

3.2.2 砂防施設計画試案(モデル河川計画試案)

計画対象地域のうち、Type I・II・IIIから、それぞれモデル河川を選び砂防施設計画の試案を作成した。計画の最終案は、今回の試案についての検討と、来年度の調査のあと作成される。

モデル河川としては、次の3河川をとりあげた。

Type-I K. Krasak

Type-II K. Woro

Type-III K. Boyong

1) 計画の基本的考え方

a) 土砂の移動形態と計画方針

土砂移動形態は

- ・自然現象の呼称から ① Nuée Ardente, ② Lahar, ③ Banjir
- ・流動の力学的特性から ① 集合流動(土石流, 掃流状集合流動) ② 各個運搬
- ・河床変動から ① 侵食地帯 ② 流送地帯 ③ 堆積地帯に区分される。

これらの領域に対する砂防施設計画方針は次のとおり。

i) Nuée Ardente

砂防施設で対処することは困難であり計画の対象外とする。

ii) Lahar

Lahar は、ほぼ標高1,000m以上で発生し、河床、河岸の土砂を侵食しながらその規模とエネルギーを拡大し、標高ほぼ400m前後まで流動する。

また, Laharは流動の過程で, 谷の埋塞, 侵食, 飛び越し等により, 河川争奪現象をひき起こしている。

この現象は, 流域面積や, 流路を大巾に変えるため, 下流河川の河伏を一変させ, 災害の原因を作っている。

〔対策〕

対策としては, Laharの発生防止, 流路安定のための谷出口の固定, Laharの拡大防止, 及びLaharの流動範囲縮小と氾濫防止が考えられる。

しかし Laharの発生地域(標高1000m以上)は Nuée Ardente 領域にあり, 砂防施設の施工は困難であるため, Laharの発生防止対策は行なわない。

① 谷出口の固定

谷の出口で砂防ダム及び導流堤を設けることにより, 乱れた流路を一つの流路に収束し, それより下流の河道を安定させる。この対策は, 河川争奪現象の著しい Type-I地区について計画する。

② Laharの拡大防止

Laharは流動の過程で河床, 河岸を大量に侵食し, (K. Bebungの1969~76年の生産土砂量のうち約95%は侵食によるものである) 拡大を続ける。

このため侵食地帯に砂防ダム, 床固工を設けて貯砂による河床の上昇, 河幅の拡大, 河床勾配の緩和をはかつて, 侵食の抑制とLaharのエネルギーを減殺する。

このことにより, Laharの流動範囲を縮小させる。

③ Laharの流動範囲の縮小と氾濫防止

Lahar対策は基本的には、①及び②によるが①及び②のみではLaharの氾濫による災害が考えられる河川においては、サンドポケットを設けてLaharの流動範囲を縮小する。

また、Laharの氾濫を防止するため築堤護岸等を計画する。

iii) Banjir

Banjir地域は、土砂の流送、堆積地帯にあたる。河川の疏通能力の不足や洗掘による築堤護岸の破壊などによって起こる氾濫及び蛇行や偏流による岸欠壊などが顕著である。

疏通能力の不足は、土砂の堆積により河床が上昇して河積(河川横断面積)が減少する場合と噴火や河川争奪等により、流砂量や流量が増加した場合とがある。

〔対策〕

上流の侵食防止工事により流出土砂を減少させ、サンドポケット砂防ダム等の調節作用により、流出土砂の平滑化をはかることが最も根本的な対策であるがこれは、Laharの項で述べておりましたが、ここでは、Banjir区域における対策について言及する。

① 河道の整備

Banjir区域の河道は、河床変動や蛇行、偏流が少なく、氾濫や岸欠壊を起こさず水と土砂をスムーズに流下させることが理想的である。

そのためには、主として次の対策を行う。

② 築堤

堆積傾向の地帯で疏通能力の不足箇所に対し計画する。

④ 河道の急曲突及びネック箇所の改良

河道の急な屈曲突や橋梁、Intake等の狭さく部が疏通能力を害している箇所については、河道、橋梁等の改良を行う。

⑤ 流砂能力増大による河床低下

河床勾配が緩で河幅の広い箇所のように流砂能力の少ない箇所では堆砂により河床は上昇を続け氾濫の原因をなしている。

そのため、これらの箇所においては築堤、水制等による河幅の縮小等により流砂能力を増大し、河床の低下をはかるものとする。

⑥ 岸欠壊箇所の保護

護岸、水利等により岸欠壊の防止をはかる。

⑦ 堆積土砂の貯留と掘削

上述の対策で対処できない河道への土砂堆積に対しては、サンドポケット、砂防ダムによる貯砂及び掘削を計画する。

b) 土砂処理計画の方針

砂防施設の計画にあたっては、その基本となる土砂処理計画を作成する。

土砂処理計画は流域における生産土砂量、流出土砂量のうち有害な土砂を砂防施設により合理的に処理する計画である。

1) 計画基本土砂量の定義

① 計画生産土砂量

計画生産土砂量とは、火山噴出堆積物や河岸が崩壊等により河道に流出するもの及び河床堆積物の二次

侵食等により生産される土砂量である。

② 計画河道調節土砂量

計画河道調節土砂量とは、生産土砂量のうち河道に一時貯留され、流出土砂の調節をする土砂量である。

③ 計画流出土砂量

計画流出土砂量とは、計画生産土砂量のうち Lahar や掃流力等により運搬されて、計画基準点に流出する土砂量である。計画生産土砂量から計画河道調節土砂量を差引くことにより求める。

④ 計画許容流砂量

計画許容流砂量とは計画基準点から下流に対して無害かつ必要な土砂として流送すべき土砂量である。

⑤ 計画超過土砂量 (計画対象土砂量)

計画超過土砂量とは土砂処理計画の基本となる土砂量で計画流出土砂量から計画許容流砂量を差引いて求める。

ii) 各 Type の基本土砂量算定方針

Type I. II. III 地域は土砂の流出にそれぞれ特徴を持っている。

Fig. 3.2.16 は各 Type の流出土砂量の時系列を模式的に示したものである。

① Type-I 地域

噴火直後に大きな流出土砂があり、その後途減する。

3 Type の中ではピークの流出土砂量は最も大きい。

また、平年の流出土砂量も大きい。この地区においては噴火直後の大きな流出土砂量が災害の主たる原因となってお

り、この有害な土砂を処理すれば、平年における流出土砂は比較的流送能が大きいいため問題が少ないと考えられる。

・計画基本土砂量

噴火の直接的影響は今後も当分 Type-1 地域に限られるものとして考える。

計画基本土砂量は 1969 年噴火が再現した場合を考へ 1969 年規模とする。

また、平年における流出土砂量は本川にすみやかに流すものとする。

② Type-II 地域

大きな洪水の際には大きな流出土砂がある。

平年は Type-I より少ないがかなりの流出土砂がある

K. Woro においては、平年の流出土砂を K. Dengkeng に流送できず、河道に堆積している。

・計画基本土砂量

大洪水の発生した 1 年間の流出土砂量を対象として計画を立てる。

K. Woro については平年の流出土砂量についても検討する。

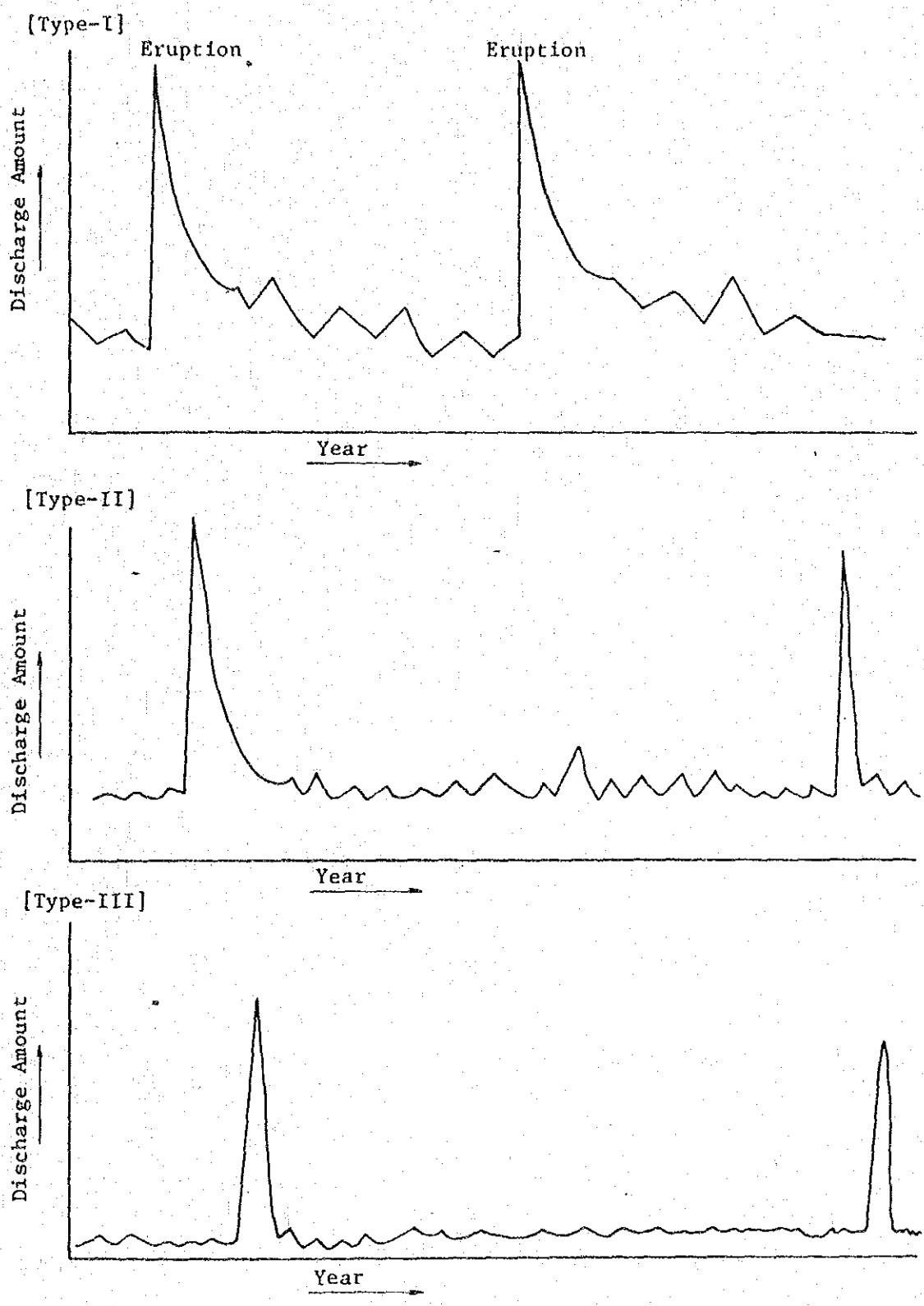
③ Type-III 地域

大きな洪水の際には大きな流出土砂があるが、平年にはほとんどない。

・計画基本土砂量

大洪水の発生した 1 年間の流出土砂量を対象として計画を立てる。

Fig. 3.2.16 Sediment Discharge Amount Time Series



iii) 土砂処理方式

土砂処理計画は、①土砂生産抑制計画

②流出土砂調節計画 ③流出土砂抑制計画よりなる。
土砂処理方式は次のとおり

$$F = Q + A - B - C - D - E$$

F : 計画許容流砂量

Q : 上流の計画基準土砂計画流出土砂量

A : 計画生産土砂量

B : 抑制土砂量

C : 計画河道調節

D : 計画流出抑制

E : 調節

iv) 土砂生産抑制計画

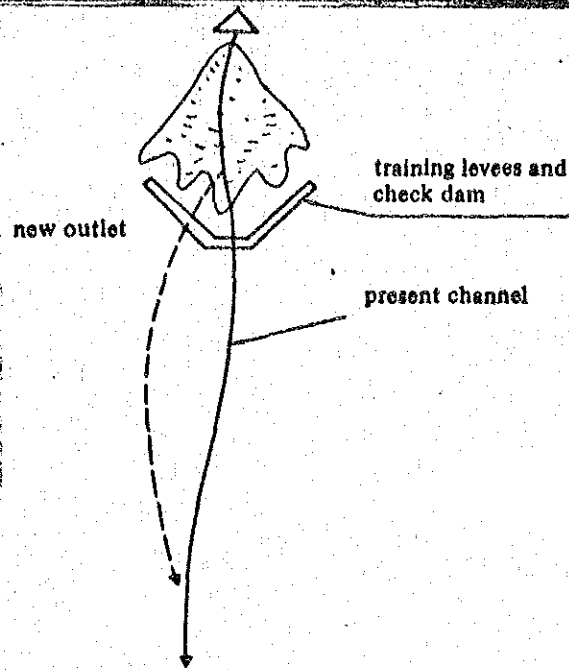
河床、河岸の侵食崩壊などの生産土砂を砂防ダム等によって抑制するものである。

① 谷口固定工

谷口を導流堤、砂防ダムで固定し、流路を現流路に導くことにより、侵食で新規に谷が開析されることを防止する。導流堤背後には砂防林帯を設け、土砂の抑制をはかる。
〔抑制土砂量〕

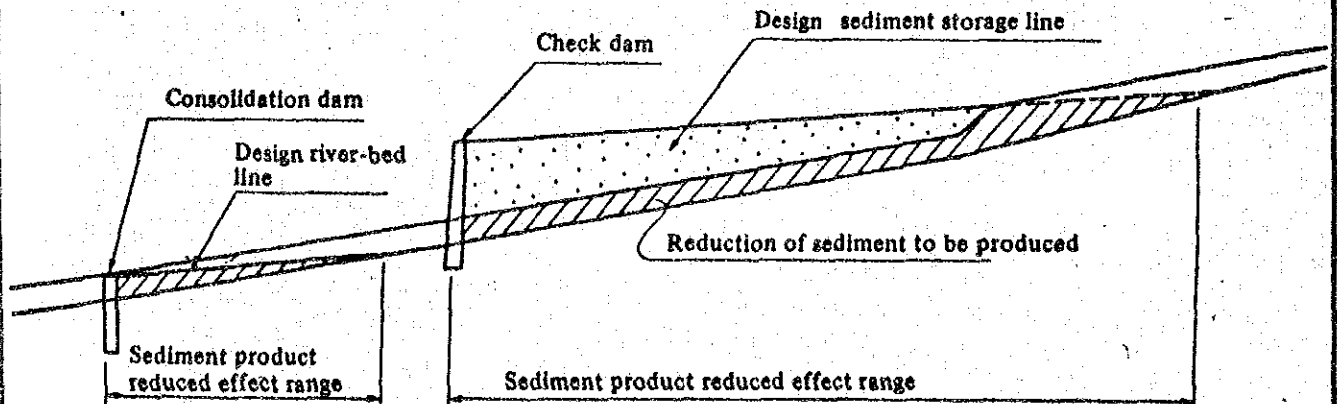
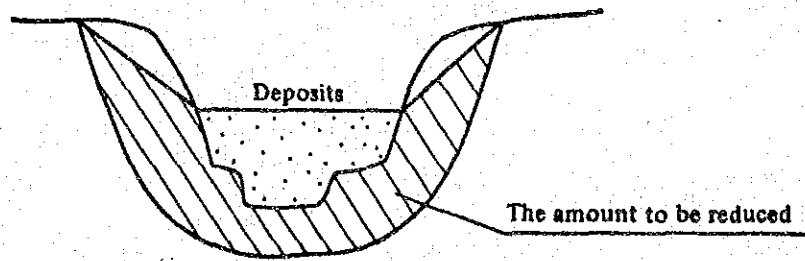
現流路は既に侵食され大きな河積を持っているため、今後の侵食量は比較的少ないが新規に谷が開析されると大量の土砂が侵食される。

従って、生産抑制土砂量は Lahar が新規流路を流下した場合と現流路を流下した場合の差として算定する。



② 砂防ダム工、床固工

砂防ダム、床固工により、河床、河岸の侵食される可能性ある土砂が抑制される。

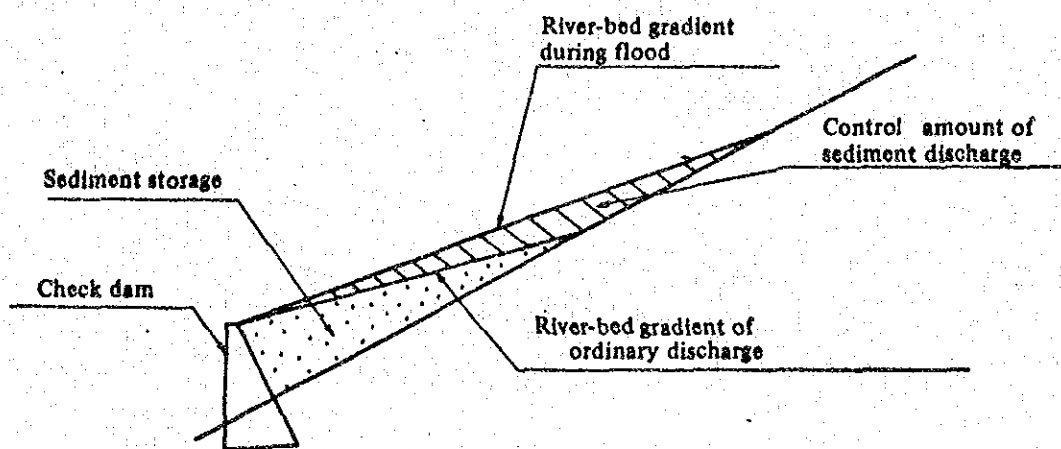


砂防ダム(床固工)の計画貯砂線(計画河床線)と侵食可能な不安定土砂線との交点まを抑制効果範囲とする。

V) 流出土砂調節計画

① 調節作用

洪水時の流出土砂をサンドポケットや砂防ダムにより一時貯留し、その後の平水で徐々に流下させることにより流出土砂の調節を行なうものである。



河床勾配は、土砂濃度が高い洪水時には急勾配に、土砂濃度の低い平水時は緩勾配に堆砂する。

従って、洪水時の河床勾配と、平水時の河床勾配との間の土砂が調節量となる。

メラピ地域における既設砂防ダムの貯砂勾配を調べたものが Fig. 3.2.17 である。これによると Type I、II の河川の貯砂勾配はダム築造前の河床の $\frac{2}{3} \sim \frac{3}{4}$ にあり、K. Krasak では $\frac{1}{2}$ 以上もある。

Type-III の河川では $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ である

砂防ダムの調節量を期待するためには

- ・洪水時貯砂勾配と平水時貯砂勾配の差が大きいこと

- ・洪水時貯砂勾配が平水時貯砂勾配に戻る時間的余裕があること、
が必要である。

② 計画調節量

- ・ Type I, II は 流出土砂が細粒であったり流出土砂が大きいため、計画と、砂防ダムの調節量は見込まないこととする。
- ・ Type III は調節が期待できるので砂防ダムの調節量を見込むものとする。
- ・ サンドポケットは調節量を見込むものとする。

VI) 流出土砂抑制計画

砂防ダム、サンドポケットの貯砂量であるが、計画の対象とする洪水時には貯砂ポケットが満杯となっている可能性が高いため、計画と見込まないこととする。

C) 砂防施設構造物の計画設計施工上の留意点

i) 砂防ダムの高さ

砂防ダムの基礎となる地盤は未固結の Lahar 堆積物や火砕流堆積物がほとんどであり、一般的に地耐力小、透水性大、洗掘性大であり、基礎地盤として良好でない。

このため、砂防ダムの高さは 15m を満に計画する。

高さ 15m 以上を必要とする場合は 1つのダムの貯砂の上に計画する。この場合は基礎地盤は更に不良となるので高さを 10m 以下に計画する。

また、地耐力と浸透路長の不足の場合は、ダム底幅の拡大と水叩、しゃ水壁の増加をはかることとする。

ii) 砂防ダム、床固の前庭部洗掘防止

砂防ダム等により、流砂量の減少など水理条件が変化するため、砂防ダム等の前庭部は必ず洗掘を受ける。

特に河床構成物質が細粒で洗掘を受け易い地域であるので、洗掘防止工は当初から十分計画しておくことが必要であり、原則としてオエ水叩を計画する。

iii) 護岸水制の根固め

護岸や水制の洗掘が考えられる箇所では根固工を計画する。

また、水制を計画する場合は護岸工を併用する。

iv) 砂防ダム袖部の補強

Laharの衝撃により、ダム袖部は破壊され易いので盛工及び護岸工により袖部に直接Laharの衝撃を与えないよう保護する。

v) 砂防ダム、床固工天端の補強

ダムの天端は流砂により摩滅、破損が著しいので、天端は石、木や高強度のコンクリート等で補強する。

vi) 材料及び施工

構造物は極力、経済的及び雇用工の見地から、石、土砂、竹、木等の利用と人カ施工を考えることとする。

vii) 計画の弾力的段階的实施

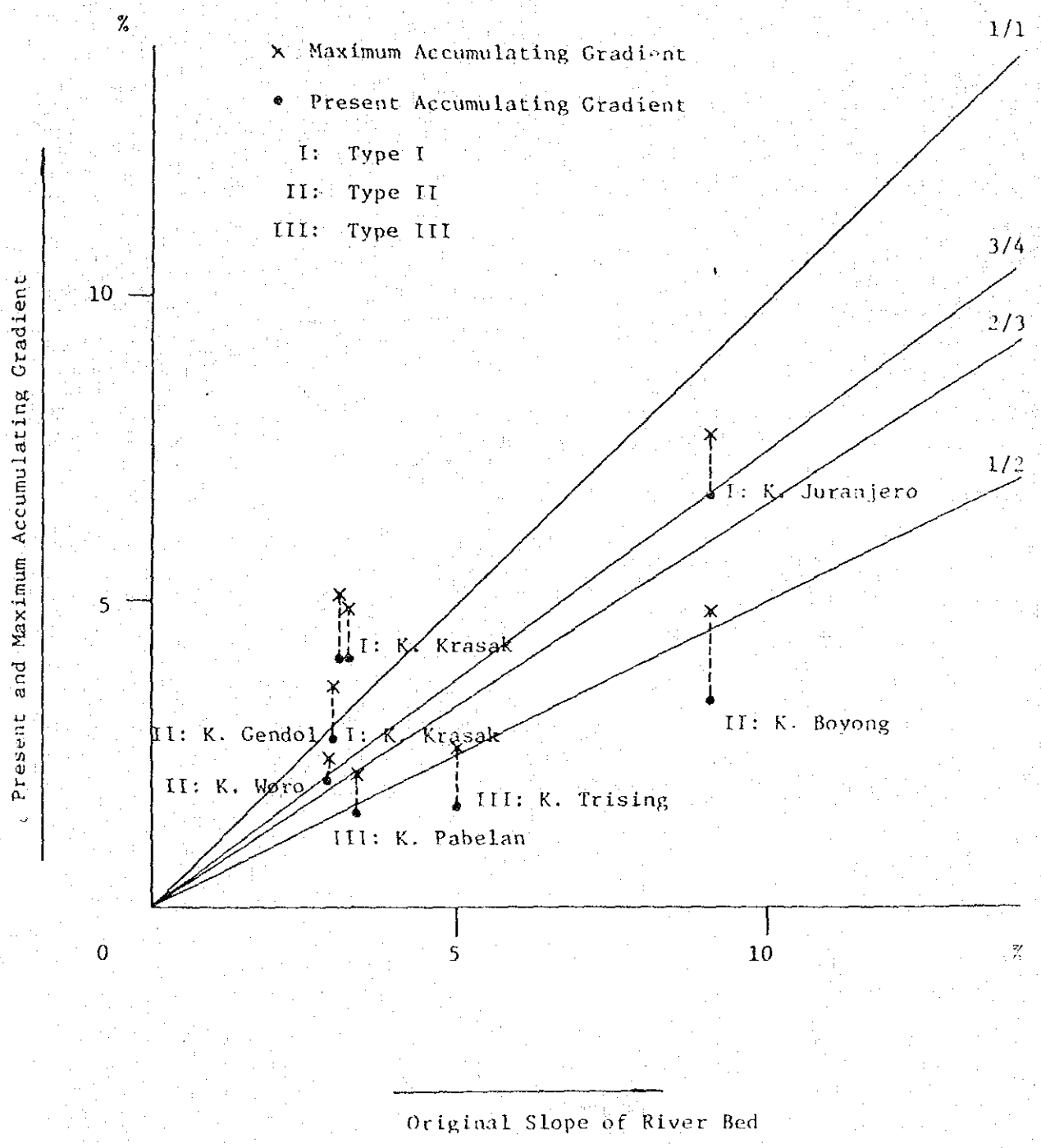
砂防工事には、流砂量や河床変動などに大きな影響を与えるが、計画時に予測出来ない現象も多いので、施工にあたっては、河川の状況を観察しながら弾力的に実施することが必要である。

例えば高いダムでは、二段階に分けて工事の影響を観察しながら施工するとか、計画にないダムを追加計画するとかの配慮が必要である。

viii) 砂防施設の多目的利用

砂防施設をかんがい用水の Intake 等に利用できるよう計画する。

Fig. 3.2.17 Comparison between Original Slope of River-Bed and Present Accumulating Gradient at Site above Check Dam



2) 砂防施設計画試案

Dで述べた基本方針により、モデル河川であるK. Krasak, K. Woro, K. Boyong について砂防施設計画試案を作成した結果は概略を以下に示し、工事費及び工事処理計画の総括を Table 3.2.2 に示す。

River	Facilities						Construction Cost (unit: 1,000Rp.; price in 1978)
	Check dams (No.)	Consolidation dams (No.)	Training Levees (m)	Dike (m)	Groin (m)	Others (No.)	
K. Krasak	14	10	7,140	22,200	4,500	1*	7,300,000
K. Woro	10	5	-	11,520	3,000	1**	4,500,000
K. Boyong	5	2	-	6,960	-	2***	1,500,000
Total	29	17	7,140	40,680	7,500		13,300,000

* Lowering the height of weir by cutting the crown

** Excavating,
*** Construction of bridges

Table 3.2.2 Summary of Construction Cost and Sediment Disposal

River	Case	Construction Cost (Rp. x 1,000)	Volume of Sediment Production Suppression (m ³)	Volume of Discharge Reduction (m ³)	Proposed Sediment Discharge Control (m ³)	Remarks
K. Bebeng	I	7,300,000	5,081,000	(562,000)	2,999,000	Through K. Bebeng
			729,000	(307,000)	3,154,000	Through K. Krasak
	II	7,700,000	5,330,000	(1,355,000)	2,750,000	Through K. Bebeng
			729,000	(307,000)	3,154,000	Through K. Krasak
	III	8,200,000	5,455,000	(2,597,000)	2,625,000	Through K. Bebeng
			729,000	(307,000)	3,154,000	Through K. Krasak
K. Moro	I	4,500,000	1,737,000	1,500,000 (2,522,000)	1,986,000	
	II	4,800,000	"	"	"	
	III	4,600,000	"	"	"	
K. Boyong		1,500,000	501,000	(197,000)	269,000	

* Figures in () are excluded out of the sediment disposal plan

A. Type-1 K. Krasak 砂防施設設計画試案

a) 流域の特徴

i) 流域諸元

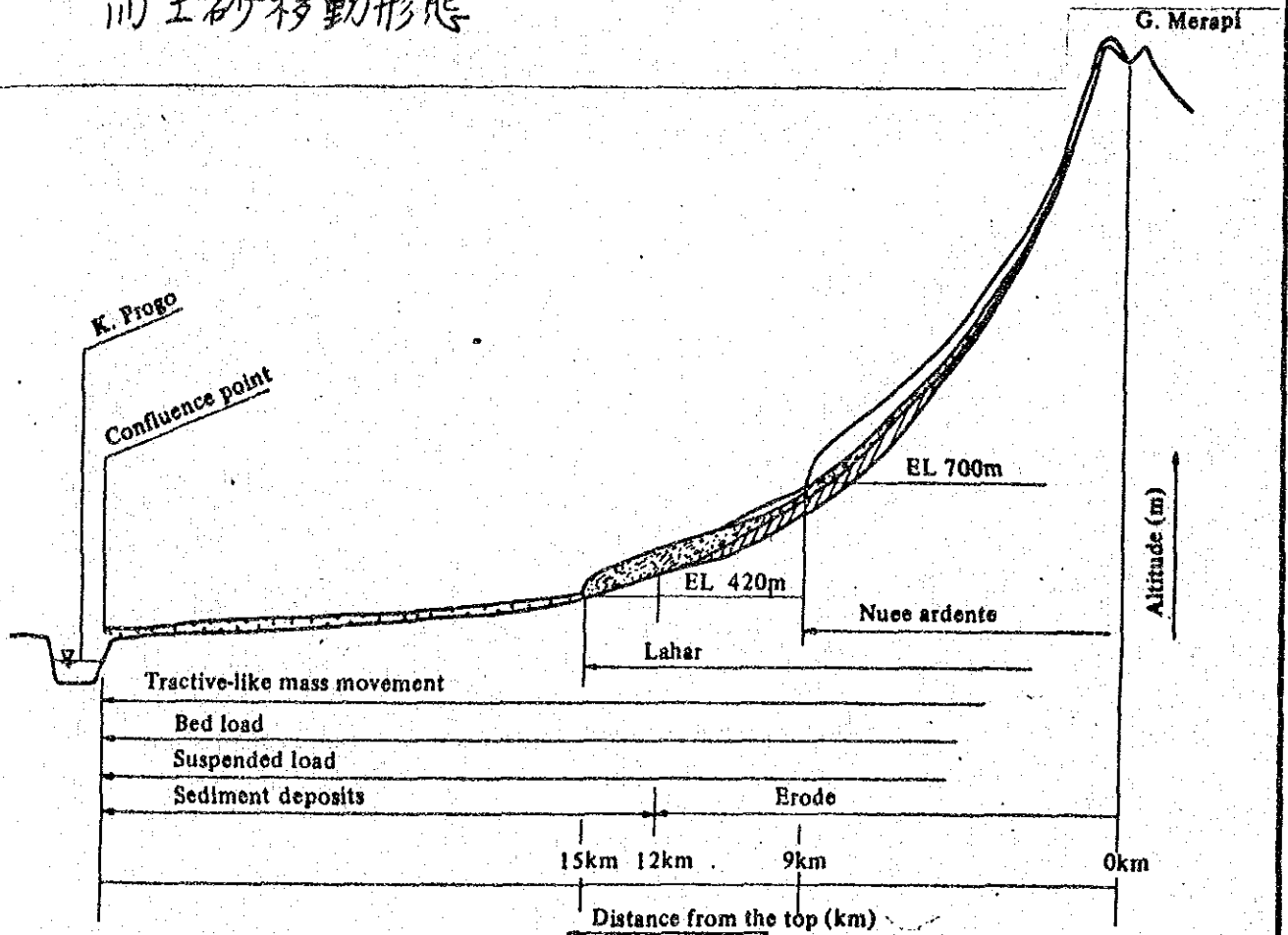
流域諸元は次のとおり

流域面積	河道延長	平均勾配	計画高水流量	備考
31.7 km ²	22.0 km	10.2 %	530 m ³ /s	

ii) 火山噴火の影響

噴火の影響を最も強く受ける地域で、今後も当分はこの状態が続くものと考えられる。

iii) エ砂移動形態

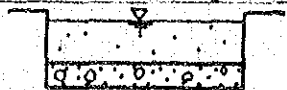


土砂移動で特徴的なことは、土砂の粒径が非常に細粒であるため、水理量の変化により、移動形態が大きく変化することである。

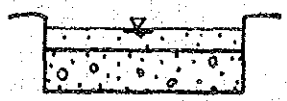
① 掃流状集合流動

土砂と水は分離して流れるが、土砂は集合的に流動する

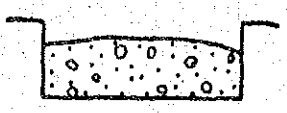
• Individual movement
(bed load suspended load)
各個運搬(掃流浮量)



• Tractive-like mass movement
掃流状集合流動



• mass movement
(mud flow)
土砂集合流動(土石流)



掃流状集合流動の発生条件式

$$I = \left[\frac{C_* (\sigma - \rho)}{C_* (\sigma - \rho) + \rho (1 + h/d)} \right] \tan \phi$$

- ここに C_* = 河床砂礫の容積濃度
- h = 水深 σ = 土粒子の密度
- d = 粒径 ρ = 水の密度
- I = $(\tan \theta)$ 河床勾配
- $\tan \phi$ = 内部摩擦係数

この条件式により、K. Krasakにおける発生領域を求めると、K. Progo 合流点附近において、水深60~700m以上の場合となる。計画高水時の水深は1.5~2mであり、この時は完全に掃流状集合流動となる。

② 浮流

河床粒径が細粒であるためのもう一つの特徴は、各個運搬のうち、浮流の影響が大きいことがある。

Fig A.0 は、浮流と掃流の領域区分であるが、K Krasak 下流、Blaburan 付近では平均粒径 0.475 mm であり、流量 $250 \text{ m}^3/\text{s}$ では全部浮流になる。計画高水流量 $560 \text{ m}^3/\text{s}$ $1/100$ 確率ではもちろん全部浮流である。

③ 流砂量算定上の問題

流砂量の算定は掃流砂、浮流砂については多数の算定式が提案されている。

しかし、集合流動については発生領域などが解明されつつある段階で流砂量式はない。従って当地域については洪水時における流出土砂量の算定は①河床変動による方法もしくは、流砂量の観測によって求めなければならない。ただし、平水時の各口運搬量は流砂量式である程度求められると考えられる。

計画にあたっては計画基本土砂量は河床変動、地形測量及び踏査により求めた量を基本とし許容流砂量は流砂計算値を参考として使用することとする。

iv) 河床変動、氾濫

1969年の噴火により、K Krasak, K Putihは河床の上昇が著しく、氾濫を引きおこした。K Putihは現在河床低下の傾向にあるが K Krasakでは、下流部の取水坑がネックとなっていることや上流からの流出土砂が著しいため現在中下流部は上昇中である。

20km 地奥付近では堆積が著しく、河岸と河床の比高はほとんどないが、この堆積は今後上流に向かって進行し、氾濫地奥が上流に移る可能性がある。

V) 土砂の生産・流出

土砂の生産は主として12km地奥上流の侵食により行われている。特に火山噴出物が多いため Laharが多発し、Laharによる河谷の侵食が著しい。

VI) 重要防護対象

当流域には、15000haのかんがい面積を持つ Mataram 幹線水路、国道等の重要施設がある。

b) 計画基準矣

土砂処理計画の基準となる計画基準矣は次のとおりとする。

i) オ1 計画基準矣

火口より12km地奥。

侵食地帯と堆積地帯界

ii) オ2 計画基準矣

K. Progo 合流矣

C) 計画基本土砂量

計画基本土砂量は噴火の際 Laharが現状どおり K. Bebeng 水系を流下する場合と、K. Krasak 本川水系を流下する場合を考え、それぞれに対応する施設計画とする。(Table A-1)

先ず現状通り K. Bebeng 水系を流下する場合について検討する。

i) K. Bebeng 水系を流下する場合 (Fig A-1)

① 計画生産土砂量

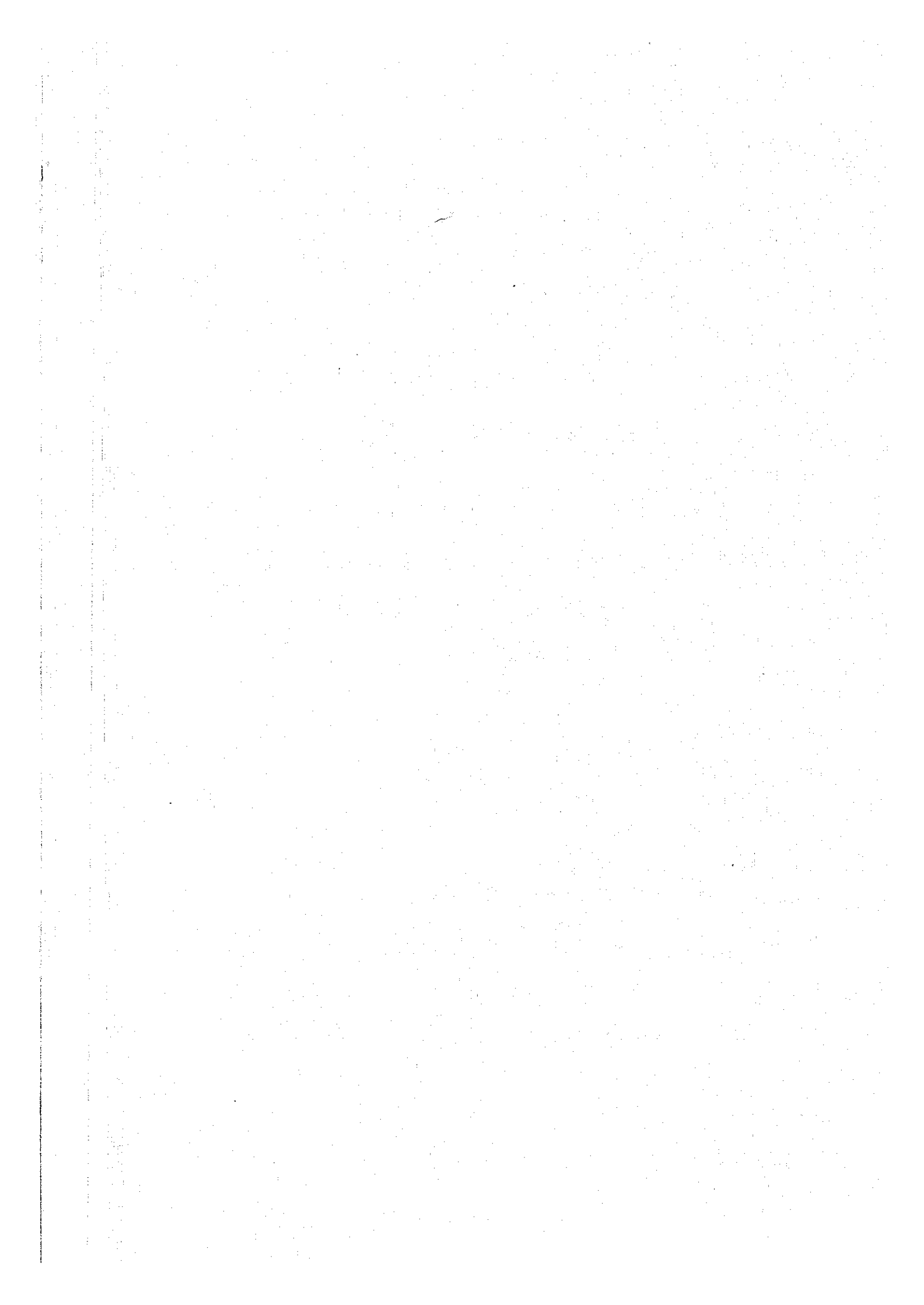
・1969年規模の噴火が再現した場合の噴火1回(1~2年間)当りの生産土砂量とする。

・火口より0~7km地奥

1969年と同じ生産量とする。

・火口より7~12km地奥

次の2Caseが考えられるが計画は Case-1 をとり1969年



生産量と同一とする。

Case - 1 Laharが新規流路を流下する場合

。1969年生産量と同一とする。

Case - 2 Laharが現流路(K. Bebung)を流下する場合

。1969年生産量の50%とする。

。K. Krasak 本川の生産量は1976~'77年河床変動量の2年分とする。

② 計画河道調節土砂量

。オ1計画基準点

1969~'70年の堆積量と同一とする。

。オ2計画基準点

この地域は1969~'70年における堆積物が多量に残存しており、1969~'70年規模の堆積は期待できないので、12~15K間における1970~'76年の平均堆積量とする。

③ 計画流出土砂量

計画生産土砂量から河道調節土砂量を差引いて求める。

④ 計画許容流砂量

。オ1計画基準点

オ2計画基準点の計画許容流砂量と河道調節土砂量を加えたものとする。

。オ2計画基準点

K. Progoに対して許容できる量とする。

K. Progoは1時的に多量な流砂量は河床上昇の元となり支障があるが、流出土砂のピークをカットして平滑化した量であれば問題ないと考えられる。そこで1969~'70

年流出土砂量の平均値を採用する。

⑤ 計画超過土砂量 (計画対象土砂量)

計画超過土砂量は計画流出土砂量から計画許容流砂量を差引いて求める。

ii) K. Krasak 本川水系を流下する場合 (Fig. A-2)

① 計画生産土砂量

0~7K K. Bebung と同量とする

7~12K

・新規流路の場合

K. Bebung と同量とする。

・現流路の場合

K. Krasak 本川は侵食により河中は 100~150m と広く Lahar が流下しても、河幅の拡大はほとんどなく生産されるのは、河床堆積土砂及び河岸段丘であると考えられる。7K~12K 間の生産土砂量は $2,050,000 m^3$ である。

② 計画河道調節量

・K. Bebung と同量とする。

③ 許容流砂量

・K. Bebung と同量とする

以上の結果をまとめると Table A.1, Fig. A.1, A.2 に示すとおりになる。

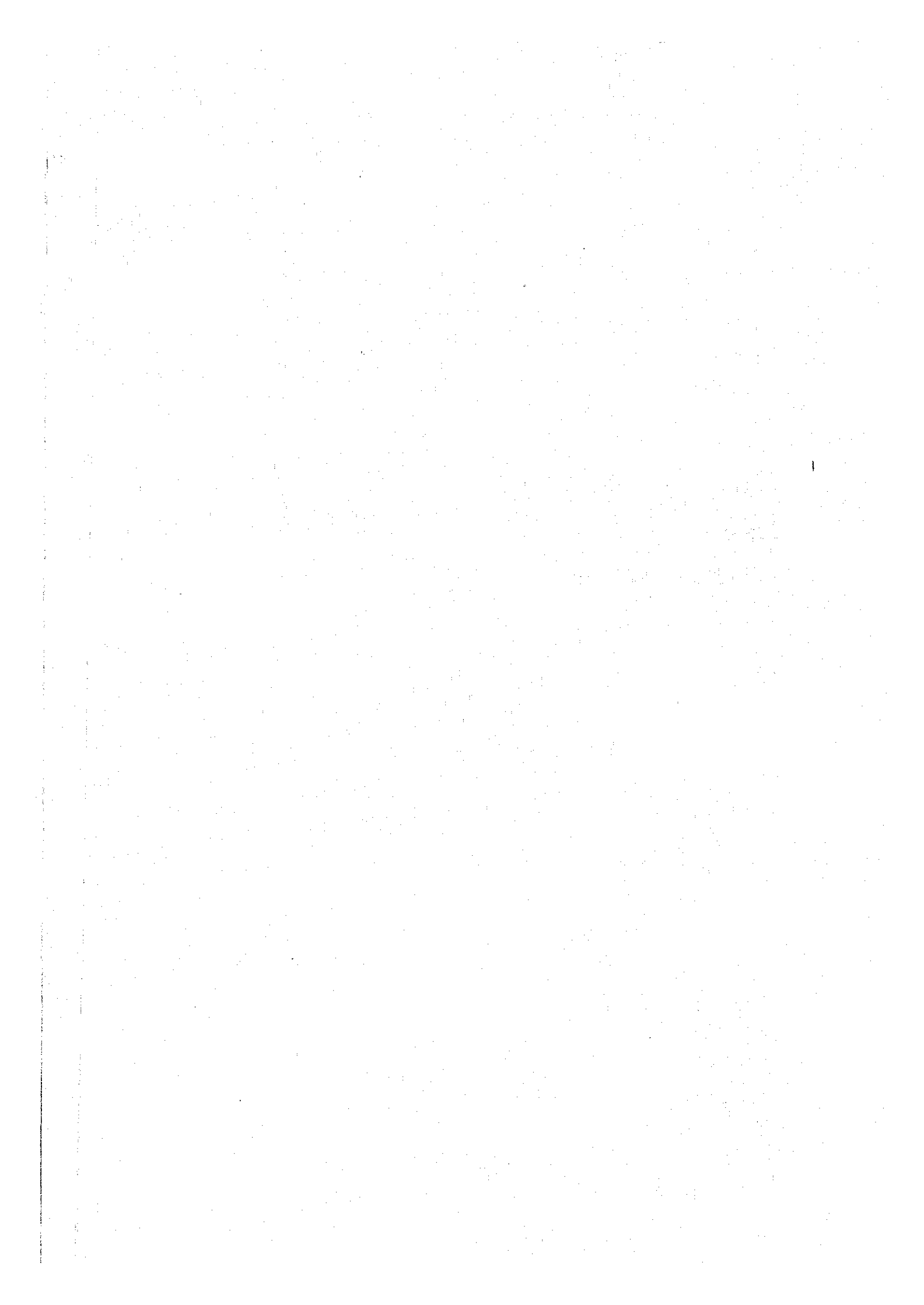


Fig. A.O Relation between Forms of Sediment Load and Rates of Flow at Blaburan (Shinohara - Tsubaki formula)

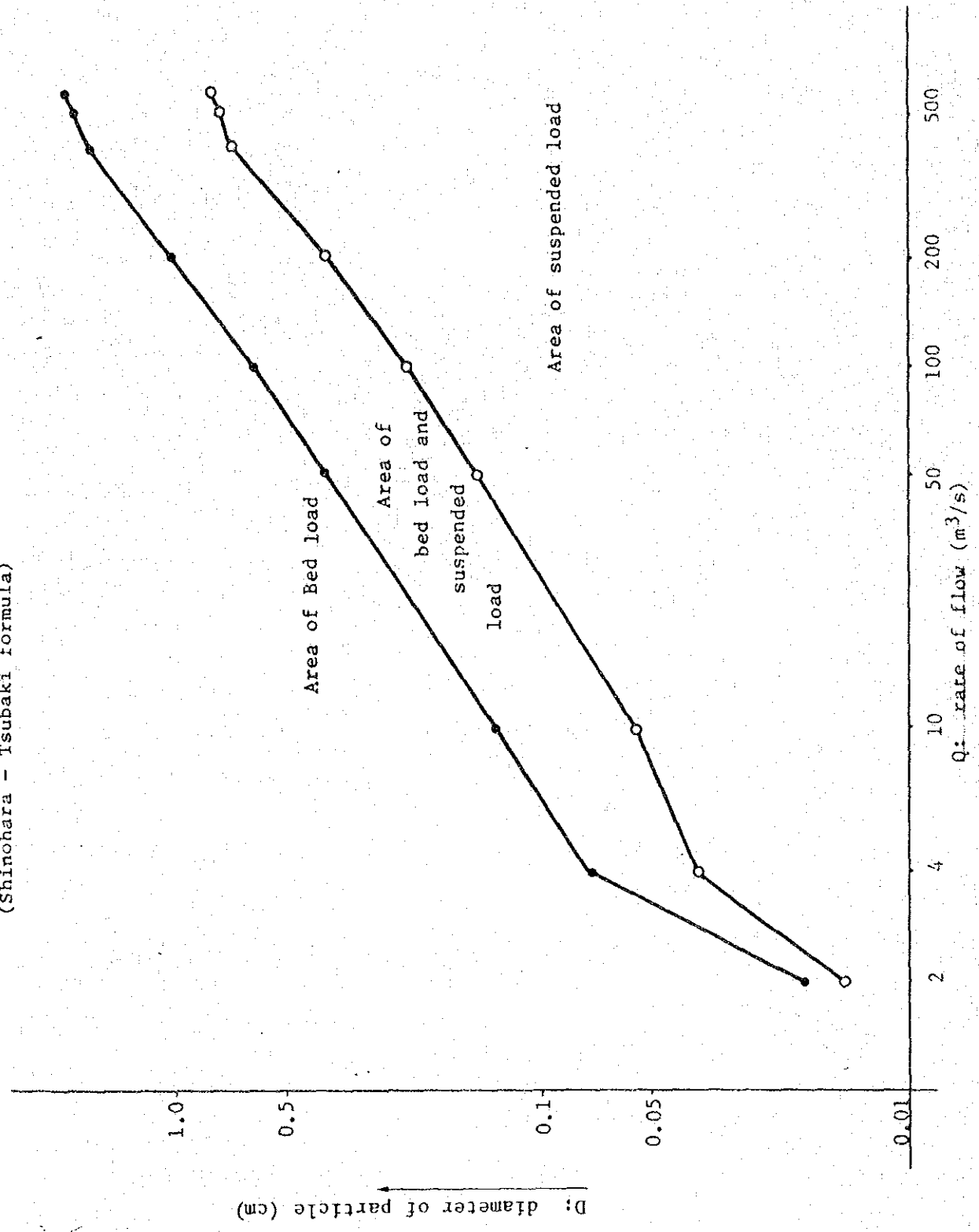


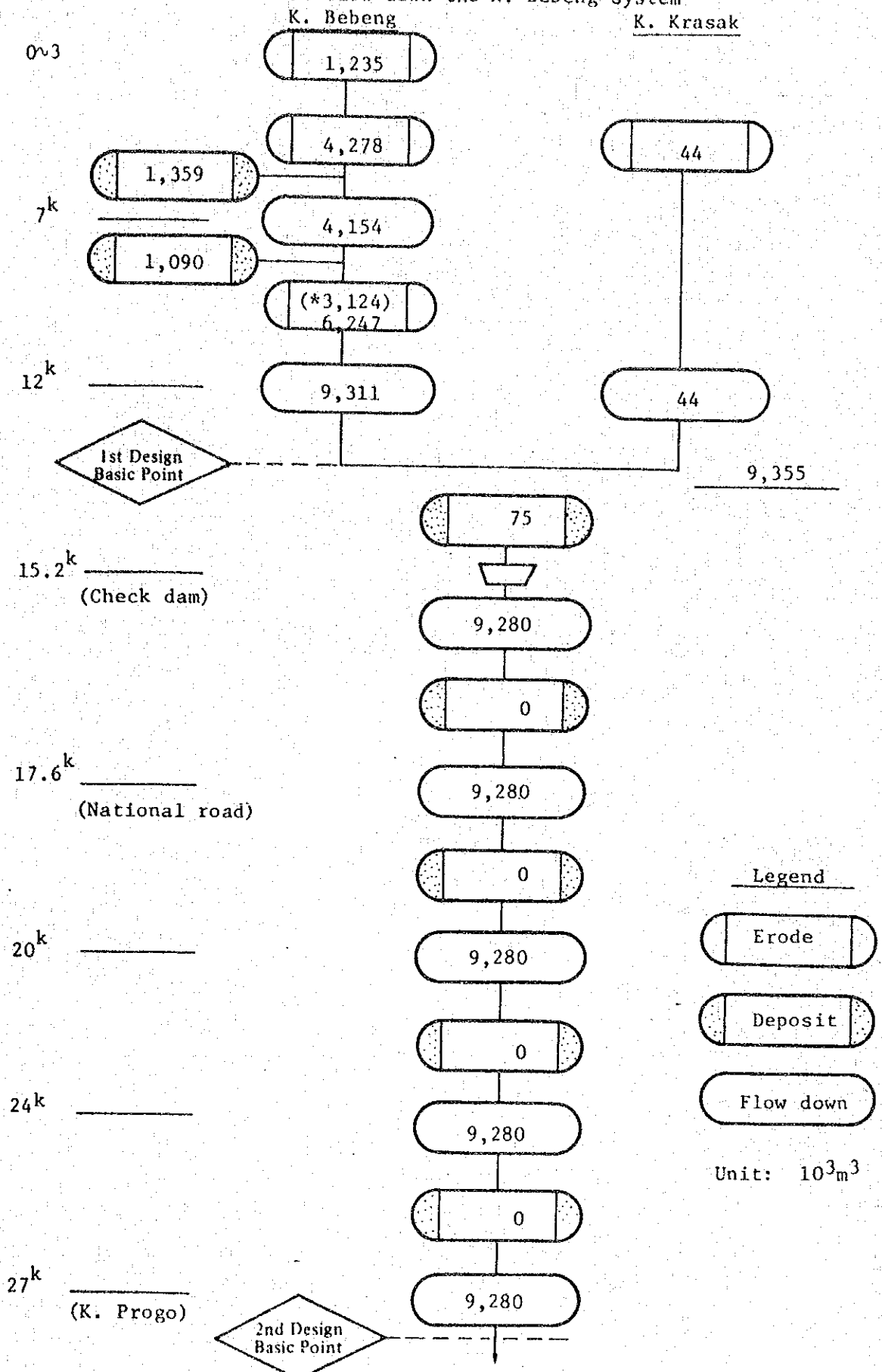
Table A.1 Proposed Sediment Amount on K. Krasak

Unit: $10^3 m^3$

Mark	Proposed Sediment Amount	1st Design Basic Point		2nd Design Basic Point	
		Mark	Sediment Amount	Mark	Sediment Amount
a	Amount of sediment production	a_1	11,804	a_2	0
b	Amount of sediment controlled on river course	b_1	2,449	b_2	75
c	Amount of sediment discharge	c_1	$(a_1 - b_1)$ 9,355	c_2	$(c_1 + a_2 - b_2)$ 9,280
d	Allowable sediment discharge	d_1	1,275	d_2	1,200
e	Excess sediment	e_1	$(c_1 - d_1)$ 8,080	e_2	$(c_2 - d_2)$ 8,080

Fig. A.1 Balance of Sediment Production and Discharge along K. Krasak (Proposed sediment amount)

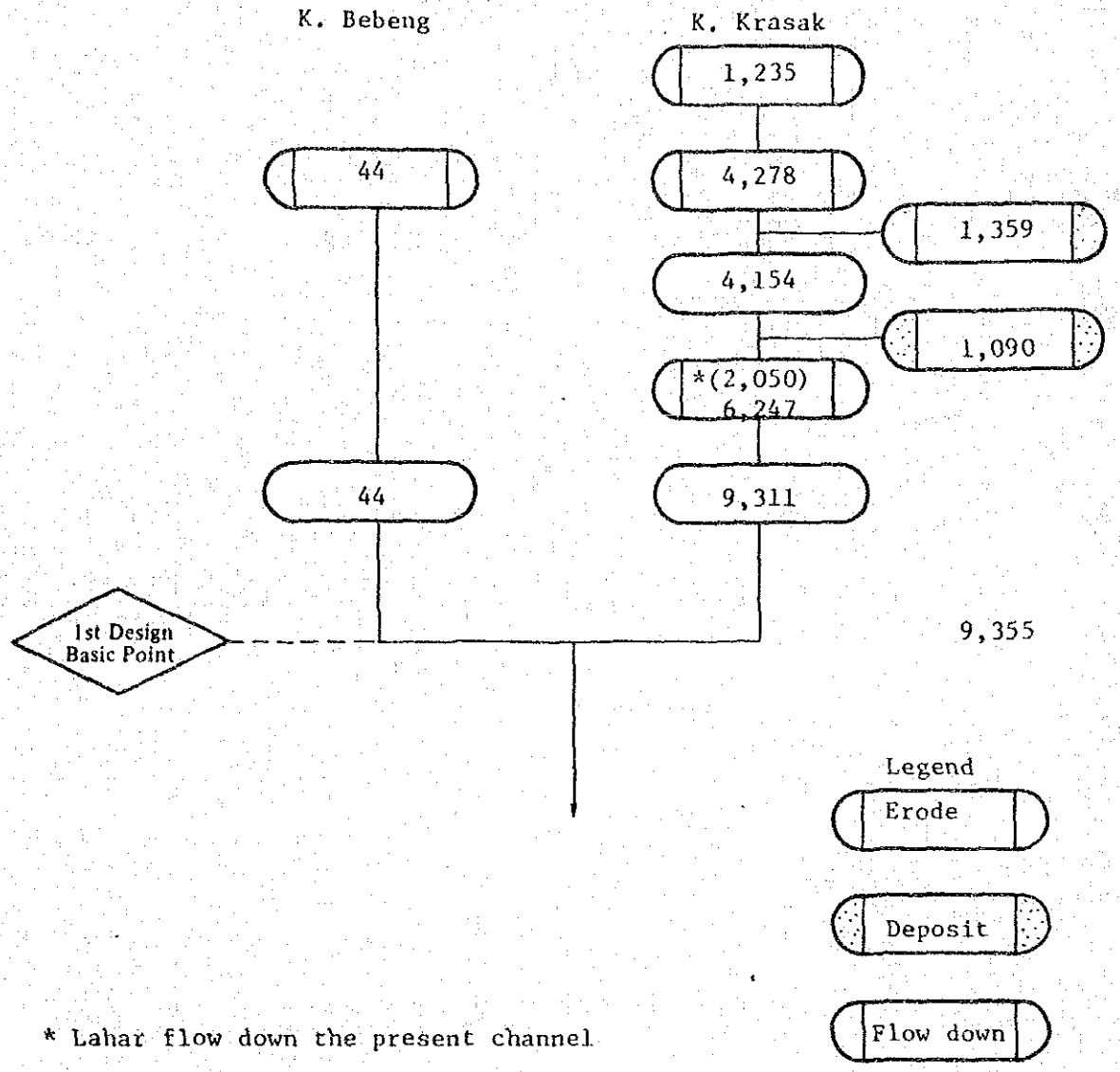
Condition: Lahar flow down the K. Bebeng system



* Lahar flow down the present channel K. Progo

Fig. A.2 Balance of Sediment Production and Discharge along K. Krasak

Condition: Lahar flow down the K. Krasak main river



* Lahar flow down the present channel.

Unit: $10^3 m^3$

d) 砂防施設配置計画

計画の対象とする大噴火時に災害の原因となる計画超過土砂量 $8.080 \times 10^3 \text{ m}^3$ を合理的に処理するとともに洪水を K-Progo までスムーズに流下させるために必要な砂防施設の配置計画を行なう。

i) 生産土砂抑制及び流出土砂調節施設

① 谷口固定工

過去の Nuée Ardente 及び Lahar の氾濫状況から オ1 導流堤を火口より 9km 地奥附近に、オ2 導流堤を 10km 地奥附近に計画し、河道を現流路に流下させるよう導流する。

また 氾濫危険地奥においても導流堤を計画する。(Fig-A.3)

② 砂防ダム・床固工

侵食を防止するため、侵食地帯(12km より上流)に砂防ダム床固工を階段状に計画する。K. Bebengi については 8.6km 地奥上流について 3 Case を考え比較検討した。

K. Krasak 本川については 10km 地奥上流に 5 基計画する。

③ サンドポケット

流出土砂の調節をするため、サンドポケットを計画する。

サンドポケットは 12km ~ 15km 地奥と 8.4km 地奥上流部の 2 箇所候補地について、砂防ダムの 3 Case の計画と組合せて検討した。

検討した Case は次のとおり

Case-1 低階段ダムによる侵食防止案

低ダムを施工の可能な範囲まで、階段状に設けて、侵食の防止をはかる。

① 砂防ダム

8.6km地奥上流についてダム4基(BE-D.6~D.9)を計画する。

② サンドポケット

12~15km地奥のサンドポケットを改善補強する。

特にサンドポケットに土砂が分散堆積するよう床固基とふとん籠により平坦化をはかる。

Case-II ダム嵩上げによる侵食防止案

Laharが河谷外に氾濫しない限度まで極力河床を上昇させて侵食の防止をはかる。

① 砂防ダム

8.6km地奥のBE-D.6号ダムでダムの貯砂後貯砂の上へ順次低ダムを嵩上げして河床上昇をはかる。

(BE-D.6A~D.6E 5基)

Laharが氾濫せず現河道を流下するように計画河床は河岸面から約5mの高さまでとする。

この計画のねらいはLaharにより谷が埋塞された場合、その土砂がその後侵食されないように河床面を極力上昇させておくことになる。

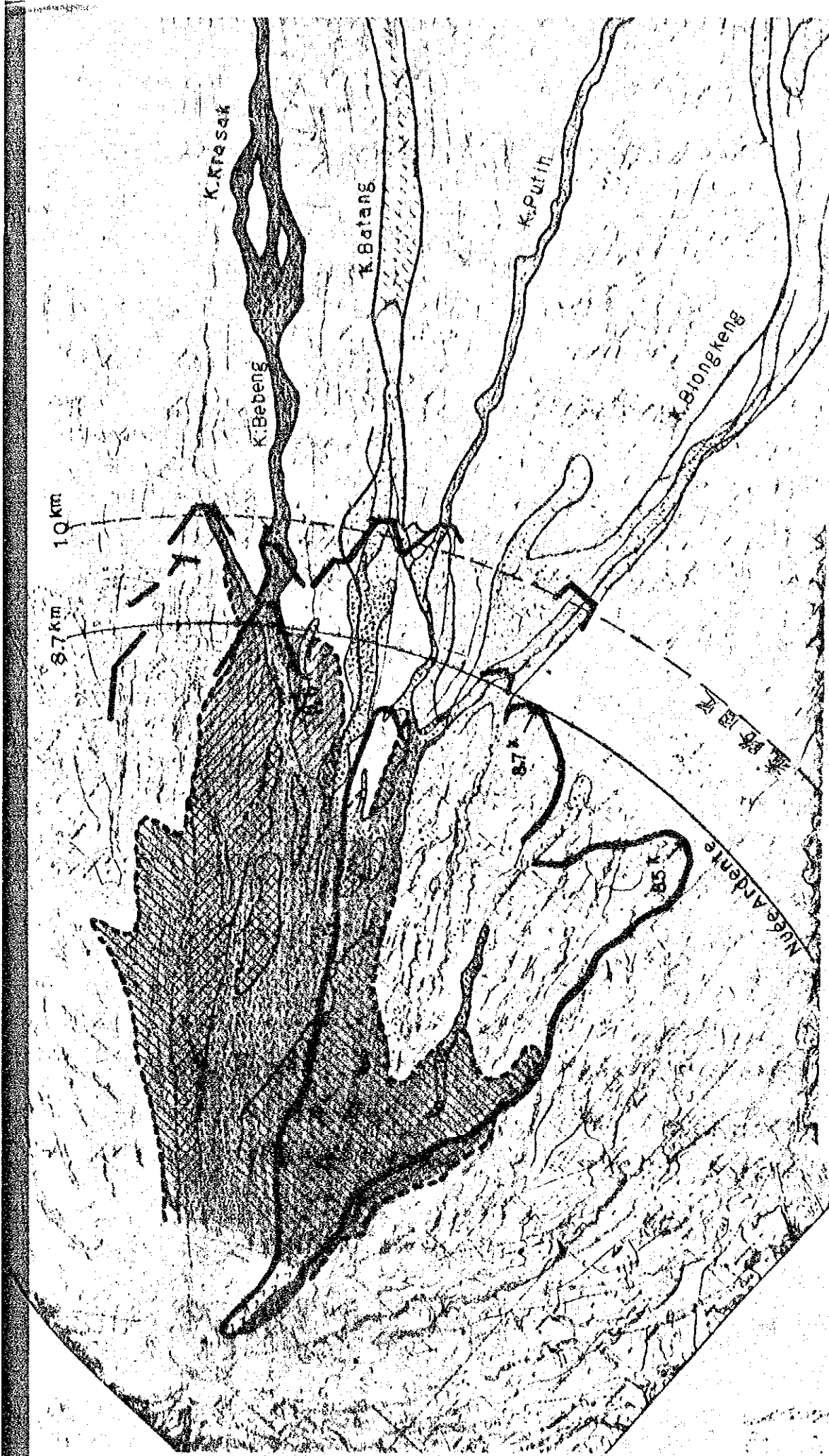




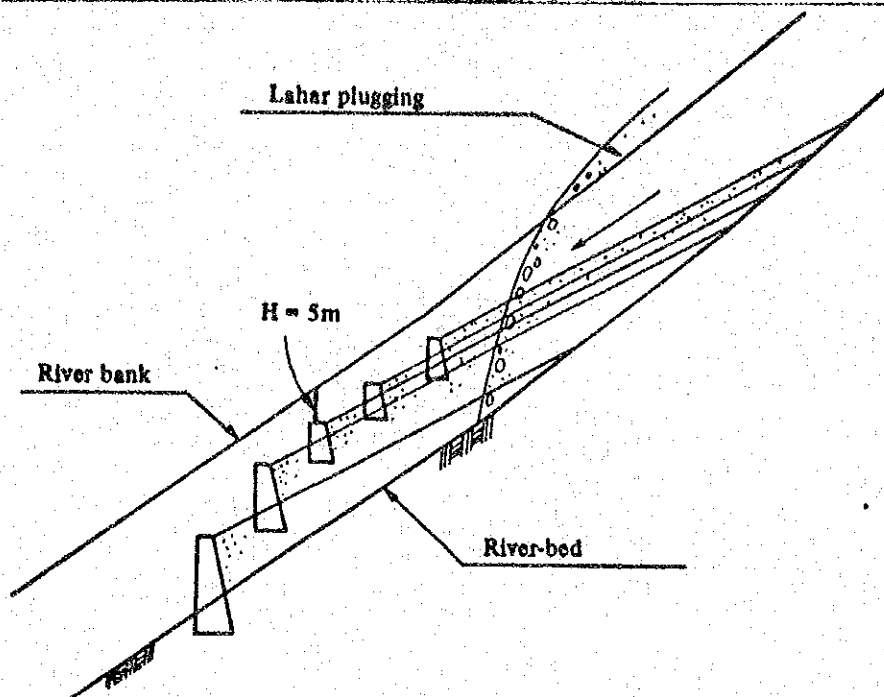


Fig - A.3 Location of Training Levee

-  Nuée ardente of 1930
-  Nuée ardente of 1969
-  Lahar deposit of 1930
-  Lahar deposit of 1969



② サンドポケット

Case-I と同じ

Case-III Lahar分散策

上流部において河床を河岸面まで上昇させてLaharを分散させる。

① ダム

BE-D.6ダムで貯砂の上に順次ダムを嵩げし河岸面まで河床を上昇させる。

(BE-D.6A~D.6D 4基)

また 氾濫したLaharは、導流堤により現河道に導流する。

② サンドポケット

- ・ BE-D.6ダム上流の広場 $500 \times 10^3 \text{ m}^3$ において $1000 \times 10^3 \text{ m}^3$ の土砂の調節を計画する。
- ・ 残量について、Case I、II と同様

12~15km 地災 サンドボケットで調節する。

ii) 河道整備施設

i) 15~20km 地災 (K. Krasak, K. Bebeng 合流 災へ 国道
下流約3km)

- ① はんらん発生危険地災を中心に築堤護岸を計画する。
- ② 国道橋附近の屈曲部は法線形を改良する。

ii) 20~24km 地災 (国道下流約3km~狭さく部)

国道より約3km下流の20km地災より下流は河床
勾配は緩くなり、河幅は拡大し、掃流力が急激に小
さくなり、堆積が著しい。

また、24kmより K. Progo 合流 災までは河幅が40~50
mと狭く、河床勾配も急となっている。26km地災には、
取水堰(未利用)があり、これが流砂のネックとなっている。
この区間では土砂を堆積せず、K. Progoへすみやかに流
送させることが好ましいと考えられる。

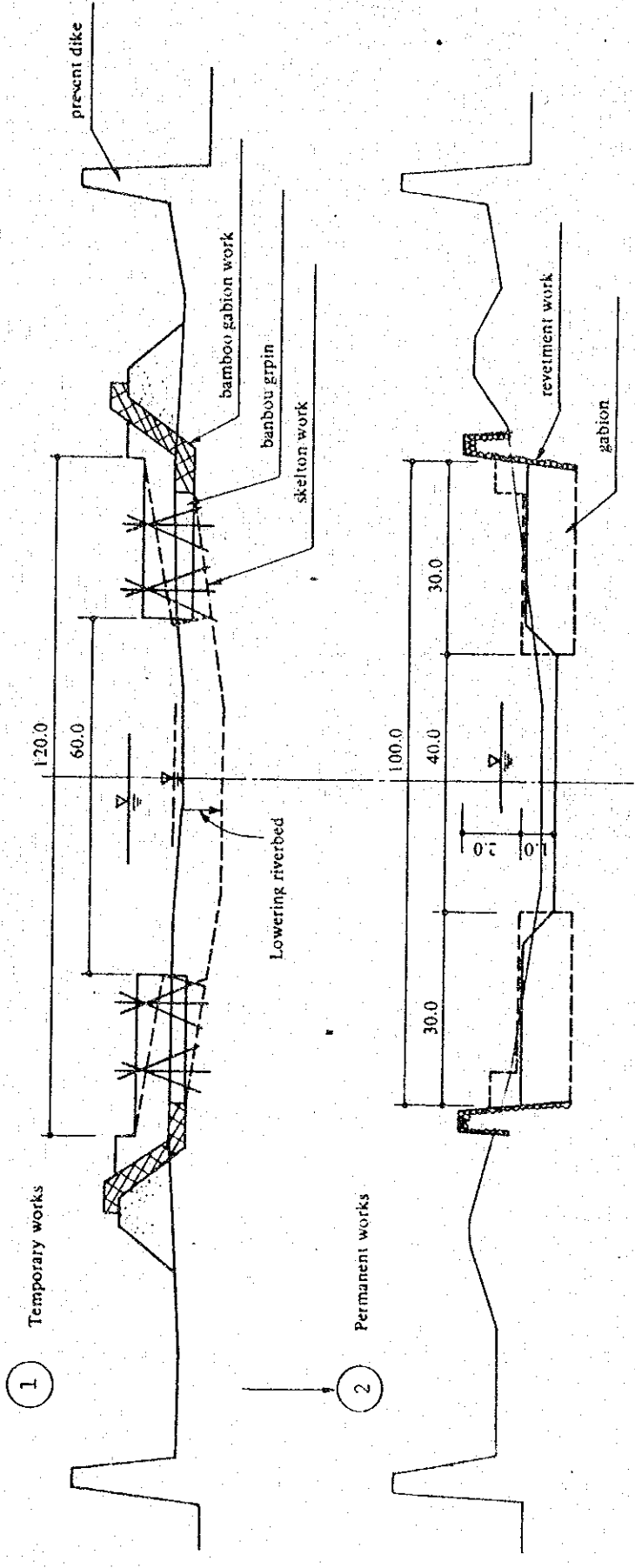
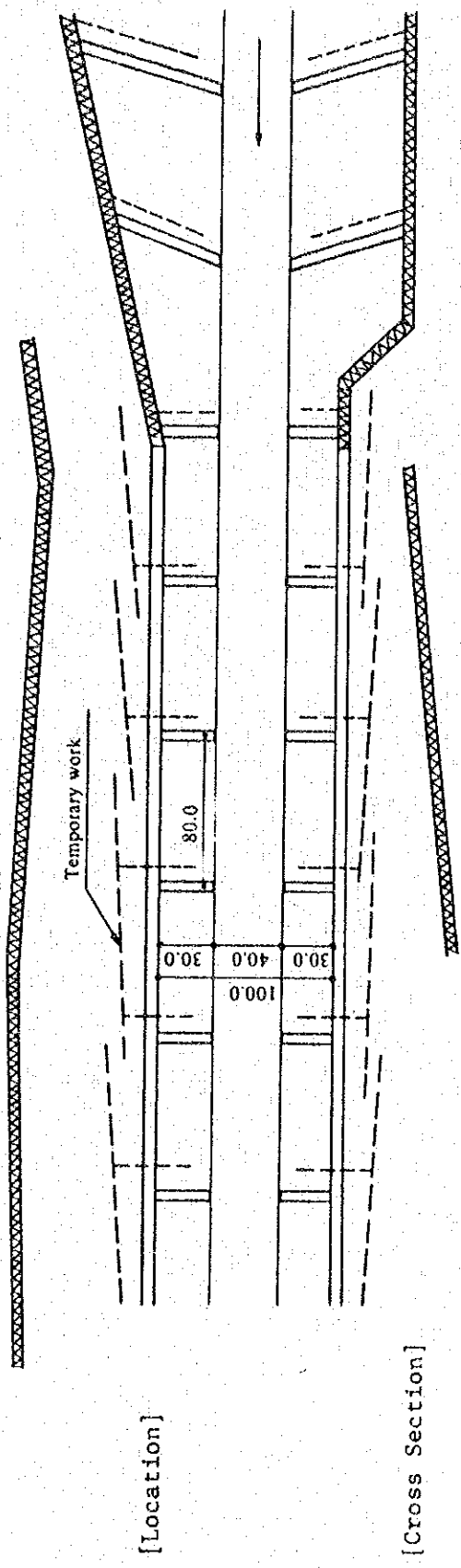
① 取水堰のカット

取水堰を3m程度カットし、河床を低下させ、河床勾配
を急にすることにより、掃流力を増大させる。この場合、
河川を横断している Mataram 水路の逆サホンの保護
工(床固)と橋台保護工(根継)が必要となる。

② 河幅の縮小及び低水路の固定

河幅約100mとして築堤護岸を行ない更に水制によ
り約40mの低水路を固定、計画河床を約2m低下さ
せる。施工は取水堰のカット → 暫定工事 → 本工事の
順とする。(Fig - A-4)

Fig. A-4 River Course Improvement Plan (between 20km and 24km)



当地域は、上流の土砂抑制工事が完成する以前に氾濫防止工事を行う必要があると考えられるので、当分の間は暫定工事により、流路を固定し、将来河道が安定した段階で本工事を実施することが好ましい。

- ・ 暫定工事は、河床変動に対応するよう、柔軟な工法でかつ簡便、安価な構造物を採用する。竹蛇籠、木及び竹の枠工、牛柵等がその候補にあがる。

- ・ 本工事の段階においても、予測できない河状変化に備えて、現河道はそのまま残すことが必要である。

また、河床上昇等により越流しても破壊されないよう築堤は全面練石積等で被覆する計画とする。

iii) 24~26km地帯(狭さく部~Blaburan橋)

Mataran水路等の保護のため護岸工を計画する。

e) 土砂処理計画

土砂処理計画は、噴火時のLaharが①K. Bebeng水系を流下する場合②K. Krasak水系を流下する場合を考える。

計画はどちらの場合も安全である計画とし、計画を1基準点上流は各々独立して土砂処理計画を行う。

土砂処理計画は次の順序で行った。

①生産土砂抑制量をセッとする。

②①により抑制できない土砂量をサドポケットの調節量として計画する。

③K. BebengとK. Krasak本川でサドポケット必要量が異なる場合は大きい方を計画とする。

以上の結果をまとめるとTable A-2のとおり

Table A.2 Proposed Sediment Amount of Along K. Krasak

Unit: 10³ m³

	Case-I		Case-II		Case-III		Remarks
	Amount		Amount		Amount		
Excess amount of sediment		8,080		8,080		8,080	
Fixing valley outlet	(1)	(4,197)	1	3,123	1	3,123	
Check dams and consolidation dams	(5)	(729)	15	2,207	15	2,332	
Subtotal	(6)	(4,926)	16	5,330	16	5,455	
Sand pocket	(1)	(3,154)	1	2,750	2	1,000	
Amount of sediment to be controlled		2,999		1,625		1,625	
Depth		(1.8m)		1.6 m		8.4 km 12~15km	2 m 0.9 m
Total	(1)	(3,154)	1	2,750	2	2,625	
		2,999		1,625		1,625	
Total	(7)	(8,080)	17	8,080	18	8,080	

f) 概算工事費

1978年単価により算定した概算事業費は Table-A-3 のとおり。

g) 計画案の決定

3 Case について比較検討した結果は最も安全性が高く工事費も安価な Case-1 を採用する。

総括表を Table A-3 に示し、詳細は Appendices 3, 4 に示す。

Table A.3 Summary of Sabo Facilities on K. Krasak

Unit: Rp. 1,000

Check dam	Consolidation dam	Training levee (m)	Dike and revetment (m)	groin (m)	Others	Construction cost estimates
14	10	7,140	22,200	4,500	Lowering the crown of weir	7,300,000

B. Type-II K. Woro 砂防施設計画試案

a) 流域の特徴

i) 流域諸元

流域面積	河道延長	平均河床勾配	計画高水流量	備考
42.1 km ²	27.2 km	8.7%	590 m ³ /s	

ii) 火山噴火の影響

噴火の影響は少ない。山頂部(標高2000m以上)の火山灰の流出程度と考えられる。

iii) 土砂移動形態

Nuée Ardente 終端	11	Km地突	標高 550m
Lahar	6	16	360m
侵食地帯	6	10	650m

iv) 土砂の生産・流出

土砂の生産・流出は主として火口より10kmの間で行われている。土砂の生産源は過去のLahar堆積物が大部分を占め段丘堆積物が多い。大きな出水時にはLaharの発生があるが平年では土砂の生産・流出は大きくない。

v) 土砂の堆積

本川であるK. Dengkengは河床勾配が緩く流砂能力が非常に少ないため上流からの供給土砂は中、下流部に堆積し、広大な扇状地を形成している。下流においては農地保全のため、サンドポケット及び築堤が古くより施工されており、古い天井川となっている。

vi) 河床変動及びはんらん

K. Dengkengの最近の河床変動状況は河床上昇の激しいときで2m程度であり、数年で元河床の水準に戻っている。

K. Woroの火口より11km地奥附近より河岸と河床の比高はほとんどなくなり、それより下流では天井川となっている。

このため、古くより扇頂部附近から下流でしばしばはんらんを起している。はんらんは大出水による流出土砂によって、その後長期間に亘る傾向がある。

vii) 河床構成材料

非常に細粒(2mm以下の粒径が約90%)である。

b) 計画基準点

i) オ1計画基準点 火口より10km地奥

ii) オ2計画点 K. Dengkeng合流点

c) 計画基本土砂量 (単位: $10^3 \text{ m}^3/\text{year}$)

本川は、大洪水時の土砂害のほか、K. Dengkengへの流送可能土砂が非常に少ないため、平年における土砂も問題となる。

i) 大洪水年 (計画の対象とする洪水の発生した1年間)

① 計画生産土砂量

侵食を受ける可能性のある不安定土砂量のうち、大洪水年に生産される土砂量とする

・計画オ1基準点 4,219

② 河道調節土砂量

・計画オ1基準点

過去の洪水時に河道で調節された痕跡を調べると2~3mの厚さであるので計画としては2mをとる。

計画面積 $244000 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m} = 488000 \text{ m}^3$

(生産土砂量の12%)

○ 計画オ2基準点

見込まない。

③ 計画流出土砂量

○ 計画オ1基準点

$$6,219 - 488 = 3,731$$

○ 計画オ2基準点

$$3,731 - 0 = 3,731$$

④ 計画許容流砂量

○ 計画オ2基準点

K. Dengkeng 合流点における1969年以降最も流量の大きい1975年流況による流砂量

と $8 \times 10^3 \text{ m}^3$ とする

○ 計画オ1基準点

計画オ2基準点許容流砂量と同量とする。

⑤ 計画超過土砂量

(計画対象土砂量)

○ 計画オ1及びオ2基準点

計画流出土砂量 - 計画許容流砂量 =

$$3,731 - 8 = 3,728$$

ii) 平年

K. Woro は K. Dengkeng 合流点附近においては、河床勾配は $1/600$ と非常に緩勾配であり、流砂能力は $4,000 \sim 8,000 \text{ m}^3/\text{year}$ と非常に少ない。

このため、天井川化し、災害の原因をなしている。このため、洪水時と共に平年における流出土砂量に対しても検討を行なう。

計画高水年にサントポケットに貯留した土砂は、その後、少しづつ流送される。この平年における流出土砂量が、下流にとって有害か否か検討する。

① 計画 平年流出土砂量

1976~'77年のK. Krasak等の 1 km^2 当り平均流出土砂量 (Table-B.1) を参考に $44,000\text{ m}^3/\text{year}$ とする。

K. Woro Sand Pocket 出口地奥

$$12.8\text{ km}^2 \times 3,413\text{ m}^3/\text{year}/\text{km}^2 = 43,69 \approx 44,000\text{ m}^3/\text{year}$$

② 許容流砂量

K. Dengkeng 合流奥 1969~'76年の流砂量

計算から $4,000\text{ m}^3/\text{year}$ とする。

③ 計画超過土砂量

計画平年流出土砂量

許容流砂量

$$44,000 - 4,000 = 40,000\text{ m}^3/\text{year}$$

計画を行わなければ $40,000\text{ m}^3$ の土砂がサントポケット下流に堆積し、河床が年々上昇する。

(Table-B.2)

Table B.1 The Amount of Sediment Discharge During 1976 and 1977 from River-Bed Variation Survey Areas

Tributaries	Basin (kg. km)	Sediment discharge (cu. m/year)	Sediment dis- charge per sq.km (cu.m/ year, sq.km)	Remarks
	km ²	m ³ /year	m ³ /year/km ²	
K. Krasak	23.0	37,700	1,639	The confluence point of K. Bebeng and K. Krasak
K. Bebeng	9.4	106,000	11,277	"
K. Putih	25.8	16,400	636	National road
K. Blongkong	71.2	52,000	730	The river month of K. Blongkong
K. Batang	22.8	63,500	2,785	"
Average	-	-	3,413	

Table B.2 K. Woro Proposed Amount of Sediment

Unit: 10³(cu.m/year)

Mark	Sediment	1st Design Basic Point		2nd Design Basic Point	
		Mark	Amount	Mark	Amount
a	Amount of Sediment product	a ₁	4,219	a ₂	0
b	Amount of sediment controlled on channel	b ₁	488	b ₂	0
c	Amount of sediment discharge	c ₁	3,731 (a ₁ - b ₁)	c ₂	3,731(44) (C ₁ + a ₂ - b ₂) 3,729
d	Allowable sediment amount	d ₁	8	d ₂	8 (4) [*]
e	Excess amount or sediment discharge	e ₁	3,723 (C ₁ - d ₁)	e ₂	3,723(40) (C ₂ - d ₂) [*]

* Figures are the amounts of ordinary year

d) 砂防施設配置計画

大洪水年の計画超過土砂量 $3,723 \text{ } 10^3 \text{ m}^3/\text{year}$
 及び 平年の計画超過土砂量 $40 \text{ } 10^3 \text{ m}^3/\text{year}$

を砂防施設によって合理的に処理するよう、施設の配置計画を行なう。

i) 生産土砂抑制施設

侵食地帯である10km地帯より床固2箇所砂防ダム
 9箇所階段状に設け河床堆積物及び河岸段丘の侵食を
 防止する。

ii) 流出土砂調節施設

既設サンドポケット及び check dam を改良補強して流出
 土砂の調節をはかる。

特に、サンドポケットに分散して堆砂させるため、床固3基を
 設けるとともに築堤護岸の補強、水制の設置を行なう。

iii) 河道整備

築堤護岸の補強を計画する。

iv) 平年超過土砂処理方法

① Case-1 堆積土砂掘削排除案

Check dam 貯砂地において堆積土砂を掘削し排
 除する。

掘削土砂は、建設資材としての利用量以外は堤防裏に
 捨土し堤防の補強を行う。

また、掘削地は貯水池として利用する。

○ 計画掘削捨土量

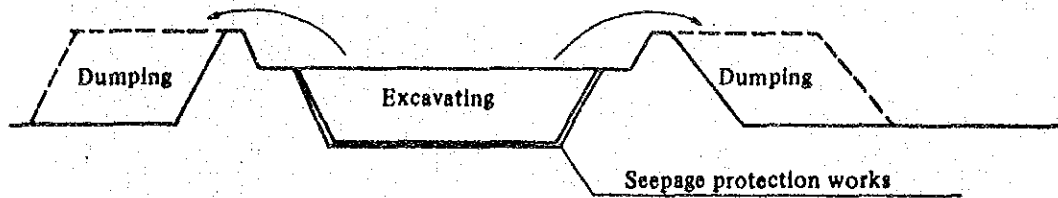
建設資材としての利用 年間 $10,000 \text{ m}^3$ ($3 \text{ m}^3 \times 10 \text{ 箇所} \times 365 \text{ 日}$)

掘削捨土	年間	30,000 m ³	
計		40,000	
計画掘削捨土量		1,500,000 m ³	(30,000 m ³ × 50年)
内訳	1. 工事	450,000	} 工事費計工
	2. 工事期間中維持掘削	300,000	
	3. 工事完了後維持掘削	750,000	

○ 掘削捨土方法

Check dam 上流堤防の裏側に次図のように捨土する。

掘削は長450m 幅200m 深5mとする。



○ 掘削地の利用

掘削は15年分の流出土砂量 450 10³ m³ を施工し、その跡地を漏水防止工を行ない貯水池として利用をはかる。

また、貯水池が完成後は年々堆砂量を掘削する。工事費としては25年間分の堆砂量を見込む。

○ 捨土地

捨土地は表土(作土)を入れて農地として利用する。

○ 工事費

工事費	413,875	1000RP
維持管理費	225,000	
計	638,875	

- 利水便益

乾期に6ヶ月間 $0.029 \text{ m}^3/\text{s}$ の水を約29haの水田にかんがいし、 $190,300 \text{ } 10^3 \text{ RP}$ (現在価値 $46,433 \text{ } 10^3 \text{ RP}$) の便益を得ることが出来る。

② Case - II サンドポケット

K. Woro 下流に於いて新規にサンドポケットを計画する。

- 計画容量

$$30,000 \text{ m}^3/\text{year} \times 50 \text{ year} = 1,500,000 \text{ m}^3$$

- サンドポケット構造

堆積深3mとし、50haの用地を堤防で囲む、農地利用をはかるため50haの用地を約1/3づつに区切って堆砂させるよう、甲仕切堤を設ける。

- 工事費

$$706,750 \text{ } 10^3 \text{ RP}$$

③ Case - III 堤防嵩上げ案

Check dam からサンドポケット間の堤防を嵩上げし、50年分の流砂を貯砂する。

- 計画容量

$$30,000 \text{ m}^3/\text{year} \times 50 \text{ year} = 1,500,000$$

- 構造

50年間の河床上昇高

$$1,500,000 \text{ m}^3 \div 510,000 \text{ m}^2 \approx 2.9 \text{ m}$$

築堤護岸延長 12,000m

- 工事費

$$524,000 \text{ } 10^3 \text{ RP}$$

e) 土砂処理計画

以上の方針により施設を配置した結果は Table B.3 のとおり。

f) 概算工事費

1978年単価により算定した概算工事費は Table B.4 のとおり。

詳細は Appendices 3, 4 に示す。

g) 計画案の決定

平年の超過土砂の対策として 3 Case を考え比較した結果、危険性がなくかつ経済性の高い Case I を採用することとする。

Table B.4 Summary of Sabo Facilities on K. Woro

Unit: Rp. 1,000)

Check dam	Consolidation dam	Training levee	Dike and revetment	Groin	Others	Construction cost estimate
10	5	(m)	(m)	(m)	Excavation work	(m)
		-	11,520	3,000		4,500,000

Table B-3 Proposed Sabo Facilities and Sediment Amount

(Unit: $10^3 \text{ m}^3/\text{year}$)

	Flood year		Ordinary year		Remarks
	Number	Sediment amount (m^3)	Number	Sediment amount (m^3)	
Excess amount of sediment		3,723		40	
Check dams and consolidation dams	12	1,737			
Reduction amount of sediment			1	*40	
Sub total	12	1,737	1	*40	
Sand pocket	2	1,986			Include the check dam upstream of the national road and three consolidation dams
Depth		0.58 m			
Sub total		1,986			
Total		3,723		40	

* Reduction amount of sediment discharge

