots(3.8) \end{aligned}$$

3.2.5. 使用料累計 $L(x)$

(1) スクラップ価格を零とした場合

経済的耐用時間における残存価格にスクラップ価格を考えない場合は 図-3.1 に示されているように、使用料の累計は原点から $R(x)$ 曲線に切線を引き、その切点が経済的耐用時間 X であることから (3.2) 式を用い

$$L(x) = \{R(X) + P\} \left(\frac{x}{X}\right) = (1+f) \left(\frac{x}{X}\right) \cdot P \dots\dots\dots(3.9)$$

(2) 経済的耐用時間における残存価格がスクラップ価格となる場合 ($S(X) = P_S$)

図-3.3 および (3.9) 式の関係より

$$L(x) = \{R(X) + P - P_S\} \left(\frac{x}{X}\right) = \left(1+f - \frac{P_S}{P}\right) \left(\frac{x}{X}\right) \cdot P \dots\dots\dots(3.10)$$

(3) 経済的耐用時間より短い X_S 時間において残存価格がスクラップ価格となる場合 ($S(X_S) = P_S, X_S < X$)

$x < X_S$ の範囲では、図-3.4 の関係より (3.9) 式に同じとなる。 $x > X_S$ の範囲では同様にして

$$\begin{aligned} L(x) &= \{R(x) + P - L(X_S) - P_S\} \left(\frac{x - X_S}{X - X_S}\right) \\ &= P \left\{ (1+f) \left(1 - \frac{X_S}{X}\right) - \frac{P_S}{P} \right\} \left(\frac{x - X_S}{X - X_S}\right) \dots\dots\dots(3.11) \end{aligned}$$

3.2.6. 時間当り使用料 $I(x)$

建設機械の耐用限度を時間数で定める機械については、使用料についても時間当り使用料を定めておく必要がある。なお日当り月当り等の使用料により算定する必要がある場合においても、時間当り使用料を基礎におかねばならない。時間当り使用料は使用料累計を使用時間で除したもので機械の新旧の別により、使用料は変化しな

いものとする。

$$l(x) = \frac{L(x)}{x}$$

従つて(3.9)式の使用料累計に対する時間当り使用料は次のように表わされる。

$$l(x) = (1+f) \cdot \frac{P}{X} \dots\dots\dots(3.12)$$

(3.10)式については同様に

$$l(x) = \left(1+f - \frac{P_s}{P}\right) \cdot \frac{P}{X} \dots\dots\dots(3.13)$$

3.3. 修理費のみ物価指数の変動を考慮した場合の使用料の算定

3.3.1. 修理費, 経済的耐用時間等の基本的関係

建設機械に対する物価が変動する場合, 修理費についてのみ物価指数の変動を考慮して使用料を算定する必要が起る。いま, 毎年修理費の物価指数が変動するものとし, 購入価格を P , 各年次における修理費の物価指数率, 経済的耐用時間および年標準運転時間を表一3.1のように定める。

表一3.1

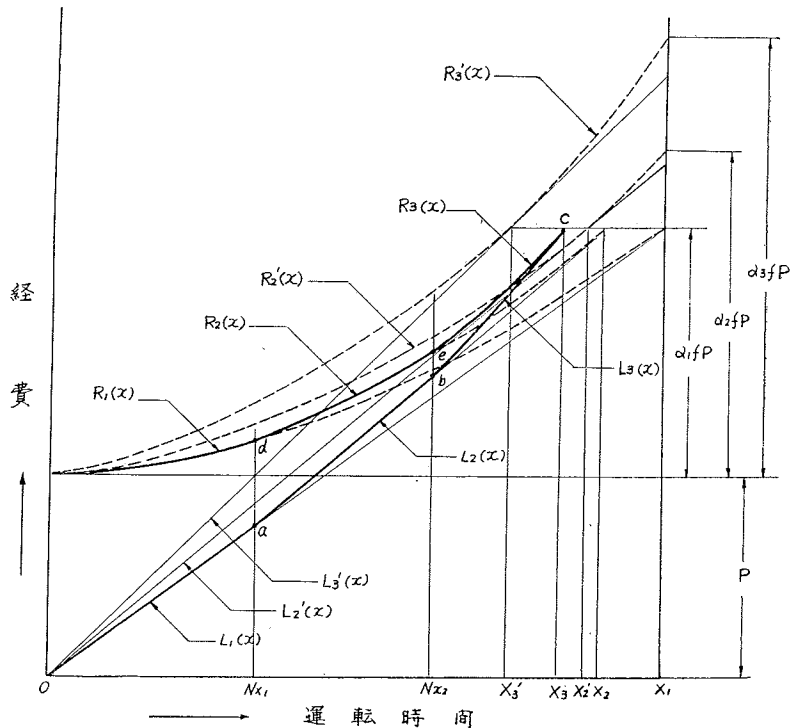
区 分	修 理 費 の 物 価 指 数 率	経 済 的 耐 用 時 間	各 年 次 未 だ の 運 転 時 間
第 1 年 次 (購 入 年 次)	$\alpha_1 (=1)$	X_1	Nx_1
第 2 年 次	α_2	X_2	Nx_2
第 3 年 次	α_3	X_3	Nx_3
⋮	⋮	⋮	⋮
第 n 年 次	α_n	X_n	Nx_n

各年次の区分は説明の都合上定めたので, 実際には物価の変動を考慮する期間(時間)に区切って同様な方法で行えばよい。

以上の関係から各年次別の使用料および修理費の関

係を図示すると図一3.5のようである。図一3.5は3年間で経済的耐用時間に達する場合で, 使用料の累計直線は購入年次においては $L_1(x)$ の直線で示され, o 点より a 点に至り, 第2年次においては $L_2(x)$ の直線で示され, a 点から, d 点を通る $R_2'(x)$ 曲線に並行な曲線に引いた切線上を b 点に至り, 第3年次においては同様に $L_3(x)$ の直線で示され, b 点から, e 点を通る $R_3'(x)$ 曲線に並行に引いた切線上を c 点に至る3つの組合わされた直線で示される。

図一3.5



修理費の累計曲線も同様に d および e の2点で変曲して c で $b-c$ 直線が接する $R_1(x)$ と $R_2'(x), R_3'(x)$ にそれぞれ並行な $R_2(x), R_3(x)$ の3つの組合わされた曲線で示される。

物価指数率 α が異なる場合のそれぞれの修理費累計曲線 $R_1(x), R_2'(x), R_3'(x) \dots R_n'(x)$ の経済的耐用時間を $X_1, X_2', X_3' \dots X_n'$ とし $\alpha_2'f, \alpha_3'f \dots \alpha_n'f$ は $X_2', X_3' \dots X_n'$ における修理費累計の P に対する割合とすると $R_1(x), R_2'(x), R_3'(x) \dots R_n'(x)$ は(3.5)式により次のごとく表わされる。

$$R_1(x) = \alpha_1 \cdot f \cdot P \cdot \left(\frac{x}{X_1}\right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)} \dots\dots\dots(3.14)$$

$$R_2'(x) = \alpha_2' \cdot f \cdot P \cdot \left(\frac{x}{X_2'}\right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_2' \cdot f}\right)} \dots\dots\dots (3.15)$$

$$R_3'(x) = \alpha_3' \cdot f \cdot P \cdot \left(\frac{x}{X_3'}\right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_3' \cdot f}\right)} \dots\dots\dots (3.16)$$

$$R_n'(x) = \alpha_n' \cdot f \cdot P \cdot \left(\frac{x}{X_n'}\right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_n' \cdot f}\right)} \dots\dots\dots (3.17)$$

次に (3.15)~(3.17) 式における $\alpha_2', \alpha_3' \dots \alpha_n'$ と α_1 との関係および $X_2', X_3' \dots X_n'$ と X_1 との関係を求める。すなわち 図-3.6 において物価指数率 α_1 の場合の修理費累計曲線を $R_1(x)$, α_2 の場合を $R_2'(x)$ とし、それぞれの経済的耐用時間を X_1, X_2' とする。なお $R_2'(x)$ の X_2' における修理費累計の P に対する割合は $\alpha_2' f$ であるから、(3.14), (3.15) 式により $R_1(X_2')$ および $R_2'(X_2')$ を求めると、

$$R_1(X_2') = \alpha_1 \cdot f \cdot P \cdot \left(\frac{X_2'}{X_1}\right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)}$$

$$R_2'(X_2') = \alpha_2' \cdot f \cdot P$$

$$R_1(X_2') \cdot \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = R_2'(X_2') \quad \text{の関係から}$$

$$\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot f \cdot P \cdot \left(\frac{X_2'}{X_1}\right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)} = \alpha_1 \cdot \alpha_2' \cdot f \cdot P$$

$$\text{従つて} \quad \left(\frac{X_2'}{X_1}\right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)} = \frac{\alpha_2'}{\alpha_2} \dots\dots\dots (3.18)$$

また同様にして $R_1(X_1)$ および $R_2'(X_1)$ を求めると、

$$R_1(X_1) = \alpha_1 \cdot f \cdot P$$

$$R_2'(X_1) = \alpha_2' \cdot f \cdot P \cdot \left(\frac{X_1}{X_2'}\right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_2' \cdot f}\right)}$$

$$R_1(X_1) \cdot \left(\frac{\alpha_2}{\alpha_1}\right) = R_2'(X_1) \quad \text{の関係から}$$

$$\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot f \cdot P = \alpha_1 \cdot \alpha_2' \cdot f \cdot P \cdot \left(\frac{X_1}{X_2'}\right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_2' \cdot f}\right)}$$

$$\text{従つて} \quad \left(\frac{X_2'}{X_1}\right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_2' \cdot f}\right)} = \frac{\alpha_2'}{\alpha_2} \dots\dots\dots (3.19)$$

故に (3.18), (3.19) 式により

$$\alpha_2' = \alpha_1 \dots\dots\dots (3.20)$$

$$\left(\frac{X_2'}{X_1}\right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \dots\dots\dots (3.21)$$

3.3.2. 使用料累計

使用料の算定式を求めるには、先に修理費累計の算定式を求める必要がある。修理費は 図-3.5 の関係から

$$R_1(x) = \alpha_1 \cdot f \cdot P \cdot \left(\frac{x}{X_1}\right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)} \dots\dots\dots (3.14)$$

$$R_2(x) = R_2'(x) - R_2'(Nx_1) + R_1(Nx_1)$$

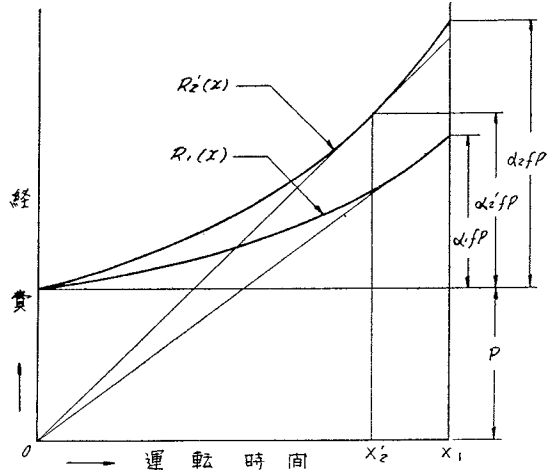
$$= f \cdot P \left\{ \alpha_2' \cdot \left(\frac{x}{X_2'}\right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_2' \cdot f}\right)} - \alpha_2' \cdot \left(\frac{Nx_1}{X_2'}\right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_2' \cdot f}\right)} \right\} + R_1(Nx_1)$$

$$= \alpha_2 \cdot f \cdot P \left\{ \left(\frac{x}{X_1}\right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)} - \left(\frac{Nx_1}{X_1}\right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)} \right\} + R_1(Nx_1) \dots\dots\dots (3.22)$$

$$R_3(x) = R_3'(x) - R_3'(Nx_2) + R_2(Nx_2)$$

$$= \alpha_3 \cdot f \cdot P \left\{ \left(\frac{x}{X_1}\right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)} - \left(\frac{Nx_2}{X_1}\right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)} \right\} + R_2(Nx_2) \dots\dots\dots (3.23)$$

図-3.6



$$R_n(x) = R_n'(x) - R_n'(Nx_{n-1}) + R_{n-1}(Nx_{n-1}) \\ = \alpha_n \cdot f \cdot P \left\{ \left(\frac{x}{X_1} \right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)} - \left(\frac{Nx_{n-1}}{X_1} \right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)} \right\} + R_{n-1}(Nx_{n-1}) \dots (3.24)$$

従つて使用料累計は次の算定式により求められる。

(第1年次)

$$L_1(x) = (1 + \alpha_1 \cdot f) \cdot \left(\frac{x}{X_1} \right) \cdot P \dots (3.25)$$

(第2年次)

$$L_2(x) = \{R_2(X_2) + P - L_1(Nx_1)\} \left(\frac{x - Nx_1}{X_2 - Nx_1} \right) + L_1(Nx_1) \dots (3.26)$$

(第3年次)

$$L_3(x) = \{R_3(X_3) + P - L_2(Nx_2)\} \left(\frac{x - Nx_2}{X_3 - Nx_2} \right) + L_2(Nx_2) \dots (3.27)$$

(第n年次)

$$L_n(x) = \{R_n(X_n) + P - L_{n-1}(Nx_{n-1})\} \left(\frac{x - Nx_{n-1}}{X_n - Nx_{n-1}} \right) + L_{n-1}(Nx_{n-1}) \dots (3.28)$$

ただし X_2, X_3, \dots, X_n の値は X_1 との関係において (3.22)~(3.24) をそれぞれ x について微分して求める。

$$\left. \frac{dR_2(x)}{dx} \right|_{x=x_2} = \alpha_2 \cdot f \cdot P \left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f} \right) \left(\frac{X_2}{X_1} \right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)} \frac{1}{X_2} \\ = \frac{R_2(X_2) + P - L_1(Nx_1)}{X_2 - Nx_1}$$

上式より

$$X_2 = X_1 \cdot \sqrt[{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)}]{\frac{P - \alpha_2 \cdot f \cdot P \left(\frac{Nx_1}{X_1} \right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)} + R_1(Nx_1) - L_1(Nx_1)}{P \left\{ \frac{\alpha_2}{\alpha_1} - \left(\frac{Nx_1}{X_2} \right) \left(\alpha_2 f + \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \right) \right\}}} \dots (3.29)$$

$$X_3 = X_1 \cdot \sqrt[{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)}]{\frac{P - \alpha_3 \cdot f \cdot P \left(\frac{Nx_2}{X_1} \right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)} + R_2(Nx_2) - L_2(Lx_2)}{P \left\{ \frac{\alpha_3}{\alpha_1} - \left(\frac{Nx_2}{X_3} \right) \left(\alpha_3 f + \frac{\alpha_3}{\alpha_1} \right) \right\}}} \dots (3.30)$$

$$X_n = X_1 \cdot \sqrt[{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)}]{\frac{P - \alpha_n \cdot f \cdot P \left(\frac{Nx_{n-1}}{X_1} \right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot f}\right)} + R_{n-1}(Nx_{n-1}) - L_{n-1}(Nx_{n-1})}{P \left\{ \frac{\alpha_n}{\alpha_1} - \left(\frac{Nx_{n-1}}{X_n} \right) \left(\alpha_n \cdot f + \frac{\alpha_n}{\alpha_1} \right) \right\}}} \dots (3.31)$$

この X_2, X_3, \dots, X_n を求めるには図式解法または試算による。

3.3.3. 時間当り使用料 $I(x)$

(3.25)~(3.28) 式より次のごとく求められる。

(第1年次)

$$I_1(x) = (1 + \alpha_1 \cdot f) \frac{P}{X_1} \dots (3.32)$$

(第2年次)

$$I_2(x) = \{R_2(X_2) + P - L_1(Nx_1)\} \frac{1}{X_2 - Nx_1} \dots (3.33)$$

(第3年次)

$$I_3(x) = \{R_3(X_3) + P - L_2(Nx_2)\} \frac{1}{X_3 - Nx_2} \dots (3.34)$$

(第n年次)

$$I_n(x) = \{R_n(X_n) + P - L_{n-1}(Nx_{n-1})\} \frac{1}{X_n - Nx_{n-1}} \dots (3.35)$$

3.4. 購入価格を評価替した場合の使用料の算定

3.4.1. 修理費，経済的耐用時間等の基本的関係

建設機械に対する物価が変動し，そのために購入価格を評価替えた場合，使用料もそれに伴って変更されるべきである。

いま，購入価格を P とし，評価ごとの評価指数率（修理費の物価指数率もこれと同じとする）経済的耐用時間，次の評価までの運転時間を表-3.2のように定める。

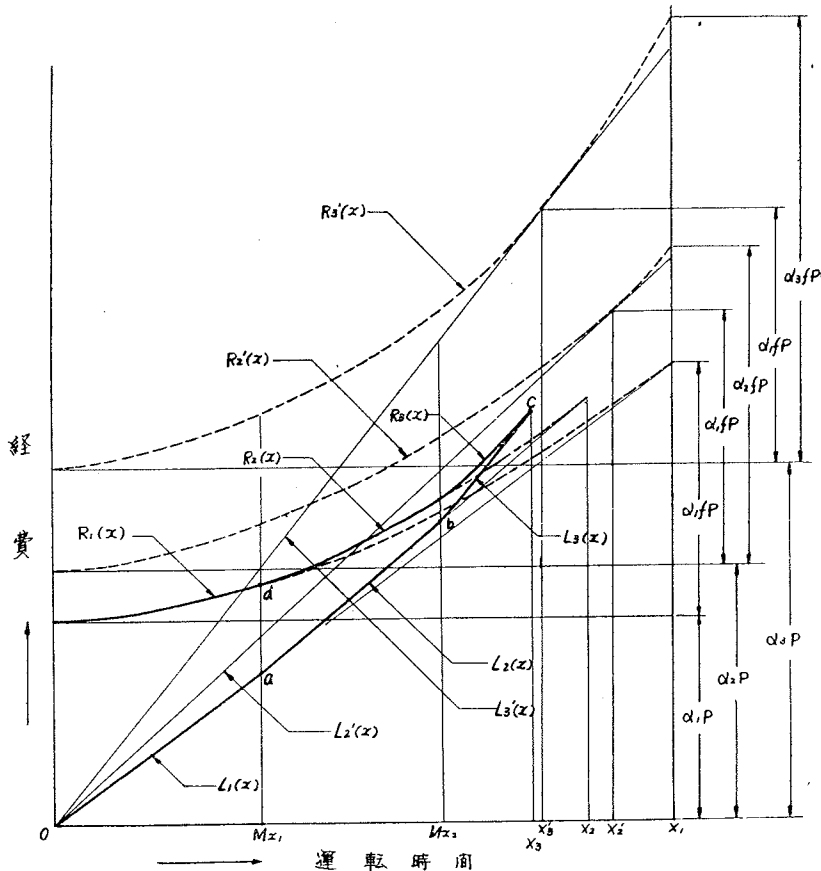
表-3.2

区分	評価指数率	経済的耐用時間	次の評価までの運転時間
購入時	$\alpha_1 (=1)$	X_1	Mx_1
1次評価	α_2	X_2	Mx_2
再評価	α_3	X_3	Mx_3
...
最終評価	α_n	X_n	Mx_n

以上の関係から各評価後の使用料および修理費の関係を図示すると 図-3.7 のような関係となる。図-3.7 は3回の評価替で経済的耐用時間に達する場合で

使用料の累計直線は購入時においては $L_1(x)$ の直線で示され， o 点より a 点に至り，1次評価後においては $L_2(x)$ の直線で示され， a 点から d 点を通る $R_2'(x)$ の曲線に並行な曲線に引いた接線を b 点に至り，再評価後においては同様に $L_3(x)$ の直線で示され， b 点から e 点を通る $R_3'(x)$ の曲線に並行に引いた切線を c 点に至る3つの組合わされた直線で示される。

図-3.7



修理費の累計曲線も同様に d および e の2点で変曲して c で $b-c$ 直線が接する $R_1(x)$ と $R_2'(x)$ ， $R_3'(x)$ にそれぞれ並行な $R_2(x)$ および $R_3(x)$ の3つの組合わされた曲線で示される。

物価指数率 α が異なる場合のそれぞれの修理費累計曲線 $R_1(x)$ ， $R_2'(x)$ ， $R_3'(x)$ …… $R_n'(x)$ の経済的耐用時間を X_1 ， X_2' ， X_3' …… X_n' とし $\alpha_2'f$ ， $\alpha_3'f$ …… $\alpha_n'f$ は X_2' ， X_3' ，…… X_n' における修理費累計の P に対する割合とすると $R_1(x)$ ， $R_2'(x)$ ， $R_3'(x)$ …… $R_n'(x)$ は次式で表わされる。

$$R_1(x) = \alpha_1 \cdot f \cdot P \left(\frac{x}{X_1} \right)^{\alpha_1 \left(1 + \frac{1}{J}\right)} \dots\dots\dots (3.36)$$

$$R_2'(x) = \alpha_2' \cdot f \cdot P \left(\frac{x}{X_2'} \right)^{\alpha_2' \left(1 + \frac{1}{J}\right)} \dots\dots\dots (3.37)$$

$$R_3'(x) = \alpha_3' \cdot f \cdot P \left(\frac{x}{X_3'} \right)^{\alpha_3' \left(1 + \frac{1}{J}\right)} \dots\dots\dots (3.38)$$

$$R_n'(x) = \alpha_n' \cdot f \cdot P \left(\frac{x}{X_n'} \right)^{\alpha_n' \left(1 + \frac{1}{J}\right)} \dots\dots\dots (3.39)$$

次に(3.37)~(3.39)式における $\alpha_2', \alpha_3', \dots, \alpha_n'$ と α_1 との関係および X_2', X_3', \dots, X_n' と X_1 との関係を求める。すなわち図-3.8において物価指数率 α_1 の場合の修理累計曲線を $R_1(x)$ 、 α_2 の場合を $R_2'(x)$ とし、それ

ぞれの経済的耐用時間を X_1, X_2' とする。なお $R_2'(x)$ の X_2' における修理費累計の P に対する割合は $\alpha_2' \cdot f$ であるから(3.36), (3.37)式より $R_1(X_2')$ および $R_2'(X_2')$ を求めると

$$R_1(X_2') = \alpha_1 \cdot f \cdot P \left(\frac{X_2'}{X_1} \right)^{\alpha_1 \left(1 + \frac{1}{J}\right)}$$

$$R_2'(X_2') = \alpha_2' \cdot f \cdot P$$

$R_1(X_2') \cdot \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = R_2'(X_2')$ の関係から

$$\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot f \cdot P \left(\frac{X_2'}{X_1} \right)^{\alpha_1 \left(1 + \frac{1}{J}\right)} = \alpha_1 \cdot \alpha_2' \cdot f \cdot P$$

従つて

$$\left(\frac{X_2'}{X_1} \right)^{\alpha_1 \left(1 + \frac{1}{J}\right)} = \frac{\alpha_2'}{\alpha_1} \dots\dots\dots (3.40)$$

また同様にして $R_1(X_1)$ および $R_2'(X_1)$ を求めると

$$R_1(X_1) = \alpha_1 \cdot f \cdot P$$

$$R_2'(X_1) = \alpha_2' \cdot f \cdot P \cdot \left(\frac{X_1}{X_2'} \right)^{\alpha_2' \left(1 + \frac{1}{J}\right)}$$

$R_1(X_1) \cdot \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = R_2'(X_1)$ の関係から

$$\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot f \cdot P = \alpha_1 \cdot \alpha_2' \cdot f \cdot P \left(\frac{X_1}{X_2'} \right)^{\alpha_2' \left(1 + \frac{1}{J}\right)}$$

従つて

$$\left(\frac{X_2'}{X_1} \right)^{\alpha_2' \left(1 + \frac{1}{J}\right)} = \frac{\alpha_2'}{\alpha_2} \dots\dots\dots (3.41)$$

故に(3.40), (3.41)式より

$$\alpha_2' = \alpha_1 \dots\dots\dots (3.42)$$

$$\left(\frac{X_2'}{X_1} \right)^{\alpha_1 \left(1 + \frac{1}{J}\right)} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \dots\dots\dots (3.43)$$

3.4.2. 使用料累計

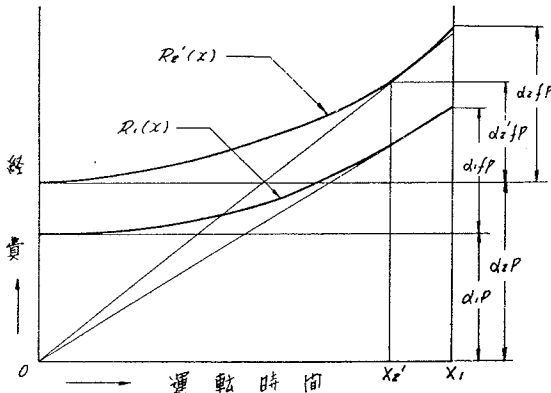
使用料の算定式を求めるには、先に修理費累計の算定式を求める必要がある。修理費累計は図-3.7の関係から

$$R_1(x) = \alpha_1 \cdot f \cdot P \left(\frac{x}{X_1} \right)^{\alpha_1 \left(1 + \frac{1}{J}\right)} \dots\dots\dots (3.36)$$

$$\begin{aligned} R_2(x) &= R_2'(x) - R_2'(Mx_1) + R_1(Mx_1) - (\alpha_2 - \alpha_1) \cdot P \\ &= \alpha_2 \cdot f \cdot P \left\{ \left(\frac{x}{X_1} \right)^{\alpha_1 \left(1 + \frac{1}{J}\right)} - \left(\frac{Mx_1}{X_2} \right)^{\alpha_1 \left(1 + \frac{1}{J}\right)} \right\} + R_1(Mx_1) - (\alpha_2 - \alpha_1) P \dots\dots\dots (3.44) \end{aligned}$$

$$R_3(x) = R_3'(x) - R_3'(Mx_1) + R_2(Mx_2) - (\alpha_3 - \alpha_1) P$$

図-3.8



$$= \alpha_3 \cdot f \cdot P \left\{ \left(\frac{x}{X_1} \right)^{\alpha_1 \left(1 + \frac{1}{f} \right)} - \left(\frac{Mx_2}{X_1} \right)^{\alpha_1 \left(1 + \frac{1}{f} \right)} \right\} + R_2(Mx_2) - (\alpha_3 - \alpha_1)P \dots \dots \dots (3.45)$$

$$\begin{aligned} R_n(x) &= R_n'(x) - R_n'(Mx_{n-1}) + R_{n-1}(Mx_{n-1}) - (\alpha_n - \alpha_1) \cdot P \\ &= \alpha_n \cdot f \cdot P \left\{ \left(\frac{x}{X_1} \right)^{\alpha_1 \left(1 + \frac{1}{f} \right)} - \left(\frac{Mx_{n-1}}{X_1} \right)^{\alpha_1 \left(1 + \frac{1}{f} \right)} \right\} + R_{n-1}(Mx_{n-1}) - (\alpha_n - \alpha_1) \cdot P \end{aligned} \dots \dots \dots (3.46)$$

従つて使用料累計は次に示す算定式により求められる。

〈購入時〉

$$L_1(x) = \alpha_1(1+f) \left(\frac{x}{X_1} \right) P \dots \dots \dots (3.47)$$

〈1次評価後〉

$$\begin{aligned} L_2(x) &= \{R_2(X_2) + (\alpha_2 - \alpha_1)P + \alpha_1 P - L_1(Mx_1)\} \left(\frac{x - Mx_1}{X_2 - Mx_1} \right) + L_1(Mx_1) \\ &= \{R_2(X_2) + \alpha_2 \cdot P - L_1(Mx_1)\} \left(\frac{x - Mx_1}{X_2 - Mx_1} \right) + L_1(Mx_1) \dots \dots \dots (3.48) \end{aligned}$$

〈再評価後〉

$$L_3(x) = \{R_3(X_3) + \alpha_3 \cdot P - L_2(Mx_2)\} \left(\frac{x - Mx_2}{X_3 - Mx_2} \right) + L_2(Mx_2) \dots \dots \dots (3.49)$$

〈最終評価後〉

$$L_n(x) = \{R_n(X_n) + \alpha_n \cdot P - L_{n-1}(Mx_{n-1})\} \left(\frac{x - Mx_{n-1}}{X_n - Mx_{n-1}} \right) + L_{n-1}(Mx_{n-1}) \dots \dots \dots (3.50)$$

ただし X_2, X_3, \dots, X_n の値は X_1 との関係において (3.44)~(3.46) 式を前項と同様に x について微分して求めると次のようになる。

$$X_2 = X_1 \cdot \alpha_1 \left(1 + \frac{1}{f} \right) \sqrt[3]{\frac{\alpha_2 P - \alpha_2 \cdot f \cdot P \left(\frac{Mx_1}{X_1} \right)^{\alpha_1 \left(1 + \frac{1}{f} \right)} + R_1(Mx_1) - L_1(Mx_1)}{f \cdot P \left\{ \alpha_1, \alpha_2 \left(1 + \frac{1}{f} \right) \left(1 - \frac{Mx_1}{X_2} \right) - \alpha_2 \right\}}} \dots \dots \dots (3.51)$$

$$X_3 = X_1 \cdot \alpha_1 \left(1 + \frac{1}{f} \right) \sqrt[3]{\frac{\alpha_3 \cdot P - \alpha_3 \cdot f \cdot P \left(\frac{Mx_2}{X_2} \right)^{\alpha_1 \left(1 + \frac{1}{f} \right)} + R_2(Mx_2) - L_2(Mx_2)}{f \cdot P \left\{ \alpha_1, \alpha_3 \left(1 + \frac{1}{f} \right) \left(1 - \frac{Mx_2}{X_3} \right) - \alpha_3 \right\}}} \dots \dots \dots (3.52)$$

$$X_n = X_1 \cdot \alpha_1 \left(1 + \frac{1}{f} \right) \sqrt[3]{\frac{\alpha_n \cdot P - \alpha_n \cdot f \cdot P \left(\frac{Mx_{n-1}}{X_1} \right)^{\alpha_1 \left(1 + \frac{1}{f} \right)} + R_{n-1}(Mx_{n-1}) - L_{n-1}(Mx_{n-1})}{f \cdot P \left\{ \alpha_1, \alpha_n \left(1 + \frac{1}{f} \right) \left(1 - \frac{Mx_{n-1}}{X_n} \right) - \alpha_n \right\}}} \dots \dots \dots (3.53)$$

この X_2, X_3, \dots, X_n を求めるには図式解法または試算による。

3.4.3. 時間当り使用料

(3.47)~(3.50) 式により次のように求められる。

〈購入時〉

$$I_1(x) = \alpha_1(1+f) \frac{P}{X_1} \dots \dots \dots (3.54)$$

〈1次評価後〉

$$I_2(x) = \{R_2(X_2) + \alpha_2 \cdot P - L_1(Mx_1)\} \frac{1}{X_2 - Mx_1} \dots \dots \dots (3.55)$$

〈再評価後〉

$$I_3(x) = \{R_3(X_3) + \alpha_3 \cdot P - L_2(Mx_2)\} \frac{1}{X_3 - Mx_2} \dots \dots \dots (3.56)$$

(最終評価後)

$$L_n(x) = \{R_n(X_n) + \alpha_n \cdot P - L_{n-1}(Mx_{n-1})\} \frac{1}{X_n - Mx_{n-1}} \dots\dots\dots(3.57)$$

3.5. 中古機械の使用料の算定

運転時間累計 x_1 の機械 (ただし整備が完全にされているもの) を購入価格 $S'(x_1)$ で入手したとすると, x_1 時間使用した機械の残存価格 $S_1(x_1)$ は (3.7) 式より,

$$S(x_1) = P \cdot \left\{ (1+f) \left(\frac{x_1}{X} \right)^{\left(1+\frac{1}{f}\right)} - (1+f) \left(\frac{x_1}{X} \right) \right\} \dots\dots\dots(3.58)$$

(3.58) 式と同じ残存価格率で残存価格 $S'(x)$ となる新品購入価格を P' とすると (図-3.9 参照)

$$S'(x_1) = P' \left\{ (1+f) \left(\frac{x_1}{X} \right)^{\left(1+\frac{1}{f}\right)} - (1+f) \left(\frac{x_1}{X} \right) \right\} \dots\dots\dots(3.59)$$

従つて

$$P' = P \frac{S'(x_1)}{S(x_1)}$$

中古機械としての使用料累計 $L'(x)$ はスクラップ価格を零とすれば

$$L_1'(x) = (P' + f \cdot P) \left(\frac{x}{X} \right) \dots\dots\dots(3.60)$$

すなわち

$$L_1'(x) = \left\{ \frac{S'(x_1)}{S(x_1)} + f \right\} \left(\frac{x}{X} \right) \cdot P \dots\dots\dots(3.61)$$

スクラップ価格 P_s を計算に入れた場合 ($S(X) = P_s$) は

$$L'(x) = \left\{ \frac{S'(x)}{S(x)} + f - \frac{P_s}{P} \right\} \left(\frac{x}{X} \right) \cdot P \dots\dots\dots(3.62)$$

時間当り使用料 $l'(x)$ は

$$l'(x) = \left\{ \frac{S'(x_1)}{S(x_1)} + f \right\} \frac{P}{X} \dots\dots\dots(3.63)$$

スクラップ価格 P_s を計算に入れた場合 ($S(X) = P_s$) は

$$l'(x) = \left\{ \frac{S'(x_1)}{S(x_1)} + f - \frac{P_s}{P} \right\} \frac{P}{X} \dots\dots\dots(3.64)$$

(3.61)~(3.64) 式は(3.9), (3.10), (3.12) および (3.13) 式と比較して, 小カッコ内の $1+f$ の項が $\frac{S'(x_1)}{S(x)} + f$ に変わる。

3.6. 使用料の算定公式 (管理費を含めた場合)

建設機械の使用料は特殊な場合を除いて, 管理費を割掛けられたものが実用とされる。従つて本項においてはすでに示した各種の場合における使用料に管理費を割掛けて算定式を整理する。

管理費については, 購入価格に対する利子, 保険, 格納, 保管, その他機械運営上機械使用料に割掛けられる必要がある経費を対象とする。

年間の管理費は年間の運転時間に割振られるため年間の標準使用料および時間当り使用料を算定するには年間標準運転時間 \overline{Nx} を定めておかねばならない。

いま年間の管理費の購入費に対する率, すなわち年基準管理率を C とすると, 年間標準使用料および時間当り使用料は次のごとく表わされる。

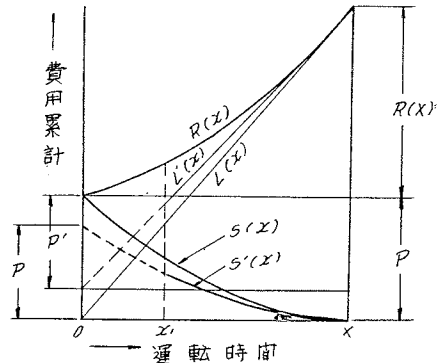
3.6.1. 年間標準使用料算定公式

(1) 基本公式

基本式は, 機械を購入して物価の変動の考慮をする必要がなく, かつ機械は新品であり, かつ標準価格で購入された場合に使用する。

$$L(\overline{Nx}) = \left\{ \left(1+f - \frac{P_s}{P} \right) \cdot \frac{\overline{Nx}}{X} + C \right\} \cdot P \dots\dots\dots(3.65)$$

図-3.9



ただし $\bar{N}x$: 年間標準運転時間
 C : 年基準管理率 (保険, 税金, 利子, 格納費等)

(2) 修理費の物価変動を考えた場合の公式

機械購入時の修理費の物価指数率を α_1 とし, 運転時間が経過して $Nx_1, Nx_2, \dots, Nx_{n-1}$ となつたとき, 修理費の物価指数率が $\alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$ と変化したものとする, 算定公式は次のようになる。

(第1年次) 物価指数率 α_1 における式 ($\bar{N}x_1 = Nx_1$)

$$L_1(\bar{N}x_1) = \left\{ \left(1 + \alpha_1 \cdot f - \frac{P_s}{P} \right) \cdot \frac{\bar{N}x_1}{X_1} + C \right\} \cdot P \dots \dots \dots (3.66)$$

X_1 : 物価指数率 α_1 における経済的耐用時間

(第2年次) 物価指数率 α_2 における式 ($\bar{N}x_2 = Nx_2 - Nx_1$)

$$L_2(\bar{N}x_2) = \{ R_2(X_2) + P - P_s - L_1(\bar{N}x_1) \} \left(\frac{\bar{N}x_2}{X_2 - Nx_1} \right) + C \cdot P \dots \dots \dots (3.67)$$

ただし

$$R_2(X_2) = \alpha_2 \cdot f \cdot P \left\{ \left(\frac{X_2}{X_1} \right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot J} \right)} - \left(\frac{Nx_1}{X_1} \right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot J} \right)} \right\} + \alpha_1 \cdot f \cdot P \left(\frac{Nx_1}{X_1} \right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot J} \right)} \dots \dots \dots (3.68)$$

$$X_2 = X_1 \cdot \sqrt[\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot J} \right)]{ \frac{ P - \alpha_2 \cdot f \cdot P \left(\frac{Nx_1}{X_1} \right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot J} \right)} + R_1(Nx_1) - L_1(Nx_1)}{ P \left\{ \frac{\alpha_2}{\alpha_1} - \frac{Nx_1}{X_2} \left(\alpha_2 \cdot f + \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \right) \right\} } } \dots \dots \dots (3.69)$$

(第n年次) 物価指数率 α_n における式 ($\bar{N}x_n = Nx_n - Nx_{n-1}$)

$$L_n(\bar{N}x_n) = \{ R_n(X_n) + P - P_s - L_{n-1}(\bar{N}x_{n-1}) \} \left(\frac{\bar{N}x_n}{X_n - Nx_{n-1}} \right) + C \cdot P \dots \dots \dots (3.70)$$

ただし

$$R_n(X_n) = \alpha_n \cdot f \cdot P \left\{ \left(\frac{X_n}{X_1} \right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot J} \right)} - \left(\frac{Nx_{n-1}}{X_1} \right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot J} \right)} \right\} + R_{n-1}(Nx_{n-1}) \dots \dots \dots (3.71)$$

$$X_n = X_1 \cdot \sqrt[\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot J} \right)]{ \frac{ P - \alpha_n \cdot f \cdot P \left(\frac{Nx_{n-1}}{X_1} \right)^{\left(1 + \frac{1}{\alpha_1 \cdot J} \right)} + R_{n-1}(Nx_{n-1}) - L_{n-1}(Nx_{n-1})}{ P \left\{ \frac{\alpha_n}{\alpha_1} - \frac{Nx_{n-1}}{X_n} \left(\alpha_n \cdot f + \frac{\alpha_n}{\alpha_1} \right) \right\} } } \dots \dots \dots (3.72)$$

(3) 購入価格を評価替した場合の公式

機械購入時の物価指数率を α_1 とし, 運転時間が経過して $Mx_1, Mx_2, \dots, Mx_{n-1}$ となつたとき, 機械の物価指数率が $\alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$ と変化した, それぞれ評価替をしたものとする, 算定公式は次のようになる。

(購入時) 物価指数率に α_1 における式 ($\bar{N}x_1 = Mx_1$)

$$L_1(\bar{N}x_1) = \left[\left\{ \alpha_1 \cdot (1 + f) - \frac{P_s}{P} \right\} \cdot \frac{\bar{N}x_1}{X_1} + C \right] \cdot P \dots \dots \dots (3.73)$$

X_1 : 購入時物価指数率 α_1 における経済的耐用時間

(1次評価後) 物価指数率 α_2 における式 ($\bar{N}x_2 = Mx_2 - Mx_1$)

$$L_2(\bar{N}x_2) = \{ R_2(X_2) + \alpha_2(P - P_s) - L_1(Mx_1) \} \left(\frac{\bar{N}x_2}{X_2 - Mx_1} \right) + C \cdot P \dots \dots \dots (3.74)$$

ただし

$$R_2(X_2) = \alpha_2 \cdot f \cdot P \left\{ \left(\frac{X_2}{X_1} \right)^{\alpha_1 \cdot \left(1 + \frac{1}{J} \right)} - \left(\frac{Mx_1}{X_2} \right)^{\alpha_1 \cdot \left(1 + \frac{1}{J} \right)} \right\} + \alpha_1 \cdot f \cdot P \cdot \left(\frac{Mx_1}{X_1} \right)^{\alpha_1 \cdot \left(1 + \frac{1}{J} \right)} - (\alpha_2 - \alpha_1)P \dots \dots \dots (3.75)$$

$$X_2 = X_1 \cdot \sqrt[\alpha_1 \left(1 + \frac{1}{J} \right)]{ \frac{ \alpha_2 P - \alpha_2 \cdot f \cdot P \left(\frac{Mx_1}{X_1} \right)^{\alpha_1 \cdot \left(1 + \frac{1}{J} \right)} + R_1(Mx_1) - L_1(Mx_1)}{ f \cdot P \left\{ \alpha_1 \cdot \alpha_2 \left(1 + \frac{1}{f} \right) \left(1 - \frac{Mx_1}{X_2} \right) - \alpha_2 \right\} } } \dots \dots \dots (3.76)$$

(最後評価後) 物価指数率 α_n における式 ($\bar{N}x_n = Mx_n - Mx_{n-1}$)

$$L_n(\bar{N}x_n) = \{ R_n(X_n) + \alpha_n(P - P_s) - L_{n-1}(Mx_{n-1}) \} \left(\frac{\bar{N}x_n}{M_n - X_{n-1}} \right) + C \cdot P \dots \dots \dots (3.77)$$

ただし

$$R_n(X_n) = \alpha_n \cdot f \cdot P \left\{ \left(\frac{X_n}{X_1} \right)^{\alpha_1 \cdot \left(1 + \frac{1}{f}\right)} - \left(\frac{Mx_{n-1}}{X_1} \right)^{\alpha_1 \cdot \left(1 + \frac{1}{f}\right)} \right\} + R_{n-1}(Mx_{n-1}) - (\alpha_n - \alpha_1)P \tag{3.78}$$

$$X_n = X_1 \cdot \sqrt[\alpha_1 \cdot \left(1 + \frac{1}{f}\right)]{\frac{\alpha_n \cdot P - \alpha_n \cdot f \cdot P \left(\frac{Mx_{n-1}}{X_1} \right)^{\alpha_1 \cdot \left(1 + \frac{1}{f}\right)} + R_{n-1}(Mx_{n-1}) - L_{n-1}(Mx_{n-1})}{t \cdot P \left\{ \alpha_1 \cdot \alpha_n \left(1 + \frac{1}{f}\right) \left(1 - \frac{Mx_{n-1}}{X_n}\right) - \alpha_n \right\}}} \tag{3.79}$$

(4) 中古機械の場合の公式

運転時間累計 x_1 の機械 (ただし整備が完全にされているもの) を購入価格 $S'(x_1)$ で入手したとすると、

$$L(\bar{N}x) = \left\{ \left(\frac{S'(x_1)}{S(x_1)} + f - \frac{P_s}{P} \right) \frac{\bar{N}x}{X} + C \right\} P \tag{3.80}$$

ただし

$S(x_1)$: x_1 時間使用した機械の残存価格

3.6.2. 時間当り使用料算定公式

(1) 基本公式

$$l(x) = \left\{ \left(1 + f - \frac{P_s}{P} \right) \cdot \frac{1}{X} + \frac{C}{Nx} \right\} P \tag{3.81}$$

(2) 修理費の物価変動を考えた場合の公式

(第1年次) 物価指数率 α_1 における式 ($\bar{N}x_1 = Nx_1$)

$$l_1(x) = \left\{ \left(1 + \alpha_1 \cdot f - \frac{P_s}{P} \right) \frac{1}{X_1} + \frac{C}{Nx_1} \right\} \cdot P \tag{3.81}$$

(第2年次) 物価指数率 α_2 における式 ($\bar{N}x_2 = Nx_2 - Nx_1$)

$$l_2(x) = \{ R(X_2) + P - P_s - L_1(Nx_1) \} \left(\frac{1}{X_2 - Nx_1} \right) + \frac{C}{Nx_2} \cdot P \tag{3.83}$$

(第n年次) 物価指数率 α_n における式 ($\bar{N}x_n = Nx_n - Nx_{n-1}$)

$$l_n(x) = \{ R_n(X_n) + P - P_s - L_{n-1}(Nx_{n-1}) \} \left(\frac{1}{X_n - Nx_{n-1}} \right) + \frac{C}{Nx_n} \cdot P \tag{3.84}$$

(3) 購入価格を評価替した場合の公式

(購入時) 物価指数 α_1 における式 ($\bar{N}x_1 = Mx_1$)

$$l_1(x) = \left[\left\{ \alpha_1 \left(1 + f \right) - \frac{P_s}{P} \right\} \frac{1}{X_1} + \frac{C}{Nx_1} \right] \cdot P \tag{3.85}$$

(1次評価後) 物価指数に α_2 における式 ($\bar{N}x_2 = Mx_2 - Mx_1$)

$$l_1(x) = \{ R_2(X_2) + \alpha_2(P - P_s) - L_1(Mx_1) \} \frac{1}{X_2 - Mx_1} + \frac{C}{Nx_2} \cdot P \tag{3.86}$$

(最終評価後) 物価指数 α_n における式 ($\bar{N}x_n = Mx_n - Mx_{n-1}$)

$$l_n(x) = \{ R_n(X_n) + \alpha_n(P - P_s) - L_{n-1}(Mx_{n-1}) \} \frac{1}{X_n - Mx_{n-1}} + \frac{C}{Nx_n} \cdot P \tag{3.87}$$

(4) 中古機械の場合の公式

$$l(x) = \left\{ \left(\frac{S'(x_1)}{S(x_1)} + f - \frac{P_s}{P} \right) \frac{1}{X} + \frac{C}{Nx} \right\} \cdot P \tag{3.88}$$

ただし

$S'(x_1)$: 中古機械購入価格

$S(x_1)$: x_1 時間使用した機械の残存価格

第4章 ブルドーザの使用料等の算定に必要な使用実績 および使用料の計算実例

4.1. 概 説

本章においては、第3章に説明した使用料等の算定に必要な基本的数値であるブルドーザの経済的耐用時間 (X)

およびそれまでに要する維持修理費の購入費に対する割合 (f) を、多くの運転実績、修理実績並びに、他の文献等も参考にして求める。その結果、製作される国産ブルドーザは年を経るに従って次第に改良され、新しいものほど維持修理費が少なくなりつつあることが判明された。

なお使用料の算定に影響ある管理費等の実体を調査し、使用料の計算の実例を掲げた。

また修理費の見積りのための修理費率およびこれの定期整備を考慮した場合の補正法について実例をもつて説明する。

4.2. 運転時間の実績

ブルドーザの年間運転時間は機械固有の性能により決まるのではなく、機械の受入れ態勢、すなわち工事の種類あるいは工事規模等により左右される。その顕著な例としては、建設省直轄工事に使用されるもので、民間の機械化専門の建設業者のブルドーザと異なつて、その影響が特に大きい。

もし受入れ態勢の影響により、運転時間がおさえられない大規模土工作业に従事した場合の年間運転時間を調べるため昭和 25 年度より 28 年度の各年度において年間運転時間の大きなものをとると表-4.1のごとくである。

表-4.1によれば年間運転時間はほぼ年々向上をたどり昭和 28 年度においては最高 10 位迄の平均は 2,000 時間近くにあり、10~20 位迄の平均は 1,668 時間であることで知る。しかし同じ昭和 28 年度、建設省直轄工事で稼働した国産ブルドーザ 191 台の年間運転時間の平均は 1,068 時間であった。

従つて国産ブルドーザに対しては、作業量が十分あり建設省程度の運営管理を行つた場合は年間 2,000 時間は運転可能であり、更に作業量の多い突貫作業に充当した機械は 2,000 時間以上も運転可能といえる。

建設省における昭和 25 年度以降の毎年の運転時間の実績について調査した結果は表-4.2 のようである。昭和 28 年度における 1 年間の運転時間を見ると、製作年度の新しいグループのものが、漸増している傾向は明らかである。また製作年度の古いグループについて見ると、D-50 型に関しては、昭和 24 年度 a および b グループ、B B III 型に関しては 24 年度の B B II 型グループのものの累計運転時間が、それより新しいグ

表-4.1 大規模土工作业に従事した場合の年間運転時間の実績

順位	25 年度	26 年度	27 年度	28 年度
1	2,184.0	× 1,945.8	× 3,040.0	2,391.5
2	× 2,177.2	× 1,880.0	× 2,783.1	2,116.1
3	× 1,767.3	× 1,852.3	× 2,238.0	2,087.6
4	× 1,688.0	× 1,810.7	× 2,077.8	2,015.3
5	× 1,692.2	1,737.5	1,628.3	1,911.6
6	× 1,546.8	× 1,710.8	1,866.1	1,901.6
7	1,544.0	1,645.0	× 1,757.3	1,892.0
8	1,543.3	× 1,634.0	× 1,736.9	1,863.6
9	1,462.9	× 1,597.3	1,731.5	1,846.6
10	× 1,422.9	× 1,565.6	1,713.8	1,823.2
10 位迄平均	1,704.9	1,736.6	2,097.3	1,984.9
11	× 1,203.0	1,559.0	× 1,686.0	1,760.0
12	× 1,193.7	× 1,520.3	× 1,679.2	1,737.7
13	1,181.0	1,514.6	× 1,666.9	1,718.6
14	× 1,130.3	1,477.8	× 1,665.3	1,707.7
15	1,110.5	1,464.9	× 1,147.0	1,699.5
16	× 1,063.6	1,435.2	1,645.0	1,658.5
17	1,019.5	1,414.6	1,611.8	1,608.6
18	993.0	1,411.6	1,587.5	1,605.2
19	970.3	1,392.8	1,579.0	1,591.4
20	9,655.8	1,364.8	× 1,577.0	1,590.6
10~20 位迄平均	1,106.4	1,455.5	1,634.5	1,667.8

注 運転時間数の前に×印の記してあるのは、その機械が当該年度購入されたため 6 ヶ月以上の運転月数があるが 12 ヶ月ないため月数の割合で 12 ヶ月にスライドした場合を示す。

表-4.2 グループ別平均運転時間一覧表

型式	年 度	グループ	資料台数	年 度 別 平 均 運 転 時 間				運転時間累計
				25 年 度	26 年 度	27 年 度	28 年 度	
D-50	24	a	17	(456) 684	531	445	361	(2,467) 2,021
	24	b	9	(325) 976	714	652	883	
	24	c	8	985	928	-1,123	768	
	25	a	13	× (8) 547	865	886	917	
	25	b	7	× (3) 221	842	929	989	
	26	a	23		× (5) 501	1,175	1,228	
27	a	3			× (6) 886	1,482	2,904	
B B III	24	B B II a	5	803	608	795	728	2,934
	25	a	13	× (6) 467	955	934	1,043	3,399
	25	b	7		1,134	1,008	864	3,006
	26	a	19		× (8) 515	1,095	870	2,480
	27	a	3			× (8) 1,036	1,245	2,281
B B IV	27	a	6			× (7) 627	1,143	1,770
	27	b	3			× (3) 543	1,291	1,834
D-80	25	a	5		× (3) 798	754	874	2,426
	26	a	6		× (3) 236	1,080	1,051	2,367
	26	b	2			1,323	1,267	2,590
	27	a	10			× (8) 924	1,149	2,073
B F	25	a	5		× (5) 1,078	1,054	858	2,980
	26	a	5			1,102	1,024	2,739
	27	a	10			× (5) 604	1,419	2,023

(註) 1. 年度別平均運転時間に×印のあるのは、年度の途中から運転を始めた場合の運転時間を示し、その右の括弧内の数字は当該年中の平均運転月数を示す。
 2. D-50 の 24-a 及び 24-b グループの 25 年度の項の括弧内の数値は 24 年度中の運転時間の推定値を示す。運転時間累計括弧内の数値は 24 年度よりの運転時間の累計を示す。

グループより下廻っていることが明らかである。この古いグループは性能上から稼働率のきわめて悪いグループに属し、更新の対象となるグループであることがわかる。

4.3. 定期整備の実績

定期整備に要する費用は製作されてからの運転時間の累計時間と、先の定期整備からの運転時間の長短により影響される。累計の運転時間が増加すれば、運転時間当りの定期整備費の額は増加する。定期整備と定期整備の間隔を増せば、定期整備の際に交換せねばならぬ部品の数が多くなり費用も増大する。機械が改良されて部品の品質が向上されれば、定期整備費の額は減少する。表-4.3 は建設省の昭和28年度実績におけるグループ別の定期整備費と運転時間との関係の一覧表である。

この表から判明することは、運転1時間当り平均定期整備費は、製作年月の新しいグループの方が安くなっている。この原因は新しいグループほど機械が改良され品質が向上したためと、運転時間の累計が新しいグループほど少ないためである。

表-4.4 は電源開発KKにおける新品輸入になるキャタピラD-8の修理費実績であり、その中の定期整備についての部品費分解組立費、管理費の内訳を表-4.5に示す。ただし表-4.4で見えるようにリンク(links)およびシュー(shoes)を別欄にしているのは、電源開発工事に使用するブルドーザはほとんどが岩盤上で使用しているので、これらの足廻り部品の損耗が特にはなはだしく、標準土工の場合の3倍程度の実績を示しており、これの整備時期がエンジン等の全分解整備と同じ時期に実施し得ず、従ってシュー、リンクおよび現場小修理についてはその費用標準土工の場合に換算して、小修理費を加えたものを計上した。それは後述するfの値を求める必要があるからである。

表-4.5により部品費が約65%、分解組立費が約22%で、部品費と分解組立費の割合が3と1の割合になつている。2U-23412号の分解組立費の多いのは特に破損修理のため溶接に多くの工数をとられたためであった。

表-4.3 グループ別平均整備費一覧表

型式	年度	グループ	資料台数	定期整備までの平均運転時間	平均定期整備費	運転1時間当り平均定期整備費
D-50	24	a	7	879	840,539	956
	24	b	2	787	836,041	1,063
	24	c	6	1,800	1,075,634	597
	25	a	9	1,179	879,445	746
	25	b	2	1,630	1,238,110	760
	26	a	14	1,668	852,000	511
	27	a	3	1,722	899,176	522
BB III	24	BB II a	2	1,070	1,206,300	1,127
	25	a	11	1,493	1,700,624	1,139
	25	b	7	1,771	1,509,477	1,134
	26	a	13	1,272	1,036,107	815
	27	a	2	898	628,679	700
BB IV	27	a	4	1,122	1,015,292	927
	27	b	0	—	—	—
D-80	25	a	3	1,430	1,597,000	1,113
	26	a	5	1,657	1,372,402	832
	26	b	2	2,040	2,207,514	1,082
	27	a	10	1,649	1,011,182	613
BF	25	a	3	926	1,339,300	1,446
	26	a	7	1,144	1,083,000	947
	27	a	3	1,682	846,596	503

表-4.4 キャタピラ D-8 修理費実績

車体番号	定期整備までの運転時間	修理費			時間当り修理費
		定期整備費(シュー、リンクを除く)	シュー、リンク及び現場小修理	合計	
2U-23412	2,500	1,760,947	705,541	2,466,488	985
2U-22222	3,600	2,378,851	870,796	3,249,647	905
2U-21465 sp	4,460	2,697,474	1,336,134	4,033,608	870
2U-18390	5,000	3,768,018	1,433,456	5,201,474	1,040
2U-13026	6,550	3,305,486	2,314,634	5,620,120	860
2U-16404 sp	6,870	3,655,273	2,378,232	6,033,510	880

表-4.5 キャタピラ D-8 定期整備実績内訳

車体番号	運転時間	部品費(交換及び修理)	分解組立費(消耗品を含む)	管理費(輸送費を含む)	構成百分率		
					部品費	分解組立費	管理費
2U-23412	2,500	749,207	806,199	205,541	43%	46%	11%
2U-22222	3,600	1,538,804	569,151	270,796	65	24	11
2U-21465 sp	3,460	1,616,832	744,508	336,134	60	28	12
2U-18390	5,000	2,590,914	743,648	433,456	69	20	11
2U-13026	6,550	2,200,559	672,610	432,317	66	21	13
2U-16404 sp	6,870	2,552,834	638,328	464,116	70	18	12

4.4. Xおよびfの値

4.4.1. A.G.C.A. の資料

経済的耐用時間 X および X までの修理費の累計の購入費に対する割合 f に関する資料として最も信頼すべきものとして、A.G.C.A. (Associated General Contractors of America I.N.C.) の発表している Construction Equipment Ownership Expense があり、米国で一般に使用されている建設機械の使用料算定に関する具体的な標準値を示したものである。その最近の 1949 年版にはブルドーザについて表-4.6 のように示されている。

表-4.6 A.G.C.A. の Const. Equipment Expense より

機 種	型 式 (HP)	年償却率 (%) D	年整備率 (%) OR	利益、税金等に該当する年基準使用率 (%) IT	所有者経費率 (%) Tot	年平均使用月数 U	月当り経費率 (%) E/mo
ブルドーザ (ディーゼル)	~ 42	33	20	11	64	8	8.0
	42 ~ 66	25	20	11	56	8	7.0
	66 ~ 89	25	15	11	51	8	6.4
	89 ~163	20	15	11	45	8	5.8

表-4.6 から知れることは、A.G.C.A.

の資料においては経済的耐用時間 X 一杯に機械を使い切ることなく、幾分の残存価値が残っている使用時間 X̄ で機械を償却することを条件としている。この時間 X̄ を効用持続時間といい次式の関係にある。

$$\bar{X} = \frac{30 \times U \times f}{D} \times 100 \dots \dots \dots (4.1)$$

ただし f は 1 日平均運転時間で中岡二郎氏の考察によれば 5 時間 (月稼働日数を 25 日とすれば 6 時間 20 日とすれば 7.5 時間となる) とみなされている。

また効用持続時間 X̄ までの定期整備費累計の購入費に対する比率 βX̄ は

$$\beta \bar{X} = \frac{OR}{D} \dots \dots \dots (4.2)$$

表-4.7 A.G.C.A. より求めた X̄, βX̄ の値

機 種	型 式 (HP)	X̄ (hr)	βX̄
ブルドーザ (ディーゼル)	~42	3,600	6.60
	42~66	5,000	0.80
	66~89	5,000	0.60
	89~	6,000	0.75

以上の結果より、効用持続時間 X̄ を (4.1) 式により求め同時間までの定期整備費累計の購入費に対する比率 βX̄ を (4.2) 式により求めるとその結果は表-4.7 のようになる。

次に経済的耐用時間 X は Ackerman の Construction Planning and plant (1940) によると、10,000 時間とされており、また中岡二郎氏の A.G.C.A. 資料と Ackerman 資料との関連性から求めた数値によれば (建設の機械化昭和 27 年 4 月号 41 ページ参照) 表-4.8 のようになっているのでブルドーザの経済的耐用時間を 10,000 時間と想定するのがよい。

表-4.8 中岡氏の求めた X̄ の値

機 種	型 式 HP	経済的耐用時間 X̄
ブルドーザ	20 ~ 30	10,000
(ディーゼル)	52 ~ 62	11,800

次に f の値を知るには、X=10,000 時間として表-4.7 の A.G.C.A. より求めた各型式の X̄, βX̄ に相当する f および δX̄ (X̄ 時間における残存価格率) の値を計算すると表-4.9 のように f が求められる。

表-4.9 X=10,000 時間とした場合の f および δX̄ の値

型 式	A.G.C.A. より求めた値		X=10,000 hr とした場合	
	X̄	βX̄	f (そのときの βX̄ の値)	δX̄
~ 42	3,600	0.60	2.5 (βX̄=0.590)	0.338
42 ~ 66	5,000	0.80	2.2 (βX̄=0.802)	0.202
66 ~ 89	5,000	0.60	1.8 (βX̄=0.612)	0.212
89 ~	6,000	0.75	1.7 (βX̄=0.755)	0.135

4.4.2. 国産ブルドーザについての値

わが国で使用している、主として国産ブルドーザについての X および f の値に求めるために表-4.2 および表-4.3 を示す建設省における昭和28年度までの

グループ別平均運転時間一覧表および昭和 28 年度のグループ別平均整備費一覧表により実験的に算定することができる。しかし f の値を算定するには X の値を仮定しなければならない。

X の値は前項に示したと同様 10,000 時間と仮定すればよい。X の値が増減すると f の値は増減するが、時間当り使用料 l(x) の値には影響することが比較的少ないので、X の 1 割 ~ 2 割の増減は使用料に大きく影響されない。

以上のように X の値を定め、各型式およびグループ別に表-4.2 および表-4.3 より求められる運転時間 x と時間当り修理費 r(x) のそれぞれの実績値を (3.6) 式に入れ、各型式およびグループ別の f の値を求める。

このとき、(3.6) 式にいう時間当り修理費 r(x) は表-4.3 に示す運転時間当り定期整備費に運転時間当り現場小修理費を加えたもので、本計算においては機械の現場管理の良い場合として時間当り現場小修理費を定期整備費の 1 割として計算する。

註 現場小修理費は機械管理方式によっても異なるが建設省の実績によれば定期整備費の1~2割の範囲にある。ブルドーザの性能が向上し、日常整備を十分行えば現場小修理費が漸減する傾向にある。

このとき購入価格は定期整備実績を求めたと同年度の昭和28年度の標準購入価格である 表-4.10 の価格を使用する。昭和29年度30年度もほとんど変化ないので28年度価格を使用してもよい。

この(3.6)式による f の計算に当つては図式解法により、時間当り修理費、運転時間と f の関係を図表に書いてこれに実績値を記入すると 図-4.1~図-4.3 に示す結果が得られる。

以上の結果に基づいて、使用料計算に使用する f の値は表-4.11を用いるのが適当である。

表-4.10 国産ブルドーザ昭和28年度標準価格

型 式	製 造 会 社 名	規 格	価 格
D-50	小 松 製 作	9 t 55 HP	3,600,000
BBⅢ(BBⅣ)	三 菱 日 本	10 t 65 HP(80HP)	4,250,000
D-80	小 松 製 作	15 t 100 HP	6,450,000
BF	三 菱 日 本	15 t 100 HP	6,450,000

図-4.1

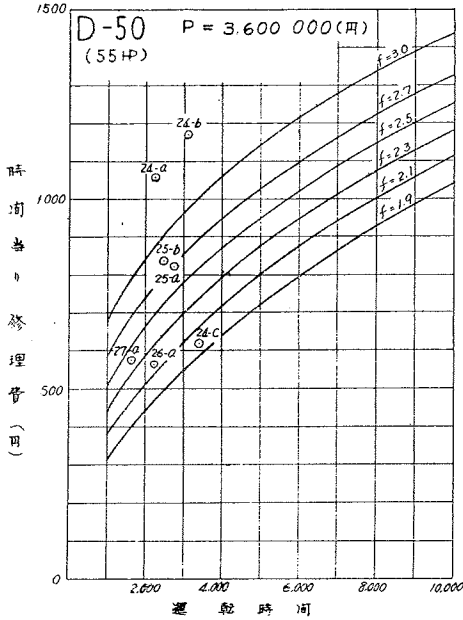


図-4.2

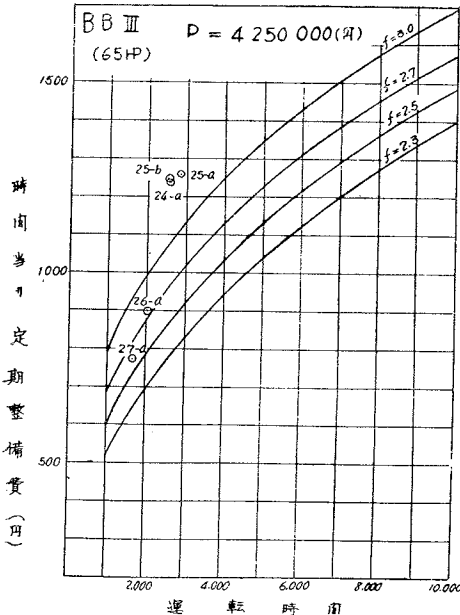


図-4.3

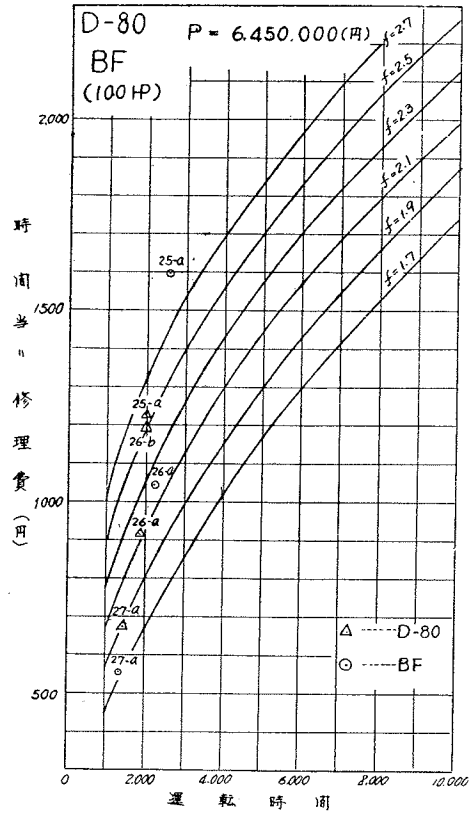


表-4.11 使用料に用いる f の値

型 式	25年度製	26年度製	27年度製	28年度以降推定
小 松 D-50	2.7	2.4	2.4	2.2
国 三菱BBⅢ, BBⅣ	—	2.7	2.6	2.2
小 松 D-80	2.7	2.2	1.9	1.7
三 菱 BF	2.7	2.2	1.9	1.7
小 松 D-120	—	—	—	1.7
日 特 NTK-4	—	—	—	2.2
日 特 NTK-7	—	—	—	1.8

ただし f の値はブルドーザの作業条件、特に取り扱う土質および路盤の状態および機械の管理の良否により異なる値を用いなければならない。この補正についての詳細な数値は得られていないが、走行部の損耗等より判断すると次のごとく f の値を補正するのがよいと考える。

- 軽い土工作业.....0.5~1.0 割減
- 水中, 砂利地, 軟弱地での作業.....0.5~1.0 割増
- 岩盤での作業.....1.5~2.0 割増

4.4.3. キャタピラ D-8 についての値

輸入になるキャタピラ D-8 をわが国で使用した場合の f の値を, 前項と同様 $X=10,000$ 時間として, (3.5) 式を用い, 表-4.4 の実績から求めると 図-4.4 のようになる。

ただし, 修理費の累計は後述 4.7.1. の (2) で説明するとおり階段状に増加していくものであり, これに基く補正を考慮して f の値は購入価格を国内免税価格 10,700,000 円とした場合は 1.3 が適当とみなされる。

(注) D-8 (2U型) の価格は昭和 28~29 年においてはおよそ f.o.b. 価格で 9,250,000 円 c.i.f. (横浜) で 10,000,000 円, 国内免税価格で 10,700,000 円 国内税込み価格で 12,200,000 円である。

従つてキャタピラ D-8 およびこれに類似するブルドーザの f の値は表-4.12 に示すものを標準とする。

表-4.12 で示すとおり 国内価格でも輸入税の有無により異なる。

岩盤での作業は足廻との損耗がはなはだしく, 標準土工の場合に比較して, 修理金額で約 40 %, f の値では約 2 割増加することが実績より判明した。

いま表-4.5 に示したように部品費と分解組立費の割合が 3 と 1 の割合であるとする $f=1.3$ (国内免税価格の場合) の内訳は次のとおり。

$1.3 = 0.87$ (部品費) + 0.28 (分解組立費) + 0.15 (管理費) これがアメリカ本国内で実施されたものとして換算すれば部品費は約 3 割安くなるが, 労力費は間接費を含めて 3 倍とすれば

$$0.87(1-0.3) + 0.28 \times 3 + 0.15 = 1.599$$

すなわち表-4.9 に示した A.G.C.A. の資料より求めた f の値 ($f=1.7$) に近い値をとることができる。

4.5. 管理費その他

4.5.1. 管理費

使用料に割掛けられる管理費は, 運営形態の差異により, その必要な割合が変化する。年基準管理率 C の値としては, 購入費に対する金利 10 %, 管理のための運営費その他として購入費の 5 %, 計 15 % が民間会社では最小限必要であると考えられる。

米国では A.G.C.A. の資料に金利 5 %, 管理のための運営費その他として 6 %, 計 11 % が平均を示している。

1 例として, 保有する機械台数も多く, 地域的モータープールにより 修理施設も完備している建設省における昭和 28 年度における管理費の実績は表-4.13 のとおり最高 5.5 %, 最低 1.8 %, 平均 3.3 % であった。

表-4.13 昭和 28 年度建設省各地建における年基準管理率 (単位千円)

	東北地建	関東地建	中部地建	近畿地建	中四地建	九州地建	計 (平均)
保有機械購入価格	1,150,000	1,404,000	1,566,000	817,000	785,000	950,000	6,672,000
管理費 (1ヶ年分)	28,158	51,115	27,599	38,334	43,046	30,903	219,155
年基準管理率 (%)	2.5	3.7	1.8	4.7	5.5	3.3	3.3

使用料において管理費の額は大きな要素を占める。すなわち (3.81) 式においてわかるように, 管理費の増大にかかわらず使用料を一定に保つためには, 管理費の増大した割合いだけ年間の運転時間を増大させねばならない。

図-4.4

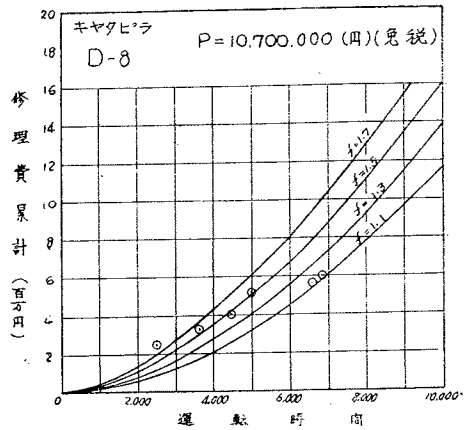


表-4.12 キャタピラ D-8 の f の値

購入価格の区分	価格の变化	f の 値	
		標準土工	岩盤での作業
f.o.b. 価格	1	(1.5)	(1.7)
c.i.f. (横浜) 価格	$1 + 0.08 = 1.08$	(1.4)	(1.6)
国内免税	$1.08 \times (1 + 0.07) = 1.16$	1.3	1.5
国内免税価格 輸入税込み	$1.08 \times (1 + 0.07 + 0.15) = 1.32$	1.2	1.4

(注) 括弧は実際には計算に使用されない場合の f の値である。

管理費が前文で説明したように購入費の15%を要する場合は時間当り使用料のうち管理費の占める割合は約1/3であり、使用料を低額にするためには管理費を切り詰めるか、年間の運転時間の増大を計らねばならない。すなわち管理費が2倍に増大して同じ使用料で同じ採用を得るためには、年間運転時間を2倍になるように機械を稼働させなければならぬ。

4.5.2. スクラップ価格 P_s

スクラップは材質の種類、およびそのときの市価により異なるが、趣当りの価格を平均10,000円とすると各種ブルドーザについては表-4.14 のようになる。

従つて計算には P_s/P の値を大略平均して0.02を用うると、所有者として安全側である。

4.5.3. 物価の変動経過

使用料の計算に当り、修理費の物価変動を考慮しなければならぬ場合と、購入価格を評価替えして使用料を計算しなければならぬ場合がある。

修理費の物価変動については、部品の価格変化と修理工の労賃のベースの変化の総合した物価指数を用いなければならぬが、これを求めることは困難であるときは、便宜上標準購入価格の変動による指数を用いることも致しかたない。

国産ブルドーザ5型式について、昭和24年度より昭和28年度までの標準購入価格を参考までに示せば表-4.15 のとおり。

表-4.14 P_s/P の値

型 式	総重量 (t)	購入価格 P (千円)	P_s/P
キャタピラー D-8	19	11,000	0.017
” D-7	15	9,500	0.016
小 松 D-50	9	3,600	0.025
三 菱 BBⅢ, BBⅣ	10	4,250	0.024
小松 D-80, 三 菱 BF	16	6,450	0.025
日 特 NTK-4	6.2	4,500	0.014
” NTK-7	13.5	5,250	0.026
小 松 D-120	20.5	9,000	0.023

表-4.15 標準購入価格 (単位千円)

年 度	小松D-50	三菱BBⅢ	三菱BBⅣ	小松D-80	三菱BF
昭 24	2,470	2,700	—	—	—
” 25	2,600	2,900	—	5,000	5,000
” 26	3,400	4,150	—	6,200	6,400
” 27	3,400	4,200	4,200	6,400	6,400
” 28	3,600	—	4,250	6,450	6,450

4.6. 使用料の計算

第3章において説明した使用料の算定理論により、基本的な計算の範例並びにその結果から得られた使用料の特性について説明を補足する。実際の使用料の決定に当ってはそれぞれの条件に適合した係数を選んで行くべきであるが、その標準的な条件における計算例を示す。

4.6.1. 基本式による場合

年間標準使用料 $L(\bar{N}x)$

$$L(\bar{N}x) = \left\{ \left(1 + f - \frac{P_s}{P} \right) \cdot \frac{\bar{N}x}{X} + C \right\} \cdot P \dots\dots\dots (3.65)$$

時間当り使用料 $I(x)$

$$I(x) = \left\{ \left(1 + f - \frac{P_s}{P} \right) \cdot \frac{1}{X} + \frac{C}{\bar{N}x} \right\} \cdot P \dots\dots\dots (3.81)$$

上記2式により $P_s/P=0.02$, $C=0.15$ の場合の昭和28年度の購入ブルドーザについて計算した結果は、表-4.16 のとおりであり、スクラップ価格 P_s を零とした場合は表-4.17 のとおりである。購入価格 P は表-4.10 および4.4.3. に示す価格を用う。

表-4.16 ブルドーザ使用料の算定値 ($S(x)=P_s$, $C=0.15$ の場合)

型 式	f	年間標準使用料 (千円)			時間当り使用料 (円)		
		$Nx=1,000h$	$=1,500h$	$=2,000h$	$=1,000h$	$=1,500h$	$=2,000h$
小 松 D-50	2.2	1,685	2,252	2,829	1,685	1,505	1,415
三 菱 BBⅢ, BBⅣ	2.2	1,989	2,665	3,341	1,989	1,777	1,670
小松 D-80 三 菱 BF	1.7	2,696	3,561	4,425	2,696	2,374	2,212
日 特 NTK-4	2.2	2,106	2,822	3,537	2,106	1,881	1,769
” NTK-7	1.8	2,247	2,977	3,707	2,247	1,985	1,853
小 松 D-120	1.7	3,762	4,968	6,174	3,762	3,312	3,087
キャタピラー D-8	1.3	4,045	5,157	6,270	4,045	3,438	3,135
” D-7	1.3	3,402	4,248	5,274	3,402	2,832	2,637

(注) キャタピラー D-8 および D-7 は国内免税価格 10,700,000円 および 9,000,000円 として計算した。

表-4.17 ブルドーザ使用料の算定値 ($S(\infty)=0$ $C=0.15$ の場合)

型 式	f	年間標準使用料 (千円)			時間当り使用料 (円)		
		$\bar{N}x=1,000 h$	$=1,500 h$	$=2,000 h$	$=1,000 h$	$=1,500 h$	$=2,000 h$
小 松 D-50	2.2	1,692	2,268	2,844	1,692	1,512	1,422
三 菱 BBⅢ, BBⅣ	2.2	1,998	2,678	3,358	1,998	1,785	1,679
小松 D-80, 三菱 BF	1.7	2,709	3,580	4,451	2,709	2,387	2,225
日 特 NTK-4	2.2	2,115	2,835	3,555	2,115	1,890	1,778
” NTK-7	1.8	2,258	2,993	3,728	2,258	1,995	1,864
小 松 D-120	1.7	3,780	4,995	6,210	3,780	3,330	3,105
キャタピラー D-8	1.3	4,066	5,189	6,313	4,066	3,460	3,157
” D-7	1.3	3,420	4,280	5,317	3,420	2,855	2,658

4.6.2. 修理費の物価変動を考えた場合

計算例として

型 式……………小松 D-50 購入年度……………昭和 24 年度
 購入価格……………247万円 (表-4.17 参照)
 X_1 ……………10,000 時間 f ……………3.0
 α および Nx ……………表-4.18 に示すとおりとする。

表-4.18 α および Nx の 値

	昭 24 年 度	昭 25 年 度	昭 26 年 度	昭 27 年 度	昭 28 年 度
修理費物指数率 (α)	$\alpha_1=1.00$	$\alpha_2=1.405$	$\alpha_3=1.37$	$\alpha_4=1.37$	$\alpha_5=1.46$
年度末までの運転時間累計	$Nx_1=1,000$	$Nx_2=2,000$	$Nx_3=3,000$	$Nx_4=4,000$	$Nx_5=5,000$

以上の場合の各年度における使用料を計算する。ただし管理費およびスクラップ価格は計算に入れない場合について行う。

まず (3.14) 式および (3.22)~(3.24) 式により $R_1(Nx_1), R_2(Nx_2), \dots, R_5(Nx_5)$ を求める。

$$R_1(Nx_1) = 1.00 \times 3.0 \times 2,470,000 \times \left(\frac{1,000}{10,000}\right)^{\left(1+\frac{1}{3.0}\right)}$$

$$= 343,943 \text{ (円)}$$

$$R_2(Nx_2) = 1.05 \times 3.0 \times 2,470,000 \times \left\{ \left(\frac{2,000}{10,000}\right)^{\left(1+\frac{1}{3.0}\right)} - 0.046416 \right\} + 343,943$$

$$= 892,857 \text{ (円)}$$

$\alpha_3 = \alpha_4$ であるから $R_3(Nx_3)$ を省略して

$$R_4(Nx_4) = 1.37 \times 3.0 \times 2,470,000 \times \left\{ \left(\frac{4,000}{10,000}\right)^{\left(1+\frac{1}{3.0}\right)} - 0.116966 \right\} + 892,857$$

$$= 2,697,383 \text{ (円)}$$

$$R_5(Nx_5) = 1.46 \times 3.0 \times 2,470,000 \times \left\{ \left(\frac{5,000}{10,000}\right)^{\left(1+\frac{1}{3.0}\right)} - 0.294722 \right\} + 2,697,383$$

$$= 3,802,287 \text{ (円)}$$

次に (3.25) 式より $L_1(Nx_1)$ を求め、(3.29) 式に $L_1(Nx_1)$ および $R_1(Nx_1)$ の値を入れて X_2 を求め (3.22) 式により $R_2(X_2)$ を求める。以下同様にして X_4, X_5 を求める。

(3.25) 式により

$$L_1(Nx_1) = (1+3.0) \times 0.1 \times 2,470,000$$

$$= 988,000 \text{ (円)}$$

(3.29) 式により

$$X_2 = 10,000 \times \sqrt[3]{\frac{2,470,000 - 1.05 \times 3.0 \times 2,470,000 \times 0.046416 + 343,943 - 988,000}{2,470,000 \left\{ 1.05 - \frac{1,000}{X_2} (1.05 \times 3 + 1.05) \right\}}}$$

$$= 9,710 \text{ (hr)}$$

(3.22) 式より

$$R_2(X_2) = 7,780,500 \times (0.961521 - 0.046416) + 343,940 \\ = 7,463,214 \text{ (円)}$$

次に (3.26) 式より

$$L_2(Nx_2) = (7,463,214 + 2,470,000 - 988,000) \left(\frac{2,000 - 1,000}{9,710 - 1,000} \right) + 988,000 \\ = 2,015,004 \text{ (円)}$$

(3.31) 式より

$$X_4 = 10,000 \times \frac{\left(1 + \frac{1}{3.0}\right) \sqrt{2,470,000 - 1.37 \times 3.0 \times 2,470,000 \times 0.116966 + 892,857 - 2,015,004}}{2,470,000 \times \left\{1.37 - \frac{2,000}{X_4} (1.37 \times 3 + 1.37)\right\}} \\ = 8,505 \text{ (hr)}$$

(3.24) 式より

$$R_4(X_4) = 10,151,700 \times (0.80581 - 0.116966) + 892,857 \\ = 7,885,955 \text{ (円)}$$

次に (3.28) 式により

$$L_4(Nx_4) = (7,885,995 + 2,470,000 - 2,015,004) \left(\frac{4,000 - 2,000}{8,505 - 2,000} \right) + 2,015,004 \\ = 4,579,490 \text{ (円)}$$

(3.31) 式より

$$X_5 = 10,000 \times \frac{\left(1 + \frac{1}{3.0}\right) \sqrt{2,470,000 - 1.46 \times 3.0 \times 2,470,000 \times 0.294722 + 2,697,383 - 4,579,490}}{2,470,000 \times \left\{1.46 - \frac{4,000}{X_5} (1.46 \times 3 + 1.46)\right\}} \\ = 8,345 \text{ (hr)}$$

(3.24) 式より

$$R_5(X_5) = 10,818,600 \times (0.785661 - 0.294722) + 2,697,383 \\ = 8,008,656 \text{ (円)}$$

時間当り使用料は (3.32)~(3.35) 式により

$$I_1(x) = (1 + 3.0) \times \frac{2,470,000}{10,000} \\ = 988 \text{ (円/hr)}$$

$$I_2(x) = 7,463,214 + 2,470,000 - 988,000 \frac{1}{9,710 - 1,000} \\ = 1,027 \text{ (円/hr)}$$

$$I_3(x) = I_4(x) = (7,835,995 + 2,470,000 - 2,015,004) \frac{1}{8,505 - 2,000} \\ = 1.275 \text{ (円/hr)}$$

$$I_5(x) = (8,008,656 + 2,470,000 - 4,579,490) \frac{1}{8,345 - 4,000} \\ = 1,358 \text{ (円/hr)}$$

管理費 ($C=0.15$) を要する場合は, (3.66), (3.67) および (3.70) 式により 370 円 50 銭高となり, スクラップ価格を計算に入れた場合は, 約 49 円 50 銭安くなる。

4.6.3. 購入価格を評価替えした場合

計算例として

型	式	小松 D-50	購入年度	昭和 24 年度
購入価格		247 万円 (表-4.15 参照)		
X_1		10,000 時間	f	3.0
α および Mx		表-4.19 に示すとおりとする。		

表-4.19 α および Mx の値

	購入年度	1次評価後	再評価後	再々評価後
物価指数率 (α)	$\alpha_1 = 1.00$	$\alpha_2 = 1.05$	$\alpha_3 = 1.37$	$\alpha_4 = 1.46$
年度末までの運転時間累計	$Mx_1 = 1,000$	$Mx_2 = 2,000$	$Mx_3 = 4,000$	$Mx_4 = 5,000$

以上の場合、計算例としては物価指数が変化した年度始めごとに評価替した場合と、別に最終の評価替のみ1回実施した場合について行う。

(1) 物価指数の変化に伴って評価替した場合

まず(3.36)式および(3.44)~(3.46)式により $R_1(Mx_1), R_2(Mx_2), \dots, R_4(Mx_4)$ を求める。その計算は前項において計算した $R_1(Nx_1), R_2(Nx_2), R_3(Nx_3)$ および $R_4(Nx_4)$ と同じであるから

$$\begin{aligned} R_1(Mx_1) &= 343,934 \text{ (円)} & R_2(Mx_2) &= 892,857 \text{ (円)} \\ R_3(Mx_3) &= 2,697,383 \text{ (円)} & R_4(Mx_4) &= 3,802,287 \text{ (円)} \end{aligned}$$

次に(3.47)式より $L_1(Mx_1)$ を求め、(3.51)式に $L_1(Mx_1)$ 及び $R_1(Mx_1)$ の値を入れて X_2 を求め、(3.44)式により $R_2(X_2)$ を求める。以下同様にして X_3, X_4 を求める。

(3.47)式より

$$\begin{aligned} L_1(Mx_1) &= (1+3.0) \times 0.1 \times 2,470,000 \\ &= 988,000 \text{ (円)} \end{aligned}$$

(3.51)式より

$$\begin{aligned} X_2 &= 10,000 \times \frac{(1+\frac{1}{3.0})}{\sqrt{\frac{1.05 \times 2,470,000 - 1.05 \times 3.0 \times 2,470,000 \times 0.046416 + 343,943 - 988,000}{\{1.05 \times (1 + \frac{1}{3.0}) (1 - \frac{1,000}{X_2}) - 1.05\} \times 3.0 \times 2,470,000}}} \\ &= 10,100 \text{ (hr)} \end{aligned}$$

(3.44)式より

$$\begin{aligned} R_2(X_2) &= 1.05 \times 3.0 \times 2,470,000 \left\{ \left(\frac{10,100}{10,000} \right)^{(1+\frac{1}{3.0})} - 0.046416 \right\} + 343,943 - (1.05 - 1.00) \times 2,470,000 \\ &= 7,743,696 \text{ (円)} \end{aligned}$$

(3.48)式より

$$\begin{aligned} L_2(Mx_2) &= (7,743,696 + 1.05 \times 2,470,000 - 988,000) \left(\frac{2,000 - 1,000}{10,100 - 1,000} \right) + 988,000 \\ &= 2,015,384 \text{ (円)} \end{aligned}$$

(3.52)式より

$$\begin{aligned} X_3 &= 10,000 \times \frac{(1+\frac{1}{3.0})}{\sqrt{\frac{1.37 \times 2,470,000 - 1.37 \times 3.0 \times 2,470,000 \times 0.116966 + 892,857 - 2,015,384}{\{1.37 \times (1 + \frac{1}{3.0}) (1 - \frac{2,000}{X_3}) - 1.37\} \times 3.0 \times 2,470,000}}} \\ &= 11,060 \text{ (hr)} \end{aligned}$$

(3.45)式より

$$\begin{aligned} R_3(X_3) &= 1.37 \times 3.0 \times 2,470,000 \left\{ \left(\frac{11,060}{10,000} \right)^{(1+\frac{1}{3.0})} - 0.116966 \right\} + 892,857 - (1.37 - 1.00) \times 2,470,000 \\ &= 10,402,763 \text{ (円)} \end{aligned}$$

(3.49)式より

$$\begin{aligned} L_3(Mx_3) &= 10,402,763 + 1.37 \times 2,470,000 - 2,015,384 \left(\frac{4,000 - 2,000}{11,060 - 2,000} \right) + 2,015,384 \\ &= 4,613,875 \text{ (円)} \end{aligned}$$

(3.53)式より

$$\begin{aligned} X_4 &= 10,000 \times \frac{(1+\frac{1}{3.0})}{\sqrt{\frac{1.46 \times 2,470,000 - 1.46 \times 3.0 \times 2,470,000 \times 0.294722 + 2,697,383 - 4,613,875}{\{1.46 \times (1 + \frac{1}{3.0}) (1 - \frac{4,000}{X_4}) - 1.46\} \times 3.0 \times 2,470,000}}} \\ &= 12,095 \text{ (hr)} \end{aligned}$$

(3.46)式より

$$\begin{aligned} R_4(X_4) &= 1.46 \times 3.0 \times 2,470,000 \left\{ \left(\frac{12,095}{10,000} \right)^{(1+\frac{1}{3.0})} - 0.294722 \right\} + 2,697,383 - (1.46 - 1.00) \times 2,470,000 \\ &= 12,530,681 \text{ (円)} \end{aligned}$$

時間当り使用料は(3.54)~(3.57)式により

$$l_1(x) = 1.00(1+3.0) \times \frac{2,470,000}{10,000}$$

$$= 988(\text{円/hr})$$

$$l_2(x) = (7,743,696 + 1.05 \times 2,470,000 - 988,000) \frac{1}{10,100 + 1,000}$$

$$= 1.150(\text{円/hr})$$

$$l_3(x) = (10,402,763 + 1.37 \times 2,470,000 - 2,015,348) \frac{1}{11,060 - 2,000}$$

$$= 1,299(\text{円/hr})$$

$$l_4(x) = (12,530,681 + 1.46 \times 2,470,000 - 4,613,991) \frac{1}{12,095 - 4,000}$$

$$= 1.423(\text{円/hr})$$

管理費 ($C=0.15$) を要する場合は, (3.73), (3.74) および (3.77) 式により 370 円 50 銭高となり, スクラップ価格を計算に入れた場合は, 約 49 円 50 銭安くなる。

(2) 最終の評価替のみ 1 回実施した場合

前項と同じ条件において運転時間が 4,000 時間において物価指数率が 1.46 になったときに評価替を 1 回行つた以後の使用料を算定する。

まず (3.36) 式より

$$R_1(Mx_1) = 1.00 \times 3.0 \times 2,470,000 \times \left(\frac{4,000}{10,000}\right)^{\left(1+\frac{1}{3.0}\right)}$$

$$= 2,183,890 (\text{円})$$

(3.47) 式より

$$L_1(Mx_1) = (1+3.0) \times \frac{4,000}{10,000} \times 2,470,000 = 3,952,000 (\text{円})$$

(3.51) 式より

$$X_2 = 10,000 \times \sqrt[1+\frac{1}{3.0}]{\frac{1.46 \times 2,470,000 - 1.46 \times 3.0 \times 2,470,000 \times \left(\frac{4,000}{10,000}\right)^{\left(1+\frac{1}{3.0}\right)} + 2,183,890 - 3,952,000}{\left\{1.46 \times \left(1 + \frac{1}{3.0}\right) \left(1 - \frac{4,000}{X_2}\right) - 1.46\right\} \times 3.0 \times 2,470,000}}$$

$$X_2 = 12,525(\text{hr})$$

(3.44) 式より

$$R_2(X_2) = 1.46 \times 3.0 \times 2,470,000 \times \left\{ \left(\frac{2,525}{10,000}\right)^{\left(1+\frac{1}{3.0}\right)} - 0.294722 \right\} + 2,183,890(1.46 - 1.00) \times 2,470,000$$

$$= 11,926,211 (\text{円})$$

時間当り使用料は (3.55) 式により

$$l_2(x) = (11,926,211 + 1.46 \times 2,470,000 - 3,952,000) \frac{1}{12,525 - 4,000}$$

$$= 1,358(\text{円/hr})$$

4.6.4. 同一型式で購入年度の異なる場合の使用料の比較

前各項の計算例と同一型式である。小松 D-50 型ブルドーザの各購入年度別のものについて, 使用料を算定し相互の比較をすることにより, 使用料の特異性を調べる。

対象とする小松 D-50 型は表-4.11 に示す f の値と表-4.15 に示す購入価格を用い, $X=10,000$ 時間とする。各購入年度別使用料は (3.81) 式により次のように求められる。

(1) 24 年度購入 (D-50 型)

$$P = 247 \text{ 万円} \quad f = 3.0$$

$$C = 0.15 \quad P_s/P = 0.02$$

$$l(x) = \left\{ (1+3.0-0.02) \times \frac{1}{10,000} + \frac{0.15}{1,000} \right\} \times 2,470,000$$

$$= 1.354(\text{円/hr})$$

(2) 25年度購入 (D-50型)

$$P=260 \text{ 万円} \quad f=2.7$$

$$C=0.15 \quad P_s/P=0.02$$

$$l(x) = \left\{ (1+2.7-0.02) \times \frac{1}{10,000} + \frac{0.15}{1,000} \right\} \times 2,600,000$$

$$= 1,347 \text{ (円/hr)}$$

(3) 26年度および27年度購入 (D-50型)

$$P=340 \text{ 万円} \quad f=2.4$$

$$C=0.15 \quad P_s/P=0.02$$

$$l(x) = \left\{ (1+2.4-0.02) \times \frac{1}{10,000} + \frac{0.15}{1,000} \right\} \times 3,400,000$$

$$= 1,659 \text{ (円/hr)}$$

(4) 28年度購入 (D-50型)

$$P=360 \text{ 万円} \quad f=2.2$$

$$C=0.15 \quad P_s/P=0.02$$

$$l(x) = \left\{ (1+2.2-0.02) \times \frac{1}{10,000} + \frac{0.15}{1,000} \right\} \times 3,600,000$$

$$= 1.685 \text{ (円/hr)}$$

(5) 同一型式のブルドーザについての使用料の比較

前述の 4.6.2. および 4.6.3. および前項 (1)~(4) において計算した使用料の結果をまとめれば 表-4.20 のとおり、

表-4.20 小松 D-50 の使用料の比較 (単位 円/hr)
(C=0.15 P_s/P=0.02 N̄x=1,000 hr)

購入年度	物価または評価の扱い方	24年度	25年度	26, 27年度	28年度
24年度	毎年修理費の物価変動を考えた	1,309	1,348	1,596	1,679
	毎年購入価格の評価替えをした	1,309	1,470	1,620	1,744
	28年度頭初のみ評価替えした	1,309			1,679
	物価評価の変動を考えない	1,354			
25年度	物価, 評価の変動を考えない	—	1,347		
26, 27年度	”	—		1,659	
28年度	”	—			1,685

4.7. 修理費の計算

4.7.1. 修理費率

ブルドーザの修理費 (定期整備を含む) の計算は経済的耐用時間 X を 10,000 時間とし、f の値を表-4.11 および表-4.12 により選定し、(3.5) 式を使用して計算すれば求められる。

修理費の見積等には耐用命数中の平均の時間当り修理費を計算する場合は、定期整備の時期を考慮しないで、(3.5) 式により求めることができるが、定期的全分解整備の費用を見積つたり、定期整備直後より次の定期整備までの修理費を計算する場合、定期整備の時期を考慮して (3.5) 式により算定した値を補正して求める必要がある。いづれも購入費 (時価) を基として、そこにある係数を乗じると修理費が求められる方法により、その係数すなわち修理費率を型式別に定めておくと便利である。

従つて修理費率は定期整備を考慮しない場合と、考慮する場合と別個に算定しておく必要があり、次に説明する。

(1) 定期整備の時期を考慮しない場合

全分解定期整備の時期および回数のいかに問わず (3.5) 式の関係により修理率を求めると次のようになる。ある任意時間における修理費の累計は次の式により求める。

$$x_1 \text{ より } x_2 \text{ 時間までの修理費の累計} = R(x_2) - R(x_1) \dots \dots \dots (4.3)$$

ある任意時間における平均時間当り修理費は次の式により求める。

$$x_1 \text{ より } x_2 \text{ 時間における時間当り平均修理費} = \frac{R(x) - R(x_1)}{x_2 - x_1} \dots\dots\dots(4.4)$$

(4.4) 式により 1,000 時間毎の平均時間当り修理費率は表-4.21 のとおり。なお 1,000 時間の修理費の累計は同表の率を 1,000 倍したのもをもつて計算に使用できる。

表-4.21 時間当り修理費率 (×10⁻⁶)

運転時間	f の 値							
	1.1	1.3	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.4
0 ~ 1,000	14	22	32	44	50	63	77	92
1,000 ~ 2,000	37	53	70	88	97	116	135	153
2,000 ~ 3,000	60	79	99	119	129	150	170	191
3,000 ~ 4,000	81	103	124	145	156	177	198	219
4,000 ~ 5,000	102	124	147	169	180	202	223	244
5,000 ~ 6,000	123	145	168	190	201	223	244	265
6,000 ~ 7,000	141	165	188	210	221	242	263	284
7,000 ~ 8,000	162	193	207	229	239	260	281	302
8,000 ~ 9,000	181	204	225	246	256	277	298	318
9,000 ~ 10,000	200	222	241	260	271	291	312	333

(2) 定期整備を考慮した場合

修理費は定期整備を考慮すれば図-3.2 に示したように階段状に増加し、(3.5) 式の修理費累計曲線に合致しない。この場合、使用中は等間隔に一定の運転時間が経過したときに何回かの全分解整備を実施し、その定期整備費の割合は (3.5) 式により示す修理費の増加の割合により、回数と共に増加し、その定期整備費の何割かの現場小修理が同様に (3.5) 式の割合で要するものとする。また機械を経済的耐用時間で廃棄するものとして、最後の定期整備より廃棄までは現場小修理のみが必要であるとした。

以上の条件に基づいて各定期整備間隔ごとの修理費率を求めると表-4.22~表-4.25 のとおり。(B)項が補正された修理費率であり、(A)項は定期整備を考慮しない場合の(4.3)式により求めた修理費率である。この計算は(例4)にその方法を示してある。

表-4.22 定期整備 2 回 (3,330 時間ごと) の場合の修理費率

x ₁ ~ x ₂	f=1.5		f=1.7		f=2.0		f=2.2	
	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
0 ~ 3,330	0.240	0.432	0.297	0.521	0.385	0.656	0.444	0.747
3,330 ~ 6,660	0.523	0.942	0.596	1.045	0.704	1.198	0.775	1.301
6,660 ~ 10,000	0.737	0.126	0.807	0.134	0.911	0.146	0.981	0.152
補正率 (A)/(B)	55.5 %		57.0 %		58.7 %		59.4 %	

- (注) 1. (A) = $f \cdot \left(\frac{x_2}{X}\right)^{\left(1 + \frac{1}{f}\right)} - f \cdot \left(\frac{x_1}{X}\right)^{\left(1 + \frac{1}{f}\right)}$ (図-4.4 において実線で示す)
 2. (B).....(A)の補正値 (図-4.4 において点線で示す)

表-4.23 定期整備 4 回 (2,000 時間ごと) の場合の修理費率

x ₁ ~ x ₂	f=1.5		f=1.7		f=2.0		f=2.2	
	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
0 ~ 2,000	0.103	0.143	0.132	0.181	0.179	0.241	0.212	0.283
2,000 ~ 4,000	0.223	0.311	0.264	0.362	0.327	0.440	0.368	0.492
4,000 ~ 6,000	0.314	0.437	0.359	0.492	0.425	0.573	0.457	0.621
6,000 ~ 8,000	0.394	0.549	0.439	0.602	0.502	0.676	0.544	0.727
8,000 ~ 10,000	0.466	0.060	0.506	0.062	0.568	0.070	0.610	0.075
補正率 (A)/(B)	71.8 %		73.0 %		74.2 %		75.0 %	

- (注) 1. } 表-4.22 に同じ
 2. }

表-4.24 定期整備 6 回 (1,430 時間ごと) の場合の修理費率

x ₁ ~ x ₂	f=1.5		f=1.7		f=2.0		f=2.2	
	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
0 ~ 1,430	0.058	0.073	0.078	0.097	0.108	0.133	0.130	0.159
1,430 ~ 2,860	0.127	0.160	0.146	0.182	0.197	0.242	0.214	0.262
2,860 ~ 4,285	0.181	0.228	0.219	0.272	0.256	0.315	0.297	0.364
4,285 ~ 5,715	0.224	0.282	0.256	0.319	0.303	0.373	0.334	0.409
5,715 ~ 7,140	0.266	0.335	0.288	0.372	0.343	0.423	0.375	0.460
7,140 ~ 8,570	0.304	0.383	0.333	0.415	0.380	0.468	0.405	0.496
8,570 ~ 10,000	0.340	0.039	0.370	0.045	0.413	0.046	0.445	0.050
補正率 (A)/(B)	79.3 %		80.2 %		81.2 %		81.6 %	

- (注) 1. } 表-4.22 に同じ
 2. }

表-4.25 定期整備9回(1,000時間ごと)の場合の修理費率

$x_1 \sim x_2$	$f=1.5$		$f=1.7$		$f=2.0$		$f=2.2$	
	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
0 ~ 1,000	0.032	0.037	0.044	0.051	0.063	0.072	0.077	0.088
1,000 ~ 2,000	0.070	0.082	0.088	0.102	0.116	0.133	0.135	0.155
2,000 ~ 3,000	0.099	0.116	0.119	0.138	0.150	0.172	0.170	0.195
3,000 ~ 4,000	0.124	0.145	0.145	0.169	0.177	0.204	0.198	0.227
4,000 ~ 5,000	0.147	0.171	0.169	0.196	0.202	0.233	0.223	0.256
5,000 ~ 6,000	0.168	0.197	0.190	0.221	0.223	0.257	0.244	0.279
6,000 ~ 7,000	0.188	0.220	0.210	0.244	0.242	0.279	0.263	0.301
7,000 ~ 8,000	0.207	0.243	0.229	0.266	0.260	0.300	0.281	0.322
8,000 ~ 9,000	0.225	0.264	0.246	0.286	0.277	0.319	0.298	0.341
9,000 ~ 10,000	0.241	0.025	0.260	0.027	0.290	0.031	0.312	0.036
補正率 (A)/(B)	85.2 %		85.9 %		86.7 %		87.3 %	

(注) 1. } 表-4.22 に同じ
2. }

図-4.5は(A)と(B)の関係を図示した1例で、定期整備4回(2,000時間ごと)で $f=1.7$ の場合を示す。この図においては現場小修理費を定期整備費の1割とした。

図-4.6は(A)と(B)との割合、すなわち補正率が経済的耐用時間までの全分解定期整備回数および f の値による変化を示すもので、表-4.22~表-4.25に示されていない修理費率を求める際に便利である。

4.7.2. 修理費の見積り計算

標準的な作業条件で使用されたブルドーザのある期間の修理費または全分解定期整備費を見積る場合は表-4.11あるいは表-4.12により使用されたブルドーザの f を定め、そのブルドーザの価

図-4.5

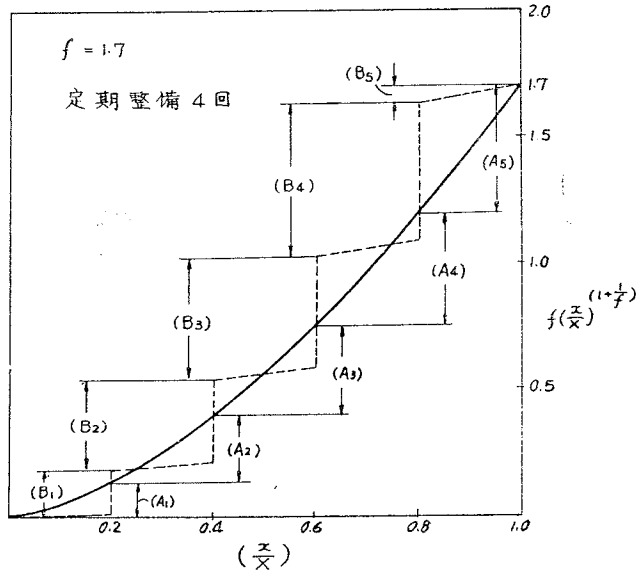
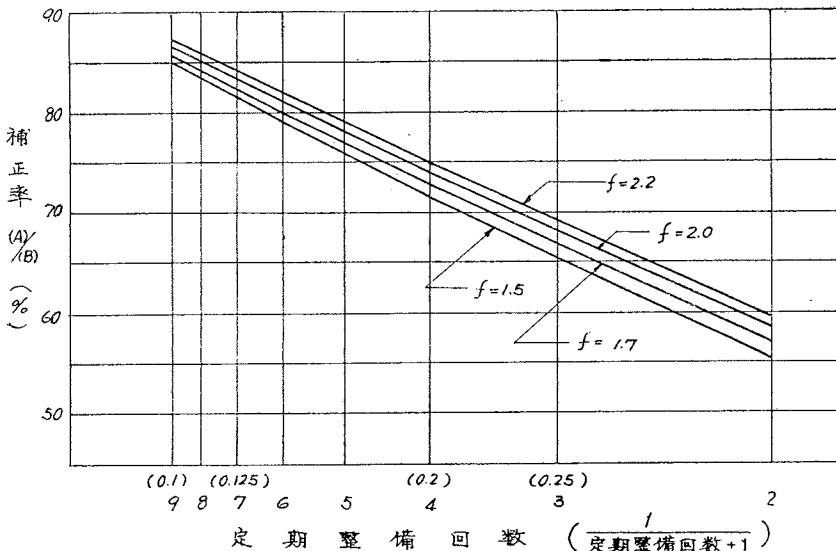


図-4.6



格(修理を実施する時期におけるブルドーザの価格すなわち時価)を基とし、定期整備の時期を考慮してそれに該当する表-4.22~表-4.25の(B)の修理費率を用いるか、(3.5)式および(4.3)式により予定された運転時間までの修理費の累計を計算し、図-4.5の補正率(A)/(B)を用いて算出する。かくして求められた修理費は定期整備費と現場小修理を加えたものであるから、定期整備を見積る場合はその中から現場小修理分を除いたものとする。

(例1) 定期整備費の見積り(その1)

昭和28年度製小松 D-50型ブルドーザを道路土工作業に1,430時間(運転時間)使用した後の初回の全分解定期整備の見積りは次の計算となる。

$$f \dots \dots \dots 2.2 \text{ (表-4.13 参照)}$$

定期整備実施時期 \dots \dots \dots 昭和29年度

昭和29年度購入価格 \dots \dots \dots 3,800,000円

とすると表-4.24により

$$R(x) = 3,800,000 \times 0.159 \\ = 604,200 \text{ (円)}$$

次に定期整備費の1割の現場小修理費分を差引いて

$$604,200 \times \frac{1.0}{1.1} = 549,270 \text{ (円)}$$

(例2) 定期整備の見積り(その2)

昭和29年度製三菱日本 BF型ブルドーザを河川の掘削工事に2,000時間(運転時間)使用して、全分解整備を実施した後1,500時間築堤の盛土作業に充当して後、再び全分解定期整備する場合の整備費の見積りは次の計算となる。

$$f \dots \dots \dots 1.7 \text{ (表-4.11 参照)}$$

再定期整備実施時期 \dots \dots \dots 昭和30年度

昭和30年度購入価格 \dots \dots \dots 6,450,000円 (表-4.10 参照)

とすると、(4.3)式により

$$R(x_2) - R(x_1) = 6,450,000 \times 1.7 \times \left\{ \left(\frac{2,000 + 1,500}{10,000} \right)^{\left(1 + \frac{1}{1.7}\right)} - \left(\frac{2,000}{10,000} \right)^{\left(1 + \frac{1}{1.7}\right)} \right\} \\ = 1,218,820 \text{ (円)}$$

次に図-4.6により $f=1.7$ 、1,500時間定期整備の場合の補正率は79%であり、かつ現場小修理費を定期整備費の10%としてこれを差引けば

$$1,218,820 \times \frac{1.0}{0.79} \times \frac{1.0}{1.1} = 1,517,740 \text{ (円)}$$

(例3) 修理費の見積り(その1)

昭和28年度製小松 D-80型ブルドーザを河川築堤工事に1,430時間使用し、初回の全分解定期整備をした後再び河川築堤工事に2,500時間使用する。後の2,500時間の作業中に必要とする修理費を求める。ただし2,860時間目において第2回目の全分解定期整備を実施するものとする。この場合第2回目の全分解定期整備が使用中に起るが、この全分解定期整備後の運転時間が負担する次回全分解定期整備の負担分も含むものとする。

$$f \dots \dots \dots 1.7 \text{ (表4.11 参照)}$$

定期整備実施時期 \dots \dots \dots 昭和29年度

購入価格(昭和28年度以降) \dots \dots \dots 6,450,000円

とすると表-4.24により

$$\left(182 + 272 \times \frac{2,500 - 1,430}{1,430} \right) \times 6,450,000 \times 10^{-3} = 2,480,000 \text{ 円}$$

この間における平均時間当り修理費は

$$\frac{2,480,000}{2,500} = 992 \text{ (円/hr)}$$

(例4) 修理費の見積り(その2)

昭和29年度に輸入した D-8ブルドーザを使用して昭和30年4月より3ケ年間、アースダム工事の採取土の削土作業に従事する場合の毎年必要とする修理費を算出する。ただし年間運転時間は1,110時間とし、この作業の

終了後全分解整備をするものとし、この全分解整備の費用もこれに含むものとする。またこの間における物価の変動はないものとする。

f1.3 (表—4.12 参照)

購入価格.....10,700,000円 (4.4.3 参照)

とすると、表—4.22 (3,330時間ごとの定期整備の修理費率表)に $f=1.3$ の場合の修理費率が計上されていないため定期整備を考慮した場合の修理費の計算を行う。

(3.5) 式により、 $x_1=3,300(\text{hr})$ 、 $x_2=6,670(\text{hr})$ 、 $X=10,000(\text{hr})$

$$R(x_1) = 10,700,000 \times 1.3 \times \left(\frac{3,330}{10,000} \right)^{\left(1 + \frac{1}{1.3}\right)}$$

$$= 1,990,000 \text{ (円)}$$

$$R(x_2) - R(x_1) = 10,700,000 \times 1.3 \left\{ \left(\frac{6,670}{10,000} \right)^{\left(1 + \frac{1}{1.3}\right)} - \left(\frac{3,330}{10,000} \right)^{\left(1 + \frac{1}{1.3}\right)} \right\}$$

$$= 4,800,000 \text{ (円)}$$

$$R(X) - R(x_2) = 10,700,000 \times 1.3 - 1,990,000 - 4,800,000$$

$$= 7,120,000 \text{ (円)}$$

10,000時間においては定期整備をしないから $R(x_1)$ および $R(x_2) - R(x_1)$ を補正して、

$$R'(x_1) = \left(10,700,000 \times 1.3 - 7,120,000 \times \frac{0.1}{1.1} \right) \times \frac{1,990,000}{1,990,000 + 4,800,000}$$

$$= 3,888,080 \text{ (円)}$$

$$R'(x_2) - R'(x_1) = \left(10,700,000 \times 1.3 - 7,120,000 \times \frac{0.1}{1.1} \right) \times \frac{4,800,000}{1,990,000 + 4,800,000}$$

$$= 9,378,280 \text{ (円)}$$

2回目の定期整備以後経済的耐用時間までの現場小修理費として

$$9,378,280 \times \frac{0.1}{1.1} \times \frac{7,120,000}{4,800,000} = 1,264,640 \text{ (円)}$$

従つて再び $R(x_1)$ および $R(x_2) - R(x_1)$ を補正して

$$R''(x_1) = (10,700,000 \times 1.3 - 1,264,640) \times \frac{1,990,000}{1,990,000 + 4,800,000}$$

$$= 3,706,070 \text{ (円)}$$

$$R''(x_2) - R''(x_1) = (10,700,000 \times 1.3 - 1,264,640) \times \frac{4,800,000}{1,990,000 + 4,800,000}$$

$$= 8,939,280 \text{ (円)}$$

すなわち3,330時間の定期整備までの修理費累計は3,706,070円である。このうち現場小修理費を定期整備費の1割として、足回りの磨耗に対する補修は3,330時間の定期整備まで実施しないものとする、現場小修理費は

$$3,706,070 \times \frac{0.1}{1.1} = 336,910 \text{ (円)}$$

すなわち336,910円が3年間の現場小修理費であるため、(3.5)式を用い1,110時間ごとの修理費の比率を算定すると、

$$1.3 \times \left(\frac{1,110}{10,000} \right)^{\left(1 + \frac{1}{1.3}\right)} = 0.02666 \text{ 1年目}$$

$$1.3 \times \left\{ \left(\frac{2,220}{10,000} \right)^{\left(1 + \frac{1}{1.3}\right)} - \left(\frac{1,110}{10,000} \right)^{\left(1 + \frac{1}{1.3}\right)} \right\} = 0.06420 \text{ 2年目}$$

$$1.3 \times \left\{ \left(\frac{3,330}{10,000} \right)^{\left(1 + \frac{1}{1.3}\right)} - \left(\frac{2,220}{10,000} \right)^{\left(1 + \frac{1}{1.3}\right)} \right\} = 0.09529 \text{ 3年目}$$

以上の比率により各年の現場小修理費を配分すると、

$$1 \text{ 年目 } 336,910 \times \frac{2,666}{2,666 + 6,420 + 9,529} = 48,240 \text{ (円)}$$

$$2 \text{ 年目 } 336,910 \times \frac{6,420}{2,666 + 6,420 + 9,529} = 115,870 \text{ (円)}$$

$$3 \text{ 年目 } 386,910 \times \frac{9,529}{2,666+6,420+9,529} = 172,800 \text{ (円)}$$

3年目はこの他に定期整備として

$$3,706,070 - 336,910 = 3,369,160 \text{ (円)}$$

第5章 工費および工期の算定

5.1. 概 説

ブルドーザ土工の作業設計の算定を行う場合に、従来は土工量 100 m³ 当りの燃料、油脂消費量および労力歩掛り等の作業歩掛りの実績値を求めておいて、これらを基準として総土工量に対する所要量を算定している。この方法によれば設計の際に計算した所要量と実績量の数値が甚だしく開きを生じた実例が多く設計の信頼性が失われる結果を招く場合が多い。

ブルドーザ土工においては 100 m³ の土工量を行うに何時間を要するか、すなわち第 2 章で説明したとおり、1 時間に何立方メートルの土工量を施工できるかを判定することが最も困難であつて、その反対にブルドーザの運転の単位時間に消費する燃料、油脂、労力等の所要量は主としてブルドーザの機械的条件に基いて定まるもので、現場条件に左右されることが少ない。

従つてこの土工設計々算において 100 m³ 当りの単価表を用いるより、1 時間当りの消費量と 1 時間の土工量をその都度区分して考える計算によることにより始めて信頼性の高い設計が可能である。

総工費を求めるには総土工量を作業するに要する所要時間を計算し、これに 1 時間当りの工費単価を掛け、その他附帯的な間接経費を加えることにより求められる。

所要工期についても、運転時間を基として各種の稼働率を考慮して求める方法およびその実績について説明する。

5.2. 時間当り燃料消費量の実績

各型式についての燃料等の消費実績は、建設省、農林省、日本国有鉄道における機械化施工現場の調査実績を基として、各消費量の実用範囲および標準値を求めるために、図-5.1 および 図-5.2 に示すような「消費量一回数」のグラフにとつて確率曲線を描く。

図-5.1 国産ブルドーザ主燃料消費量確率曲線

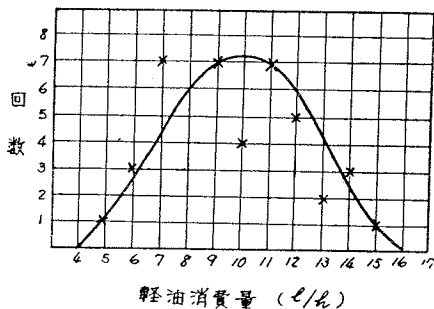
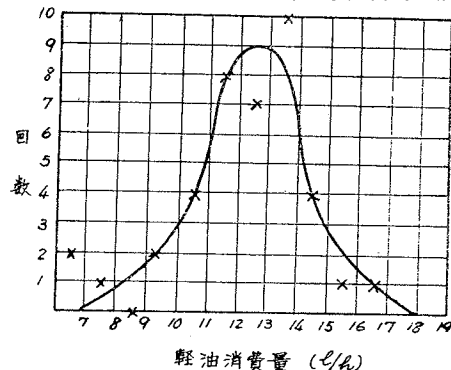


図-5.2 D-7ブルドーザ主燃料消費量確率曲線



実績の乏しい型式および実績のない型式の主燃料の消費量を求めるには、実績の豊富な型式の主燃料消費実績を基として、これに定格馬力における両者の時間当り主燃料消費量の比率を用いて換算する方法によつた。

また国産ブルドーザについて、D-50、BBⅢ、NTK-7の主燃料の時間当り消費実績を表-5.1に示す主燃料消費量補正比率を掛けてBFまたはD-80の消費実績に換算した。これを確率曲線をもつて描けば図-5.1のとなりとなり、消費量の標準値を知ることができる。キャタピラー D-7については資料数 41 を数えるために単独で確率曲線を求めることができ、その結果は図-5.2のとおりである。

この2つの確率曲線のうち、国産ブルドーザ確率曲線の山形が鈍い形になつてゐるのは補正を行つた際、若干

のずれを生じた結果であろう。従つて図-5.2 のとおり D-7 1 型式のみにて主燃料消費量確率曲線を描けば山形がとがった曲線になると考えられる。この D-7 の場合、消費量の実績値が最確値（標準値）の±2 割の範囲に入るものは、資料数 41 のうち 33 すなわち 80% あるので、主燃料の標準値に対して±2 割の範囲を実用値としてその実用範囲を示すことにした。またこのとき確率曲線は消費量の増大する方向においては、定格馬力を負荷した連続運転における消費量を限界として理論的に零となるべきである。

以上の整理を行つてブルドーザ各型式についての 1 時間当り燃料油脂消費量を求めれば、表-5.2 のとおり。

表-5.1 国産ブルドーザの燃料消費補正率表

型 式	資 料 数	定 格 馬 力	主燃料消費量 (g/h)	主燃料消費補正率
日 特 NTK-4	0	46	9,200	2.065
小 松 D-50	13	55	10,725	1.771
三 菱 BBⅢ	11	65	13,650	1.391
三 菱 BBⅣ	0	80	15,200	1.250
日 特 NTK-7	7	85	17,000	1.117
三 菱 BF	9	100	19,000	1.000
小 松 D-80	9	100	19,000	1.000
小 松 D-120	0	150	28,500	0.667

表-5.2 ブルドーザ 1 時間当り燃料油脂消費量

	単 位	キャタピラ D-8	キャタピラ D-7	小 松 D-120	小 松 D-80	三 菱 BF	日 特 NTK-7	三 菱 BBⅣ	三 菱 BBⅢ	小 松 D-50	日 特 NTK-4
軽 油	l	14 (11~17)	12.5 (10~15)	15 (12~18)	10 (8~12)	10 (8~12)	8.5 (6.5~10.5)	7 (5.5~8.5)	6 (4.5~7.5)	5 (4~6)	4 (3~5)
ガ ソ リ ン	l	0.30	0.25	0.30	0.20	0.20	(0.01)	(0.01)	(0.01)	0.15	(0.01)
モ ビ ー ル	l	0.70	0.60	0.70	0.50	0.50	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
ギ ャ ー 油	l	0.46	0.35	0.40	0.30	0.30	0.30	0.30	0.25	0.25	0.20
ゲ リ ー ス	kg	0.25	0.20	0.25	0.20	0.20	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
ウ エ ス	kg	0.02 ~ 0.05									

- (註) 1. 1時間とはブルドーザが工事場にある間の運転時間をいい、実作業時間ではない。
 2. 表の数値は各消費量の標準値を示すもので、実用値は作業の変化によって適宜加減するものとする。
 3. 軽油の欄の括弧書きの数値は、消費量の実用範囲を示す。実績がこの範囲に入る確率は 80% とされる。
 4. ガソリン、モービル、ギヤ油、グリースの実用値は軽油の実用値に準じて約±3 割の範囲にとり、機械の状態と作業条件によって適宜加減するものとする。
 5. ガソリンの欄の括弧書きの数値は始動ガソリン機関を持たない機種の場合を示す。

5.3. 労力歩掛り

この設計々算には労力すなわち運転員および運転助手についても、1 時間当りの労力歩掛りを算出しておく必要がある。それは 1 日の運転時間の長短によつて 1 時間当りの労力歩掛りが変わるからである。

運転員は普通機械 1 台について 1 名、運転助手は機械 1 台または数台について 1 名を考えられるので、それぞれの運転 1 時間当りの運転員等の労力歩掛りは表-5.3 のとおりとなる。この他に修理工および補助人夫も同様に扱う。

表-5.3 運転員および助手等の 1 時間当り歩掛り表

1 日平均 運転時間	助手または修理工		運 転 員 1 台に 1 人	補 助 人 夫	
	3 台に 1 人	2 台に 1 人		1 台に 2 人	1 台に 5 人
3	0.111	0.167	0.333	0.666	1.666
4	0.083	0.125	0.250	0.500	1.250
5	0.067	0.100	0.200	0.400	1.000
6	0.055	0.083	0.166	0.333	0.830
7	0.048	0.072	0.143	0.286	0.715
8	0.042	0.063	0.125	0.250	0.625
9	(0.042)	(0.063)	(0.125)	(0.250)	(0.625)

- (註) 1. 運転員と助手だけの歩掛り合計の実績は 0.15~0.50 の範囲にある。
 2. 1 日平均運転時間 9 時間以上は残業となるので歩増しの関係上括弧書きとした。

5.4. 工費の算定

ブルドーザ土工に直接関係のある工費についてその算定法を説明する。

5.4.1. 運転時間に比例して増減する経費

(1) 運 転 経 費

5.2. および 5.3. に説明した方法により 1 時間当りの燃料、油脂等の消費量、労力歩掛りおよびその他の材料すなわちケーブル、フィルターエレメント、カッティングエッジ等の消費量を求め、これにそれぞれの単価を掛けらる。

(2) 機 械 償 却 費

自己保有の機械で工事をするとき、機械償却費として計算されるが、貸与機械の場合は定期整備を含めたものを使用料とする場合もある。

使用料を理論的に計算する場合は 4.6. に説明した方法により求める現実には貸与会社が定めている 1 時間当り

の使用料によらなければならない。また日当り、月当りの使用料が定められている場合は、日平均稼働時間あるいは月平均稼働時間で除したものをを用いねばならない。

機械償却費を算定する場合は基本式としては(3.8)式を使用する。また表-4.18および表-4.19より求めた使用料より表-4.23より求めた修理費を引いて求めることもできる。

(3) 機械修理費

機械修理費は定期整備費と現場小修理に分けて考える。時間当り現場小修理費は定期整備費の1~2割が実績となつてはいるが、本研究の計算資料においては1割として計算した。

機械修理費を算定するときは(3.5)または(3.6)式により、その詳細は4.7.による。

5.4.2. 固定的な経費(運転時間に無関係な経費)

(1) 仮設費

工事全体を考へて現場詰所、機械置場、修理設備、合宿所、等の必要経費を算定する。

(2) 輸送費

工事全期間にわたつて、機械の現場への往復の輸送費を算定する。

(3) その他

測量費、借地費、現場諸経費等について算定する。

5.4.3. 総工費の算定

1時間当り経費

運転経費…………… a 円 機械償却費…………… b 円
機械修理費…………… c 円 その他諸経費…………… d 円

固定経費

仮設費…………… m 円 輸送費…………… n 円
その他…………… p 円 管理費の百分率…………… $R\%$ (普通は15~25%)

とすると

$$\text{総工費} = \left\{ (a+b+c+d) \times \left(\frac{\text{総土工量}}{1\text{時間の土工量}} \right) + m+n+p \right\} \left(1 + \frac{R}{100} \right) \dots\dots\dots (5.1)$$

5.5. 工期の算定

計画土工量を完成するのに必要な延日数、すなわち工期は次の関係式により求められる。

$$\text{工期} = \frac{\text{総土工量}}{1\text{時間の土工量}} \times \frac{1}{1\text{日平均稼働時間}} \times \frac{1}{\text{稼働日数率}}$$

注 1. 工期内に定期整備が入るときはその定期整備日数を加える。

2. 1日平均稼働時間は実績によれば1交替制で5~11時間であり、2交替制で12~16時間である。

3. 稼働日数率は実績によれば50~85%の範囲にあり、機械性能および作業条件が良好ならば85~85%を期待できる。

5.6. ブルドーザ土工と人力トロ運搬土工との比較

土工工事のみならず建設工事においては、どの程度施工を機械化することが経済的であるかということが問題となる。この問題は難問であつて容易に解答できない。それは機械化施工することにより、早くでき上がることによる時間的な経済性と、よくでき上がることによる構造物の耐久性、安全性がもたらす、経済性をこの計算に入れなくて工費だけを検討することはできないからである。またある定まつた一つの工事についてその施工方式を考へて、最も安くでき上がる方式が定まり、それに使用する機械が決つても、それらの機械を十分に稼働させるだけの諸条件が満たされなくては安い工事はできない。

次にブルドーザ土工と人力トロ運搬土工について両者の具体的な工費について比較する。

工事は50mの運搬を伴う道路土工で作業条件はごく標準的な場合とする。

いま小松D-50型ブルドーザ(昭和28年度製)で土運搬作業をする場合、運搬距離30mにおける平均作業能力は、道路土工の場合を考へて、表-2.4により、

作業条件のよい場合 ($F=1.0$)……………46 m³/h (掘りゆるめた土量)
作業条件がやや悪い場合 ($F=0.8$)……………37 m³/h (")
作業条件が悪い場合 ($F=0.6$)……………28 m³/h (")

である。

一方これを人力積込み、トロ運搬で作業する場合たとえ 0.3 m³ 積トロ 4 台、人夫 10 人で行うとすると、1 時間当りの作業能力は約 8 m³ である。

作業に要する経費はいずれの場合においても 作業時間に比例する要素と、これとは無関係にかかってくる部分とに分けて比較する。

(1) ブルドーザ土工の場合

A 作業時間に比例する経費

a. 運 転 経 費

・燃料, 油脂, その他 (表-5.2 参照)

	時間当り消費量	単 価	金 額
軽 油	5.0 l	18 円	90 円
ガ ソ リ ン	0.15 l	36 円	5.4 円
モ ビ ー ル	0.25 l	60 円	15 円
ギ ャ ー 油	0.25 l	70 円	17.5 円
ゲ リ ー ス	0.15 kg	70 円	10.5 円
ウ エ ス	0.03 kg	50 円	1.5 円
カ ッ テ ン グ エ ッ ジ			12.5 円
小 計			152.4 円
そ の 他	3 %		4.6 円
合 計			157 円

・運 転 員 給 与

運 転 員 1 名 @ 1,000 円/日

1日6時間運転とすると表-5.3より1時間当り

$$1,000 \times 0.166 = 166 \text{ 円}$$

運転経費合計 157+166=323 円.....(a)

b. 機 械 使 用 料

表-4.16により 1,505 円.....(b)

c. そ の 他 諸 経 費

(a)+(b)の約8% 146 円.....(c)

従つて (a)+(b)+(c)=323+1,505+146=1,974 円

B 固 定 的 な 経 費

a. 仮 設 費

詰所, 機械格納庫, 油庫として合計8坪

坪 当 り 10,000 円 80,000 円(m)

b. 機 械 輸 送 費

ト レ ー ラ 1台 2日 30,000 円(n)

c. そ の 他 諸 経 費

(a)+(b)の約5% 5,500 円.....(p)

従つて (m)+(n)+(p)=115,500 円

表-5.4 ブルドーザ D-50 による土工の
立方米当り単位 (円)

総 土 工 量 (m ³)	1,000	3,000	5,000	10,000	20,000	
時 土 間 当 工 量	46	158	81	66	54	49
	37	169	92	77	65	60
	28	186	109	94	82	77

(5.1) 式を用いて総土工量と能率の変化に応じた立方米当り単価を計算すると表-5.4のとおり。ただし管理費8%とする。

(2) 人力トロ運搬土工の場合

A 作業時間の比例する経費

a. 運 転 経 費

・車軸油その他.....10 円

・土 工 夫 10 人 @ 400 円/日

1日拘束7時間労働とすると表-5.3に準じて

$$400 \times 0.143 \times 10 = 572 \text{ 円}$$

- 運転経費合計 572+10=582 円(a)
 - b. 機械使用料
 レール, 木製トロ 0.3 m³, 4台および土工具15 円.....(b)
 - c. 現場小修理費
 トロ等 5 円.....(c)
 - d. その他諸経費
 (a)+(b)+(c) の約 12%72 円.....(d)
- 従つて (a)+(b)+(c)+(d)=582+15+5+72=674 円

B 固定的な経費

- a. 仮設費
 - ・人夫休憩所, 詰所として計2坪
 坪当り 6,000 円 12,000 円
 - ・線路敷設および跡片付 4,000 円
 - 仮設費合計 12,000+4,000=16,000 円(m)
 - b. 機械輸送費
 トラック 1台 2日 10,000 円(n)
 - c. その他諸経費
 諸経費 (m)+(n) の約5% 1,300 円(p)
- 従つて (m)+(n)+(p)=16,000+10,000+1,300=27,300

総土工量の変化に応じた立方メートル当り単価を計算すると表-5.5のとおり。ただし管理費は12%とする。

表-5.4と表-5.5のブルドーザ土工と人力積込トロ運搬土工の両者を比較すると図-5.1のとおり。

図-5.1でわかるとおり総土工量が少なく工事規模が小さくなると人力, 積込トロ運搬土工の方が単価が安くなる。すなわちブルドーザ土工と比較し 28 m³/h とは a 点 (約 1,300 m³) で, 37 m³/h とは b 点 (約 2,200 m³) で 46 m³/h とは c 点で (約 5,000 m³) で単価が等しくなり, それ以下の総土工量のときは人力積み込みトロ運搬土工が安くなる。

5.7. 土工単価図表

本研究による成果の一つの特徴として, ブルドーザによる土工においては, 現場の作業条件の差異により, 作業能率が大きく変化し, 土工単価に及ぼす影響がきわめて大きい。

土工単価を算定することは各種の作業条件が影響したその時の物価の変動も考慮しなければならぬので, その算定にあつては, 多くの仮定条件を用いなければならない。しかし機械の型式, 現場作業の難易性, 土運搬距離の変化に対し土工単価がどのように変化するか標準状態に近い条件において計算したのが次に示すものである。

表-5.6はブルドーザの型式別に運転時間1時間に対する総経費を求めて見た。表-5.6において運転経費(A)および機械使用料(B)は時間に比例して要する経費であるから, 工事の規模に影響しないが, 管理費(C)および仮設, 輸送費(D)は運転時間に無関係な固定的な経費であるが, これを除外した単価は使用する上に間違いを起しやすいので, 本表に計上した。これらの経費は比較的土工の規模が小さい場合を想定してのものである。また本表はあくまで標準状態を条件としているので, 作業条件がわるくなれば経費はかさむことを忘れてはならないし, また, 物価が変れば本表は作成しなおされる性質のものである。

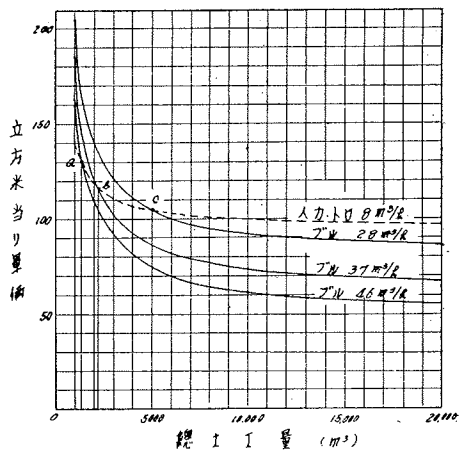
表-5.7~表-5.14はブルドーザの型式別の現場作業係数および土運搬距離の変化に応じた土工単価表で, 土量はほぐした土1立方メートルに対するものである。

また表-2.9~2.17の1時間当り土工量と表-5.7~表-5.11の土工単価を組合わせてグラフにしたのが図-

表-5.5 人力積込トロ運搬土工の立方メートル当り単価(円)

総土工量 (m ³)	1,000	3,000	5,000	1,000	20,000
単価	102	93	90	87	86

図-5.3



5.4～図-5.11 である。なお1時間当り土工単価には仮設費および輸送費の含まれていないものを使用している。

表-5.6 ブルドーザ1時間当経費内訳表

Table with 10 columns: Item, Unit, Consumption, Amount for various bulldozer models (D-50, BBV, D-80, NTK-4, NTK-7, D-120, D-7, D-8).

表-5.7 D-8 ブルドーザ土工単価表 (円) (4,297 円/h)

Table with 7 columns: Distance (m), and 6 columns of coefficients for D-8 bulldozer.

表-5.8 D-7 ブルドーザ土工単価表 (円) (3,417 円/h)

Table with 7 columns: Distance (m), and 6 columns of coefficients for D-7 bulldozer.

表-5.9 D-80, BF ブルドーザ土工単価表 (円) (3,039 円/h)

Table with 7 columns: Distance (m), and 6 columns of coefficients for D-80, BF bulldozer.

表-5.10 NTK-7 ブルドーザ土工単価表 (円) (2,572 円/h)

Table with 7 columns: Distance (m), and 6 columns of coefficients for NTK-7 bulldozer.

表-5.11 BBIV ブルドーザ土工単価表(円)
(2,313 円/h)

土運搬距離 (m)	現場作業係数					
	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4
10	12	14	16	20	27	41
20	19	22	26	33	44	66
30	25	30	36	44	59	89
40	33	38	45	56	75	110
50	40	46	55	68	92	136
60	46	55	64	82	110	165
70	54	62	75	92	122	193
80	61	70	86	105	136	210
90	68	80	92	116	154	231
100	75	86	105	128	165	257
110	82	96	116	144	193	289
120	89	105	122	154	210	330

表-5.12 D-50 ブルドーザ土工単価表(円)
(1,960 円/h)

土運搬距離 (m)	現場作業係数					
	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4
10	14	16	19	24	32	48
20	22	26	31	39	52	78
30	31	36	43	53	70	109
40	38	45	54	68	89	131
50	47	54	65	82	109	163
60	54	63	78	98	131	196
70	63	75	89	115	151	218
80	73	85	98	122	163	245
90	78	93	109	140	178	280
100	89	103	122	151	196	324
110	98	115	140	163	218	362
120	103	122	151	178	245	392

表-5.13 NTK-4 ブルドーザ土工単価表(円)
(2,334 円/h)

土運搬距離 (m)	現場作業係数					
	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4
10	18	21	26	32	43	65
20	30	34	41	52	69	100
30	40	48	57	71	93	137
40	52	60	73	90	123	180
50	63	71	86	111	146	212
60	73	86	106	130	167	259
70	83	97	117	146	195	292
80	97	111	137	167	212	333
90	106	123	156	195	259	360
100	117	137	167	212	292	385
110	130	156	180	233	306	428
120	137	167	195	259	333	467

表-5.14 D-120 ブルドーザ土工単価表(円)
(4,182 円/h)

土運搬距離 (m)	現場作業係数					
	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4
10	16	19	23	29	39	58
20	26	30	37	47	62	93
30	36	42	51	64	85	127
40	41	53	65	82	107	161
50	55	64	79	100	131	199
60	64	76	93	116	155	233
70	75	87	107	135	174	262
80	84	97	120	149	199	299
90	93	110	135	167	220	349
100	105	120	149	182	246	381
110	113	131	161	199	279	418
120	123	144	174	220	299	466

注：以上の土工単価には現場の仮設備費および機械の輸送費が含まれていない。

昭和31年10月25日印刷
昭和31年10月31日発行

土木学会論文集
第 37 号

定価 120 円(〒20 円)

著 者 東京都千代田区丸ノ内1ノ1 伊丹 康 夫
電源開発株式会社土木部機械課
編集兼発行者 東京都千代田区大手町2丁目4番地 中 川 一 美
印 刷 者 東京都港区赤坂溜池5番地 大 沼 正 吉
印 刷 所 東京都港区赤坂溜池5番地 株式会社 技 報 堂

東京中央郵便局区内 千代田区大手町2丁目4番地

発行所 社 団 土 木 学 会 電話(20) 3945・4078
振替東京 16828

図-5.4

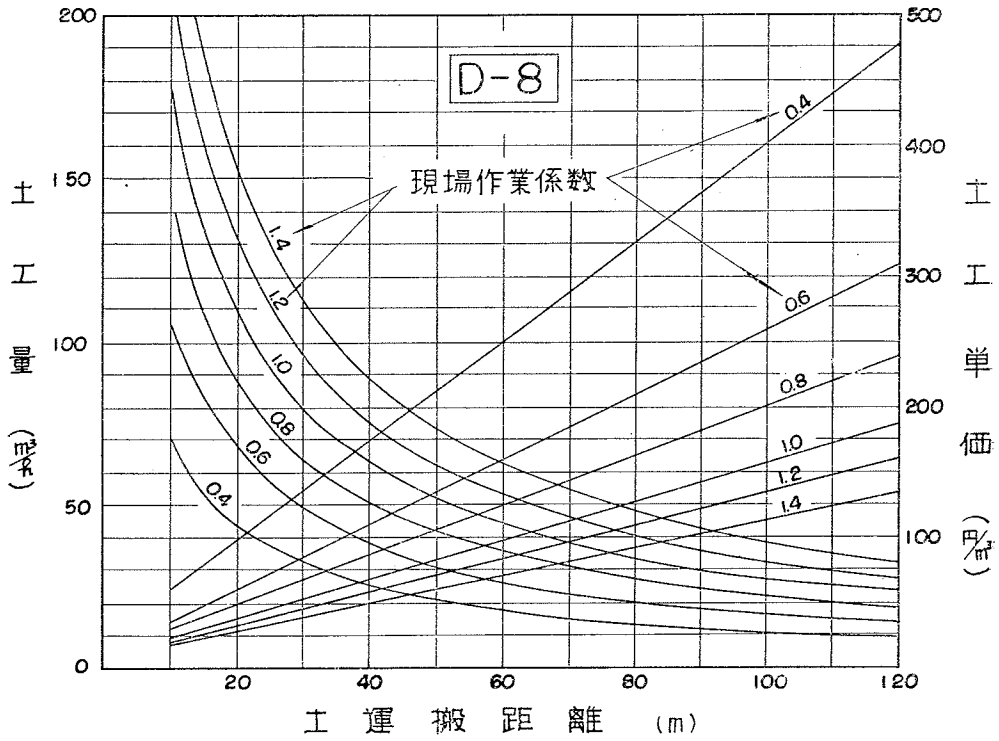


図-5.5

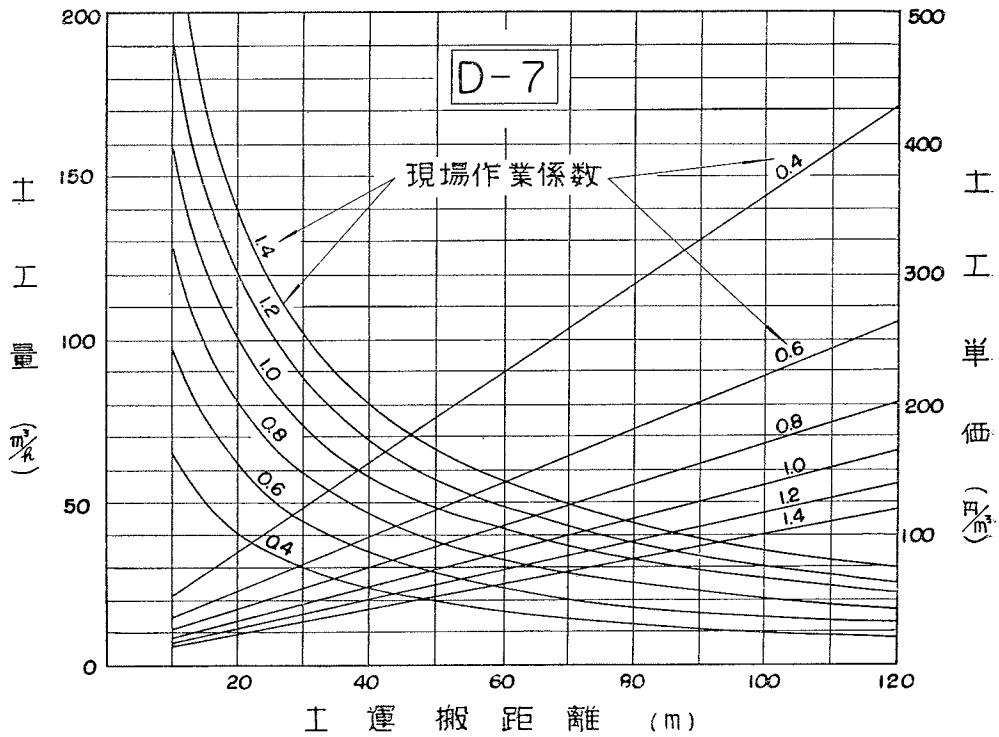


図-5.6

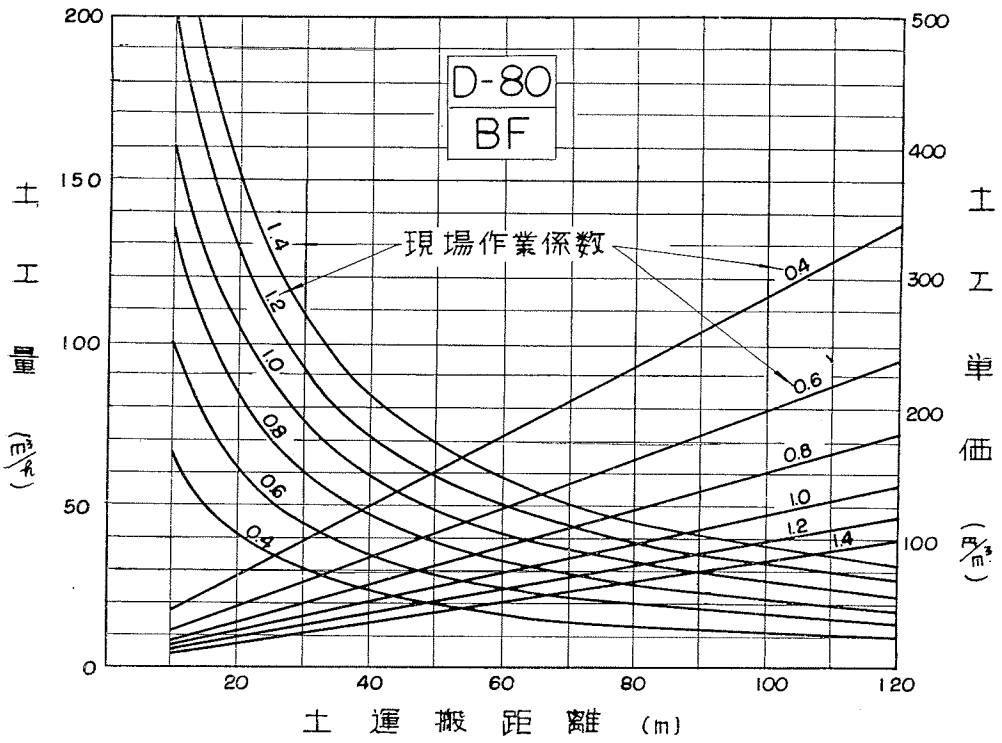


図-5.7

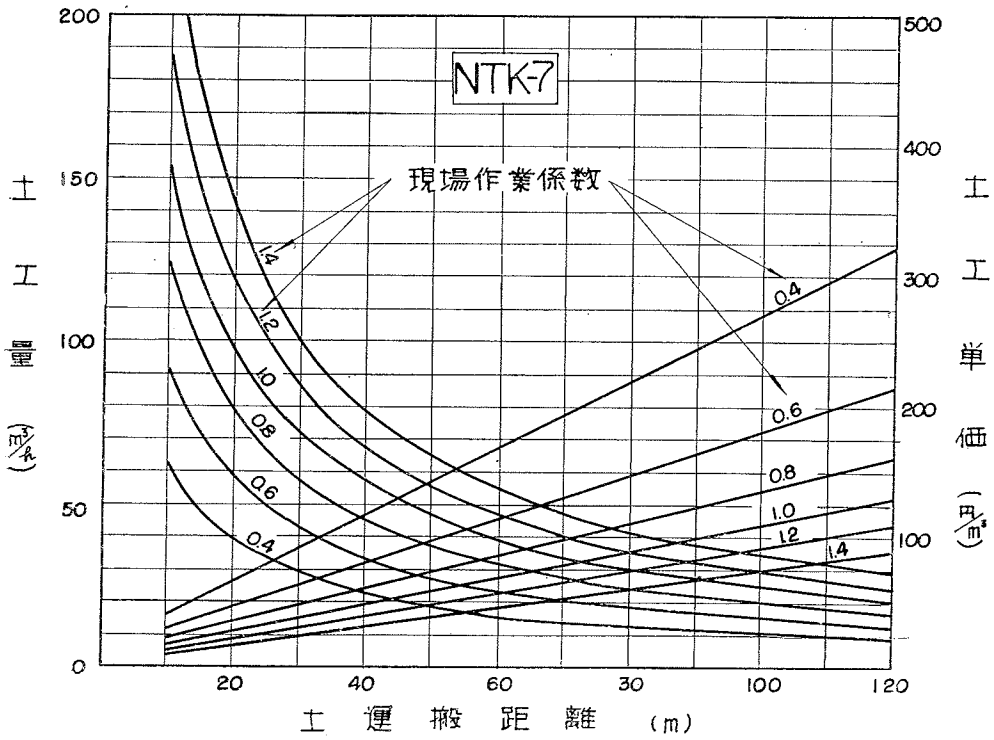


図-5.8

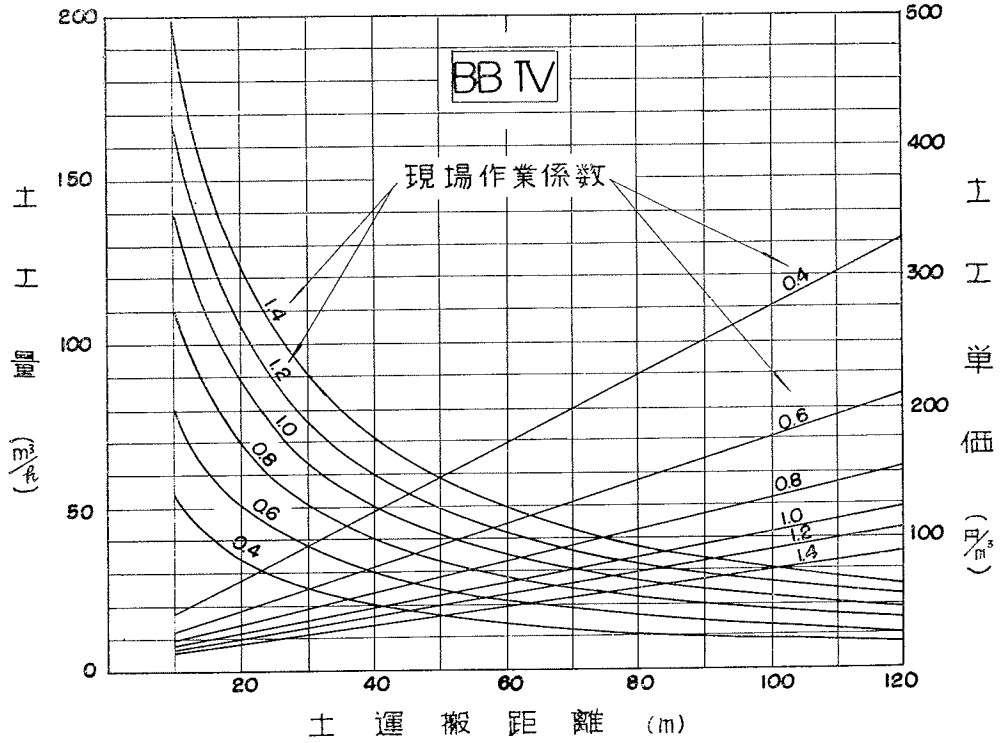


図-5.9

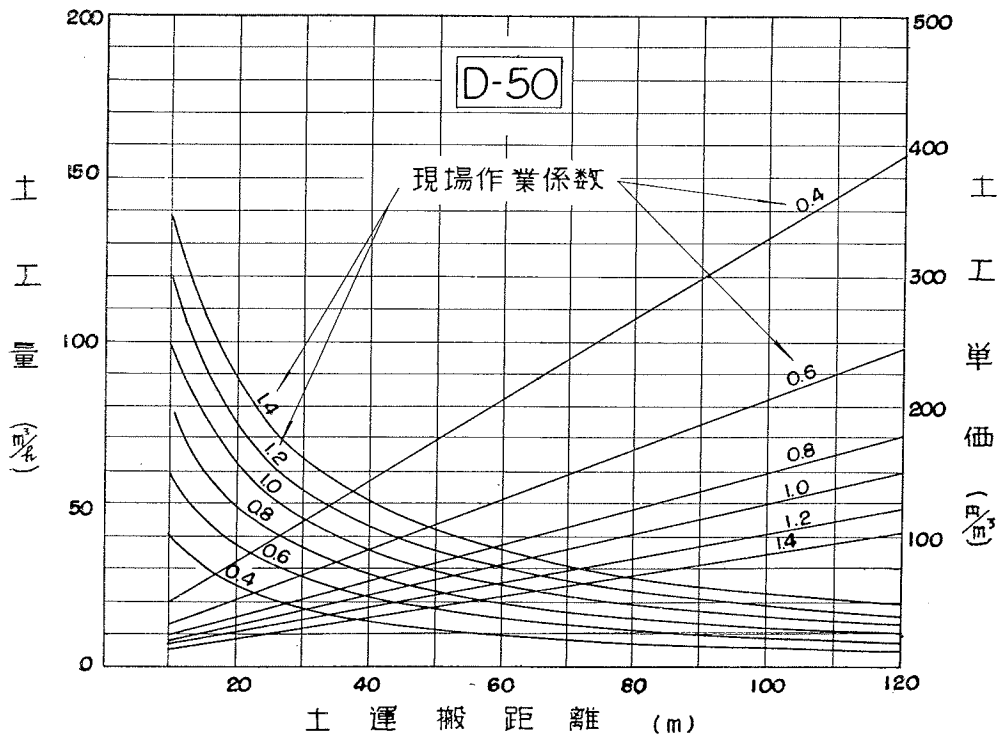


図-5.10

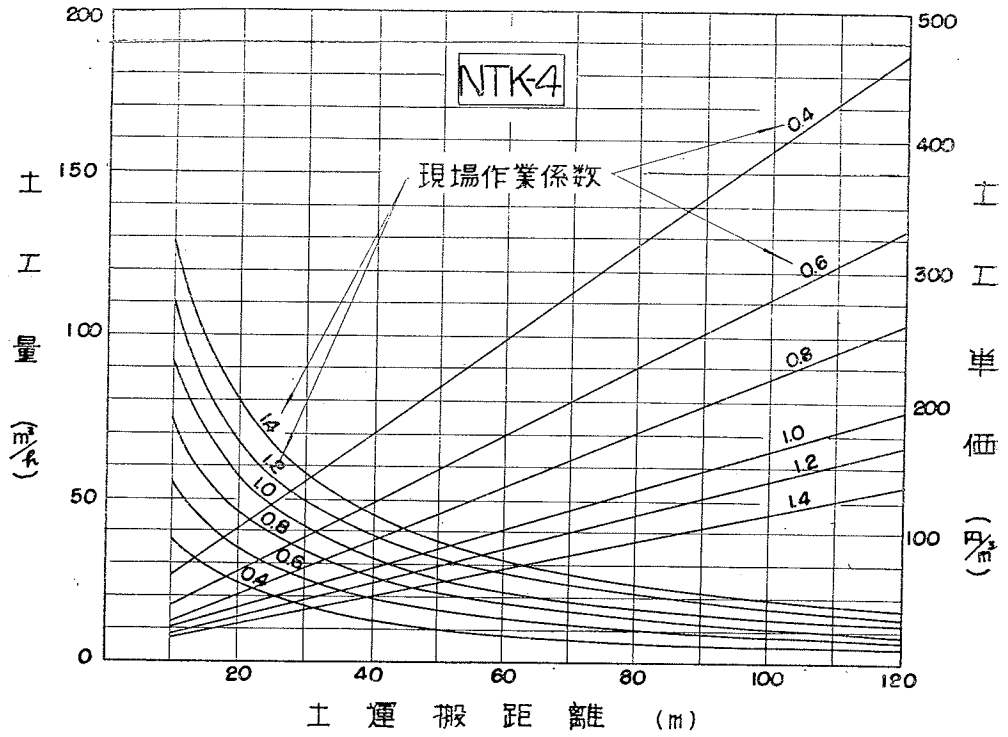


図-5.11

