



土木研究所資料

第833号

透水性層状岩盤上のダムの基礎処理設計法

昭和49年3月

建設省土木研究所

土木研究所資料

第833号

透水性層状岩盤上のダムの基礎処理設計法

昭和49年3月

建設省土木研究所

ま え が き

近年、水需要の必迫による水資源の開発、治水安全度の確保などのため、ダム建設の要望が増加し、ダム建設地点の地質も良好な岩盤ばかりでなくなり、新第三紀層の堆積岩や風化花崗岩、火砕流堆積岩などの固結度の低い、いわゆる軟岩を基礎とするダムが増えている。

しかしながら、軟岩については硬岩と比べその調査方法および調査結果に対する評価方法が確立されておらず、軟岩を基礎とするダムについてはその安全性について未解決の問題も多く、浸透流に対する安全性、基礎の強度、変形性、透水性およびこれらの改良方法、更には軟岩基礎上のダムの耐震設計法など解決していかなばならない問題が山積している。

ここではこれらの問題のうち、新第三紀層の海成堆積岩の泥岩と砂岩の互層から成り、層によって透水性の異なる鯖石川ダムを例にとり、難透水層下の透水層にダム貯水による被圧浸透流が生じた場合の、ダム下流での基礎の持上りによる破壊、あるいは浸透流速による基礎材料の流出の危険などへの影響を検討し、基礎処理法としてカーテングラウト、コンソリデーショングラウト、ドレーンホールなどが浸透流の水圧、流速、応力分布にどのような効果を与えるかについて有限要素法による二次元浸透流計算により検討した。

なお検討に用いた基礎資料は全て鯖石川ダムの調査資料を基にしたものであるが、計算条件を決めた時点が鯖石川ダムの調査途中であり、その後の調査により計算条件が鯖石川ダムの基礎条件と適合しない部分が多々でてきたが、検討の目的が鯖石川ダムの基礎処理設計ではなく、軟岩上のダムの基礎処理設計法に対する一般的検討であるため修正しなかった。

昭和49年3月

建設省土木研究所

フィルダム研究室	主任研究員	北 条 紘 次
(現) 沖縄開発庁建設部	河川課	鵜 木 和 男
(現) 仙台市		河 野 大 作

目 次

1. ダムの地質概要	1
2. 検討の目的	3
3. 計算条件のモデル化と計算ケース	3
1) 計算断面	3
2) 各層の透水係数	3
3) 基礎処理方法とその条件	3
4) 計算ケース	7
4. 計算結果と検討	8
1) 透水係数の変化による影響	8
2) 基礎処理の効果	8
3) ダム軸を上流 15 m 移動した場合	9
4) ダムベース及び岩盤の圧力分布	10
5. 結 論	56

1. ダムの地質概要

鯖石川ダムは新潟県刈谷田郡鯖石川上流に位置し、主ダムが高さ37mのコンクリートダム、右岸の補助ダムが高さ33.5mのフィル（アース）ダムで、現在建設中である。

ダムサイトの地質は、新第三紀鮮新世最上部の魚沼層部に属する固結度のきわめて低い部分的に礫を含んだ砂岩および砂岩よりは固結している泥岩の互層から成り、兩岸に河岸段丘を有する深さ約40mの急峻な侵蝕谷である。地層は、走向E-W（ダム軸方向）、傾斜15～30°N（下流下り）の単斜構造をなし、ダムサイト付近では8枚の地層が顕著である。（図-1、図-2参照）

砂岩はおおむね未固結であり、上層では細・中粒砂の中にφ3～6mmの小礫が混入しており、下層では中・粗粒砂の中にφ5～40mmの礫が混入している。

泥岩は砂質または炭化物を部分的に含んでおり、0.5～3mmの亀裂がある。泥岩層内には未固結

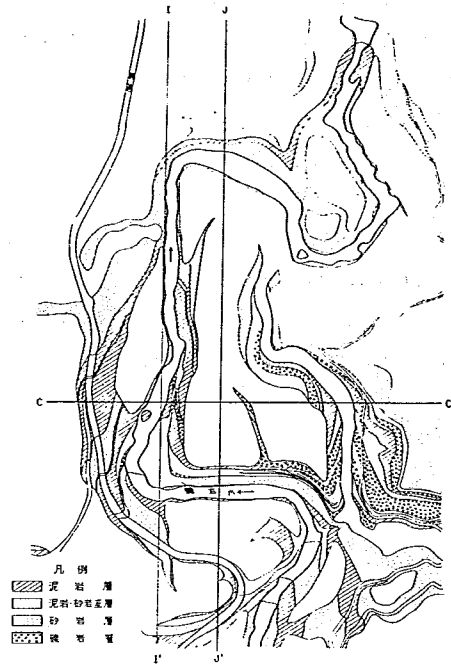


図-1 鯖石川ダム地質平面図

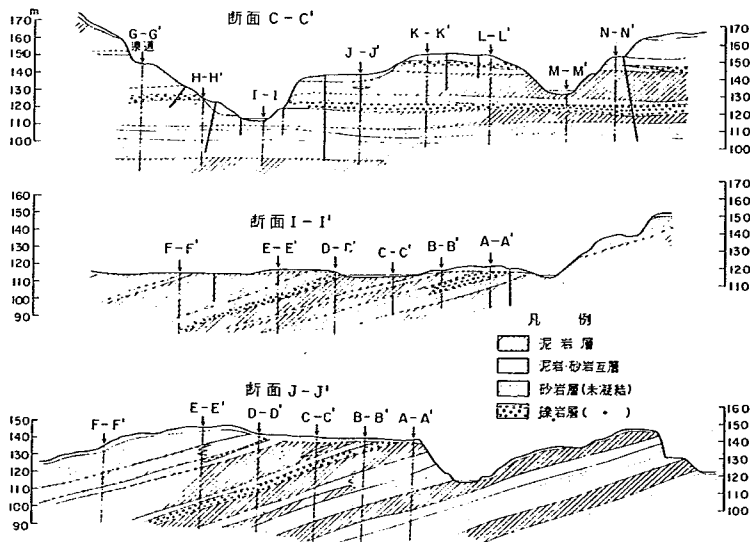


図-2 地質断面図

状砂岩が1～2 m層厚で互層状に分布する。

下層砂岩の上部泥岩との境界付近には中～粗粒砂を主とし $\phi 5 \sim 10$ mmの礫を多量に混入した層があり、他の層より透水性が大きいため、この層で地下水が被圧しており、ダム下流のボーリング孔で地下水が自噴している。

現地の岩盤せん断試験およびジャッキ試験により求めたせん断強度、静弾性係数は、砂岩で $\tau_0 = 35 \text{ t/m}^2$ 、 $E = 5,000 \text{ kg/cm}^2$ 、泥岩で $\tau_0 = 45 \text{ t/m}^2$ 、 $E = 12,000 \text{ kg/cm}^2$ 程度であった。

透水係数は、ボーリング孔を利用したパッカー法による試験、大型モールドによる室内定水位試験、変水位試験、現地試験溝、堅坑による試験などにより求められている。このうち、パッカー法による透水係数は砂岩が $10^{-3} \sim 10^{-6} \text{ cm/sec}$ の範囲で平均 $3.27 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ 、泥岩が $10^{-3} \sim 10^{-6} \text{ cm/sec}$ の範囲で平均 $1.46 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ であった。他の方法による値も試験地点、試験方法などにより異なるが、ほぼ $5 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ の範囲にある。全般に透水係数が高い岩盤であると思われ、また厳密には層毎に値が異なっていることも考えられるが、層別の資料数が少ないので断定はできない。ただ第3、第4砂岩層上部の泥岩との境界付近の層は特に透水係数が高いと考えられる。

2. 検討の目的

本文は、まえがきで述べたように、透水性の異なる層状岩盤上にコンクリートダムを築造する場合に、難透水層下の透水層にダム貯水による被圧を再現し、基礎処理法としてカーテングラウト、コンソリデーショングラウト、ドレーンホールなどを設けた場合に、基礎の持上りによる破壊あるいは基礎材料の流出の危険などへどのような効果を与えるかを、有限要素法による二次元浸透流計算を行ない検討し、軟岩上のダムの基礎処理設計法に対する一般的検討を行なうことを目的とする。

3. 計算条件のモデル化と計算ケース

1) 計算断面

計算断面としてダム軸を調査初期の推定地点においた場合断面Ⅰ（図-3）と、その後の調査によりダム軸の位置を約15m上流へずらした断面Ⅱ（図-4）の2断面について検討について検討した。

2) 各層の透水係数

計算に用いた各層の透水係数は、各種の透水試験結果を参考に砂岩は $K = 3 \times 10^{-4}$ cm/sec, 泥岩は $K = 1.5 \times 10^{-4}$ cm/sec と $K = 5 \times 10^{-5}$ cm/sec の2種類、また第3、第4砂岩層の上部に透水層を想定した場合はこの部分を $K = 1 \times 10^{-3}$ cm/sec とした。

3) 基礎処理方法とその条件

基礎処理方法として、ダム本体上流端から下流10mのところに深さケース1～8は31.5m、ケース9～12は38mのカーテングラウトを想定した場合、ダム底敷長に深さ10mのコンソリデーショングラウトを指定した場合、（Aパート）更に下流端から10m下流側に延長した場合（Bパート）、及びカーテングラウトの下流5mにドレーンホールを設けた場合の組合せについて検討した。（図-3.4.参照）

カーテングラウティング後の透水係数は現地グラウト試験（セメントグラウト試験と薬液グラウト試験を三角形パターンにより3地点で実施）を参考として、未固結砂岩はグラウト効果範囲を100cmとし、半径40cmまでは $K = 2.5 \times 10^{-5}$ cm/sec, 半径40～100cmまでは $K = 7 \times 10^{-5}$ cm/sec とした。また泥岩は影響圏を150cmとし、半径80cmまでは $K = 5 \times 10^{-5}$ cm/sec, 半径80～150cmまでは $K = 1 \times 10^{-4}$ cm/sec とした。（図-5参照）

コンソリデーショングラウティング後の透水係数は一率に $K = 5 \times 10^{-5}$ cm/sec とした。

ドレーンホールを設けた場合はドレーンホール地点（ダム上流点から下流15mと16mの2地点）での揚水が20%になるものとした。

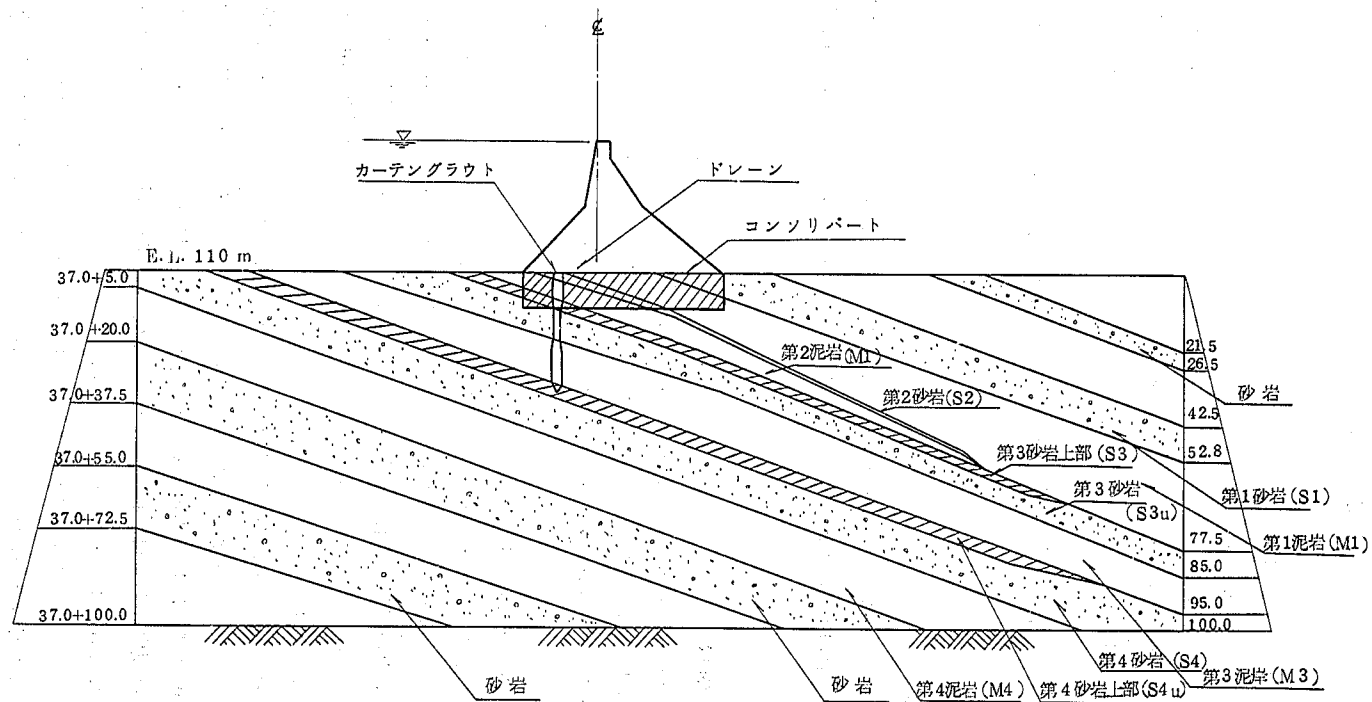


図-3 断面-I 計算モデル図

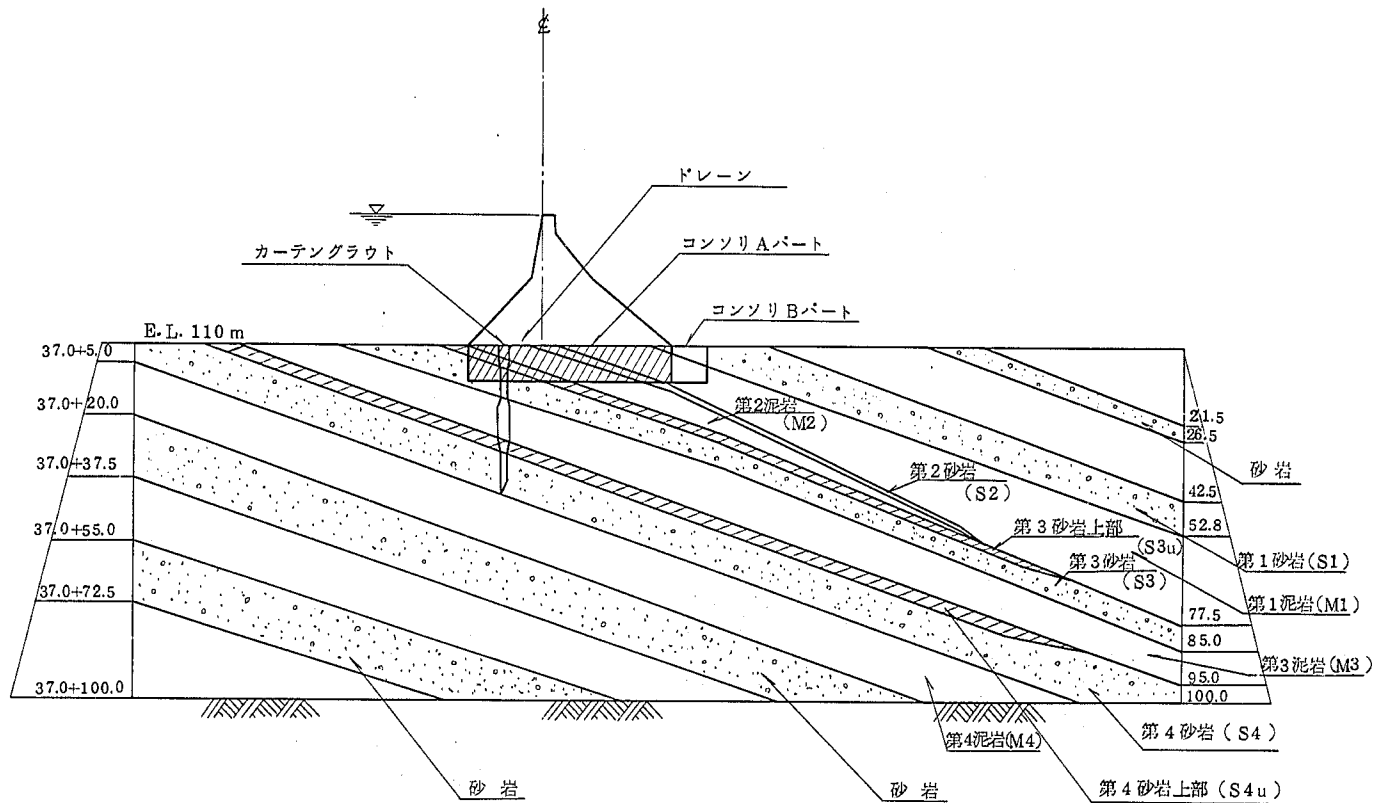
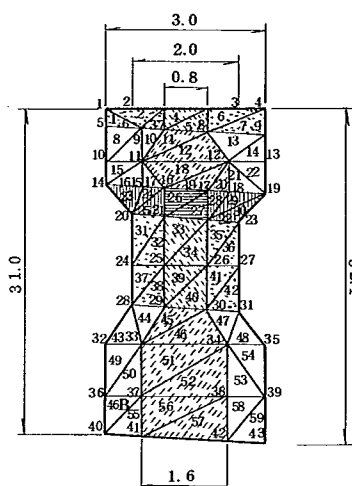
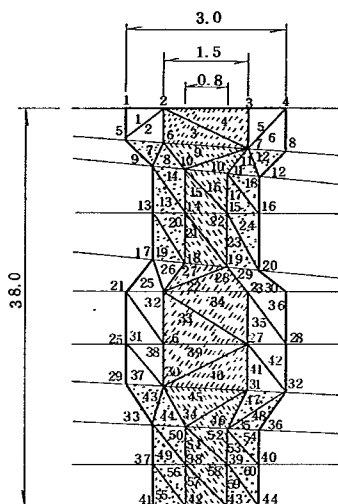


図-4 断面-II 計算モデル図



 泥岩 $k=6.0 \times 10^{-5}$

 泥岩 $k=1.0 \times 10^{-5}$

 砂岩 $k=2.5 \times 10^{-5}$

 砂岩 $k=5.0 \times 10^{-5}$

 泥岩 $k=5.0 \times 10^{-5}$

 泥岩 $k=1.0 \times 10^{-4}$

 砂岩 $k=2.5 \times 10^{-5}$

 砂岩 $k=7.0 \times 10^{-5}$

 砂岩 $k=5.0 \times 10^{-5}$

 砂岩 $k=2.5 \times 10^{-5}$

ケース 9 ～ 12 まで

ケース 1 ～ 8 まで

図-5 カーテングラウトモデル化

4) 計算ケース

浸透流計算の計算ケースと夫々の計算条件を表-1に示す。ケース1~8は断面Iにおいて、基礎処理をしない場合、カーテングラウチングを行なった場合、カーテンとコンソリデーショングラウチング(Aパート)を組合せた場合、更にドレーンホールを組合せた場合、第3, 4砂岩上部を透水層($K = 1 \times 10^{-3}$ cm/sec)とした場合、泥岩のKを変化させた場合などを組合せたものである。ケース9~12は断面IIについてカーテン、コンソリAパート、ドレーンホールを組合せ、透水層を設けない場合と設けた場合、泥岩のKを変化させた場合、コンソリデーショングラウトBパートを組合せた場合について計算した。

表-1 計算ケースと計算条件

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース7	ケース8
断面	I	I	I	I	I	I	I	I
砂岩のR	3.0×10^{-4}	3.0×10^{-4}	3.0×10^{-4}	3.0×10^{-4}	3.0×10^{-4}	3.0×10^{-4}	3.0×10^{-4}	3.0×10^{-4}
泥岩のR	1.5×10^{-4}	1.5×10^{-4}	1.5×10^{-4}	1.5×10^{-4}	1.5×10^{-4}	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-5}	5.0×10^{-5}
第3第4砂岩上部のR	3.0×10^{-4}	3.0×10^{-4}	3.0×10^{-4}	3.0×10^{-4}	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-3}
カーテングラウト	無し	有り	有り	有り	無し	有り	無し	有り
コンソリパート	無し	無し	有り	有り	無し	有り	無し	有り
ドレーン	無し	無し	無し	有り	無し	有り	無し	有り

	ケース9	ケース10	ケース11	ケース12
断面	II	II	II	II
砂岩のR	3.0×10^{-4}	3.0×10^{-4}	3.0×10^{-4}	3.0×10^{-4}
泥岩のR	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-5}	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-5}
第3第4砂岩上部のR	3.0×10^{-4}	1.0×10^{-3}	3.0×10^{-4}	1.0×10^{-3}
カーテングラウト	有り	有り	有り	有り
コンソリAパート	有り	有り	有り	有り
コンソリBパート	無し	無し	有り	有り
ドレーン	有り	有り	有り	有り

4. 計算結果と検討

表-1に従って計算したケース1～ケース12の結果、各ケースの流向、流速を図-6-1～図-6-12に、浸透圧分布を図-7-1～図-7-12に示す。なお、ここで用いている流速とは岩盤の空隙率を1とした見掛けの流速であり、実流速は見掛けの流速を岩盤の有効空隙率で割った値となる。

1) 透水係数の変化による影響（基礎処理工のない場合）

ケース1, 5, 7を比較することにより、断面Iにおいて基礎処理工を行わない場合の透水係数の変化による影響を比較することができる。流向内で流速についてこれら3ケースを比較したのが図-8である。図-8でケース1とケース5を比較すると、第3, 第4砂岩上部の透水係数を大きくした場合、この部分での流速がかなり大きくなり、約3倍となっている。これは透水係数の比とほぼ等しい。また流向はこの部分で走向に沿って走る傾斜が顕著となり、透水層下部の砂岩層の流向が若干透水層側に傾く。透水係数の変らない第1, 第2砂岩と泥岩部分での流向、流速は殆んど変らない。更に泥岩の透水係数を小さくしたケース7をケース1, 5と比較すると、泥岩層の流速は透水係数の比とほぼ等しく小さくなっている。また流向は泥岩層では走向に直向する傾向が強くなり、逆に第3, 第4砂岩上部の透水層ではますます走向に平行に流れる傾向が強まる。砂岩層の流速もやゝ小さくなる傾向がある。

浸透圧分布についてこれら3ケースを比較したのが図-9である。ケース5ではケース1に比し上流側の浅い部分でやゝ圧力が小さくなっており（最大差 0.1 kg/cm^2 ）、逆に下流側及び深部ではやゝ大きくなっている。（最大差 0.1 kg/cm^2 ）が、特に問題となるほどの差は見られない、一方ケース7はケース1, 5に比しダム下流端の浅部でやゝ圧力低下が見られるが、全体的には圧力は増加しており特に深くなるとその傾向が強まる。

これらから透水性の異なる岩盤が互層に成っている場合、流速に透水係数に支配され、流速の変化は透水係数の比にほぼ等しくなるが、浸透圧は流速ほど敏感ではなく透水係数の比が小さい場合（3～6倍）は問題はないが透水層を狭む層の透水係数が小さくなった場合（20倍）は明らかに浸透圧は増加しており、透水層は被圧し易いと言える。

2) 基礎処理の効果

① カーテングラウトのみの場合

図-10でケース1, 2の流向、流速を比較すると、カーテングラウトがある場合、流向はカーテン上流部でやゝ下向きに、カーテン下流でやゝ上向きに変化し、流速はカーテン部及び直下流の砂岩でやゝ小さくなっているが、全体として大きな変化は見られない。

図-11にケース1, 2, 3の浸透圧分布を示す。ケース1, 2を比較するとカーテン上流側でやゝ増加し、下流側で最大 0.2 kg/cm^2 減少するが、この場合もダム下流端ではケース1と変らなくなり、カーテングラウトの影響が極めて小さな範囲にしかないことを示している。

② ケース2にコンソリデーショングラウトAパートを加えた場合

図-12でケース2, 3の流向, 流速を比較すると, 流向はほぼ変わらないが, コンソリパートの境界付近でコンソリパートを避けて流れる傾向がある。流速はコンソリパートでは透水係数比に等しく減少しているが, コンソリパート以外の部分では大きな差は見られない。浸透圧は図-11で見られるようにカーテン下流側でケース2よりもやや増加するが, 大きな差はなく, ケース1, 2, 3とも圧力分布には大きな差がないと言える。

③ ケース3にドレーンホールを加えた場合

図-13でケース3, 4の流向, 流速を比較すると, ドレーンホールを設けることにより流向は全体にやや上向きに変化する。特にドレーン周辺ではドレーンホールに集水する傾向が強い。流速もドレーン周辺ではかなり増し基礎処理を行なわないときと同程度になるが, ドレーンの下流側では浅い部分でかなり減少する。この他の部分は余り変っていない。一方浸透圧は図-14に見られるように浅い部分で大幅に減少しており, 特にダムベースにかゝる揚圧力の減少が著しい。しかし, コンソリパートをはずれた部分では他のケースと余り差がない。ドレーンを設ける意味はダムベースの揚圧力を低下させることにあり, この点で十分の効果が期待できるが, 逆にドレーン周辺の流速を高めることになり, 基礎材料がパイピングを起し易い場合は十分留意する必要がある。

④ 基礎処理工を行なった場合の透水係数の変化による影響

ケース4, 6, 8は夫々ケース1, 5, 7にカーテングラウト, コンソリデーショングラウト(Aパート), ドレーンホールを行なったもので, これらを比較することにより基礎処理工を行なった場合の透水係数の変化による影響を知ることができる。図-15にケース4, 6, 8の流向, 流速を, 図-16に浸透圧分布を示す。図-15から第4砂岩層以深は基礎処理工による影響は見られず, ケース1, 5, 7の場合と流向, 流速とも変わらない。カーテンの最下層にあたる第3泥岩層では流向がやや上向きに変化しているが, 流速は夫々ケース1, 5, 7の場合と同じである。第3砂岩層でもケース4, 6, 8の比較はケース1, 5, 7の傾向と同じであるが, カーテン直下流部の流速は基礎処理工のない場合に比べ夫々2/3程度に減少する。これに対し第2泥岩層から上部はケース1, 5, 7の変化の仕方とは異なり, コンソリ, ドレーン等の影響が顕著となり, ケースによる差が見られない。

浸透圧分布についてもケース6と4の比較, ケース8と4, 6を比較した傾向は夫々ケース5と1, ケース7と1, 5を比較したものと同一傾向を示し, ダムベース付近は各々のケースで基礎処理工を行なうことによりかなりの圧力低下が見られ, また深部でもわずかず改良されているが, 透水層を狭む層の透水係数が小さくなった場合は浸透圧が増加し, 被圧し易い点は改良されていない。

3) ダム軸を上流に15m移動した場合

① ダム軸を移動したことによる影響

ケース9, 10は夫々ケース4, 8と同じ条件でダム軸を上流に15m移動させたものであ

り、岩盤の各層の深度が浅くなっており、ダムベース下の岩盤の状態が異なるため流況、圧力が変化することが想定されたが、計算結果からは両者に差は見られなかった。流向、流速についてはダムを重ねて比較した場合、岩盤の透水係数が基礎処理部を除いて異なるための個々の地点での違いはあるがダムベース下の流れ全体として見た場合は基礎岩盤の層が変わっても大きな変化はない。浸透圧についても図-17でケース4、9の比較、図-18でケース8、10の比較をしているが両者ともほぼ一致している。

以上から浸透流のみからダム軸を想定する場合は、断面Ⅰから15m上流に移動した断面Ⅱについての差はないと考えられる。

② コンソリデーショングラウトを下流側に延長した場合

ケース11、12は夫々ケース9、10にコンソリB部分を追加したものである。流向、流速についてケース9、11の比較、ケース10、12の比較を図-19、20に示す。両者ともコンソリグラウト延長部で流速が $1/3 \sim 1/5$ に減少しているが、他の部分は殆んど変化していない。図-21、22で浸透圧についてケース9、11の比較、ケース10、12の比較を行なっているが、両者とも圧力の変化は殆んどない。従って、コンソリグラウトを下流側へ延長した場合、グラウト部の透水係数が小さくなった分だけ流速が減少し、基礎材料の流出防止という意味では効果があるが、圧力低下がないため、若しグラウト前後の強度変化がないとすると、ダム下流での基礎の浮き上りを防ぐ効果はない。

4) ダムベース及び岩盤の圧力分布

① ダムベースの揚圧力

ダムベースに働く揚圧力を図-23に示す。図から明らかなように、揚圧力を減少させるにはドレーンを設ける以外にない。ドレーンを設けない場合の設計では、基礎処理方法に関係なくダム上流端で100%、下流端で0としてこの間を直線変化させた揚圧力を考えれば良いと思われる。細かく見ると、無処理の場合に対してカーテンを設けるとカーテンの上流側でやゝ圧力が上昇し、下流側でやゝ減少し、全体ではわずかに減少済みである。カーテンにコンソリを組合せた場合はカーテンのみよりも全体にやゝ上昇し、無処理と比べるとカーテン直下流でいくらか減少しているが、他の部分は上昇する。この傾向はコンソリを下流側に延長した場合にも同様であり、下流端付近の圧力は更にやゝ上昇する。

一方ドレーンを設けた場合は、今回の計算ではダムベースの上流端から15mと16mのところで $H/5$ となるように入力値をセットし、計算ではドレーン位置での圧力が $H/5$ になるようにドレーンからの流出量を求めている。ドレーンをダムベースのみとしたため、ドレーンに集水する深さ方向の領域が浅く、ドレーンでの流出量も少ない。このため、ドレーン下流側で各ケース共圧力が上昇している。実際のドレーンは深さを持ったものであるため、下流側での圧力上昇はある程度抑えられると思われるが、逆に今回の計算のように、横方向に連続したものではなく、定間隔に配列されるので、その間隔、径、深さ等によりドレーン位置での揚圧力の大きさが決まる。

② 第3, 第4 砂岩層上部での圧力分布

前述したように, 第3, 第4 砂岩層上部には透水係数の比較的大きな層が存在し, この層で浸透流による被圧が予想されたため, これらの層の境界面での圧力分布を調べた。

第3 砂岩層上部と第2 泥岩層の境界での圧力分布を図- 2 4 に, 第4 砂岩層上部と第3 泥岩層の境界での圧力分布を図- 2 5 に示す。

図から明らかなように, 両層の圧力分布に最も大きな影響を与えるのは各層の透水係数である。最も圧力差の大きくなるダム下流端付近で, 基礎処理を行なわないケースを比較して見ると, 図- 2 4, 2 5 ともケース5はケース1よりも 1 t/m^2 程度大きく, 更にケース7はケース5より 2.5 t/m^2 程度大きくなっており, 透水層を囲む層の透水係数が小さくなった場合, 被圧されやすい傾向がはっきりと出ている。カーテングラウト, ドレーンを設ける事により, ダム基礎部分ではある程度この差を減ずる事ができるが, ダム下流ではほぼもとの差にもどる。また, コンソリグラウトは, 逆に透水層の圧力を増し, 被圧を助長する傾向にある。これは透水層を囲む層の透水係数を小さくし, 両者の透水係数比を大きくしている事から当然考えられる事である。

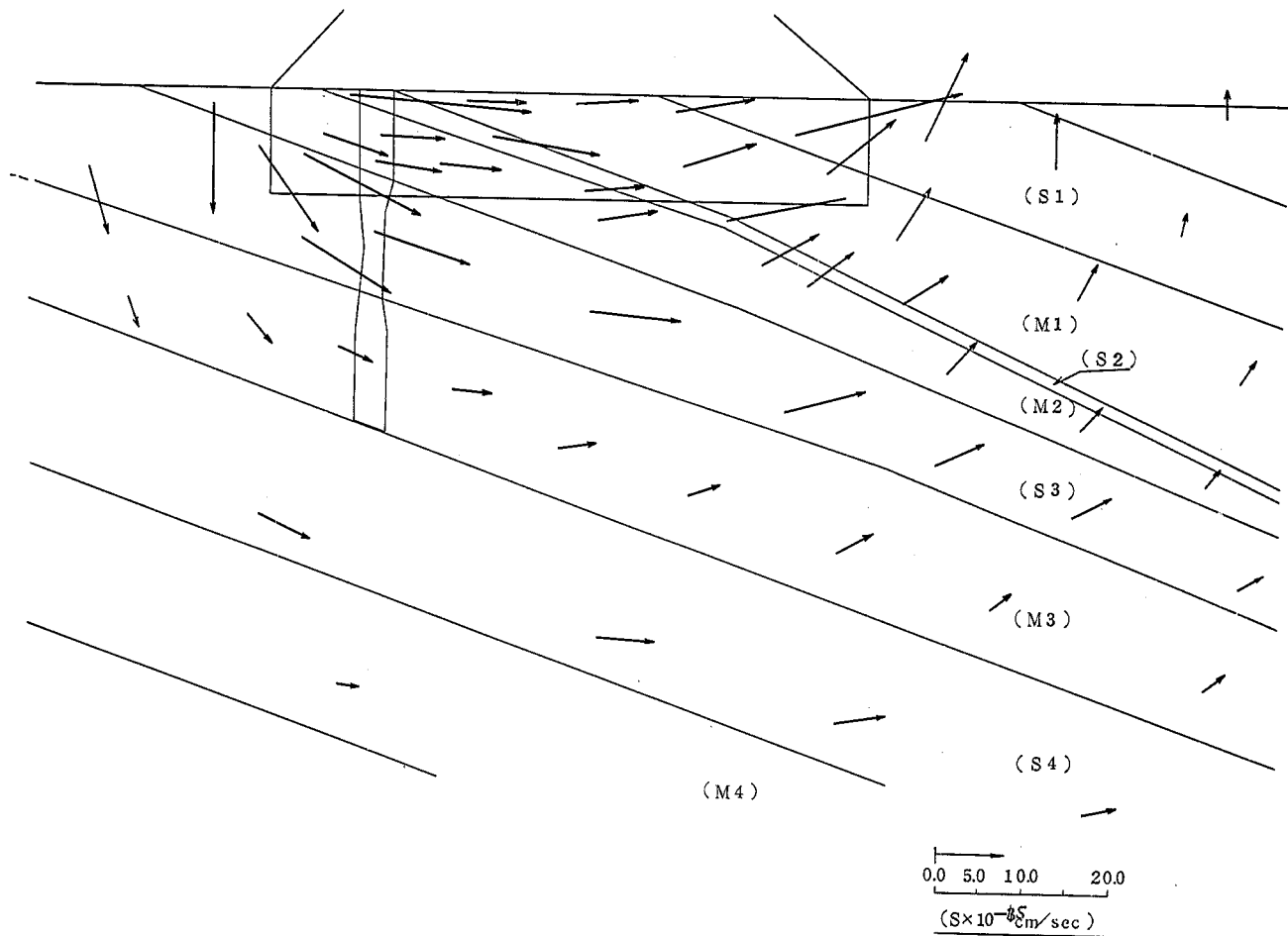


図-6・1 流向流速分布(ケース1)

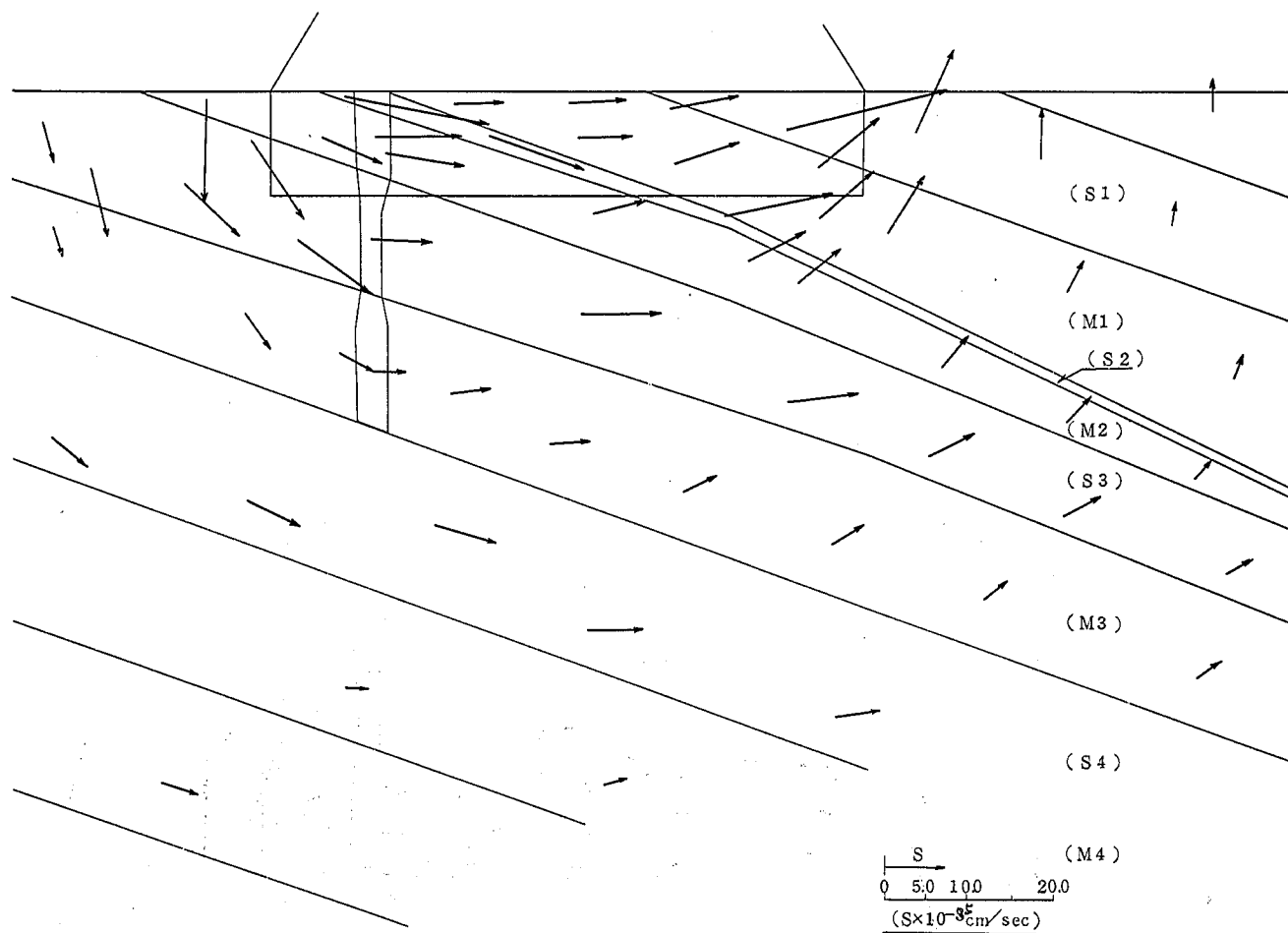


図-6・2 流向流速分布(ケース2)

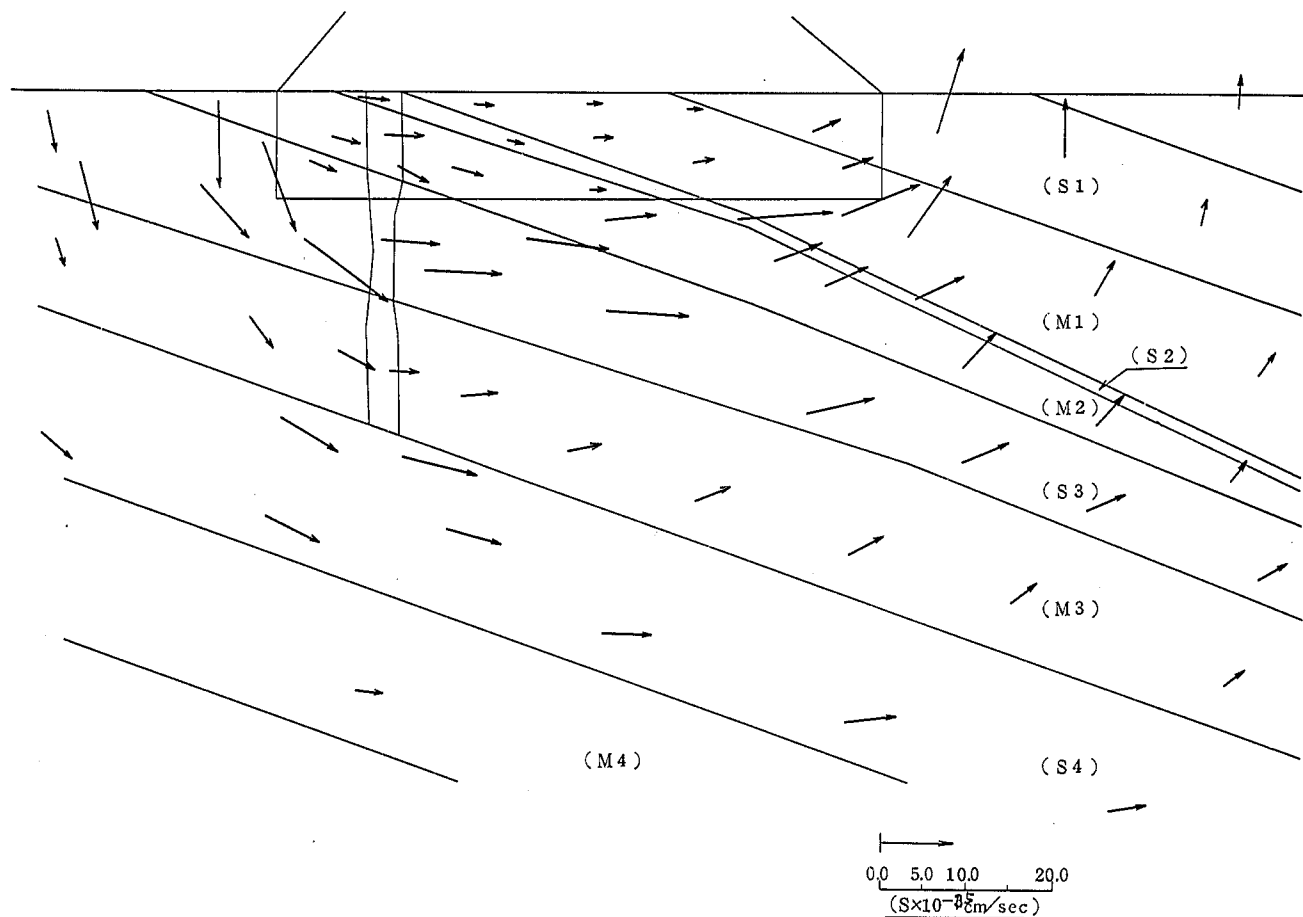


図-6・3 流向流速分布(ケース3)

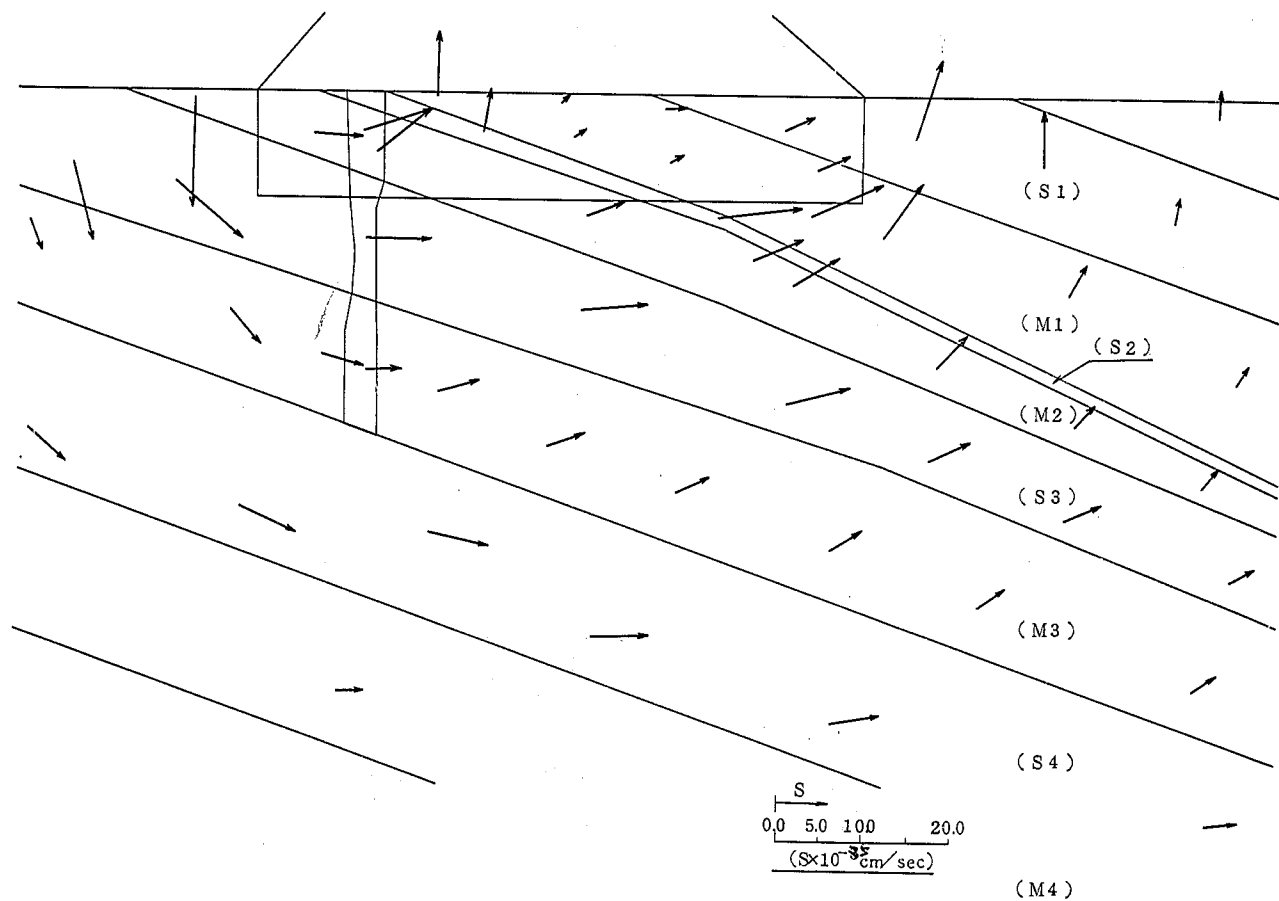


図-6・4 流向流速分布(ケース4)

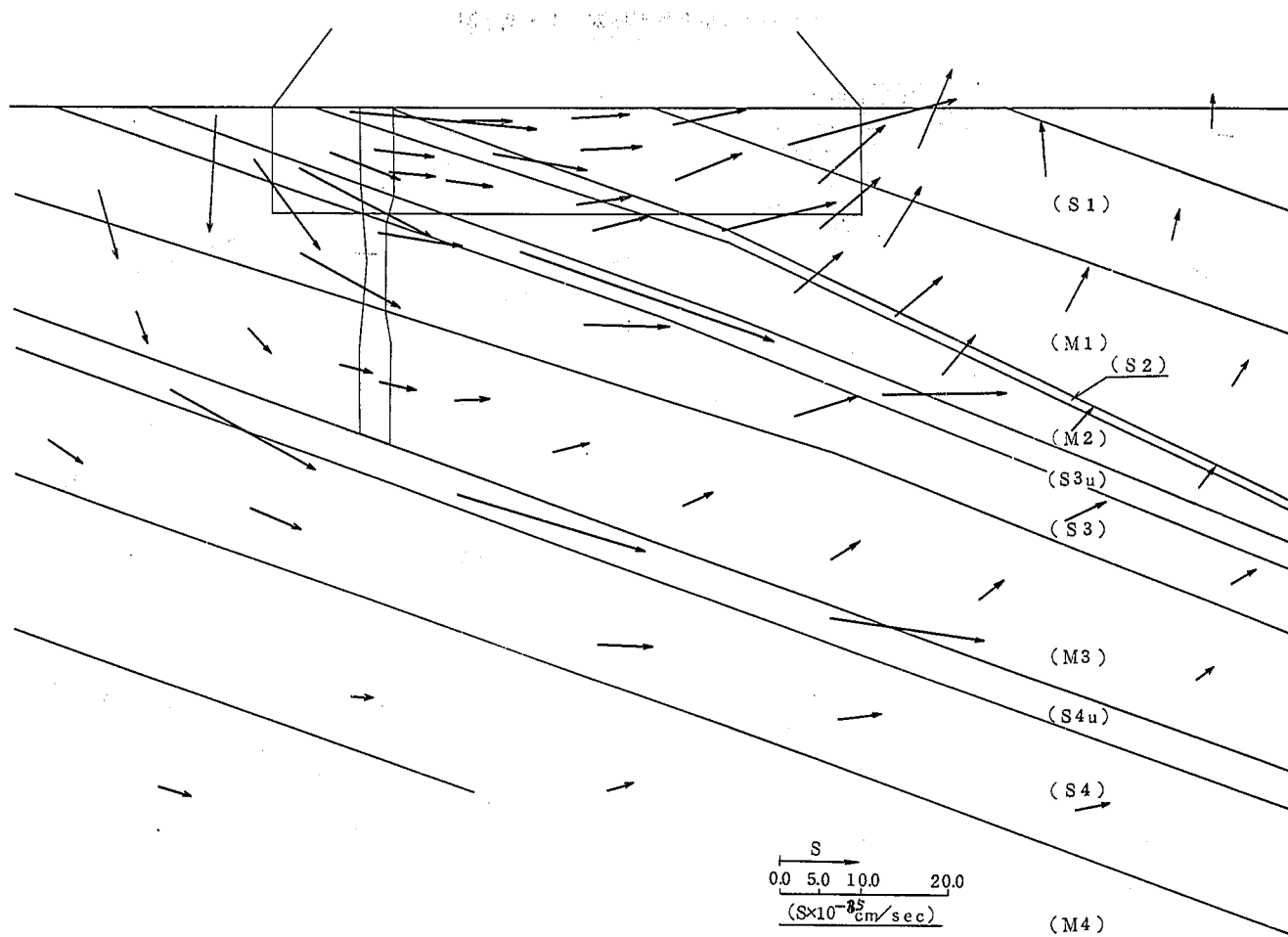


図-6・5 流向流速分布(ケース5)

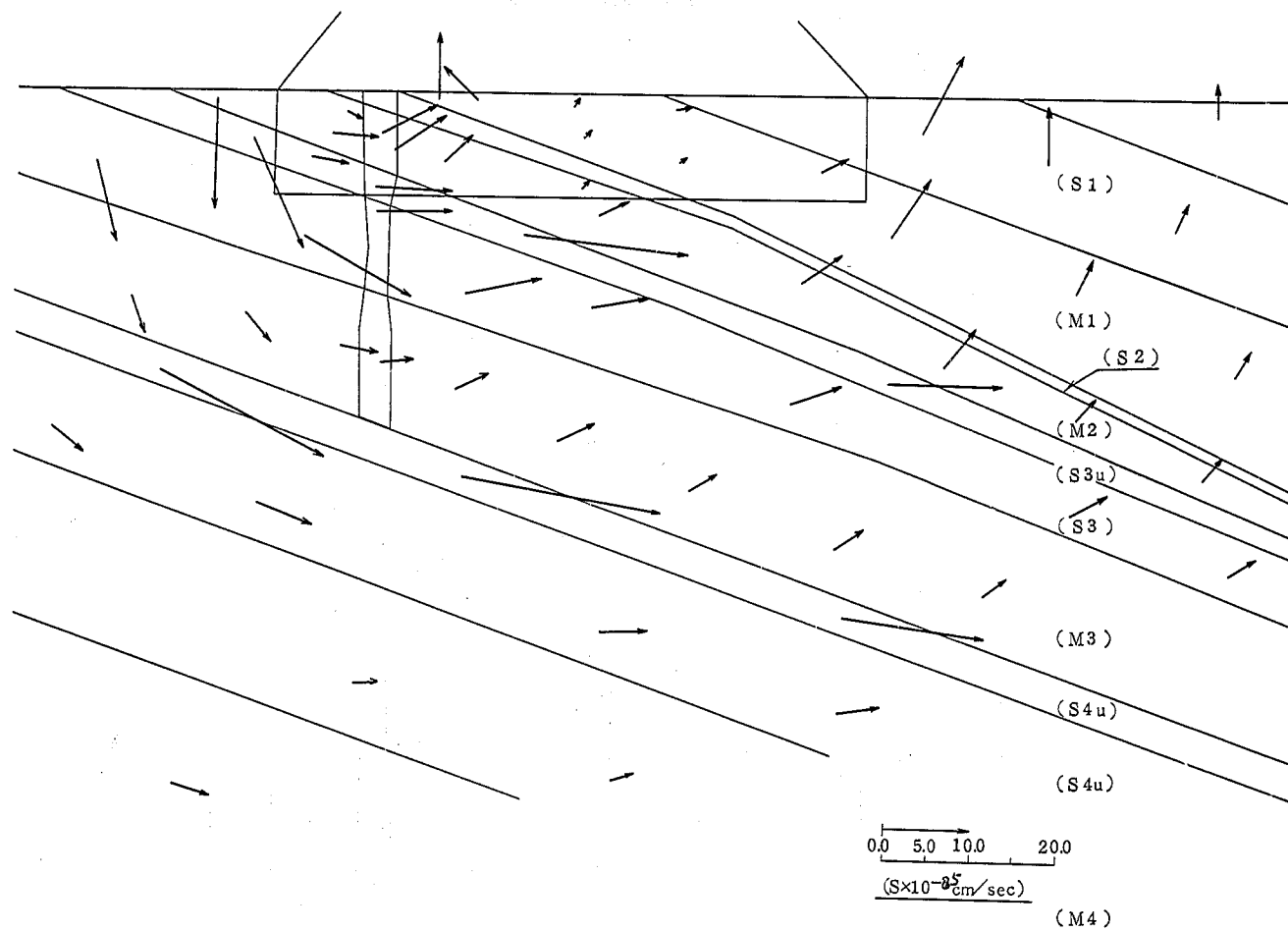


図-6・6 流向流速分布(ケース6)

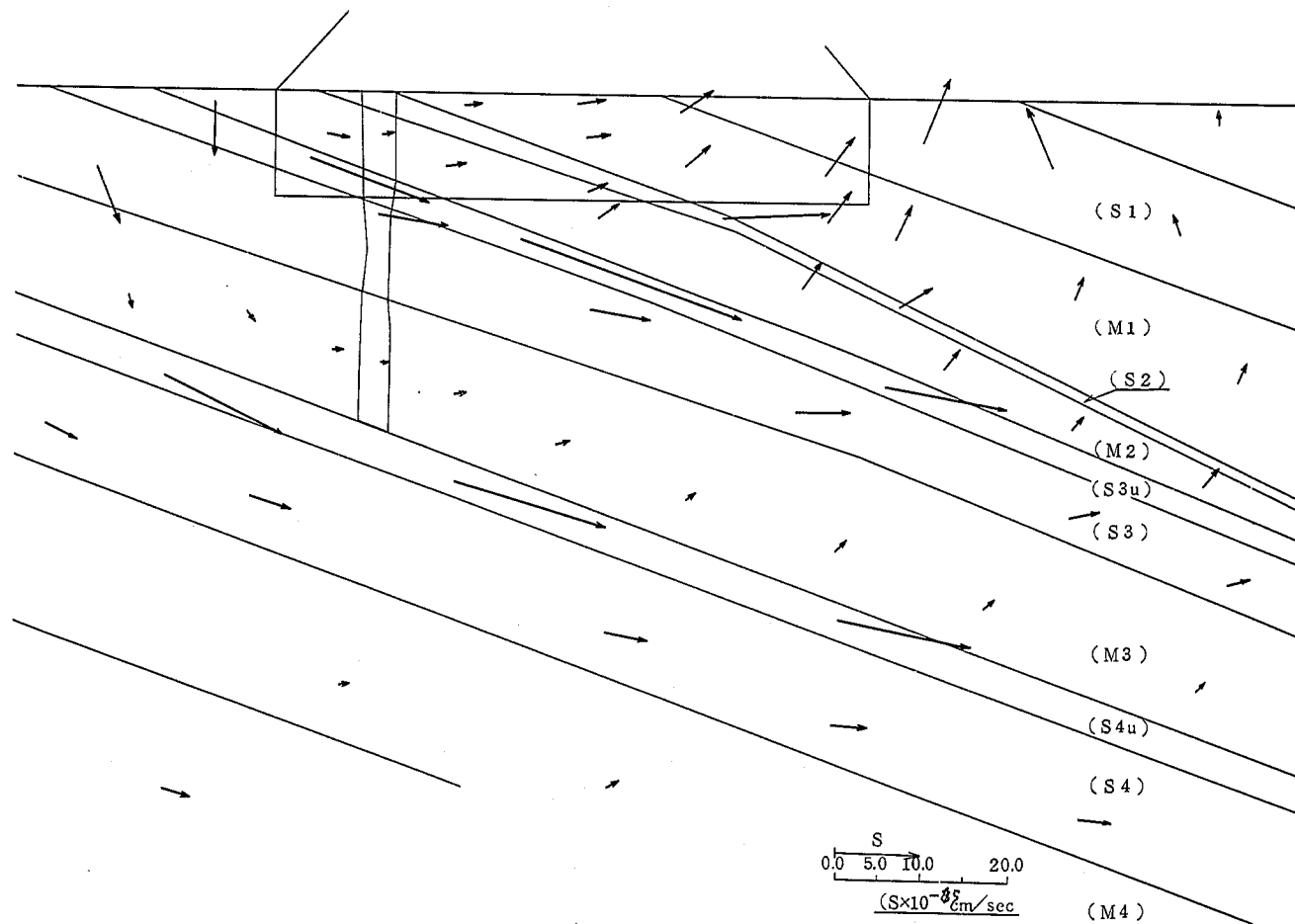


図-6・7 流向流速分布(ケース7)

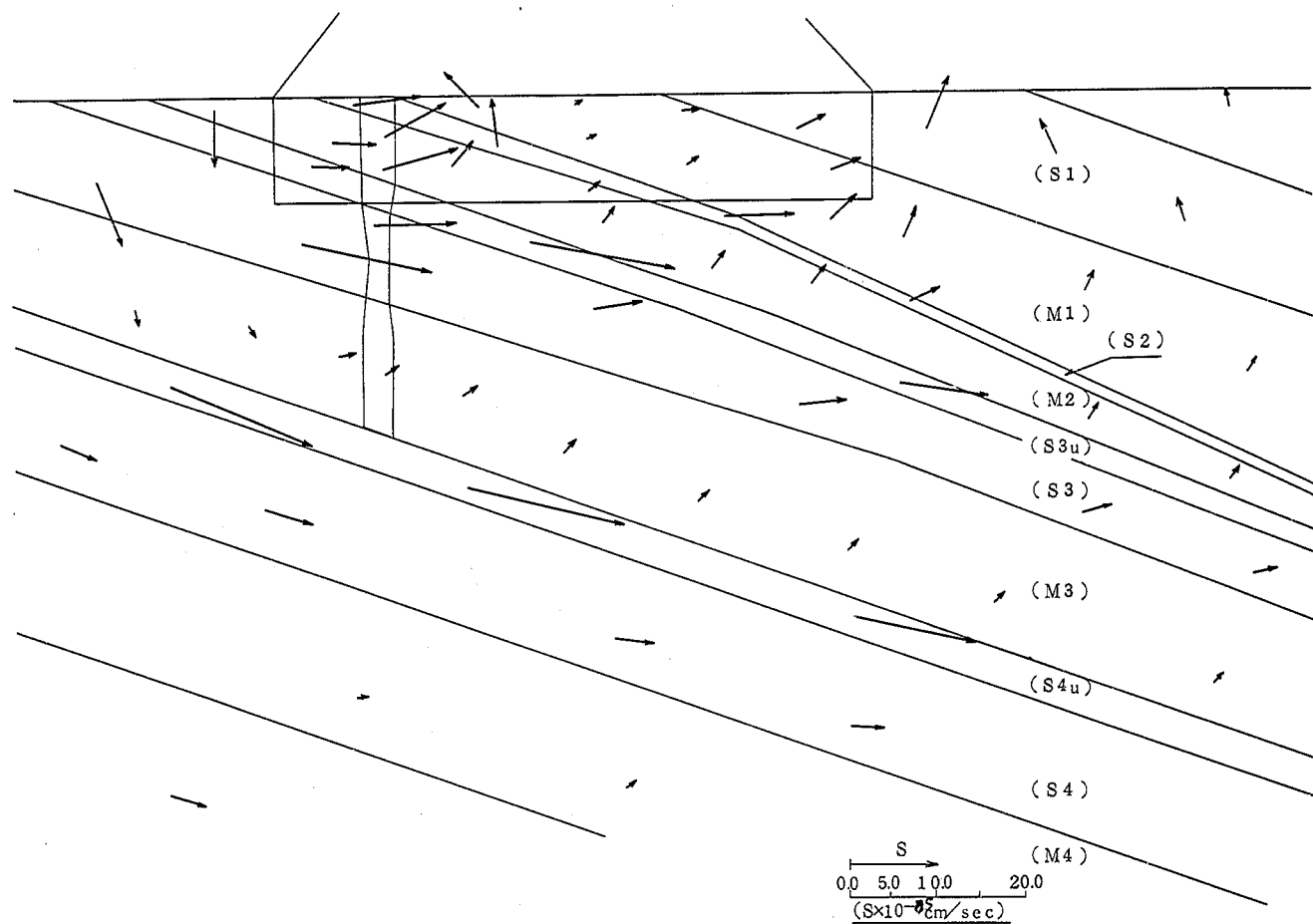


図-6・8 流向流速分布(ケース8)

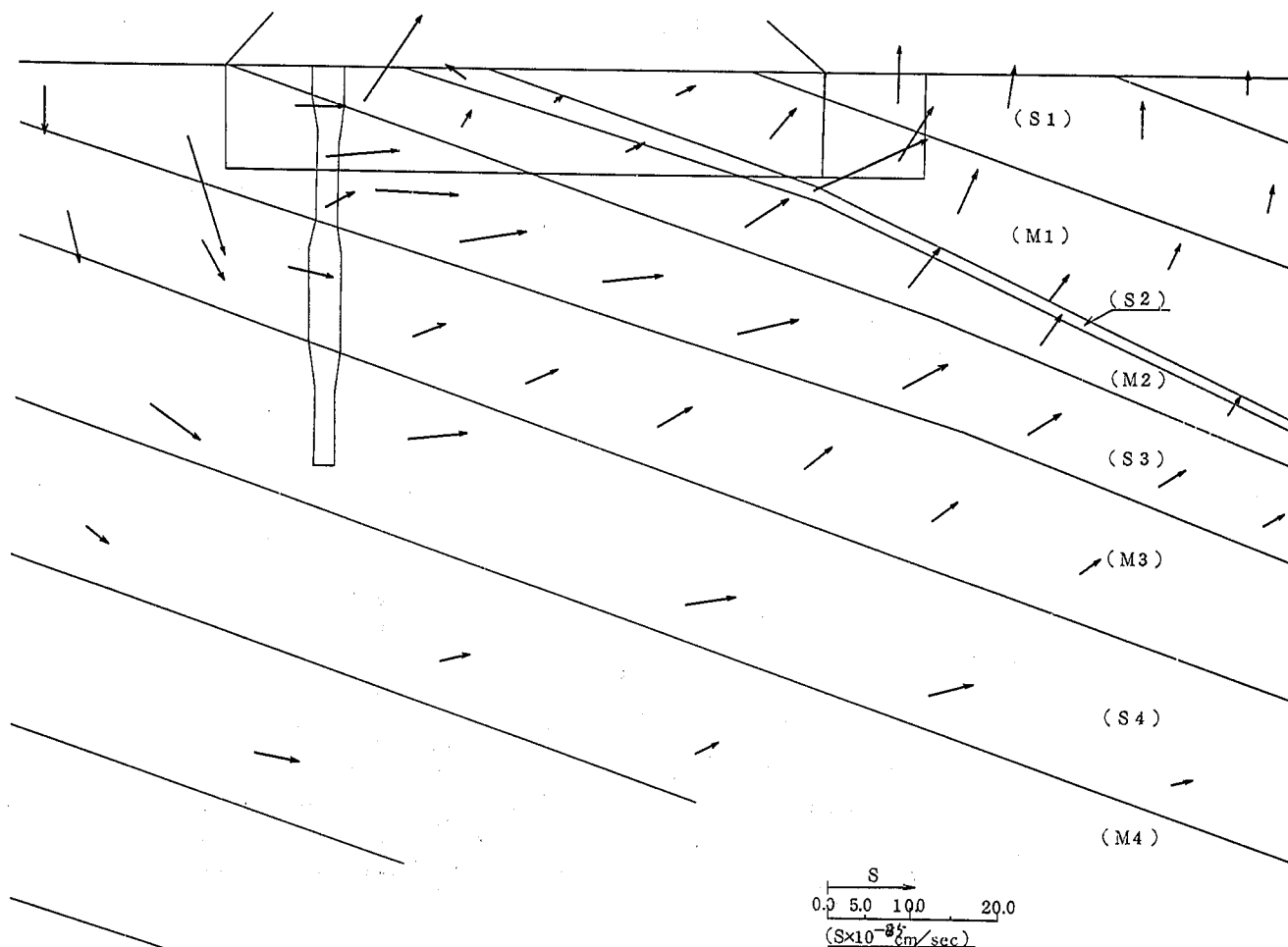


図-6・9 流向流速分布(ケース9)

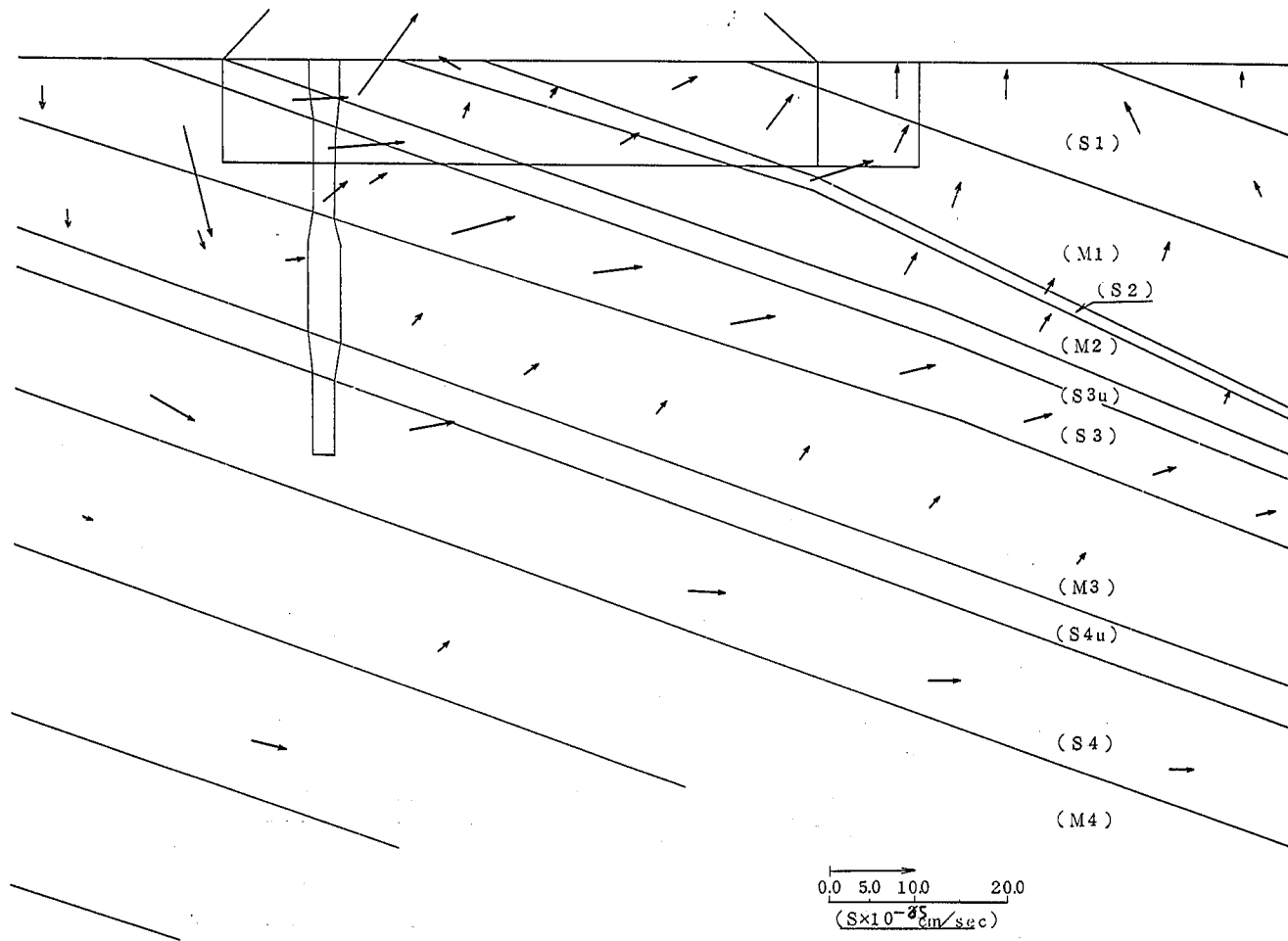


図-6・10 流向流速分布(ケース10)

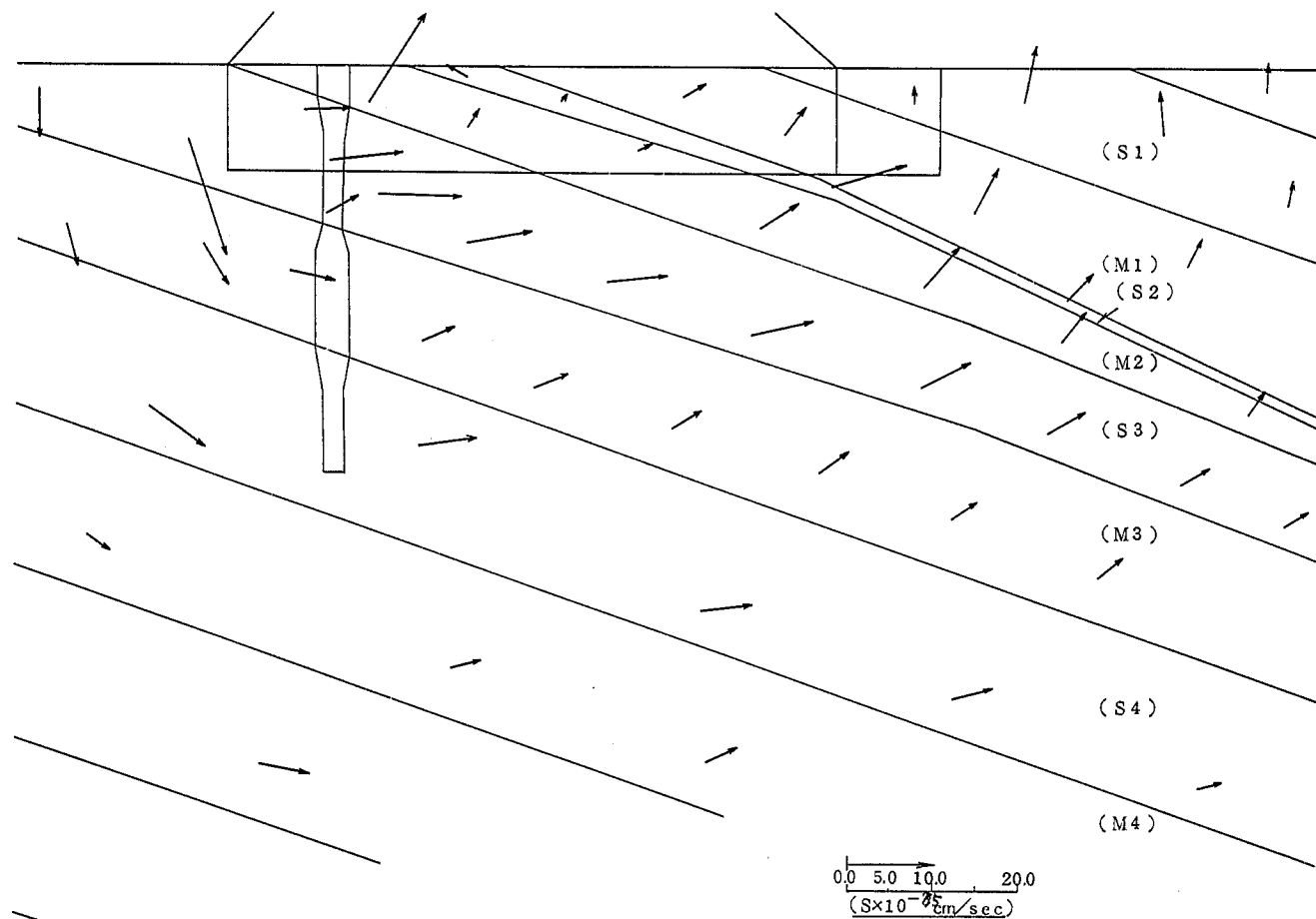


図-6・11 流向流速分布(ケース11)

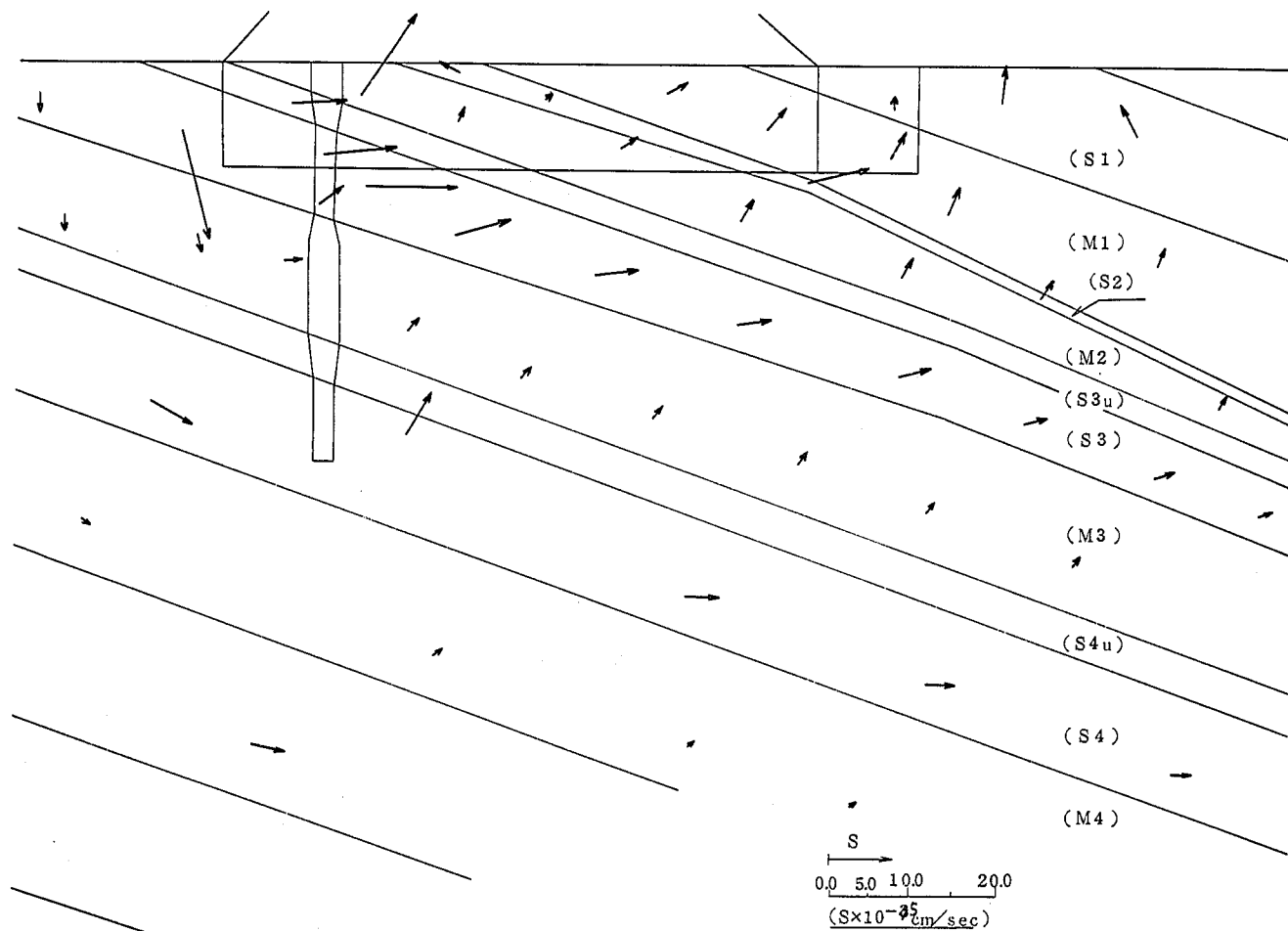


図-6・12 流向流速分布 (ケース 12)

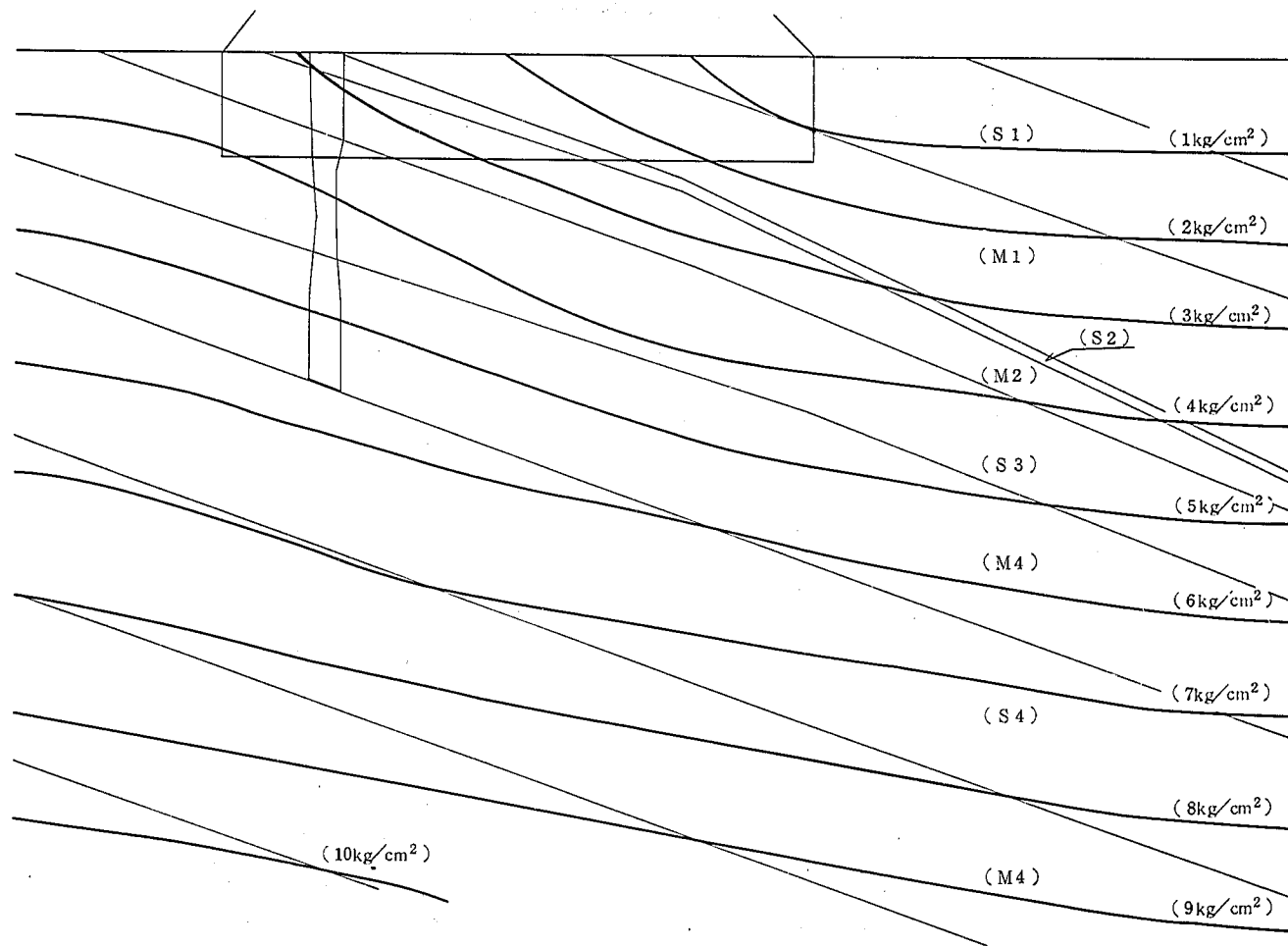


図-7・1 浸透圧分布 (ケース1)

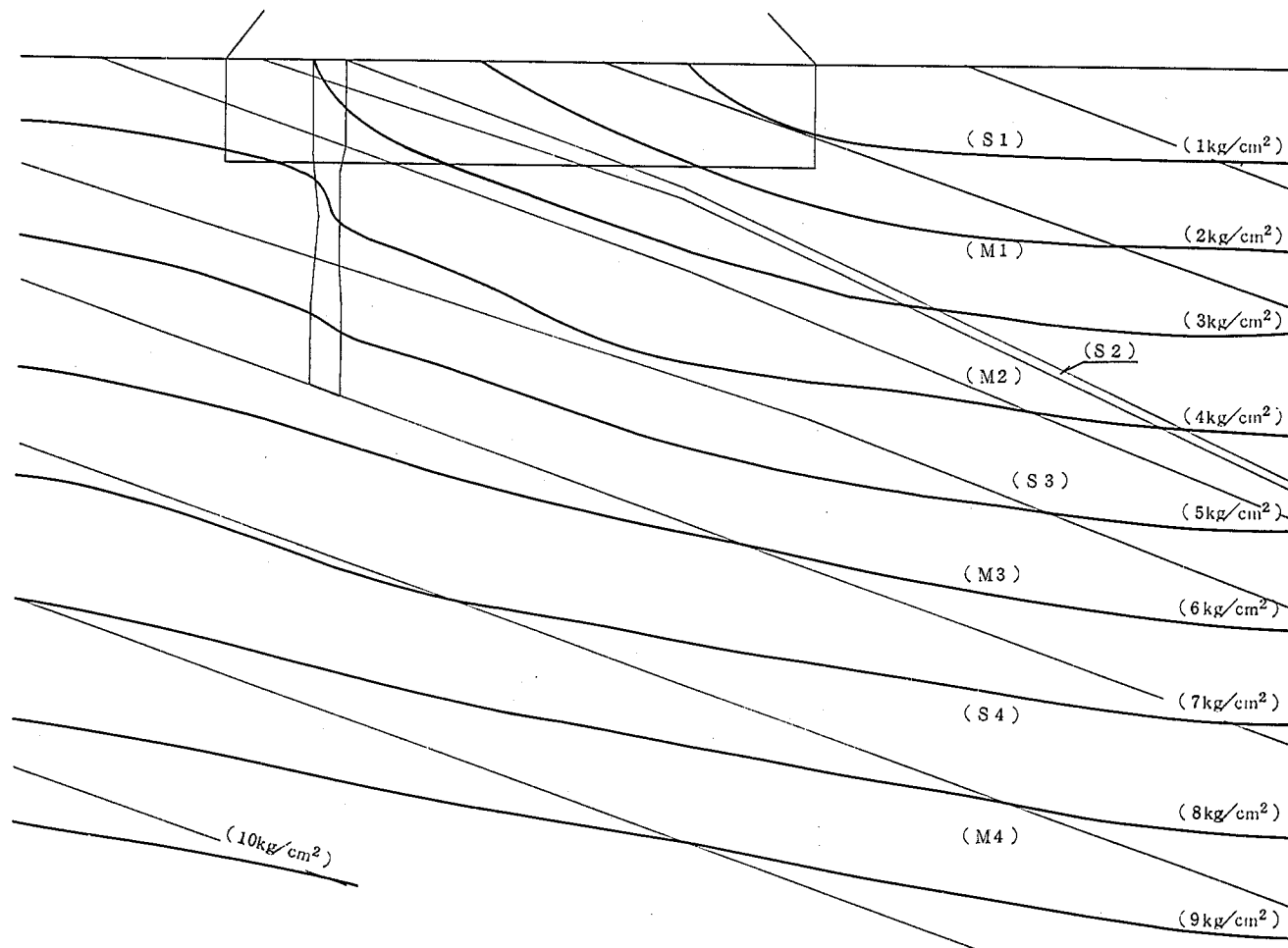


図-7・2 浸透圧分布(ケース2)

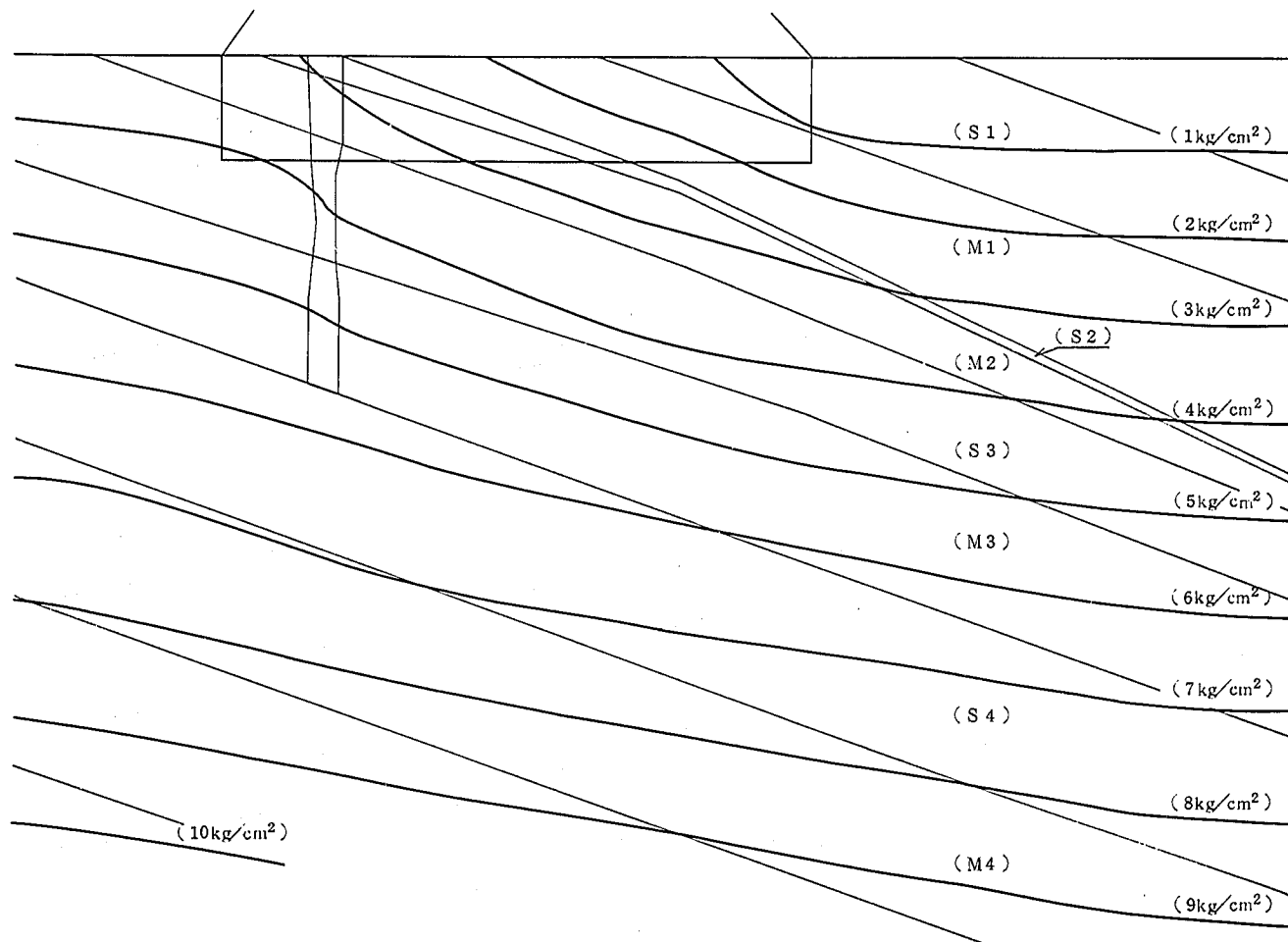


図-7・3 浸透圧分布(ケース3)

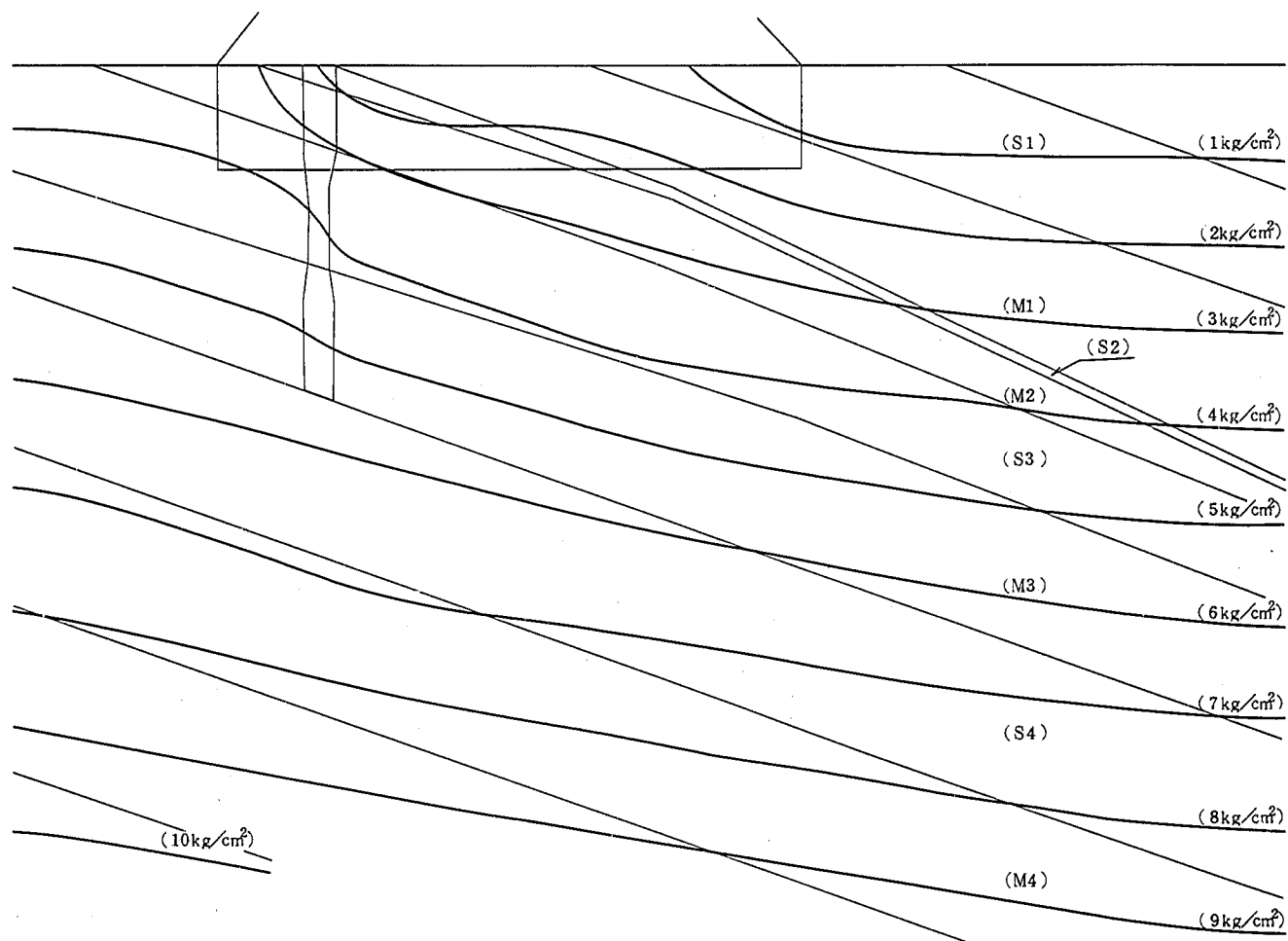


図-7・4 浸透圧分布(ケース4)

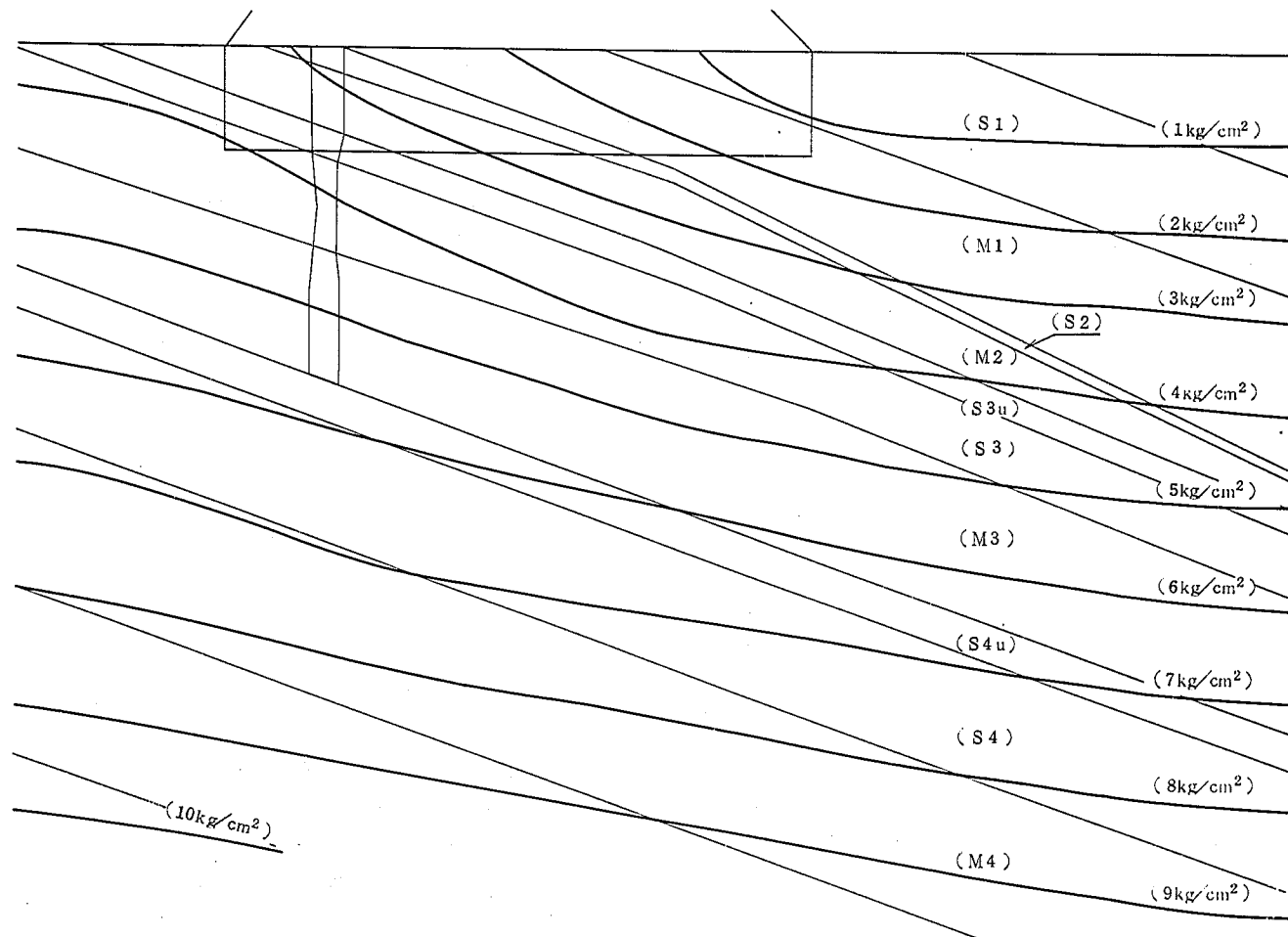


図-7・5 浸透圧分布(ケース5)

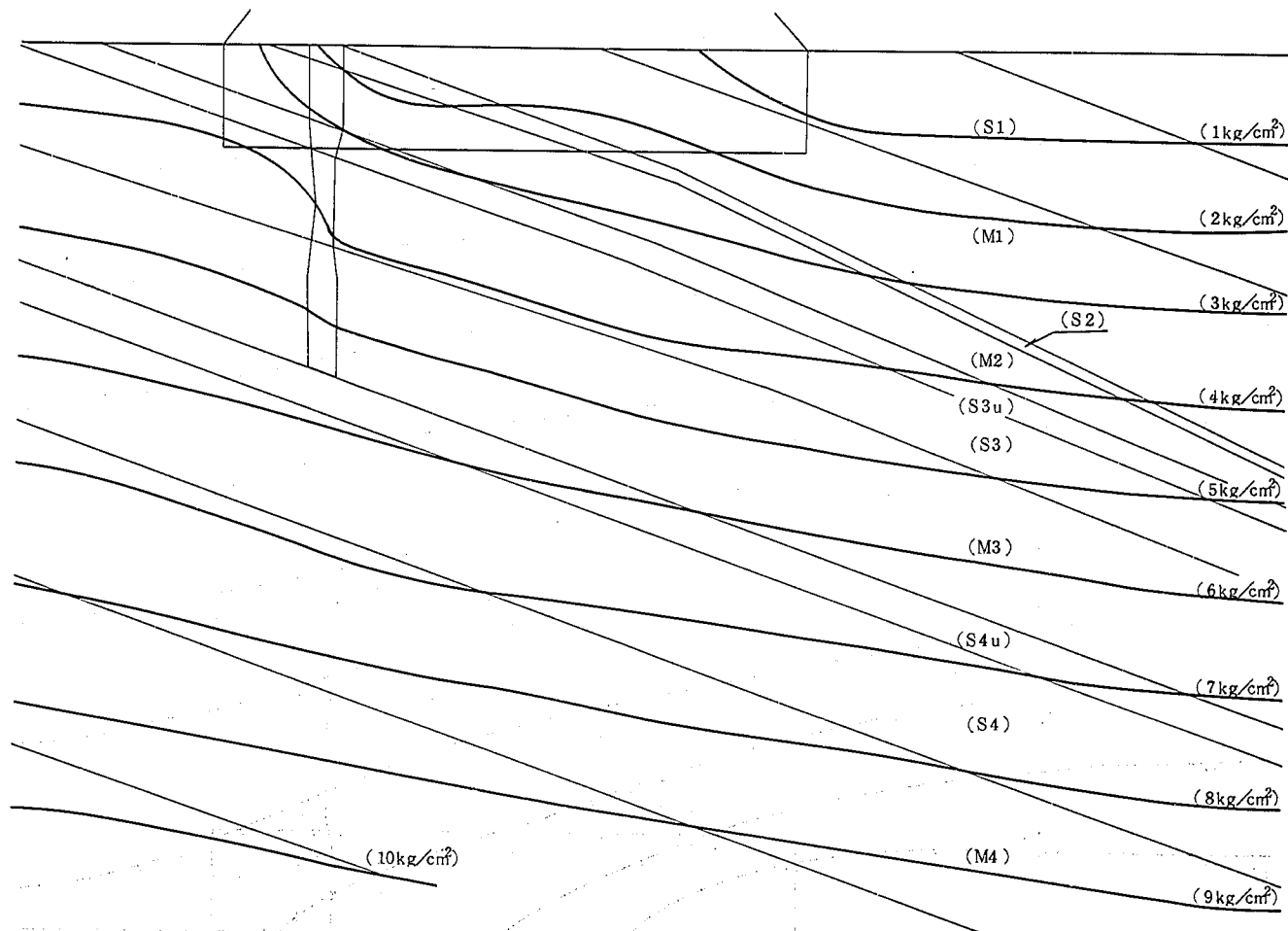


図-7・6 浸透圧分布(ケース6)

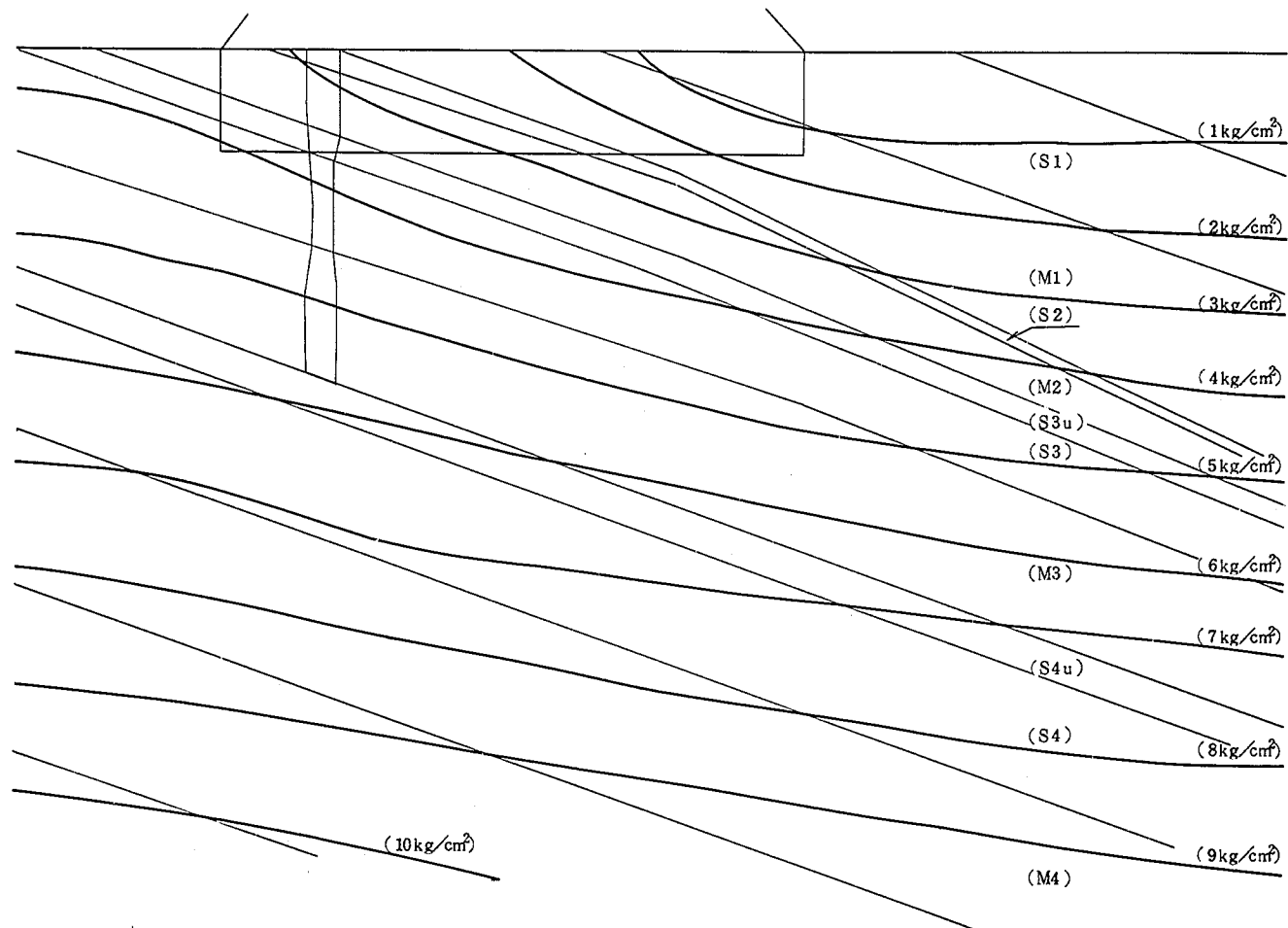


図-7・7 浸透圧分布(ケース7)

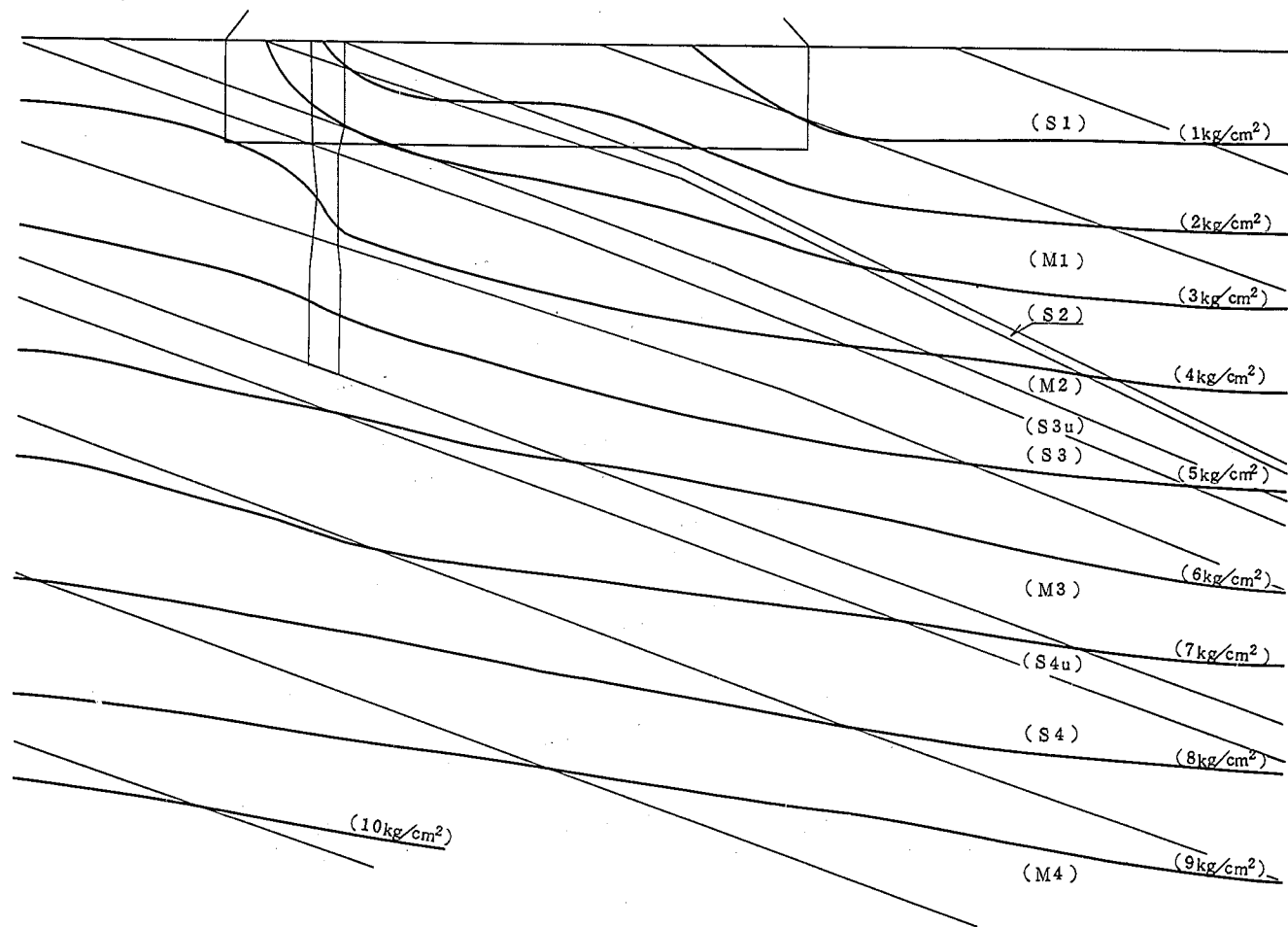


図-7・8 浸透圧分布(ケース8)

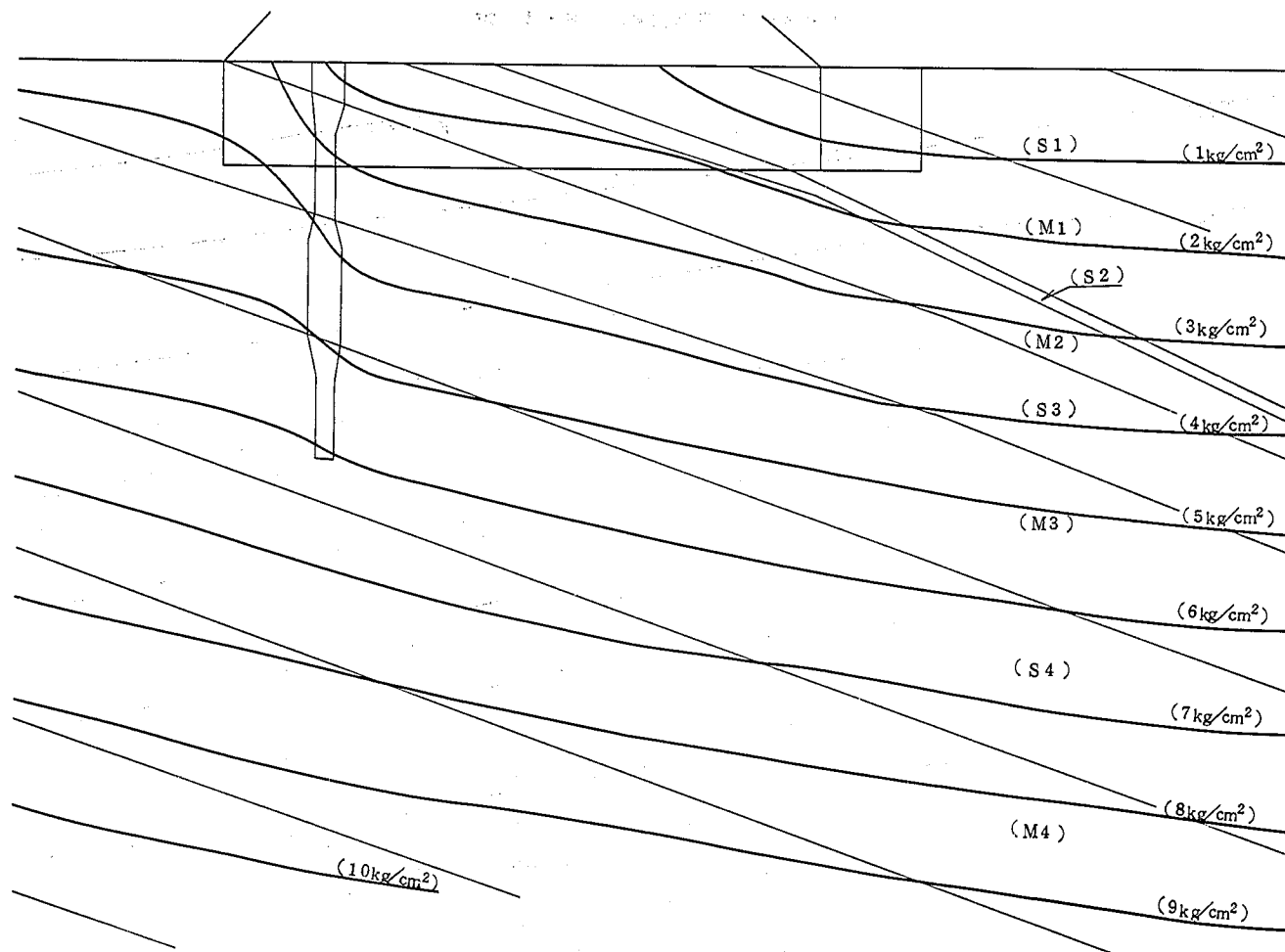


図-7・9 浸透圧分布(ケース9)

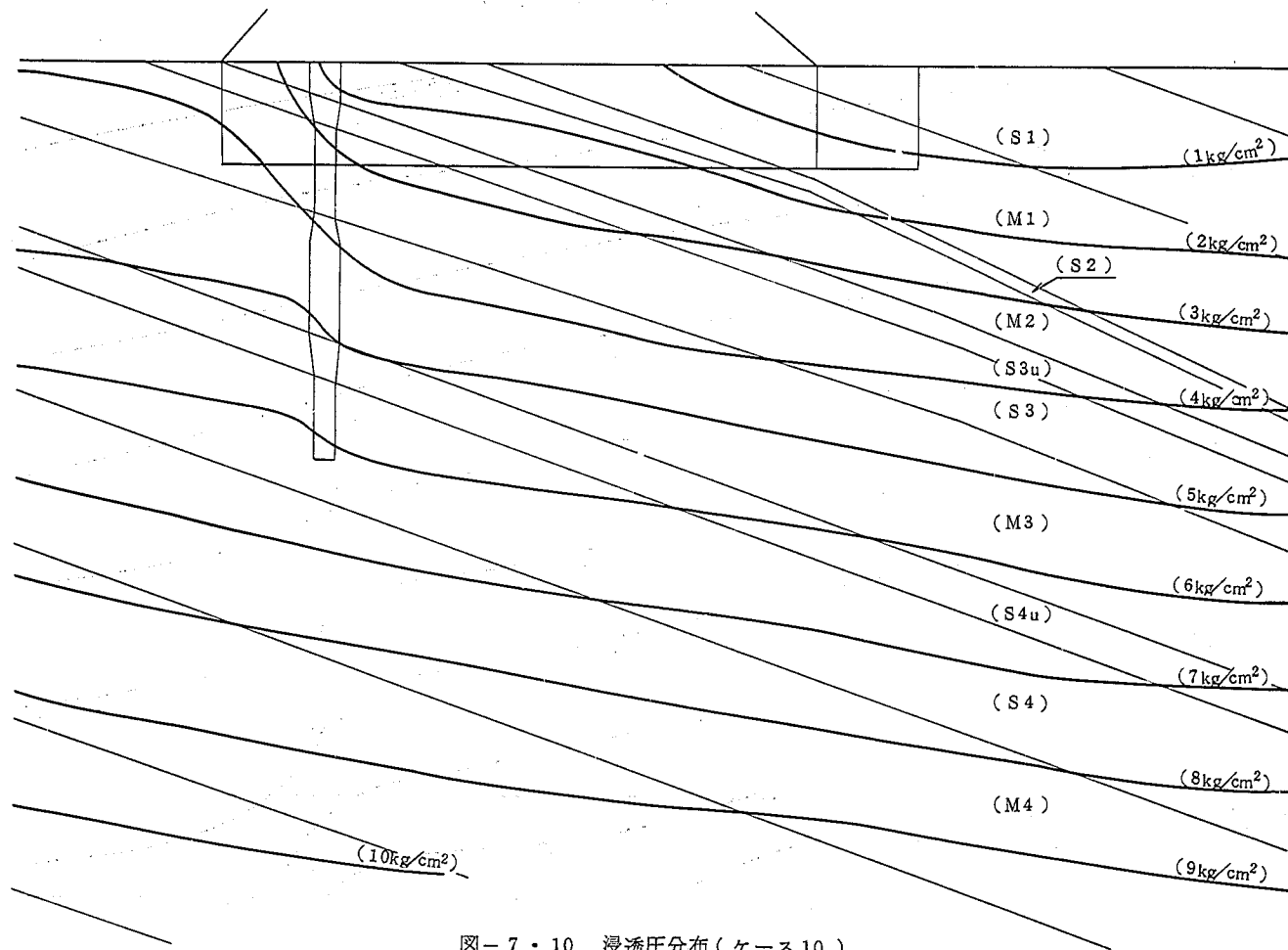


図-7・10 浸透圧分布(ケース10)

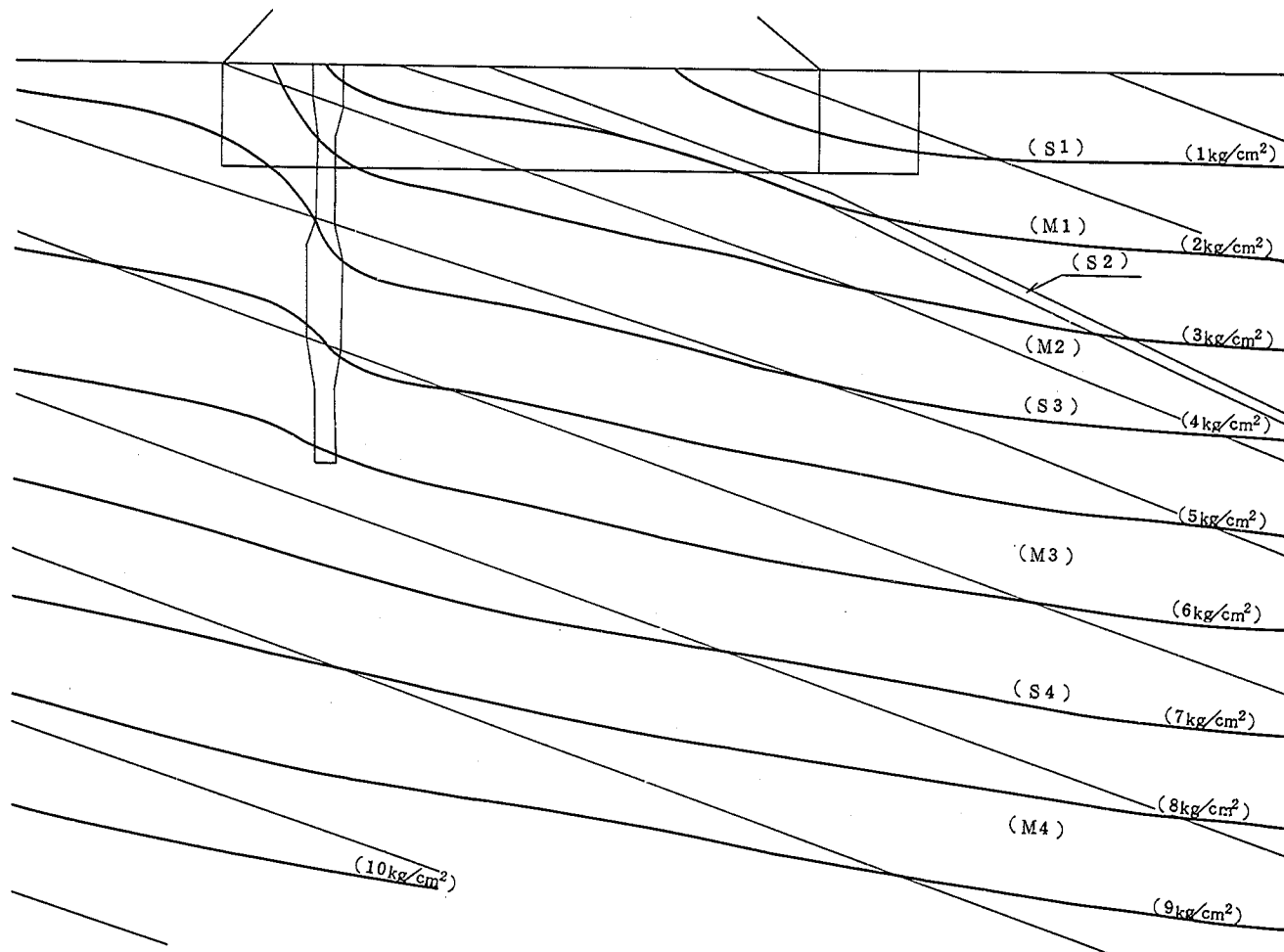


図-7・11 浸透圧分布(ケース11)

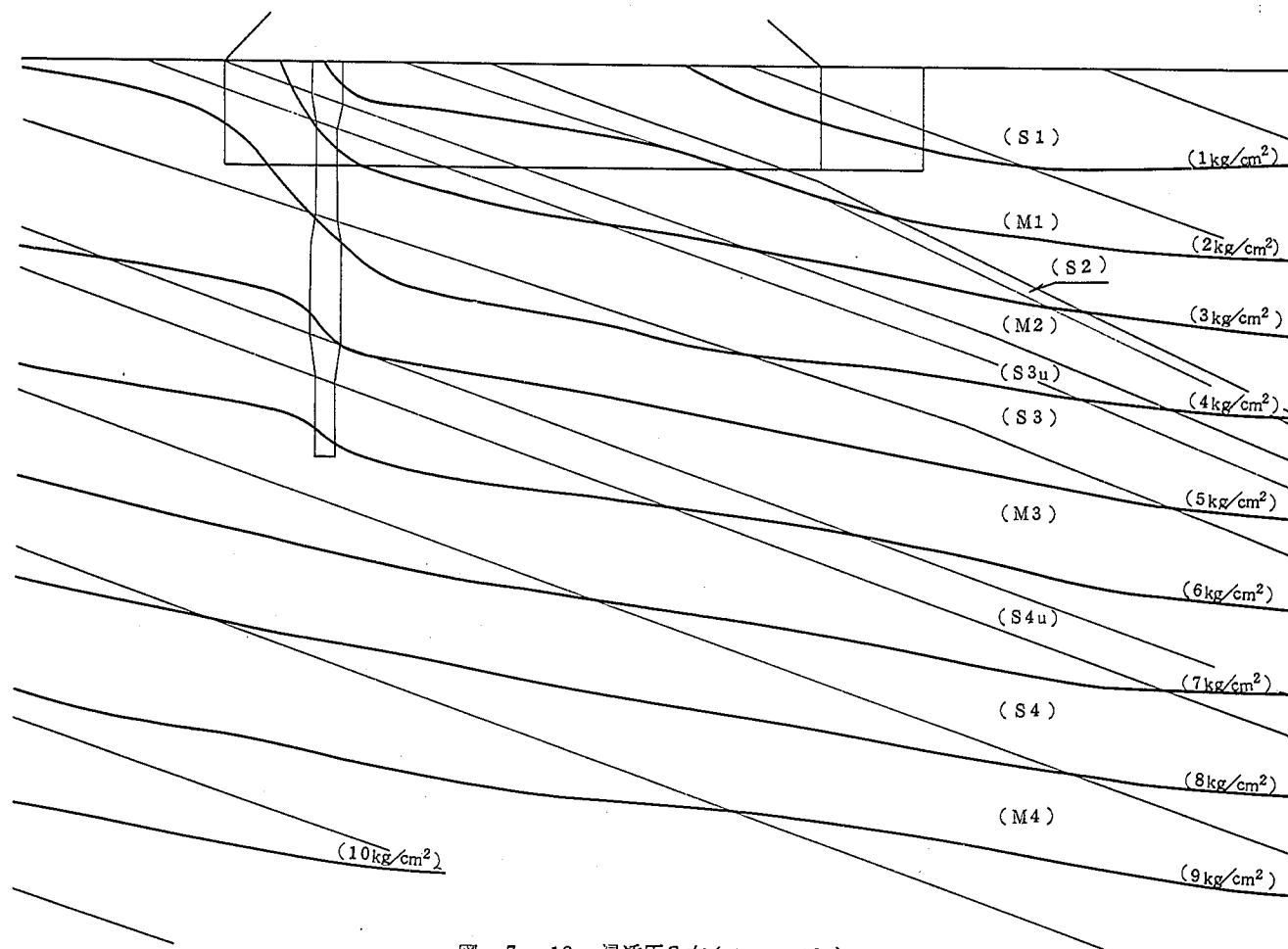


図- 7 ・ 12 浸透圧分布 (ケース 12)

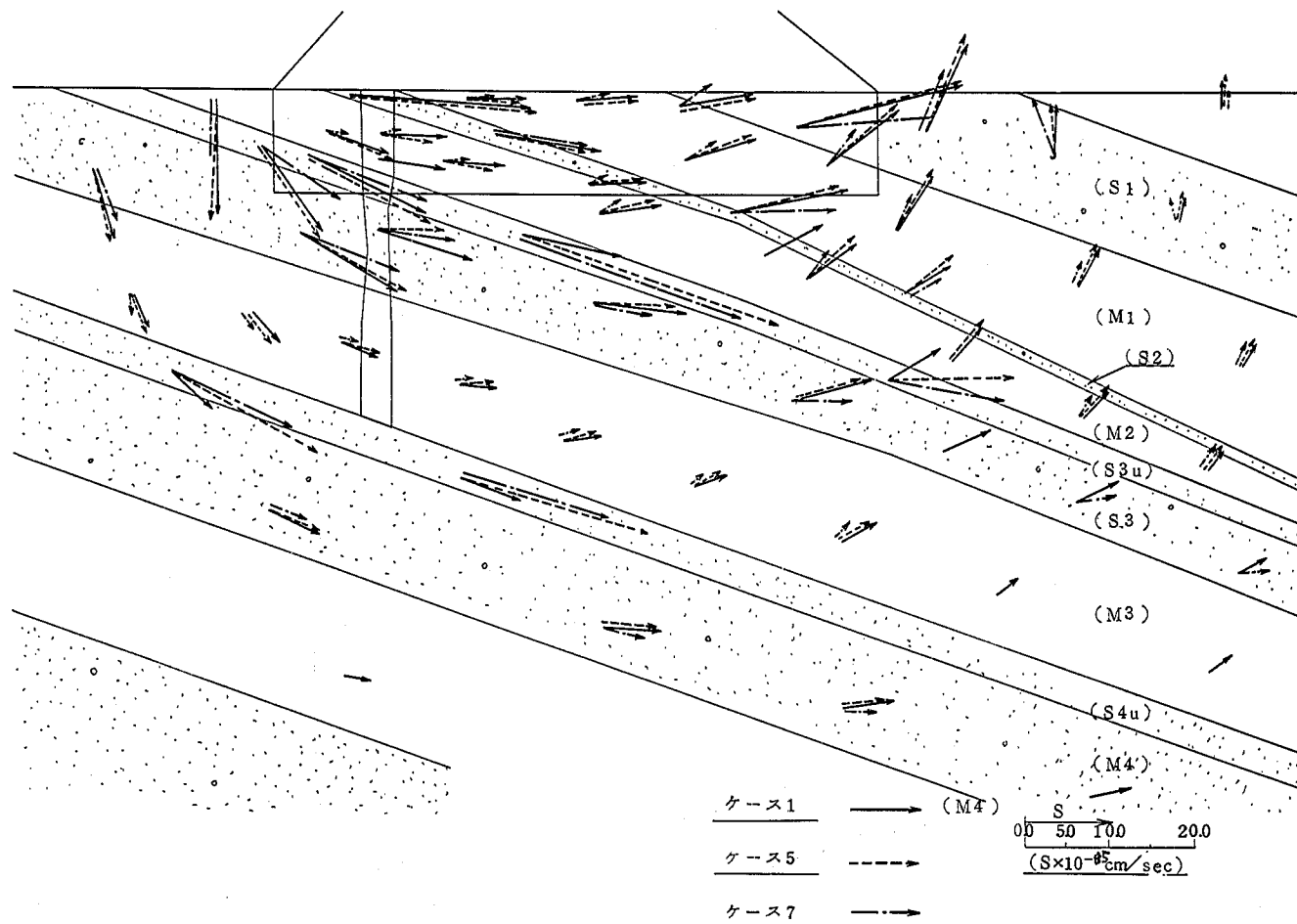


図-8 浸透流の流向・流速分布 (ケース1, 5, 7の比較)

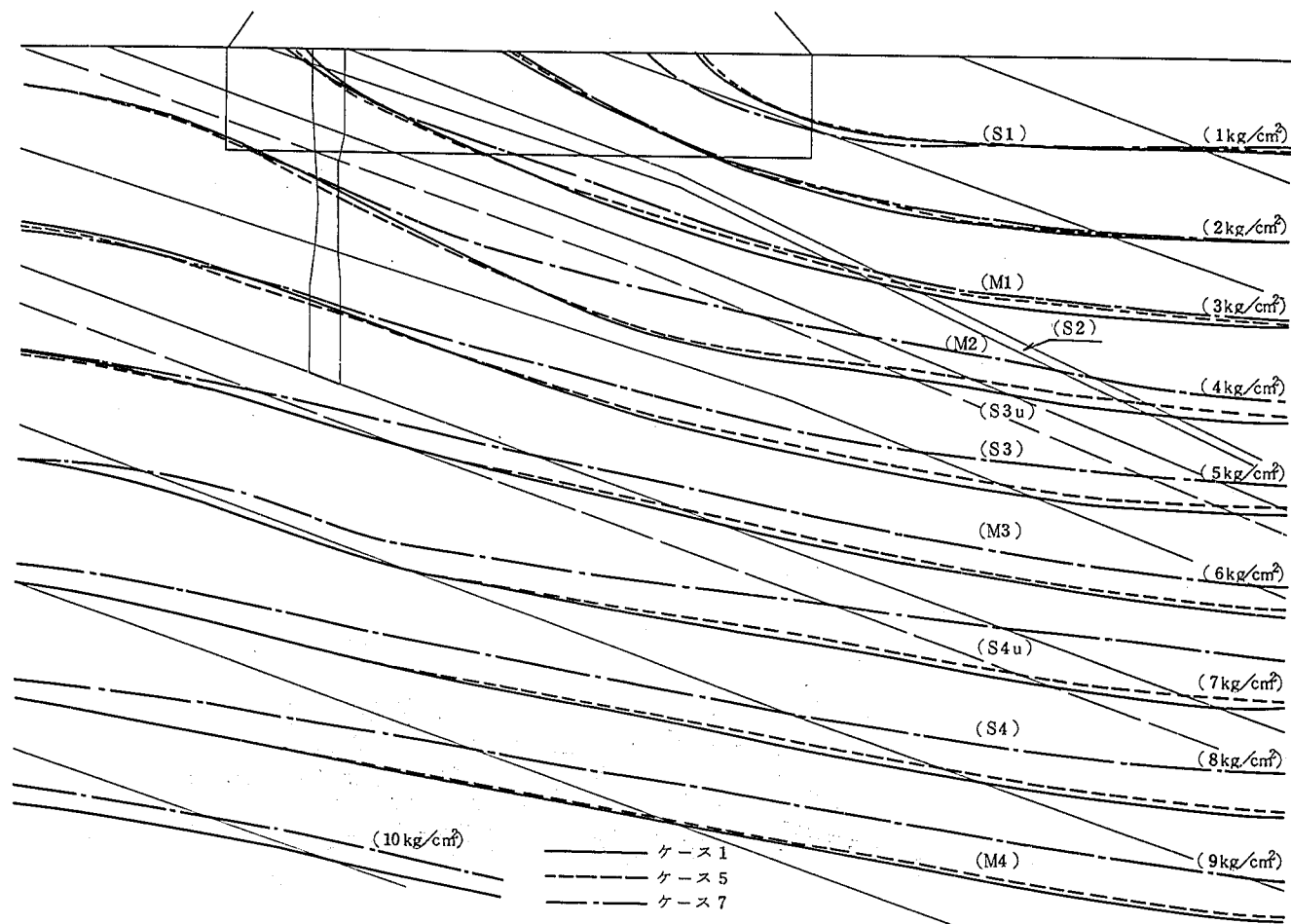


図-9 浸透流の浸透圧分布 (ケース1, 5, 7の比較)

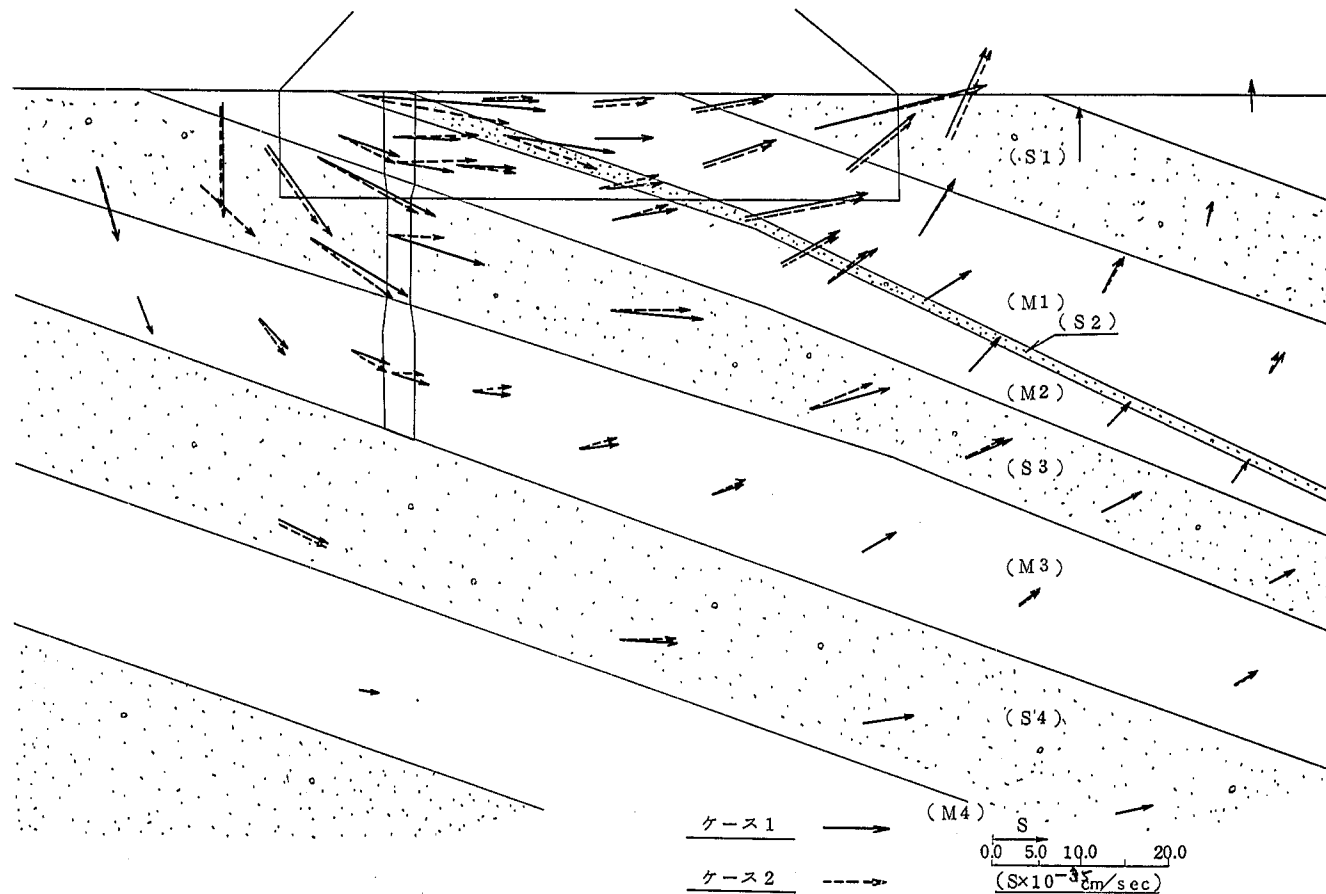


図-10 浸透流の流向流速分布(ケース1, 2の比較)

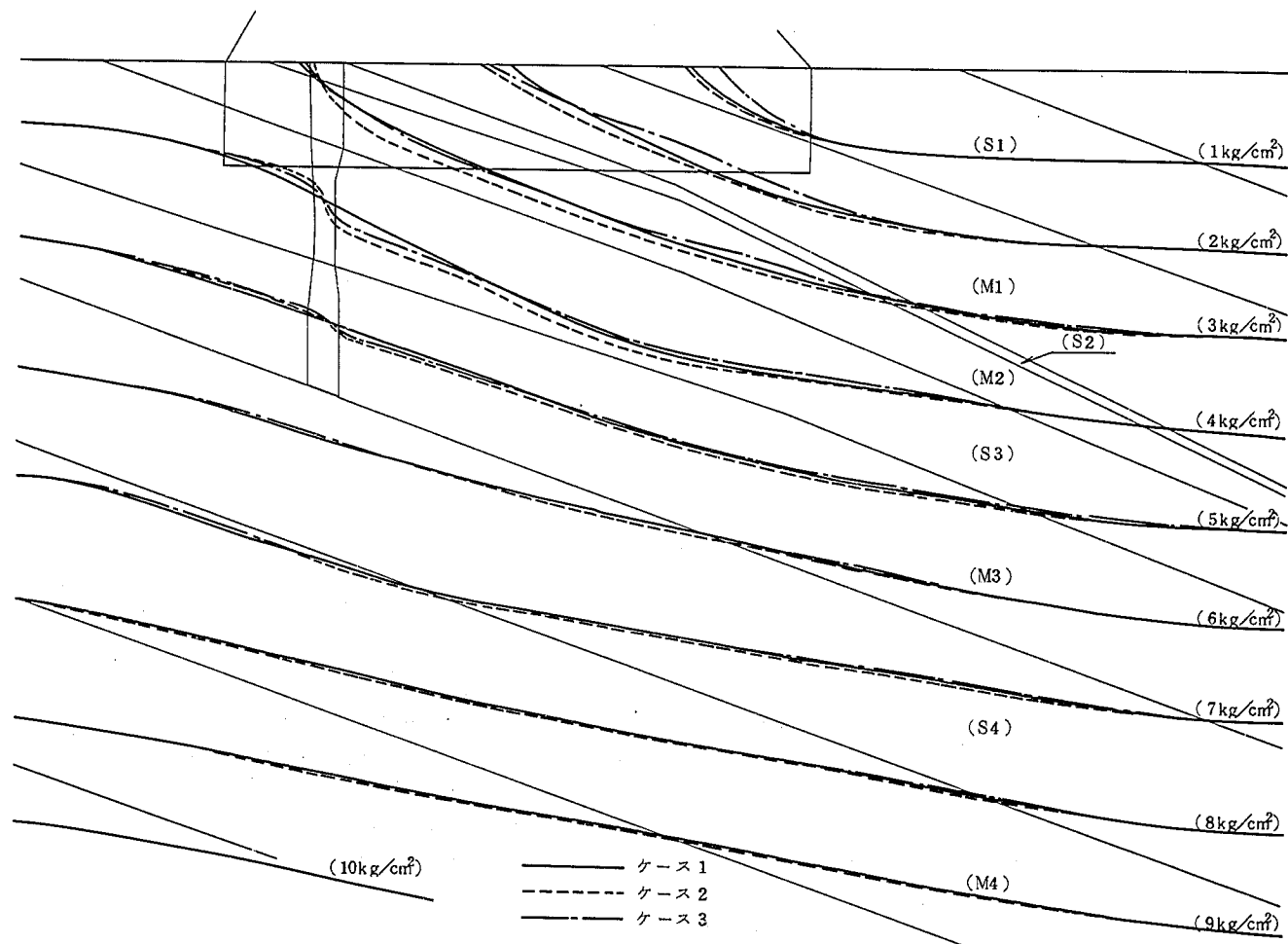


図-11 浸透圧分布 (ケース 1, 2, 3 の比較)

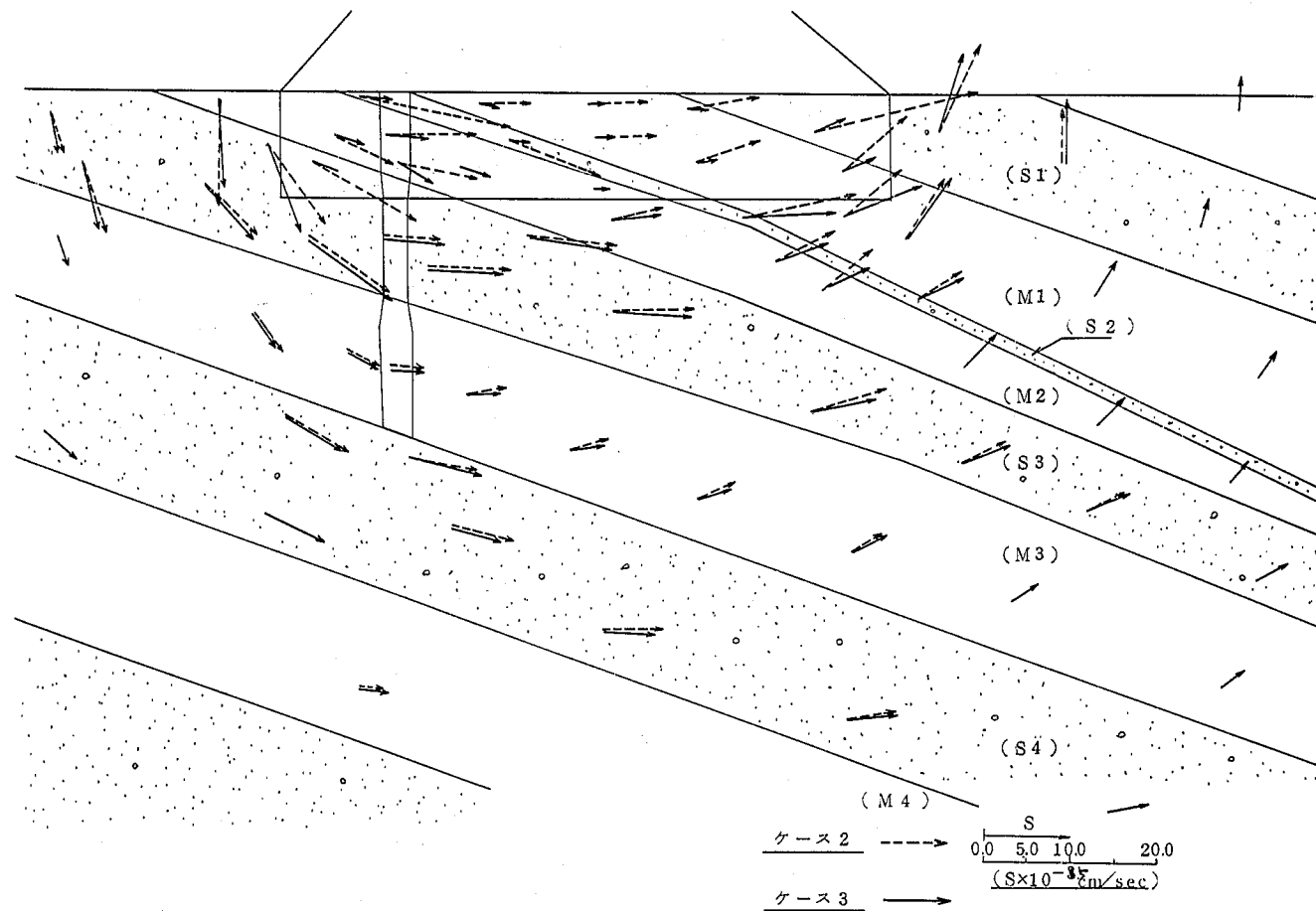


図-12 流向・流速分布(ケース2, 3の比較)

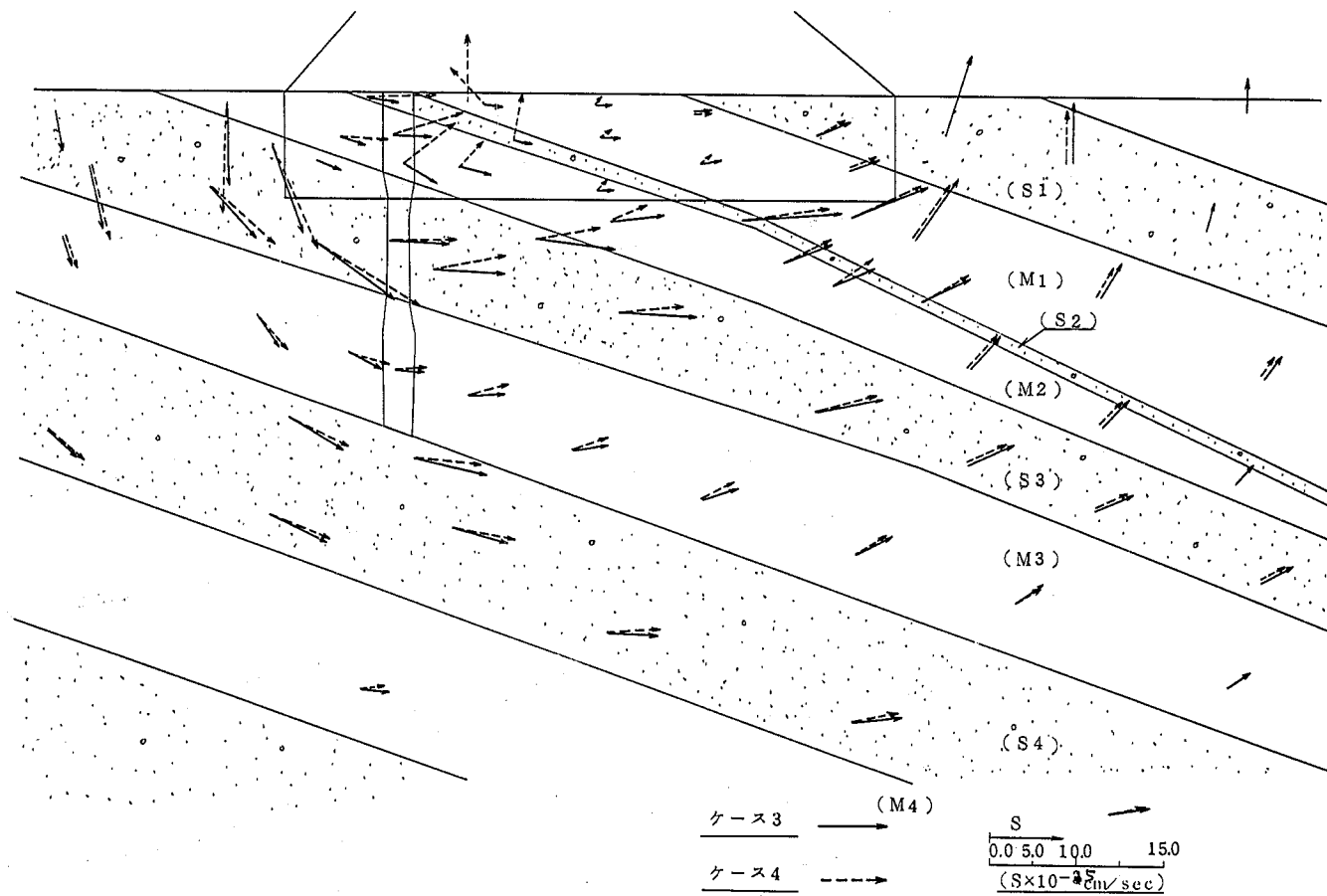


図-13 流向・流速分布(ケース3, 4の比較)

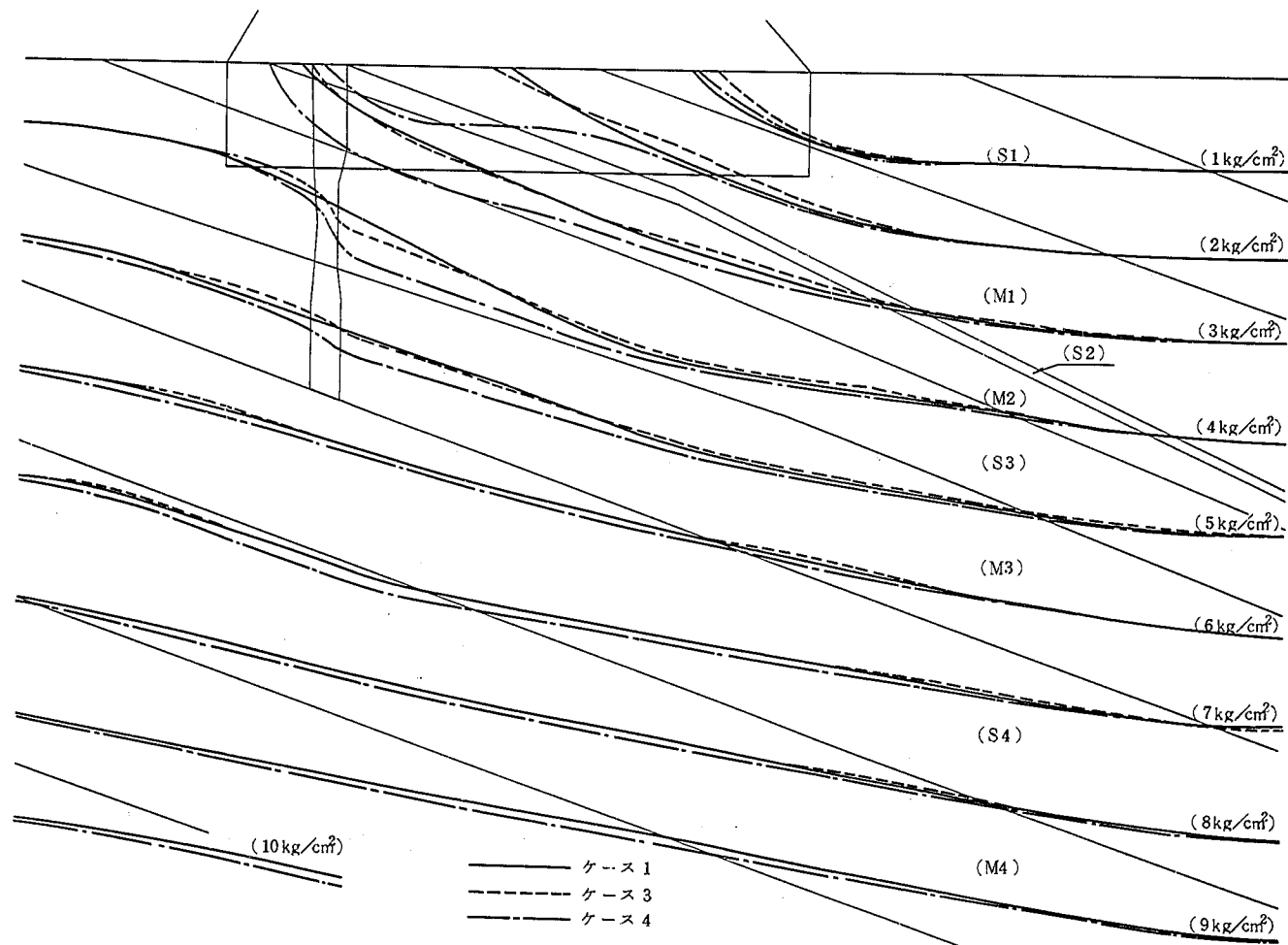


図-14 浸透圧分布 (ケース 1, 3, 4 の比較)

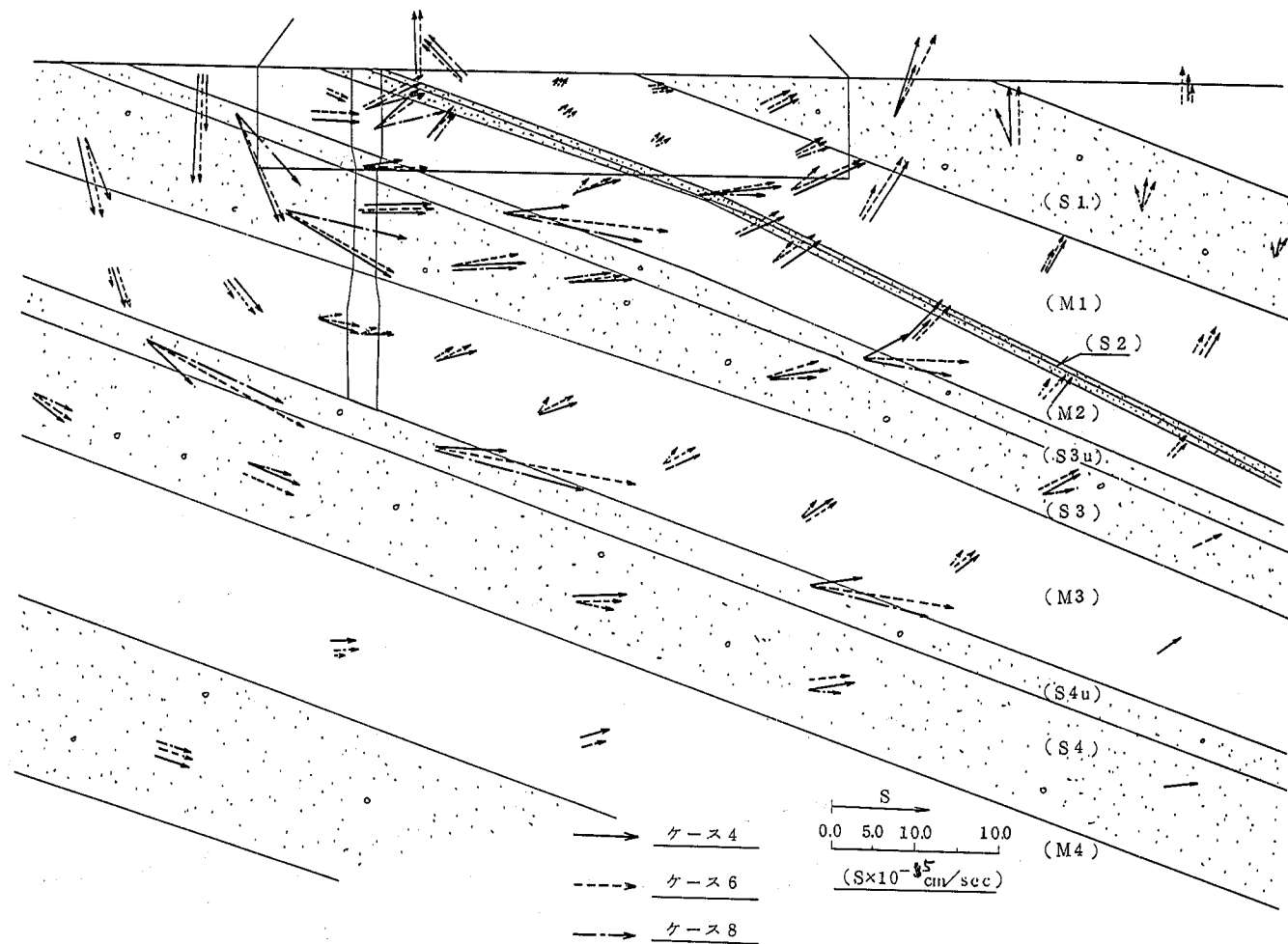


図-15 流向・流速分布(ケース4, 6, 8の比較)

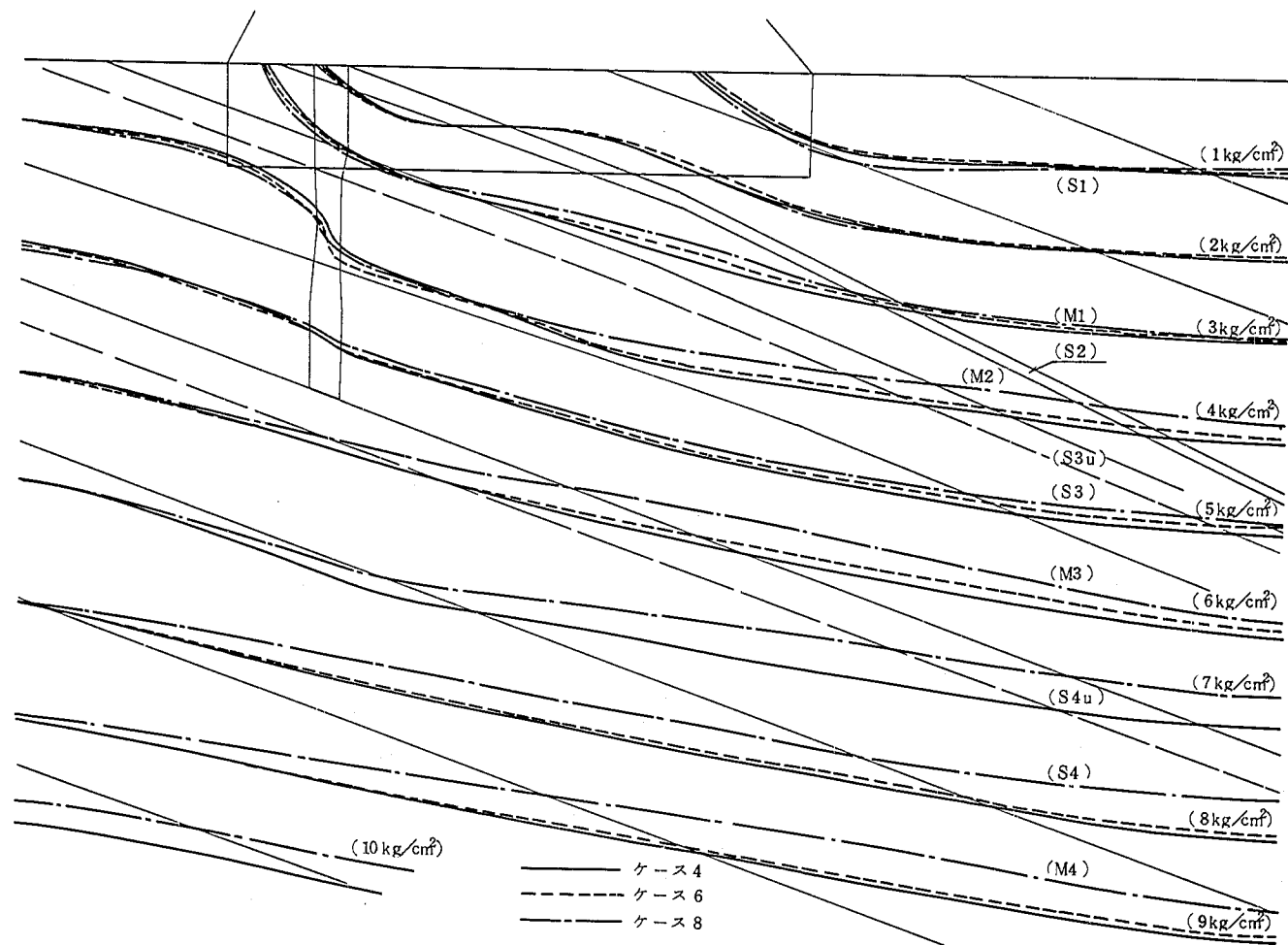


図-16 浸透圧分布 (ケース 4, 6, 8 の比較)

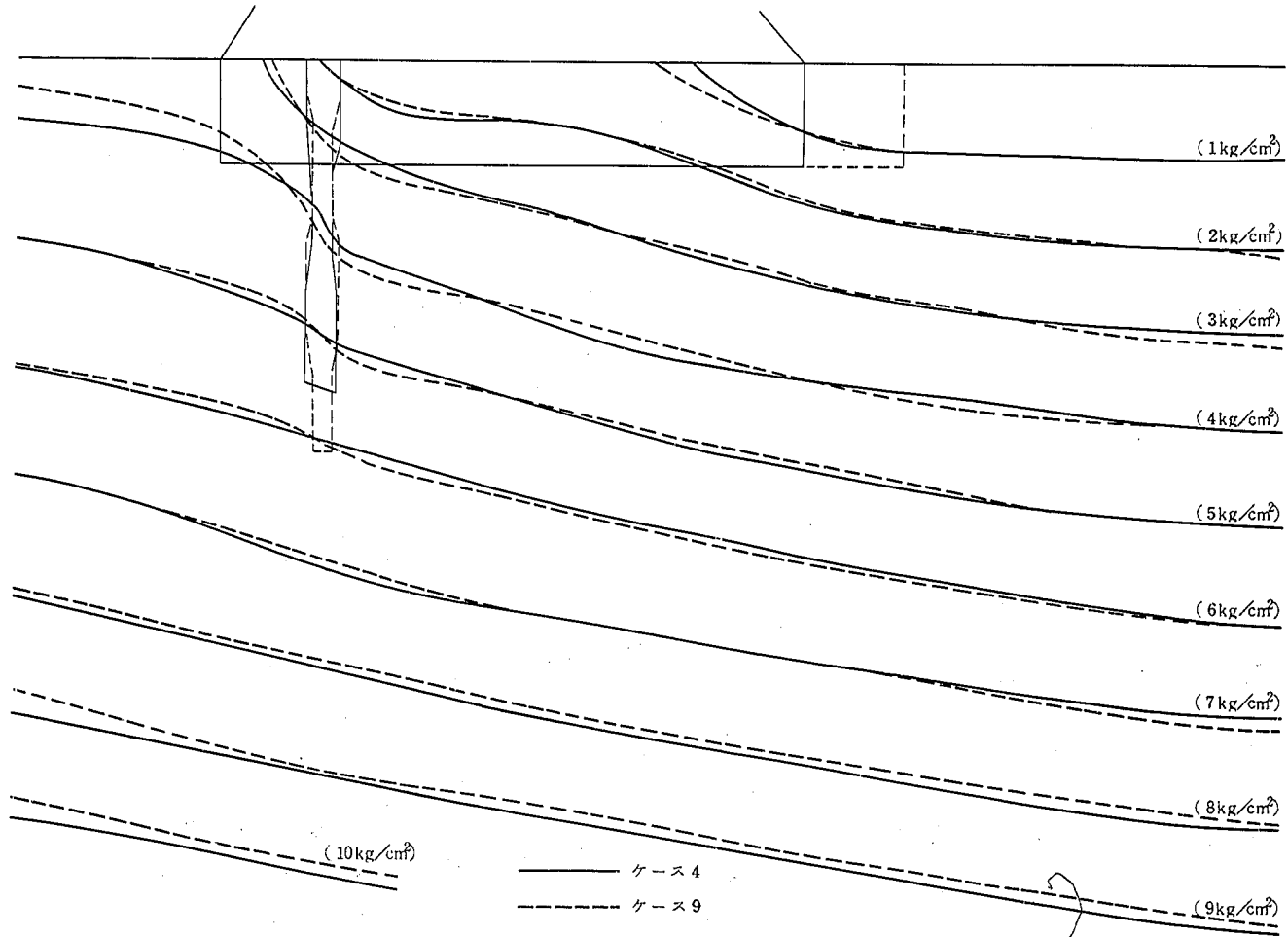


図-17 浸透圧分布(ケース4, 9の比較)

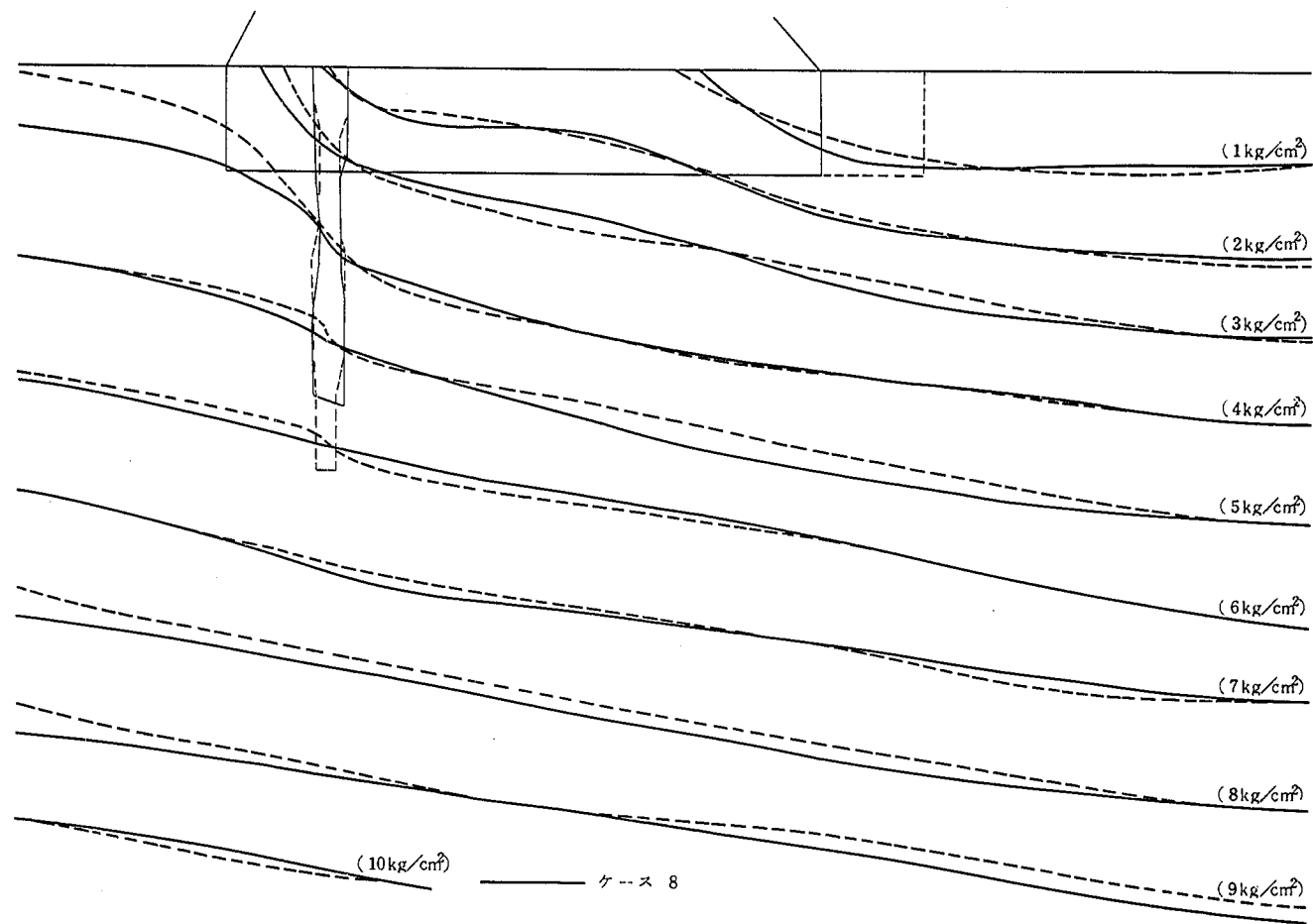


図-18 浸透圧分布(ケース8, 10の比較)

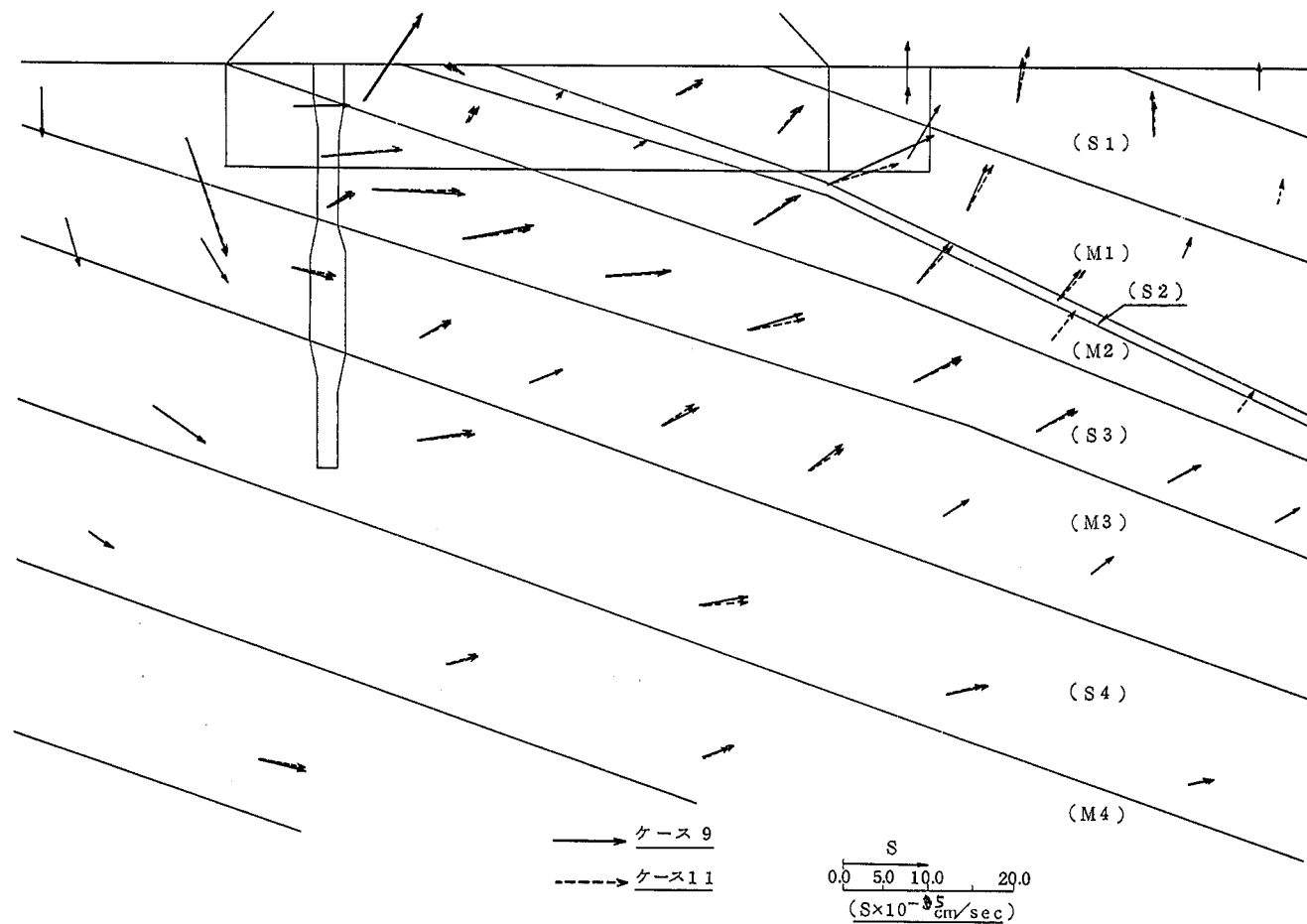


図-19 流向・流速分布(ケース9, 11の比較)

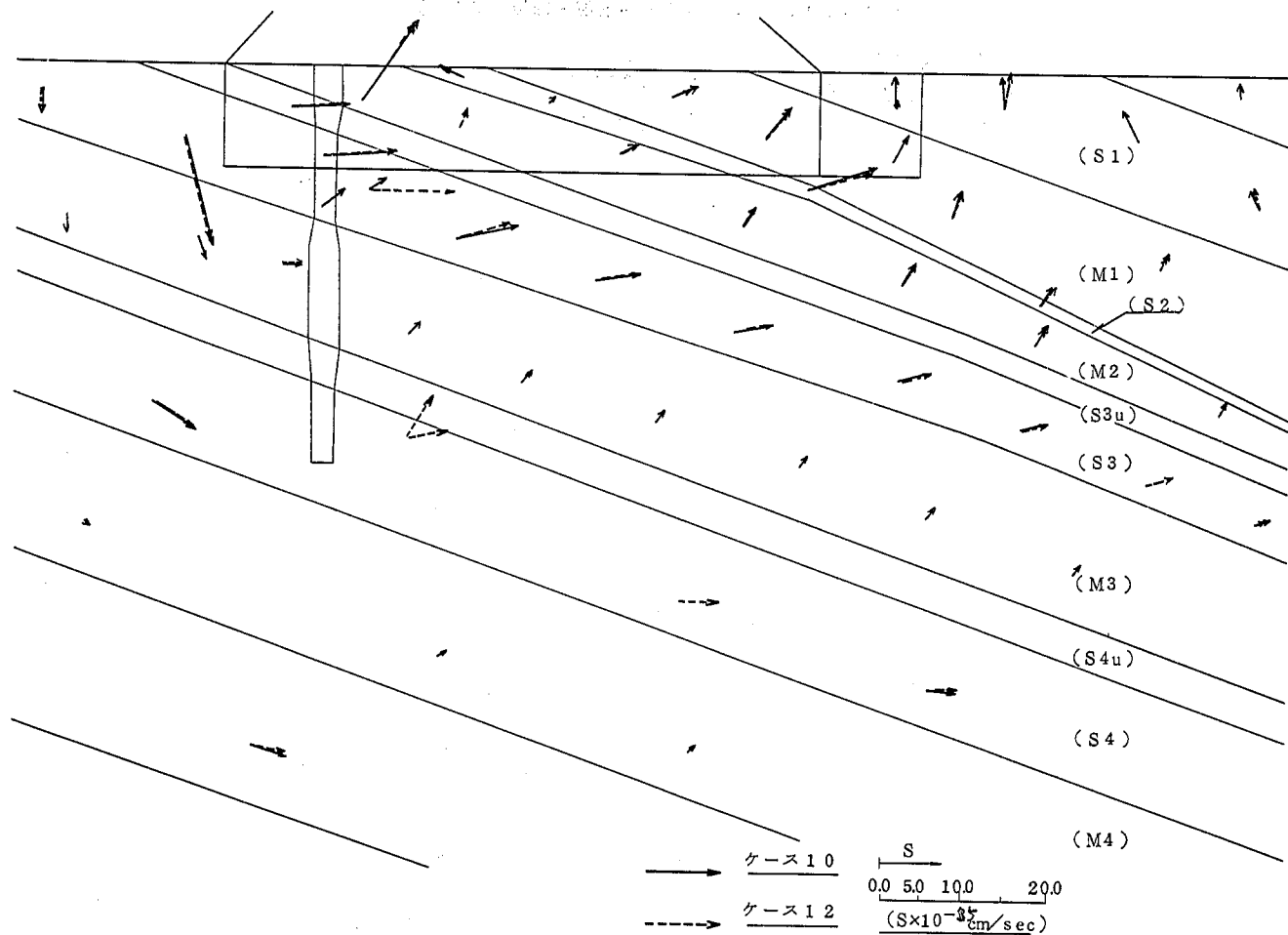


図-20 流向・流速分布(ケース10, 12の比較)

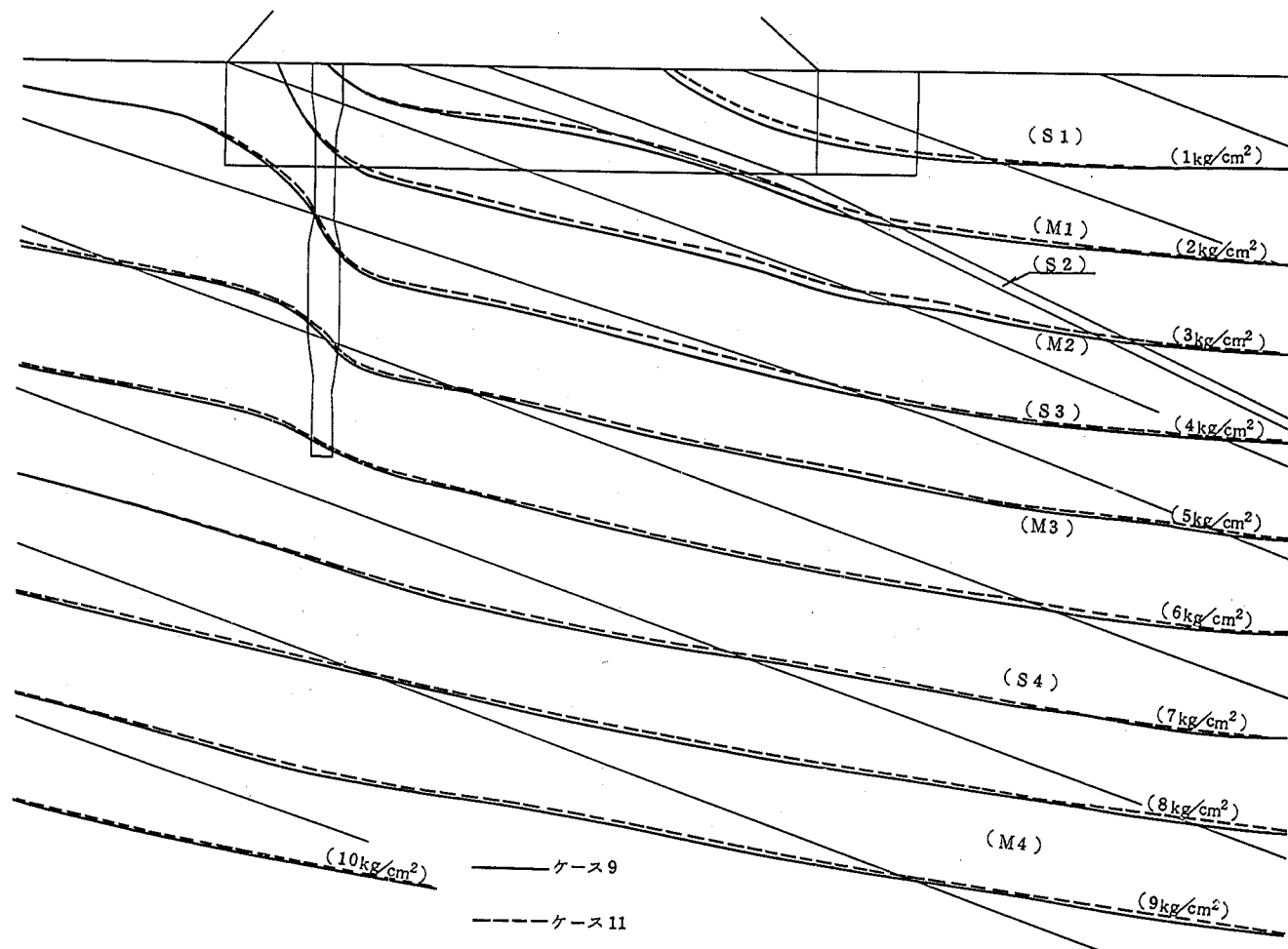


図-21 浸透圧分布(ケース9, 11の比較)

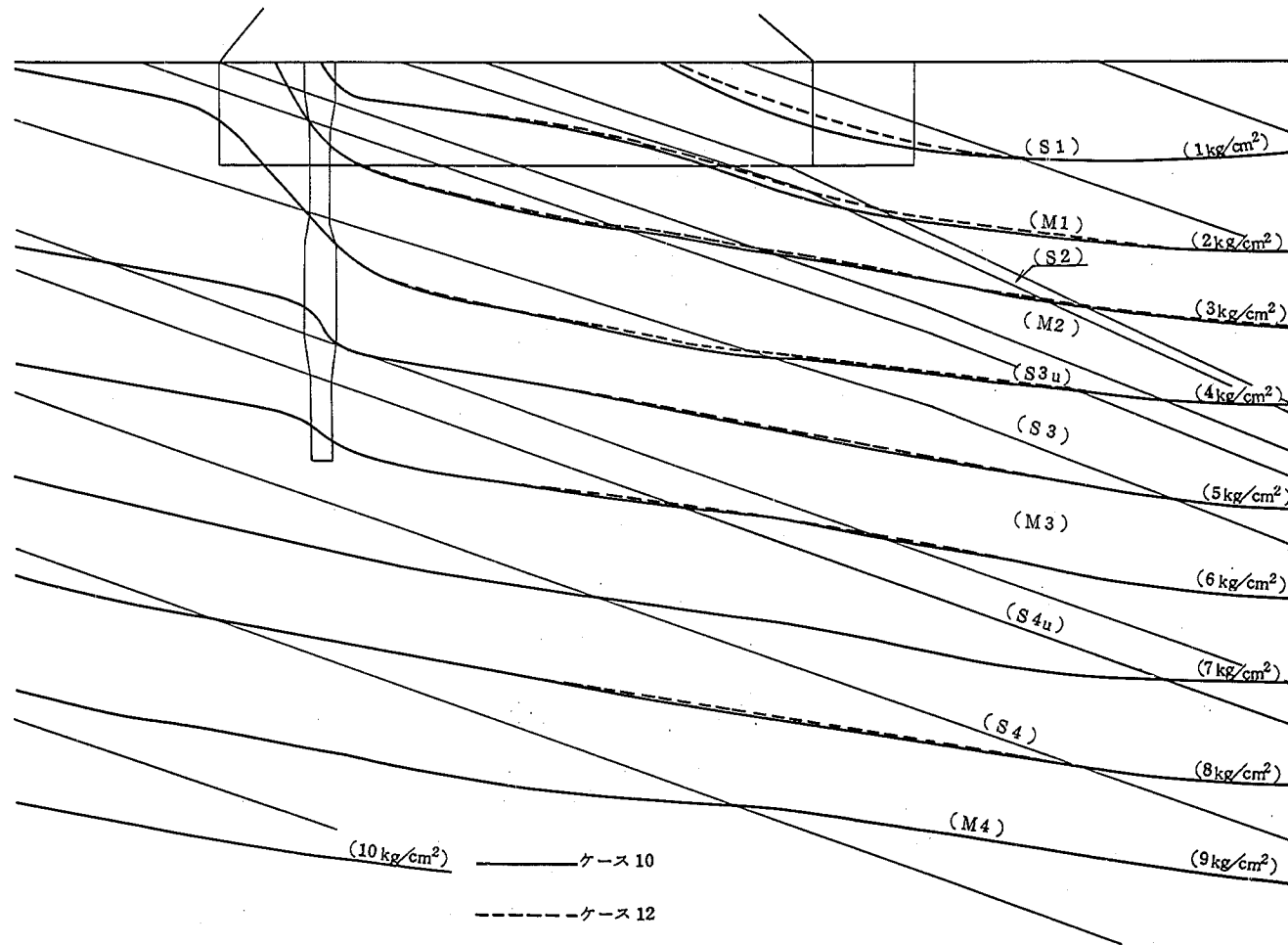


図-22 浸透圧分布 (ケース 10, 12 の比較)

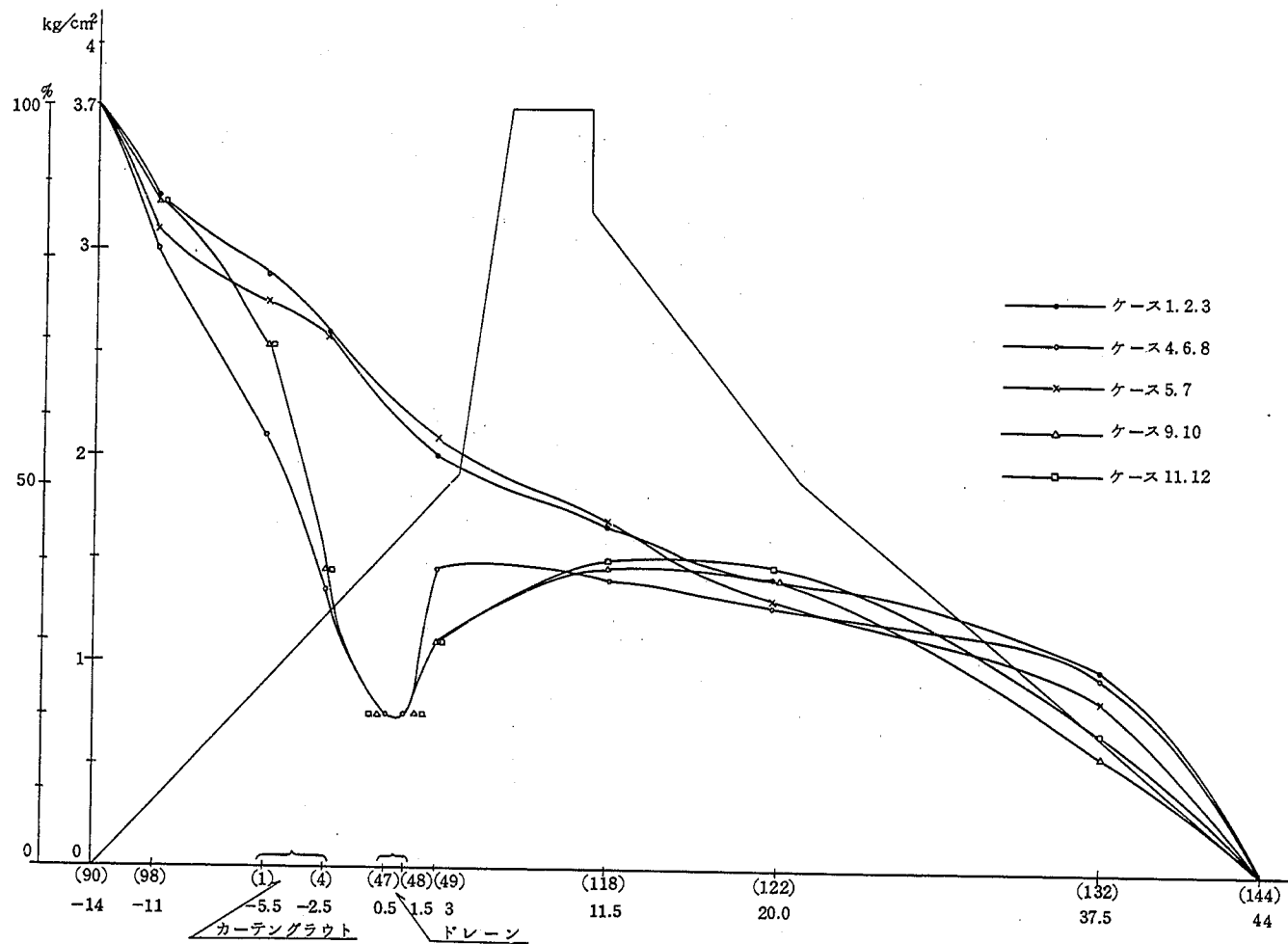


図-23 ダム本体ベースの揚圧力分布

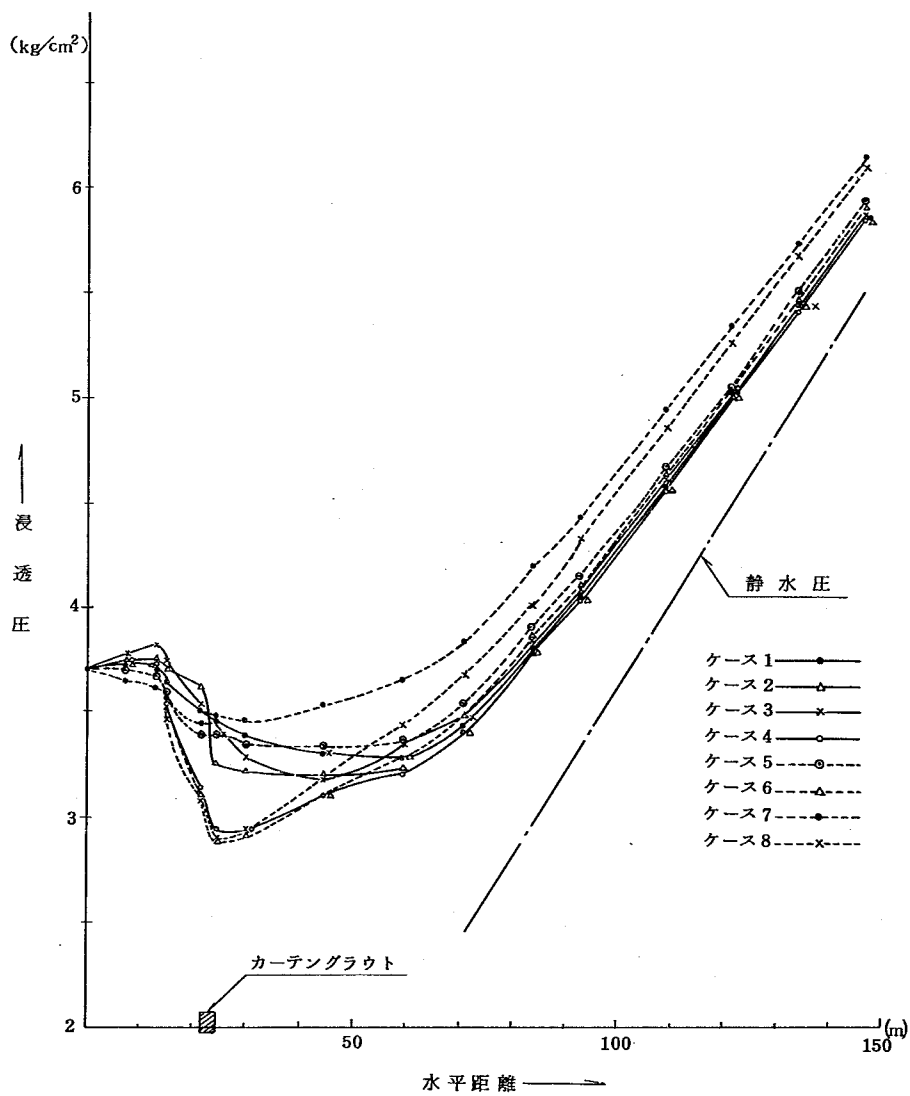


図-24(a) 第3砂岩層上部と第2泥岩層境界での圧力分布

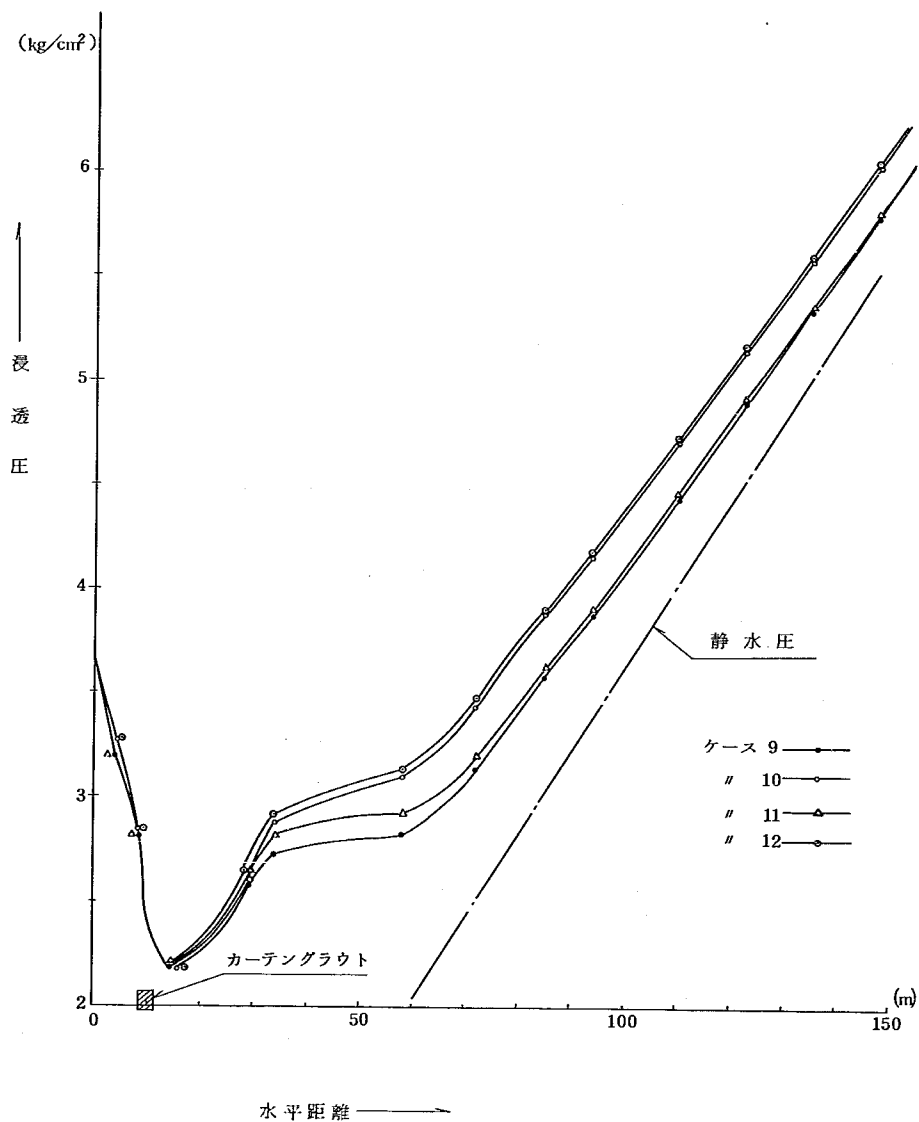


図-24 (b) 第3砂岩層上部と第2泥岩層境界での圧力分布

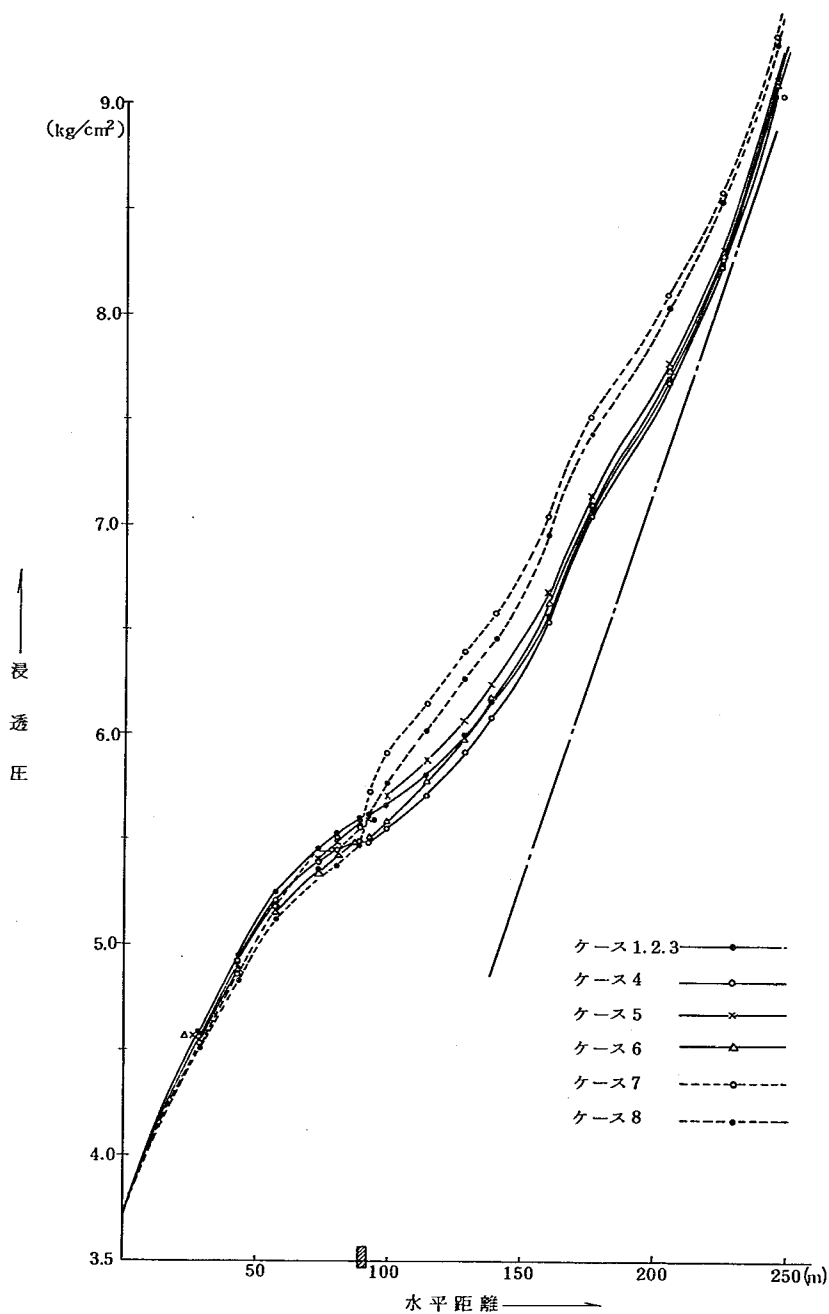


図-25 (a) 第4砂岩層上部と第4泥岩層の境界での圧力分布

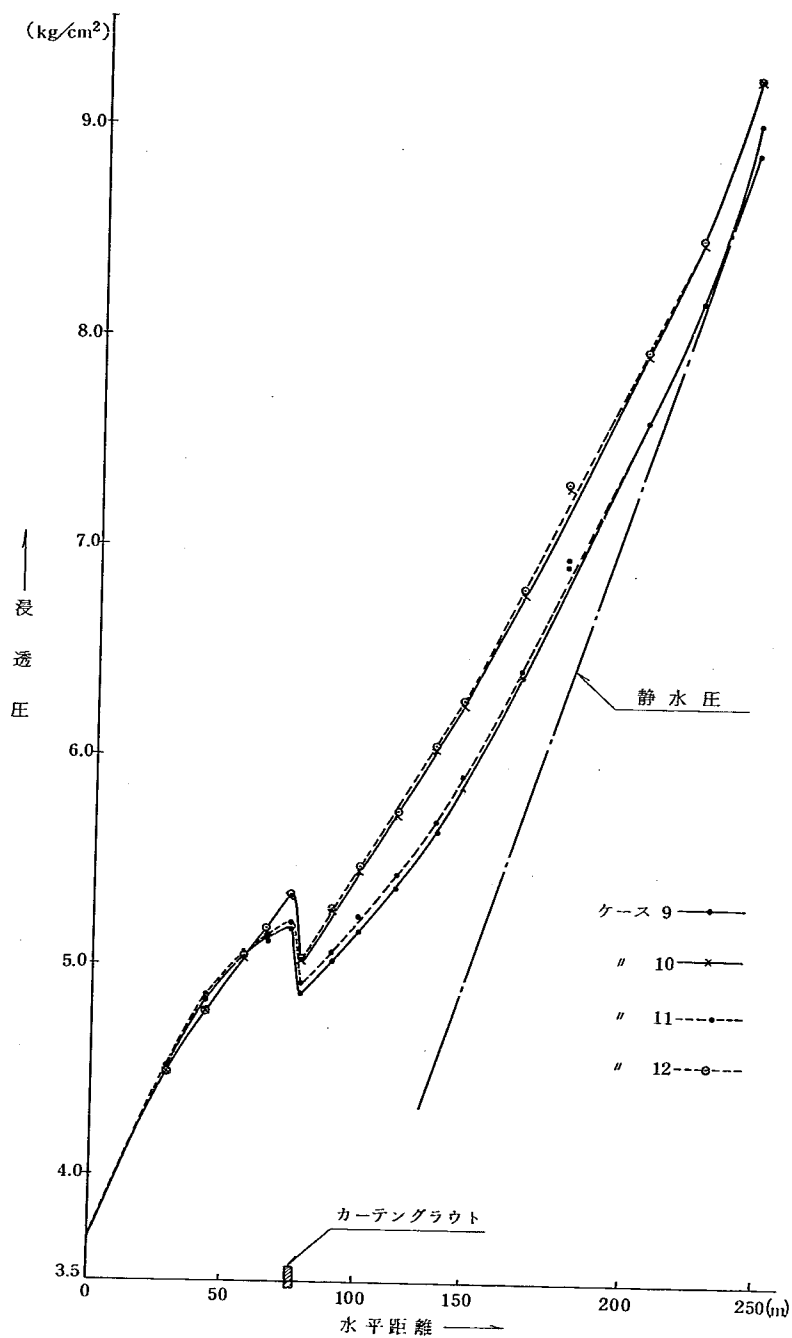


図-25 (b) 第4砂岩層上部と第4泥岩層の境界での圧力分布

5. 結 論

以上、透水性の異なる層状岩盤にコンクリートダムを築造する場合の、浸透流に対する基礎処理設計法について有限要素法による浸透流解析で検討を行ってきたが、これらの結果から次の事項が結論づけられる。

- 1) 透水性の異なる層状岩盤の場合、流速は透水係数に支配され、流速の変化は透水係数の比にほぼ等しい。一方、浸透圧は流速ほど敏感ではないが、透水層と透水層を狭む層の透水係数比が大きくなった場合、透水層は被圧する。
- 2) カーテングラウトは、このようなダルシーの法則に従う定常流の難透水層では、その効果はカーテン直下流の極めて狭い範囲にしかない。但し、ダム貯水により被圧するような透水層がある場合にこの層にカーテングラウトを行なった場合は、ダム基礎部分ではある程度被圧を減じることができる。また本来カーテングラウトの目的は、岩盤に存在する亀裂を詰める事にあると思われるので、岩盤の透水係数の如何にかかわらず、亀裂の存在が予想されるダムではカーテングラウトは必要である。
- 3) コンソリデーショングラウトは、ダムベース直下の流速を減少させる効果があり（但しコンソリにより透水係数が小さくなった場合）、コンソリをダム下流に延長した場合には、その部分の流速を減少し、基礎材料の流出を防ぐ効果がある。一方浸透圧には余り変化は見られないが、ただ被圧透水層がある場合にはこの被圧層にコンソリグラウトを行なわない限り、被圧を助長する傾向がある。
- 4) ドレーンは、ダムベースの揚圧力を減少される効果があり、この目的にかなうのはドレーンだけであるが、逆にドレーン周辺の流速を高めることになり、基礎材料が流出し易い場合は十分留意する必要がある。