

土構造物中に設ける排水フィルターに就いて

東北大学 工博 河 上 芳 義
○ 江 刺 靖 行

ま え び き

フィルターは土構造物の排水を目的として本体の細粒土層に接して設けられ、飽和による破壊、あるいは流線の集中による浸蝕、パイピングによる崩壊を防止するものである。一般に道路や飛行場その他において排水用多孔質管及び空継手の周囲に用いられる。又コンクリートダムのエプロンの下や溝渠の、浸透水が流出する部分及びアースダムの斜面先や堤体内の不透水性部と透水性部の境界に用いられる。したがってその性質上いずれの場合も、フィルターに接している本体 (*Base material*) の土粒子がフィルター層の空隙に堆積しあるいは空隙を通して流通してはならぬ。又、フィルターは *Base material* 層よりかなり透水性に富み、フィルター層内でいじりしい水頭の上昇がなく、自由に移動水が浸透し排水される必要がある。

この2つの必要条件からフィルター材料の限界が定められる。1930年頃 Terzaghi¹⁾によつて次の限界が求められて以来、数多くの実験及び現場の観察によつて *Base material* とフィルターとの粒度曲線が比較的平行な場合この限界が認められて来た。主なものは次のとおりである。

○ Karl Terzaghi

安定性の条件に対して $\frac{D_{15f} \text{ (フィルターの15\%径)}}{d_{85b} \text{ (Base materialの85\%径)}} < 4 \sim 5$
透水性の条件に対して $\frac{D_{15f}}{d_{15b}} > 4 \sim 5$

○ G. E. Bertram

均一フィルターについての実験から、

安定性の条件に対して $\frac{D_{15f}}{d_{85b}} \leq 6$

透水性の条件に対して $\frac{D_{15f}}{d_{15b}} \geq 7$

法面保護に用いられるフィルターに対して

$$5 < \frac{D_{15f}}{d_{15b}} < 10$$

○ U.S. Waterways Experimental Station

Terzaghi の式が正しいことを確かめ、Base material とフィルターの粒度曲線は互に平行に近くなければ適当な安定性が得られぬと述べている。

フィルターが良配合の場合

$$\frac{D_{15f}}{d_{15b}} < 2.0 \quad \text{及び} \quad \frac{D_{50f}}{d_{15b}} < 2.5$$

一般に 安定性の条件に対して $\frac{D_{15f}}{d_{15b}} < 5$

透水性の条件に対して $\frac{D_{15f}}{d_{15b}} \geq 5$

粘着力のある Base material に対するフィルターの 15% 分は 0.1 mm 以上でよいと提案している。

○ Bureau of Reclamation

天然の土を Base material として用い実験を行い、均一フィルターに対して、 $5 \leq \frac{D_{50f}}{d_{50b}} \leq 10$ 。良配合のフィルターに対して、 $12 < \frac{D_{15f}}{d_{50b}} < 58$ 、 $12 < \frac{D_{15f}}{d_{15b}} < 40$ 。又フィルターに 0.075 mm を通過する部分が 5% 以上あってはならぬと述べている。

著者の研究においては定水位透水試験器と加圧式透水試験器を用いて Base material に粘着力のある自然土及び砂、標準砂を用い、フィルターを種々配合して実験を行いフィルターに関する限界を求めた。Base material が砂の場合は、均一なフィルターに対して、安定性の条件から $\frac{D_{50f}}{d_{50b}} < 7$ であるべきで、良配合のフィルターは 2つの必要条件から $3.5 \sim 5 < \frac{D_{15f}}{d_{15b}} < 9$ かつ $\frac{D_{15f}}{d_{50b}} < 4$ でなければならぬという結論を得た。

実験材料および実験方法

Base material として名取川、青森県大湊、大河原、千葉県養

老川の砂，福島県相馬小高の標準砂，大湊，平市の砂質ローム，仙台八木山のシルト質ロームを用い，これに対してフィルターは小高の標準砂，及び名取川の礫を，そのまま，あるいは再配合したものをを用いた。

実験装置は，透水性の大きな *Base material* の実験には図 1 に示す定水位透水試験器を用い，又透水性の小さい *Base material* の実験には図 2 に示す加圧式透水試験器を用いた。実験は *Base material* に対しあらかじめ配合したフィルターを試験器の下層に分離しないようにつめ，*Base material* は上層に JIS A 1210 の突固め試験による最適含水比で最大密度になるようにつめて透水。流出あるいは，フィルター層に堆積した *Base material* の量によって安定，不安定，パイピングの判定を行った。透水時間には粘着力のある場合 7～15 日，粘着力がない場合 3～7 日で，その間，実際のフィルターとの透水時間の差及び地震の場合を考えに入れ，判定を明確にするために振動器によって

図 1
定水位透水試験器

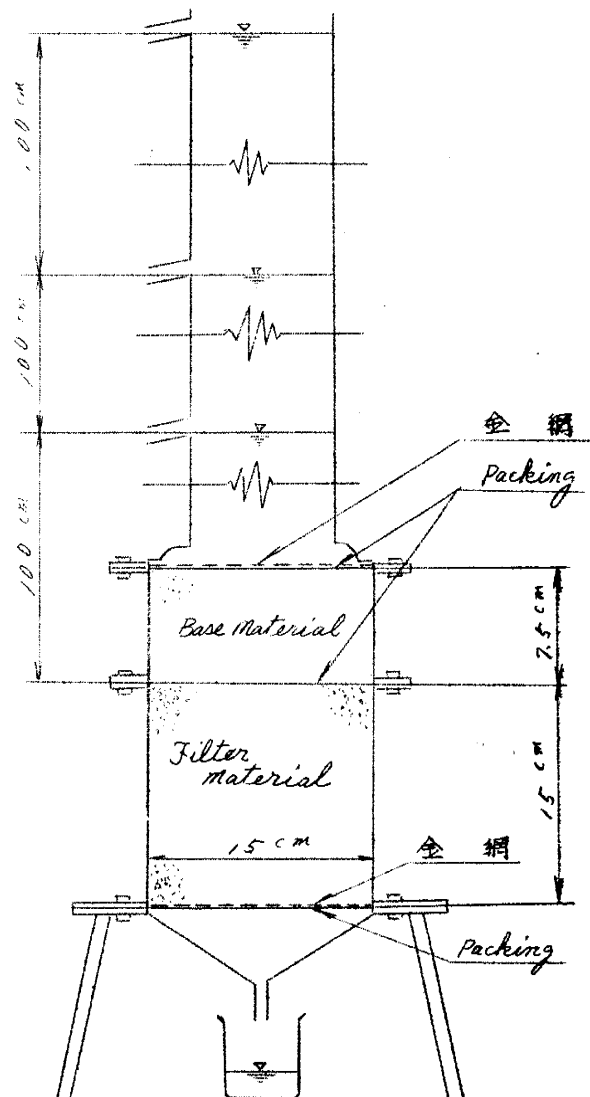
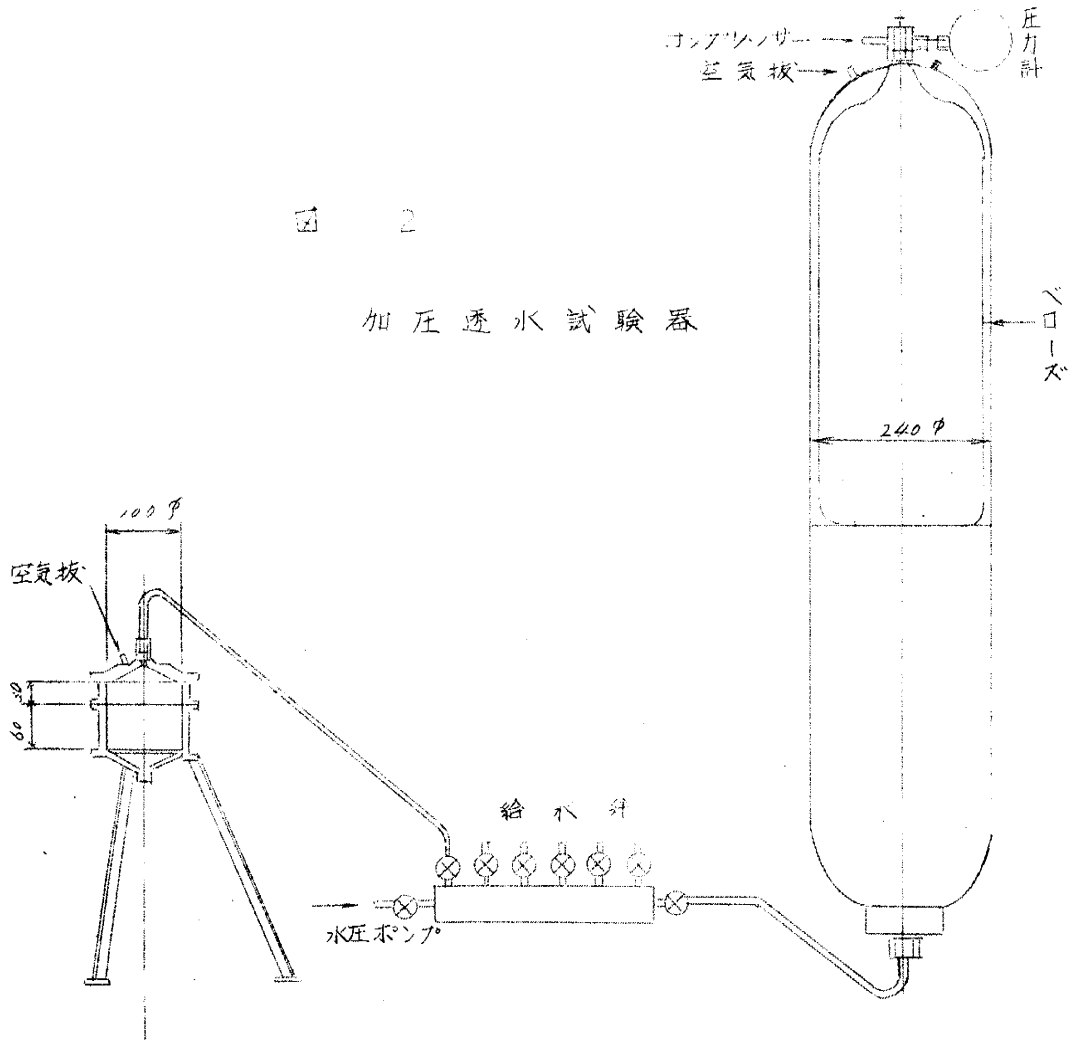


図 2

加圧透水試験器



振動を与え Base material の流下を観察した。

Base material に対する フィルター の 配合 は、

- (イ) Base material の 粒度 曲線 に ほぼ 平行 な フィルター の 配合
- (ロ) 平行 で ない フィルター の 配合
- (ハ) 安定性 の 限界 附近 で フィルター の 20% 径 を ほぼ 一定 に た も ち 配合 を 変 え た も の

の 三 と お り で あ る。

実 験 結 果

- (1) 図3と図4の比較から明らかなるごとく Base materialに粘着力がない場合、フィルターの粒度配合は安定性に影響を及ぼした。特に安定条件限界近くのフィルターの20%径以下を変えた実験でその影響が顕著であつた。

均一なフィルター（均等係数2以下）に対して安定性の条件から $\frac{D_{50f}}{d_{50b}} < 7$

良配合のフィルター（均等係数2以上）に対し安定性の条件から $\frac{D_{50f}}{d_{50b}} < 15$ なる限界が得られた。

二 3 フィルターの均等係数2以下

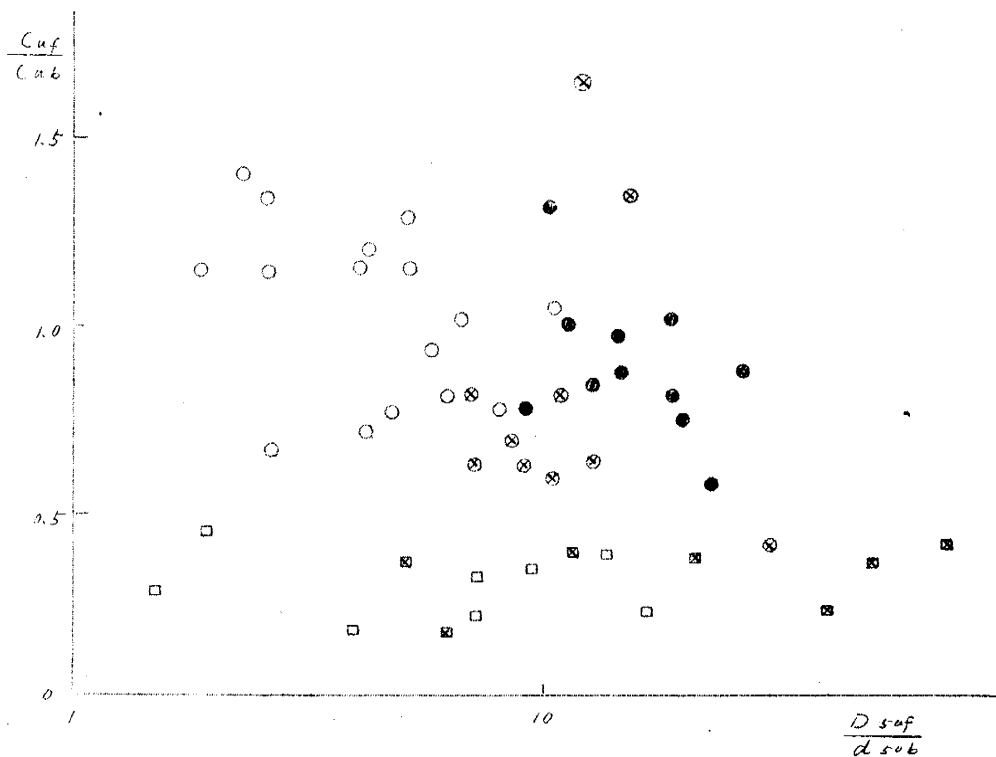
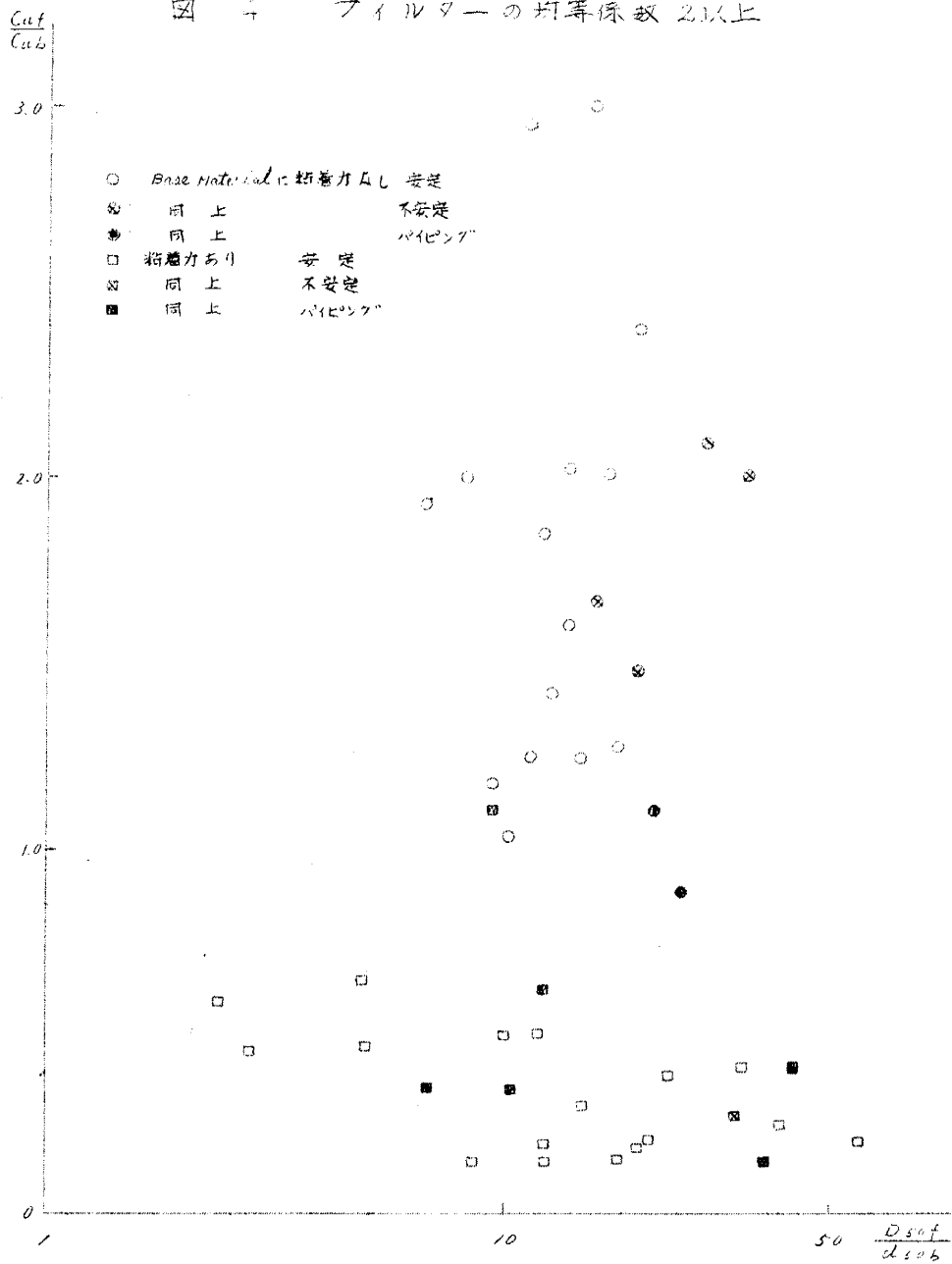


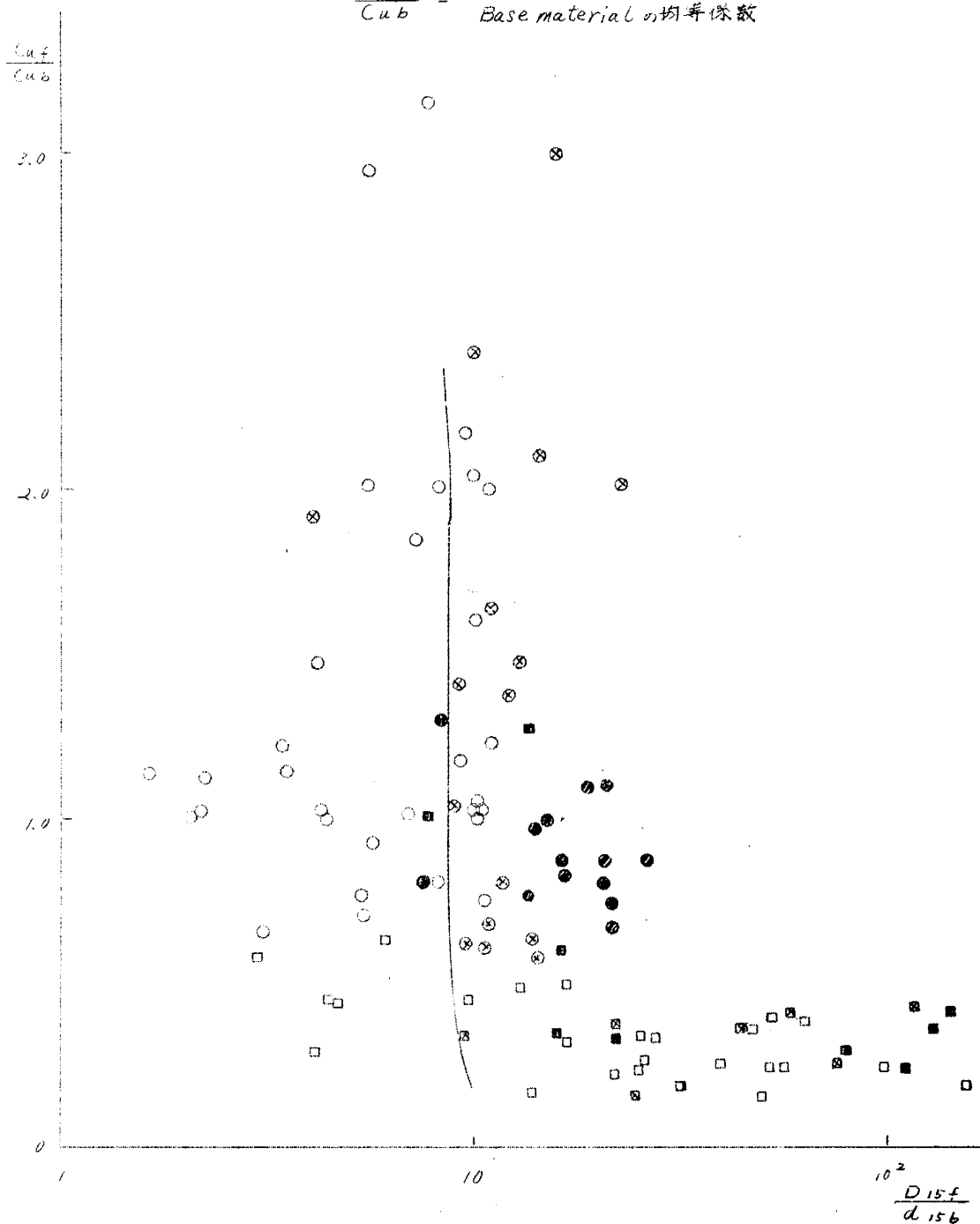
図 4 フィルターの相対係数 2.0以上



(2) Base material の粒度曲線に対する、フィルター の粒度曲線 の傾きの度合が、安定性に及ぼす影響は、図 5, 6 のごとく、Base material が砂の場合は少なかった。

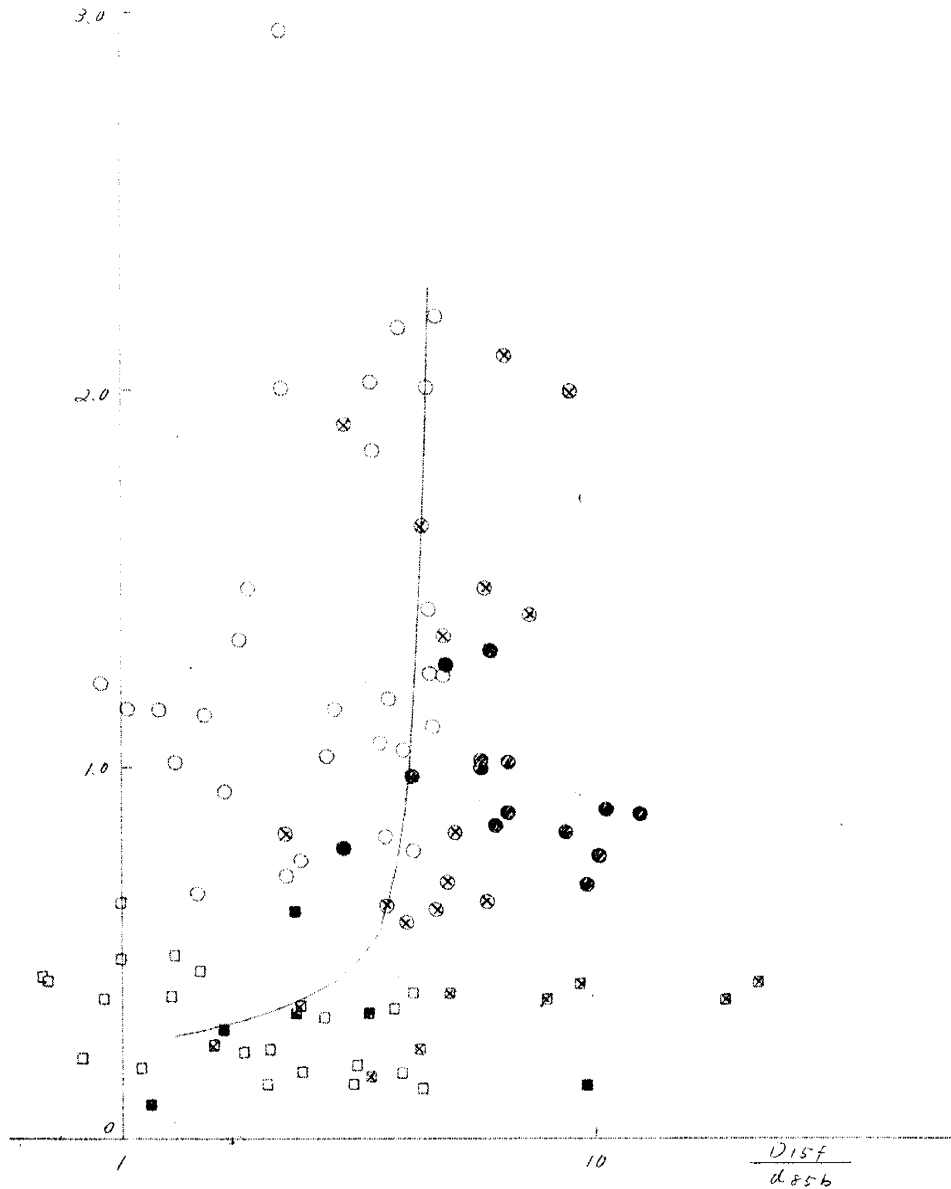
図 5

$$\frac{C_{uf}}{C_{ub}} = \frac{\text{フィルターの均等係数}}{\text{Base materialの均等係数}}$$



$$\frac{C_{uf}}{C_{ub}}$$

図 6

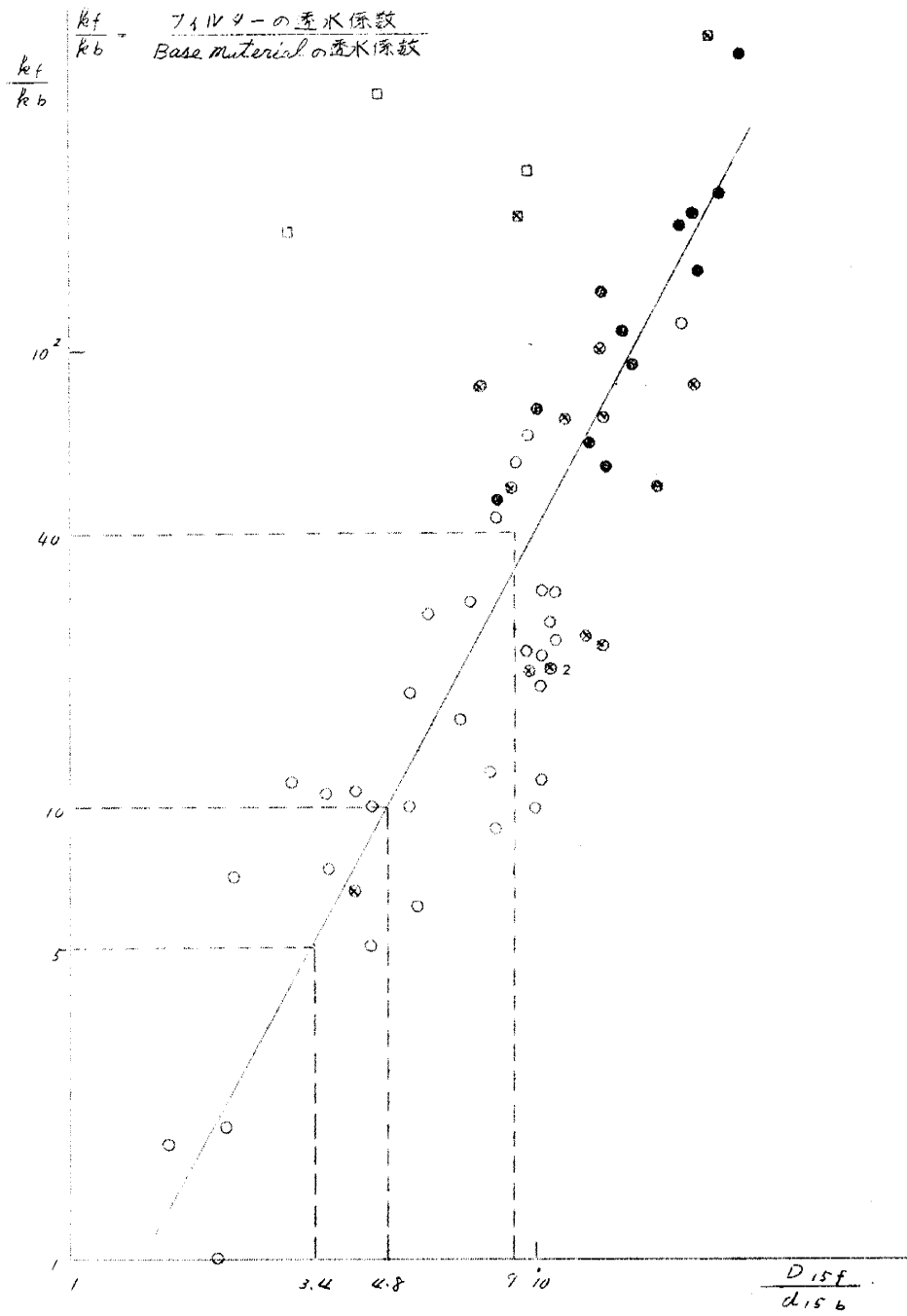


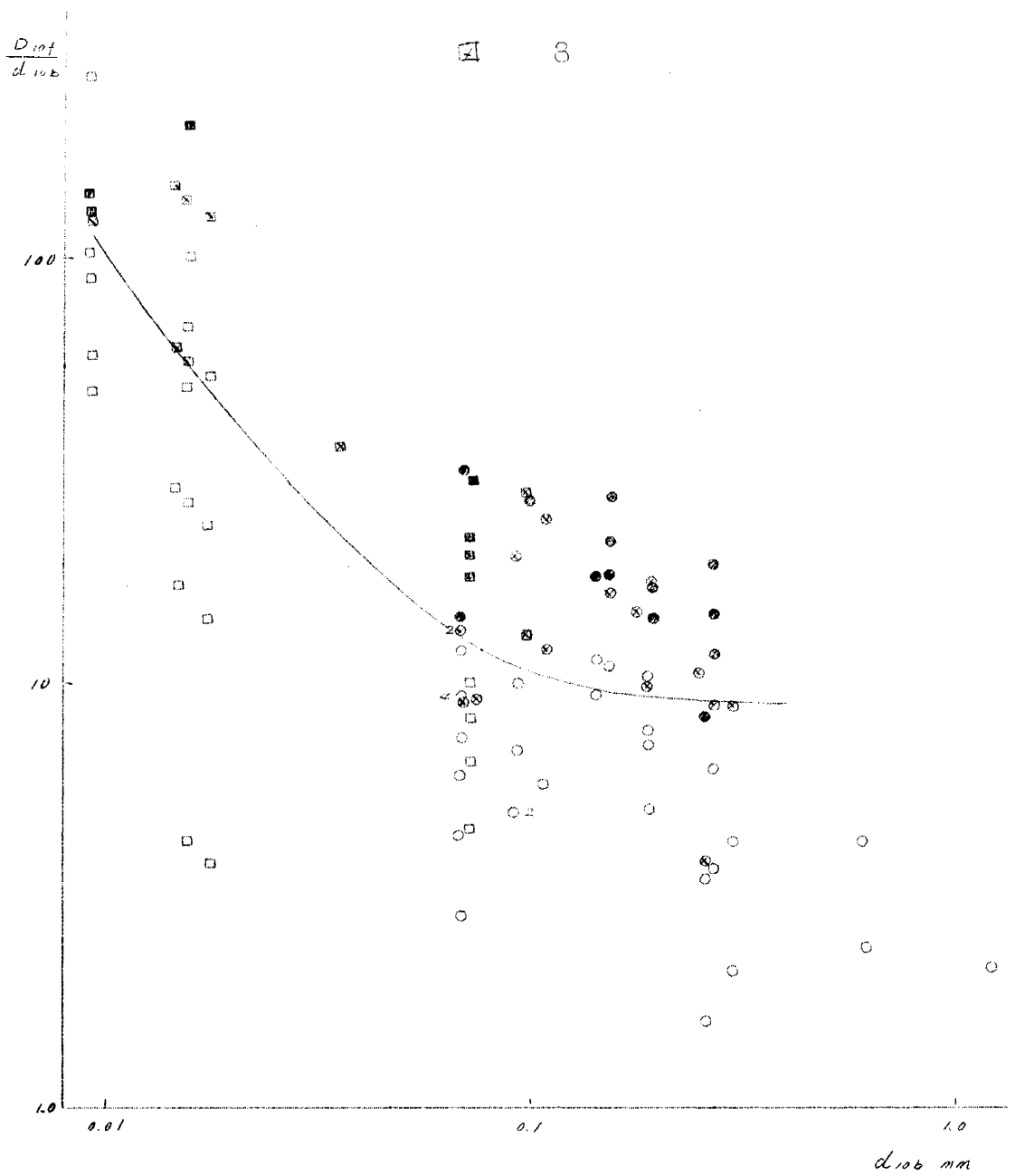
(3) 図 5.6.7 から明らかなごとく Base material が砂の場合は,

$$\frac{D_{uf}}{d_{ub}} < 9, \quad \frac{D_{uf}}{d_{ub}} < 4, \quad \frac{k_f}{k_b} < 40, \quad \text{に安定であった。}$$

(4) Base material の 10% 径の大小によつて安定性の限界は, 図 8 のごとく, 粘着力のある場合に非常に変化し砂の場合はほとんど

図 7





ど変化しなかった。

- (5) フィルターの透水性に対する条件は本体の透水性、フィルター層の厚さ、勾配等、それぞれ現場の条件に応じて流線網を描き決

定されるのであるが、一般にフィルターと Base material, 又は、
 ジーンフィルターにおいてフィルターとフィルターの透水係数の
 比は 5 ~ 10 以上必要であるといわれているので、これによると

$$\frac{D_{15f}}{d_{15b}} > 3.5 \sim 5 \text{ であつた。}$$

結 論

Base material に粘着力がない場合のフィルターの限界は、 $3.5 \sim 5 < \frac{D_{15f}}{d_{15b}} < 9$ 、 $\frac{D_{15f}}{d_{15b}} < 4$ 、但し透水係数の比 $\frac{k_{filter}}{k_{base}}$ は、 $5 \sim 10 < \frac{k_f}{k_b} < 40$ でなければならぬ。

又、フィルター材料の粒径が均一な場合（均等係数 2 以下）の
 安定性に対する条件は $\frac{D_{50f}}{d_{50b}} < 7$ である。

Base material とフィルターの 20% 径以下はフィルターの限
 界を左右し特に粘着力のある Base material の 10% 径以下は大
 いに影響する。