ISSN 0386－5878
土木研究所資料第3325号
0082

土 木 研 究 所 資 料

凍結採取法による不撹乱砂礫材料の静的強度及び動的変形・強度特性

平成7月1月

建 設 省 土 木 研 究 所
ダム部フィルダム研究室

Copyright © (1995) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は，土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって，本報告書の全部又は一部の転載，複製は，土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土木研究所資料
第3325号 1995年1月

凍結採取法による不撹乱砂礫材料の静的強度及び動的変形・強度特性

フィルダム研究室　室長　中村　昭
前フィルダム研究室　主任研究員　安田　成夫*1)
部外研究員　太田　直之*2)
部外研究員　高橋三津彦*3)

要旨

本報告は，室内大型三軸試験機を用い河床砂礫の再構成材料から得られる力学特性の，原位置自然地盤への適応性を把握することを目的としたものである。フィルダムの基礎に想定される河床砂礫地盤より採取した凍結不撹乱試料の静的強度及び動的変形・強度特性を調べ，再構成材料と比較し主に以下の事項について考察した。

①凍結不撹乱砂礫試料と再構成砂礫試料の静的強度との比較。
②凍結不撹乱砂礫試料の動的変形・強度特性と原位置自然地盤特性との整合性。
③凍結不撹乱試料と再構成試料との動的変形・強度特性についての比較。
④凍結不撹乱試料における静的強度と動的強度との関連性。

キーワード：フィルダム，河床砂礫，不撹乱試料，動的変形・強度特性

＊1）現　企画部企画課長
＊2）部外研究員在職期間（平成４年４月から５年３月まで）
＊3）部外研究員在職期間（平成５年４月から６年９月まで）

Technical memorandum
of Public Works
Research Institute
No. 3325, 1995

Strength and Deformation Characteristics of Undisturbed Riverbed Gravels Sampled by Freezing Sampling Method.

Fill-type Dam Division
Head, Akira NAKAMURA
Senior Researcher, Nario YASUDA*1)
Researcher, Naoyuki OHTA*2)
Researcher, Mitsuhiko TAKAHASHI*3)

Synopsis

This report describes the applicability of strength and deformation characteristics of reconstituted specimens by the large-scale triaxial test to evaluate the stiffness of the natural ground. Static strength, dynamic deformation and strength characteristics of undisturbed specimens sampled from riverbed gravel foundation of embankment dam were investigated, comparing with those of undisturbed and reconstituted specimens, and the in-situ PS logging.

① The comparison of static strength of undisturbed and reconstituted specimens.

② The comparison of dynamic deformation and strength characteristics of undisturbed specimens and those of the natural ground.

③ The comparison of dynamic deformation and strength characteristics of undisturbed and reconstituted specimens.

④ The comparison of dynamic and static strengths of undisturbed specimens.

Keywords: filldam, riverbed, undisturbed specimens, dynamic deformation and strength characteristics.

*1) Head, Planning Division
*2) Fofmerly visiting researcher from April, 1992 to March, 1993
*3) Fofmerly visiting researcher from April, 1993 to September, 1994

まえがき

礫地盤や構成材料の多くを粗礫が占めるフィルダム堤体粗粒材料等の強度評価を室内で求める場合には，主に大型三軸圧縮試験が用いられている。また原位置地盤の力学特性を求める場合，これら粗粒材料は不撹乱試料の入手が困難であるため，原位置自然地盤の性状を極力反映させた条件で作製した再構成供試体が室内試験に用いられる。一方，地震応答解析等コンピュータによるシミュレーション技術が普及向上し，重要土構造物の動的解析に際し高精度の入力物性値としての土質材料の動的強度，変形特性が必要とされている。原位置地盤は，応力履歴や構造的な乱れの影響を大きく受けている場合があり，室内の再構成供試体より得られた土質材料の動的変形・強度特性は原位置地盤の性状を十分に表しているとは言い難い。したがって再構成供試体による試験値が原位置地盤の性状をどの程度反映しているかを予め把握した上で再構成供試体の動的変形・強度特性を設計に反映させる手順は，工学的に非常に重要と考えられる。

本報告では河床砂礫地盤に対し凍結サンプリングを実施し，乱れの少ない高品質な河床砂礫の不撹乱試料を用いて三軸試験を行い，静的強度，動的強度，動的変形性を求めた。さらに再構成供試体を用いて得られた河床砂礫の静的強度，動的強度，動的変形特性との比較を行った。

目　　次

まえがき

1　既往の研究 …… 1

2　原位置地質状況 …… 2
2.1　ボーリング調査 …… 2
2.2　ＰＳ速度検層 …… 2
2.2.1　調査方法 …… 2
2.2.2　調査結果 …… 2

3　凍結サンプリング …… 8
3.1　概　要 …… 8
3.2　試料採取位置 …… 8
3.3　サンプリング手順 …… 8
3.3.1　サンプリング用ガイド管設置 …… 8
3.3.2　凍結管の設置 …… 9
3.3.3　地盤凍結 …… 9
3.3.4　凍結試料のサンプリング …… 9
3.3.5　供試体の整形 …… 9
3.3.6　供試体の包装及び保冷 …… 10
3.4　採取試料状況 …… 10

4　不撹乱試料試験方法 …… 20
4.1　試験装置 …… 20
4.1.1　透水試験装置 …… 20
4.1.2　大型三軸試験装置 …… 20
4.2　物理試験 …… 20
4.2.1　比重試験 …… 20
4.2.2　含水比試験 …… 21
4.2.3　粒度試験 …… 21
4.2.4　密度試験 …… 21
4.2.5　最大・最小密度試験 …… 21
4.3　透水試験 …… 22

4.3.1 試験手順 …… 22
4.4 静的強度試験 …… 22
4.4.1 試験条件 …… 22
4.4.2 試験手順 …… 22
4.5 動的変形試験 …… 23
4.5.1 試験条件 …… 23
4.5.2 試験手順 …… 23
4.5.3 データ整理方法 …… 24
4.6 動的強度試験 …… 24
4.6.1 試験条件 …… 24
4.6.2 試験手順 …… 24
4.6.3 データ整理方法 …… 25

5 不撹乱試料試験結果 …… 30
5.1 物理試験結果 …… 30
5.2 透水試験結果 …… 30
5.3 静的強度試験結果 …… 31
5.4 動的変形試験結果 …… 32
5.4.1 原位置ＰＳ検層との比較 …… 32
5.4.2 せん断剛性率Ｇとせん断ひずみγとの関係 …… 33
5.4.3 減衰定数ｈとせん断ひずみγとの関係 …… 33
5.4.4 ポアソン比とせん断ひずみγとの関係 …… 34
5.4.5 拘束圧の影響 …… 34
5.4.6 間隙比の影響 …… 35
5.4.7 応力，ひずみ履歴の影響 …… 35
5.5 動的強度試験結果 …… 36

6 不撹乱試料と再構成試料の比較 …… 87
6.1 再構成供試体の作製 …… 87
6.1.1 供試体作製条件 …… 87
6.1.2 供試体作製方法 …… 87
6.2 試験条件 …… 88
6.3 静的強度試験結果の比較 …… 89
6.4 動的変形試験結果の比較 …… 90
6.4.1 原位置ＰＳ検層との比較 …… 90

6.4.2　せん断剛性率とせん断ひずみの関係 …… 90
6.4.3　減衰定数とせん断ひずみの関係 …… 90
6.4.4　ポアソン比とせん断ひずみの関係 …… 91
6.4.5　拘束圧の影響 …… 91
6.4.6　間隙比の影響 …… 92
6.4.7　応力・ひずみ履歴の影響 …… 92
6.5　動的強度試験結果の比較 …… 92
6.5.1　繰返し応力比と載荷回数の関係 …… 92
6.5.2　間隙水圧上昇傾向 …… 93

7　静的強度と動的強度の比較 …… 128

8　まとめ …… 135

付録－1　データ収録プログラム …… 139
付録－2　不撹乱試料スケッチ図 …… 175
付録－3　データ集，応力経路図 …… 227

1. 既往の研究

地盤の液状化に対する研究の進歩にともない、良質な不撹乱試料の入手が期待されている。液状化の対象とされる地盤は未固結な粒状体から成る地盤であり、従来より用いられてきた不撹乱サンプリング手法の場合、供試体が少なからず乱されてしまうことから高精度のサンプリング手法が要求される動的室内試験には不備が残るとされてきた。このような問題に配慮し開発されたのが凍結サンプリング法である。凍結サンプリングによる不撹乱試料は、当初は液状化の危険度が高いと考えられる砂質土を対象として Yoshimi(1977) や Hatanaka et al.(1985) らにより研究がなされた。また佐藤ら (1987) は細粒分含有量をはじめとする凍結サンプリングに対する地盤の適応条件についての研究を行っている。

近年、砂礫地盤上の大型重要構造物の耐震設計の見地から、粗粒材料へと研究が進んできた。

畑中，鈴木 (1986) は東京礫層を対象とし、動的特性について不撹乱・再構成試料による試験結果を比較した。その結果不撹乱試料は撹乱再構成試料よりかなり大きな液状化強度を有すること、さらに相対密度がほぼ等しいにも関わらず、不撹乱試料は再構成試料に比べてかなり大きなせん断剛性率を有すること等を明らかにした。

社本ら (1986a) は千葉県万田野砂礫層に対し実施した動的変形試験の結果、原位置ＰＳ検層により得られた地盤のせん断剛性率G_fと不撹乱試料の変形試験より得られたG_0が良く一致していること、G_0の大きさは供試体の微視的構造に左右されること等を明らかにしている。また、同じく千葉県万田野砂礫層より採取した不撹乱試料について、玉置ら (1986) は不撹乱試料のせん断剛性率は再構成試料の２倍程度を示す。ひずみ増加に伴うせん断剛性率Ｇの減少率については両者に顕著な差がないことを示した。

田中ら (1989a) は洪積砂礫層から採取した不撹乱試料を用いてメンブレンペネトレーションが動的強度に及ぼす影響を考察している。また不撹乱試料は再構成試料に比べせん断剛性率の拘束圧依存性が強いことを明らかにした。

これら不撹乱砂礫供試体を用いた研究では概ね次の事項に関して一致している。

①砂礫地盤に対しても凍結サンプリングは有効であり良質な不撹乱試料の採取が可能である。
②不撹乱試料の動的強度及び初期せん断剛性率は再構成試料に比べかなり大きな値を示す。
③再構成供試体においては供試体の密度は動的強度・変形特性に対し支配的な条件であるが、不撹乱試料においてはそれ以外（例えば粒子間のセメンテーション）のパラメータの影響が大きくなる。

砂礫地盤より採取した凍結不撹乱試料を用いた動的強度・変形特性についての研究事例は多くはない。特に本報告で取り扱ったような巨礫を含む円礫を対象とした研究は事例がなく、試験データの蓄積が待たれているのが現状といえる。

2. 原位置地質状況

2.1 ボーリング調査

凍結サンプリング地点近傍においてボーリング調査を実施した。図－2.1に示すように、調査位置は凍結サンプリング孔から3mの距離に正三角形を成す3点で行った。削孔の深さは、2孔は深度20m、1孔は基盤岩に達するよう30mとした。

各孔の間隔が比較的近くかつ大半が河床部の砂礫層であるため、3孔はほとんど同様の地質状況を呈している。凍結サンプリング実施深度内の河床堆積物は堆積年代により二層に分けられ、下部層が更新世代、上部層が完新世代の堆積物である。両者の境界は-11.7～-11.8m(EL.348m付近)に確認される。両層とも安山岩の円礫と砂より構成され、礫種、礫径、砂分の粒度等においては両者間に際だった差異は認められないが、風化程度については下部層は上部層と比較し明らかに風化が進んでおり、基質の砂が褐色を帯びているほか礫の中にも表面の風化したものが多くみられる。

基盤岩は紫灰色を呈し、2～3mmサイズの長石斑晶の目立つ溶岩石である。基盤岩と河床堆積物の境界はやや不明瞭ながらも28.6m付近であると判定した。

2.2 ＰＳ速度検層

2.2.1 調査方法

凍結サンプリング位置付近の地質構造を把握するため、ボーリング孔を用いてＰＳ速度検層を実施した。測定方法は従来の調査手法に準じ以下の2種類で行った。

①ダウンホール法

孔口近傍を掛矢で鉛直方向に打撃することにより発生するＰ波、および孔口付近に設置した板（数100kgの荷重をかけ地面との密着を良くしてある）の端部を掛矢で水平方向に打撃することにより発生するＳ波の伝達を孔内の任意深度に固定可能な3成分受振器で観測する方法。本調査においては、測定間隔を1mとした。図－2.2に模式図を示す。

②アップホール法

孔中吊り下げ型多連式受振器の下部に雷管を取り付けボーリング孔内に降下し所定深度で起振（発破）することにより発生するＰ波を孔内水を介して観測する。受振器は2m間隔に設置してあるので、受振器を1m移動させることにより1m間隔の測定とした。図－2.3に模式図を示す。

2.2.2 調査結果

各孔の走時曲線を図－2.4～図－2.5に示す。ＰＳ検層では一般にＳ波よりＰ波の方が明瞭な受振が可能である。本調査で得られた走時にもその傾向が現れているためＳ波速度V_s

の決定にあたってはＰ波速度V_Pを重視した。調査の結果得られたV_Sを表－2.1に示す。各孔ともGL−5～−6mの位置に到達速度の境界が確認されるが、ボーリング調査の結果GL−4m付近に地下水位面が確認されており、地盤の飽和が弾性波速度の変化となって現れたものと思われる。

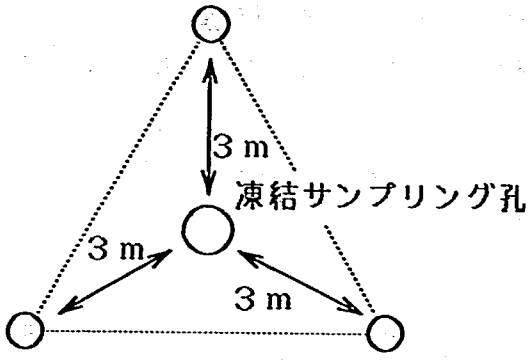


図-2.1　ボーリング調査孔配置図

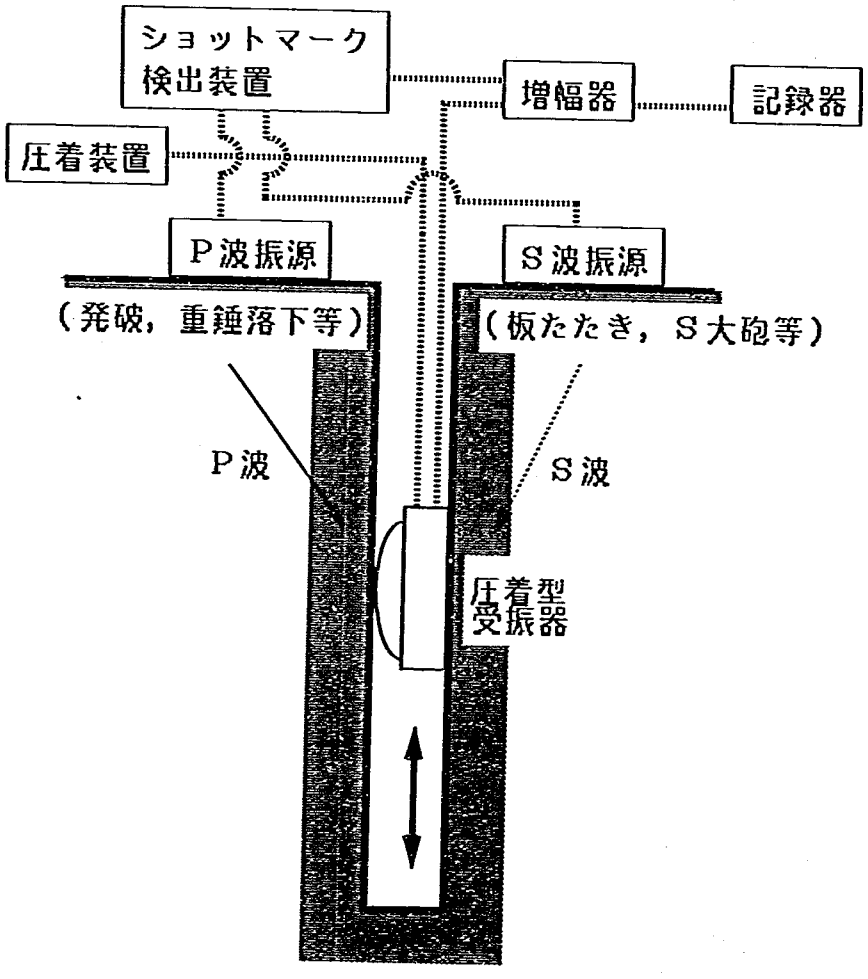


図-2.2　ＰＳ検層ダウンホール法模式図

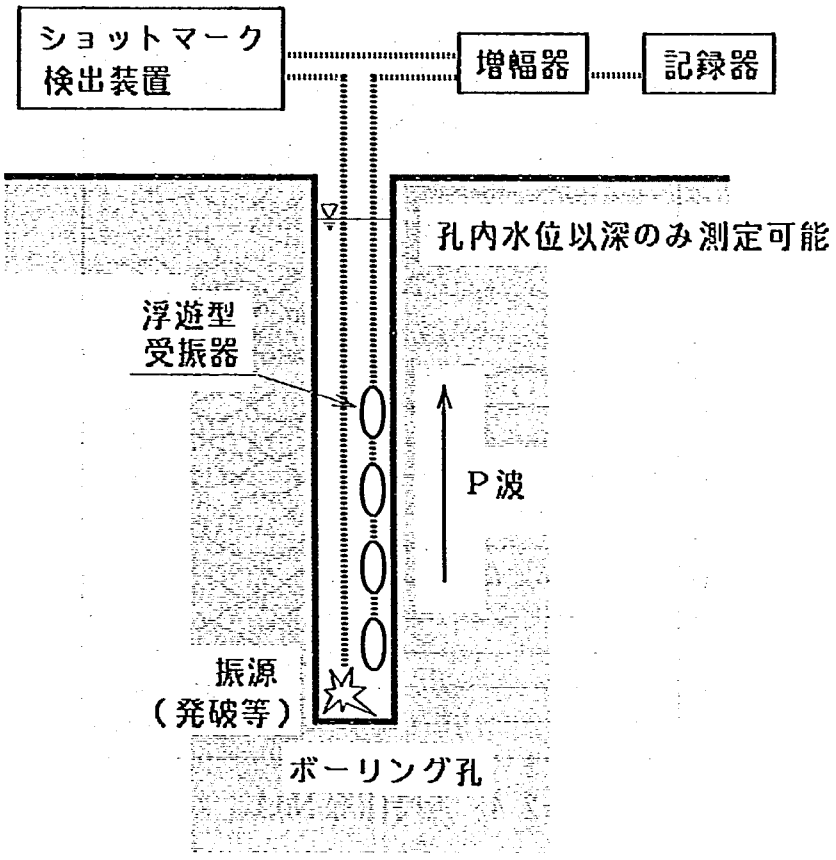


図-2.3　ＰＳ検層アップホール法模式図

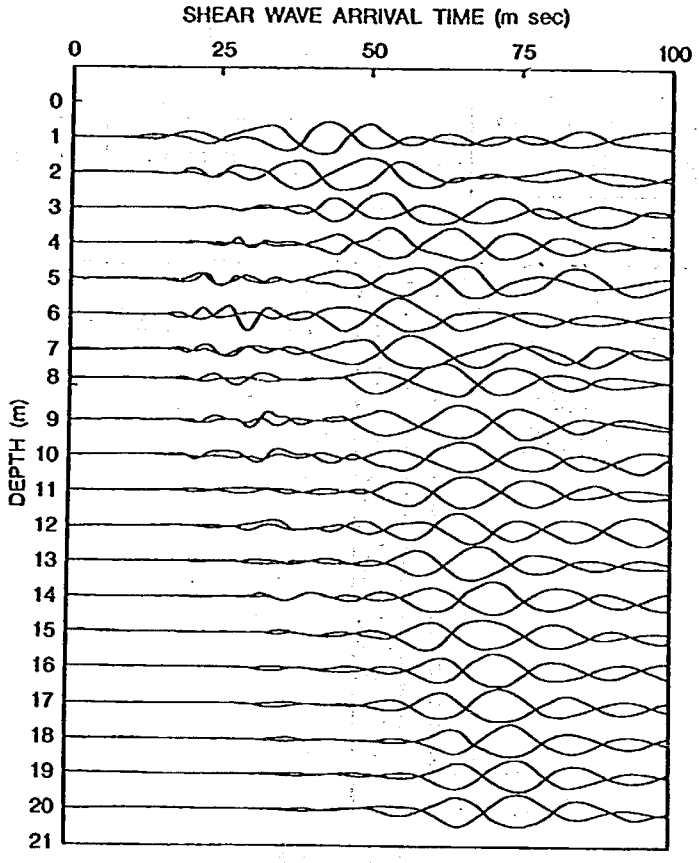


図-2.4　走時曲線 No.1

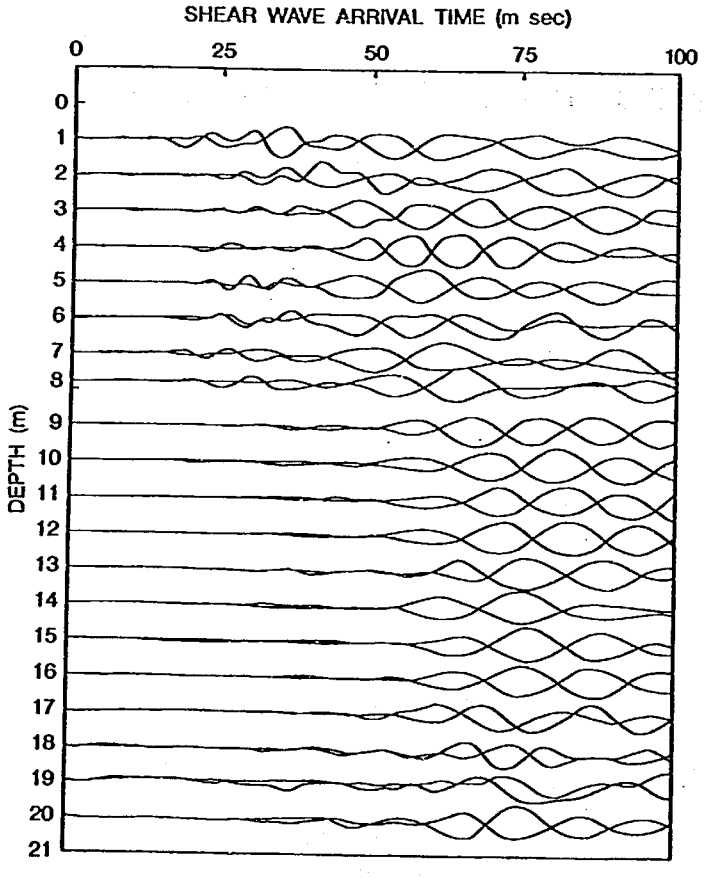


図-2.5　走時曲線 No.3

表-2.1　ＰＳ検層結果

		S 波 速 度 V_S (km/sec)	P 波 速 度 V_P (km/sec)
ＰＳ１	深度	0m～ 6m	6m～20m
	速度	0.3	0.62
ＰＳ２	深度	0m～ 6m	6m～30m
	速度	0.42	0.57
ＰＳ３	深度	0m～ 5m	5m～19m
	速度	0.34	0.57
平　均	深度	0m～ 6m	6m～30m
	速度	0.35	0.59

3. 凍結サンプリング

3.1 概要

今回実施した凍結サンプリングは液体窒素法と呼ばれる方法である。液体窒素（−196℃）をサンプリング対象地盤中に挿入された二重管の内管に連続して供給し、下端から内外管の間を通って地上に放出させ、液体窒素が二重管内を通過する間にその放熱により周辺地盤を凍結させる部分凍結法である。

対象地盤凍結後、外径340mmのコアチューブを用い試料径300mmのコアを採取する。凍結管を中心に4孔のサンプリングが可能である。採取後はサンプリング現場において試料端面切断の後保冷容器に密閉し、冷凍車を用いて輸送し冷凍庫にて保存した。図−3.1に凍結サンプリングのフローチャートを、図−3.2にサンプリング装置の概略図を示す。

3.2 試料採取位置

試料採取はダム軸下流約45mの地点で行った。また、採取位置地盤高は公共基準点83−1(H=506.930m)より引承し、H=359.738mが求められている。

サンプリング対象は乱れのない河床砂礫層のみであり、試料採取深度は原位置地質調査の結果、GL−12.0mまでの間とした。また、表層部は過去において乱された恐れがあるためGL−4.50m以浅は破棄することとした。

3.3 サンプリング手順

3.3.1 サンプリング用ガイド管設置

サンプリング用ガイド管とは、不撹乱試料のコアリングに際し掘進の垂直精度を高めると共に凍結サンプリング地盤以浅（未凍結地盤）の削孔を省き、サンプリング対象地盤の応力解放低減対策として設置する合計6個の鋼管である。図−3.3にガイド管の配置図を示す。

サンプリング対象深度は−4.7m以深であるためガイド管は全長4.70mのものを使用した。ガイド管設置のため地表から−4.50mまで深礎掘削を行い、ガイド管下端位置をGL−4.5mとした。ガイド管の深礎坑への挿入時は、トランシット及び水平器を用い特に鉛直設置に注意した。図−3.4にガイド管の設置図を示す。

ガイド管下端からの削孔用冷却水の漏水防止のためGL−2.5m ～ −4.5mをグラウトした。グラウトはガイド管挿入前に行い、グラウト溶液中にガイド管を挿入した。ガイド管下端はグラウト材がガイド管内に入り込まないように前もって貧モルタルによって閉塞させた。

3.3.2 凍結管の設置

図－3.5に凍結外管の設置状況を示す。凍結外管はφ 73mm、肉厚 10mm、全長 12,600mm の鋼管を使用している。サンプリング対象層以浅の凍結不要部は液体窒素の消費量を低減させる目的で凍結外管の外周に断熱材を被覆し放熱を抑止した。また、凍結範囲の把握及び冷却水等の温度管理を行う目的で凍結外管先端センサー部等に熱伝対を設置した。凍結外管設置孔の削孔については、孔径は 86mm、孔長は深礎坑下端位置 (GL−4.50m) から GL−12.00m の 7.50m とした。

凍結外管設置の後、外管内に断熱管を挿入する。断熱管はφ 42.7mm の塩化ビニル管を使用し、外管上端から GL−3.50m の範囲に設置した。

断熱管設置後に断熱管を通して凍結内管を設置した。凍結内管はφ 21.7mm のステンレス製で凍結外管より 100mm ほど短く、下端が GL−11.05m の位置になるよう設置した。

3.3.3 地盤凍結

凍結内・外管と冷媒循環ユニットとを接続し、凍結管経路の気密性・通気性を確認した後タンクローリーから供給した液体窒素を凍結管内に循環させる。

地盤凍結終了の目安は、直径 2,000mm 以上の凍結土柱が形成された時点とし、ガイド管下端周辺部に取り付けた熱伝対 No.19 ～ 22（凍結外管中心から水平方向に 1,000mm に位置：図－3.4参照）が −1℃以下を記録した時点で保冷状態とした。

液体窒素を 300 ～ 500kg/h（平均 350kg/h) で 9 日間（216 時間）連続供給した時点で、目標の凍結土柱が形成されたことを確認した。

地盤凍結中の温度管理はポータブルデーターロガー（TDS−302:（株）東京測器研究所）にパーソナルコンピューターを接続し自動記録した。

3.3.4 凍結試料のサンプリング

地盤凍結が終了後図－3.6に示すボーリング機械をサンプリング用ガイド管のセンターに合わせて設置した。機械設置に際してはスピンドル部の鉛直度に留意した。表－3.1に使用したボーリングマシンの仕様を示す。

凍結試料のサンプリングには外径 340mm のサンプラーを使用し、直径 300mm 高さ 1,000 ～ 1,500mm のコア試料を 1 孔当たり 5 ～ 6 本、合計 22 本採取した。

原地盤からのコアチューブ先端の切断にはボーリング機械の油圧バランス（スピンドル部での引張り圧）を利用した。切断に要した引張り圧は平均 15t、最大 37t を要した。

試料はコアチューブから取り出した後、サンプリング位置に待機させた冷凍車に収納し −20℃で保冷した。

3.3.5 供試体の整形

サンプリングした試料は、現場において試料の切断・整形を行った。図－3.7に示す試料端面切断整形器を用い、力学試験用供試体として長さ 550mm の供試体を 30 本、また透水試験用供試体として長さ 300 ～ 350mm の供試体を 9 本作製した。試料の切断・整形時に

は解凍防止のため液体窒素を供給しながら作業を実施した。

4本のサンプリング孔を各A、B、C、Dとし、採取位置の浅い順に孔毎にNo.をつけ各供試体のファイルネームとした。図－3.8に各供試体のサンプリング深度を示す。

3.3.6　供試体の包装及び保冷

切断・整形した試料は現場にて厚さ2mmのゴムスリーブに包み、試料上下端及び外周を厚さ50mmの発泡スチロールで保護しスチール製格納ボックスに収納し冷凍庫にて保管した。

3.4　採取試料状況

試料は大型三軸試験用として直径300mm長さ550mmの供試体を30本、透水試験用として直径300mm試体長さ300～350mmの供試体を9本の合計39本採取した。

凍結状態での採取試料表面の観察から、供試体中には粒径が150mm程度の礫も多数含まれていることが確認された。供試体表面は粗礫を多数含むことに関わらず凹凸が少なく極めて滑らかであり表面上の礫の緩みも無く、サンプリングによる乱れはほとんど無いものと考えられた。

採取試料には全て図－3.9に示すようなスケッチを行っており、個々の試料の礫の配置状況や礫径などを、表面から読み取れる範囲で観察している。観察の結果、礫は概ねその長手方向が水平になるように配置されており、河床砂礫地盤における礫の自然堆積状況が明確に表れている。また礫同士の直接的な接触は少なく、細粒分が礫の周囲を均一に埋めている様子が伺え、再構成試料と不撹乱試料との構成粒子配列の違いが確認された。

採取深度は地下水位以下であるため飽和していると思われる。サンプル表面に脈状の氷塊が認められることから原位置の密度はかなり緩い状態であると推察された。

付録－2にサンプリング試料の観察図を添付した。

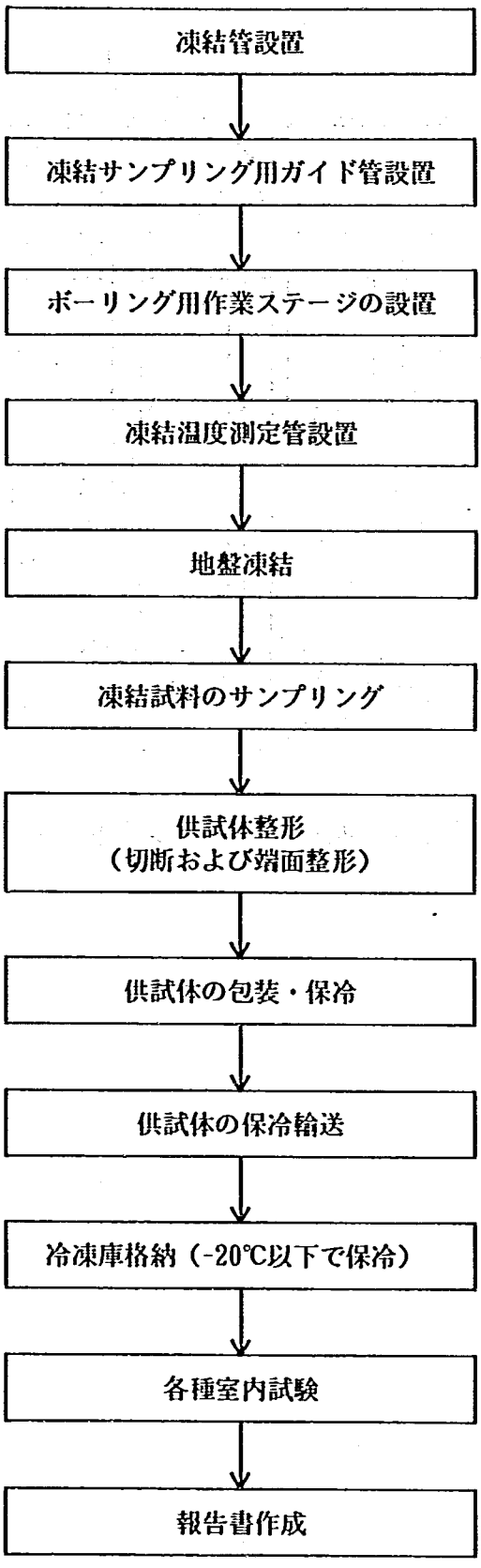


図-3.1　凍結サンプリング作業手順フローチャート

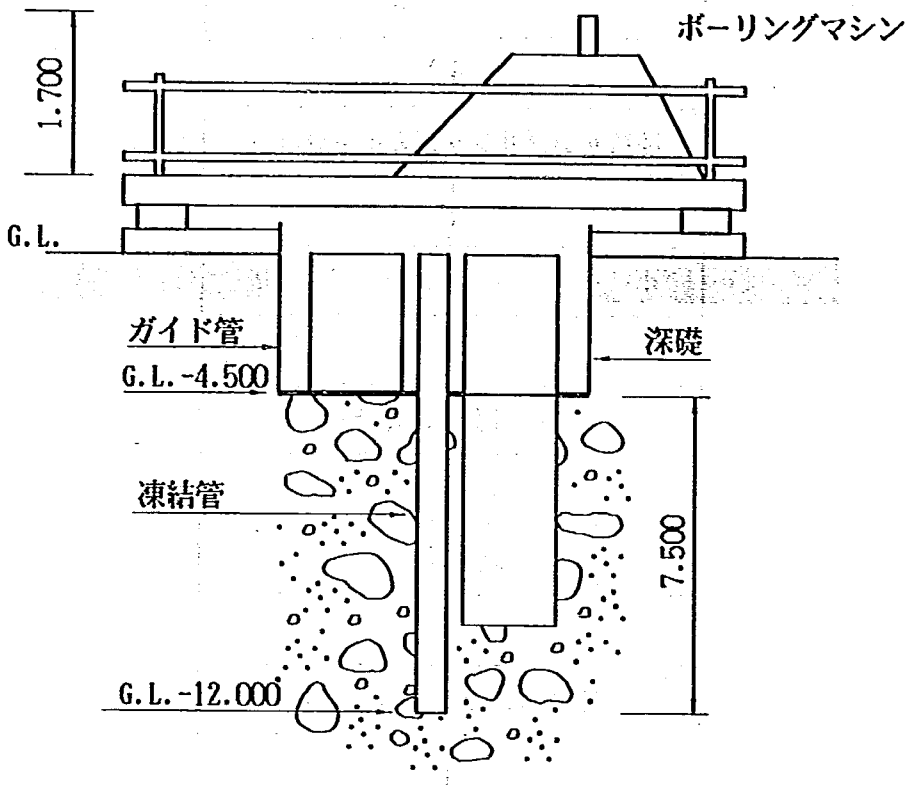


図-3.2　凍結サンプリング装置概略図

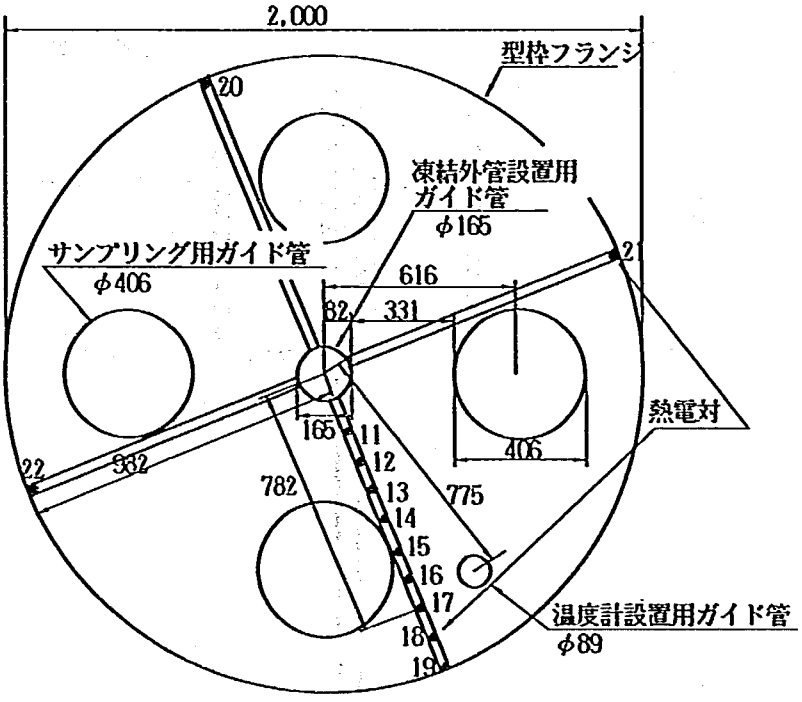


図-3.3　サンプリング用ガイド管の平面図

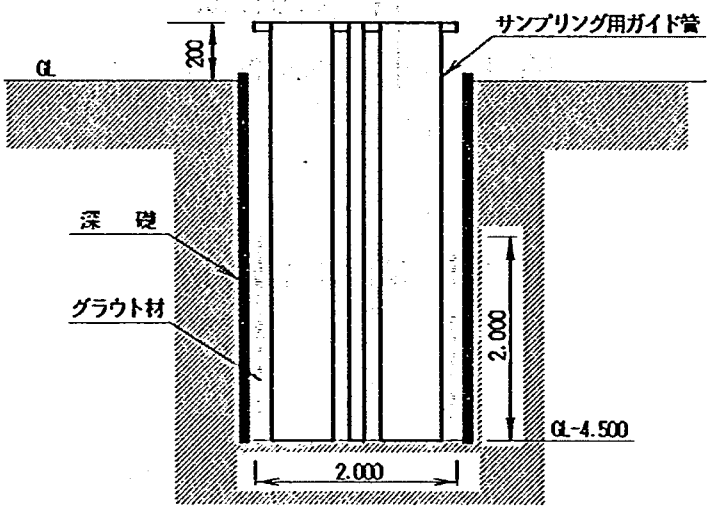


図-3.4　サンプリング用ガイド管設置側面図

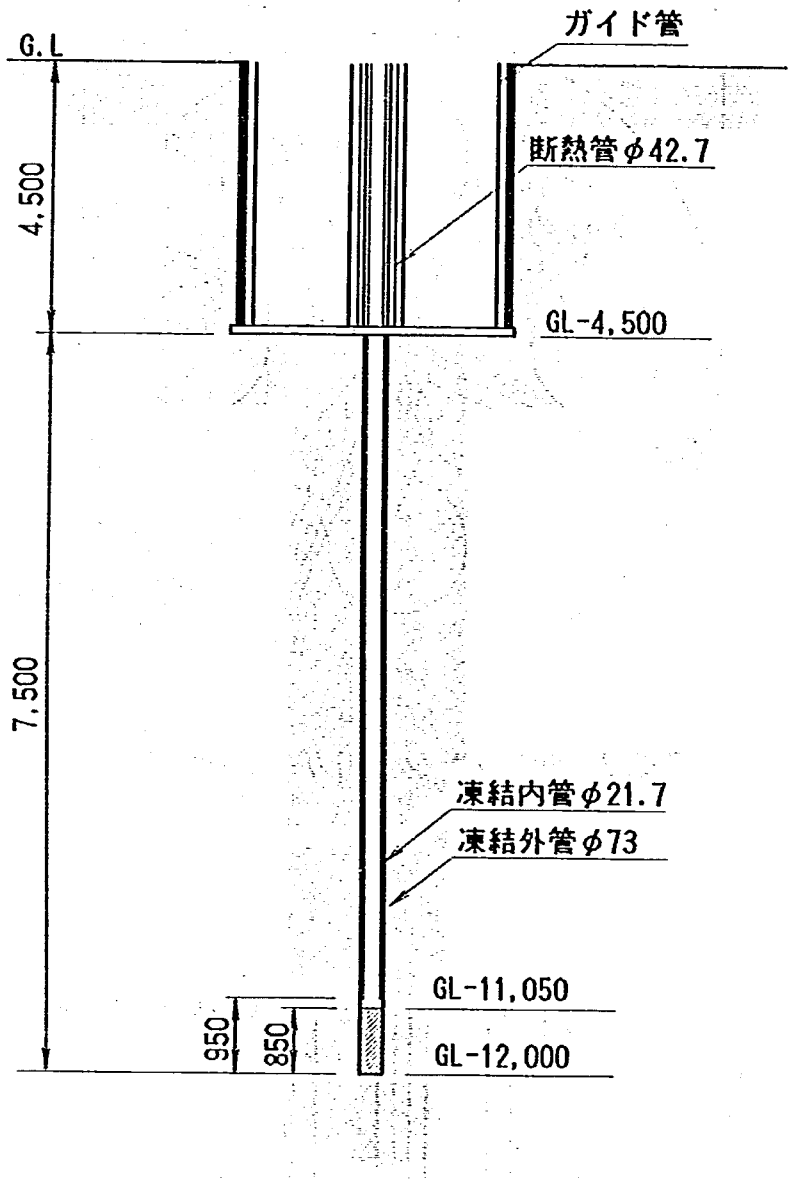
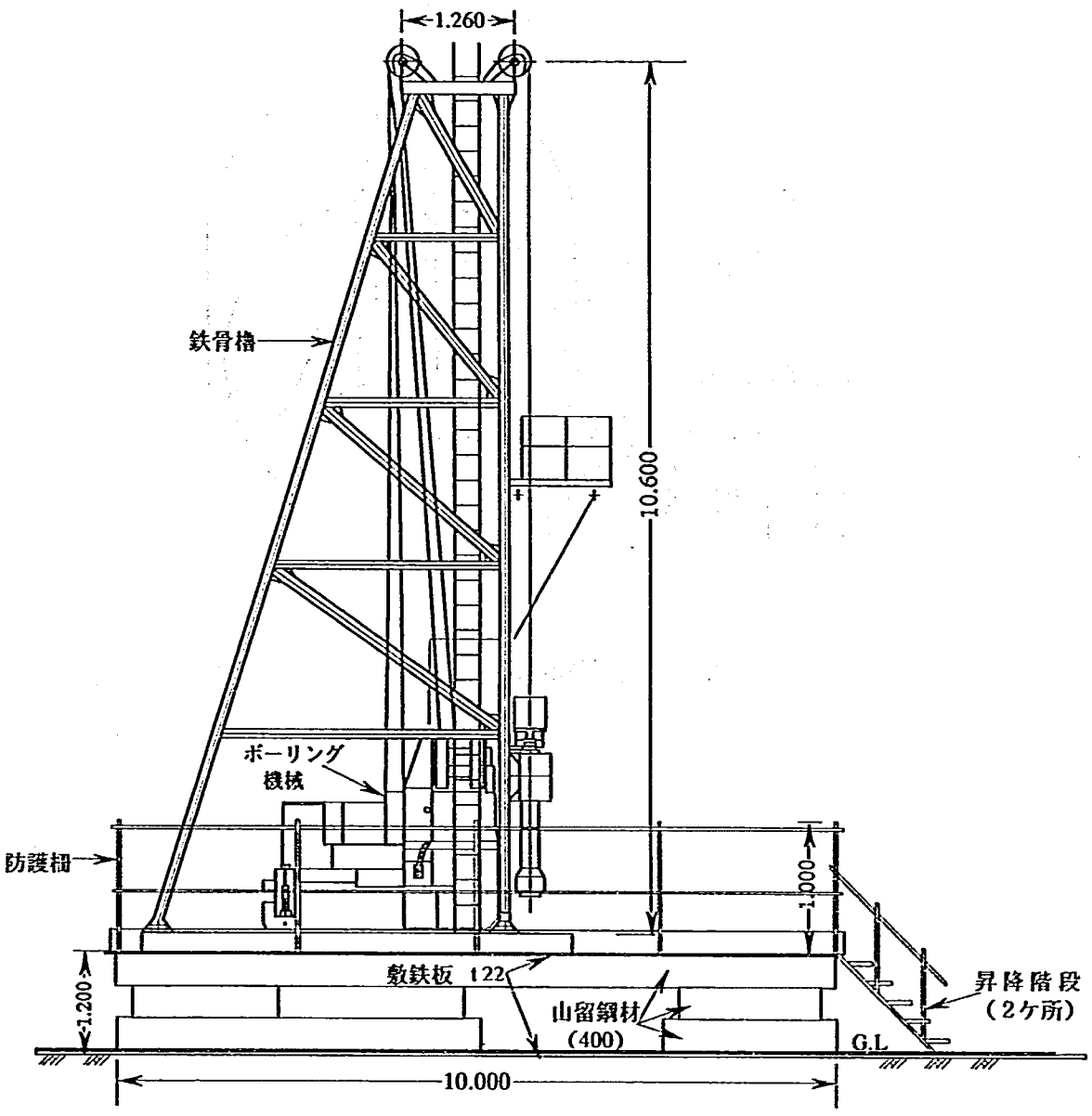

G.L
ガイド管
4,500
断熱管φ42.7
GL-4,500
7,500
凍結内管φ21.7
凍結外管φ73
GL-11,050
950
850
GL-12,000

図-3.5　凍結外管設置図



注）（単位mm）

図-3.6　ボーリングマシン据付図

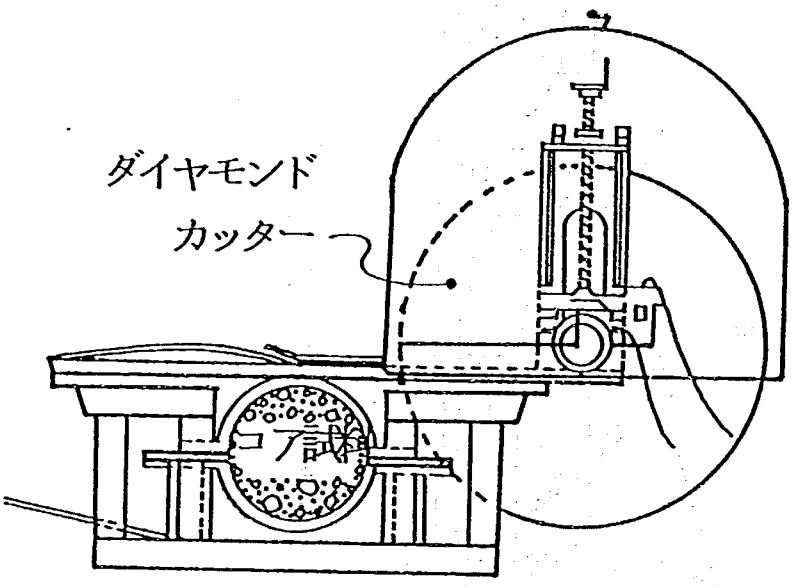


図-3.7　試料端面切断整形機

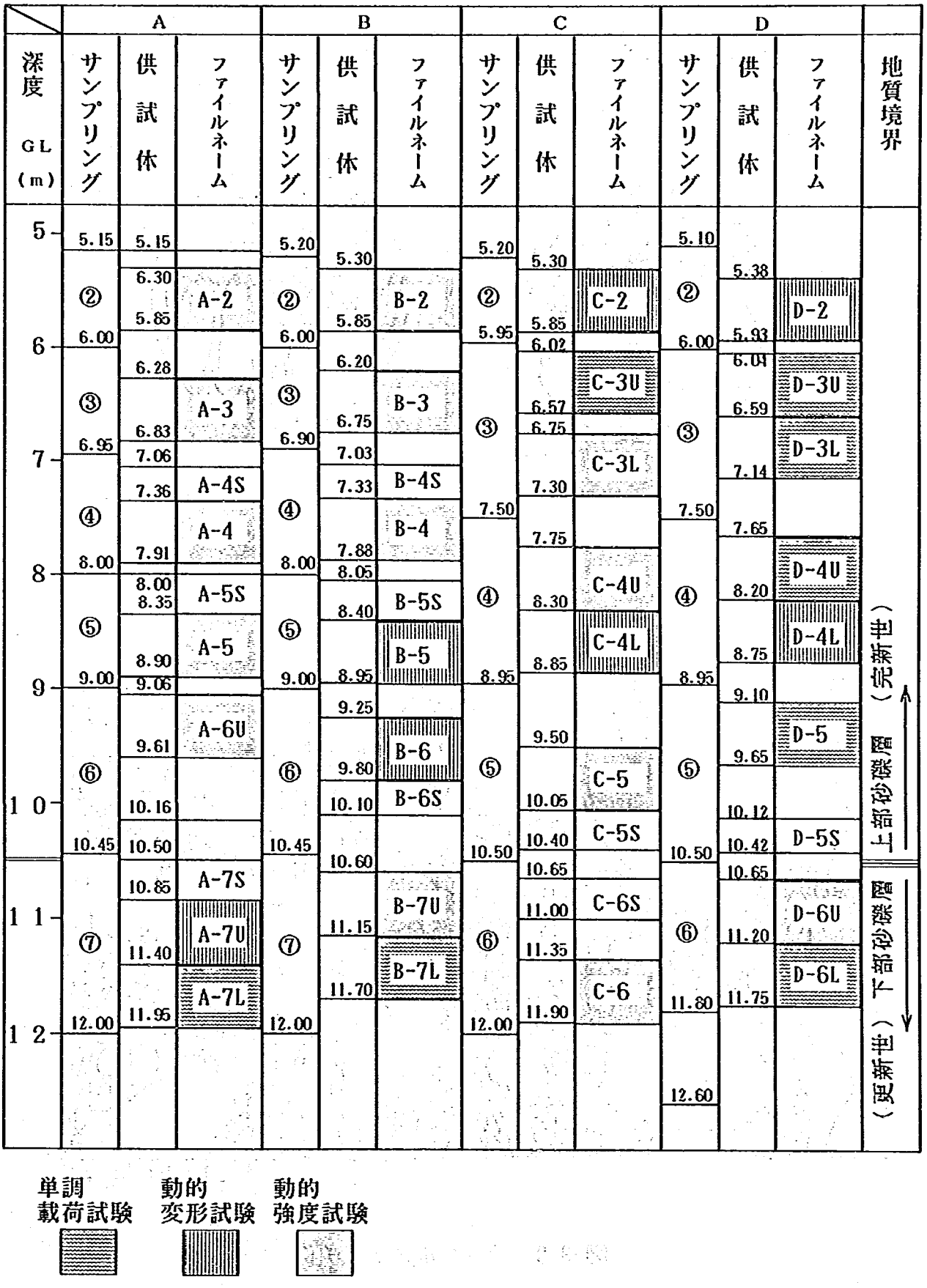
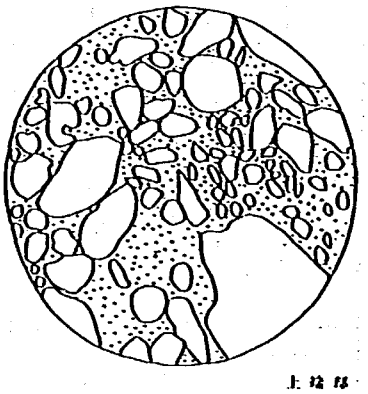
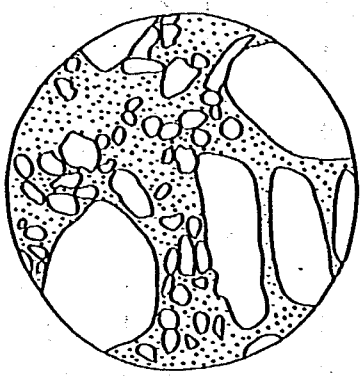


図-3.8　供試体サンプリング深度

供試体 No.A－7 L



上端面

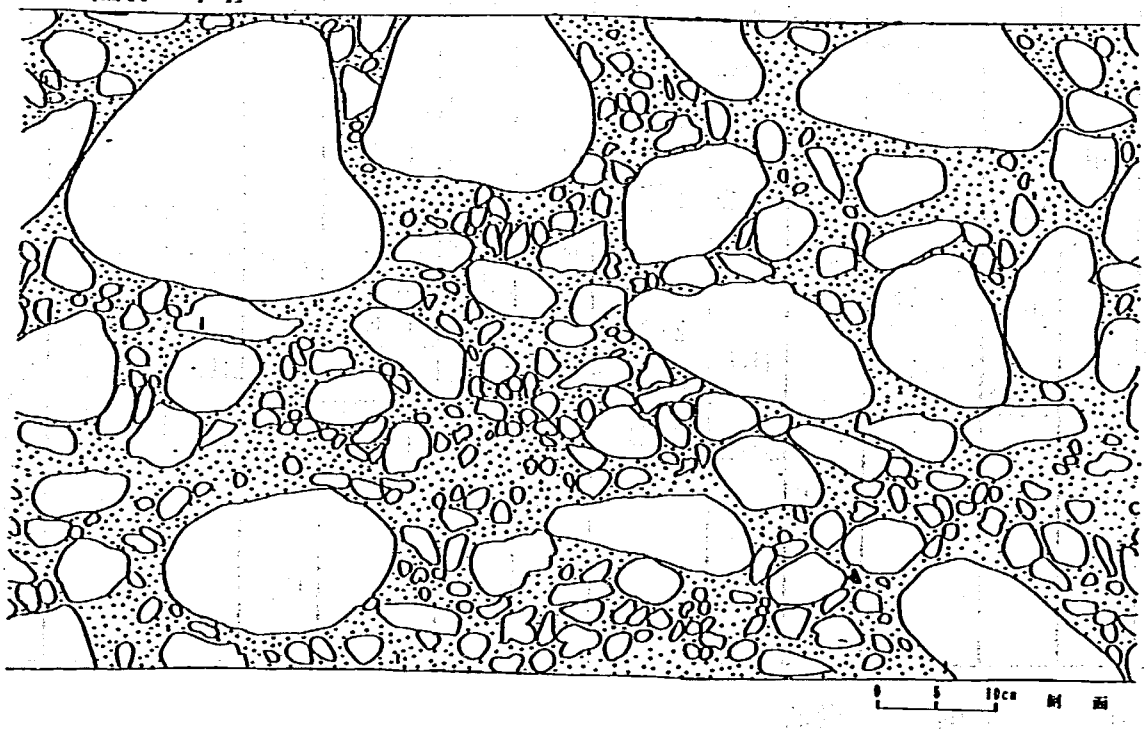


下端面

深　度 G.L.－11.40 m～11.55 m

0　5　10cm

No.A－7 L



0　5　10cm　割　面

図-3.9　サンプルスケッチ例

表-3.1　ボーリングマシン仕様

ホイスト組立		フレーム	
ホイスト形式	ﾌﾟﾗﾈﾀﾘｷﾞﾔﾊﾞﾝﾄﾞﾌﾞﾚｰｷ	フレーム形式	スキッドタイプ
ドラム寸法(㎜)	径330×長240	スライドストローク(㎜)	700
最大巻上能力(kg)	6,000	ゲージ	ビット荷重計
ロープスピード(m/min)	19,38,76,143	重量	
ドラムキャパシティ	φ20×120, φ18×158	総重量（除原動機）(kg)	約4,500
オイルポンプ		最大分解重量(kg)	約1,000
ポンプ形式	ギヤポンプ	寸法	
吐出量(l/min)	6+54	幅(㎜)	約1,600
常用圧力(kg/cm²)	115	高さ(㎜)	約2,170
最大圧力(kg/cm²)	175	長さ(㎜)	約3,390
原動機			
モータ	22KW-4P, 30KW-4P		
エンジン	40～50PS, 50～60PS		

4. 不撹乱試料試験方法

力学試験は静的強度試験（圧密排水静的強度試験）、動的強度試験（繰返し非排水三軸試験）、動的変形試験の三種類の試験を行った。吉見(1991)によると、動的強度試験及び動的変形試験に関しては、試料の乱れが試験結果に与える影響が大きいことが明らかにされている。不撹乱試料と再構成試料との比較を目的としているため、不撹乱試料については高品質度の維持に細心の注意を払った。

4.1 試験装置

4.1.1 透水試験装置

試験装置は透水円筒、透水円筒カラー、有孔板、フィルター、金網等から構成されている。透水円筒は内径 35cm、高さ 40cm であり、直径 30cm の供試体をセットした後供試体と透水円筒の間を止水粘土で充填した。

給水装置は任意の水頭差に設定が可能であり、透水量に対して十分な給水能力を有する装置である。透水量は透水円筒上部から越流した水を電子計りにて測定する。試験装置の概略図を図－4.1に示す。

4.1.2 大型三軸試験装置

静的強度試験、動的強度試験、動的変形試験に用いた試験装置は建設省土木研究所所有の大型振動三軸試験装置である。表－4.1に試験装置の主要諸元を、図－4.2に概略図を示す。

本試験装置は油圧サーボの切り替えにより動的にも静的にも使用できるものである。また、動的微少体積変化計を備えており、動的ポアソン比の測定が可能である。したがって排水状態で試験を実施する際に、ポアソン比を仮定することなく、弾性係数及び軸ひずみからせん断剛性率G及びせん断ひずみγを求めることができる。

4.2 物理試験

原地盤の物性値を把握する目的で、力学試験を行った全ての供試体について表－4.2に示す物理試験を実施した。試験の概要を以下に記すが、試験方法はJISまたは土質工学会規準に準拠しているので詳細は省略する。また不撹乱供試体による各試験の後、上部砂礫層の混合試料を用いた最大・最小密度試験を行った。

4.2.1 比重試験

力学試験終了後試料を 2.00mm 以下、 2.00 ～ 9.52mm、 9.52mm 以上、の 3 粒径に分類し各々比重を測定する。

4.2.2　含水比試験

凍結試料を試験装置にセットする直前に試料の重量を測定する。力学試験終了後、全試料を乾燥炉を用いて絶乾状態にし乾燥重量を測定する。両者の重量の差分を含水量とし含水比を求める。

4.2.3　粒度試験

力学試験終了後、全試料を絶乾状態にし木枠ふるい（ふるい目：0.074, 0.105, 0.25, 0.42, 0.84, 2.00, 4.76, 9.52, 19.1, 25.4, 38.1, 50.8, 63.5, 100mm）にてふるい分ける。

4.2.4　密度試験

凍結試料を試験装置にセットする直前に、試料の直径、高さおよび重量を測定し凍結試料の湿潤密度を測定する。また4.2.2で求めた含水比により乾燥密度を求める。

4.2.5　最大・最小密度試験

各物理試験終了後、上部砂礫層の気乾試料を全て混合し最大・最小密度試験を行った。この時の粒度は不撹乱供試体個々の粒度の平均粒度を基に、最大粒径63.5mmとしたせん頭粒度とした。

《最大密度試験》

①大型三軸供試体作製用モールド（内径300mm高さ700mm）にメンブレンを装着し、カラーからの規準深さを測定する。

②再構成供試体1本分の試料を6層に分けて用意する。

③モールド内に落下高さを与えないよう静かに試料を置いていく。（締固めエネルギー0の状態）

④カラーから供試体上面までの深さを測定する。①で測定した基準深さとの差から試料一層分の高さを5点測定する。

⑤振動ランマーを用い1分間締固める。カラーから供試体上面までの深さを測定する。

⑥締固め時間1, 2, 3, 4, 5分と締固め、測定を繰返し行う。

《最小密度試験》

①大型三軸供試体作製用モールド（内径300mm高さ700mm）にメンブレンを装着し、カラーからの規準深さを測定する。

②再構成供試体1本分の試料を6層に分けて用意する。

③モールド内に静かに試料を置いていく。（締固めエネルギー0の状態）

④カラーから供試体上面までの深さを測定する。①で測定した基準深さとの差から試料一層分の高さを5点測定する。

⑤6層まで③④を繰り返す。投入試料重量、モールド内径、測定試料高さから密度を求める。

4.3 透水試験

地盤の透水性は粒度や密度以外に粒径、間隙比、粒子構造、飽和度等の影響により差異をもたらされる。このため原地盤と同一の粒子構造を維持している不撹乱試料により透水性を確認する。

試験は定水位試験で行い、動水勾配を変化させ透水係数を求めることとした。試験手順を以下に示す。

①供試体を凍結した状態で有孔板上に設置し、透水円筒をセットする。

②供試体と透水円筒との間を止水粘土で間隙の残らぬよう充填する。

③供試体セット後15時間程度静置し供試体を融解させる。

④供試体融解後供試体を完全に飽和させるため動水勾配0の水位（排水口高さ）まで4時間程度をかけて給水側水位を上昇させる。

⑤動水勾配iを0.1だけ上昇させ透水量が一定になるまで計測する。この計測を0.1間隔でi=1.0まで続ける。i=1.1から2.0までは1段階あたり2回の計測を行う。

⑥試験は2日間にわたり実施されるので、1日目の終了時にi=0まで水頭を下げた状態で1晩静置する。試験再開時には1段階30分毎に水頭を上昇させ試験中断時まで水頭を回復させる。

4.4 静的強度試験

4.4.1 試験条件

静的強度試験は築堤後の静的な地盤強度特性を把握する目的をもって実施された。拘束圧は築堤後の上載圧を考慮し、上部層、下部層を分けて設定した。表－4.3に試験条件を示す。

4.4.2 試験手順

供試体の整形及びメンブレン装着までは－20℃の冷凍庫内で行った。また供試体セットに先立ち供試体の観察スケッチを行っている。

①ペデスタル及びキャップを供試体温度まで冷却する。

②供試体を運搬用容器から取り出し、表面に付着した氷や塵等を除去する。

③供試体表面の観察。薄プラスチックシートを供試体表面に密着させ砂礫の分布状況を写し取っていく。供試体上下端面及び側面の写真を撮影する。

④湿潤重量、直径、高さを測定する。この時の測定値を初期値とする。

⑤供試体をペデスタルにのせる。表面や端面に礫の欠落等の凹凸がある場合、不飽和の豊浦標準砂で埋めて極力表面の平滑化に努める。供試体にキャップをのせゴムスリーブ（厚さ2mm）を装着する。ゴムスリーブをゴムチューブでシールする。

⑥供試体を冷凍庫内から出し、三軸圧縮試験装置下盤にセットする。載荷軸及びセルのセットを行いセル水を注入し拘束圧を0.3kgf/cm^{2}かける。この状態で1昼夜静置し供

試体を解凍する。

⑦供試体内に $-0.3kgf/cm^2$ をかけると同時に拘束圧を除荷する。この時有効拘束圧が0.3を超えないように注意する。

⑧セル水を排出した後セルを取り外す。供試体は負圧 $-0.3kgf/cm^2$ で自立している。

⑨供試体表面にあった氷塊の解凍により供試体表面に凹凸が出現する。メンブレンペネトレーション防止のため、ゴムスリーブの上から凹部にシリコンゴムを充填しその上にさらにゴムスリーブを装着する。

⑩再びセルをセットしセル水を注入する。拘束圧を $0.3kgf/cm^2$ かけるとともに負圧を除荷する。この状態で CO_2 を約 $0.15kgf/cm^2$ の圧力で供試体下部から3～5時間通気し供試体内の空気と CO_2 を置換する。

⑪脱気水を水頭差 2m($0.2kgf/cm^2$)で供試体下部から約20時間通水する。

⑫背圧を $2.0kgf/cm^2$ かける。

⑬B置を測定し、B値≧0.95なら圧密を開始するB値≦0.95の時は再度飽和化を行う。

⑭所定の圧密応力まで拘束圧を上昇させる。圧密の終了が確認されたら（土質工学会規準3t法）圧密排水量、圧密変位量のチェックを行った後、軸載荷を行う。

⑮軸載荷はひずみ制御とし、載荷速度は0.1%／minとする。最大ひずみ15%に達したところで試験終了とする。

4.5 動的変形試験

4.5.1 試験条件

現地盤の動的変形特性として、排水状態でのせん断ひずみ γ とせん断剛性率G、減衰定数h、動的ポアソン比 ν_d との関係を求める。応力及びひずみ履歴の影響を検討するため、1供試体について拘束圧を 0.5 → 1.0 → 3.0 → 6.0 → 3.0 → 1.0 → 0.5(kgf/cm^2)の様に変化させて試験を実施し、また1拘束圧において微小ひずみから 10^{-3} 程度までの測定を行うステージテストとした。表－4.4に試験条件を図－4.3にステージテストの概念図を示す。

4.5.2 試験手順

供試体の圧密までは4.4.2に示した静的強度試験手順と同一なので省略する。

①載荷周波数0.2Hzで1荷重ステップあたり12波加振する。10波目に収録されたデータをもってそのステップにおける変形特性とする。

②データ収録確認後、次のステップに移行する。1オーダー（例えば $\gamma = 10^{-5} \sim 10^{-4}$ の間）に5～6点の測定ができるように載荷荷重を増加させていく。

③XYプロッター等で各ステップの履歴ループを確認し、ループが著しい紡錘形状を示してきたらその拘束圧における試験を終了する。

④試験終了時の体積変化をチェックする。次段階の圧密応力で圧密を開始する。圧密終了後①～③を繰り返す。

4.5.3　データ整理方法

収録データは、軸荷重・側圧・微小軸変位１・微小軸変位２・微少体積変化の５種類である。データは付録－１に掲載した収録ソフトの設定により、各々デジタル型動ひずみ測定器（DRA-10A：（株）東京測器研究所）に一旦収録される。１荷重レベルあたり11波の載荷の内10波目のみを収録する。載荷周波数0.2Hzに対しデータサンプリング周波数は100Hzであり収録データ数は各500点/波である。

得られたデータから次式(4.1)～(4.5)により各値を求める。

$$G=\frac{E}{2(1+\nu_d)} \quad \cdots (4.1)$$

$$E=\frac{\Delta\sigma_a}{\Delta\varepsilon_a} \quad \cdots (4.2)$$

$$\nu_d=\frac{1}{2}\left(1-\frac{\Delta\varepsilon_v}{\Delta\varepsilon_a}\right) \quad \cdots (4.3)$$

$$h=\frac{1}{2\pi}\cdot\frac{\Delta w}{w} \quad \cdots (4.4)$$

$$\gamma=(1+\nu_d)\cdot\Delta\varepsilon_a \quad \cdots (4.5)$$

ここで、$\Delta\sigma_a$：軸応力振幅

$\Delta\varepsilon_a$：軸ひずみ振幅

$\Delta\varepsilon_v$：体積ひずみ振幅

ν_d：動的ポアソン比

E：弾性係数

Δw：ループで囲まれた面積

$w/2$：三角形の面積

γ：せん断ひずみ。

4.6　動的強度試験

4.6.1　試験条件

本試験は非排水状態での動的強度特性（載荷応力比と繰返し回数との関係、間隙水圧の上昇傾向等）を求めることを目的とした。拘束圧は上部砂礫層1.0, 3.0, 6.0kgf/cm^2、下部砂礫層3.0kgf/cm^{2}で実験を行った。表－4.5に試験条件を示す。

4.6.2　試験手順

供試体の圧密までは4.4.2に示した静的強度試験手順と同一なので省略する。また試験方法は土質工学会基準「土の繰返し非排水三軸試験方法（JSF T 541）」に準拠している。

①圧密終了後に圧密排水量、圧密軸変位量のチェックを行う。

②供試体を非排水状態にする。載荷周波数0.1Hzで加振する。加振開始後、荷重の圧縮

伸張比が1:1になるよう軸荷重を調節する。また供試体の変形が増加し始めると荷重振幅が減少してくるので常に一定の荷重振幅になるよう調節する。

③両振幅軸ひずみが5%になるまで試験を続ける。

4.6.3 データ整理方法

収録データは、軸荷重・側圧・間隙水圧の3種類である。データは付録－1に掲載した収録ソフトの設定により、各々デジタル型動ひずみ測定器（DRA-10A：（株）東京測器研究所）に一旦収録される。得られたデータから次式(4.6)～(4.7)により各値を求める。

$$DA=\frac{\Delta L}{H_c}\times 100 \qquad \cdots (4.6)$$

$$\sigma_d=\frac{P_C+P_E}{2A_c} \qquad \cdots (4.7)$$

ここで、ΔL：軸変位の両振幅

P_c：圧縮繰返し荷重片振幅

P_E：伸張繰返し荷重片振幅

σ_d：繰返し偏差応力片振幅。

また図－4.4に示したNcの定義図より次式(4.8)を用いNcを求める。

$$N_c=\frac{DA-DA(N_i)}{DA(N_i+0.5)-DA(N_i)}\times 0.5+N_i \qquad \cdots (4.8)$$

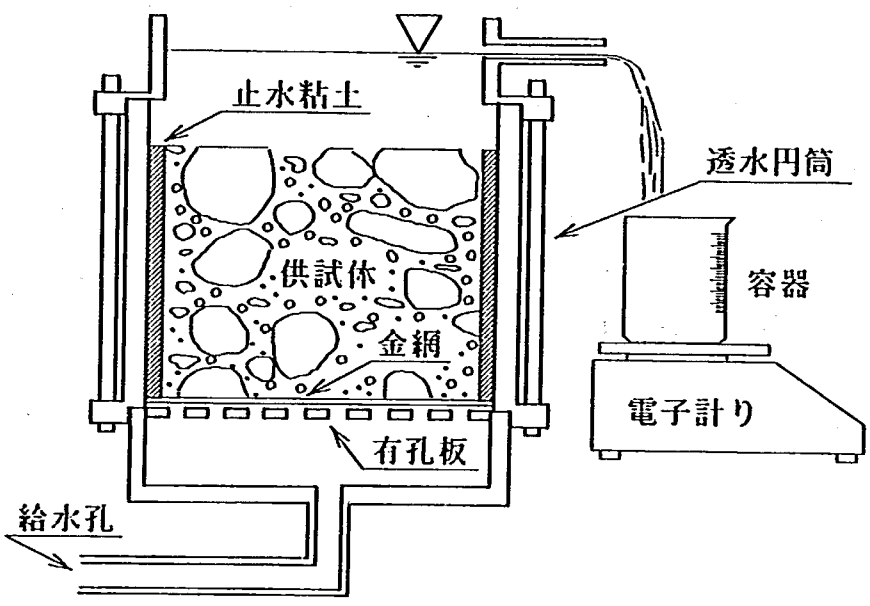
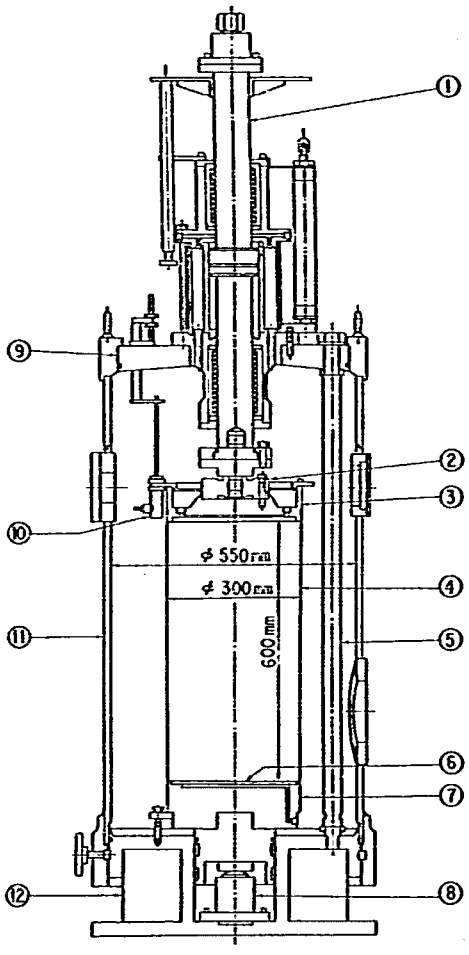


図-4.1　透水試験装置



① LOADING ROD
② LOAD CELL FOR CYCLIC LOADING TEST
③ LOADING CAP
④ SPECIMEN
⑤ SUPPORT
⑥ POROUS METAL DISK
⑦ PEDESTAL
⑧ LOAD CELL FOR MONOTONIC LOADING TEST
⑨ UPPER PLATEN
⑩ LINEAR DISPLACEMENT TRANSDUCER
⑪ TRIAXIAL CELL
⑫ LOWER PLATEN
Note; ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS

図-4.2　大型動的三軸試験装置概略図

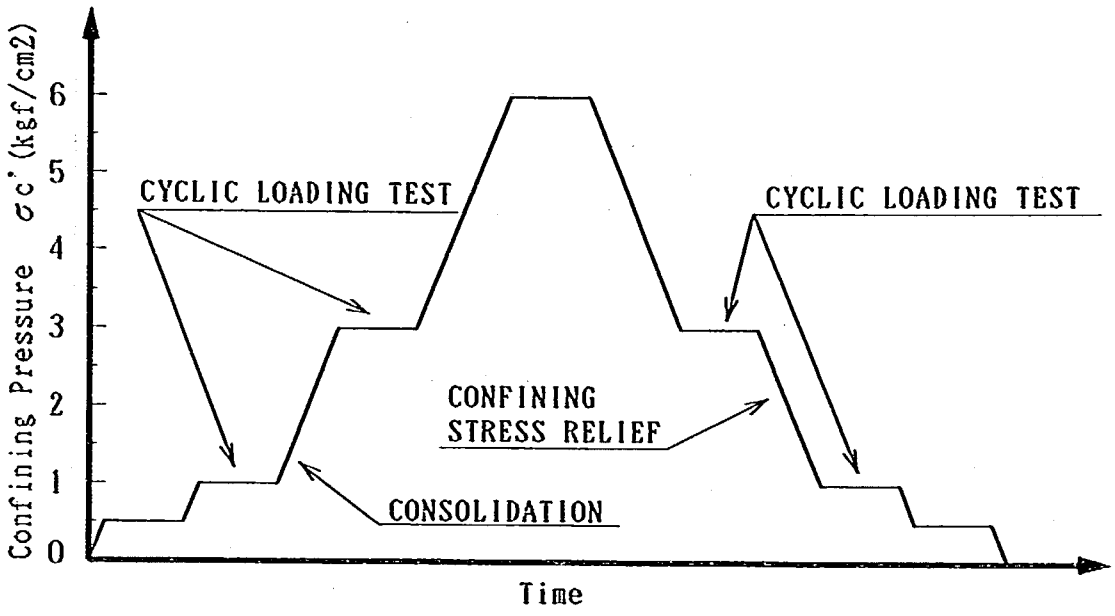


図-4.3　動的変形試験ステージテスト概念図

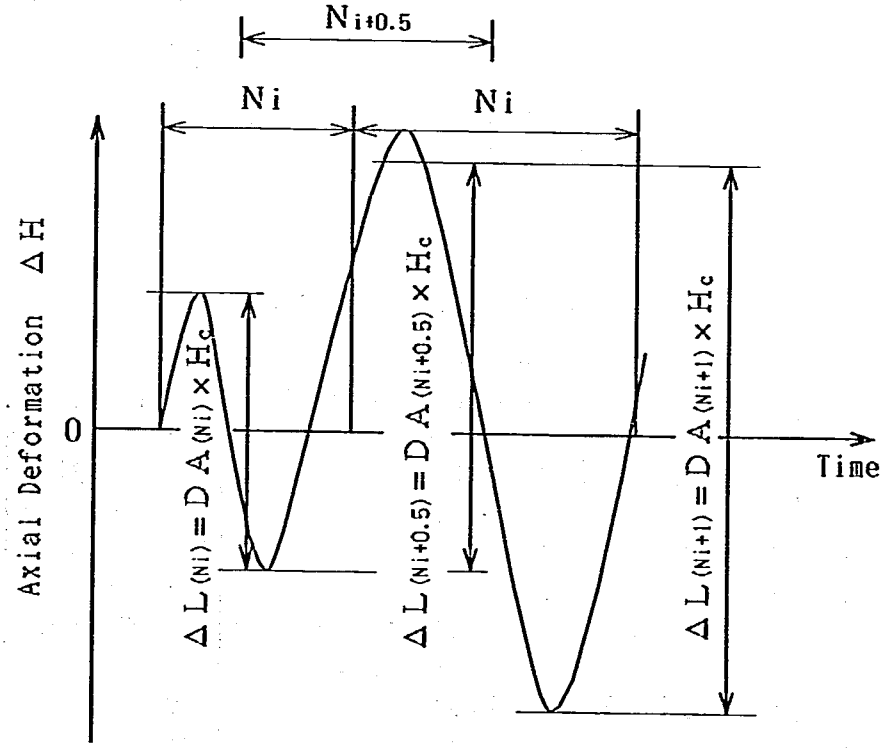


図-4.4　所定のDAに対する繰返し回数N$_c$の定義の説明図

表-4.1　大型動的三軸試験装置主要諸元

	単調載荷試験	繰返し三軸試験	動的変形試験
供試体寸法	直径30cm×高さ60cm （ただし高さについては不撹乱試料の55cmにも対応可能）		
軸圧載荷方式	油圧サーボ方式 上方載荷 容量：圧縮60tf	油圧サーボ方式 上方載荷 容量：圧縮20tf ：伸張10tf	
側圧載荷方式	空圧載荷 最大10kgf/cm^2		
軸荷重の測定	ひずみゲージ型 ロードセル 測定容量：圧縮60tf	ひずみゲージ型 ロードセル 測定容量：圧縮20tf 伸張10tf	ひずみゲージ型 ロードセル 測定容量：圧縮10tf 伸張 5tf
軸ひずみの測定	差動トランス型変位計 測定容量 150mm（±75mm）		差動トランス型 変位計 測定容量±2mm （±1mm）
体積変化の測定	差圧計を利用し基準水位と の水頭差圧力検出による大容量体積変化計		非接触式渦電流型変位計を利用した微少体積変化計
間隙水圧の測定	ひずみゲージ型ロードセル　　測定容量10kgf/cm^2		

表-4.2　物理試験項目

	項　目	規格・規準	試験数量	備　考
不撹乱	土粒子の比重(1)	JIS A 1202	力学試験を行った全供試体	土粒子の密度試験
	土粒子の比重(2)	JIS A 1109		細骨材の密度試験
	土粒子の比重(3)	JIS A 1110		粗骨材の密度試験
	含水比試験	JIS A 1203		含水比試験
	粒度試験	JIS A 1204		粒度試験
	密度試験	JSF A 191		密度試験

表-4.3　静的試験条件

供試体寸法	直径300㎜，高さ550㎜
拘束圧	0.5,1.0,3.0,6.0 kgf/㎠
背圧	2kgf/㎠2 （飽和が十分でない時は3kgf/㎠まで上昇）
圧密排水条件	圧密排水（ＣＤ）
制御方式	ひずみ制御　0.1%／min
飽和条件	Ｂ値0.95以上

表-4.4　動的変形試験条件

供試体寸法	直径300㎜，高さ550㎜
拘束圧	0.5 →1.0 →3.0 →6.0 →3.0 →1.0 →0.5 kgf/㎠
背圧	2kgf/㎠ （飽和が十分でない時は3kgf/㎠まで上昇）
飽和条件	Ｂ値0.95以上
圧密排水条件	圧密排水（ＣＤ）
制御方式	軸応力制御
入力波	正弦波
周波数	0.2 Hz
載荷波数	12 波／1応力レベル
記録波	10 波目

表-4.5　繰返し載荷試験条件

供試体寸法	直径300㎜，高さ550㎜
拘束圧	1.0,3.0,6.0 kgf/㎠
背圧	2kgf/㎠ （飽和が十分でない時は3kgf/㎠まで上昇）
飽和条件	Ｂ値0.95以上
圧密排水条件	圧密非排水（ＣＵ）
制御方式	軸応力制御
入力波	正弦波
周波数	0.1 Hz

5. 不撹乱試料試験結果

5.1 物理試験結果

物理試験結果の一覧表を付録－3に、図－5.1～図－5.3に粒度曲線を示す。比重に関しては上部砂礫層、下部砂礫層の差はみられず、合成比重（各粒径の比重を構成重量配分に合わせて計算した供試体比重）で2.60～2.72であった。ボーリング調査における観察記録では下部砂礫層の風化が認められているが、比重及び吸水率の値で比較するかぎり礫そのものに顕著な風化性状は現れていない。

ボーリング調査の結果地下水位はGL−4.0m付近にあることが確認されている。物理試験結果から求めた飽和度は70%～100%（平均93%）であり、凍結試料が原位置の含水量を良好に保っていることがわかる。

粒度特性をみると最大粒径及び礫分（4.76mm以上）含有率P_gについては全供試体をとおしてほぼばらつきがないものの、細粒分含有率P_fについては下部砂礫層が上部に比べ明らかに多い。したがって均等係数U_cも下部砂礫層の方が大きくなっている。しかしながら$U_c < 10$のものは無く、なおかつ曲率係数U_c'は$U_c' < 1$のものが全試料中2試料のみと、U_c、U_c'で判定すれば試料全般に亘って比較的良い粒度といえる。

乾燥密度は1.9～2.2g/cm^{3}の範囲（平均2.097g/cm^3）に分布しておりばらつきは小さいものの若干深部ほど密になっている。また間隙比についても乾燥密度と同様ばらつきは小さいものの若干深部ほど密になる傾向を示している。

最大密度試験については、各層とも2分間締固めた時点でほぼ一定密度に収束している。また5層目と6層目がほぼ同じ密度にあることよりこの密度を最大密度とした。試験結果より最大密度（最小間隙比）及び最小密度（最大間隙比）を以下のように決めた。なお間隙比は平均粒度に対して求めた合成比重（$\overline{G_s}$=2.532）を用いた。

最大密度：2.267 (g/cm^3)	最小間隙比：0.117
最小密度：1.770 (g/cm^3)	最大間隙比：0.431

図－5.4～図－5.12に各物理試験結果を示す。

5.2 透水試験結果

図－5.13に流速v～動水勾配iの関係を示す。上部砂礫層試料より下部砂礫層試料の傾きが小さく透水係数が小さいことを示している。いずれの供試体においてもi＝1.2程度に屈折点が現れそれ以降流速が増大し、透水係数が大きくなっている。これは動水勾配が大きくなったため供試体内にみずみちが形成されたことによるものと考えられる。したが

って供試体の透水係数としては i = 1.2 以下の範囲で求めた。

以下に各供試体の透水係数を示す。

上部砂礫層		$k_{15} = 2.14 \times 10^{-3}$
下部砂礫層	No.1	$k_{15} = 1.63 \times 10^{-3}$
	No.2	$k_{15} = 8.95 \times 10^{-4}$
	平均	$k_{15} = 1.26 \times 10^{-3}$

5.3 静的強度試験結果

表－5.1、表－5.2に静的強度試験結果を、図－5.14、図－5.15にモール円を示す。内部摩擦角 ϕ_d 及び粘着力 c_d は土質工学会基準に準じ、破壊時軸差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ と破壊時拘束圧 σ_{3f} の関係から求めた傾き m_0 と切片 f_0 を用い式 (5.1),(5.2) により求めた。

$$\phi_d = \sin^{-1}\frac{m_0}{(2+m_0)} \qquad \cdots (5.1)$$

$$c_d = \frac{f_0}{2\sqrt{1+m_0}} \qquad \cdots (5.2)$$

このようにして求めた ϕ_d、c_d は

上部礫層 :	$\phi_d = 42.4°$	$c_d = 0.40 kgf/cm^2$
下部礫層 :	$\phi_d = 49.4°$	$c_d = 0.34 kgf/cm^2$

である。

また「フィルダムの耐震設計指針（案）」に準じ、拘束圧依存性を考慮しモールの破壊包絡線を曲線近似した式

$$\tau_f = A \cdot \sigma_f^{\,b} \qquad \cdots (5.3)$$

の定数 A、b は

上部礫層 :	A = 1.127	b = 0.940
下部礫層 :	A = 1.258	b = 0.989

である。

上記の二種類の強度定数から、この材料は見掛け上の粘着力はほとんど無く、破壊包絡線はほぼ直線状であることがわかる。$c_d = 0 kgf/cm^2$ として求めた内部摩擦角 ϕ_0 と拘束圧 σ_c' との関係を図－5.16に示した。下部砂礫層は上部砂礫層に比べ ϕ_0 の減少が少なく ϕ_0 の拘束圧依存性が低いことがわかる。しかしながら両砂礫層とも拘束圧の増加に伴う ϕ_0 の顕著な減少傾向は表れておらず、また両層とも $b \geq 0.9$ 以上とほぼ 1 に近いことから、これ

らの材料の静的強度特性の特徴として比較的拘束圧依存性が低いことがあげられる。このような特徴は、本不撹乱試料が細粒分が少なく、密度が緩く、粒子破砕が起こりにくくまた試料の大部分が円礫であることに起因するものと考えられる。

図－5.17、図－5.18に軸力載荷時の軸差応力と軸ひずみの関係を示す。上部砂礫層では破壊時の軸ひずみε_fは8～10%程度であり軸差応力のピークがはっきりしていないのに対し、下部砂礫層ではε_fは2～7%で軸差応力のピークは比較的明確に現れている。また図－5.19、図－5.20に示した体積ひずみと軸ひずみの関係においては下部砂礫層の方が上部砂礫層よりも大きく吸水膨張側に転じている。これらのことは下部砂礫層の方が上部砂礫層より大きくダイレイションを起こしていることを意味しており、下部砂礫層の方が上部砂礫層より密であることに起因していると考えられる。またボーリング調査により下部砂礫層に若干の風化が認められることから粒子破砕の影響も考えられる。

図－5.21～図－5.23に拘束圧と破壊時軸ひずみ、破壊時体積ひずみ、最大主応力比との関係を示した。破壊時体積ひずみは拘束圧の増加に伴い増加する傾向を示すものの破壊時軸ひずみ、最大主応力比からは一定の傾向は認められない。これは不撹乱試料個々の性質（粒度、密度、粒子配列等）の違いによると考えられ、本試料のように粒径が大きい礫を含む不撹乱試料を用いる場合礫率補正のような処置が必要になると考えられる。

5.4 動的変形試験結果

5.4.1 原位置ＰＳ検層との比較

Tokimatsu and Hosaka(1986)は、採取した不撹乱試料の品質を、室内試験による微小ひずみでのせん断剛性率とＳ波速度から求めたせん断剛性率の比較検討により評価している。本研究においても、原位置ＰＳ検層の結果と室内動的変形試験の結果とを比較し、不撹乱試料の品質評価を行った。図－5.24は「2.2 ＰＳ速度検層」の項で記したＰＳ検層の結果得られた原位置でのＳ波速度V_sと動的変形試験より得られたV_sとを比較したものである。室内試験によるV_sは、表－5.3に示す動的変形試験により得られた初期せん断剛性率Ｇ。及び物理試験より得られた湿潤単位体積重量γ_tから式(5.4)を用いて求めた。

$$V_s = \sqrt{\frac{g}{\gamma_t} \cdot G} \qquad \cdots (5.4)$$

ここで、V_s：せん断波速度 (m/sec)

g：重力加速度 (9.8m/sec^2)

γ_t：湿潤単位体積重量 (kgf/m^3)

G：せん断剛性率 (kgf/m^2)。

図が示すように、不撹乱試料によるV_sは原位置でのV_sにかなり近い値を示していることがわかる。中でも下部砂礫層の変形試験から得られたV_sは原位置でのV_sと等しいと考えて

問題はないと考えられる。また上部砂礫層の3試料の変形試験結果より求められたＶｓはほぼ同一の曲線を示すが、下部砂礫層のＶｓと比較して小さめに現れており原位置でのＶｓの70%程度を示すにとどまっている。

上部砂礫層から求めたＶｓは小さめではあるものの下部砂礫層から求めたＶｓは原位置試験の値と一致すること、上部砂礫層の供試体の結果にばらつきが少なく試験の再現性が確認できること等から、本研究に用いた不撹乱試料の品質は非常に良好であり、不撹乱試料を用いた動的変形試験は妥当な結果を示していると判断できる。

5.4.2　せん断剛性率Ｇとせん断ひずみγとの関係

動的変形試験の結果得られた各不撹乱試料のＧ～γの関係を図－5.25に示す。上部砂礫層・下部砂礫層の何れの不撹乱試料の試験結果においても、γの増加とともにＧが上に凸の曲線形状をなしながら減少していくせん断剛性率のひずみ依存性が認められる。$\gamma = 1 \times 10^{-5}$以下の微小ひずみ領域ではＧはほぼ一定の値を示し、初期せん断剛性率Ｇ$_0$に収束する傾向を示す。

図－5.26に拘束圧毎に整理したＧ～γの関係を示した。上部砂礫層試料の結果を比較すると、$\sigma_c' = 6.0 kgf/cm^2$で多少Ｃ-2が大きいＧを示しているものの、試料間の差はほとんどないといえる。一方下部砂礫層試料Ａ-7Ｕは明らかに上部砂礫層試料のＧより大きなＧを示している。付録－3に示した各供試体の物性値からわかるように、これら二種類の砂礫層は物理的性質に大きな差はない。しかしながら上部砂礫層は完新世代、下部砂礫層は更新世代と堆積年代が異なり、堆積年代の差がセメンテーション等の差となりＧの大小となって現れたと考えられる。

図－5.27はＧのひずみの増加に伴う減少率を知るため、$\gamma = 5 \times 10^{-6}$でのＧをＧ$_0$としＧを正規化したせん断剛性率Ｇ／Ｇ$_0$とγとの関係を示している。図が示すようにγの増加に伴うＧのＧ$_0$に対する減少率は上部砂礫層・下部砂礫層をとおしてほぼ同一の傾向を示している。また拘束圧による差もみられなくなる。

5.4.3　減衰定数ｈとせん断ひずみγとの関係

ｈ～γの関係を図－5.28に示す。全ての試験ケースにおいて$\gamma = 2 \times 10^{-5} \sim 5 \times 10^{-5}$付近にｈの最小値があらわれておりその値はｈ＝3～8%程度を示している。松本ら(1991a)による粗粒材料を用いた再構成供試体についての研究結果を図－5.29に示したが、ｈの最小値は0～3%である。材料自体が異なるものの、間隙比が小さい本報告の不撹乱試料の方が微小ひずみ領域でのｈが小さくなることが予想されることから、図－5.28に示した試験結果には試験装置の機械的な誤差が含まれていると判断される（現時点では微小変位計の不動点の不備が予想される）。そこで豊浦標準砂を用いた動的変形試験結果によりｈの補正を試みた。図－5.30に今回補正のために実施した豊浦標準砂の結果を、図－5.31に松本ら(1991a)による研究結果を示す。既往の研究結果では微小ひずみ領域でのｈはほとんど0%であるにも関わらず、本結果では3%程度のｈの最小値が確認された。

したがってこの3%のhを試験装置の機械的な誤差に起因するものと判断し本試験結果のhから一律3%を減じた値を用いることとした。図－5.32に補正後のh～γの関係を示した。

σ_c'=0.5kgf/cm^{2}でのhを上部砂礫層と下部砂礫層とで比較すると、明らかに下部砂礫層の方が上部砂礫層より大きなhを示している。しかしながら下部砂礫層は拘束圧の増加に対するhの減少幅が大きく、σ_c'=6.0kgf/cm^{2}でのhに上部砂礫層・下部砂礫層の差はみられない。したがってhに関しては、下部砂礫層の方が上部砂礫層より拘束圧依存性が高いことが予想される。

5.4.4　ポアソン比ν_dとせん断ひずみγとの関係

図－5.33にポアソン比ν_dとせん断ひずみγの関係を示す。全ての試料においてν_dは各拘束圧毎にほぼ一定値を示し、G、hの様なγ依存性はみられない。試験の結果得られたν_dは0.1～0.35程度であり、概ね上部砂礫層より下部砂礫層の方が小さな値を示すといえる。原位置ＰＳ検層の結果得られたＶs及びＶpから式(5.5)より求めたν_dは深度0～5mで0.430、5～19mで0.465あり、室内試験の結果得られたν_dは、原位置試験結果と比較して小さく現れている。

$$\nu_d=\frac{1}{2}\cdot\frac{(V_p/V_s)^2-2}{(V_p/V_s)^2-1} \qquad \cdots (5.5)$$

5.4.5　拘束圧σ_c'の影響

図－5.34はGとσ_c'の関係をγ毎に両対数グラフ上に表した図である。間隙比の影響を取り除くためGを間隙比の関数αで除した。このαについて岩崎ら(1977a)、Iwasaki and Tatsuoka (1977b), 国生ら(1979)はHardin and Richart(1963)の提案したeの関数

$\alpha=(2.17-e)^2/(1+e)$を用い、G～σ_c'の関係を次式で表すことができるとしている。

$$G=K(\gamma)\frac{(2.17-e)^2}{1+e}\sigma_c'^{m(\gamma)} \qquad \cdots (5.6)$$

(5.6)式は両対数グラフ上では、式(5.7)となり傾きm(γ)、切辺K(γ)の直線となる。

$$\log(G/\alpha)=\log K(\gamma)+m(\gamma)\cdot\log\sigma_c' \qquad \cdots (5.7)$$

本試験結果においても式(5.6)は良くあてはまっており、その相関係数はいずれも0.9以上を得ている。

傾きm(γ)はGの拘束圧に対する依存度合いを示す。そこで各供試体のγの増加に伴うGの拘束圧依存度の変化をみるため図－5.35にはm(γ)～γの関係を示した。$\gamma=5\times10^{-5}$以下の微小ひずみ領域ではm(γ)は、どの供試体も0.6程度に収束している。それ以上の大きなひずみ範囲になるとm(γ)はやや増加している。また、下部砂礫層は上部砂礫層よりも全体的に低い値を示している。

hについてもGと同様eの影響を取り除くため$\beta=(0.4+1.5e)$でhを除し、σ_c'との関係を両対数グラフ上に示したのが図－5.36である。Gの場合と同様h/β～σ_c'は直

線で表されることよりhとσ_c'とは式(5.8)の関係にあるといえる。また図－5.36における

$$h = L(\gamma) \cdot (0.4+1.5e) \cdot \sigma_c'^{\,n(\gamma)} \quad \cdots (5.8)$$

る直線の勾配n(γ)とγとの関係を図－5.37に示した。ひずみが小さいところではバラツキが大きいが、$\gamma = 5 \times 10^{-5}$以上では全体にほぼ一定値に収束している。

ν_dについては、図－5.33に示した様にB-6を除く全ての試料においてσ_c'が増加するのに伴いν_dが増加する傾向を示している。B-6については、他試料とは逆にσ_c'の増加に伴いν_dが減少する傾向を示している。

5.4.6　間隙比eの影響

図－5.38は各せん断ひずみ時のせん断剛性率と間隙比との関係を片対数紙上に示した図である。拘束圧の影響を取り除くためGを$\sigma_c'^{\,n(\gamma)}$で除した。図中に示した直線は各供試体より求められたK、αによる近似線である。どの供試体も密になるほどGは増加しており、また近似線との整合性も良い。図は上部砂礫層と下部砂礫層のG／βが大きく異なっていることを示している。「5.1　物理試験結果」の項でも述べたように、上部砂礫層試料と下部砂礫層試料との間には、細粒分含有率や風化度について多少の差異があるものの物理的性質の差はほとんどみられない。したがってこの二つの砂礫層のGの相違は、物理的性質以外の要因であるセメンテーション等をはじめとする堆積年代効果が大きく影響を及ぼした結果と考えられる。

5.4.7　応力、ひずみ履歴の影響

応力、ひずみ履歴の影響を検討するため、σ_c'=0.5 → 6kgf/cm^{2}の圧密応力増加条件での試験の後順次σ_c'=3 → 1 → 0.5kgf/cm^{2}と拘束圧を除荷し動的変形試験を行った。試験の結果得られたG～γの関係を図－5.39に示した。圧密応力増加過程と除荷過程でのG～γの関係を比較すると、履歴を受けることによるGの減少は、上部砂礫層試料が5～16%程度であるのに対し、下部砂礫層試料は27～34%である。下部砂礫層の方が上部砂礫層よりGの低下が大きく現れた原因としては、圧密載荷によって粒子の再配列が起こり粒子間のセメンテーションが崩されセメンテーションの大きい下部砂礫層試料の方が大幅なGの低下を示したと考えられる。しかしながら今回の研究において下部砂礫層試料は1試料のみであり、定量的な考察はできない。

図－5.40に拘束圧除荷時のh～γの関係を示した。hに関してはσ_c'=1.0kgf/cm^{2}以下のσ_c'= 0.5kgf/cm^{2}ではhが増加しσ_c'=3.0kgf/cm^{2}以上では逆にhが減少する傾向を示している。この傾向は特に下部砂礫層に顕著に現れている。上部砂礫層試料の中には全ての拘束圧において履歴を受けた後hが減少するものもある。これは原位置での圧密履歴によるものと考えられる。過圧密状態にある試料は拘束圧の除荷に伴う粒子構造の変化が少なく、hの減少がみられない。一方、正規圧密状態にある試料は粒子の圧密再配列が起こり、より密な供試体となるためhの減少をもたらすと考えられる。

5.5 動的強度試験結果

図－5.41に応力比と載荷回数との関係を示した。また表－5.4に試験結果を、表－5.5に繰返し回数15回における両振幅ひずみDA=2%及びΔu／σc'=0.95に至る応力比R15を示した。非排水条件で繰返し三軸試験を行うときメンブレンコンプライアンスによる強度の増加が問題とされる。 Banerjee et al.(1979) はOroville ダムの堤体材料を用いた繰返し非排水三軸試験結果に対し一律10%減の補正を行った。松本ら(1991b)もまたOrovilleダム堤体材料とほぼ同様の粒度分布をもつ三国川ダムの堤体材料を用いた試験結果に対し、Banerjee et al.(1979)にならい一律10%減の補正を行っている。本試験に用いた材料はOrovilleダム、三国川ダム両材料と同様の粒度分布を呈しており、したがってここでもメンブレンコンプライアンスに対する補正としてR15の一律10%減をもって当試料の動的強度とした。

図－5.41に示した繰返し強度曲線は、上部、下部砂礫層とも粒度分布・間隙比がお互いに微妙に異なる不撹乱試料にしては比較的各々の試験結果にばらつきが小さい。これは動的強度に与える影響としては、間隙比等をはじめとする物性に供試体間の差が少ないことを示している。

σc'=3.0kgf/cm²で上部砂礫層と下部砂礫層の動的強度の比較を行った。繰返し回数15回でDA=2%に達するせん断応力比R15は上部砂礫層試料は下部砂礫層試料の1/2である。Δu／σc'=0.95に至るR15は上部砂礫層試料は下部砂礫層試料の70%程である。付録－3に軸荷重、軸変位、軸応力～軸ひずみ、有効応力経路の各図を示した。各試験の結果得られた有効応力経路を比較すると、σc'=1.0kgf/cm²の場合軸ひずみは圧縮側にほとんど現れず、伸張側にのみひずみが進行している。それに対しσc'=3.0、 6.0kgf/cm²では伸張側ひずみが卓越してはいるものの圧縮側にもひずみの発現がみられる。原地盤の単位体積重量は約2.3g/cm³であり、したがってσc'=1kgf/cm²は約4m、 3kgf/cm²は約13m、 6kgf/cm²は約26mの深度に相当する。試験に使用した供試体はすべて5m以深で採取した試料である。したがってσc'=1kgf/cm²の場合のみ完全な過圧密状態での試験であり、こうした圧密履歴の影響がひずみの発現傾向の差異となって現れたと考えられる。

各供試体の有効応力経路を比較すると、拘束圧の大きいものほど載荷1波目の経路が初期有効平均主応力p0'よりも大きく膨らむ傾向を示し、メンブレンペネトレーションの影響が顕著に表れている。

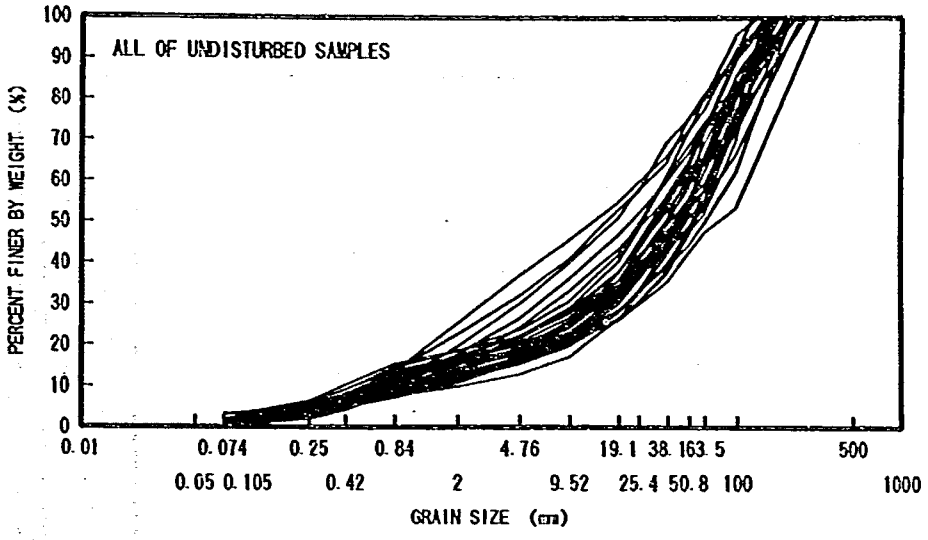


図-5.1　粒度曲線（全試料）

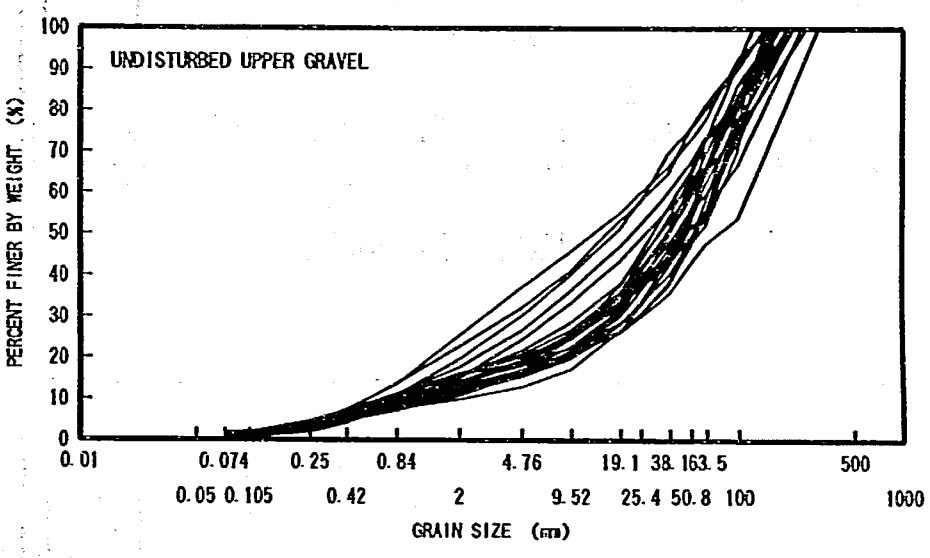


図-5.2　粒度曲線（上部砂礫層）

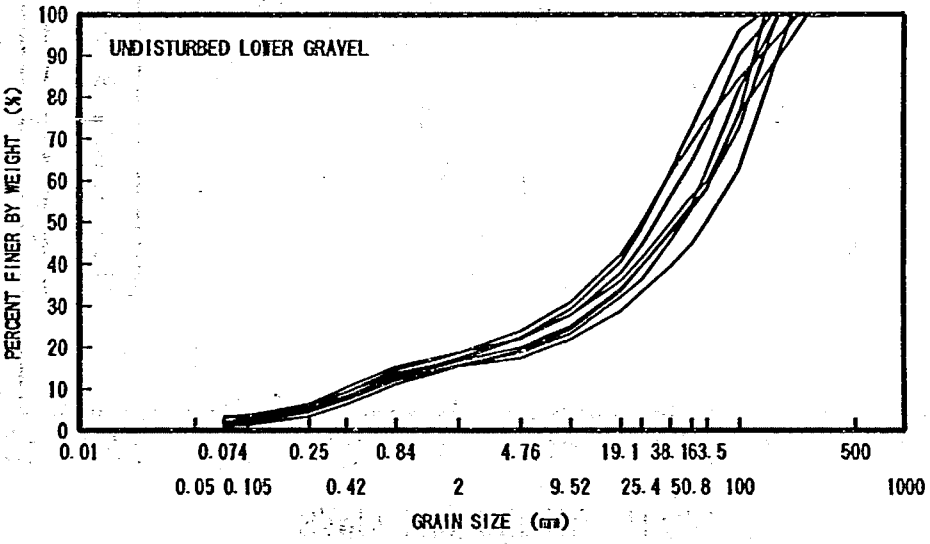


図-5.3　粒度曲線（下部砂礫層）

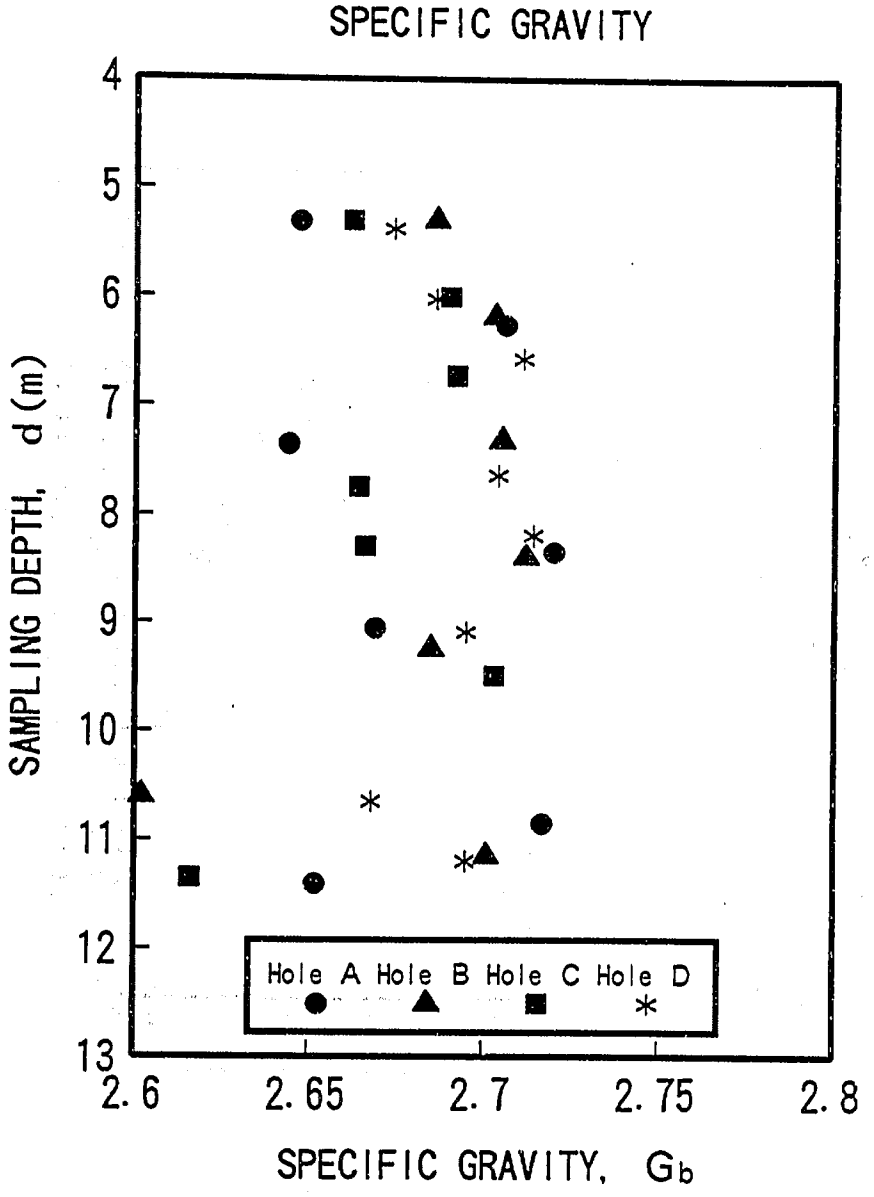


図-5.4　採取深度と比重の関係

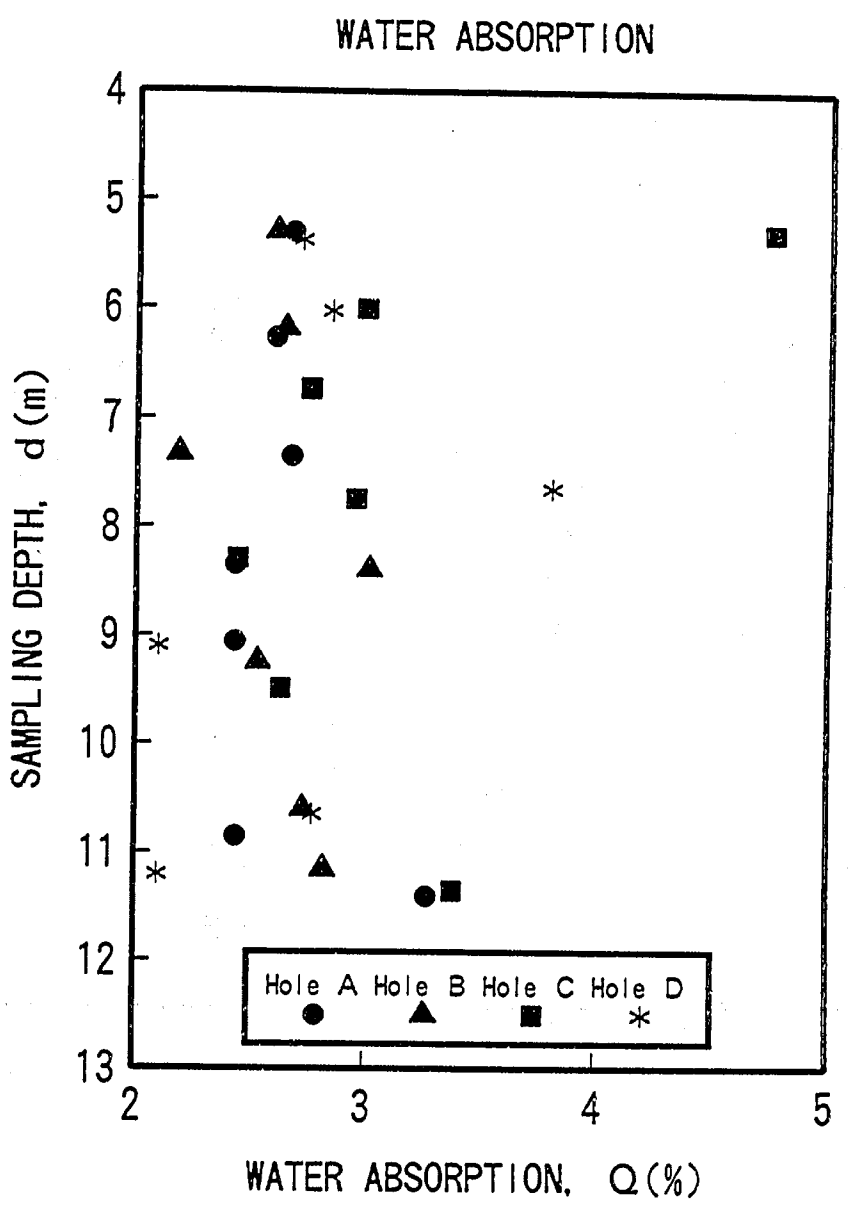


図-5.5　採取深度と吸水量の関係

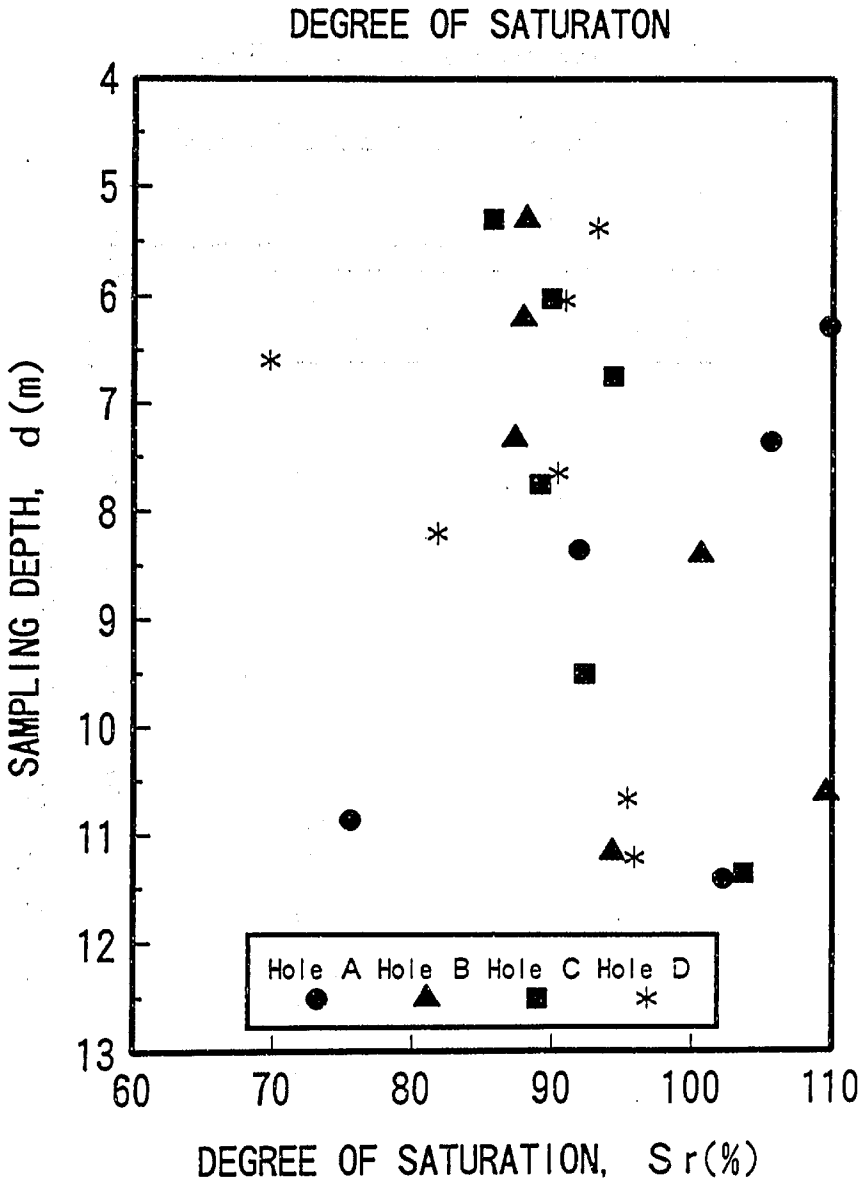


図-5.6　採取深度と飽和度の関係

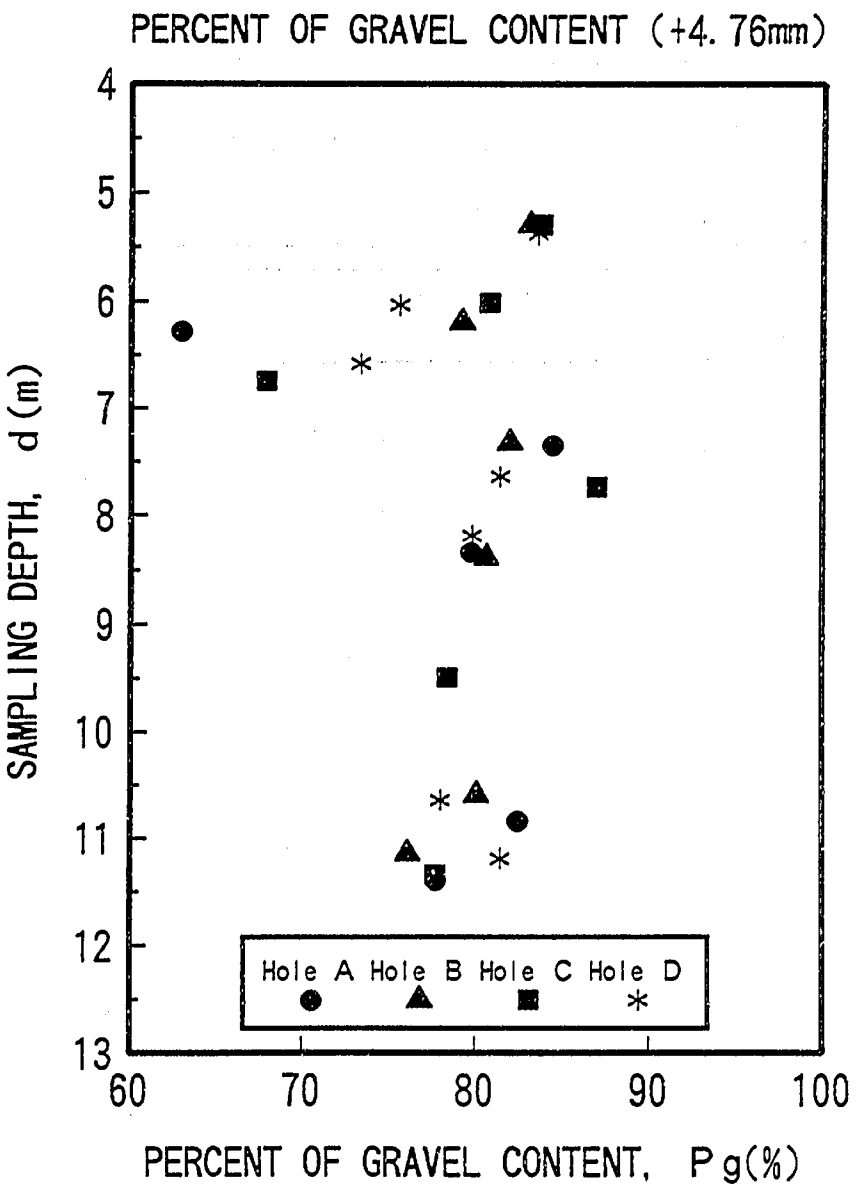


図-5.7　採取深度と礫分含有率の関係

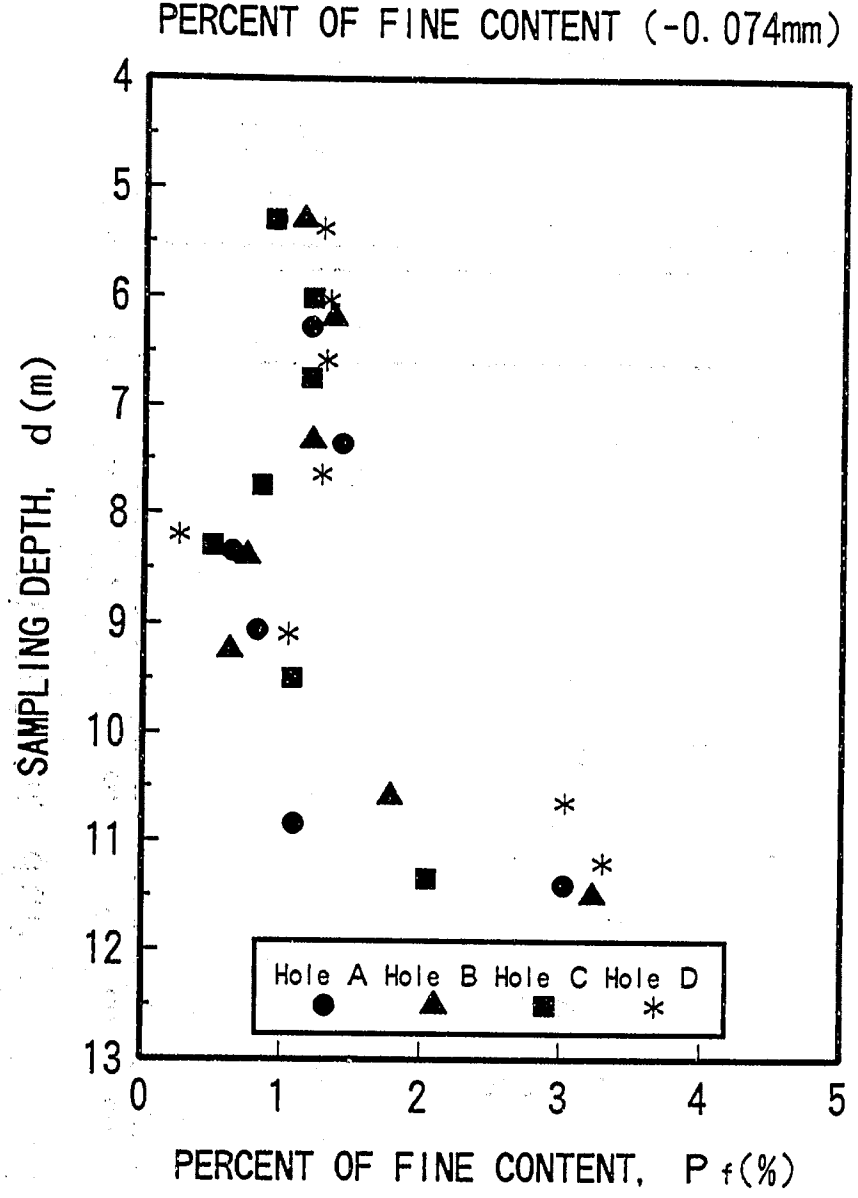


図-5.8 採取深度と細粒分含有率の関係

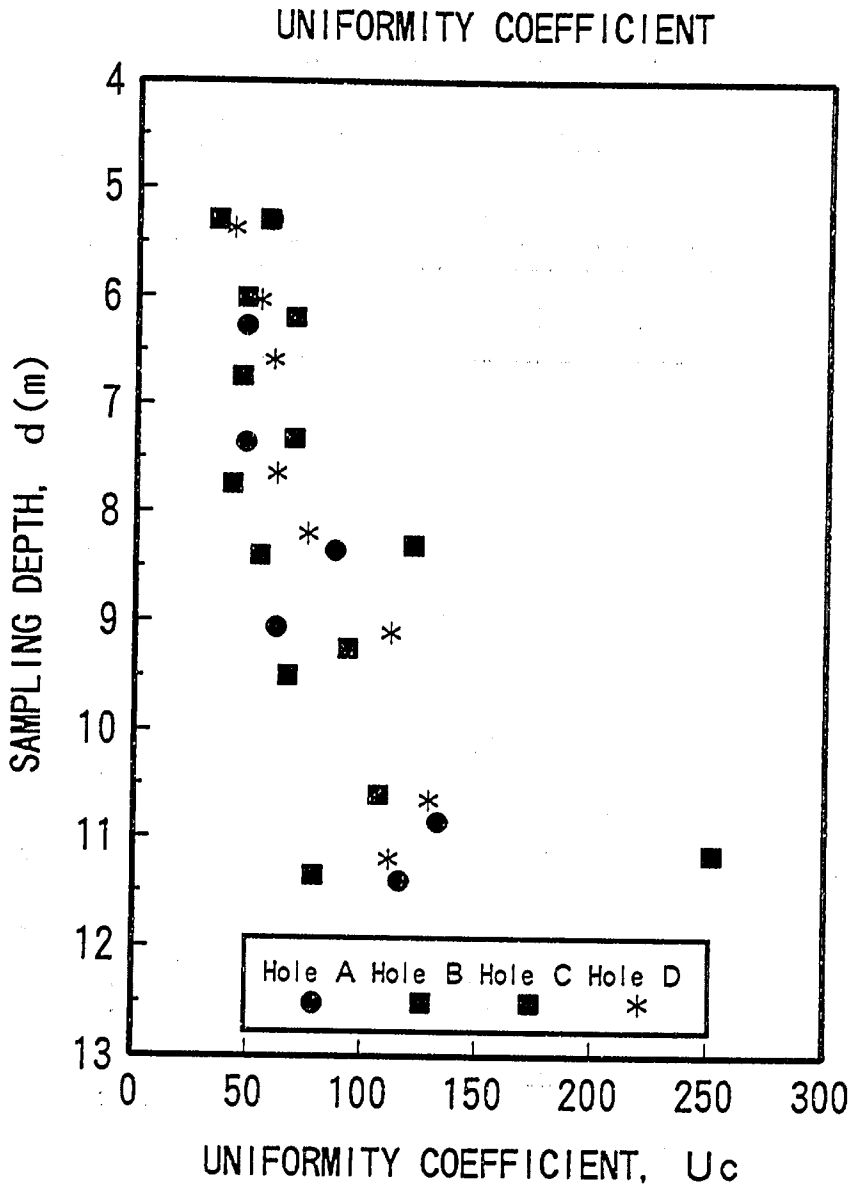


図-5.9 採取深度と均等係数の関係

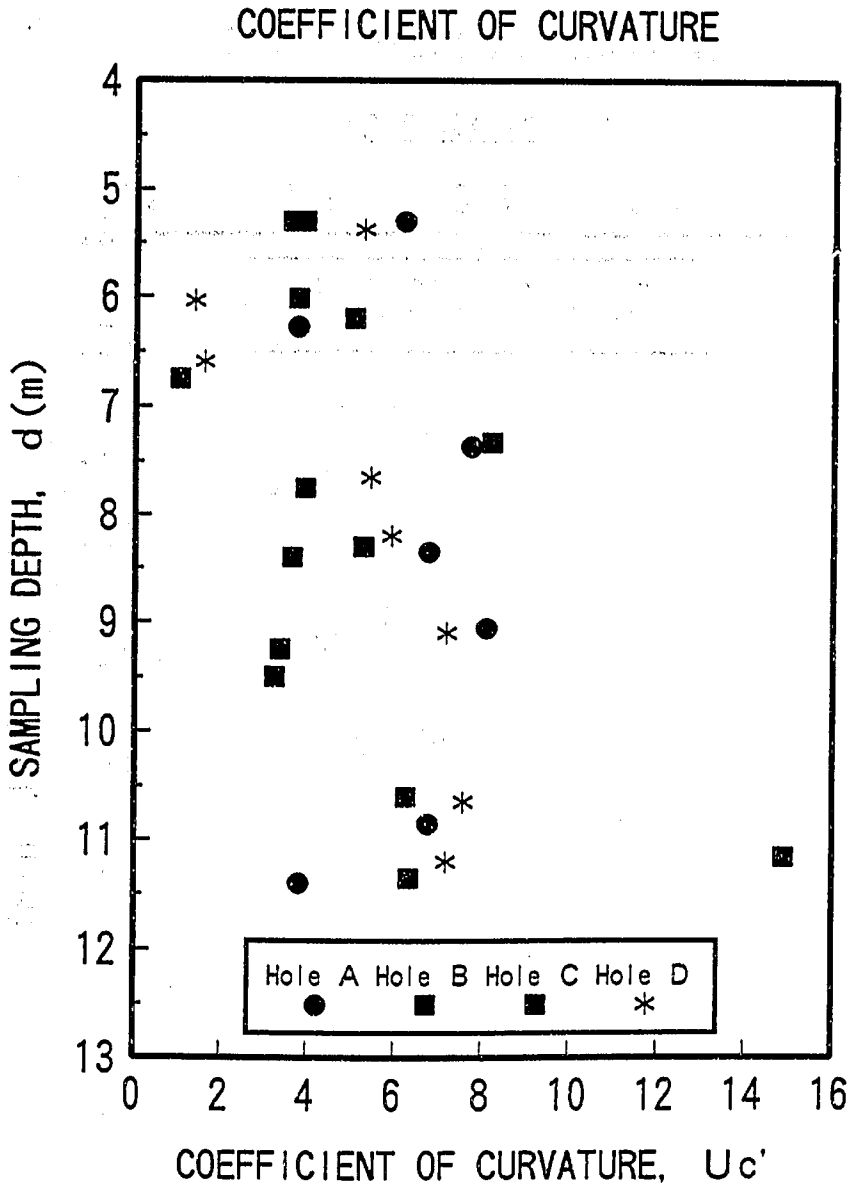


図-5.10　採取深度と曲率係数の関係

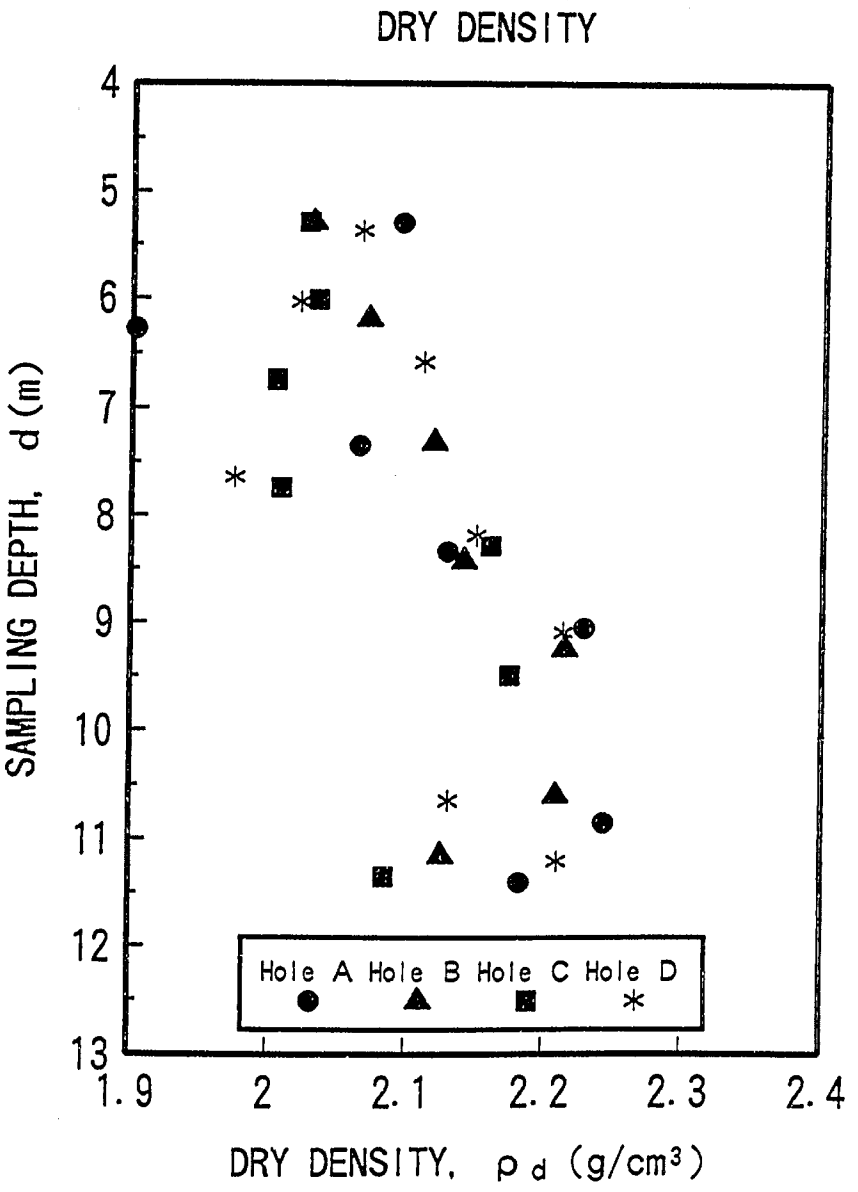


図-5.11　採取深度と乾燥密度の関係

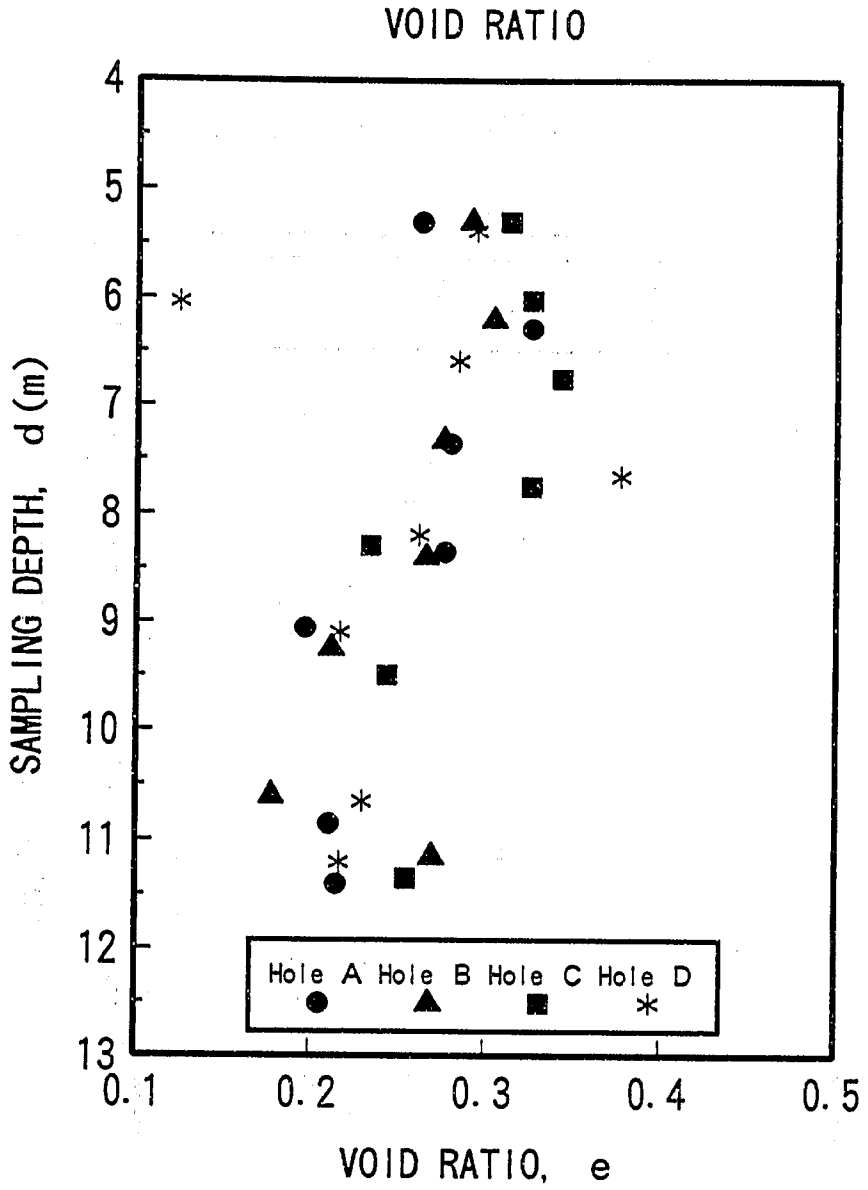


図-5.12　採取深度と間隙比の関係

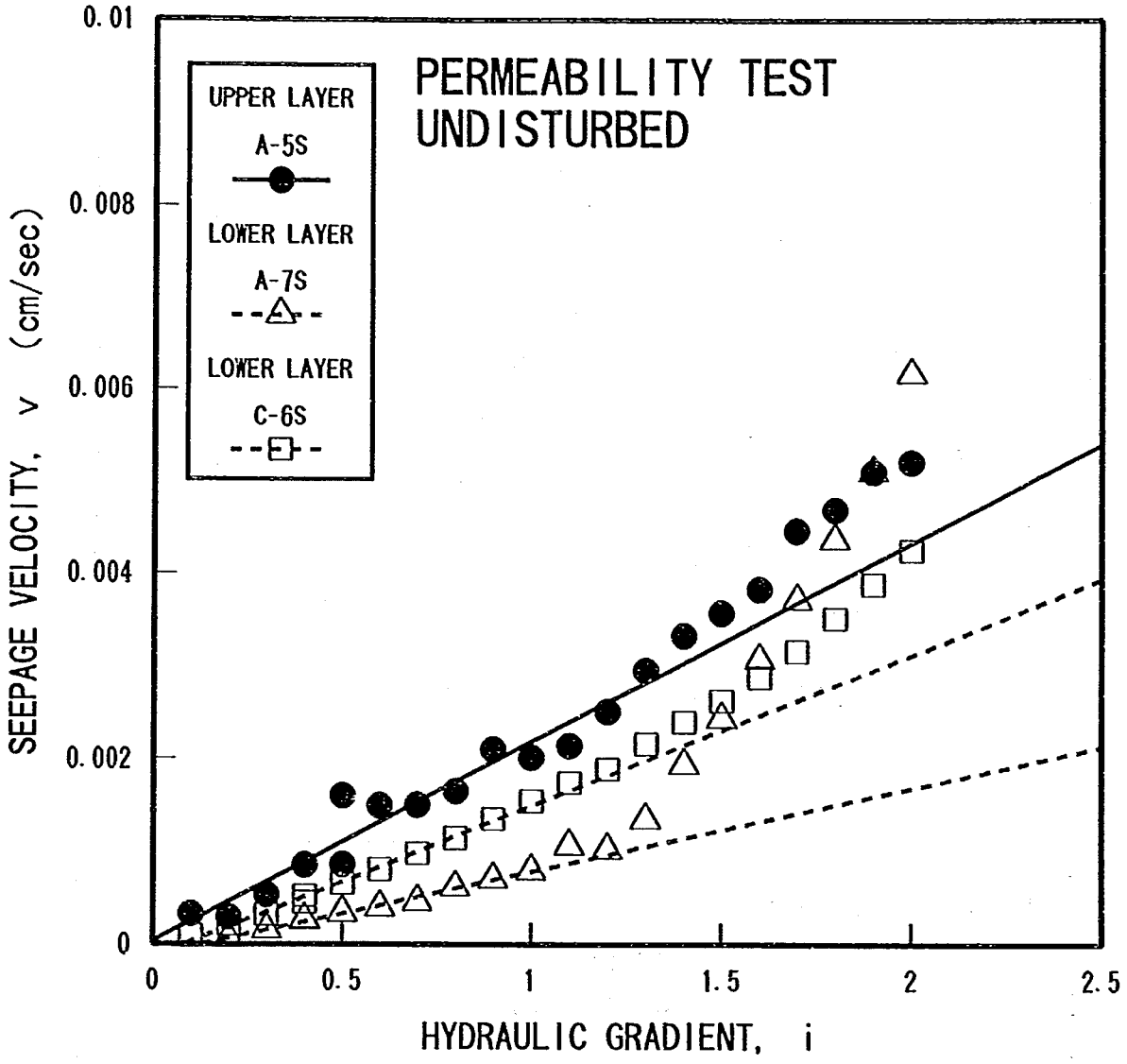


図-5.13　透水試験による流速と動水勾配の関係

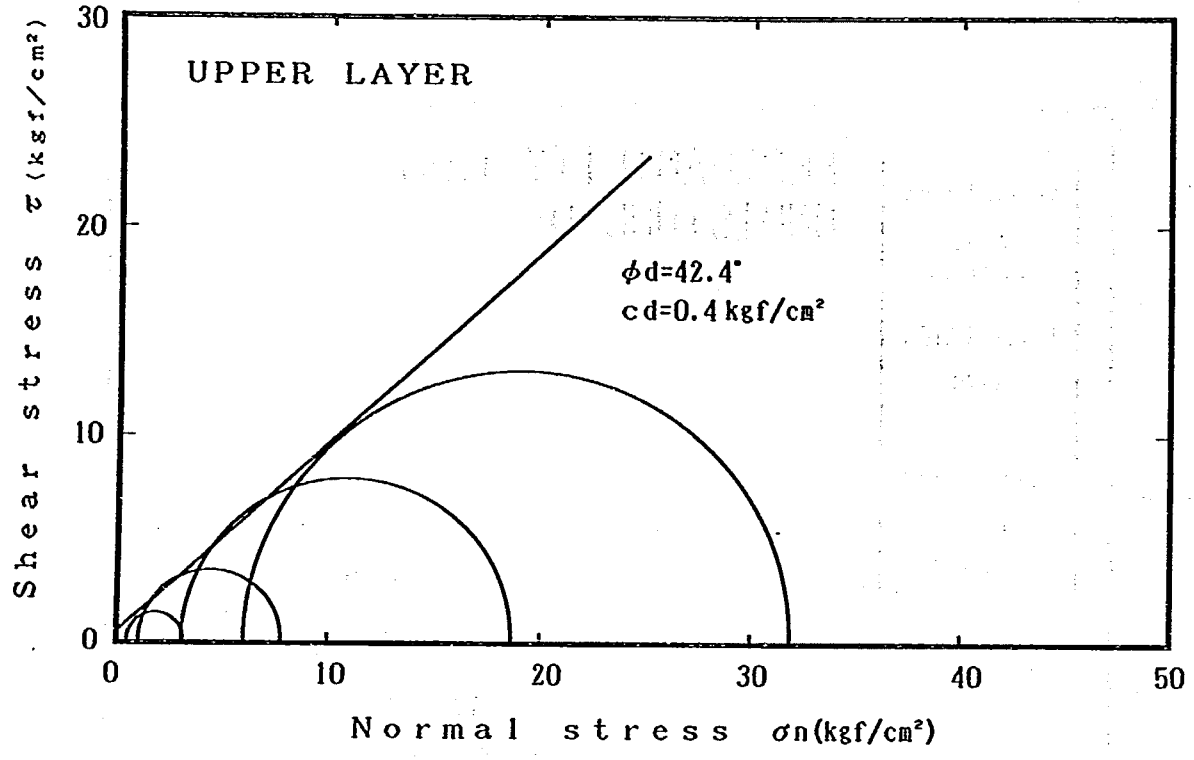


図-5.14　モールの応力円（上部砂礫層）

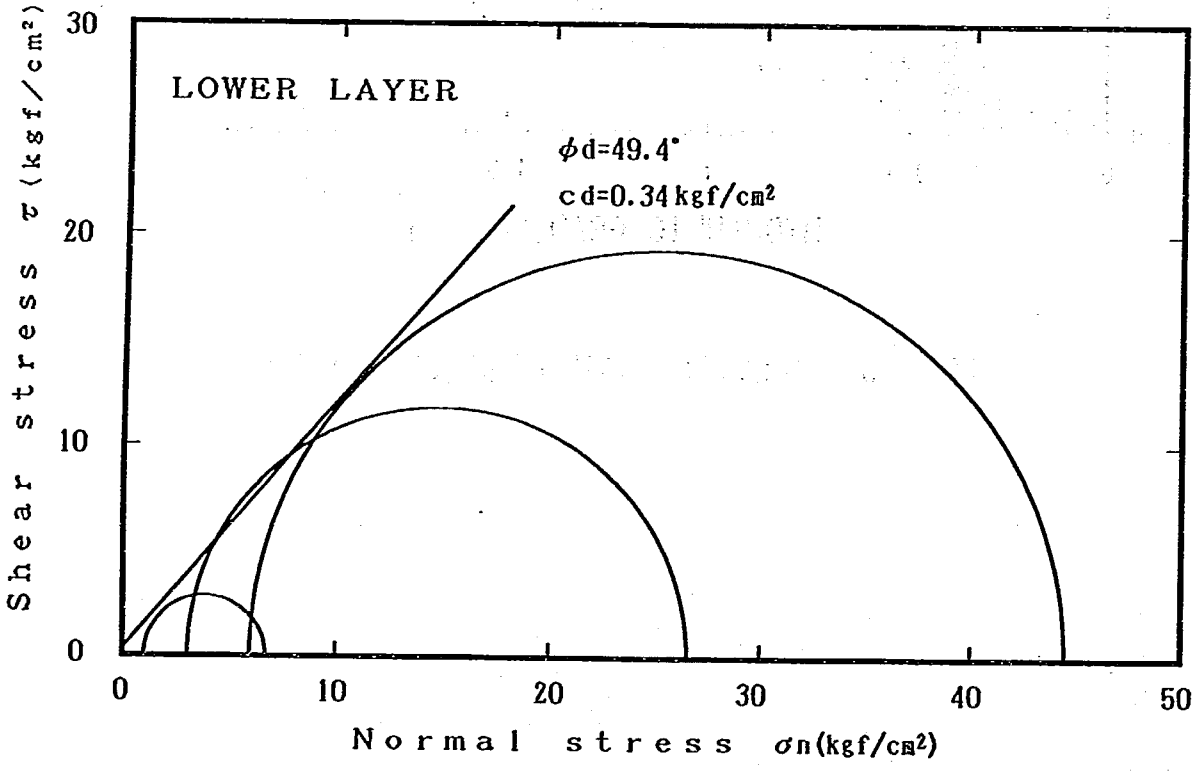


図-5.15　モールの応力円（下部砂礫層）

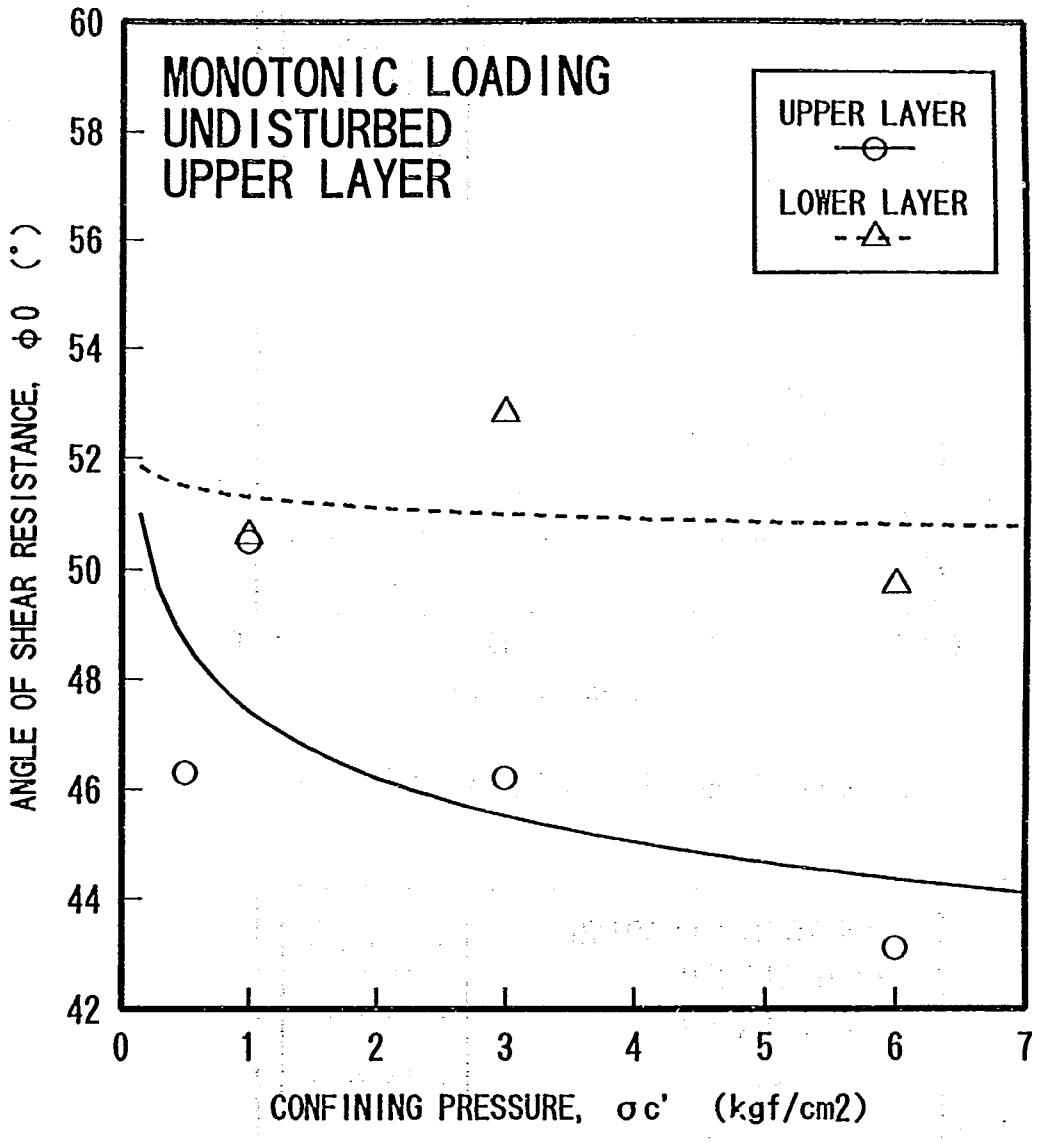


図-5.16　拘束圧とϕ_0との関係

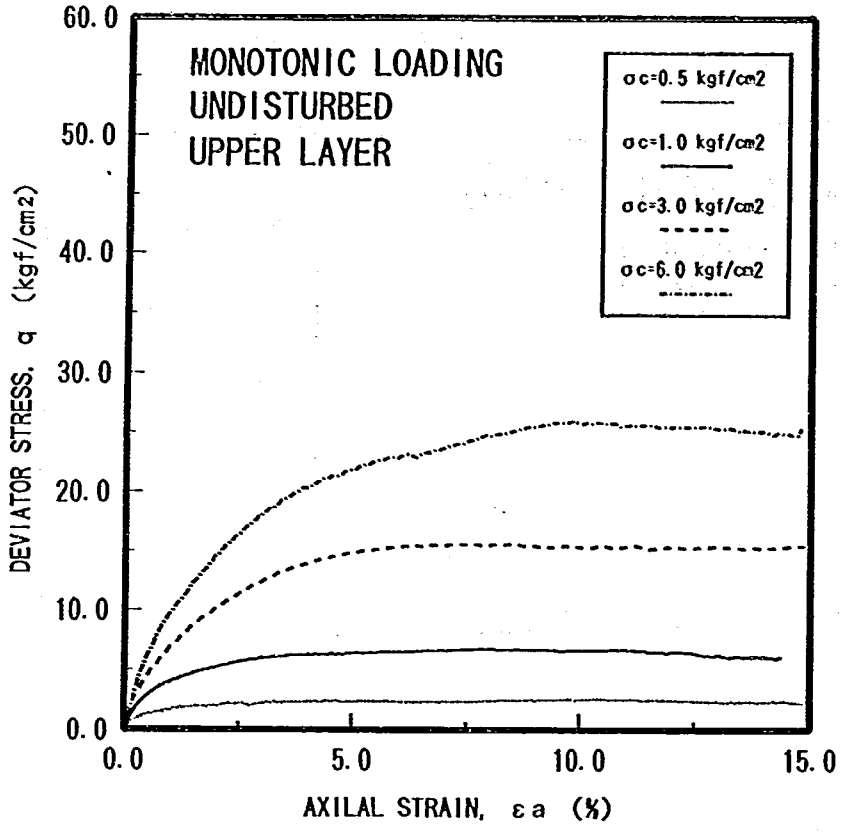


図-5.17　軸差応力～軸ひずみ（上部砂礫層）

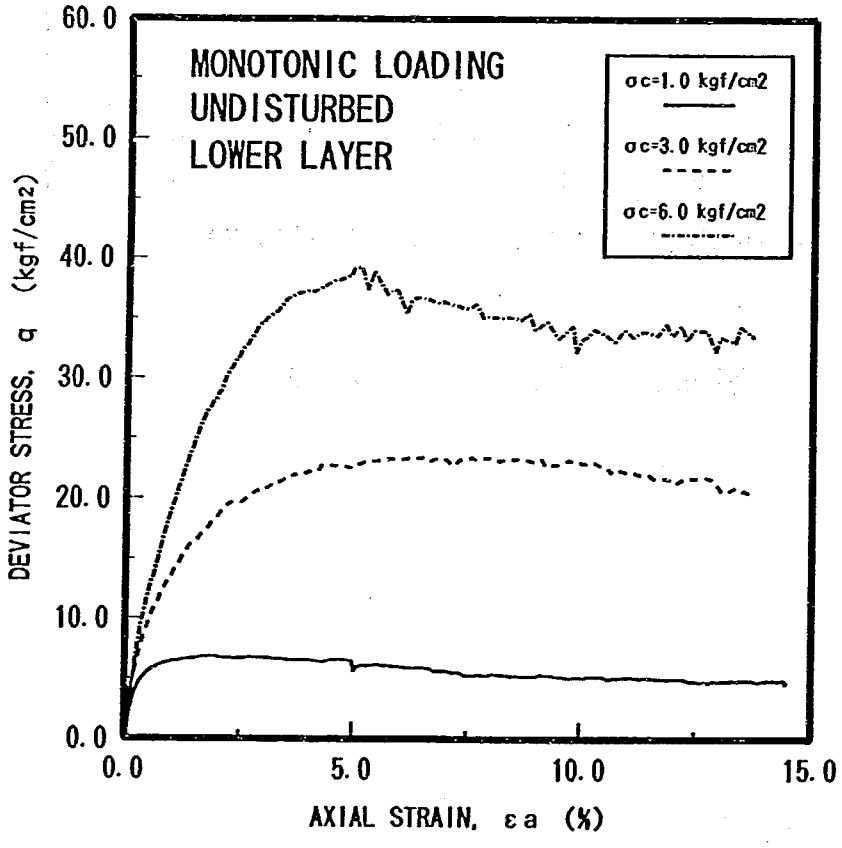


図-5.18　軸差応力～軸ひずみ（下部砂礫層）

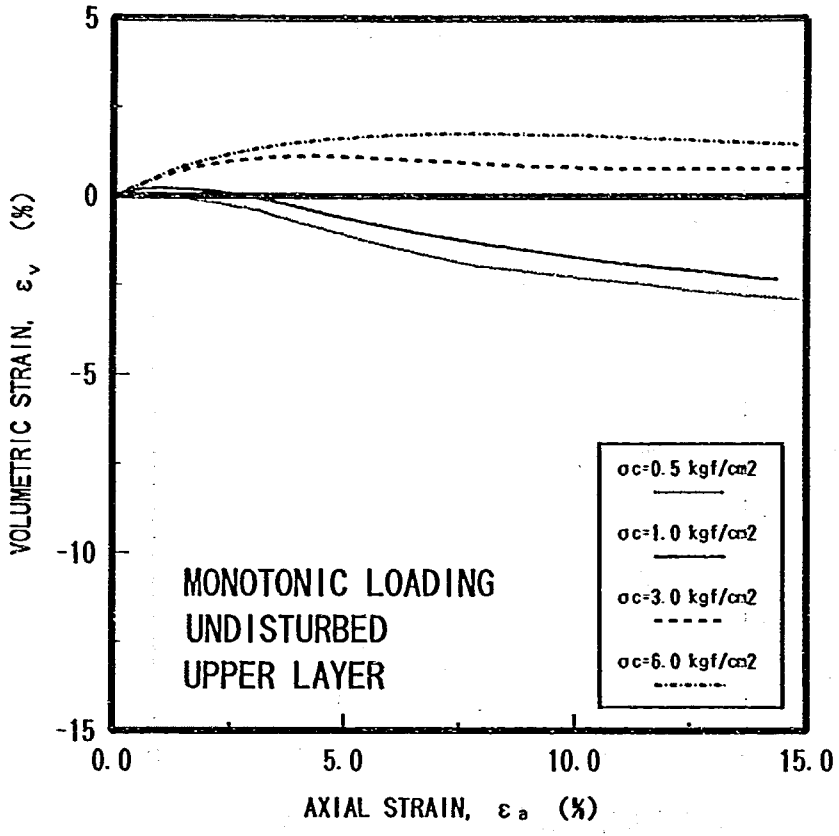


図-5.19　体積ひずみ～軸ひずみ（上部砂礫層）

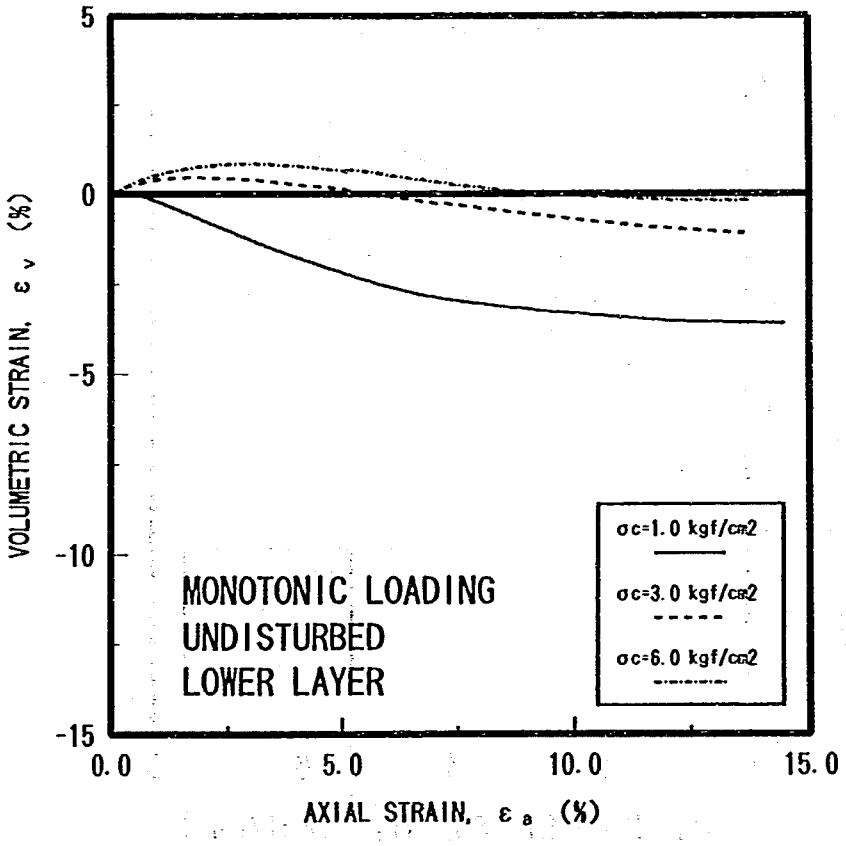


図-5.20　体積ひずみ～軸ひずみ（下部砂礫層）

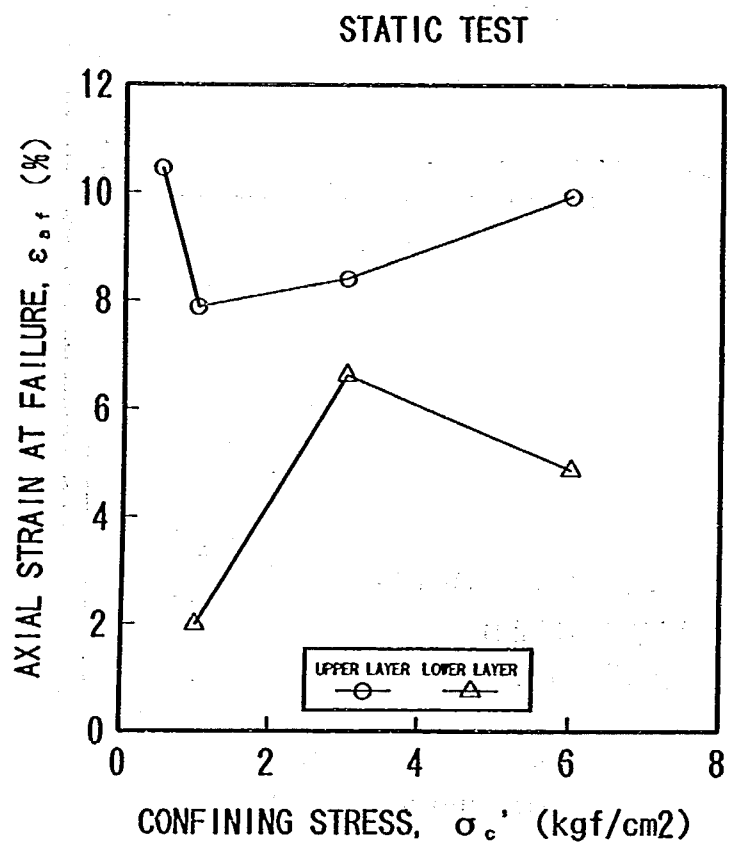


図-5.21　拘束圧～破壊時軸ひずみ

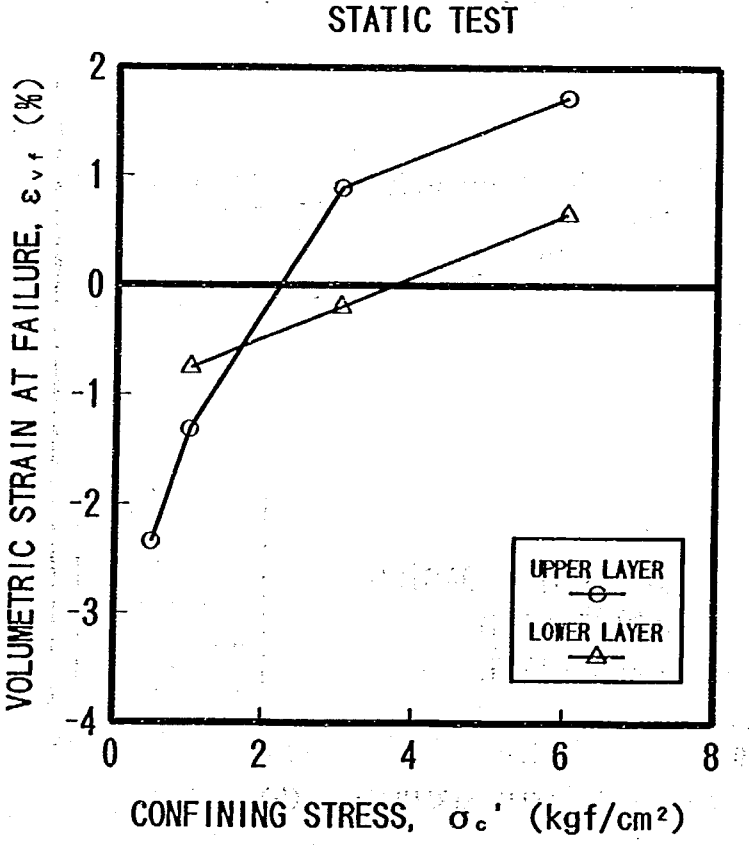


図-5.22　拘束圧～破壊時体積ひずみ

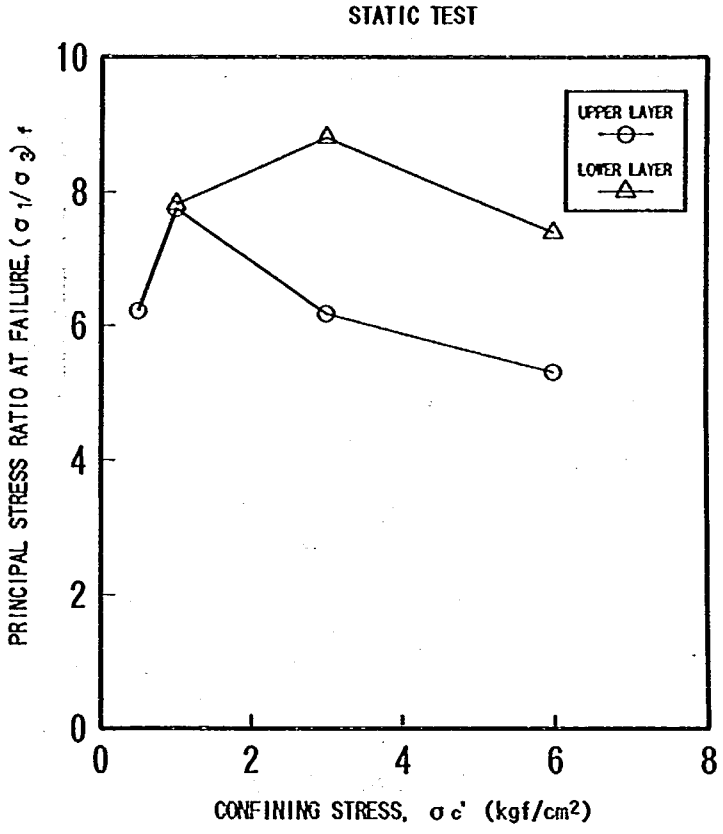


図-5.23　拘束圧～最大主応力比

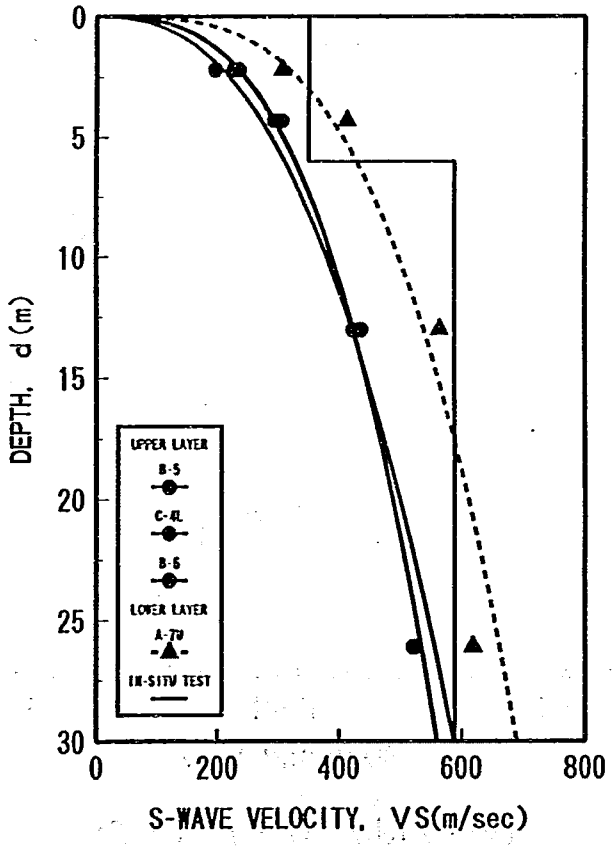


図-5.24　ＰＳ検層と動的変形試験とのＶｓでの比較

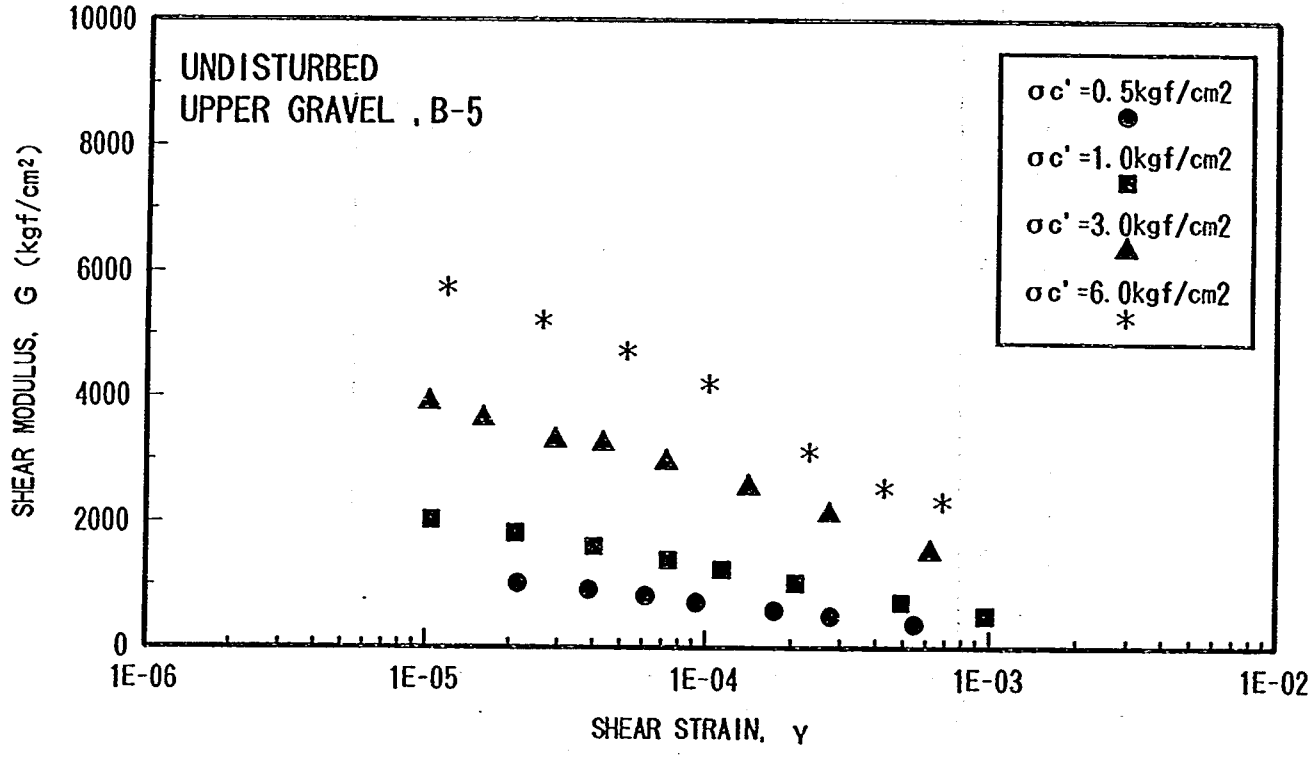


図-5.25(a)　G～γ　(B-5)

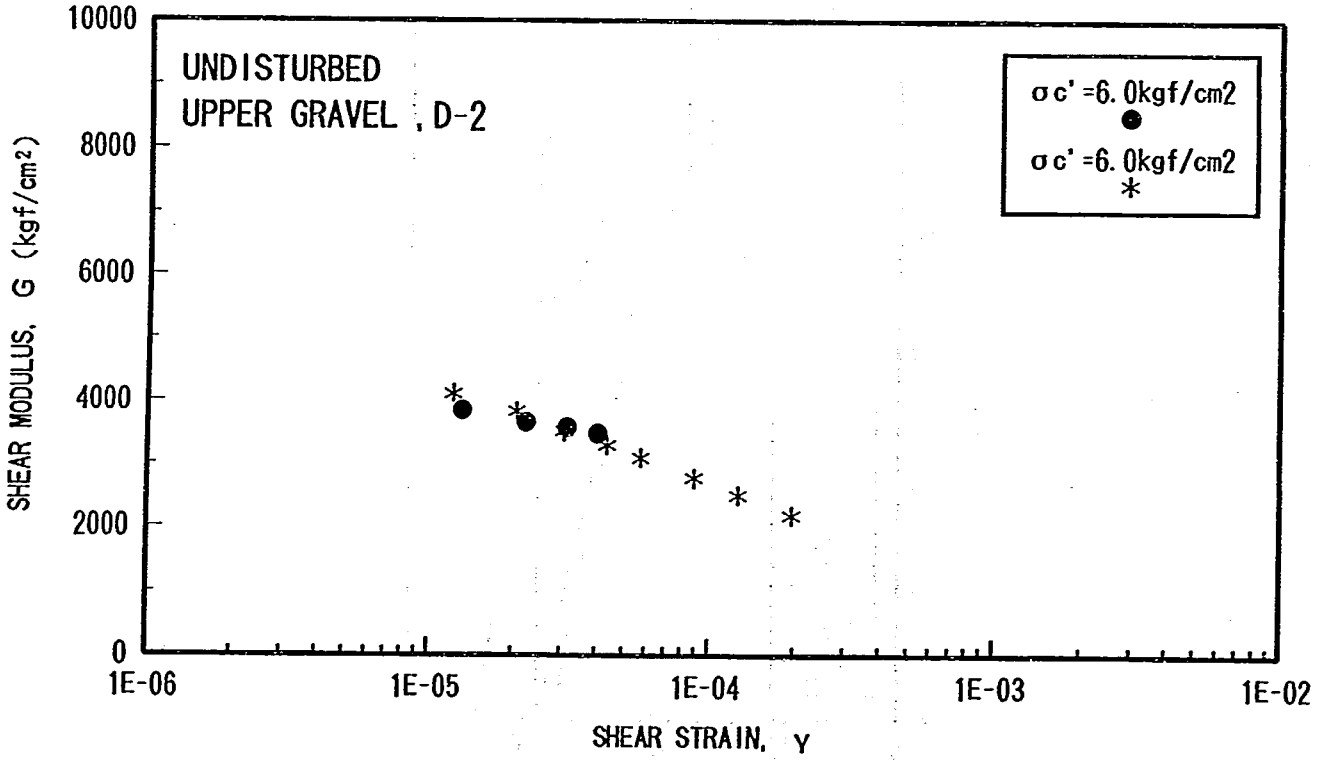


図-5.25(b)　G～γ　(D-2)

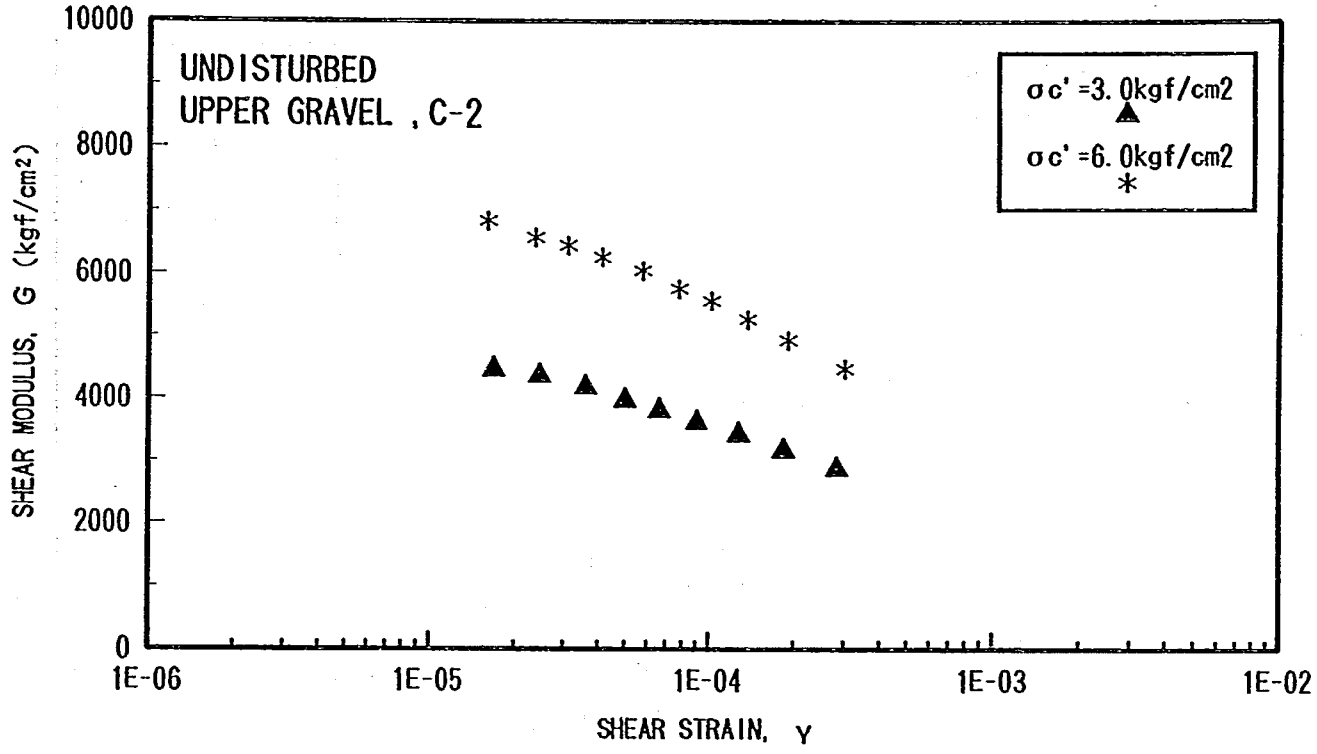


図-5.25(c)　G～γ　(C−2)

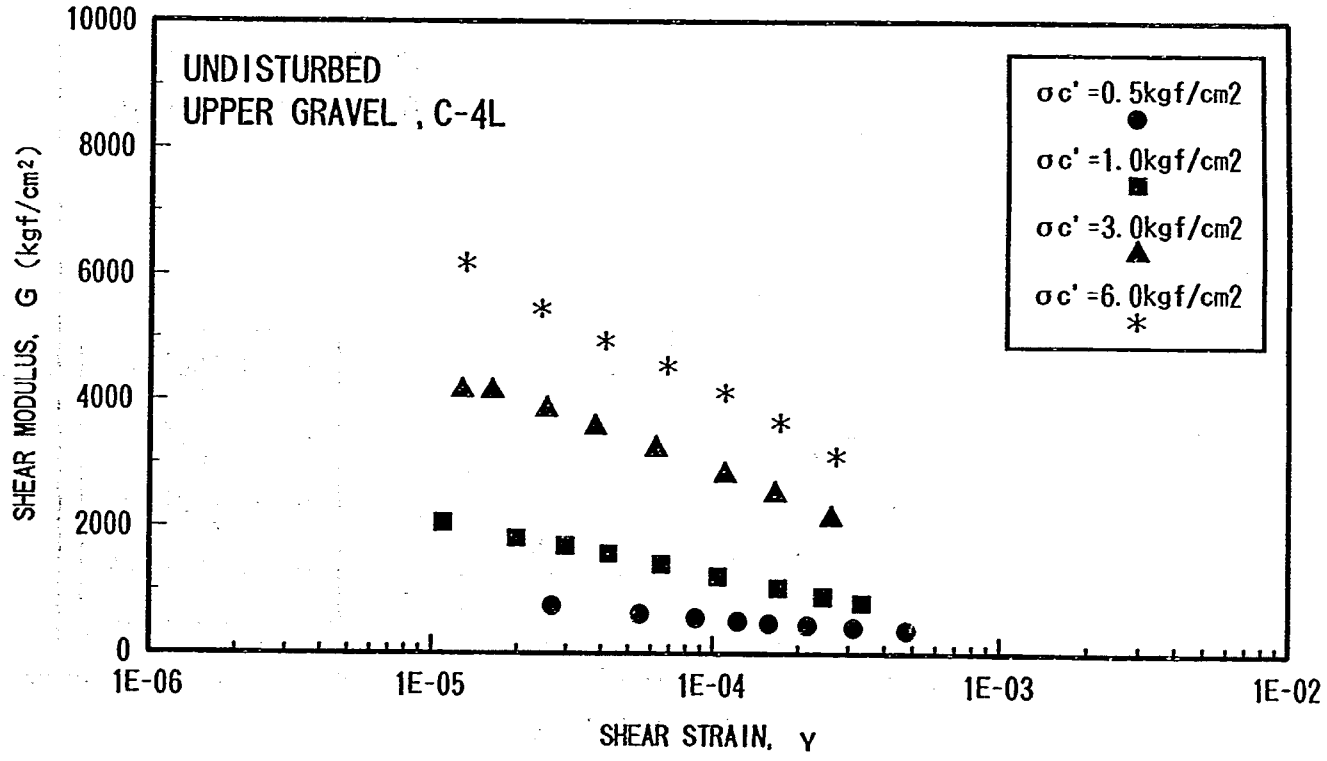


図-5.25(d)　G～γ　(C−4L)

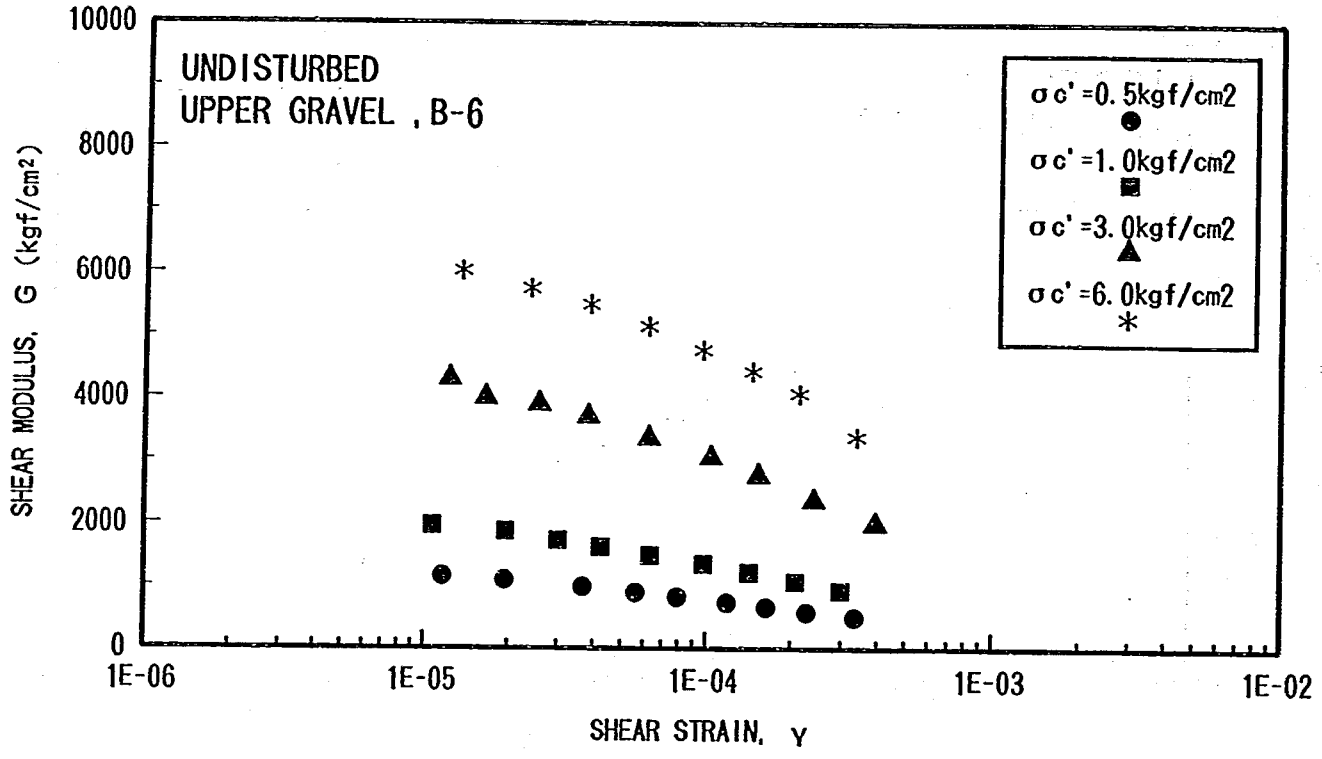


図-5.25(e)　G～γ　(B−6)

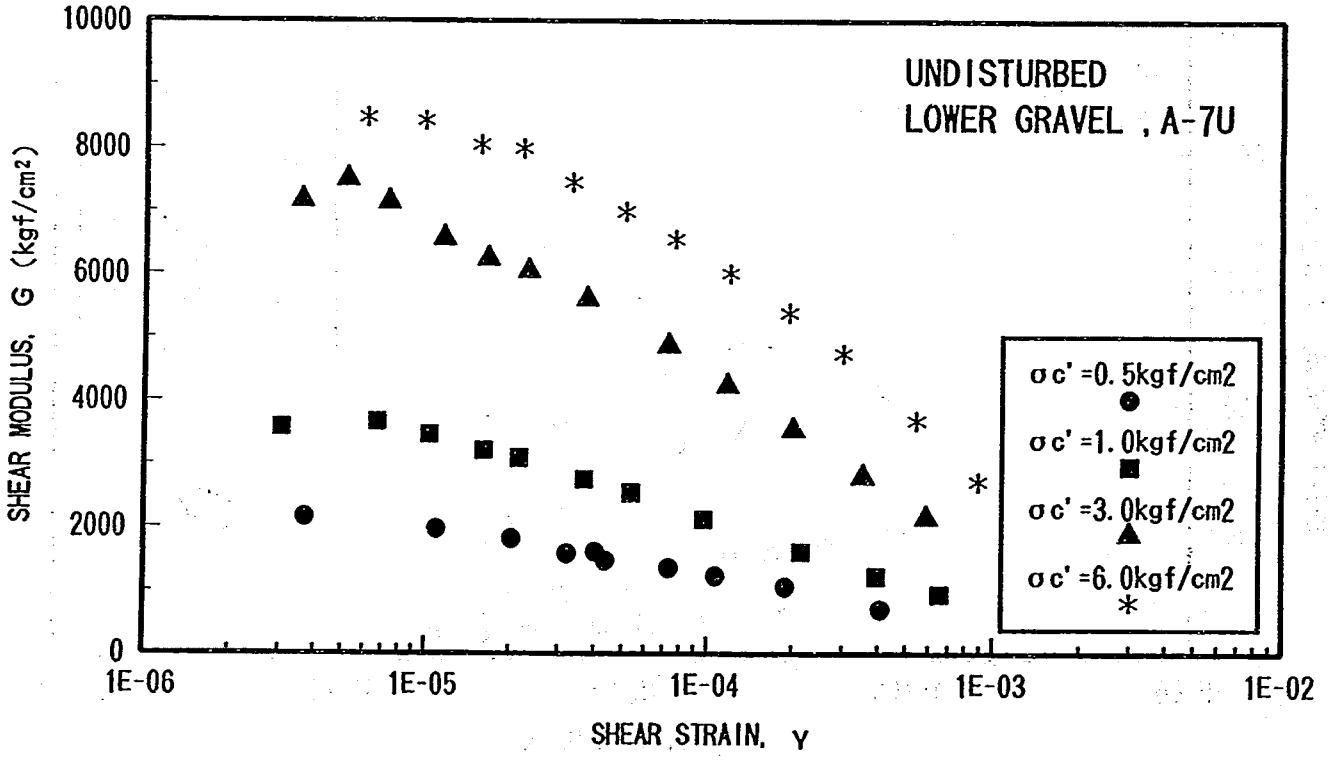


図-5.25(f)　G～γ　(A−7U)

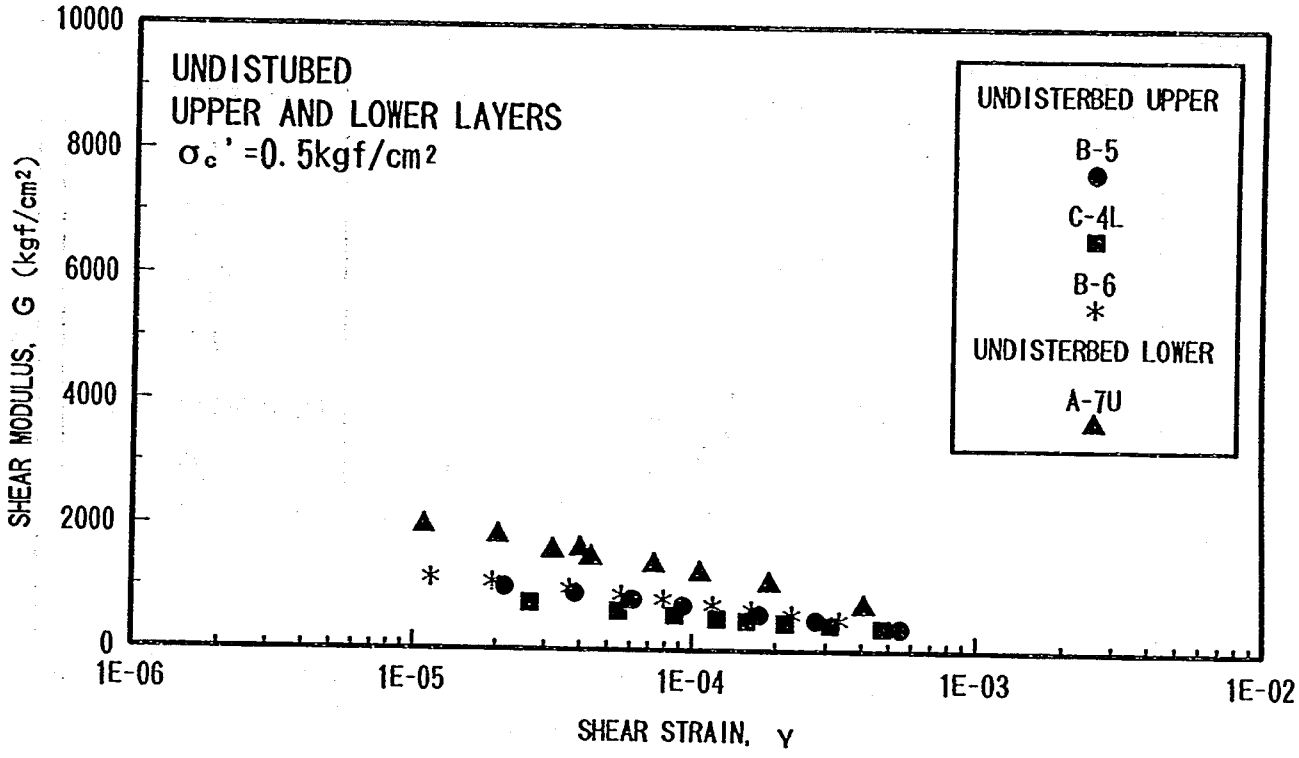


図-5.26(a)　G～γ　(σ_c'=0.5kgf/cm^2)

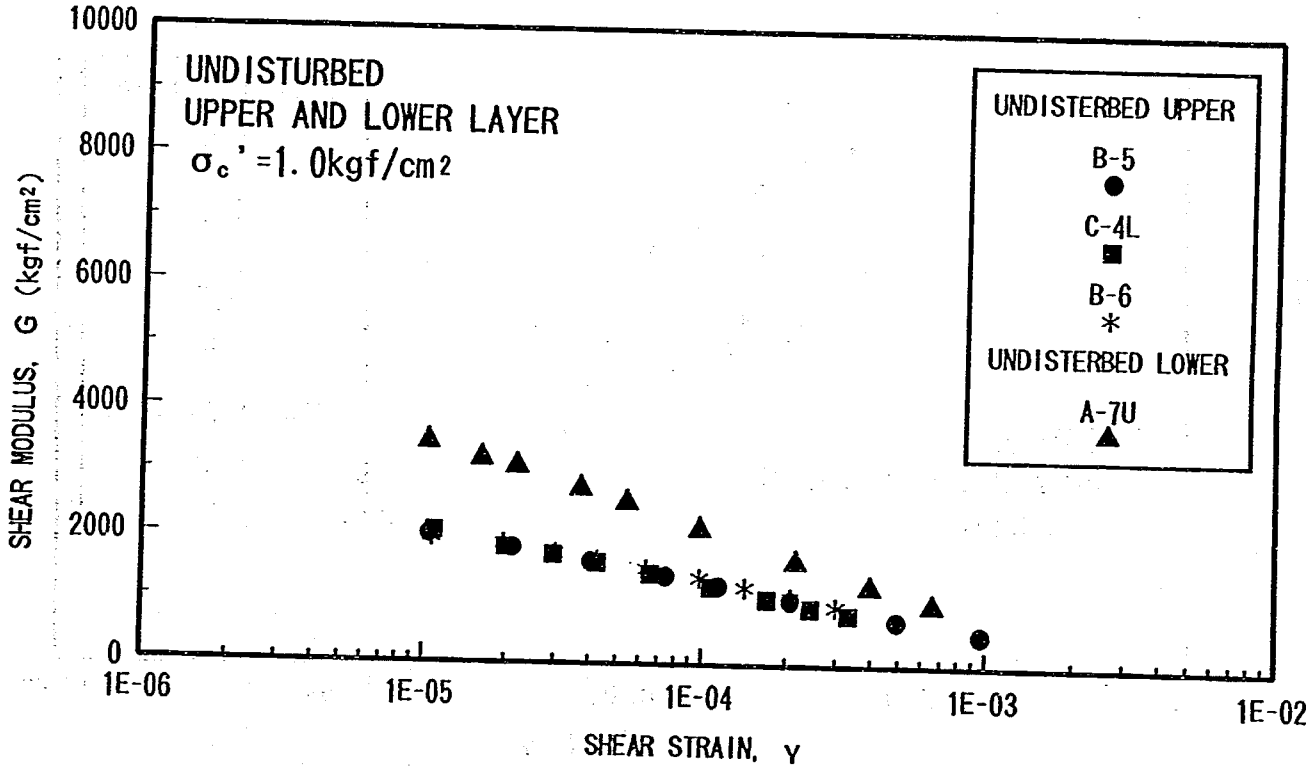


図-5.26(b)　G～γ　(σ_c'=1.0kgf/cm^2)

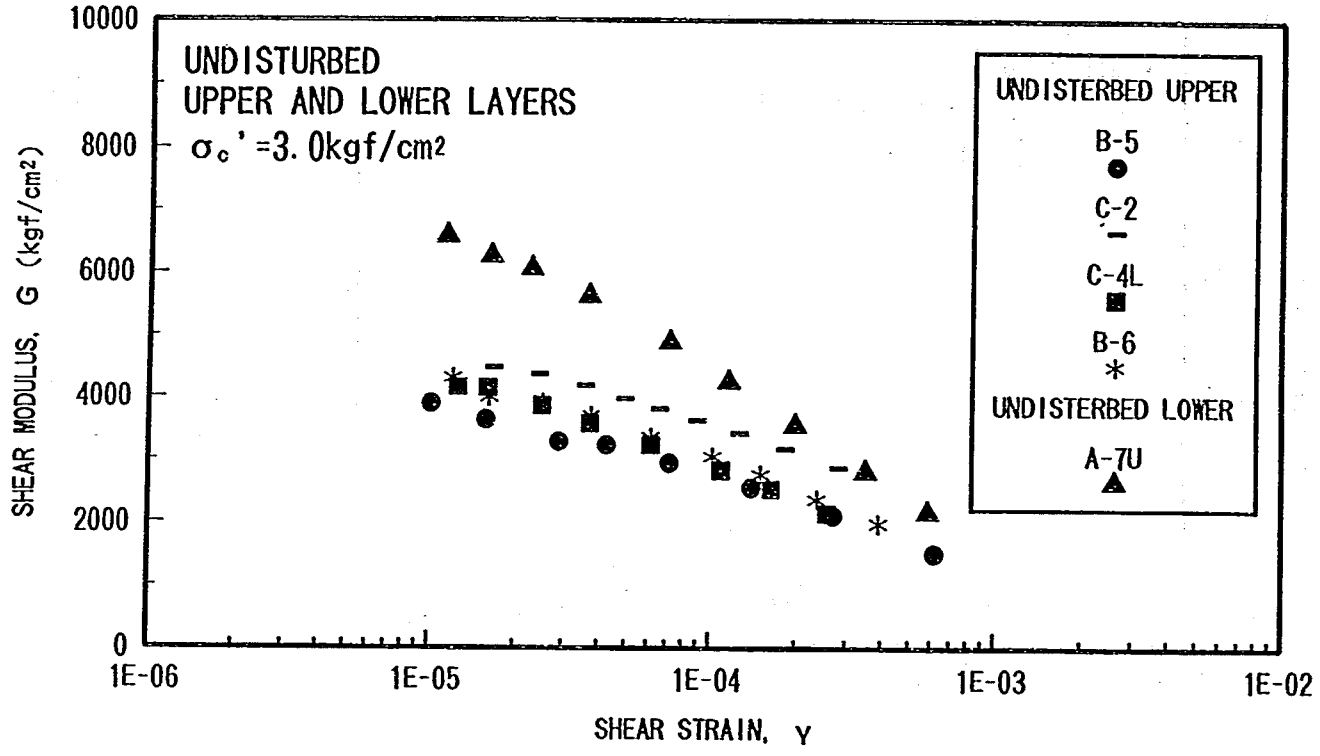


図-5.26(c)　G～γ　(σ_c' =3.0kgf/cm^2)

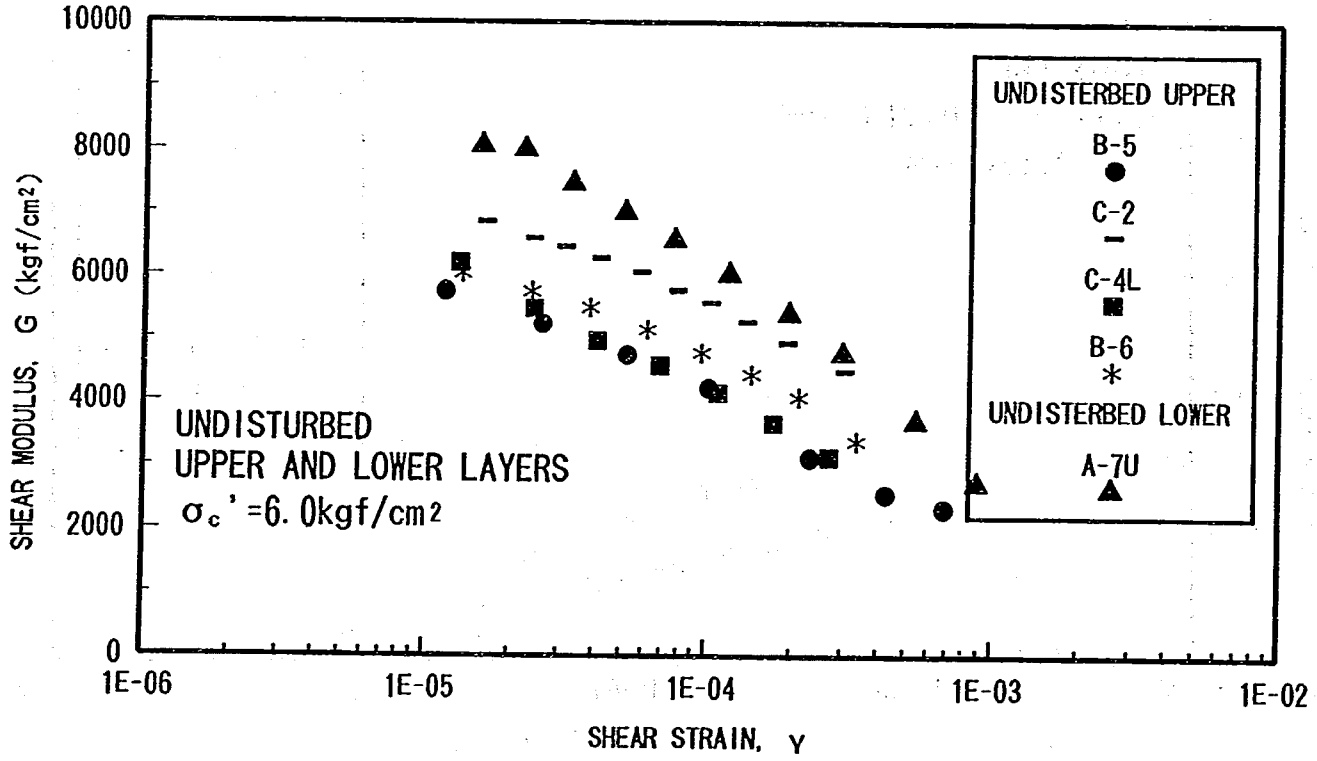


図-5.26(d)　G～γ　(σ_c' =6.0kgf/cm^2)

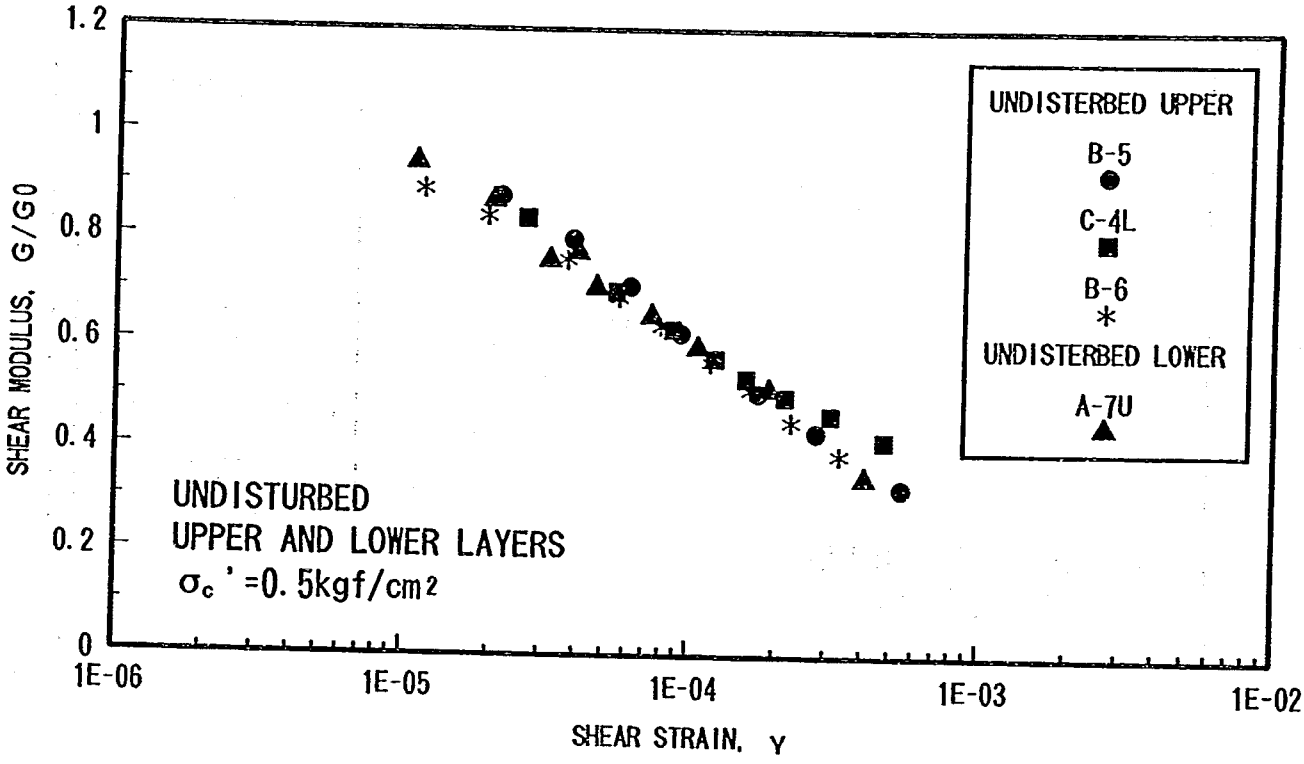


図-5.27(a)　G／G₀～γ　(σ_c'=0.5kgf/cm²)

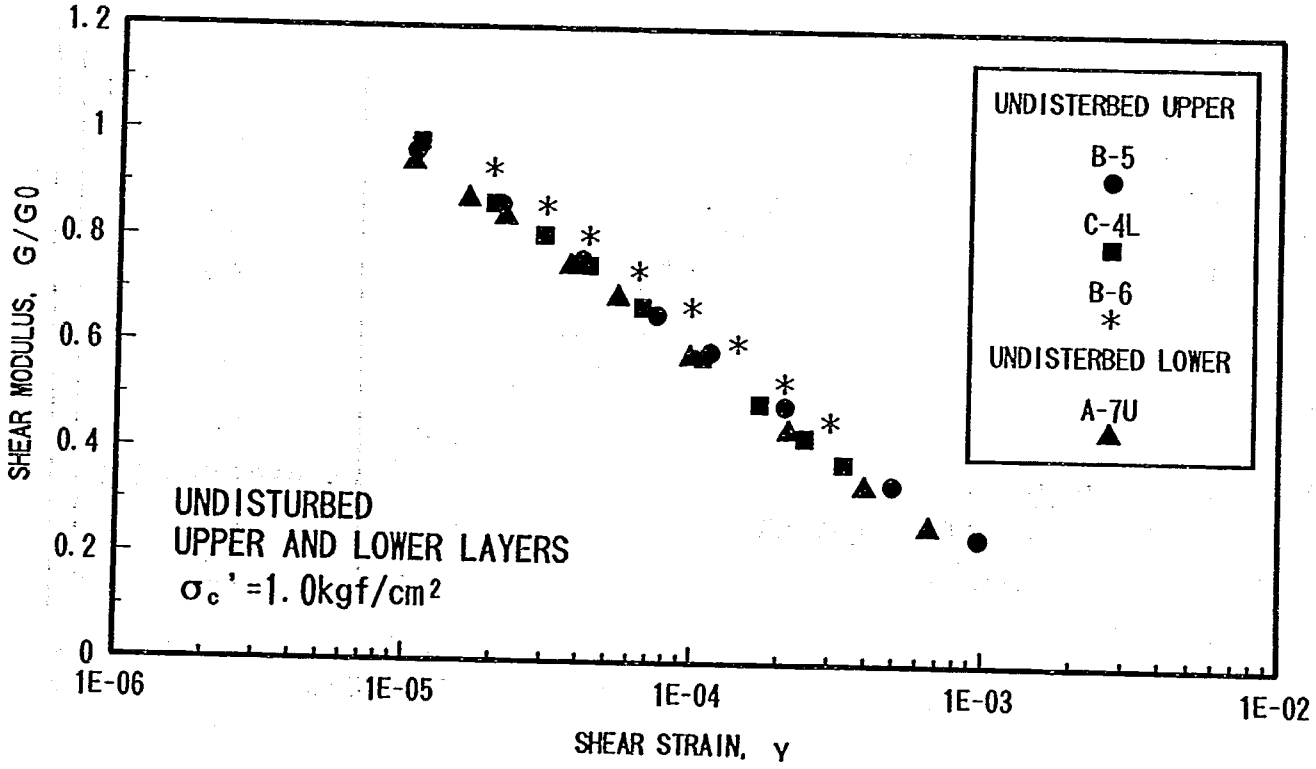


図-5.27(b)　G／G₀～γ　(σ_c'=1.0kgf/cm²)

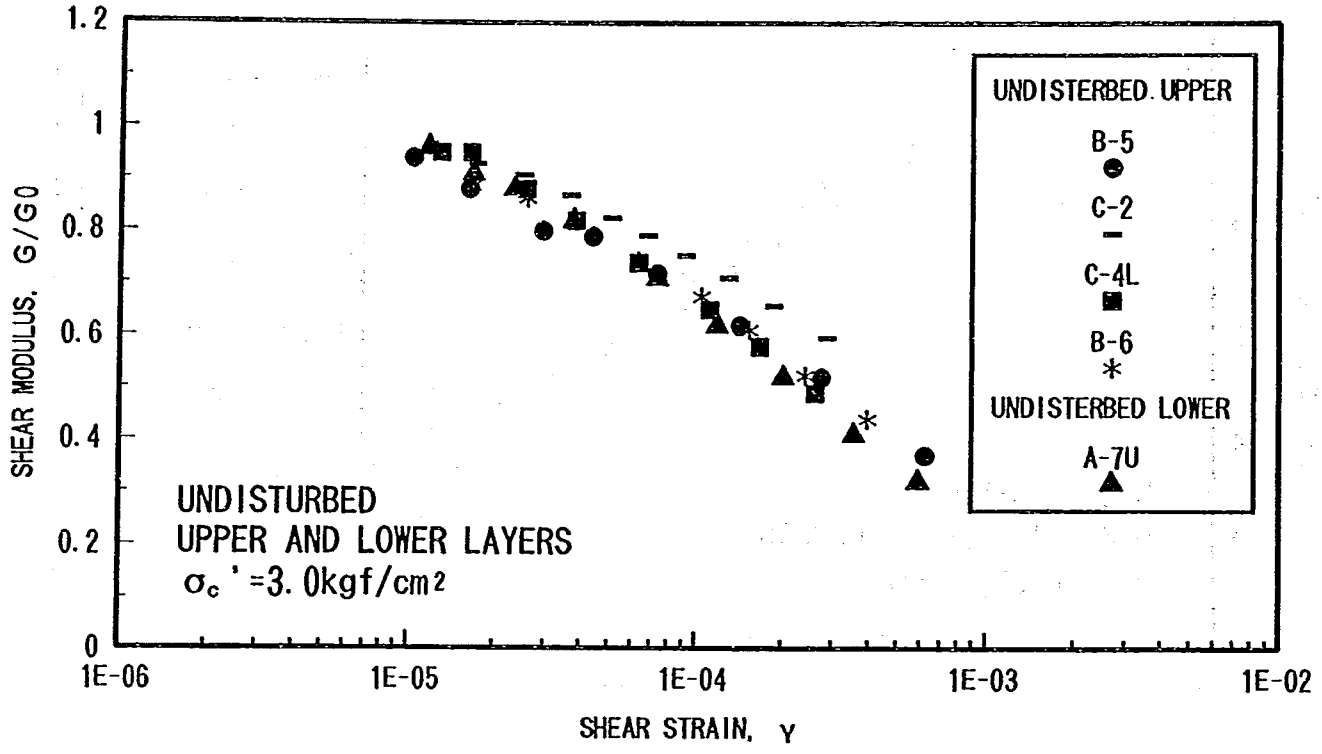


図-5.27(c)　G／G₀～γ　(σ_c'=3.0kgf/cm^2)

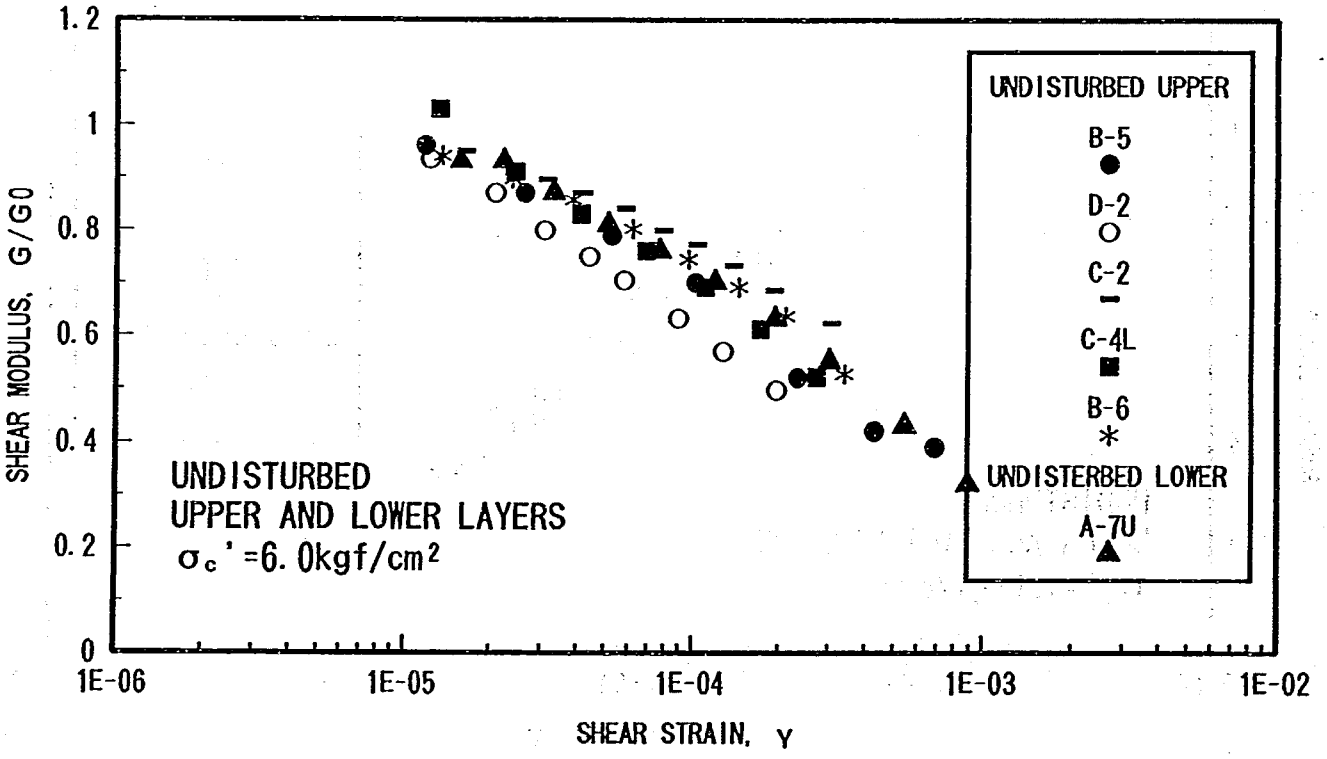


図-5.27(d)　G／G₀～γ　(σ_c'=6.0kgf/cm^2)

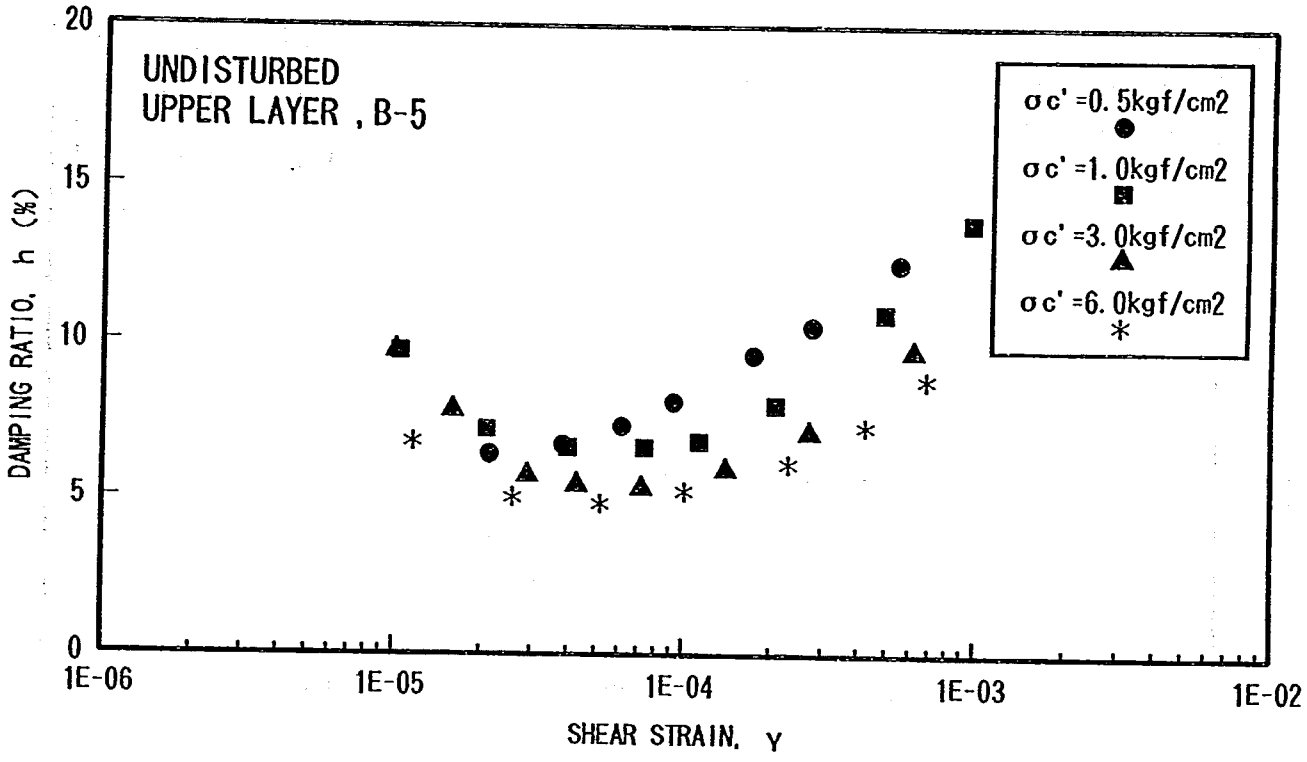


図-5.28(a) h～γ (B-5)

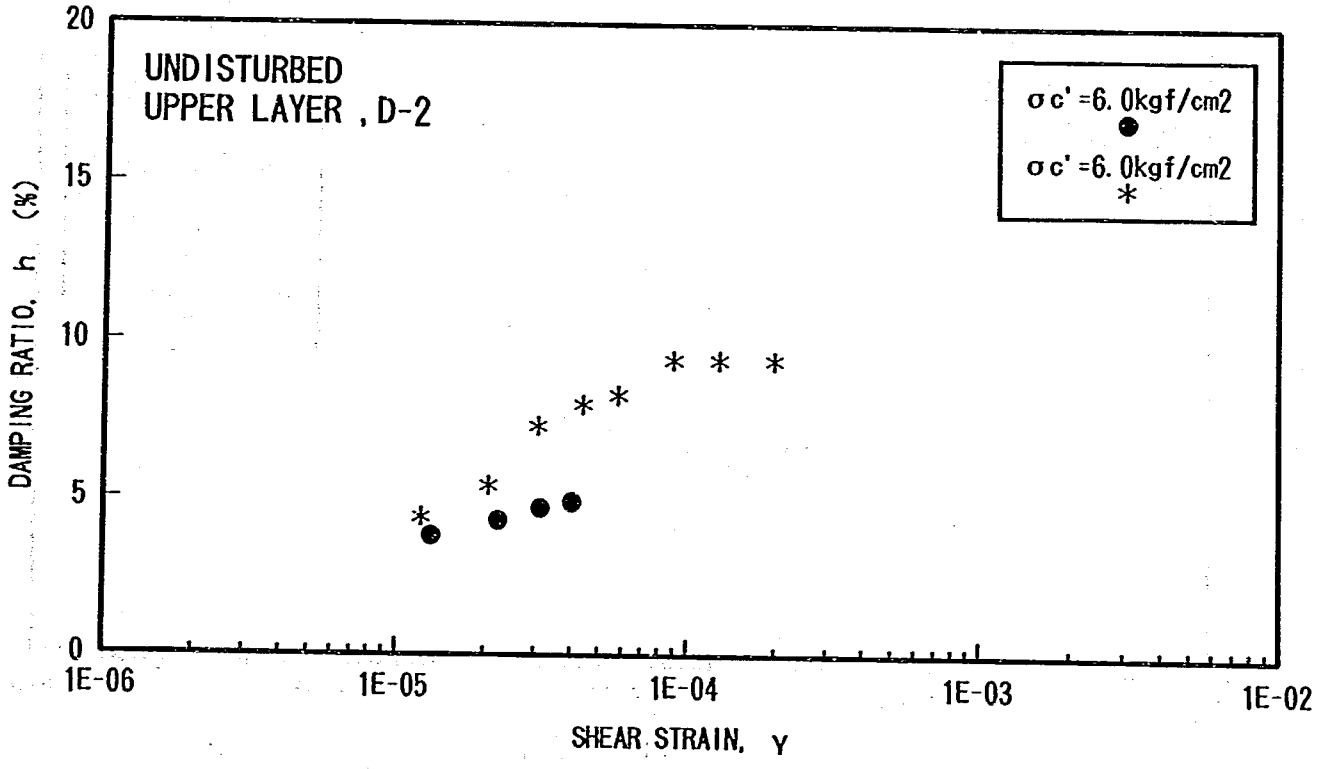


図-5.28(b) h～γ (D-2)

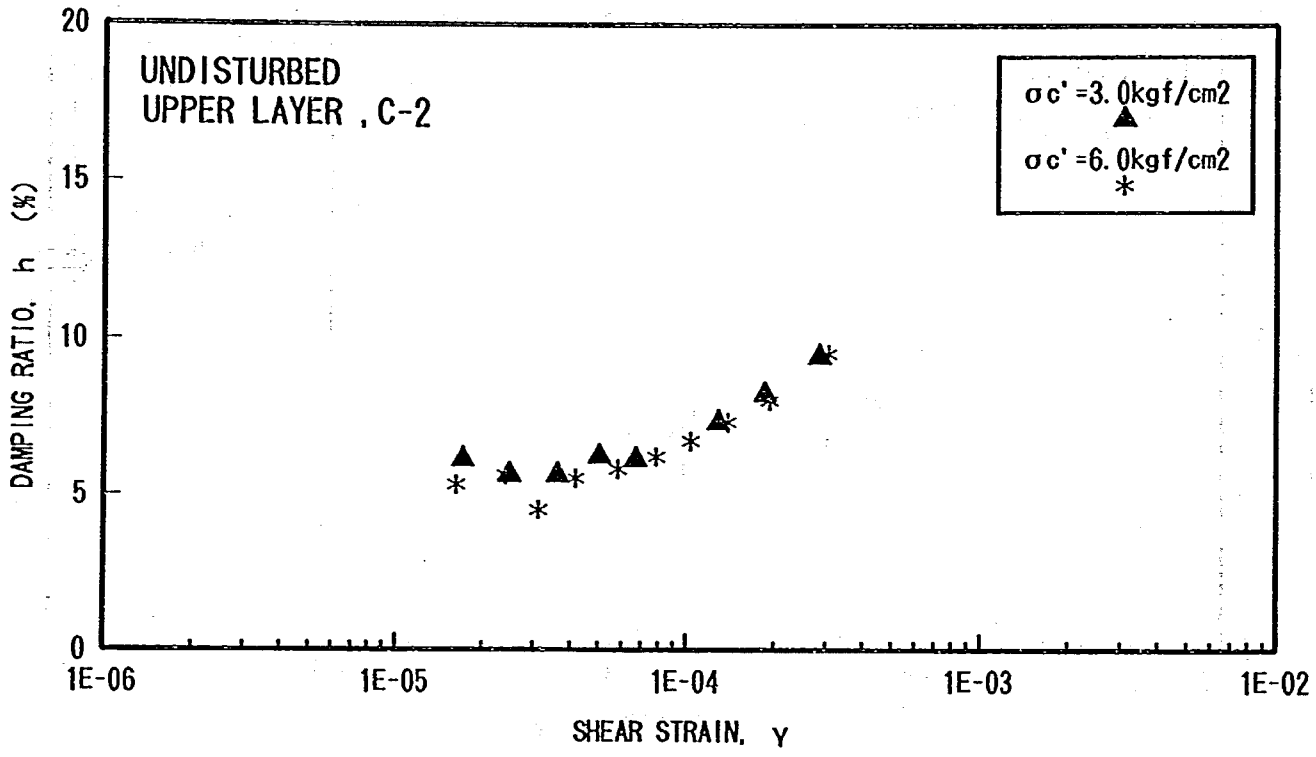


図-5.28(c) h～γ (C－2)

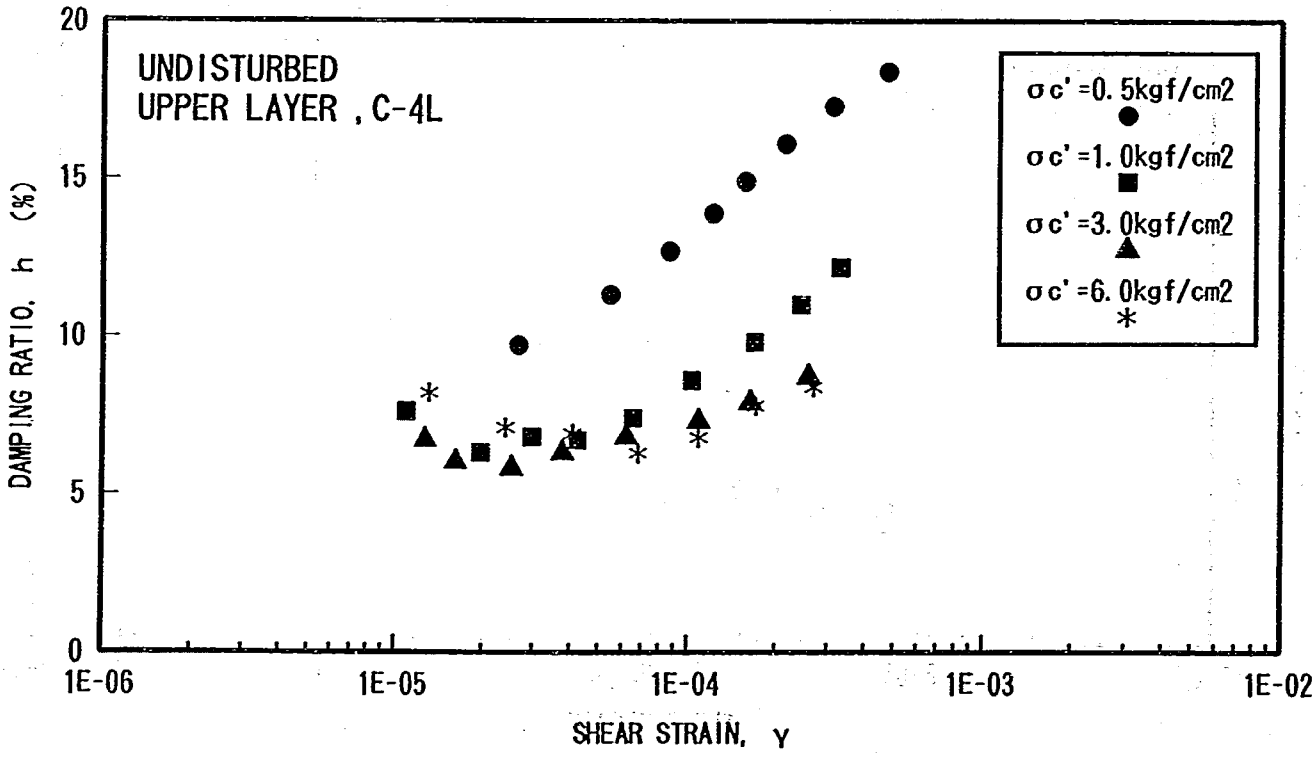


図-5.28(d) h～γ (C－4L)

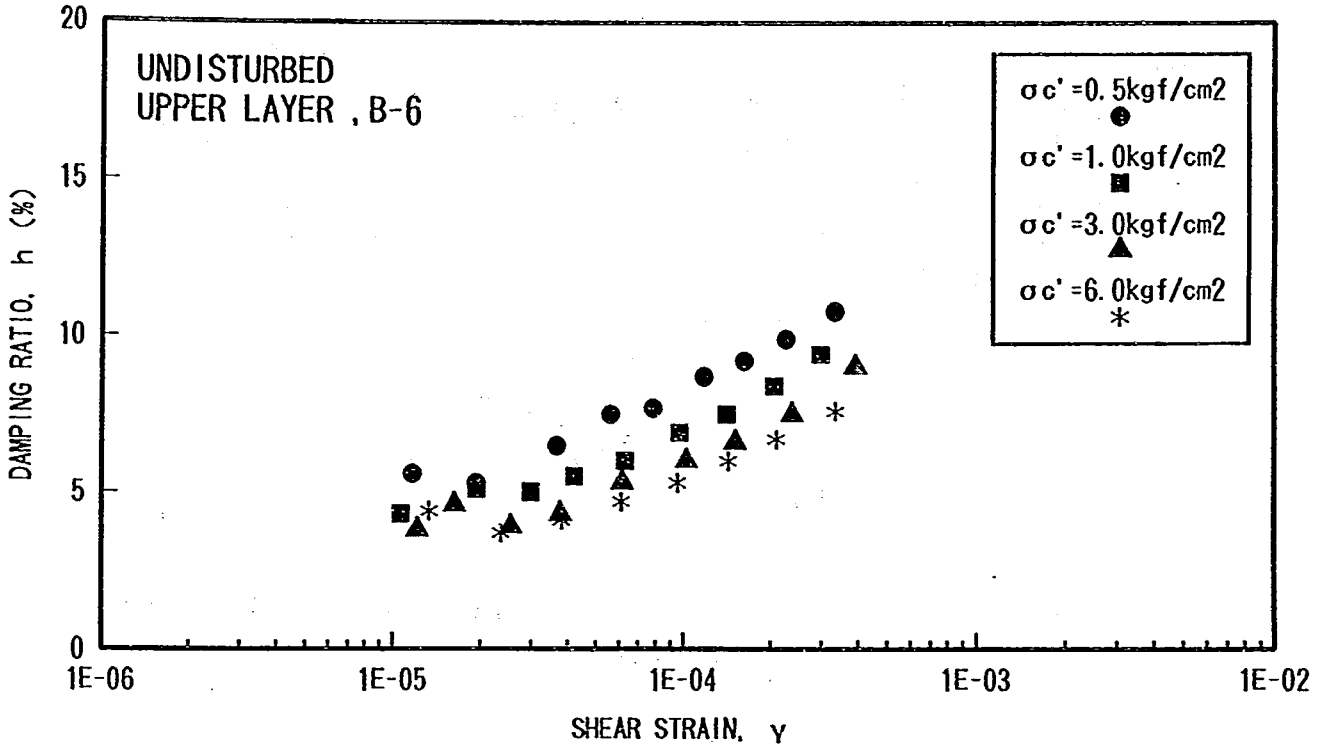


図-5.28(e) h～γ (B-6)

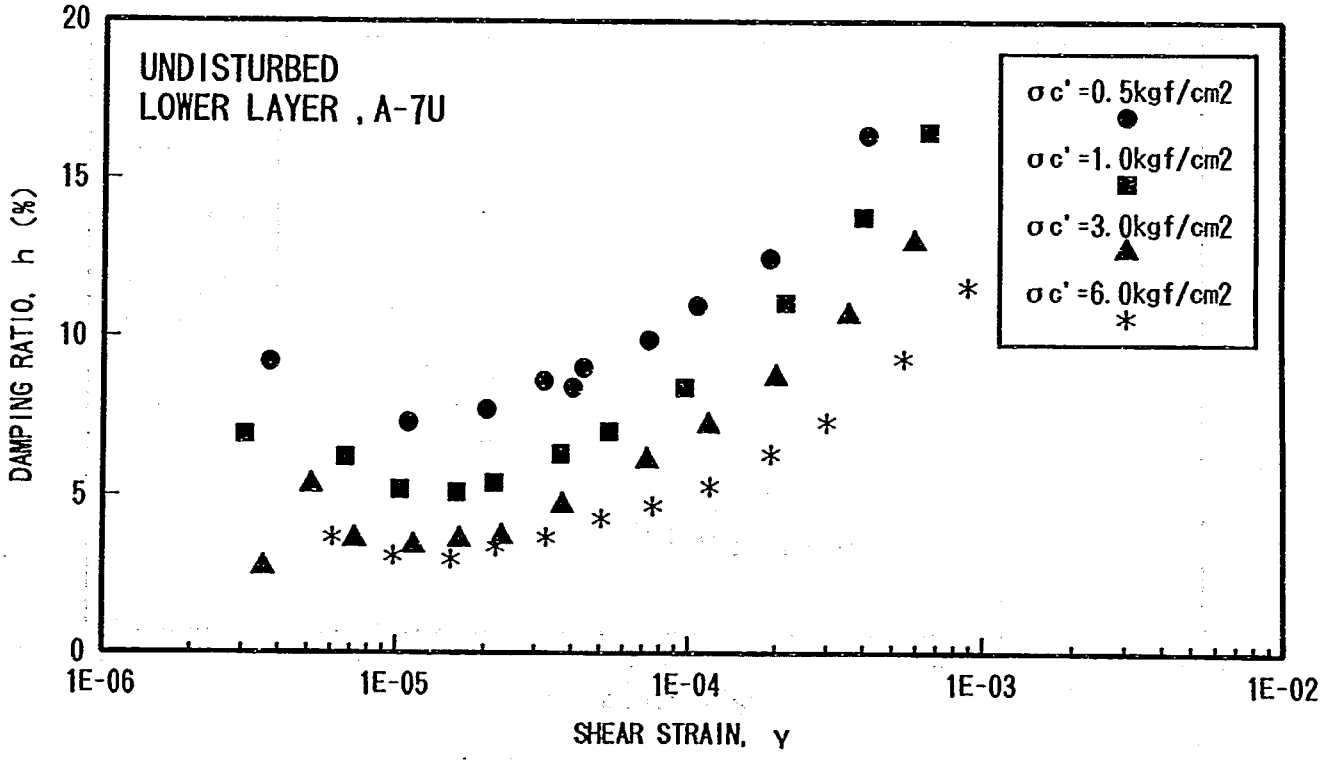


図-5.28(f) h～γ (A-7U)

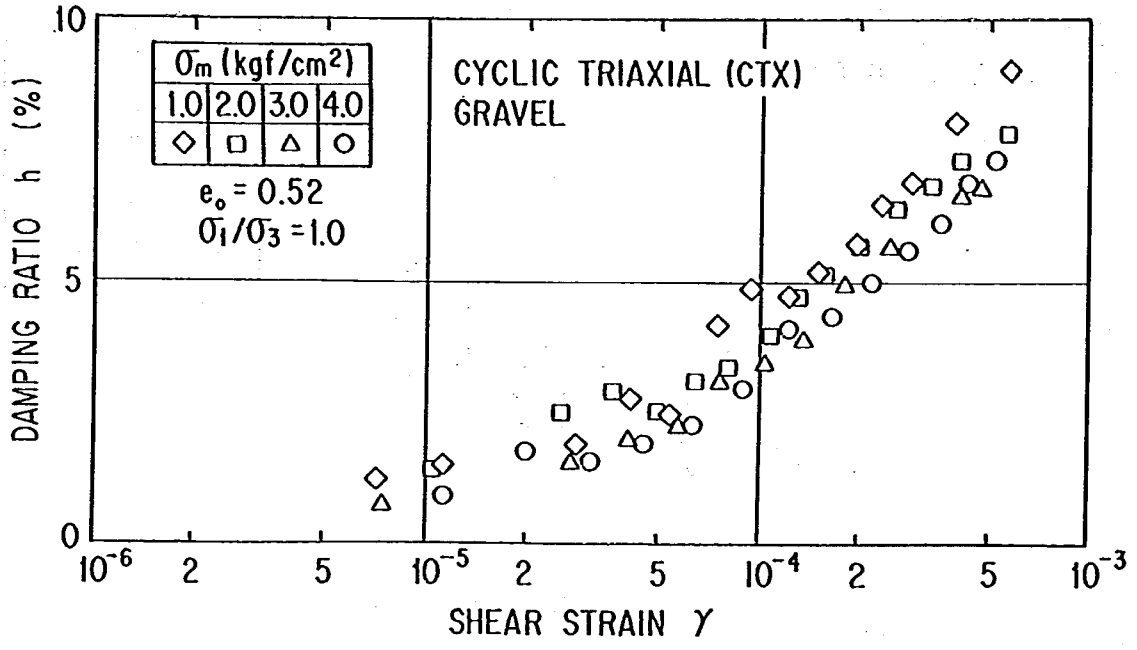


図-5.29　既往の研究におけるh～γの関係（粗粒材）

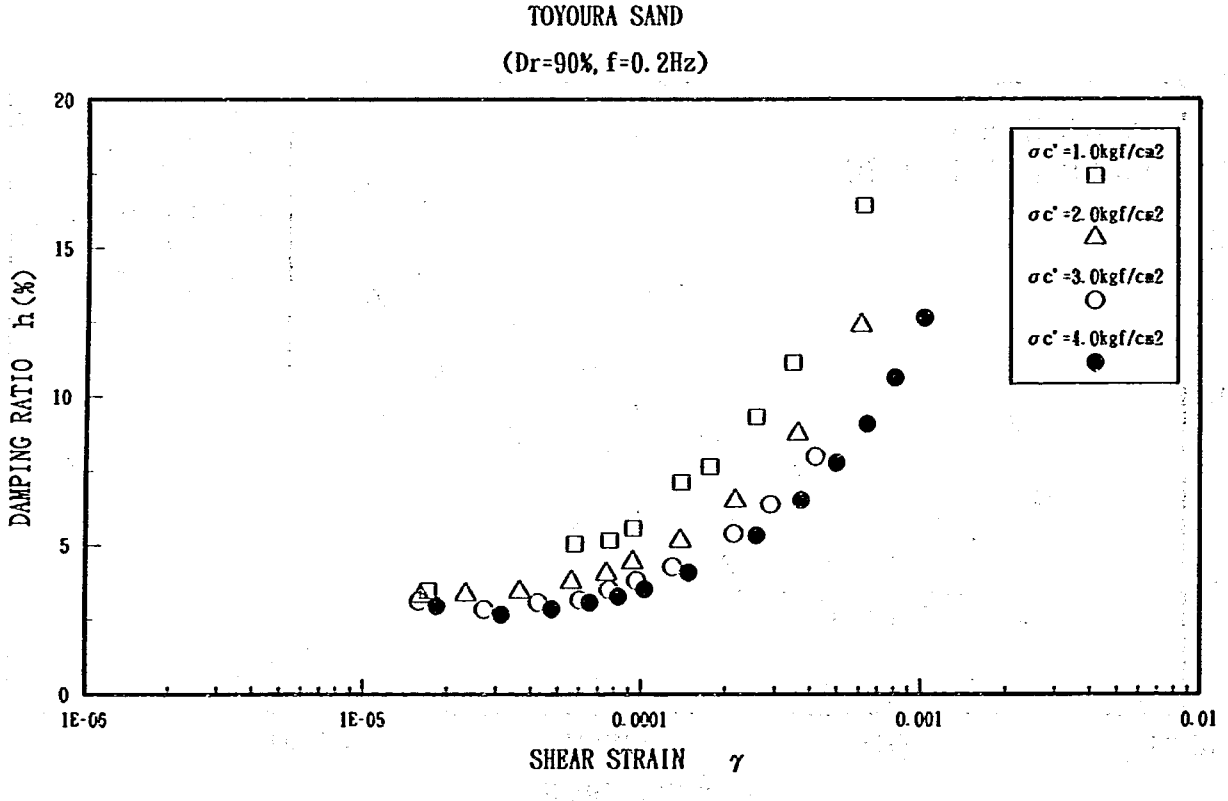


図-5.30　h～γ（豊浦標準砂）

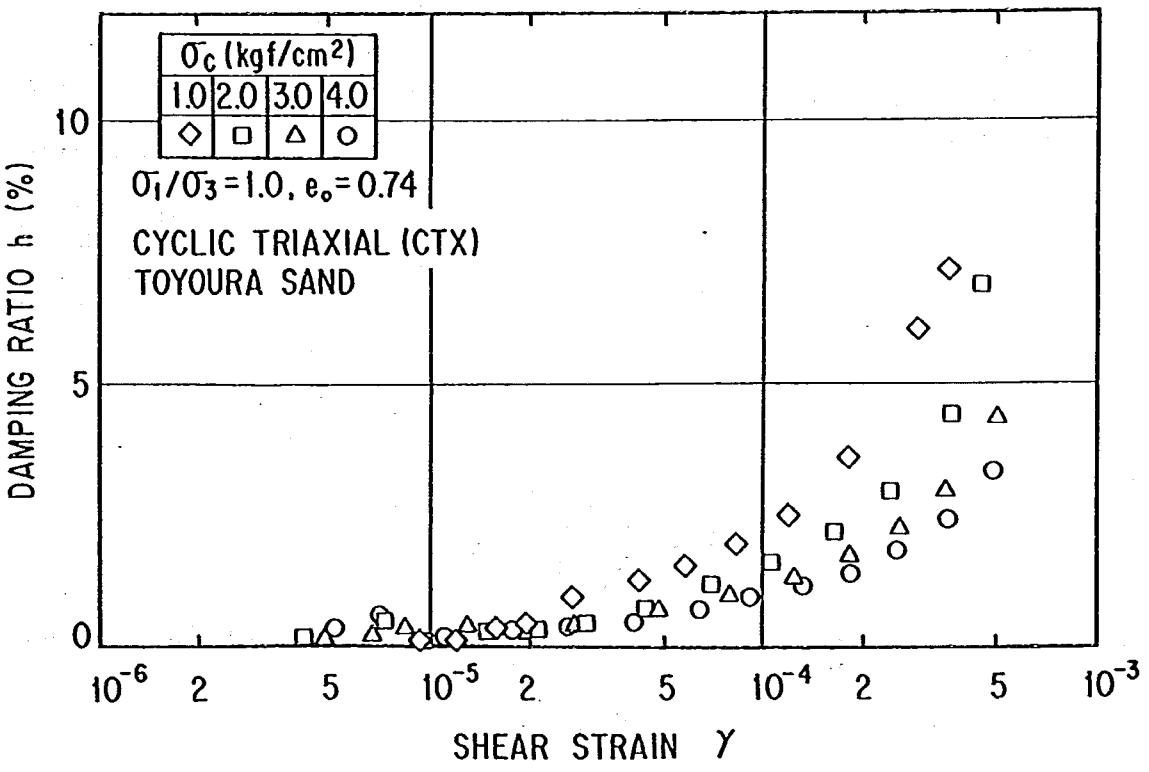


図-5.31　既往の研究におけるh～γの関係（豊浦標準砂）

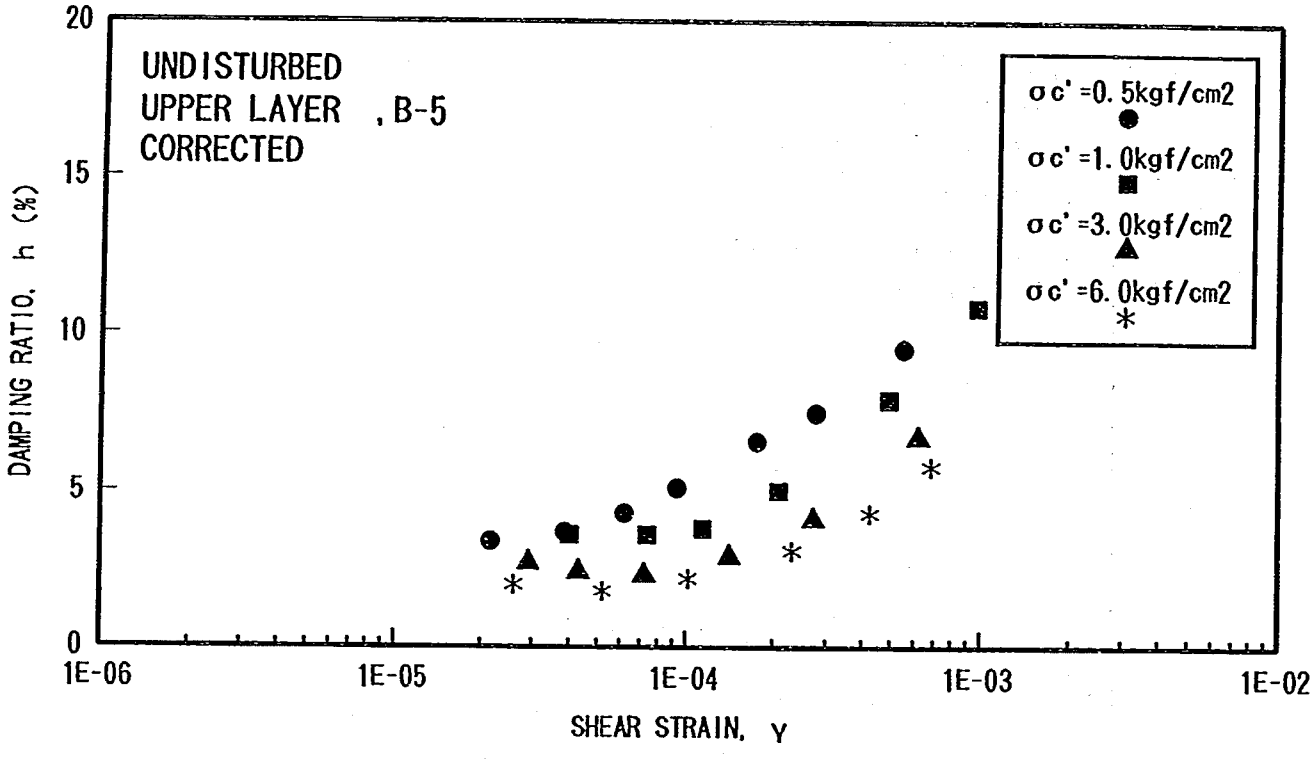


図-5.32(a)　補正後h～γ　(B－5)

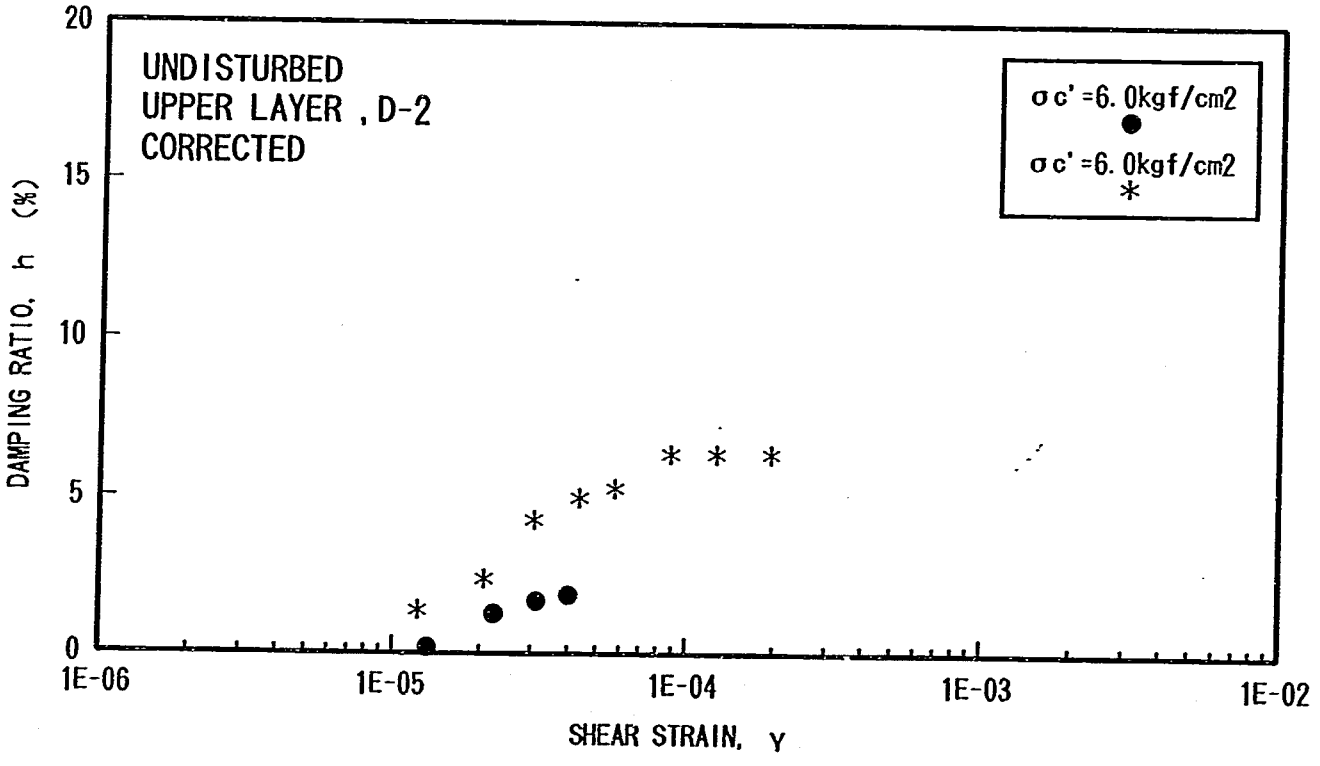


図-5.32(b)　補正後h～γ　(D－2)

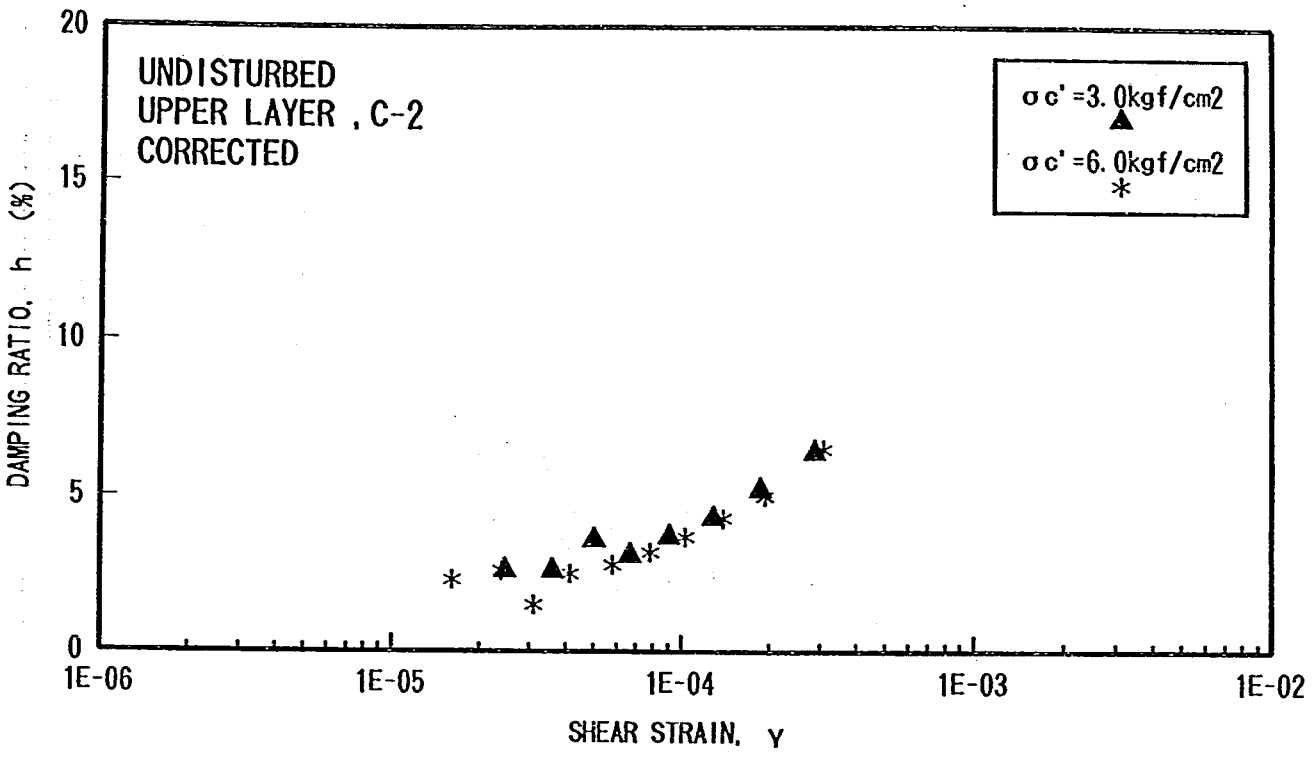


図-5.32(c) 補正後h～γ (C－2)

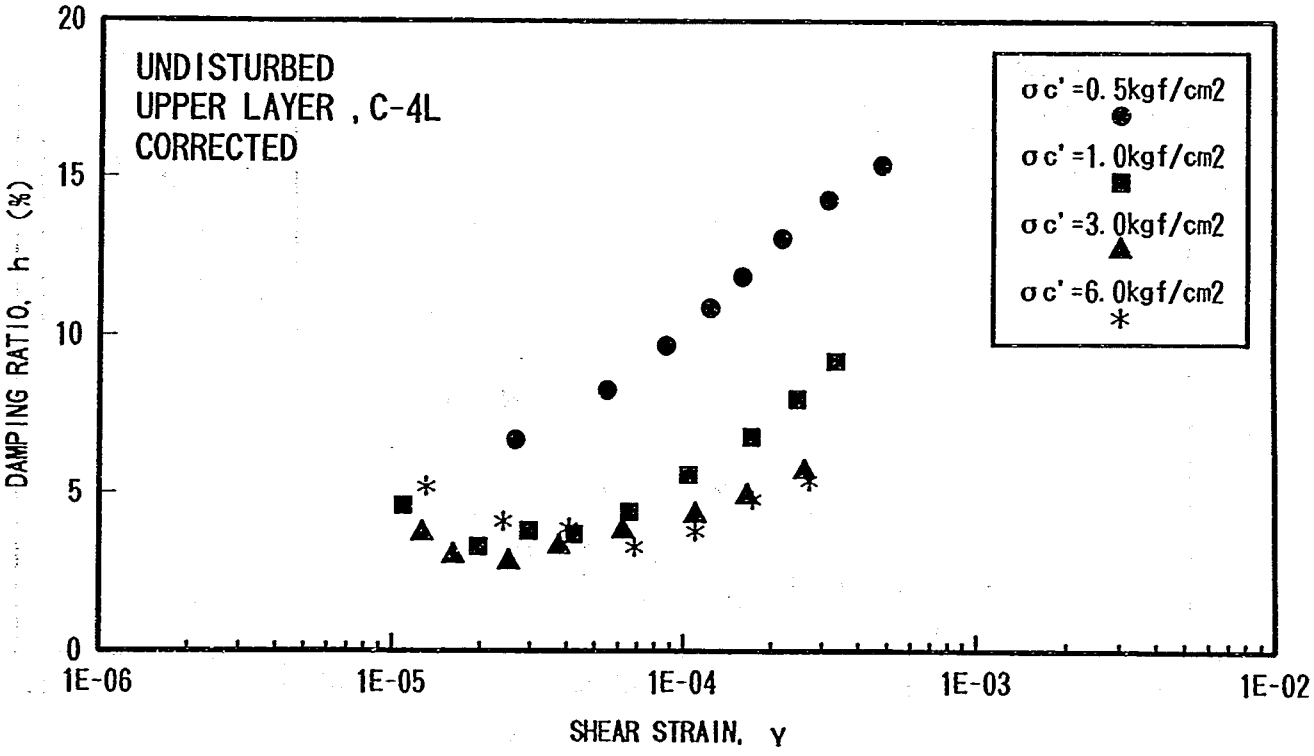


図-5.32(d) 補正後h～γ (C－4L)

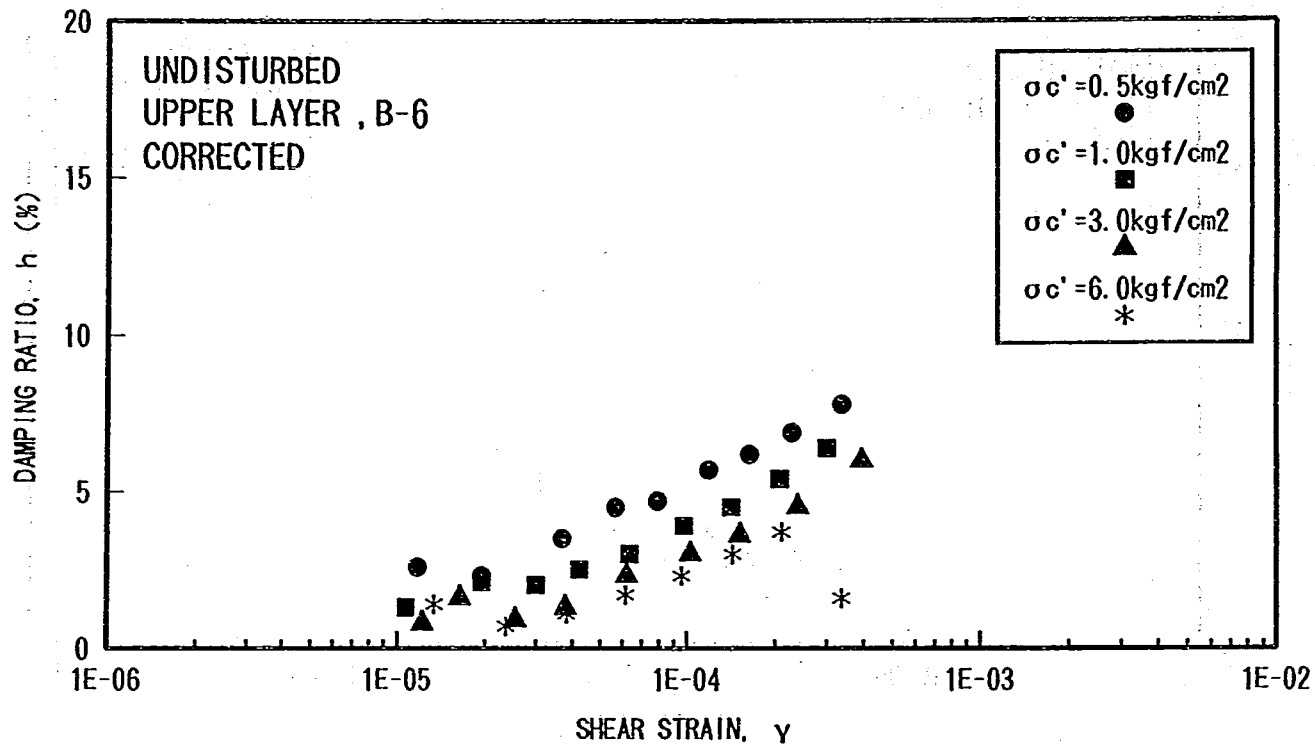


図-5.32(e) 補正後h～γ (B－6)

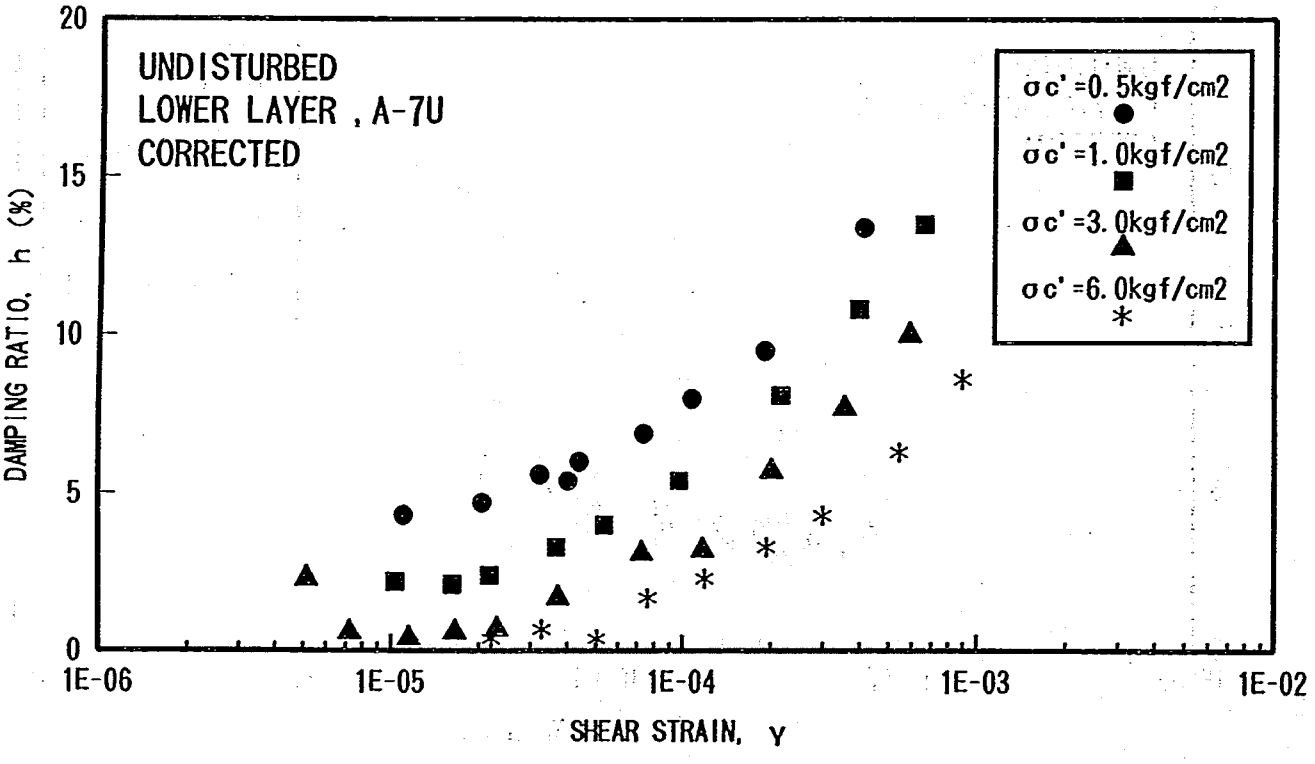


図-5.32(f) 補正後h～γ (A－7U)

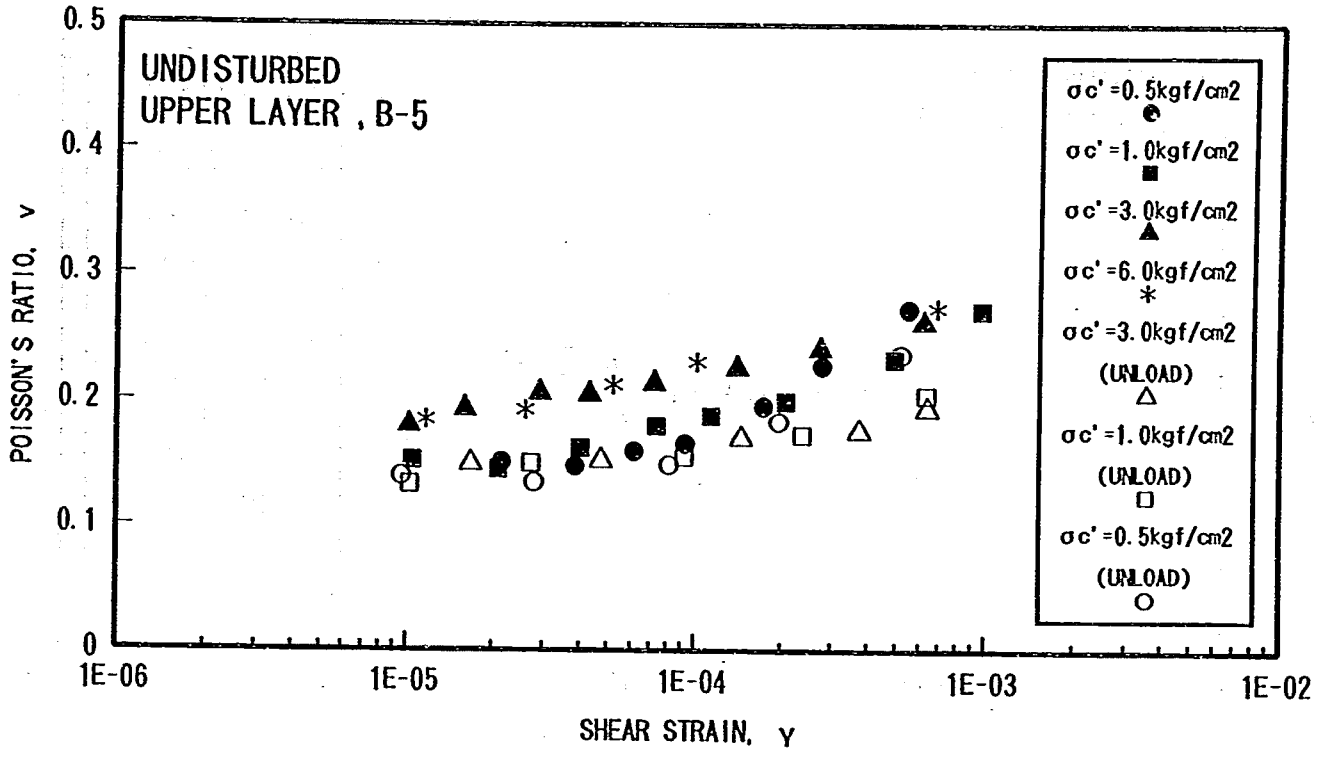


図-5.33(a)　ポアソン比とせん断ひずみの関係　(B−5)

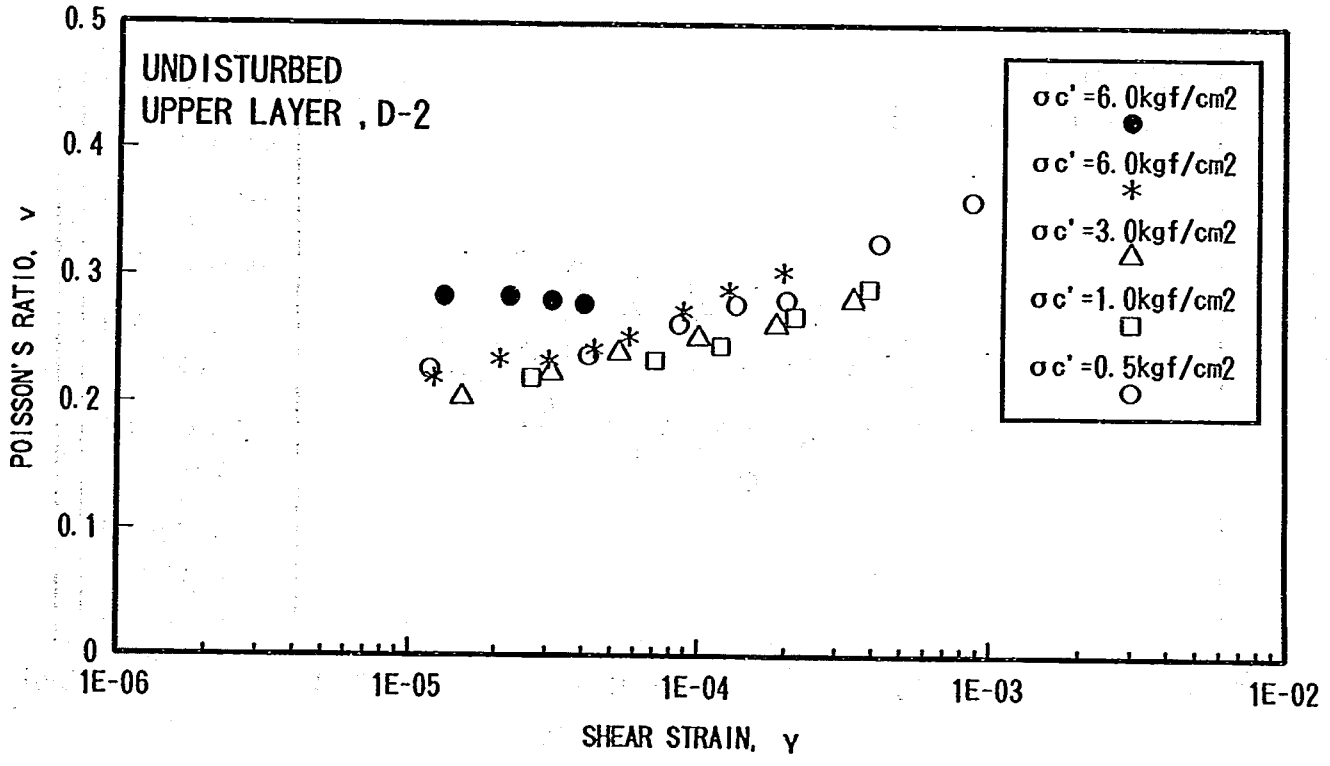


図-5.33(b)　ポアソン比とせん断ひずみの関係　(D−2)

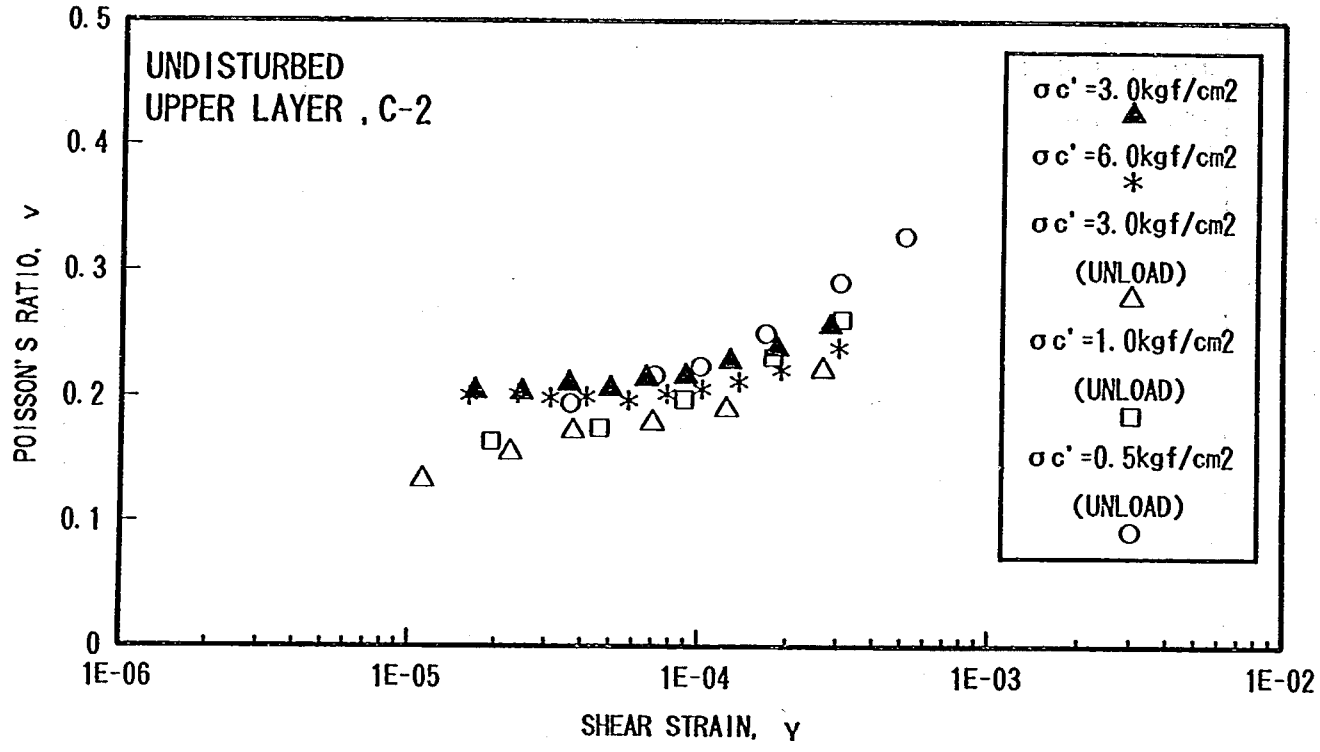


図-5.33(c)　ポアソン比とせん断ひずみの関係　(C−2)

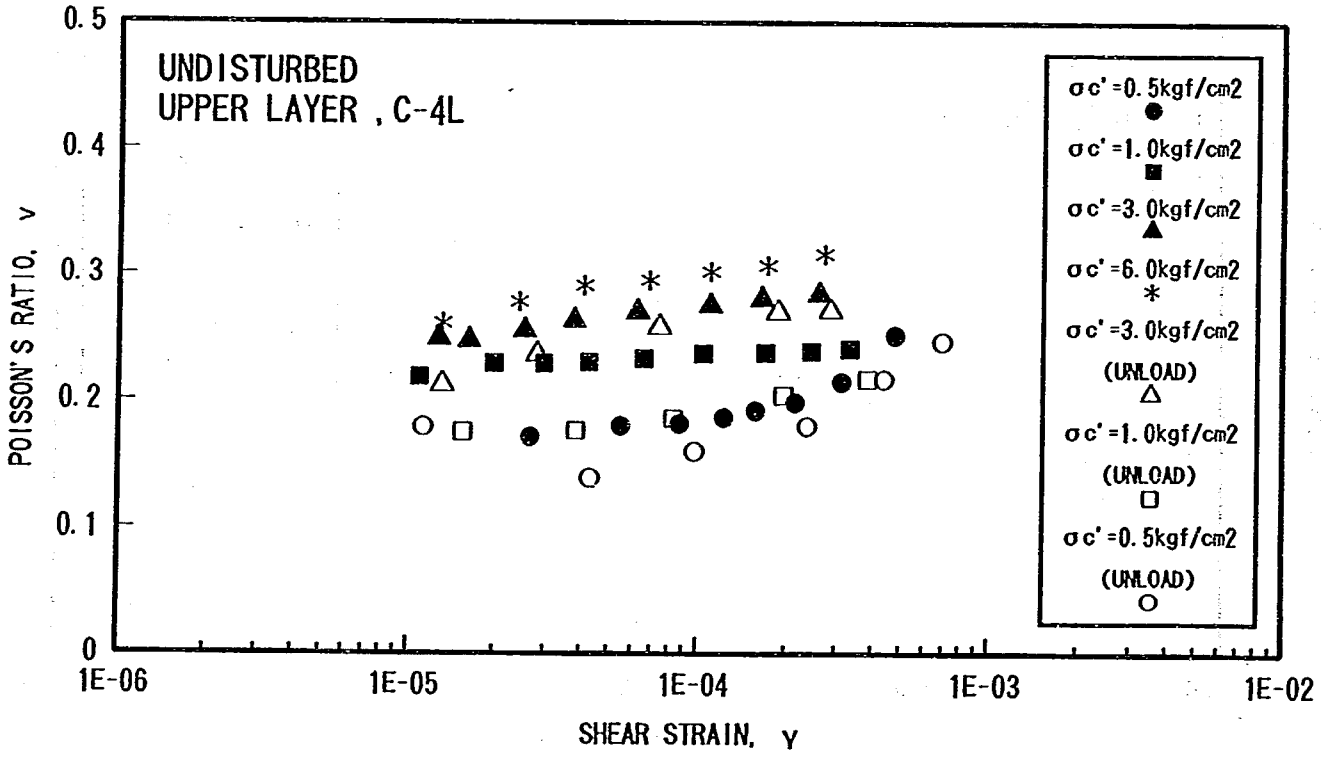


図-5.33(d)　ポアソン比とせん断ひずみの関係　(C−4L)

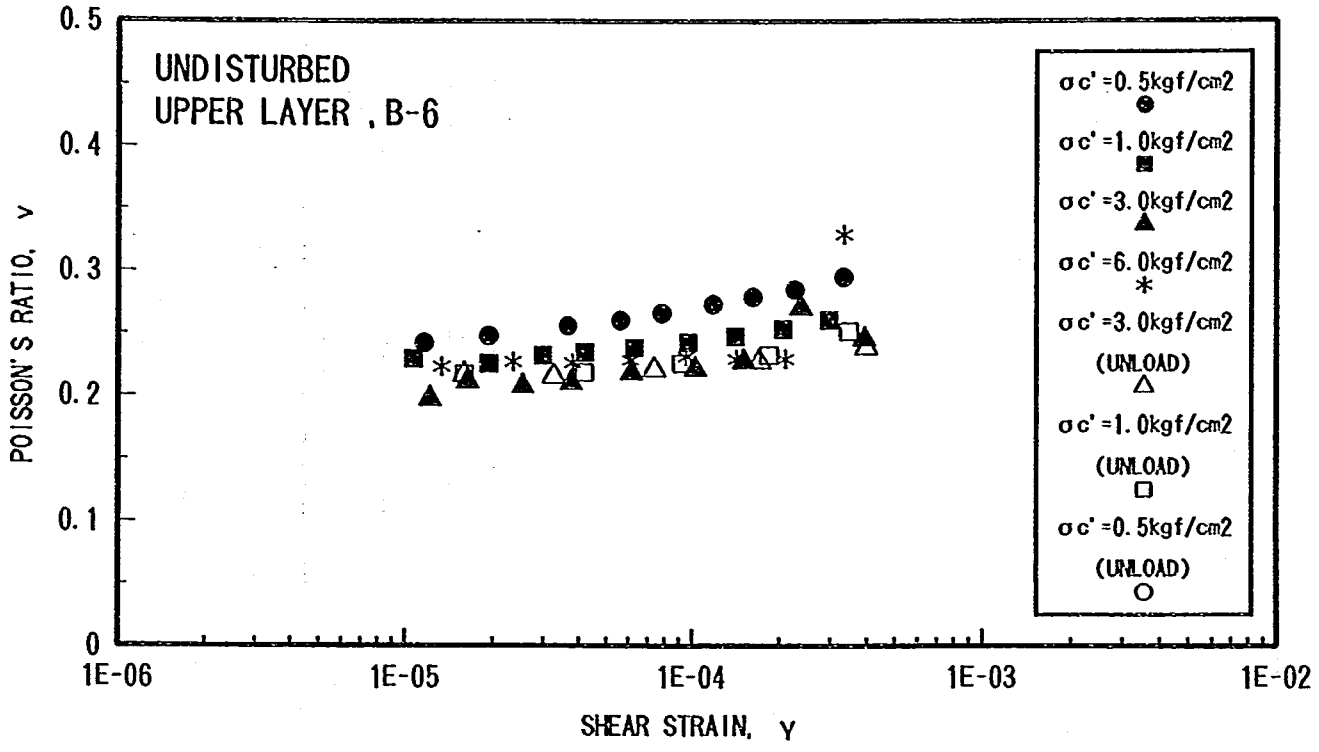


図-5.33(e)　ポアソン比とせん断ひずみの関係　(B−6)

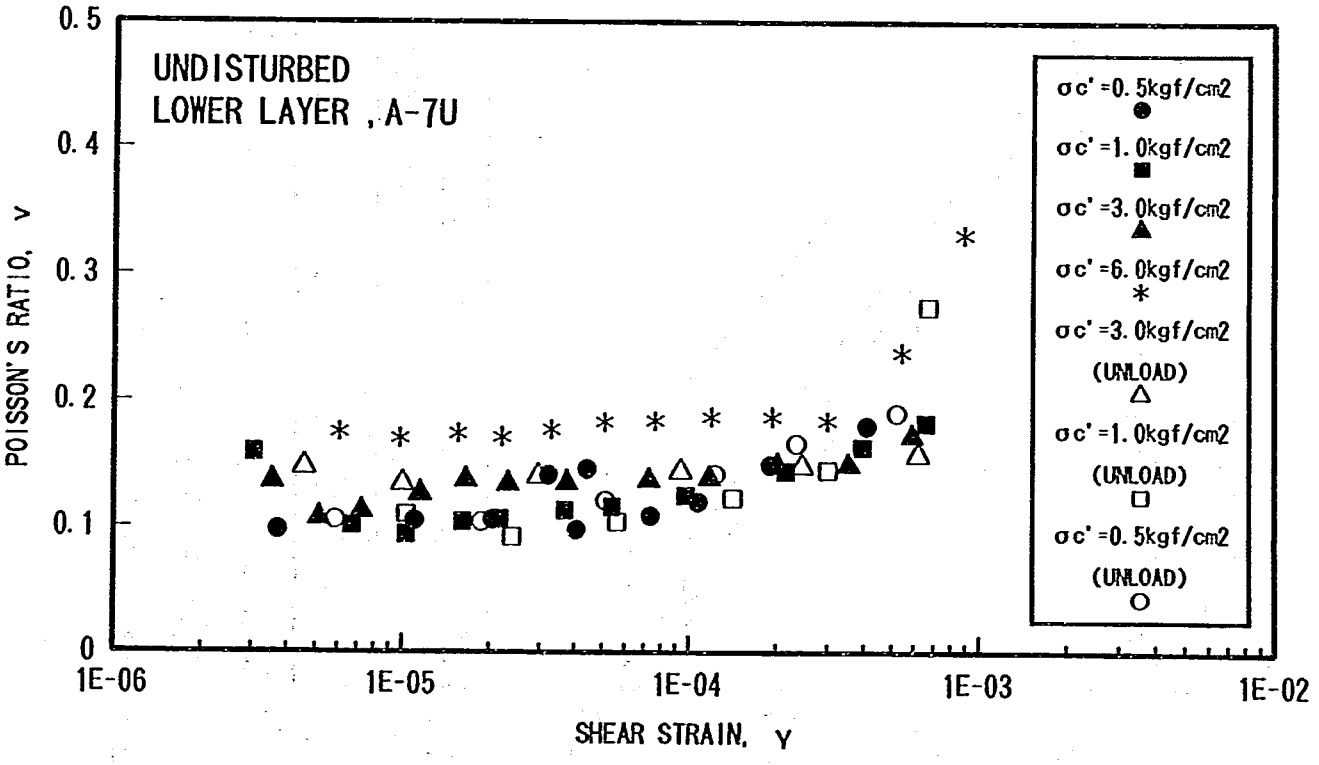


図-5.33(f)　ポアソン比とせん断ひずみの関係　(A−7U)

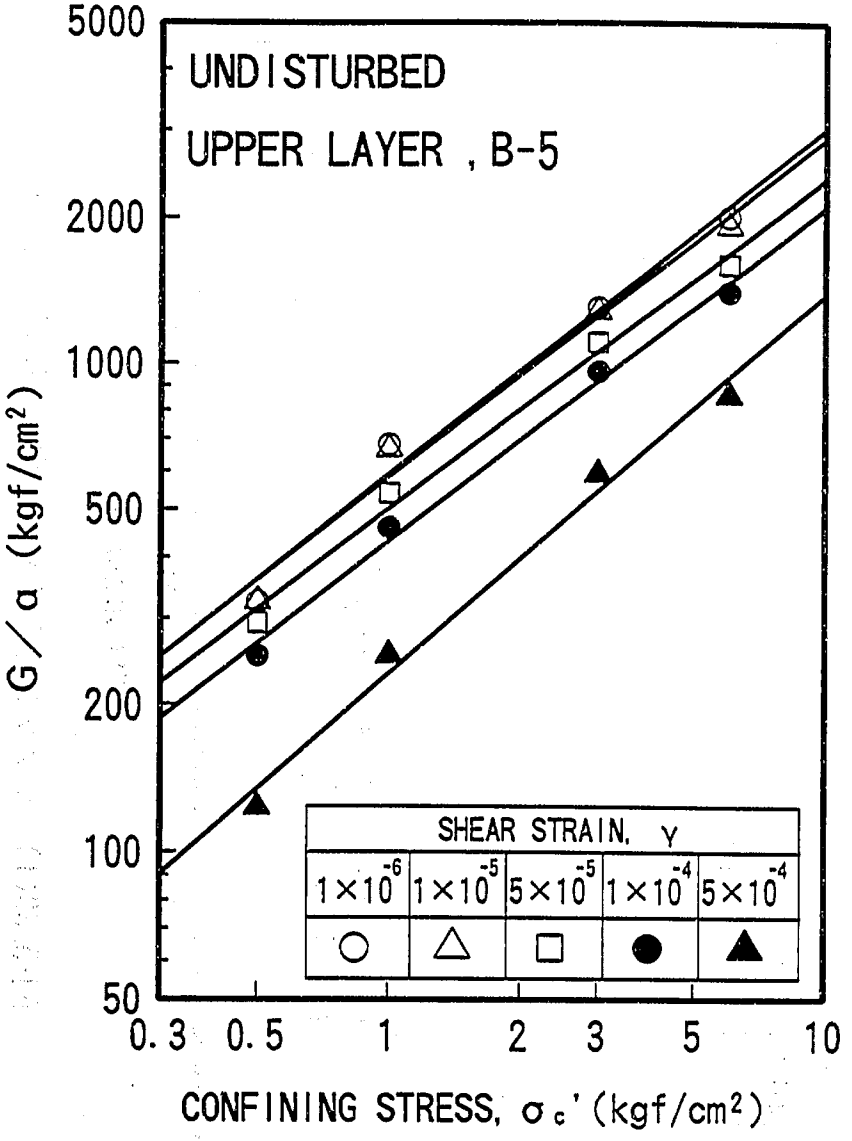


図-5.34(a)　せん断剛性率と拘束圧との関係　(B-5)

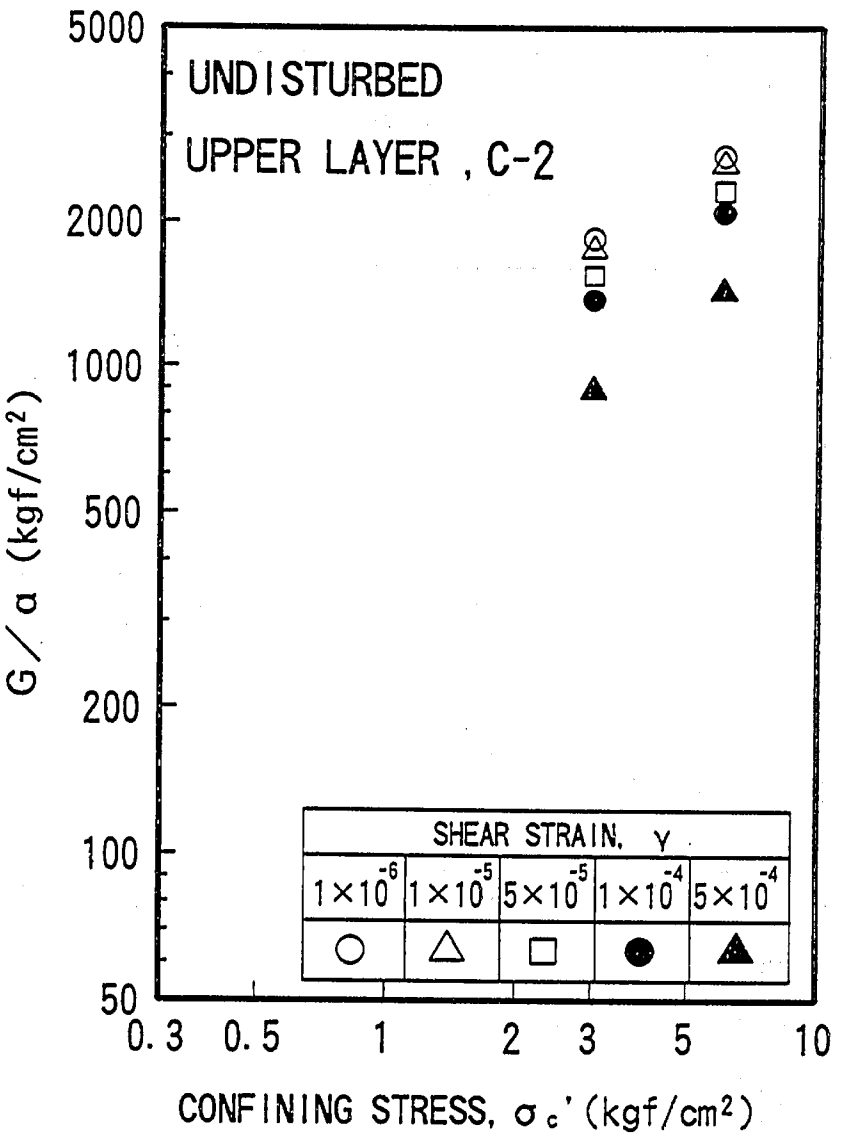


図-5.34(b)　せん断剛性率と拘束圧との関係　(C-2)

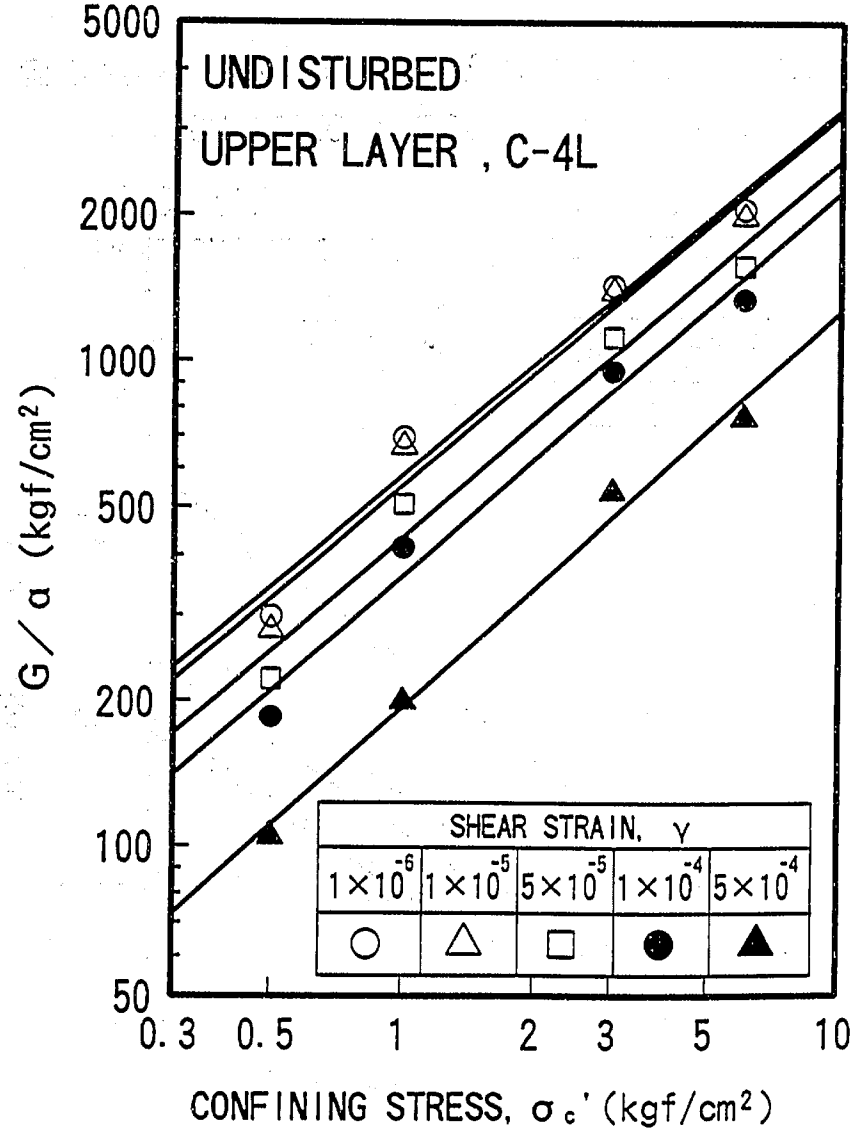


図-5.34(c)　せん断剛性率と拘束圧との関係　(C−4L)

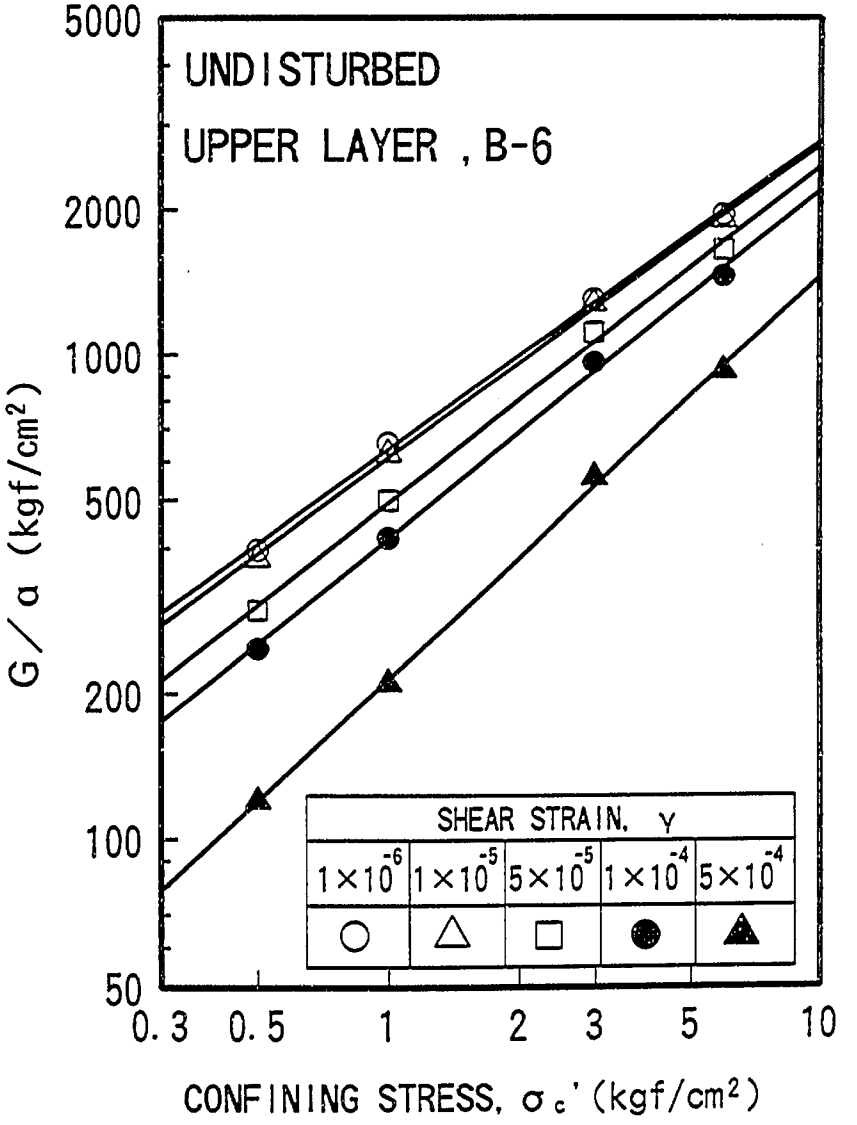


図-5.34(d)　せん断剛性率と拘束圧との関係　(B−6)

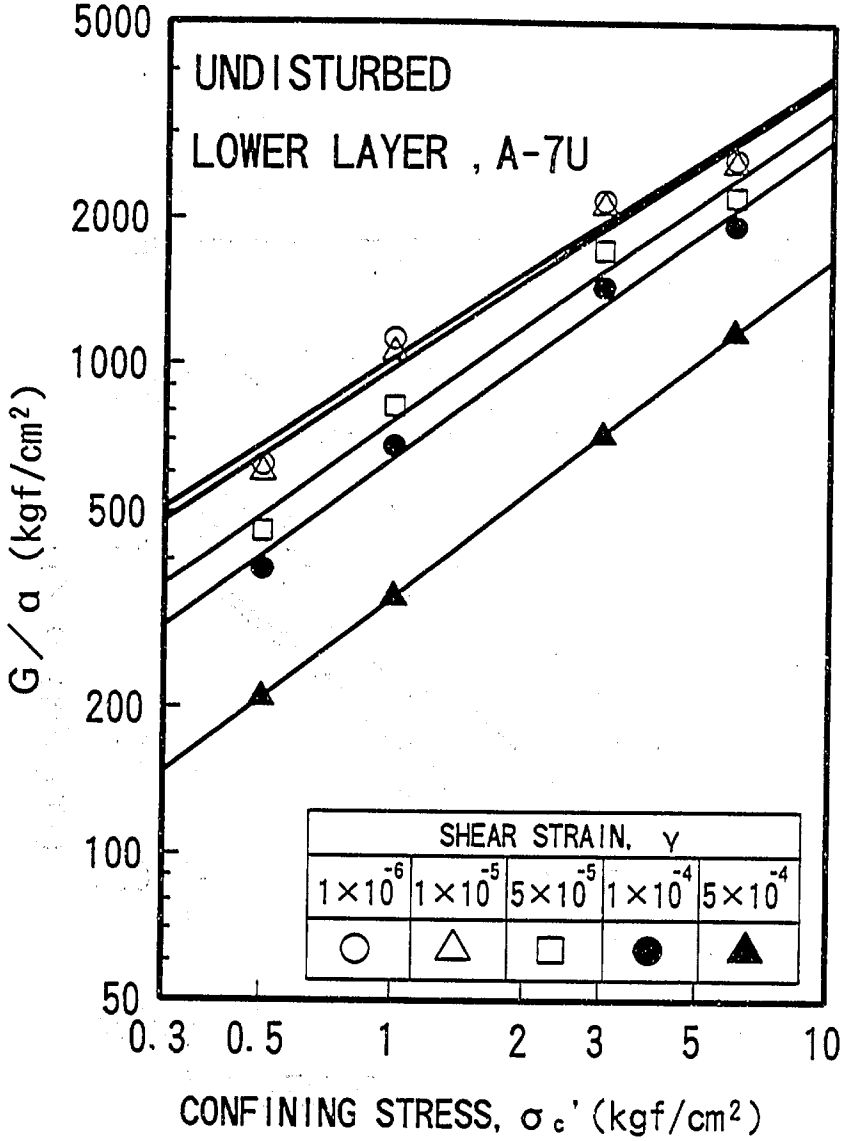


図-5.34(e)　せん断剛性率と拘束圧との関係　(A-7U)

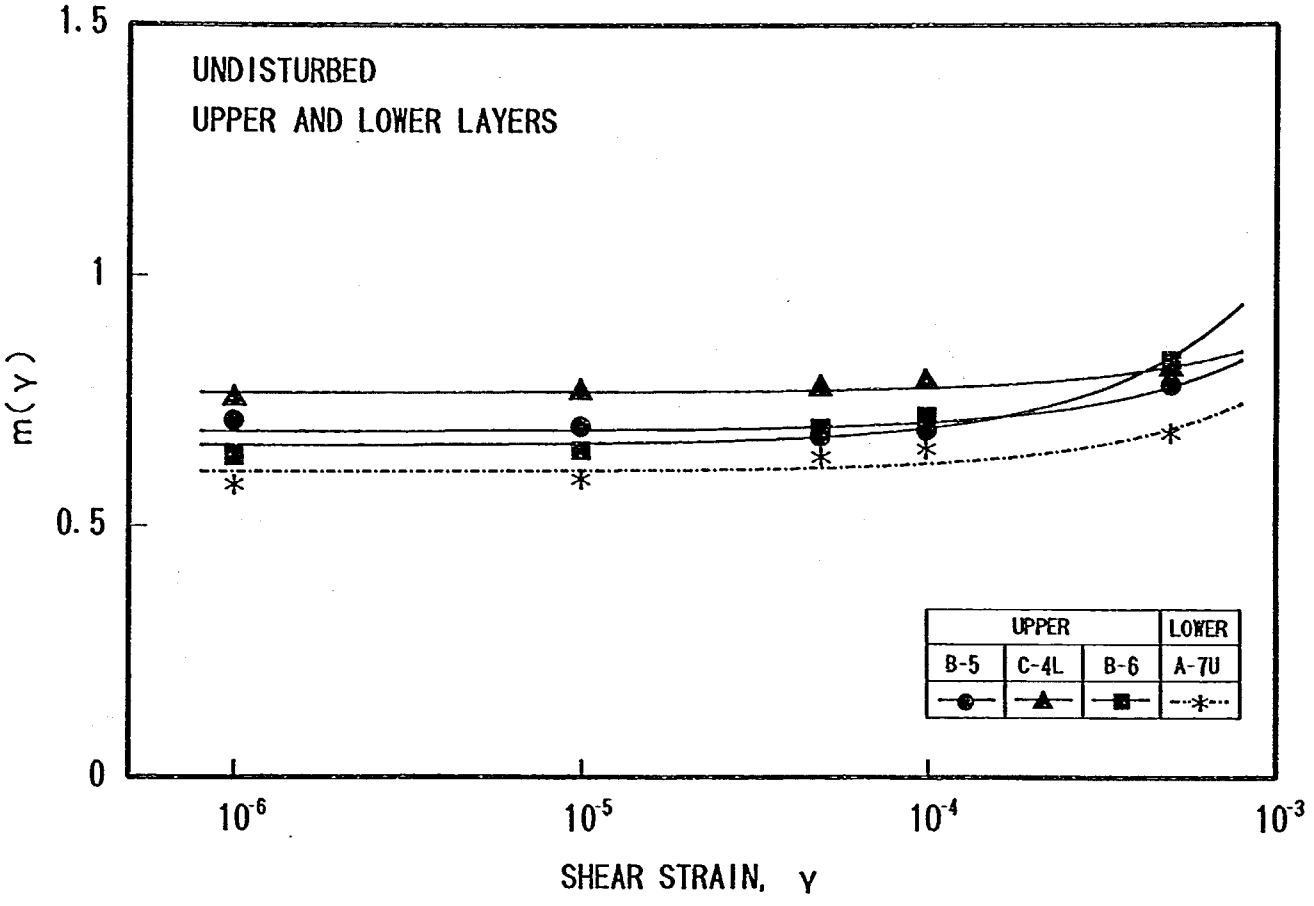


図-5.35　m（γ）とせん断ひずみとの関係

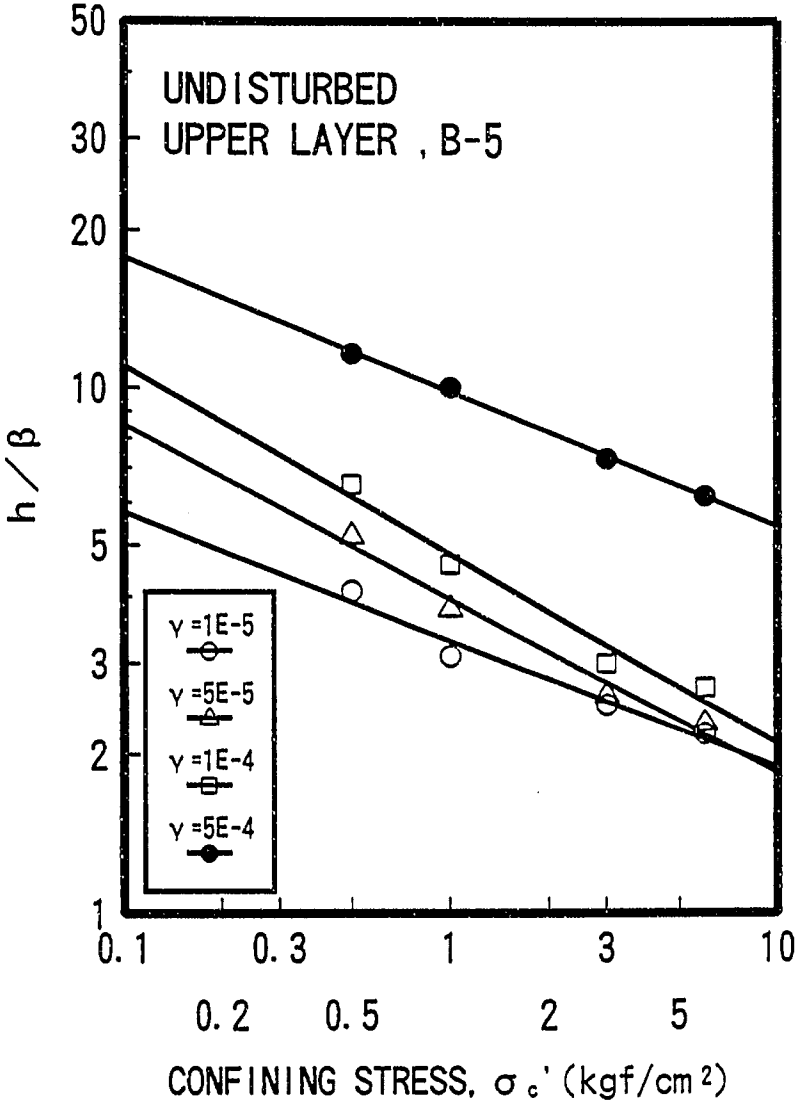


図-5.36(a)　減衰定数と拘束圧との関係　(B-5)

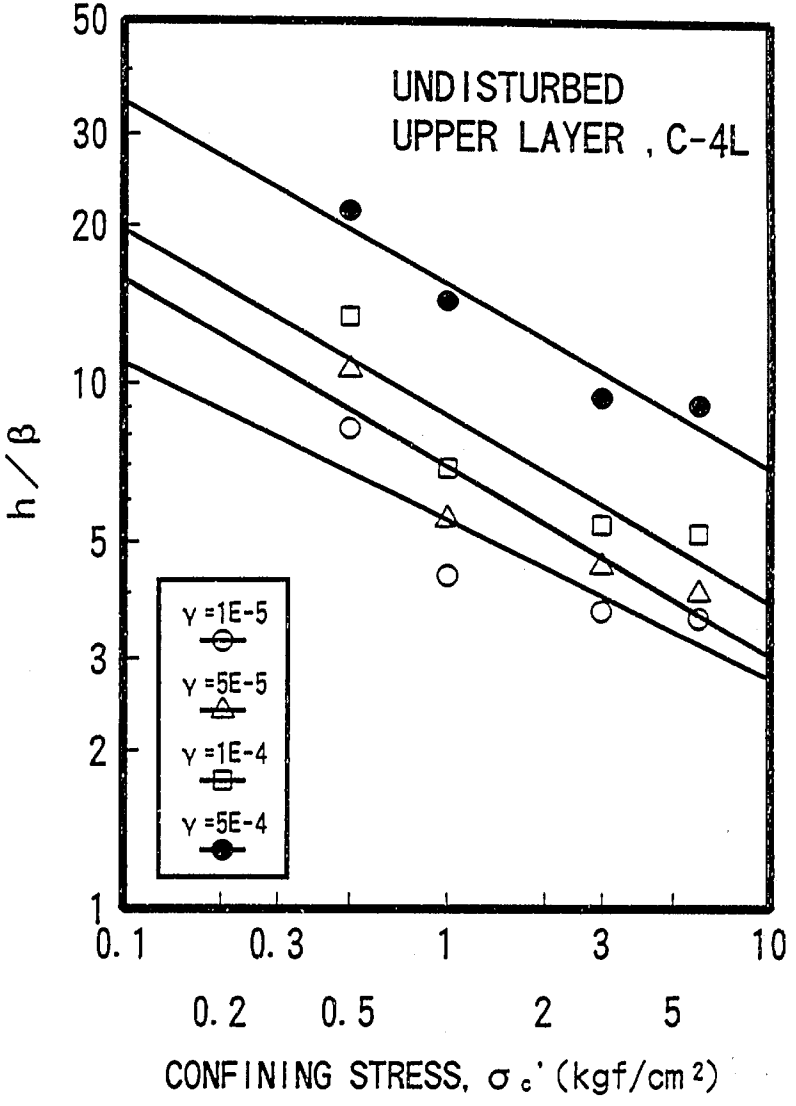


図-5.36(b)　減衰定数と拘束圧との関係　(C-4L)

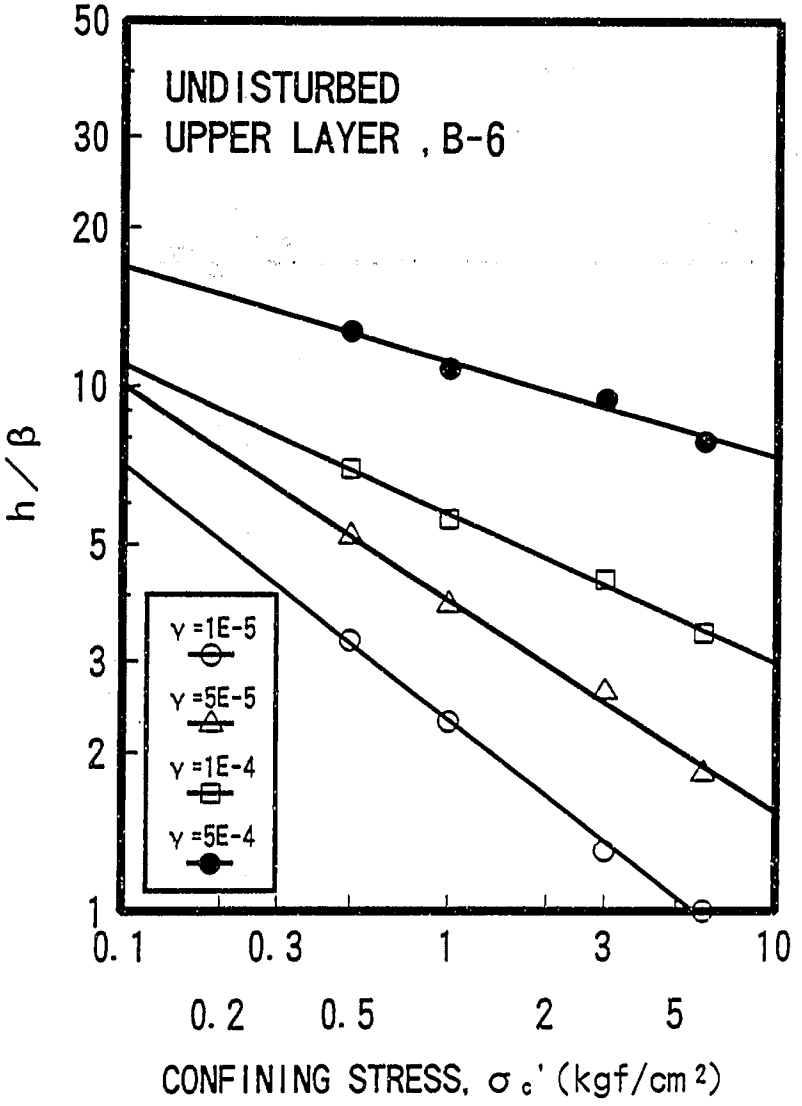


図-5.36(c)　減衰定数と拘束圧との関係　(B−6)

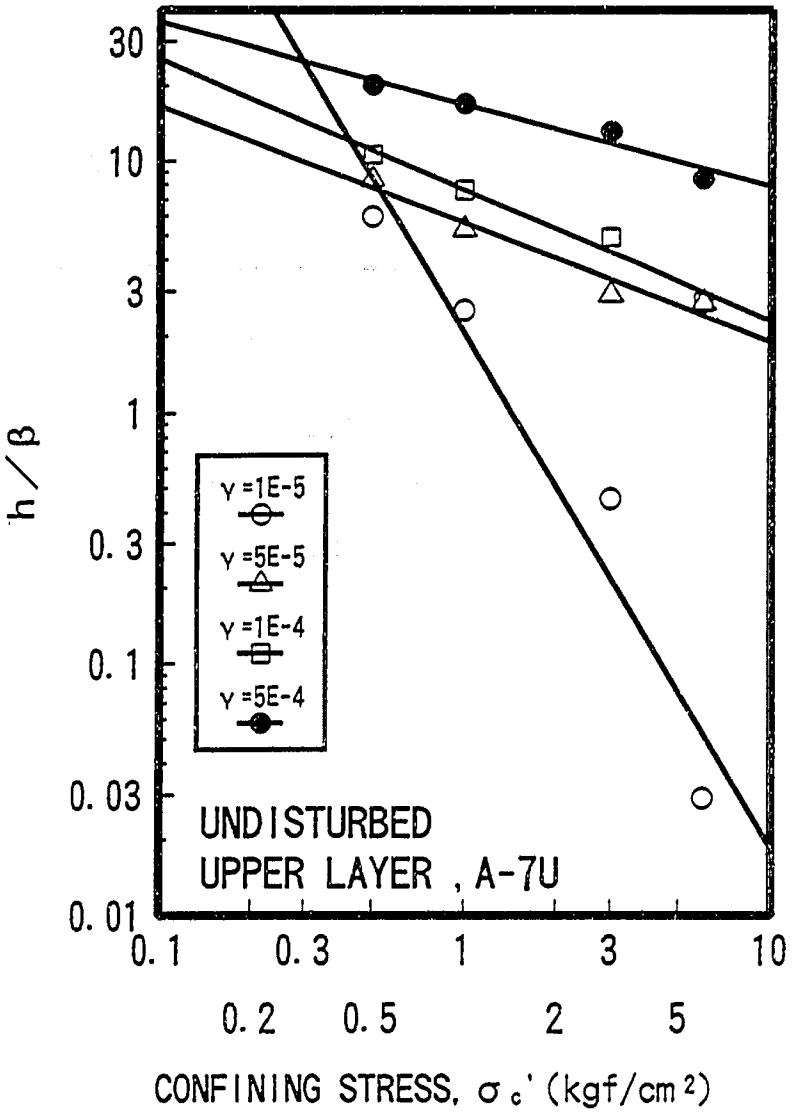


図-5.36(d)　減衰定数と拘束圧との関係　(A−7U)

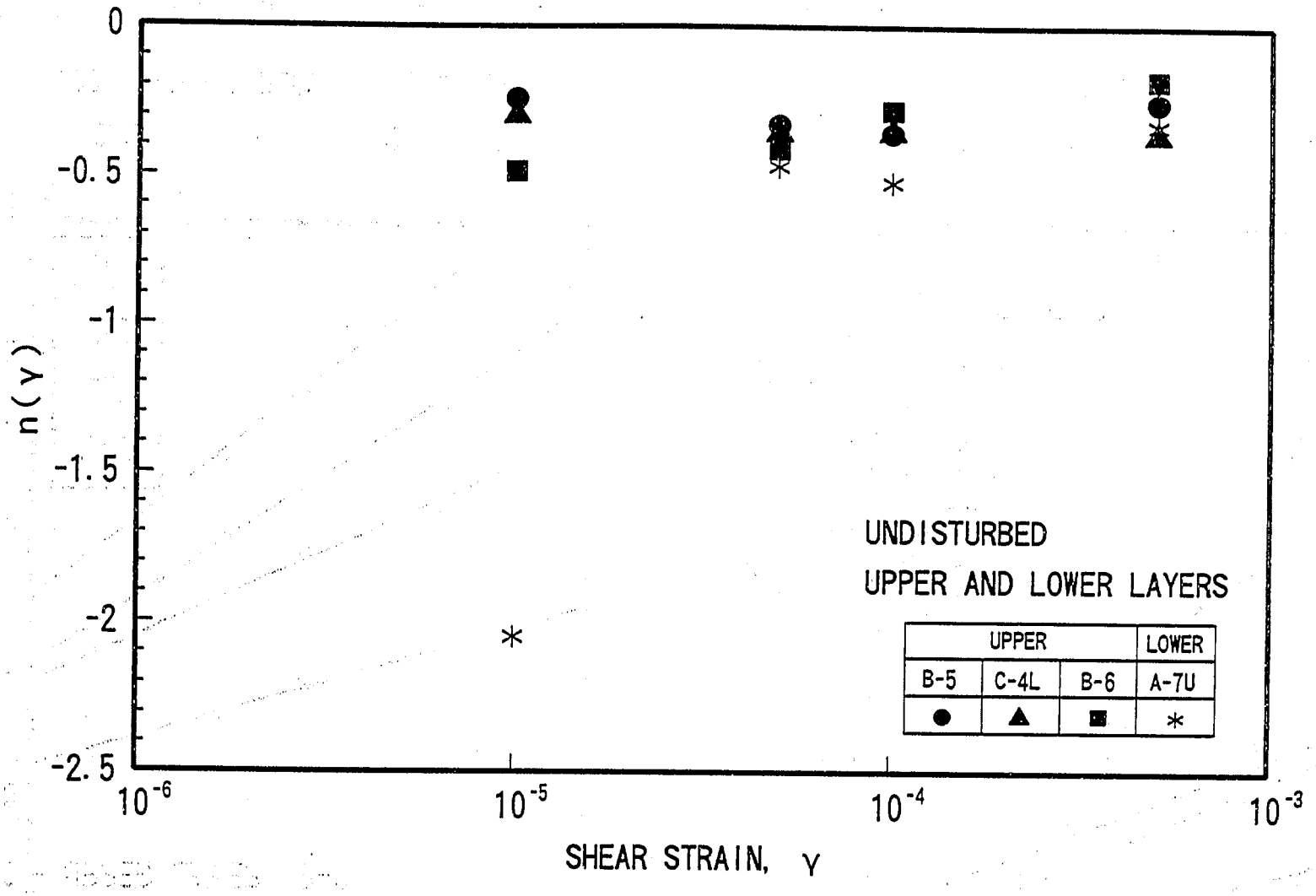


図-5.37　n（γ）とせん断ひずみとの関係

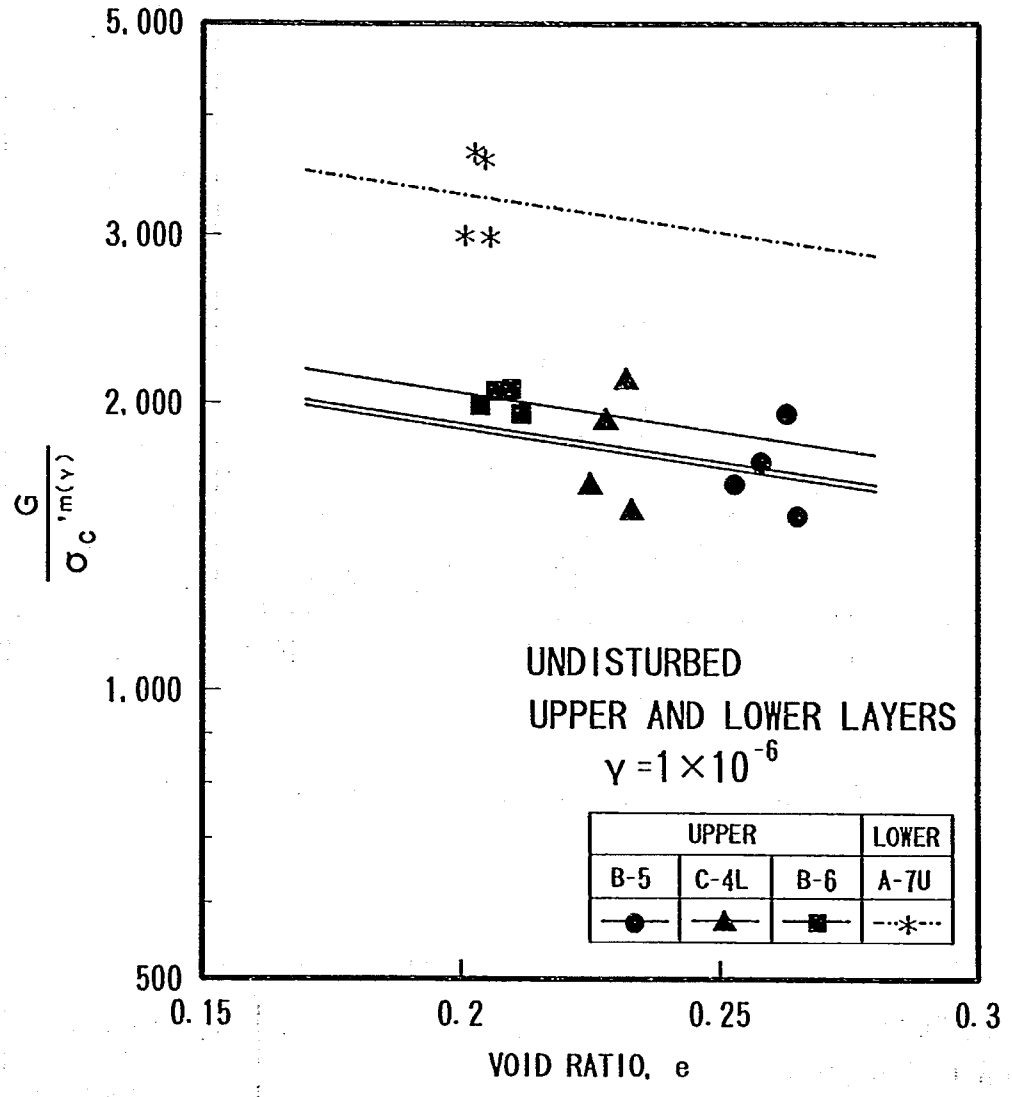


図-5.38　せん断剛性率と間隙比との関係

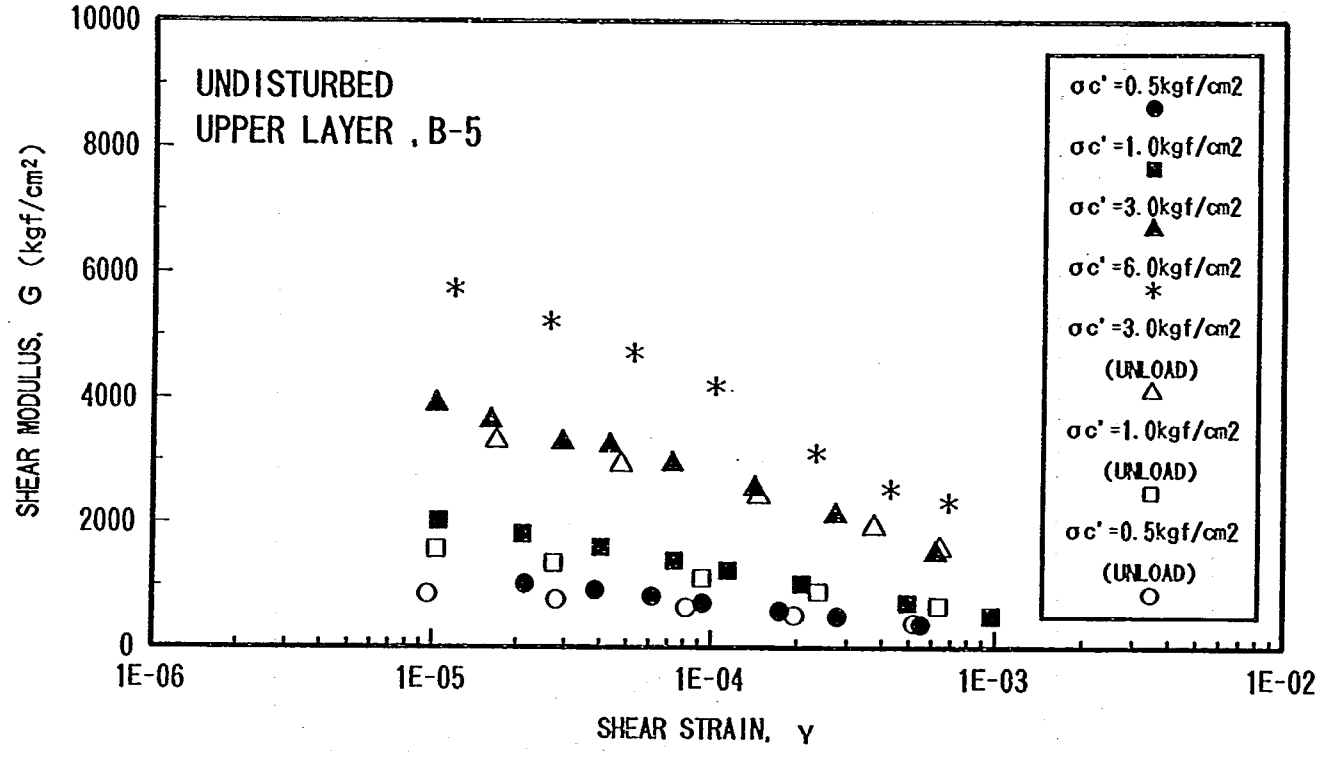


図-5.39(a)　履歴の影響G～γ　(B−5)

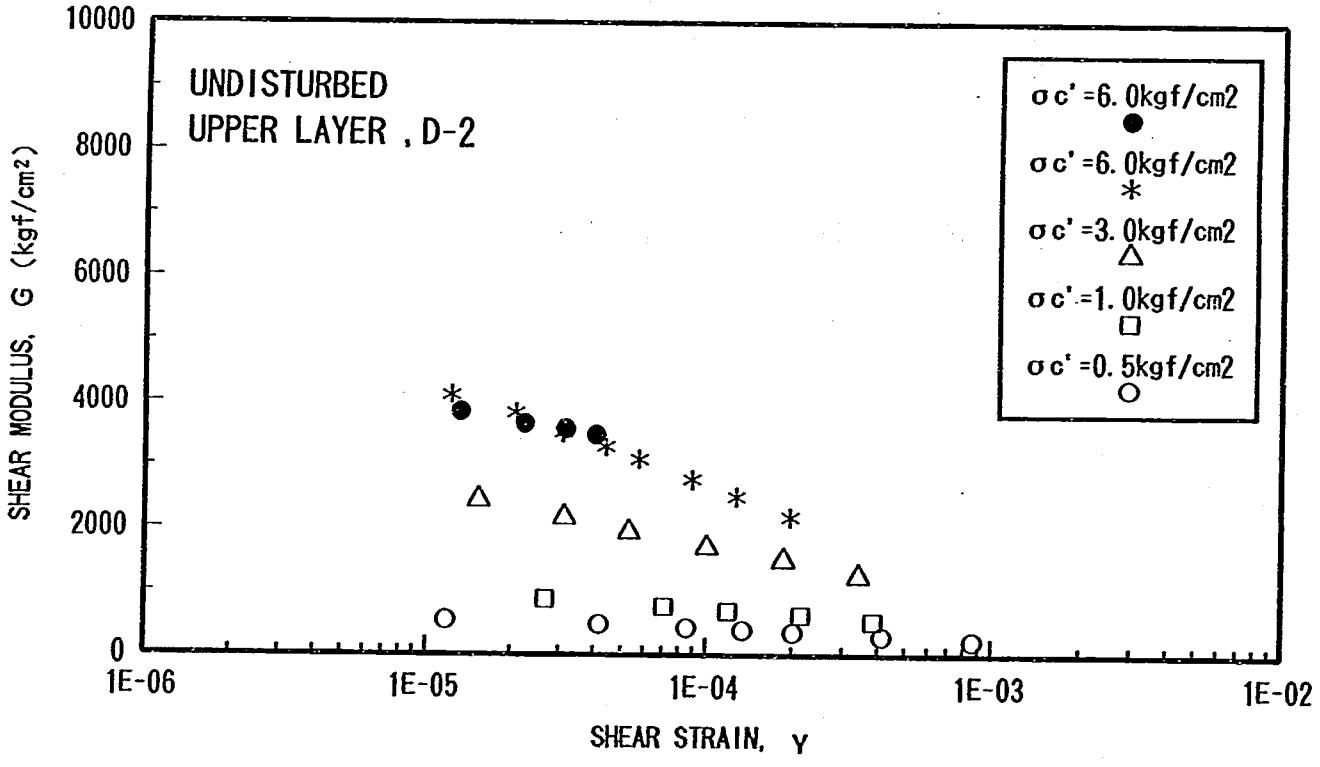


図-5.39(b)　履歴の影響G～γ　(D−2)

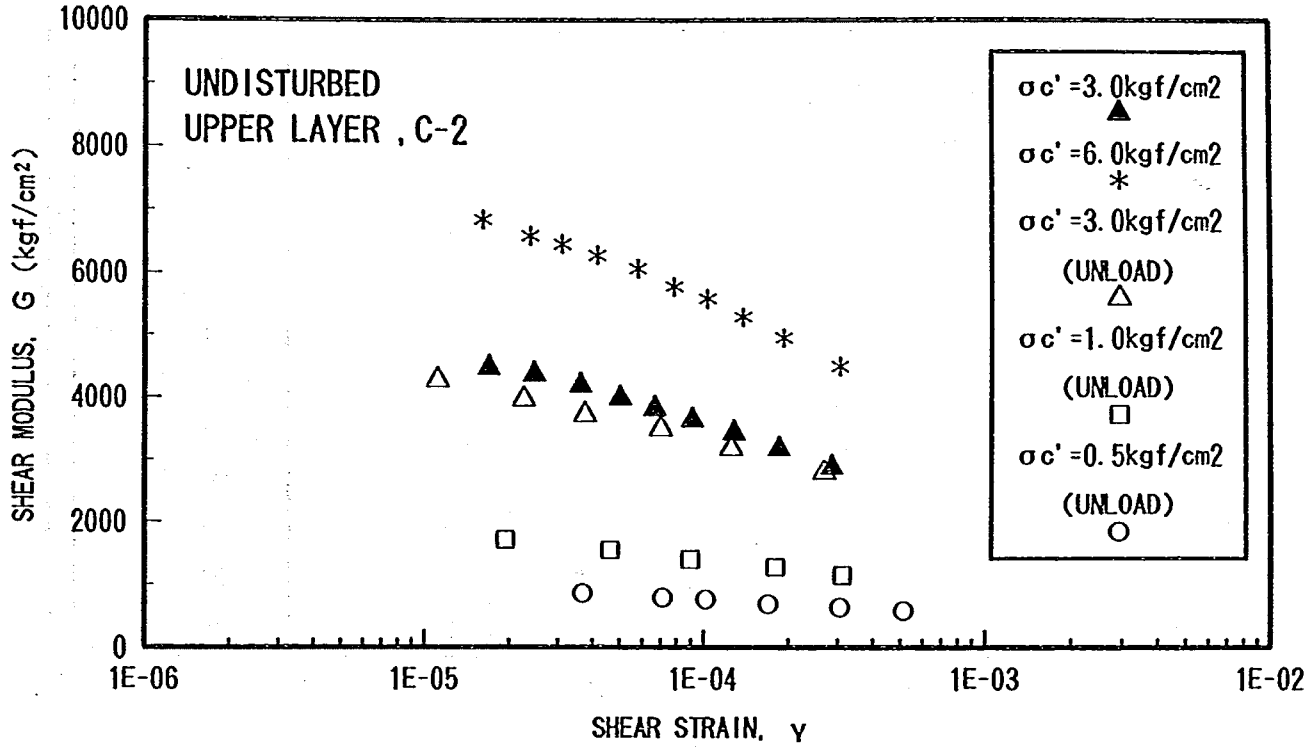


図-5.39(c)　履歴の影響G～γ　(C-2)

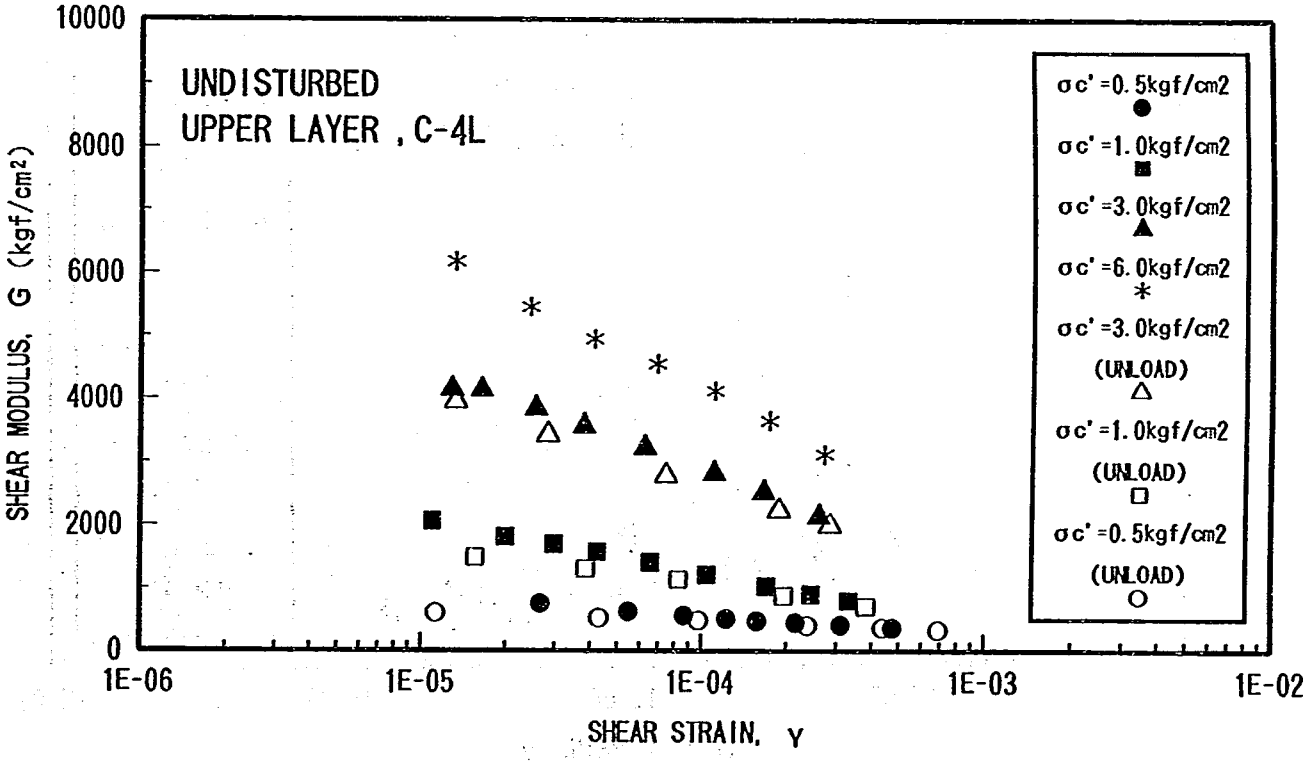


図-5.39(d)　履歴の影響G～γ　(C-4L)

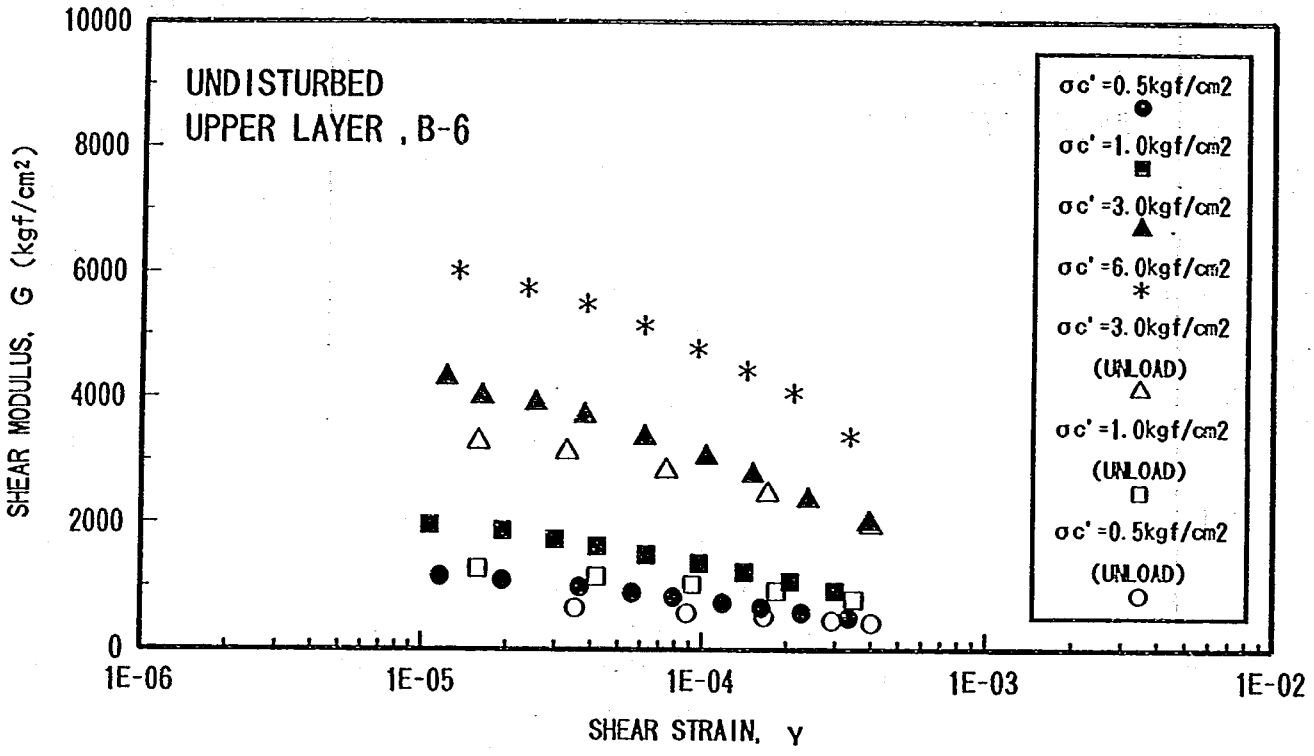


図-5.39(e)　履歴の影響G～γ　(B−6)

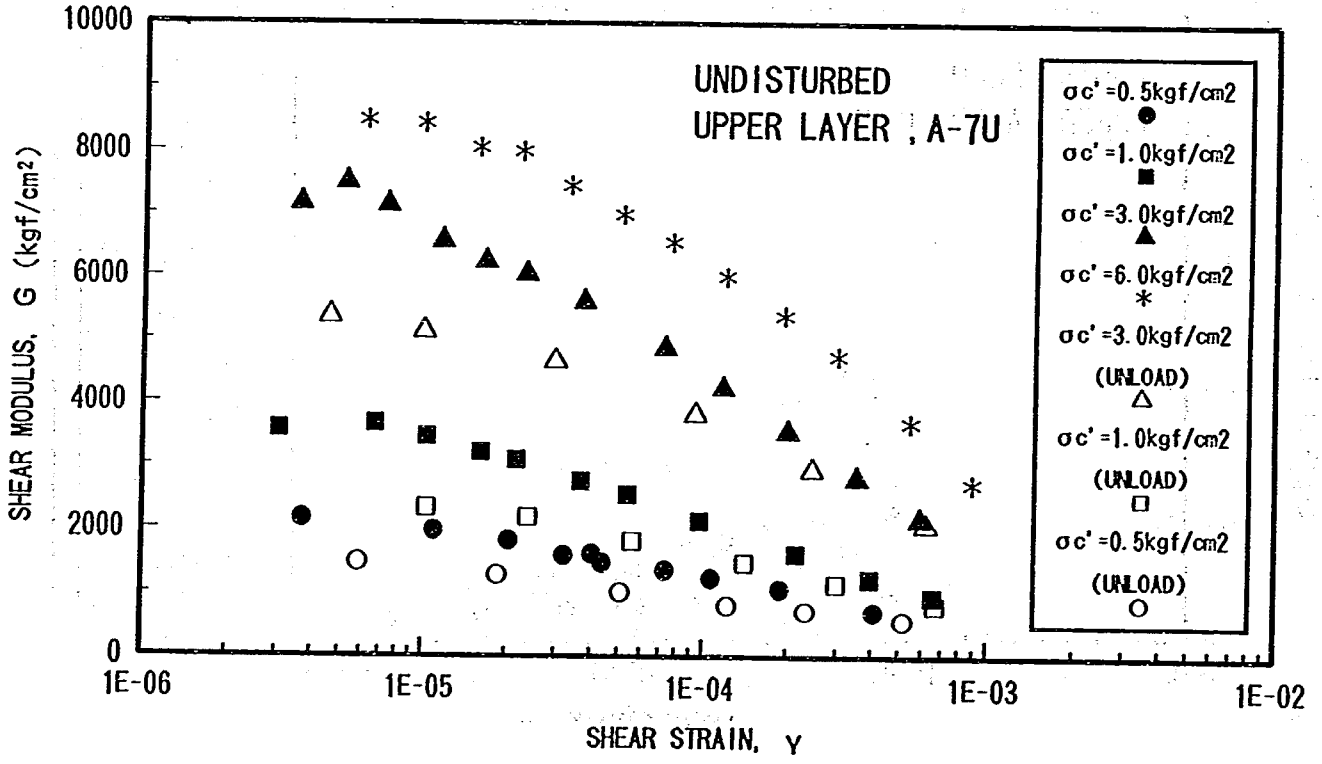


図-5.39(f)　履歴の影響G～γ　(A−7U)

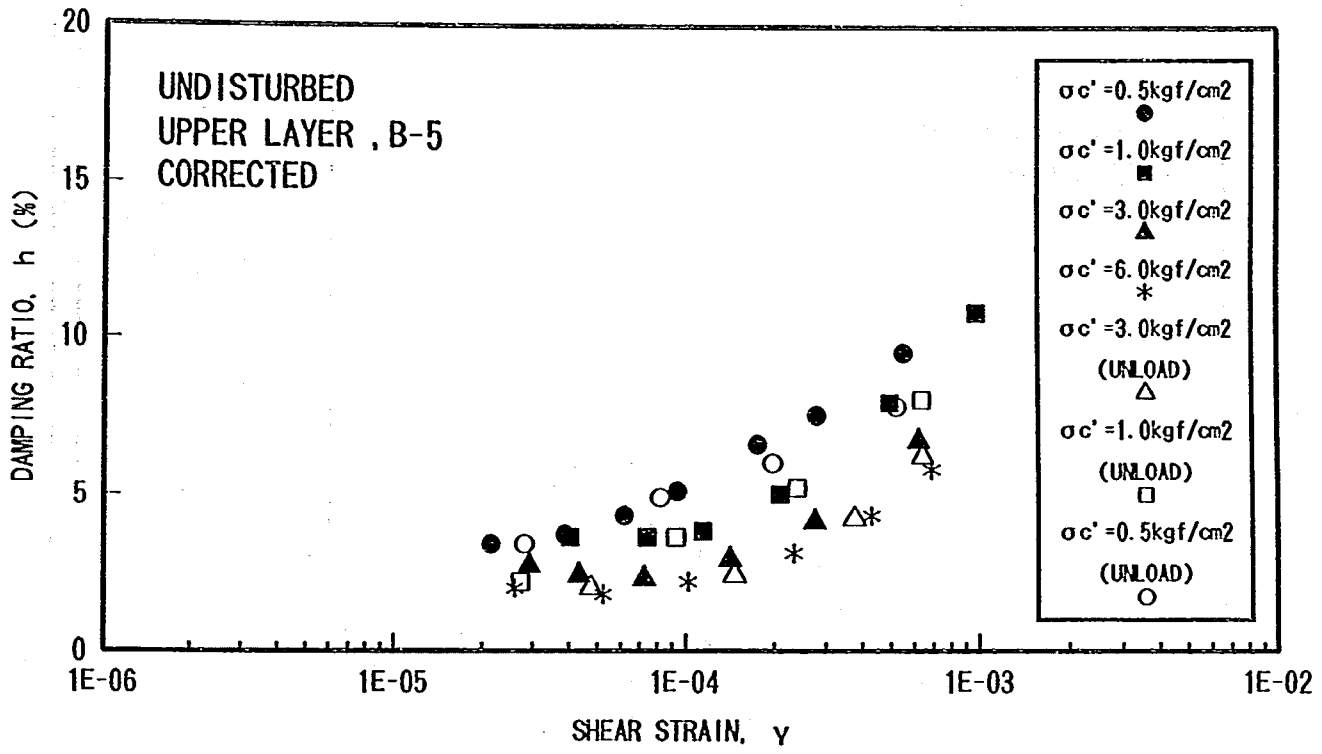


図-5.40(a)　履歴の影響h～γ　(B－5)

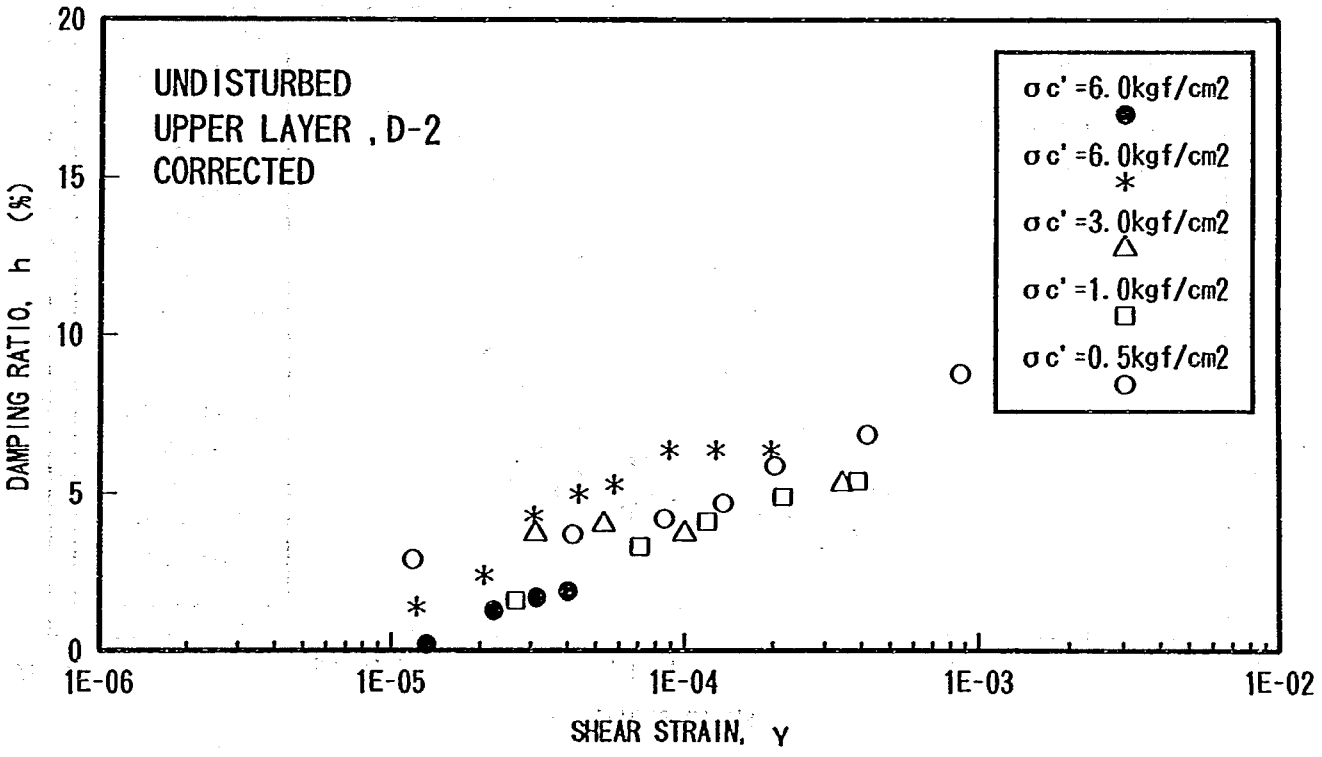


図-5.40(b)　履歴の影響h～γ　(D－2)

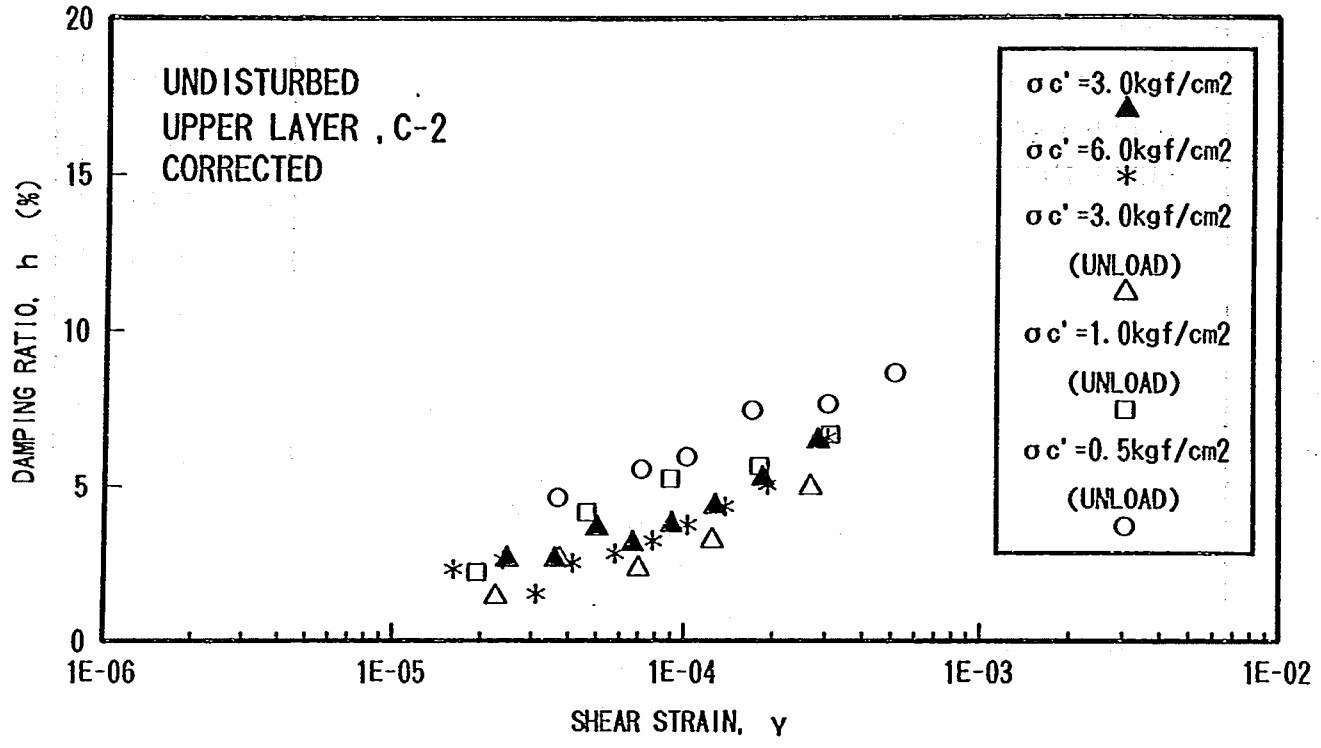


図-5.40(c)　履歴の影響h～γ　(C－2)

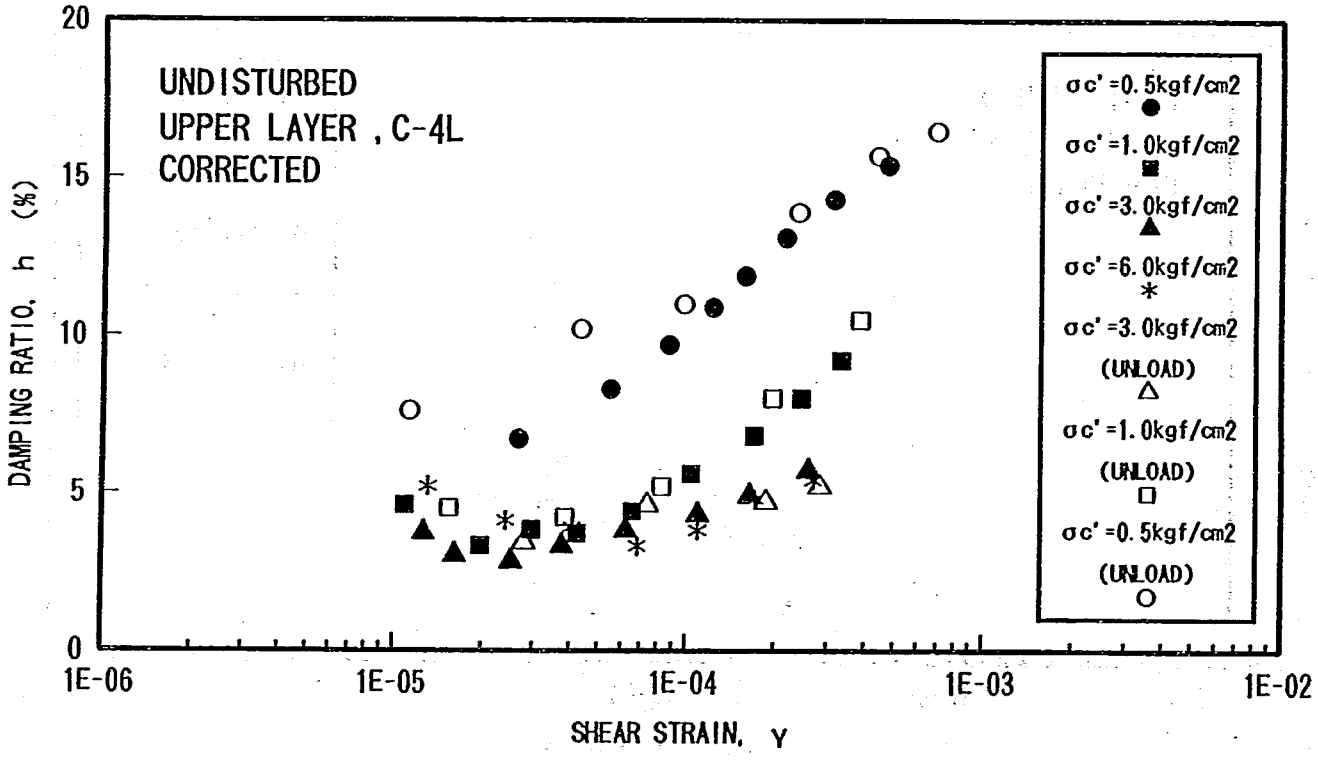


図-5.40(d)　履歴の影響h～γ　(C－4L)

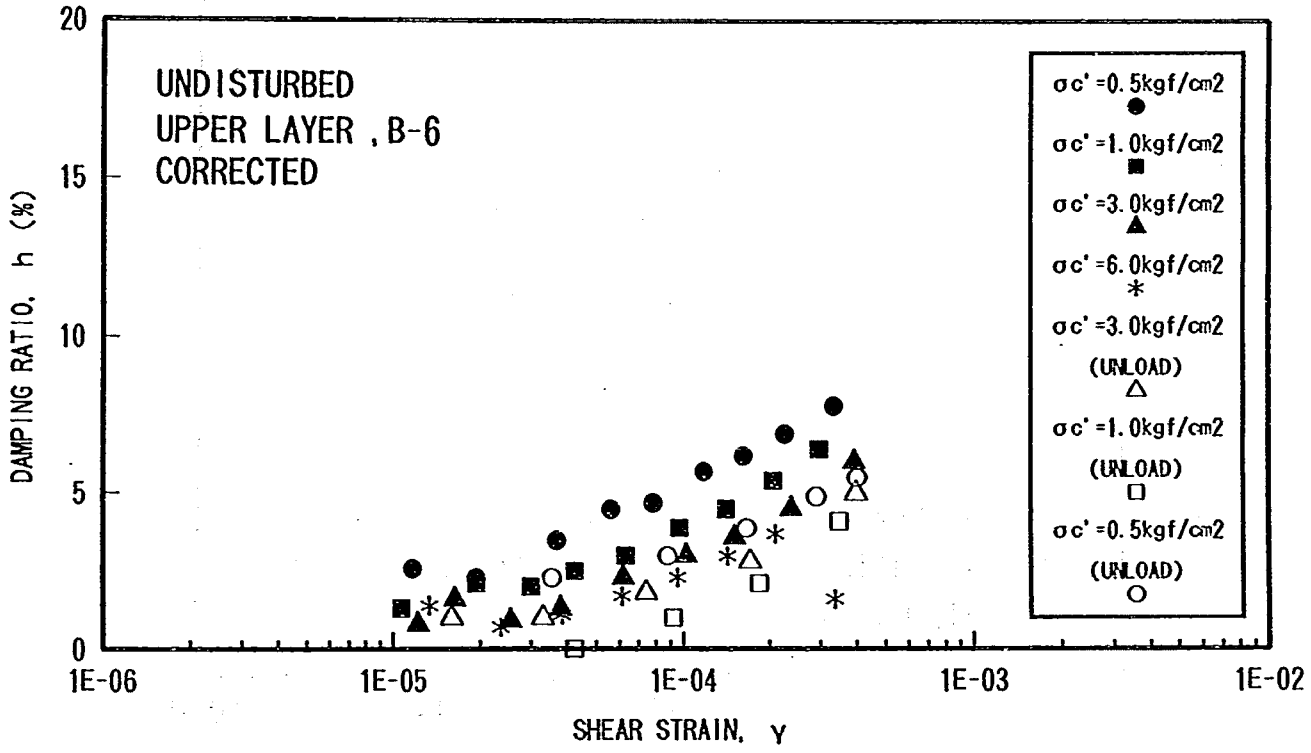


図-5.40(e)　履歴の影響h～γ　(B−6)

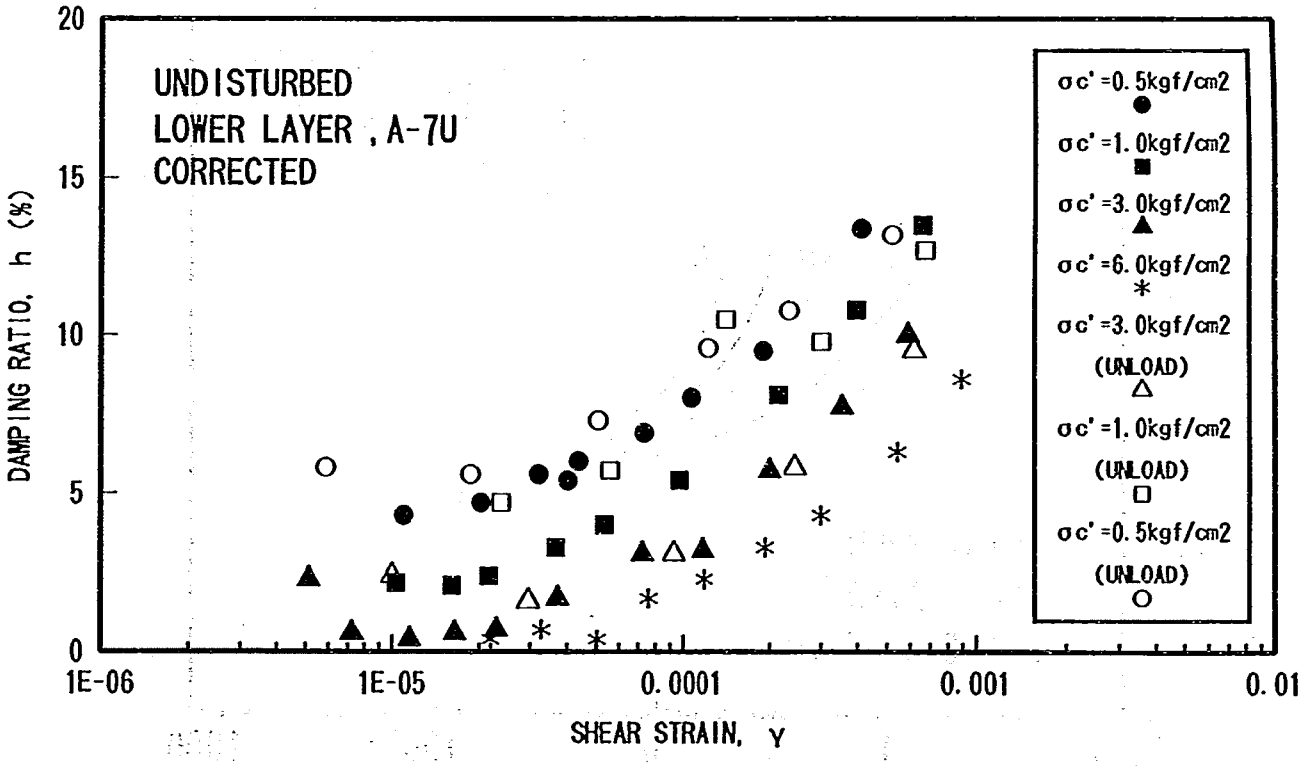


図-5.40(f)　履歴の影響h～γ　(A−7U)

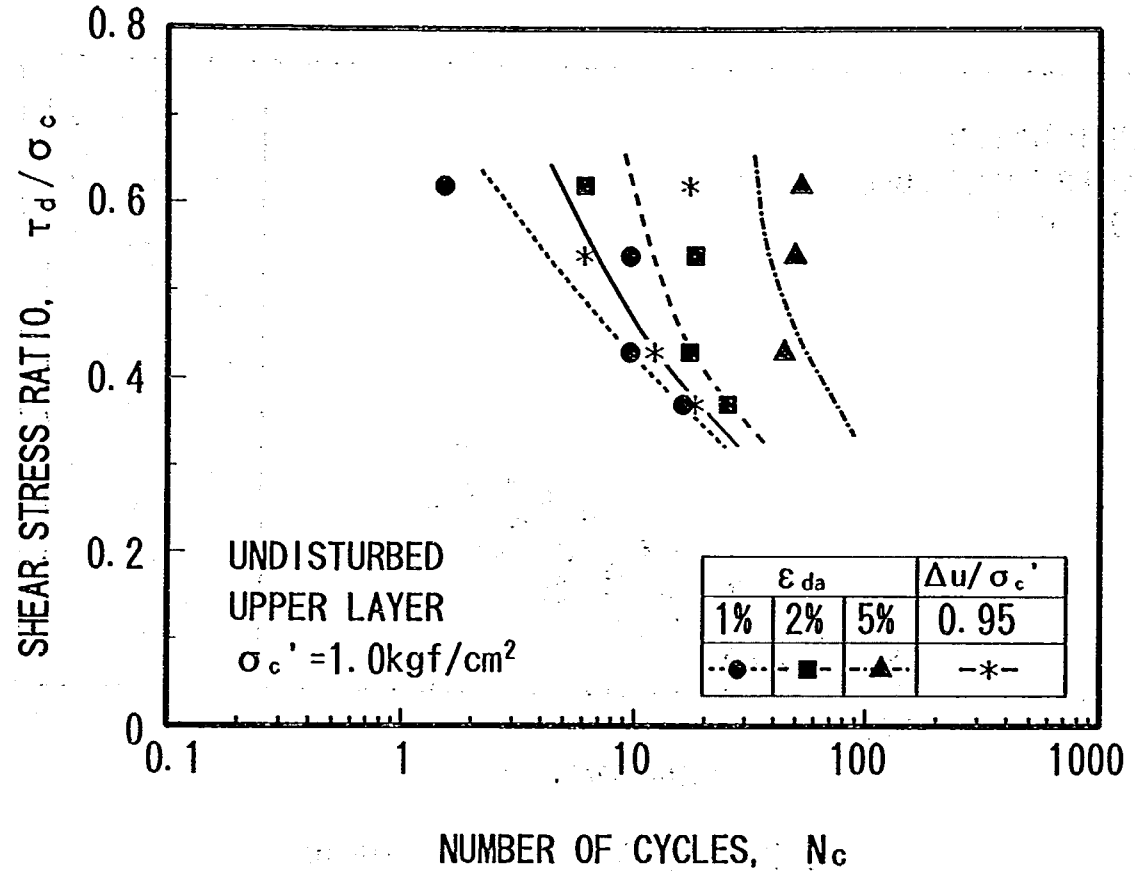


図-5.41(a) 応力比と載荷回数との関係 （上部砂礫層, σ_c' =1.0kgf/cm²）

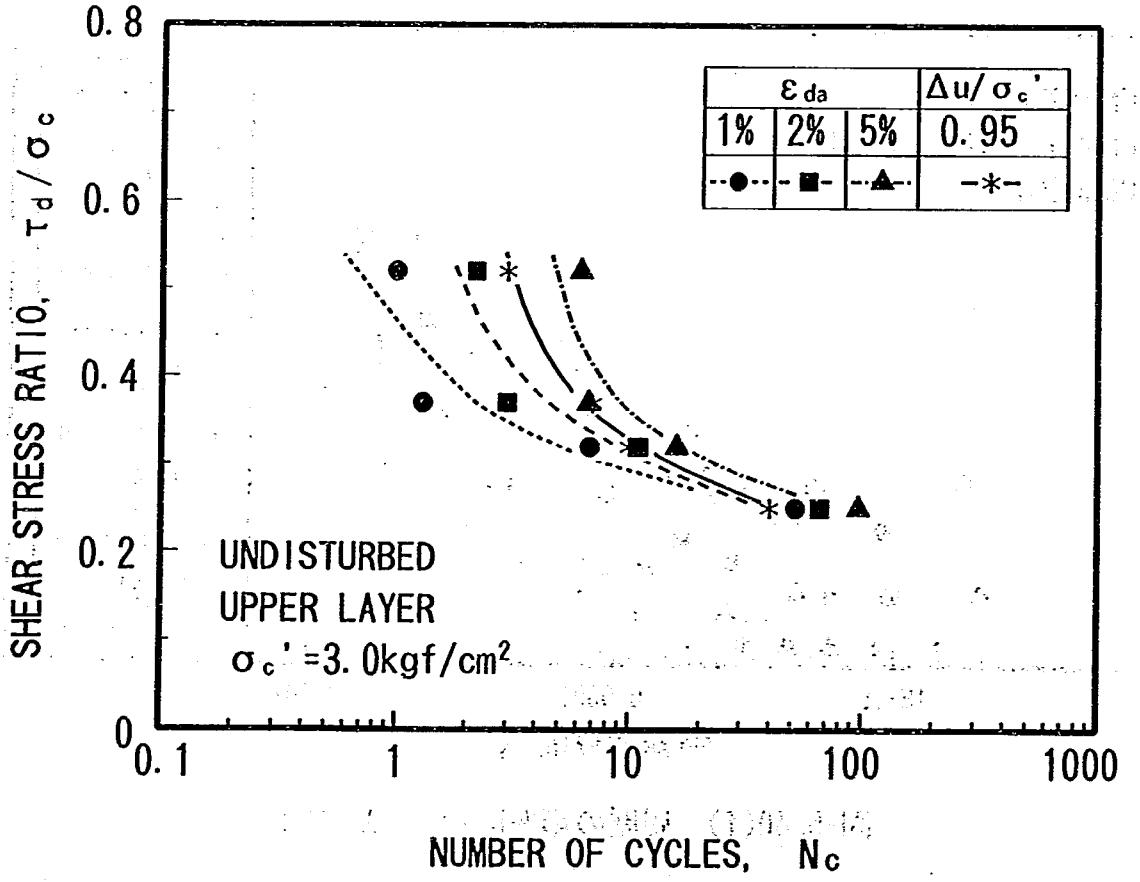


図-5.41(b) 応力比と載荷回数との関係 （上部砂礫層, σ_c' =3.0kgf/cm²）

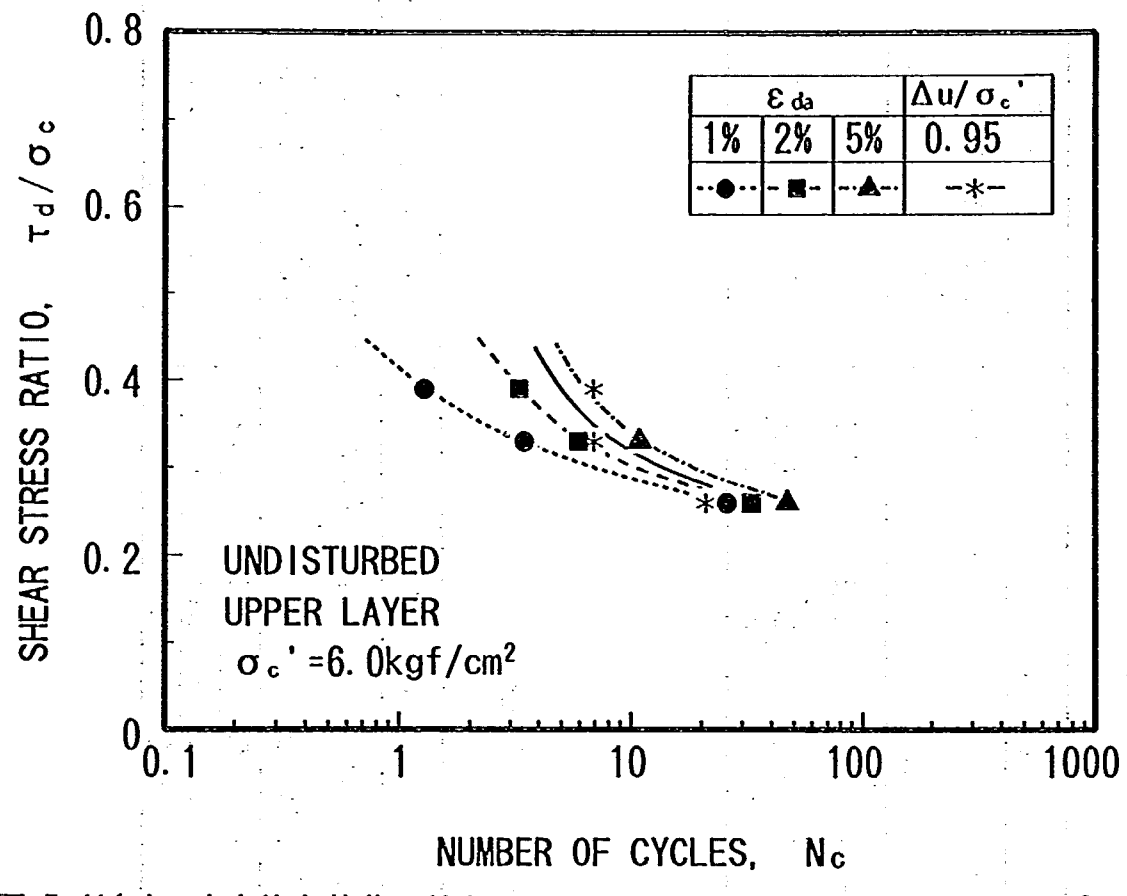


図-5.41(c)　応力比と載荷回数との関係　（上部砂礫層，σ_c' =6.0kgf/cm ^{2}）

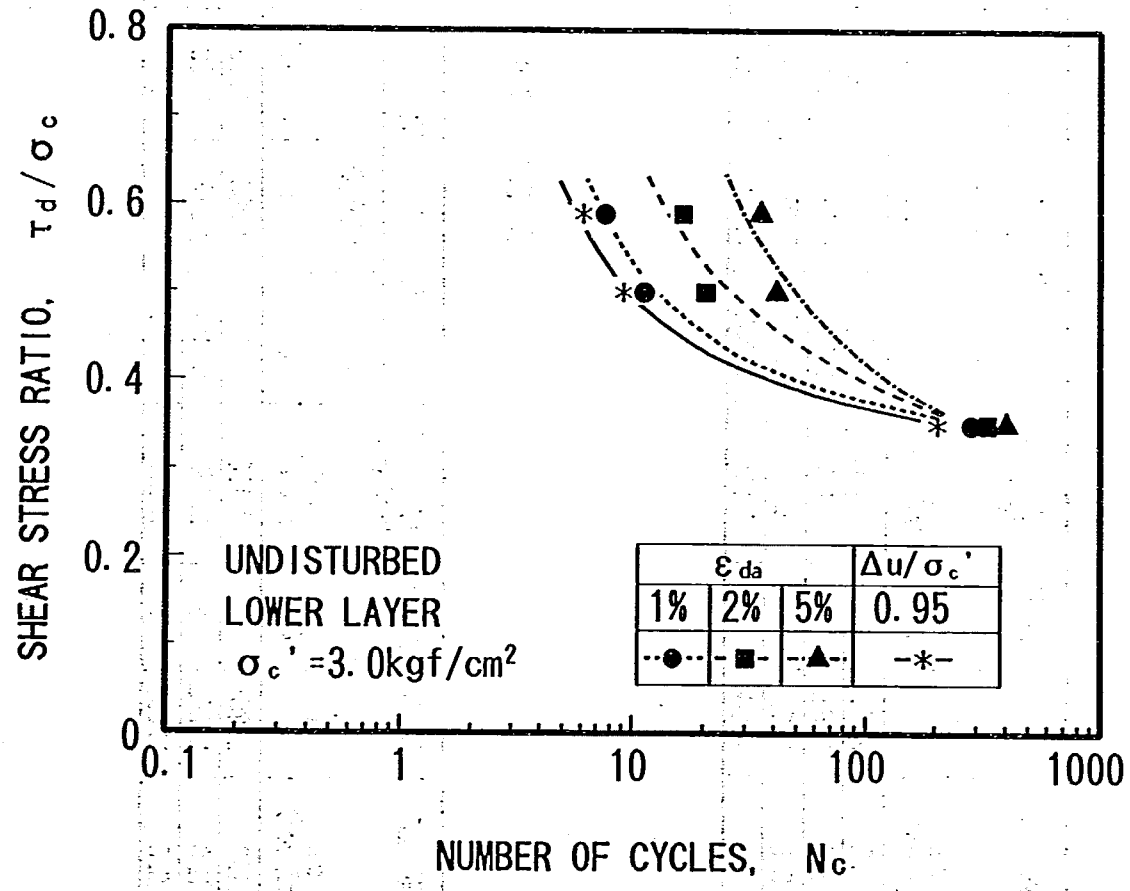


図-5.41(d)　応力比と載荷回数との関係　（下部砂礫層，σ_c' =3.0kgf/cm ^{2}）

表-5.1　静的強度試験結果（上部砂礫層）

側圧 σ_3 (kgf/cm²)	比重 $\overline{G_b}$	含水比 w (%)	初期乾燥密度 ρ_d (g/cm³)	間隙比 初期 e_0	間隙比 圧密後 ec	間隙比 ec/e0	破壊時 $(\sigma_1-\sigma_3)_f$ (kgf/cm²)	破壊時 σ_{1f} (kgf/cm²)	破壊時 ε_{1f} (%)	破壊時 $(\sigma_1/\sigma_3)_f$	強度定数 せん断抵抗角 ϕ_d (度)	強度定数 粘着力 cd (kgf/cm²)
0.5	2.690	11	2.035	0.322	0.320	0.99	2.61	3.11	10.45	6.22	42.4	0.40
1.0	2.686	11	2.022	0.329	0.325	0.99	6.75	7.75	7.88	7.75		
3.0	2.711	7	2.112	0.283	0.278	0.98	15.53	18.53	8.40	6.18		
6.0	2.704	12	1.975	0.369	0.350	0.95	25.92	31.92	9.93	5.32		

表-5.2　静的強度試験結果（下部砂礫層）

側圧 σ_3 (kgf/cm²)	比重 $\overline{G_b}$	含水比 w (%)	初期乾燥密度 ρ_d (g/cm³)	間隙比 初期 e_0	間隙比 圧密後 ec	間隙比 ec/e0	破壊時 $(\sigma_1-\sigma_3)_f$ (kgf/cm²)	破壊時 σ_{1f} (kgf/cm²)	破壊時 ε_{1f} (%)	破壊時 $(\sigma_1/\sigma_3)_f$	強度定数 せん断抵抗角 ϕ_d (度)	強度定数 粘着力 cd (kgf/cm²)
1.0	2.701	9	2.126	0.271	0.268	0.99	6.82	7.82	1.99	7.82	49.4	0.34
3.0	2.652	8	2.183	0.215	0.212	0.99	23.42	26.42	6.62	8.81		
6.0	2.695	8	2.210	0.220	0.213	0.97	38.48	44.48	4.87	7.41		

表-5.3　動的変形試験結果（初期せん断剛性率）

	拘束圧 / 供試体NO.	初期せん断剛性 G_0 (kgf/cm²)						
		圧密応力載荷				圧密応力除荷		
		σ_3=0.5	σ_3=1.0	σ_3=3.0	σ_3=6.0	σ_3=3.0	σ_3=1.0	σ_3=0.5
不攪乱試料	D-4L (GL-8.20～-8.75)	600 (0.261)	1000 (0.256)	3400 (0.252)	7000 (0.248)	3400 (0.246)	1200 (0.247)	800 (0.248)
	B-5 (GL-8.40～-8.95)	1160 (0.265)	2100 (0.263)	4100 (0.258)	6000 (0.253)	3600 (0.251)	1800 (0.253)	1000 (0.254)
	A-7U (GL-10.85～-11.40)	2100 (0.206)	3680 (0.205)	6840 (0.203)	8610 (0.201)	5500 (0.202)	2600 (0.200)	1600 (0.201)
	D-2 (GL-5.38～-5.93)	—	—	—	4400 (0.305)	2700 (0.306)	900 (0.311)	600 (0.313)
	C-2 (GL-5.30～-5.85)	—	—	4800 (0.321)	7200 (0.314)	4500 (0.315)	1800 (0.318)	1000 (0.321)
	C-4L (GL-8.30～-8.85)	900 (0.233)	2100 (0.232)	4350 (0.228)	6000 (0.225)	4300 (0.225)	1700 (0.227)	700 (0.227)
	B-6 (GL-9.25～-9.80)	1300 (0.212)	2000 (0.210)	4500 (0.207)	6400 (0.204)	3500 (0.203)	1400 (0.205)	800 (0.207)

下段（　）内は各拘束圧での圧密応力載荷後の間隙比

表-5.4　動的強度試験結果

試料種類	層区分	拘束圧 σc' (kgf/cm2)	供試体 F.NAME	繰り返し応力比 σd/2σc'	繰返し回数 N (回) DA1%	DA2%	DA5%	du/σc' =0.95
不撹乱試料	上部層	1.0	A-4	0.62	1.5	6.0	52	17
			B-3	0.54	9.5	18	49	6
			B-4	0.43	9.5	17	44	12
			A-2	0.37	16	25	— *	18
		3.0	C-3L	0.52	1.0	2.2	6.2	3
			C-4U	0.37	1.3	3.0	6.7	7
			A-3	0.32	6.8	11	16	10
			A-5	0.25	52	66	97	40
		6.0	C-5	0.26	26	33	47	21
			B-2	0.33	3.5	6.0	11	7
			A-6U	0.39	1.3	3.3	— **	7
	下部層	3.0	B-7U	0.35	285	332	400以上	202
			C-6	0.50	11	20	40	9
			D-6U	0.59	7.5	16	34	6

*：荷重制御不能により除外
**：DA5%に達せず破壊

表-5.5　N=15回の応力比（DA=2%、Δu／σc'=0.95）

	拘束圧 σ_c (kgf/cm²)	垂直応力 σ_{nf} (kgf/cm²)	応力比 SR	補正応力比 0.9SR*	せん断強度 τ_{df} (kgf/cm²)
上部砂礫層	1.0	1.43	0.48	0.43	0.43
	3.0	3.84	0.31	0.28	0.84
	6.0	7.50	0.28	0.25	1.50
下部砂礫層	3.0	4.62	0.60	0.54	1.62

*：メンブレンコンプライアンスに対する補正

6. 不撹乱試料と再構成試料の比較

6.1 再構成供試体の作製

6.1.1 供試体作製条件

原位置から採取した試料により再構成供試体を作製するとき、供試体の直径に合わせた粒度分布が必要となる。「土質試験の方法と解説」にも記されているように、一般に粗粒材料の三軸試験の場合、直径 30cm × 高さ 60cm の円筒供試体を用いる。従来試料の最大粒径 D_{max} は試験結果に与える影響を考慮し、供試体直径の 1/5 を採って 63.5mm とする例が多い。しかしながら河床砂礫のような粗粒材料に関しては原位置の D_{max} は 63.5mm をはるかに越えるものが多い。そこで通常 D_{max} を 63.5mm とした相似粒度やせん頭粒度を用い、原位置の粒度特性を反映した粒度分布を有する供試体を作製し試験に供している。

本節の目的は、このように作製される再構成供試体によって原位置自然地盤の性状把握がどの程度可能なのかを検証することである。したがって再構成供試体の粒度は原位置粒度を基にし D_{max} =63.5mm のせん頭粒度とした。また供試体の密度は凍結不撹乱試料から求められた供試体の乾燥密度の平均値としている。

再構成供試体用の試料は凍結不撹乱試料を用いた試験後、それらを混合調整したものである。含水比、比重等の物理定数は上部砂礫層試料の平均値を用いている。

表－6.1に再構成供試体の物性値及び供試体作製設定値を示す。表－6.2に粒度を図－6.1に粒度曲線を示す。

6.1.2 供試体作製方法

①試料調整を行う。；上部砂礫層試料を粒径毎に混合し、各粒径の必要量を 1/6 に分け計量する。計量後各粒径を混合し全試料の 1/6 の重量の混合試料 6 個を用意する。

②モールドを組み立てる。；ゴムスリーブを 1 枚装着し真空ポンプで吸引しモールド内面に張り付ける。モールドの組み立てが完了したら図－6.2に示すように鉄板をペデスタルに載せた状態でカラー上端からの基準深さを 5 点測定する。

③試料を投入する。；締固め鉄板をモールドから取り出し①で計量した全重量の 1/6 の試料をモールドに投入する。投入時は落下による試料の分級を避けるためできるだけ落下高のないようにする。

④試料を締固める。；試料面上に締固め鉄板を敷き、振動ランマーにより試料を高さ 10cm になるまで締固める。その際に礫が多いため不均一な締固めになり易いので注意する。

⑤供試体の高さの測定。；締固め鉄板を敷いたままでカラー上端から締固め鉄板までの深さを測定する。②で求めた基準深さから測定値を引き試料の高さを求める。高さが 10cm に満たない場合は再度締固める。

⑥③～⑤の要領を繰り返し、6層分けた全試料を締固める。

⑦供試体を自立させる。；カラーを取り外し、キャップを供試体にのせゴムスリーブとキャップをシールする。漏れの無いようキャップの周りにシリコングリスを薄く塗る。この時ロードセルの原点調整を行う。微小変位計取付治具をキャップに載せた後、接続チューブ類を所定の位置につなぐ。真空ポンプにより $-0.2kgf/cm^2$ の負圧で供試体を吸引する。負圧が安定した後モールドを解体する。

⑧供試体初期寸法を測定する。；供試体の高さをノギスを用いて4ヶ所、直径をπゲージを用いて5ヶ所測定する。寸法測定後、メンブレンペネトレーション防止のため供試体表面の凹部にシリコンゴムを充填する。供試体に2枚目のゴムスリーブをかぶせる。

⑨三軸室を組立てる。；支柱、上盤を組み立てる。載荷軸とキャップを接続する。この時ロードセルの出力表示に注意し過度の荷重が供試体にかからないようにする。微小変位計を取り付ける。コアが円筒部の中心に来るようにし、また一対の微小変位の表示がほぼ0を指すようにセットする。外部大変位計の原点調整もこの時点で行う。

⑩セル水を注入する。；排気口の開放を確認した後セル水を注入する。水道水によりセル水を供給するがこの時過度の水圧が供試体にかからないよう注意する。セル水が供試体の中央位置に来たなら注入を一時停止し側圧計の空気抜き及び原点調整を行う。注入を再開し載荷軸の中程までセル水位が来たら停止する。

⑪供試体自立に際し負圧から側圧への変換。；側圧系の配管を行う。側圧を徐々に載荷すると共に負圧を除荷する。この時側圧及び間隙水圧の出力表示を確認し有効拘束圧が $0.2kgf/cm^2$ 以上にならぬよう注意する。

⑫供試体を飽和する。；負圧から側圧への変換が完全に終了した後内体積系統を開放する。炭酸ガスを供試体内に12時間以上通気させる。炭酸ガスの圧力が $0.2kgf/cm^2$ 以上にならぬよう注意する。供試体内の空気が炭酸ガスに完全に置換されたことを確認した後、脱気水を通水する。間隙水圧が $0.2kgf/cm^2$ 以上にならぬよう注意する。

⑬背圧を載荷する。；飽和が終了した後、供試体につながる配管の空気抜きを行う。供試体中央位置での水圧に合わせて間隙水圧計の原点調整を行う。背圧を $2.0kgf/cm^2$ かける。この時有効拘束圧を $0.2kgf/cm^2$ に維持するよう注意する。供試体のB値チェックを行う。B値が0.95以下の場合背圧をおとし、再度飽和を行う。

⑭圧密する。；体積変化計の原点調整を行う。所定の圧密応力まで側圧を載荷する。軸応力に注意する。

⑮試験の開始。；不撹乱試料と同様の方法のため省略する。

6.2 試験条件

静的強度試験、動的変形試験、動的強度試験の各試験条件を表－6.3、表－6.4、表－6.5に示す。

不撹乱供試体の高さはサンプリングの都合上55cmであるのに対し、再構成供試体の高さは通常の大型三軸試験と同様60cmとした。動的変形試験に関しては、間隙比と動的変形特性の関係を調べるため、不撹乱試料の平均密度（e_0=0.223）の他に不撹乱試料の最小密度（e_0=0.300）でも試験を実施した。動的強度試験の試験拘束圧σ_c'は最も試験数量の多いσ_c'=3.0kgf/cm^{2}とした。

付録－3に各試験に用いた供試体の諸元を示す。

6.3 静的強度試験結果の比較

表－6.6に試験結果を、図－6.3にモールの応力円を、軸差応力及び体積ひずみと軸ひずみの関係を各々図－6.4、図－6.5に示す。また図－6.3中には比較のため不撹乱試料により求められた破壊包絡線をも示した。内部摩擦角ϕ_d、粘着力c_dは式(5.1)、(5.2)により以下のように求められた。

再構成：ϕ_d= 45.1° c_d= 0.30kgf/cm^2

不撹乱試料

上部礫層：ϕ_d= 42.4° c_d= 0.40kgf/cm^2

下部礫層：ϕ_d= 49.4° c_d= 0.34kgf/cm^2

また強度定数A、bは式(5.3)により以下のように求められた。

再構成：A = 1.219 b = 0.928

不撹乱試料

上部礫層：A = 1.127 b = 0.940

下部礫層：A = 1.258 b = 0.989

以上のように再構成試料は不撹乱試料と同程度の強度定数を示している。本研究に用いた試料、試験条件では、静的強度試験において両者の間に特に際だった差異はみられない。

Tokimatsu and Hosaka(1986)は、新潟市で採取された細砂を用いて、凍結不撹乱供試体と再構成供試体を用いてσ_c'=0.1MPaで三軸圧縮・伸張試験を実施し、両者のせん断強度はほぼ一致すると報告している。有効拘束圧σ_c'=0.1MPa(1.0kgf/cm^2),0.29MPa(3.0kgf/cm^2),0.58MPa(6.0kgf/cm^2)の単調載荷試験による軸差応力qと軸ひずみε_aの関係を図－6.6に示す。図には、不撹乱供試体の他に、最大粒径が63.5mm,174mmの再構成供試体のせん断強度も併せて示してある。いずれの拘束圧においても下部砂礫層供試体の応力－ひずみ関係は、ひずみの小さいところで大きな応力を示している。上部砂礫層供試体は、全般に密度が低いために、軸差応力qはピークが明瞭でない。そこで不撹乱供試体は、相互に異なる

間隙比を有するために、図－6.7に示すように最大軸差応力q_{max}と圧密後間隙比e_cの関係が求められた。この図からも理解されるように不撹乱供試体、再構成供試体に関係なくq_{max}は間隙比の関数であり、供試体作製法の違いによる相違はない。このことはTokimatsu and Hosakaの報告に一致する。一方、σ_c'=0.29MPa(3.0kgf/cm^2)では圧密後間隙比e_cが小さい程q_{max}が大きくなる傾向を呈している。また、再構成供試体についてはD_{max}=63.5の供試体のq_{max}は、D_{max}=174mmのそれよりも低くなっており、Akashi et al.(1986)が指摘しているように試料の最大粒径による影響が表れたと考えられる。以上のことから、単調載荷試験による静的強度には基質のセメンテーションの影響はみられない。これはq_{max}が軸ひずみε_aが5%以上で生じており、基質のセメンテーションが消失してしまったことによると考えられる。

6.4 動的変形試験結果の比較

6.4.1 原位置ＰＳ検層との比較

室内動的変形試験の結果得られた初期せん断剛性率を表－6.7に、ＰＳ検層の結果得られた原位置Ｖｓと再構成試料及び不撹乱試料による動的変形試験から得られたＶｓとの比較を図－6.8に示した。5.4.1で述べたように原位置のＶｓに対し不撹乱試料のＶｓは良く一致している。一方再構成試料のＶｓは、供試体の初期間隙比が異なっているにも関わらずほぼ等しい値を示し、その値は原位置Ｖｓの50～70%程度にとどまっている。再構成試料は構成粒子単体の性質や粒度組成、密度等は原位置の状況を再現しているものの、不撹乱試料の粒子間に存在するセメンテーションは再現されていない。この粒子間のセメンテーションの有無がＧの差となって現れたものと考えられる。したがって再構成試料による動的変形特性は原位置の特性を十分表すことはできないといえる。

6.4.2 せん断剛性率とせん断ひずみの関係

図－6.9に各拘束圧でのＧ～γの関係を示す。再構成試料のＧは不撹乱試料の50～70%程度の値を示している。また再構成試料同士では間隙比の相違によるＧの差はみられずσ_c'=0.5～6.0kgf/cm^{2}においてほぼ等しい値を示している。

図－6.10はγの増加に伴うＧのG_0に対する減少傾向を示す。拘束圧毎に試験結果を図示した。図に示されたように、全試験拘束圧を通して不撹乱試料のＧ／G_0は再構成試料の値より下位に位置しており、不撹乱試料は再構成試料よりも減少率が大きいことがわかる。また再構成試料の試験結果が最大粒径の大小にかかわらずほぼ一様な減少傾向を示しているのに対し、不撹乱試料は若干のばらつきを示している。したがって、再構成試料を用いた室内動的変形試験より得られるＧ／G_0～γ特性では、原位置自然地盤におけるγの増加に伴うＧの減少傾向を正確に把握することはできないといえる。

6.4.3 減衰定数とせん断ひずみの関係

図－6.11にｈ～γの関係を示す。ｈは5.4.3に述べたようにここでも補正した値を用い

ている。G～γの関係にみられたような不撹乱試料と再構成試料との明確な差異はみられない。σ_c'=0.5, 1.0kgf/cm^{2}と低い拘束圧では再構成試料のhは不撹乱試料と比較し小さめの値を示しているが、σ_c'=3.0, 6.0kgf/cm^{2}の試験では両者に差はみられなくなる。

6.4.4 ポアソン比とせん断ひずみの関係

図－6.12にν_d～γの関係を示す。σ_c'の増加に伴い不撹乱試料のν_dは若干大きくなる傾向を示すのに対し、再構成試料のν_dは逆に小さくなる傾向を示している。各不撹乱試料間のν_cのばらつきには、拘束圧の増加に伴う変化はみられないのに対し、再構成試料のν_dには拘束圧の増加に伴う収束傾向がみられる。

また3種類の再構成試料の内、AH1とAH2には差がみられないが、CH1は他の2試料より小さいν_dを示している。再構成試料のν_dにおいては、間隙比による影響は少なく、供試体の最大粒径の影響が大きいことがわかる。

6.4.5 拘束圧の影響

5.4.3と同様にα =(2.17+e)^2／(1+e)を用いてGに対する間隙比の影響を除去したG／α～σ_c'の関係を図－6.13に示す。図中には比較のために不撹乱試料のG／α～σ_c'の関係をも示した。再構成試料の結果は間隙比の影響を除去したため、再構成試料間の差は無く両対数グラフ上でほぼ一直線上にプロットされる。不撹乱試料の結果と比較すると、再構成試料の結果は試験拘束圧の範囲内では小さいG／αを示すもののほぼ同じ傾きを示していることがわかる。社本ら(1986b)、田中ら(1989b)による既往の研究では不撹乱試料の方が再構成試料より強い拘束圧依存性を示すことが報告されている。これらの研究ではσ_c'=0.5～4.5kgf/cm^{2}で試験を実施しており、本試験結果でもσ_c'=0.5～1.0kgf/cm^{2}の範囲でm(γ)を求めた場合、再構成試料よりも不撹乱試料の方が大きなm(γ)を示している。すなわち、不撹乱試料のm(γ)は実際には上に凸の曲線を呈するためで、拘束圧の範囲により拘束圧に対するGの依存度合いが変化することを意味する。このことは拘束圧の増加に伴って基質のセメンテーションが弱まることによると考えられる。一方再構成試料では、セメンテーションの影響とは無関係に直線的に変化している。

図－6.13中の直線の傾きを示すm(γ)とγとの関係を図－6.14に示す。γ＝1×10^{-5}以下の微小ひずみ領域ではm(γ)はどの試料も各々一定値に収束している。それ以上の大きなひずみ範囲になるとm(γ)は若干増加する傾向を示している。下部砂礫層試料のm(γ)は、全体に亘って小さめである。

hについても5.4.3と同様にβ＝(0.4+1.5 e)を用いて間隙比の影響を除去しh～σ_c'の関係を図－6.15に示した。D_{max}=63.5mmの再構成供試体と上部砂礫層の不撹乱試料は、ほぼ同様の傾向を示している。一方、下部砂礫層の不撹乱試料はGの拘束圧依存性と同様に他の供試体に比べて高い拘束圧依存性を示しているが、D_{max}=174mmとした再構成試料では、下部砂礫層の不撹乱試料に似た拘束圧依存の傾向を示しているのが理解される。図－6.16はh／β～σ_c'における直線の勾配n(γ)とγの関係を示す。全体に1×10^{-4}

以上のひずみではn（γ）は大きくなる傾向にある。微小ひずみ領域では、各試料のバラツキが大きいが、γ＝5×10⁻⁵程度では、ほぼ差がなくなっていることがわかる。また、上部砂礫層試料の一部を除いて再構成供試体のn（γ）は不撹乱試料のそれよりも大きい傾向にある。

6.4.6　間隙比の影響

図－6.17にG～e_cの関係を示した。5.4.6で行った補正と同様に、拘束圧の影響を取り除くためGを$\sigma_c'^{m(\gamma)}$で除している。また図中の直線は近似式(5.6)より求めた定数K（γ）、m（γ）を用いて得た近似線である。再構成試料間の差はほとんどなく、試験結果はほぼ一直線上にプロットされる。一方不撹乱試料は全て再構成試料より大きなGを示し、また下部砂礫層試料の方が上部砂礫層試料より大きなGを示している。これらの結果より不撹乱試料と再構成試料とのGの差は単に供試体の密度の差によるものではなく、試料のセメンテーション等の影響を大きく受けると考えられる。

hに関して同様にh／$\sigma_c'^{m(\gamma)}$～e_cの関係を図－6.18に示した。再構成試料のhは測定ひずみ範囲では上部砂礫層とほぼ同じ程度のhを示している。hに関しては再構成試料と不撹乱試料、また下部砂礫層と上部砂礫層との明確な相違は見いだせなく、下部砂礫層は再構成試料及び上部砂礫層試料とほぼ同じ傾向を示すと言える。

6.4.7　応力・ひずみ履歴の影響

再構成試料および不撹乱試料について、応力、ひずみ履歴の有無がG～γの関係に与える影響についての比較を図－6.19に示した。σ_c'=0.5→6.0kgf/cm²と6.0→0.5kgf/cm²との差はほとんど無く、今回の試験では再構成供試体に6.0kgf/cm²の圧密応力、γ＝約1×10⁻³のひずみ等の履歴を与えたところでなんらG～γの関係に影響を及ぼさないといえる。この傾向は5.4.7で述べた不撹乱試料の傾向とは対称的である。

図－6.20にh～γの関係について履歴の有無の比較を示す。応力、ひずみ履歴を受けることによりhはどれも減少しており、その低下率は最大で35%程度である。不撹乱試料とは異なり再構成試料は全て正規圧密状態にあり、圧密ひずみ履歴により粒子の再配列が起こりその結果hが減少すると考えられる。

図－6.21にν_d～γの関係について履歴の影響を比較した図を示した。σ_c'=0.5kgf/cm²ではばらつきが大きく、履歴によるν_dの変化に一定の傾向は見いだせない。しかしながらσ_c'=3.0kgf/cm²では各供試体の種類毎のばらつきが少なく、履歴によるν_dの変化は殆ど無いことがわかる。したがって、σ_c'=0.5kgf/cm²での試験結果のばらつきは、低拘束圧状態での試験による試験誤差と判断し、ν_dについては履歴の影響は殆ど無いといえる。

6.5　動的強度試験結果の比較

6.5.1　繰返し応力比と載荷回数の関係

表－6.8に動的強度試験結果を示す。表中には比較のため不撹乱試料による試験結果を

も示した。図－6.22に再構成試料の繰返し応力比と載荷回数の関係を示した。不撹乱試料を用いた試験結果においてはひずみの増加は圧縮伸張の両側へ（伸張側に卓越）進行していくが、再構成試料については伸張方向へのみ蓄積され圧縮側への増加はほとんどみられない。したがって再構成試料はピーク軸ひずみ ε_p（変位量を原点から最大伸張点までの変位としたひずみ）は増加するものの両振幅ひずみ (Double Amplitude:DA) はあまり増加せず、再構成試料6供試体の内4供試体でDA=5%にいたる前に破壊した。

σ_c'=3kgf/cm^{2}で実施した試験について不撹乱試料と再構成試料との比較を行ったのが図－6.23である。再構成試料の強度は上部砂礫層試料の強度より若干小さめとなるがほとんど差が無い。一方再構成試料と下部砂礫層試料とは大きく異なっており、強度基準をN=20回、DA=2%としたとき、下部砂礫層試料は再構成試料の2倍程度の繰返し強度を示している。再構成試料は強度特性の決定に対し支配的要因である粒度、密度（間隙比）を原位置と等しく設定しているにも関わらず不撹乱上部砂礫層、下部砂礫層、再構成の各試料の試験結果に差が現れた。したがって動的変形特性と同様に繰返強度についても再構成試料では下部砂礫層試料の特性を把握することは困難であるといえる。

図－6.23にはD_{max}=174mmで実施した試験の結果を△で示した。ほぼ同等の応力比で行った再構成試料の結果と比較して大きな差は無い。本報告に用いた再構成試料ではD_{max}が63.5mmから174mmになることによる影響はDA=1～2%の時Nが1～2回増加する程度である。したがってD_{max}=63.5mmとしたせん頭粒度は原位置の粒度特性をよく反映したものと判断できる。

各試料間の強度の相違は、堆積年代の差による堆積構造の違いや粒子間のセメンテーションの違いによるものと推察される。根拠を以下に示す。

①再構成＜上部砂礫＜下部砂礫の順に強度が大きくなっている。

②原位置でのボーリング調査によるコアの観察から下部砂礫層は上部砂礫層より若干風化が進んでいることが確認されたが、礫そのものの風化は進んでおらず礫周囲の細粒分が風化することにより礫同士のセメンテーションが発生する。

③不撹乱供試体は礫同士の直接的なかみ合いは少なく礫間に細粒分が挟在している。一方再構成供試体では礫同士の接触により基本的な構造ができ隙間を細粒分が埋める構造となってる。

6.5.2 間隙水圧上昇傾向

間隙水圧の上昇傾向を図－6.24に示した。グラフ縦軸は有効拘束圧の100%に対する過剰間隙水圧比である。横軸は載荷回数による差異を取り除くため載荷回数を過剰間隙水圧比が0.95に達する載荷回数で正規化したものである。不撹乱試料の間隙水圧の上昇は応力比による差があまり無く載荷回数の増加と共に徐々に上昇していくのに対し、再構成試料では応力比の小さい試験においては不撹乱試料と同様徐々に間隙水圧が増加するが、応力比が大きくなると間隙水圧は急激な上昇を示している。静的強度については不撹乱試料と

再構成試料との差はあまりみられなかったが（図－6.3）、間隙水圧の上昇について特に応力比の大きな試験について差が顕著であることから動的強度基準の採り方によっては強度に差が生じる可能性がある。

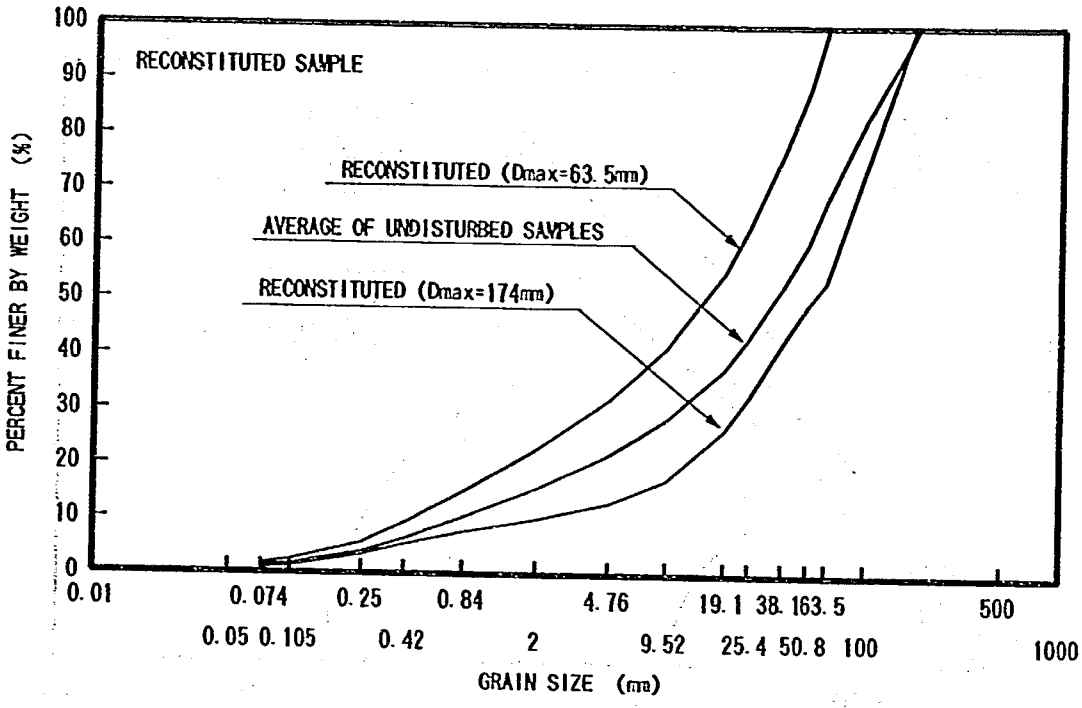


図-6.1　粒度曲線

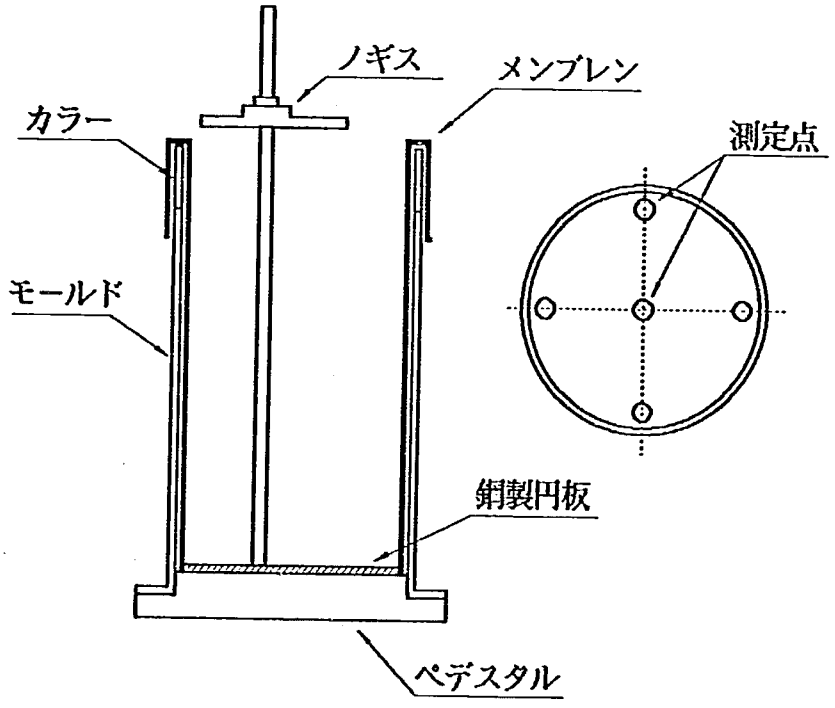


図-6.2　基準高さの測定

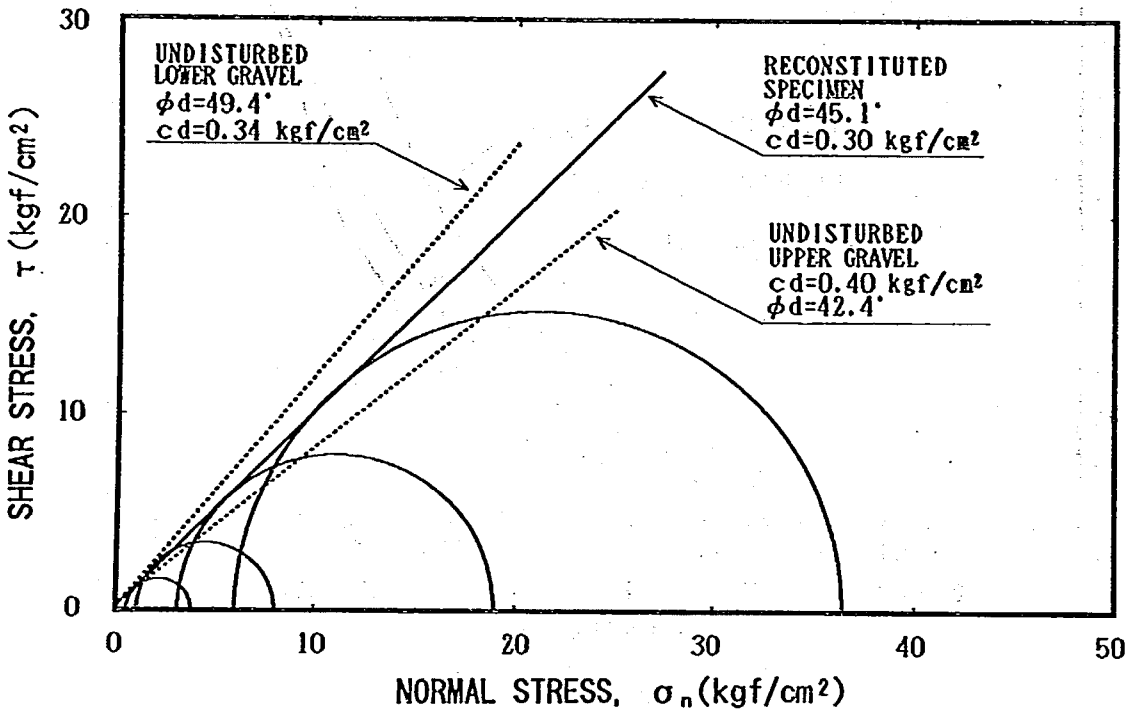


図-6.3　モールの応力円（再構成試料）

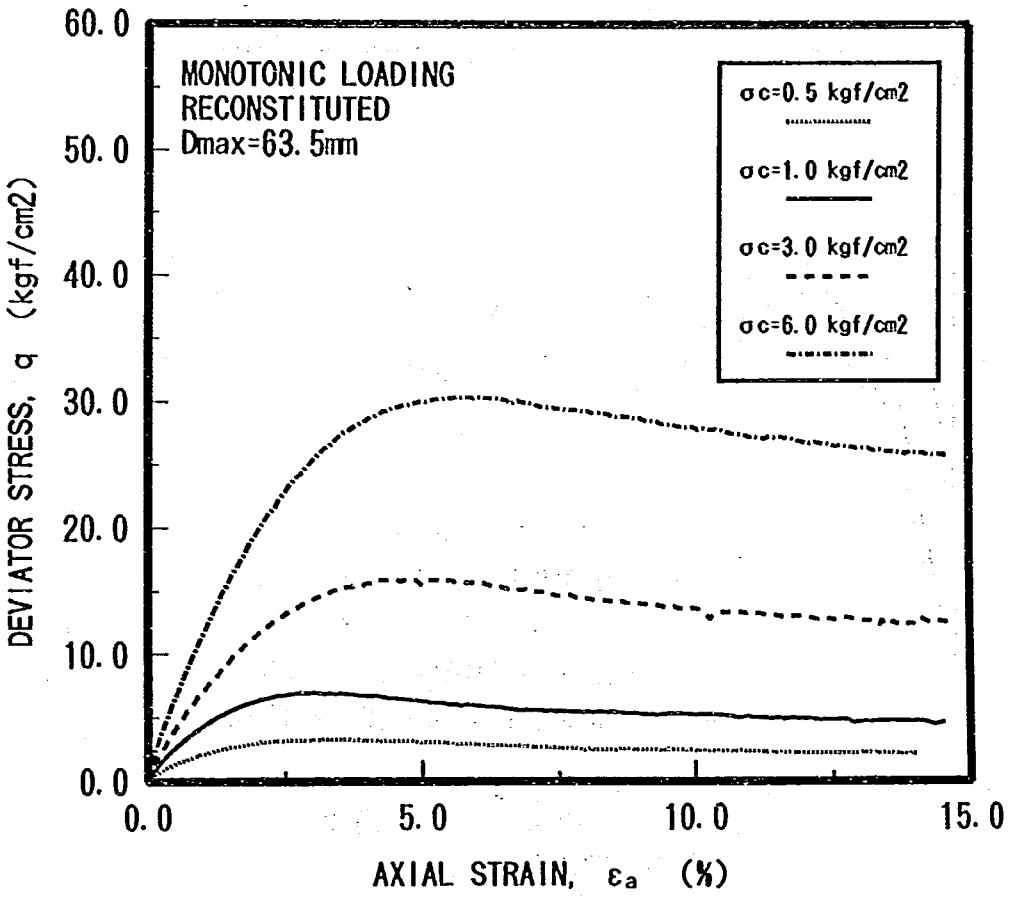


図-6.4 軸差応力～軸ひずみ関係

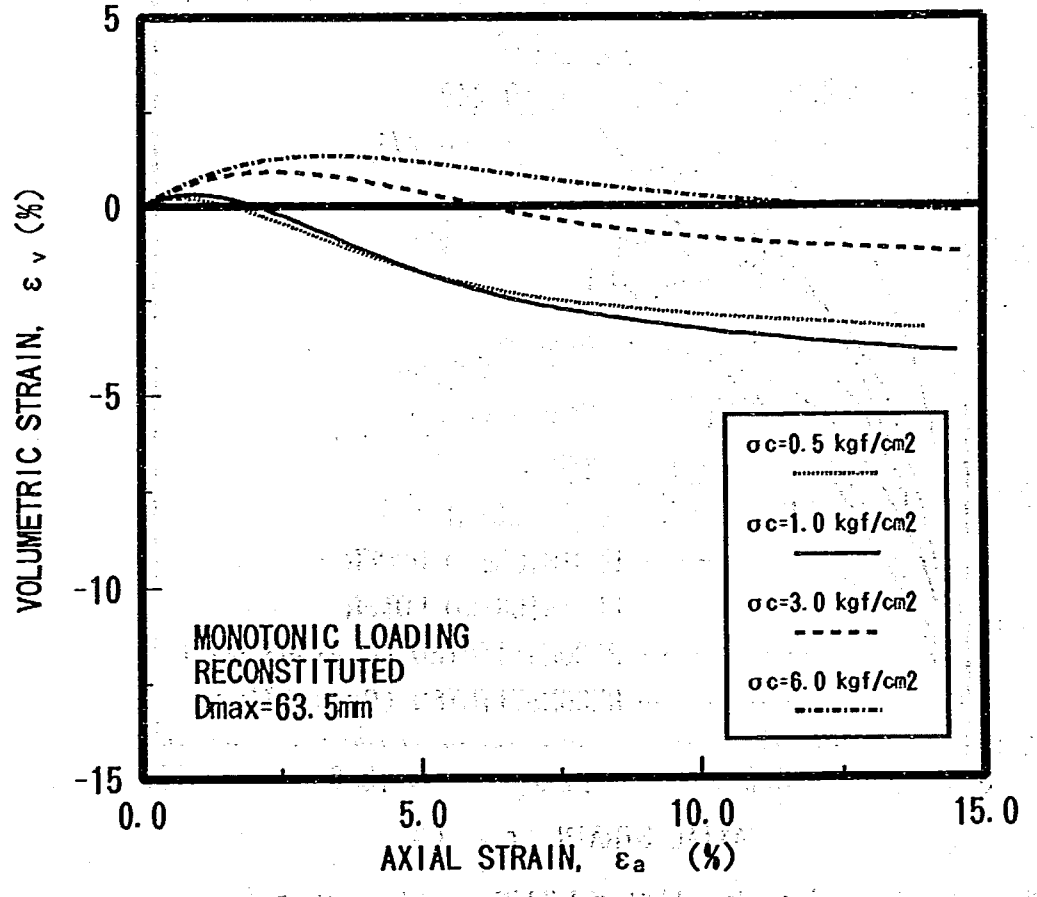


図-6.5 体積ひずみ～軸ひずみ関係

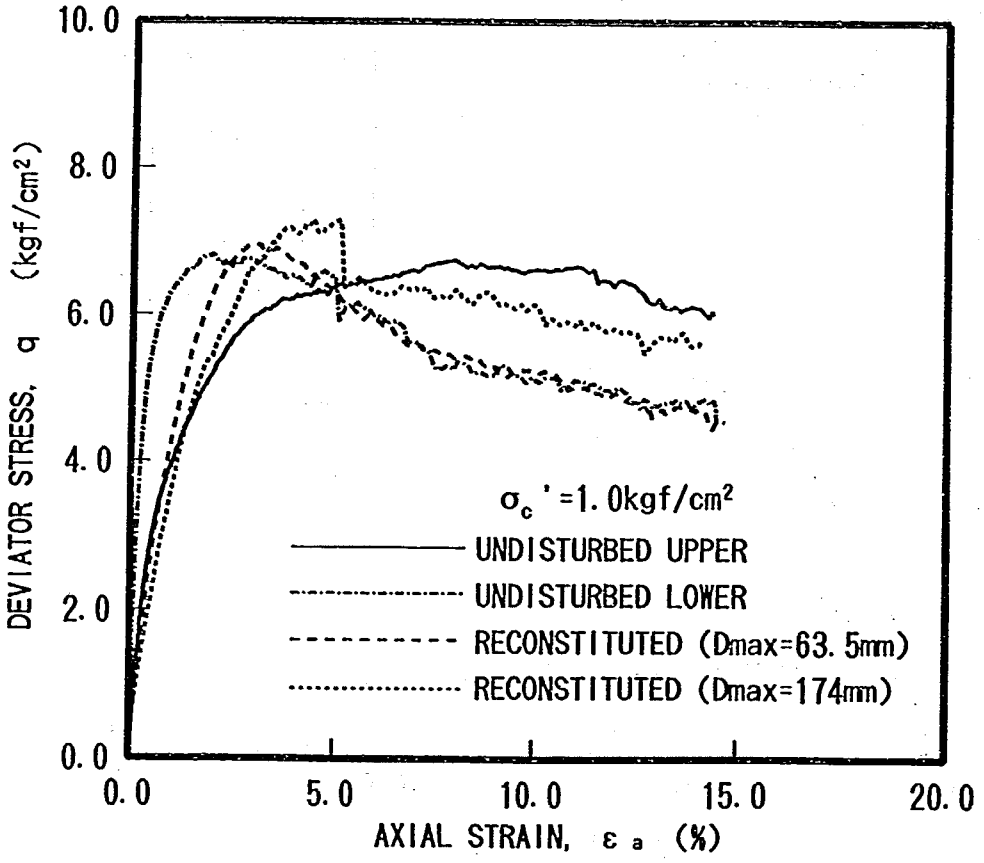


図-6.6(a)　軸差応力～軸ひずみ関係（σ_c'=1.0kgf/cm²）

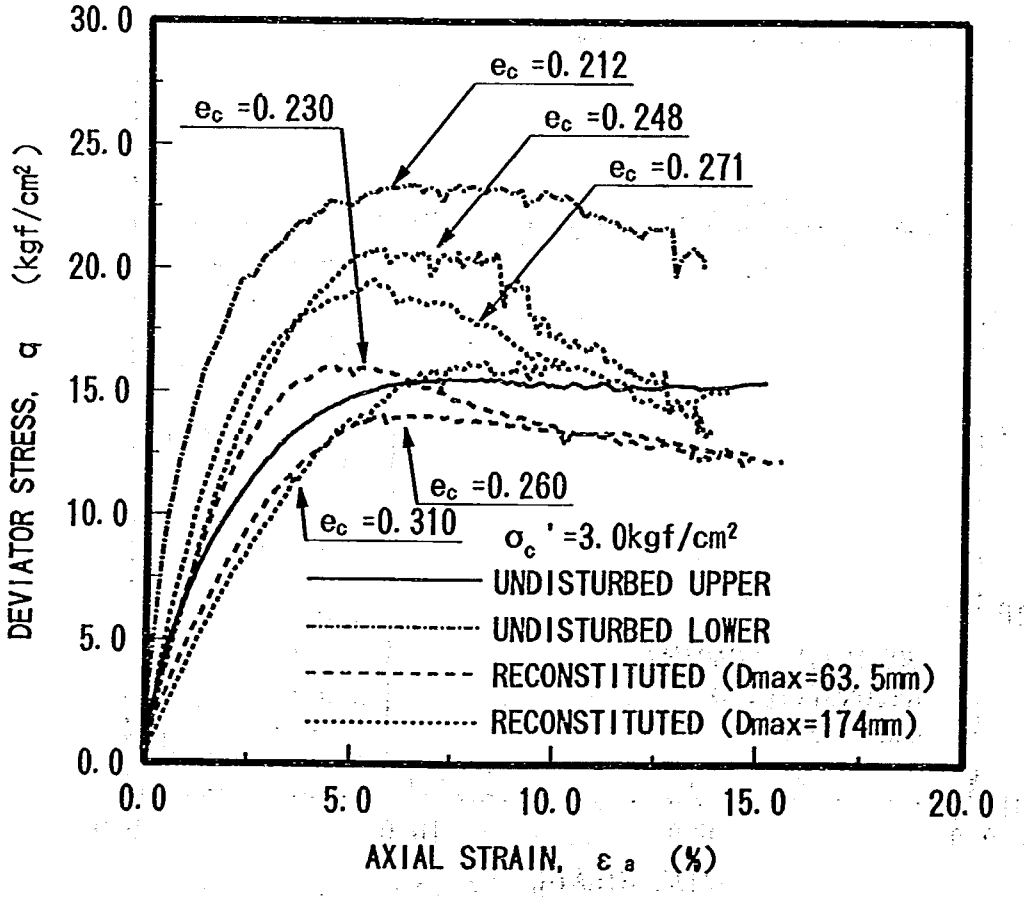


図-6.6(b)　軸差応力～軸ひずみ関係（σ_c'=3.0kgf/cm²）

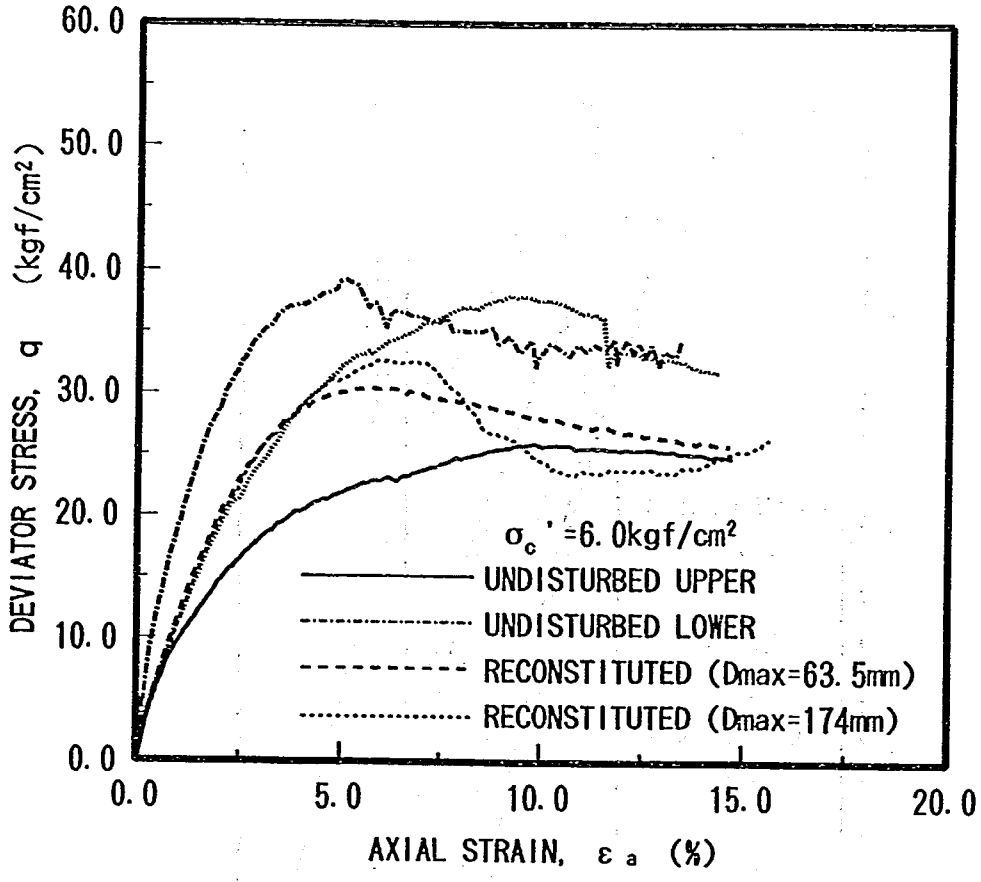


図-6.6(c)　軸差応力～軸ひずみ関係（σ_c' =6.0kgf/cm²）

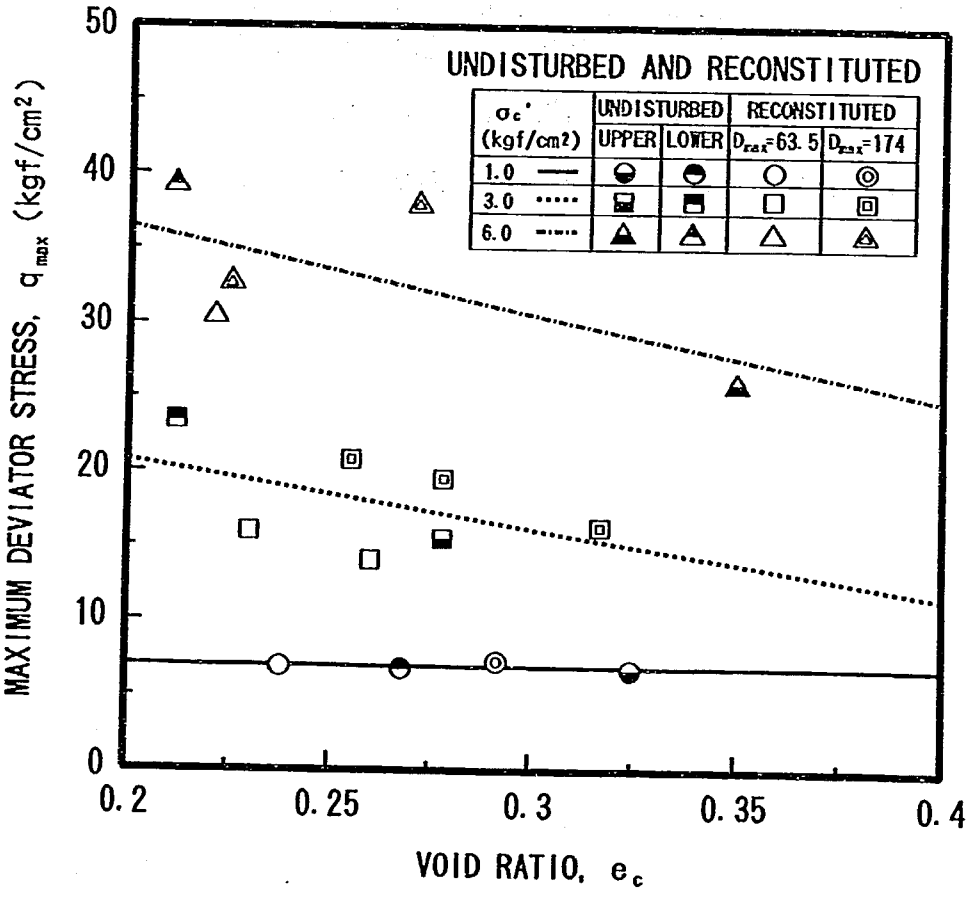


図-6.7　最大軸差応力～圧密後間隙比関係

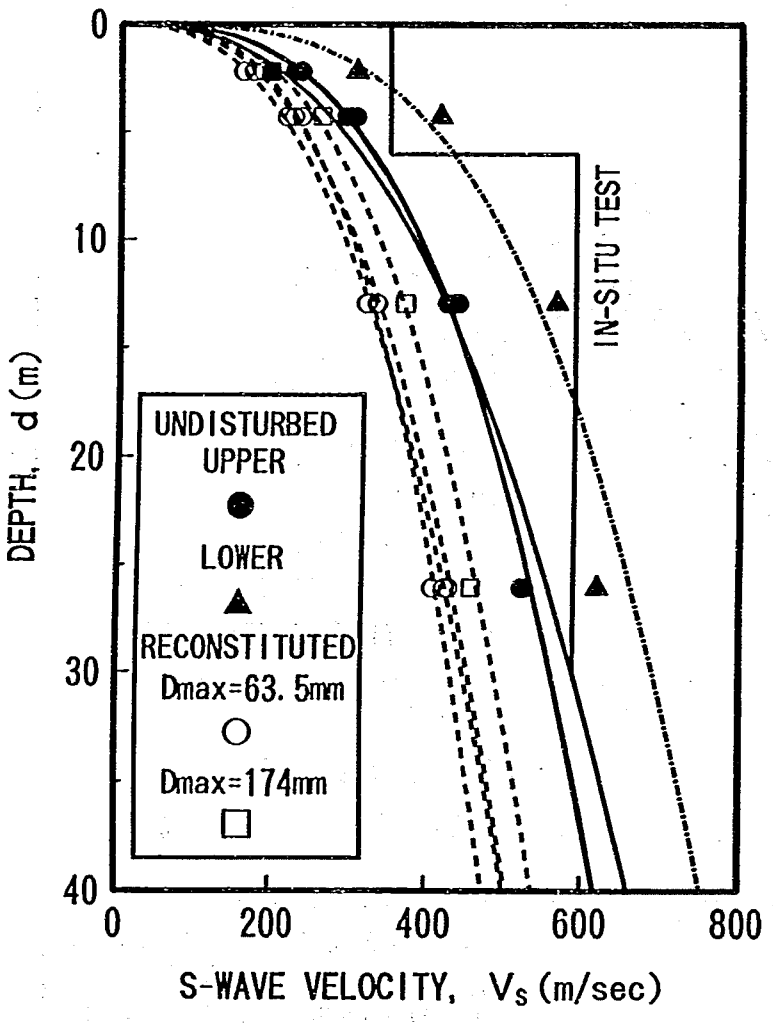


図-6.8　ＰＳ検層と動的変形試験とのＶｓでの比較

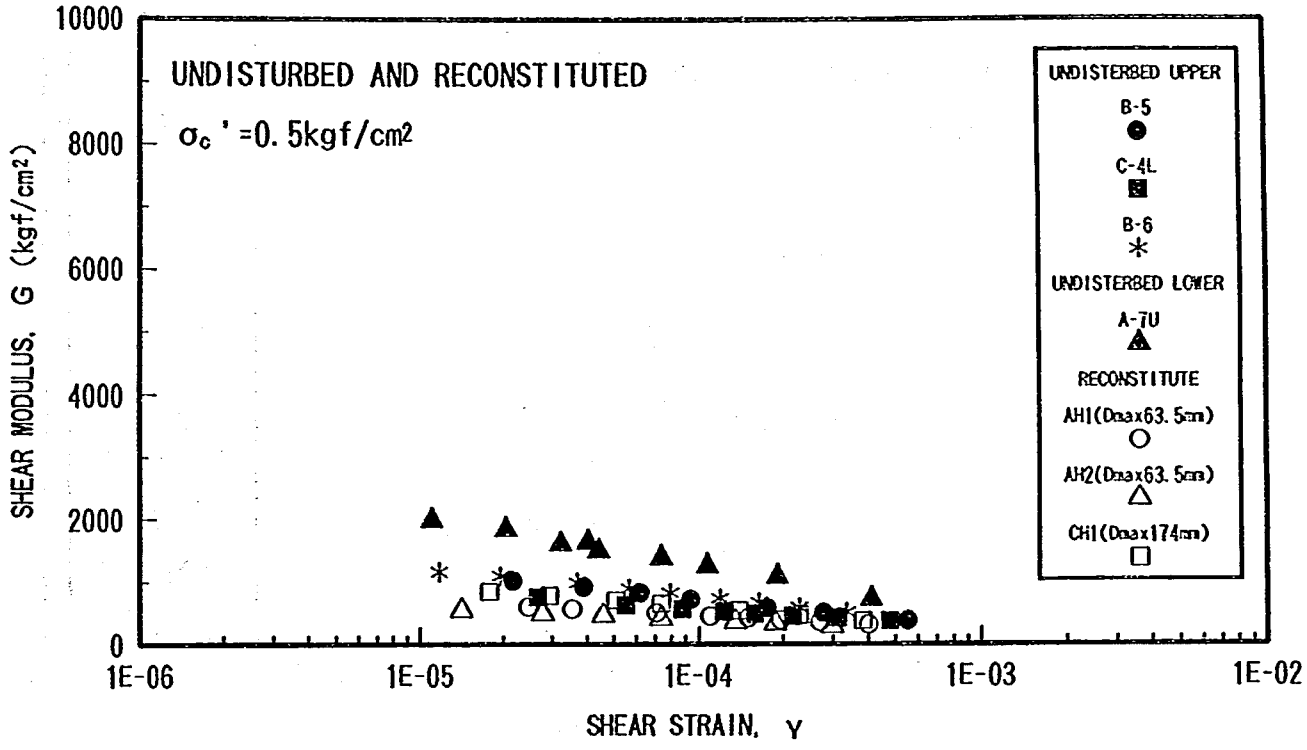


図-6.9(a)　G～γ　（σ_c'=0.5kgf/cm^2）

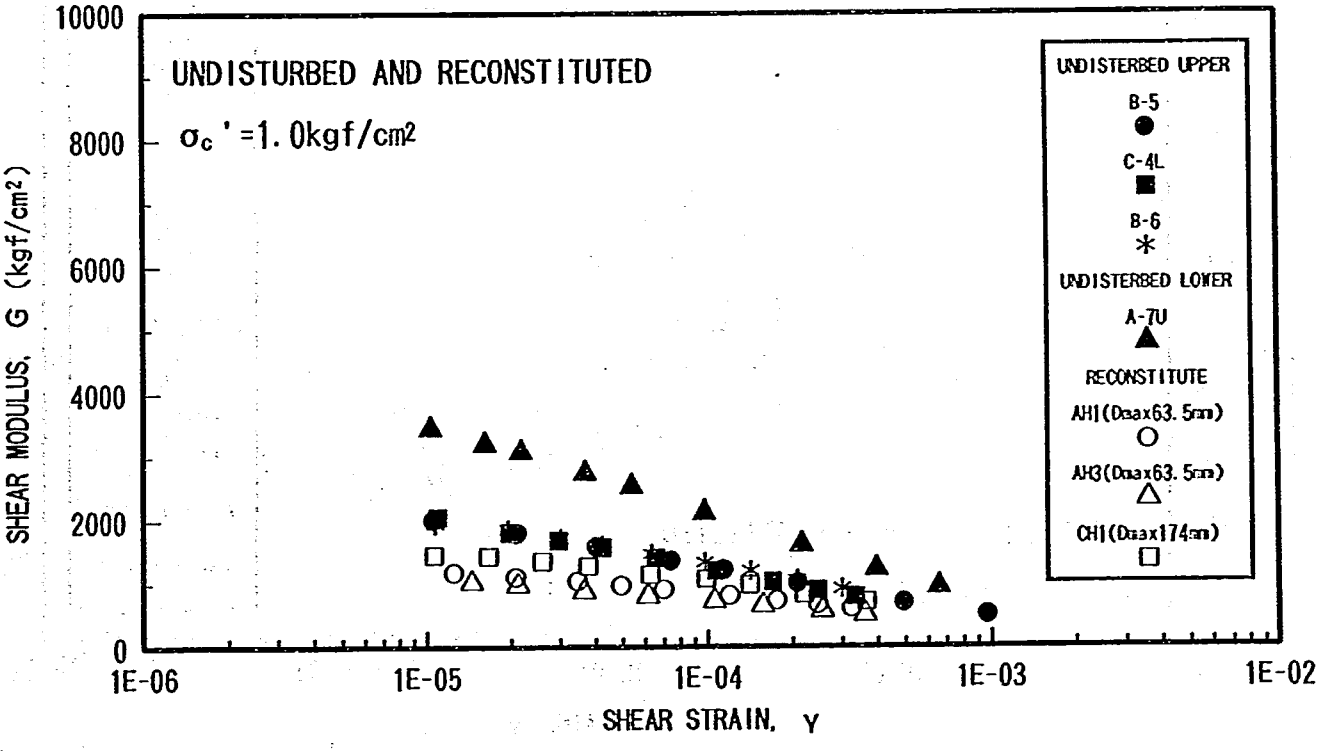


図-6.9(b)　G～γ　（σ_c'=1.0kgf/cm^2）

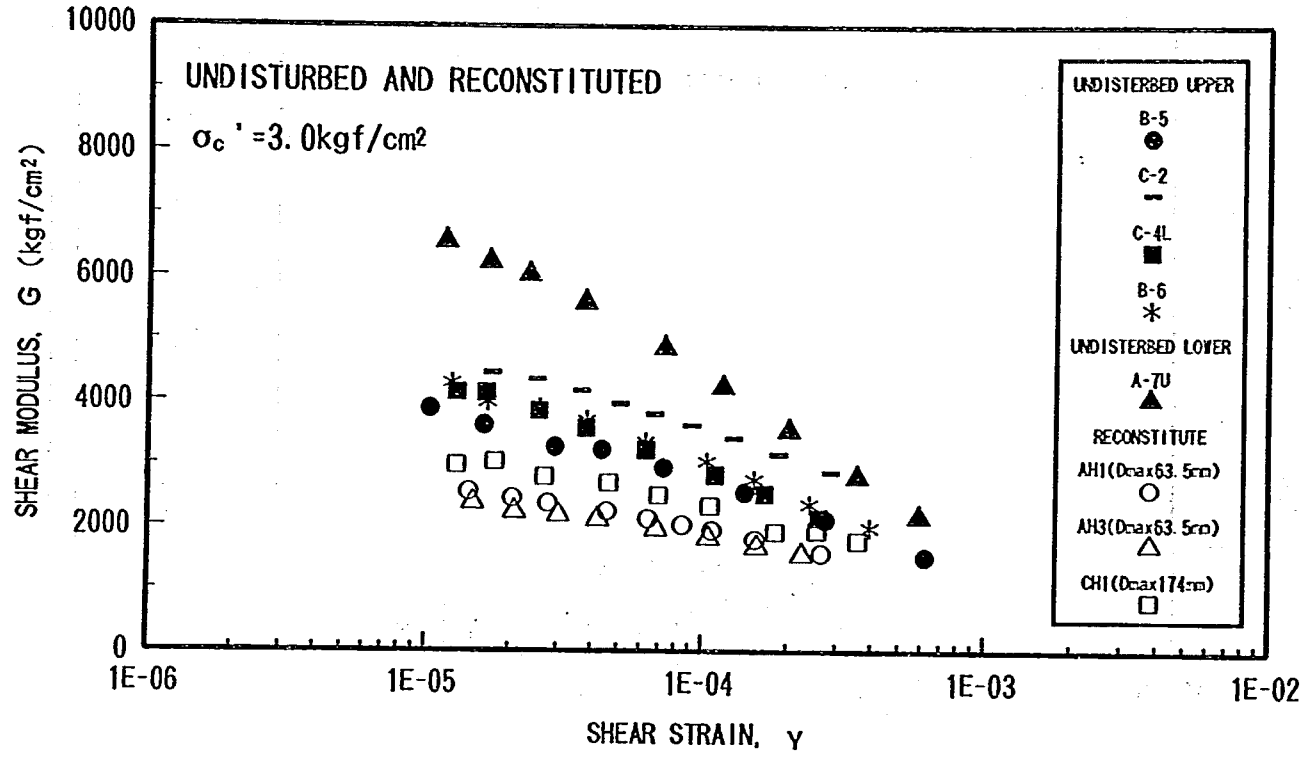


図-6.9(c)　G～γ　（σ_c'=3.0kgf/cm^2）

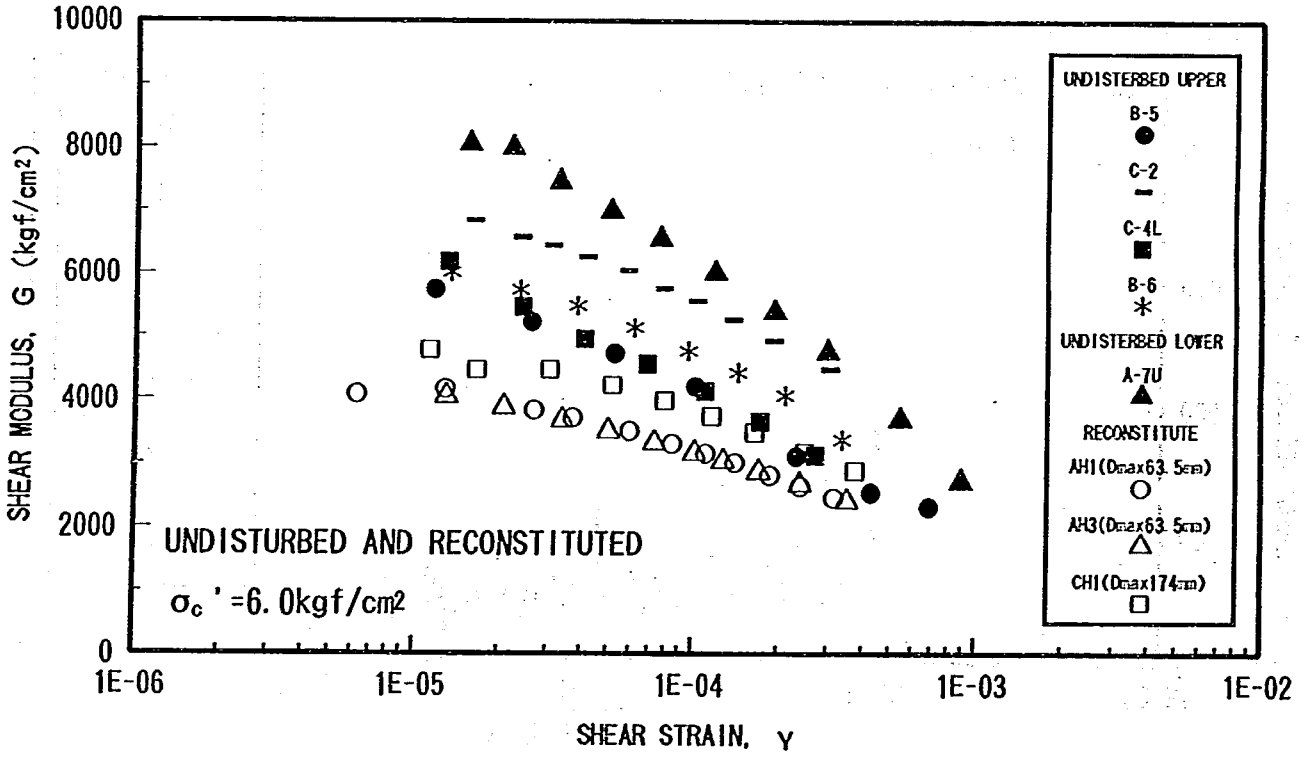


図-6.9(d)　G～γ　（σ_c'=6.0kgf/cm^2）

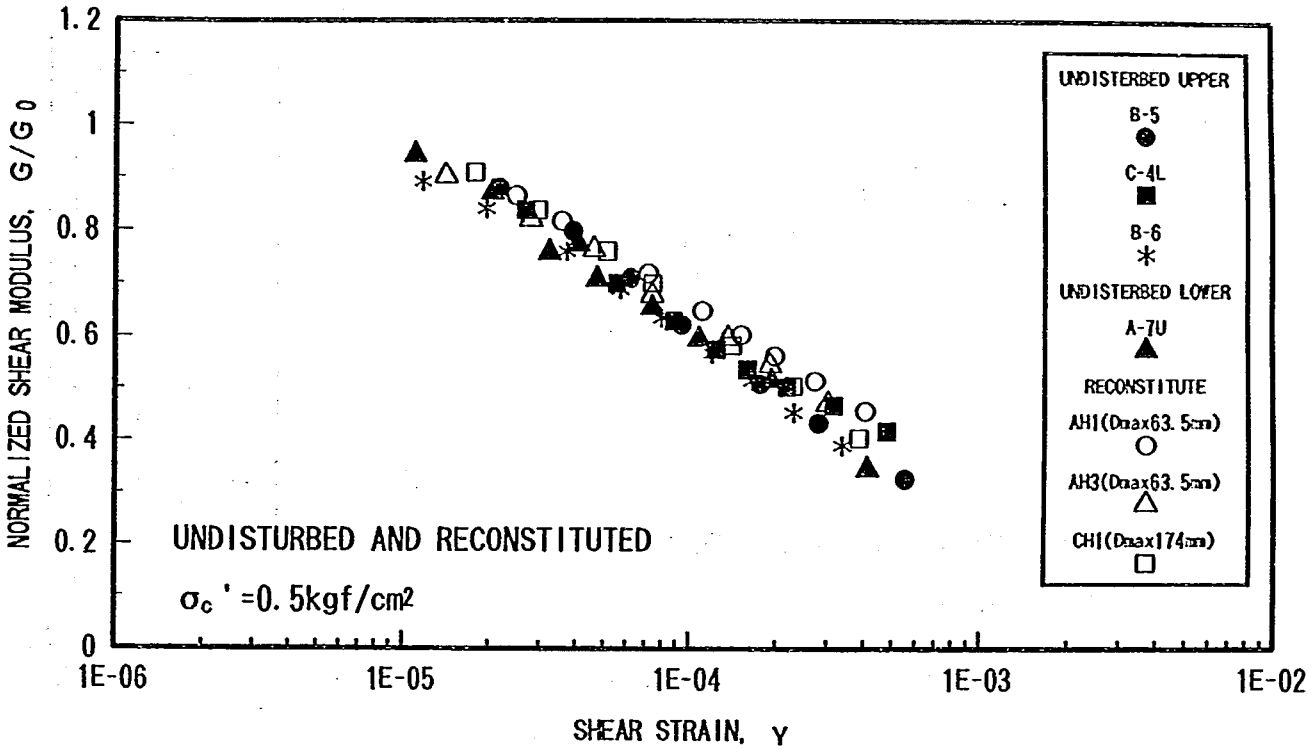


図-6.10(a)　G／G0～γ　（σc'=0.5kgf/cm²）

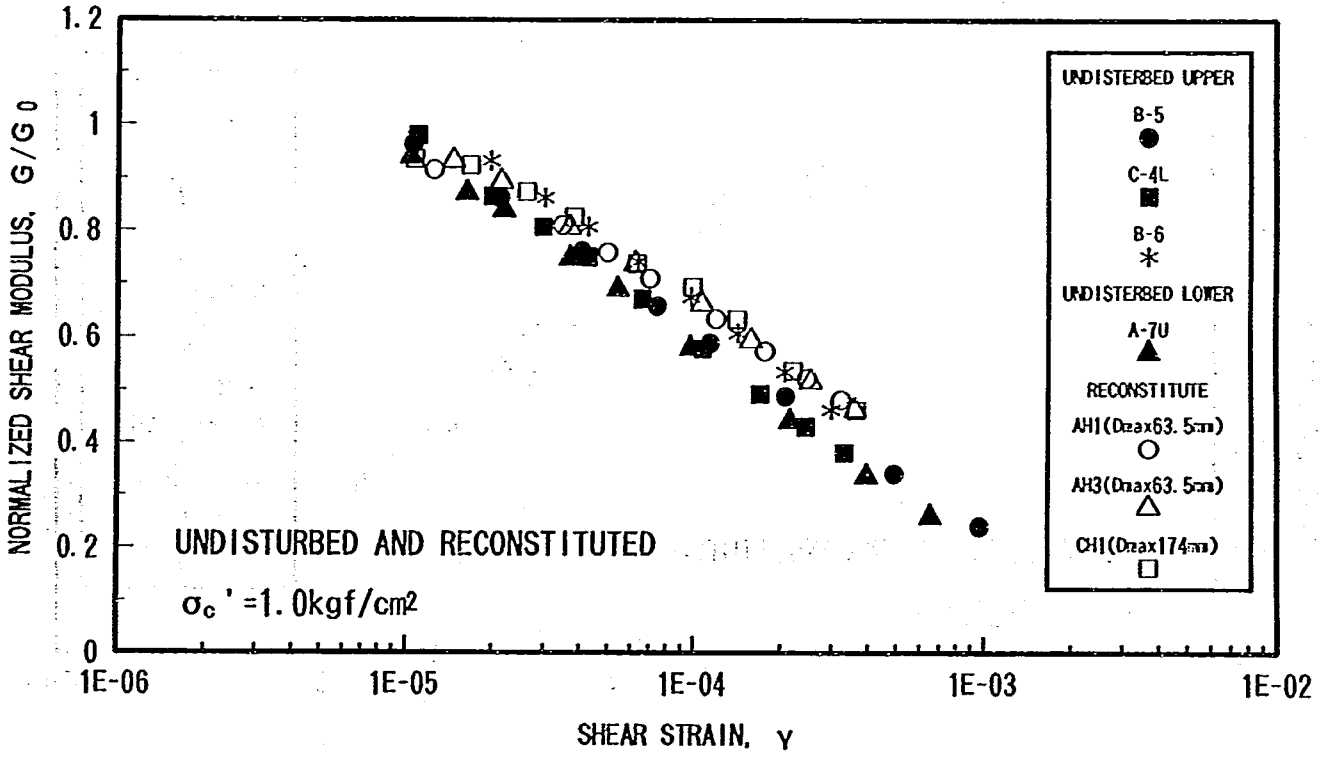


図-6.10(b)　G／G0～γ　（σc'=1.0kgf/cm²）

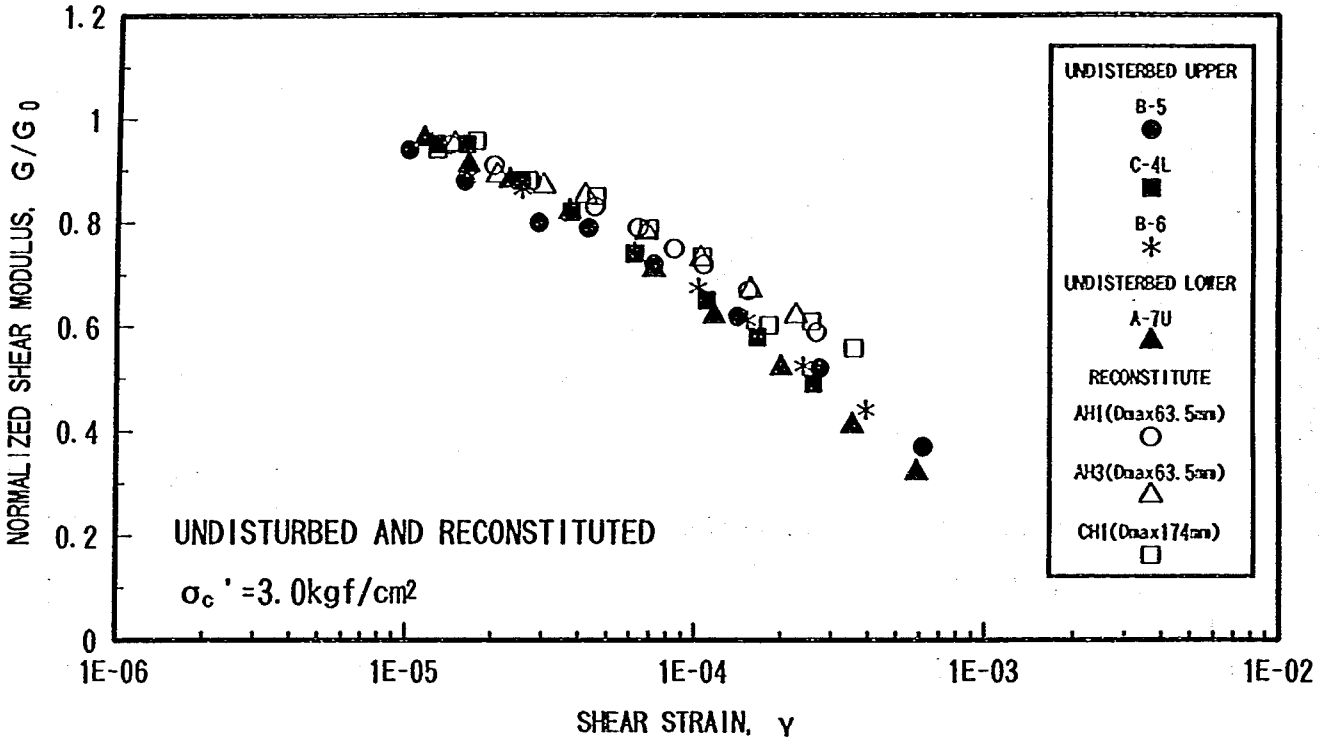


図-6.10(c)　G／G₀～γ　（σc'=3.0kgf/cm²）

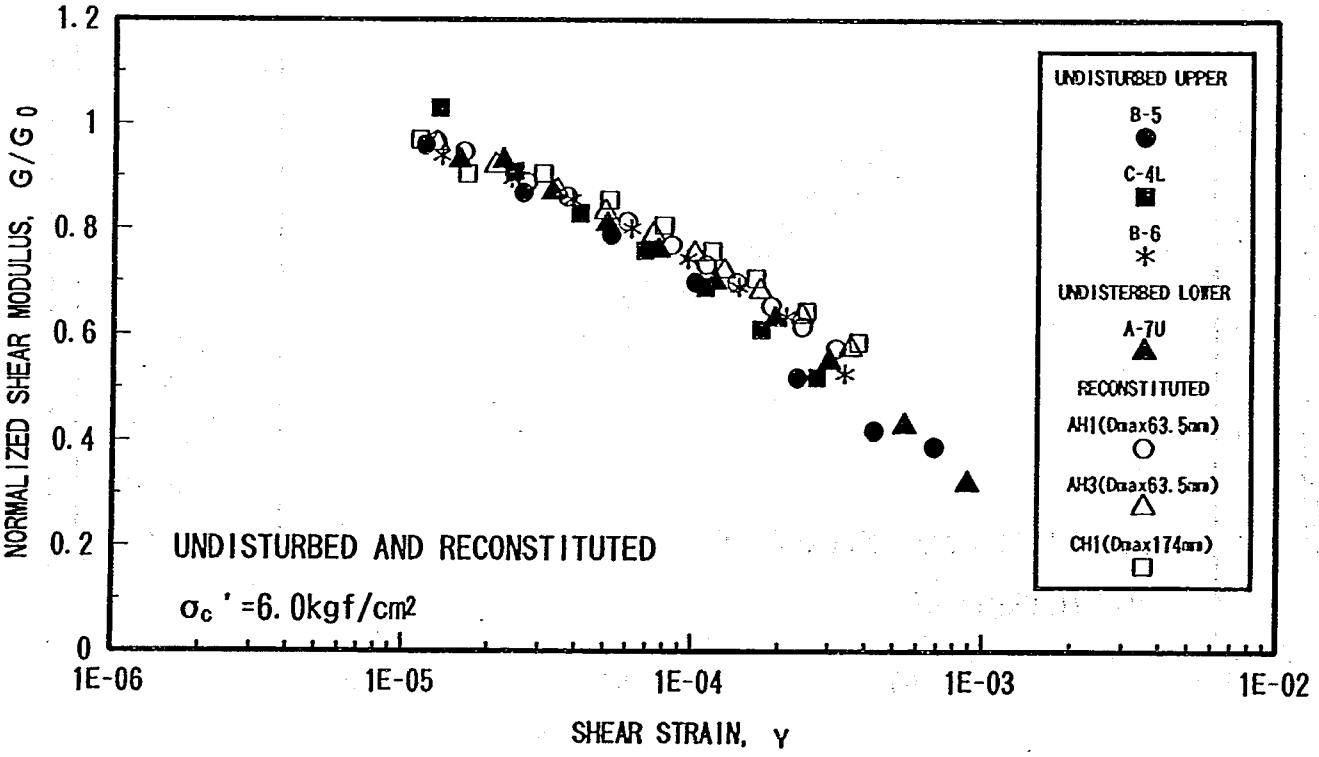


図-6.10(d)　G／G₀～γ　（σc'=6.0kgf/cm²）

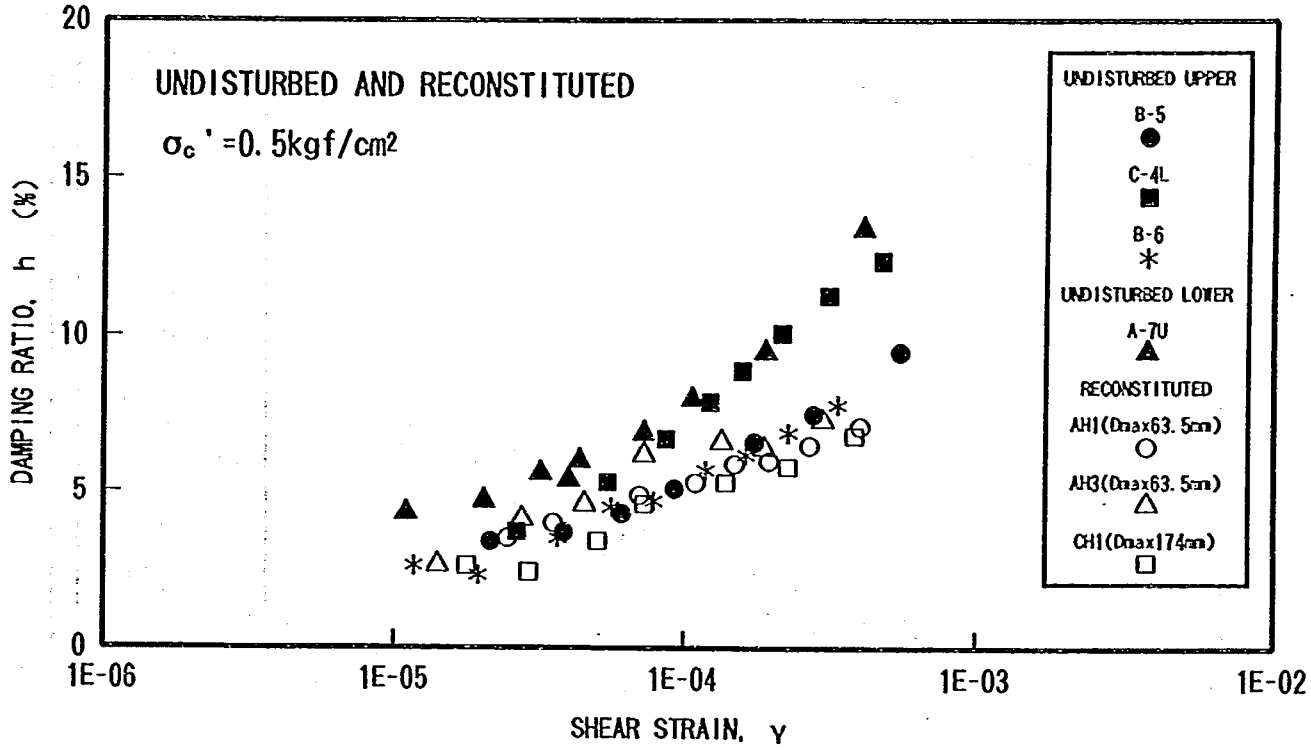


図-6.11(a) h～γ （σ_c' =0.5kgf/cm^2）

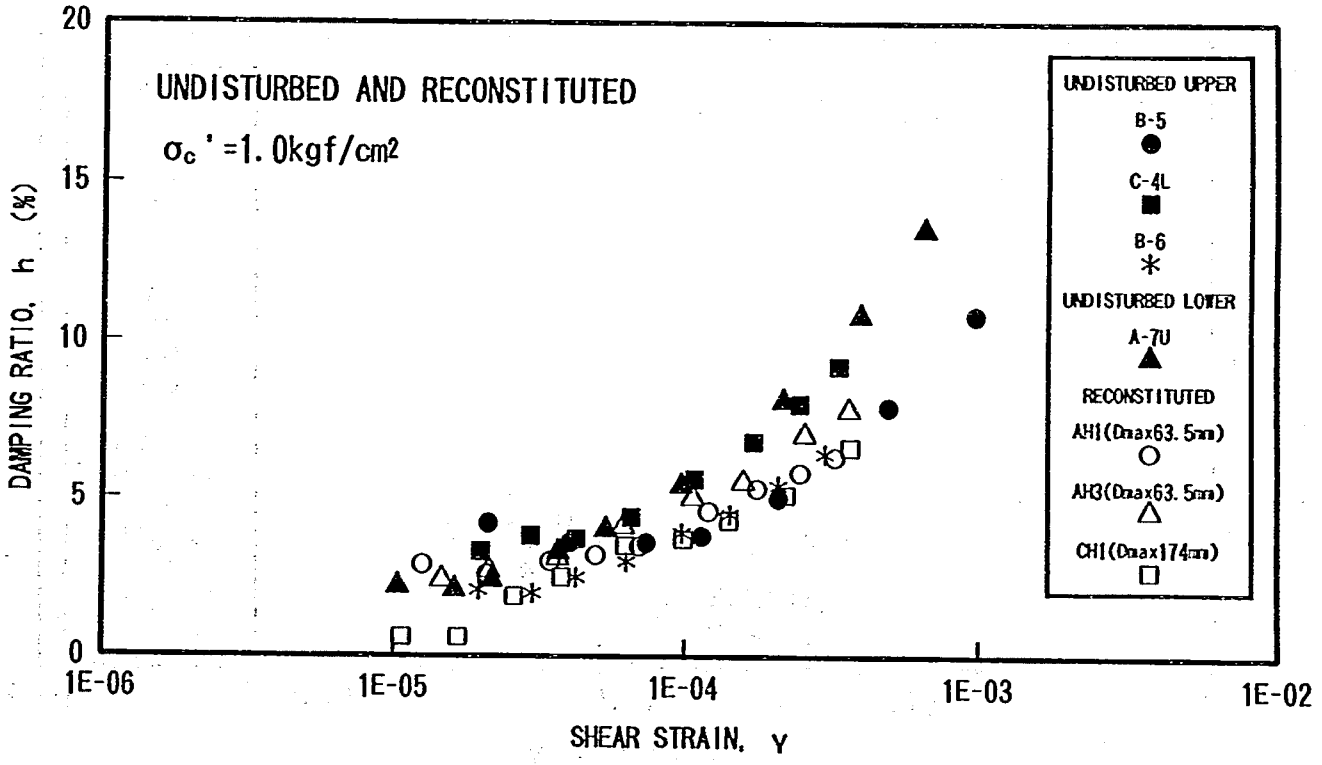


図-6.11(b) h～γ （σ_c' =1.0kgf/cm^2）

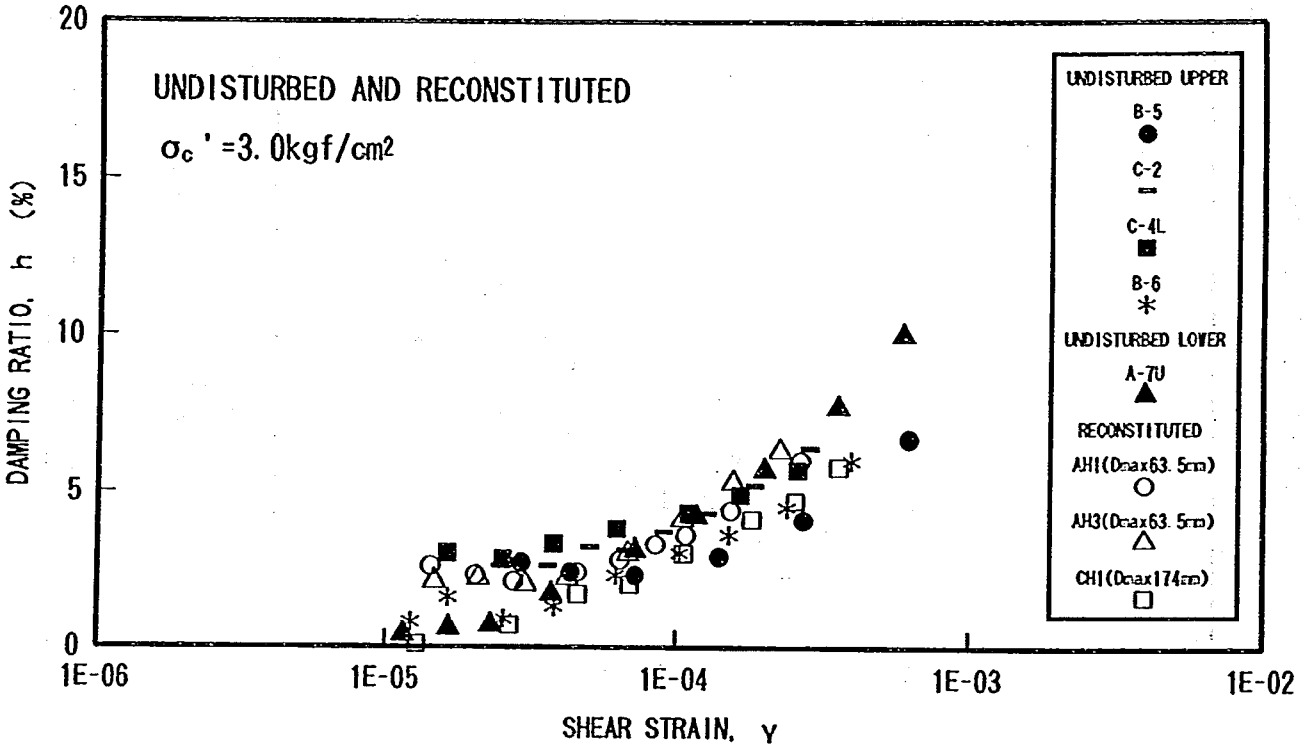


図-6.11(c) h～γ (σc'=3.0kgf/cm²)

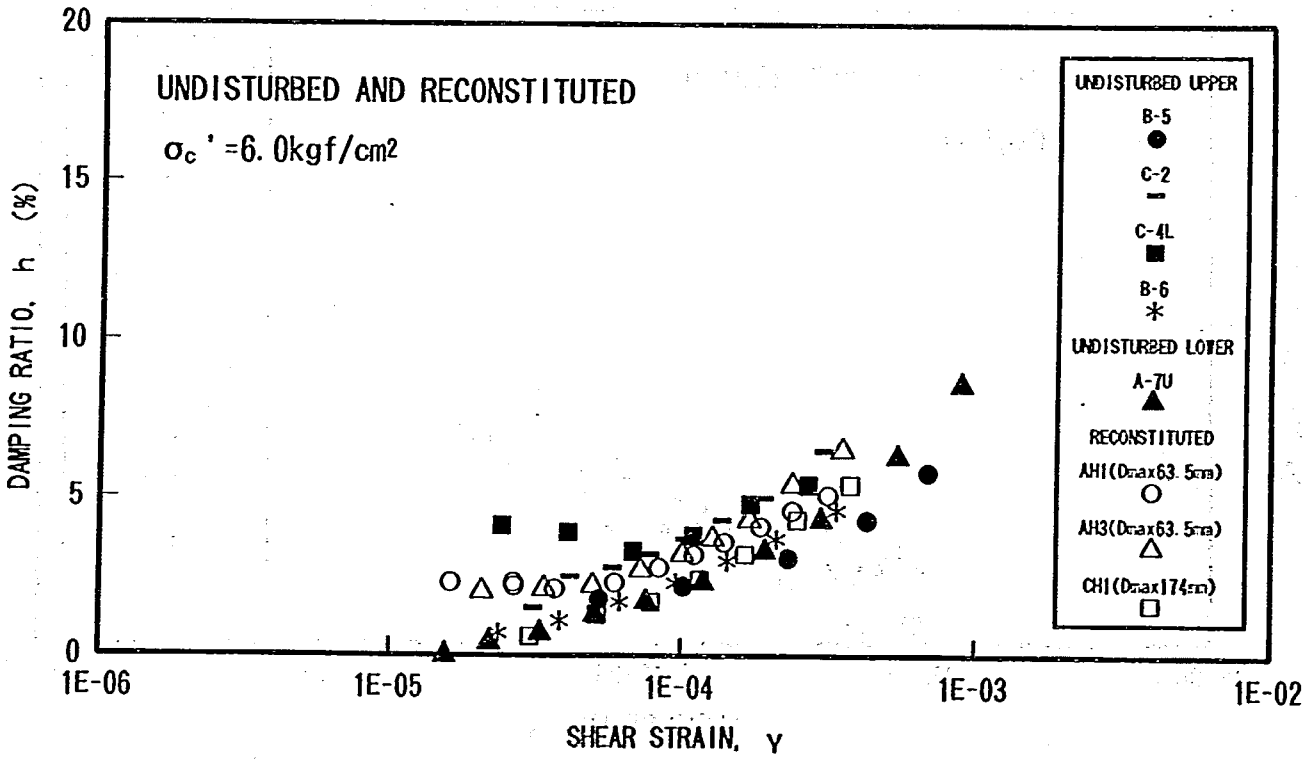


図-6.11(d) h～γ (σc'=6.0kgf/cm²)

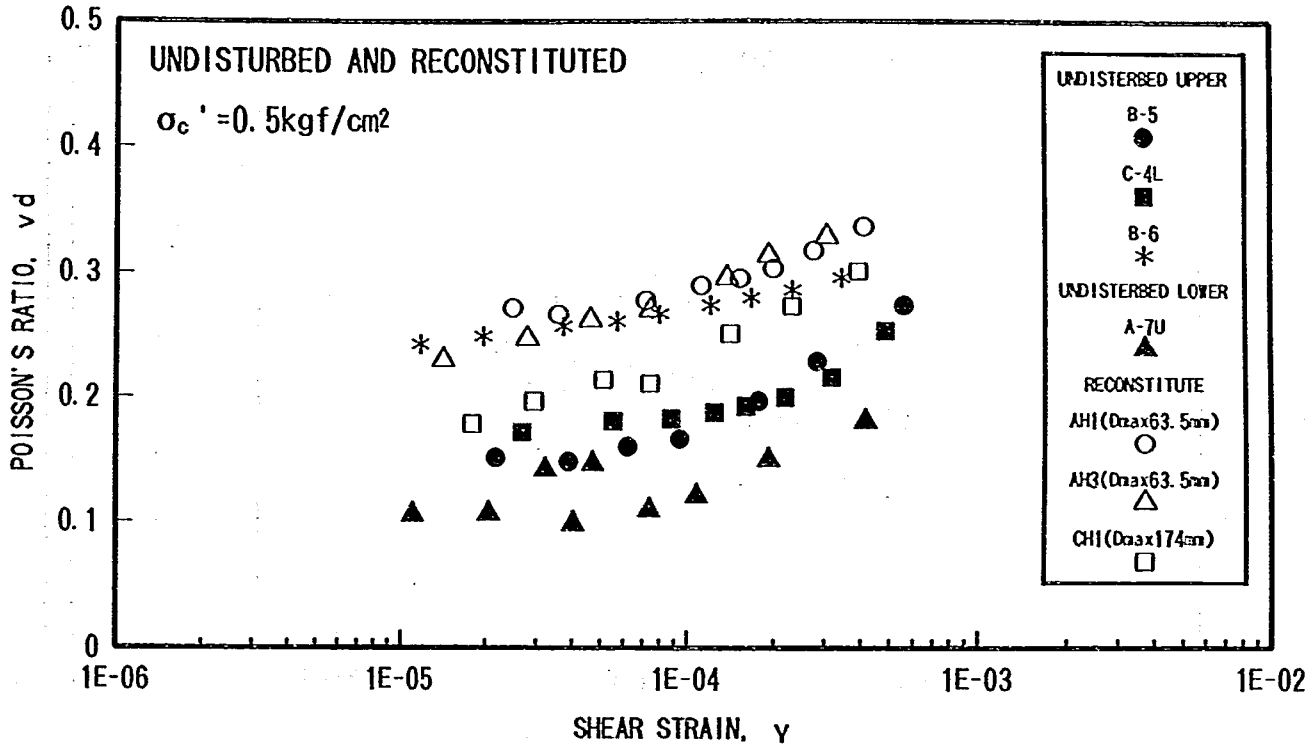


図-6.12(a)　$\nu d \sim \gamma$　(σ_c' =0.5kgf/cm^2)

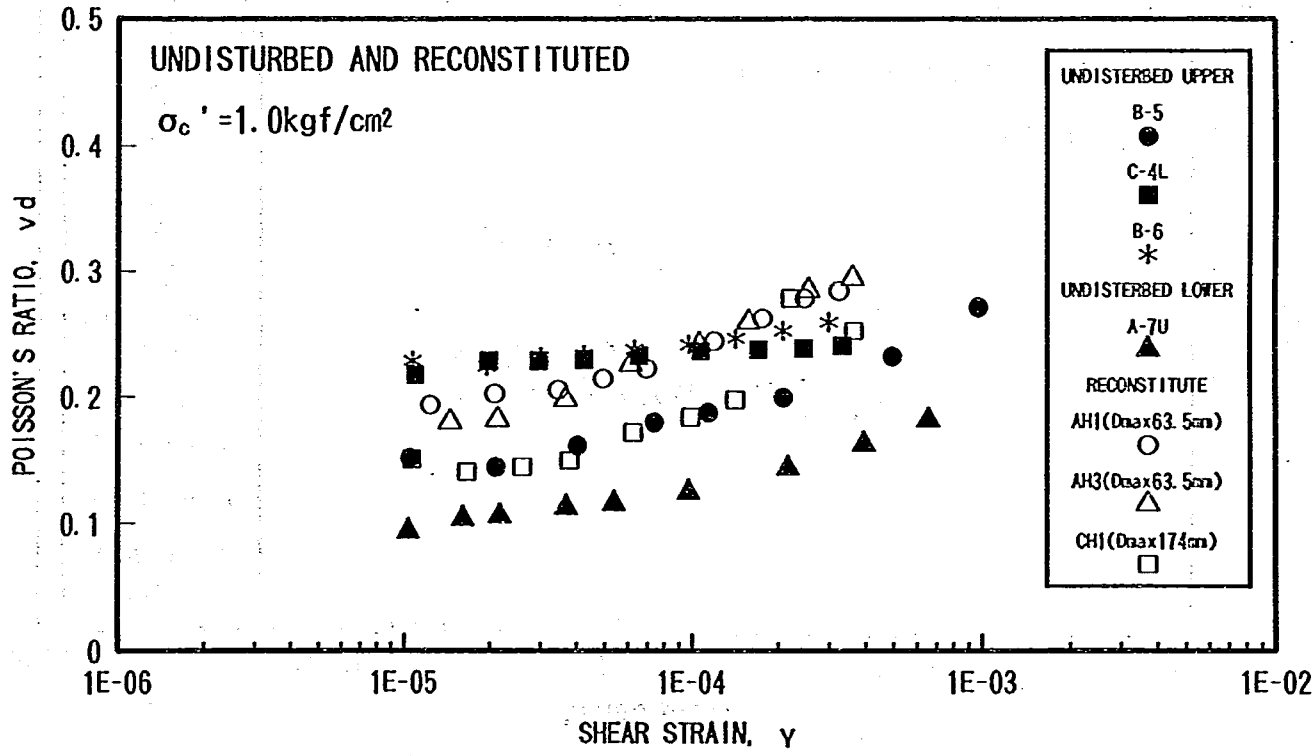


図-6.12(b)　$\nu d \sim \gamma$　(σ_c' =1.0kgf/cm^2)

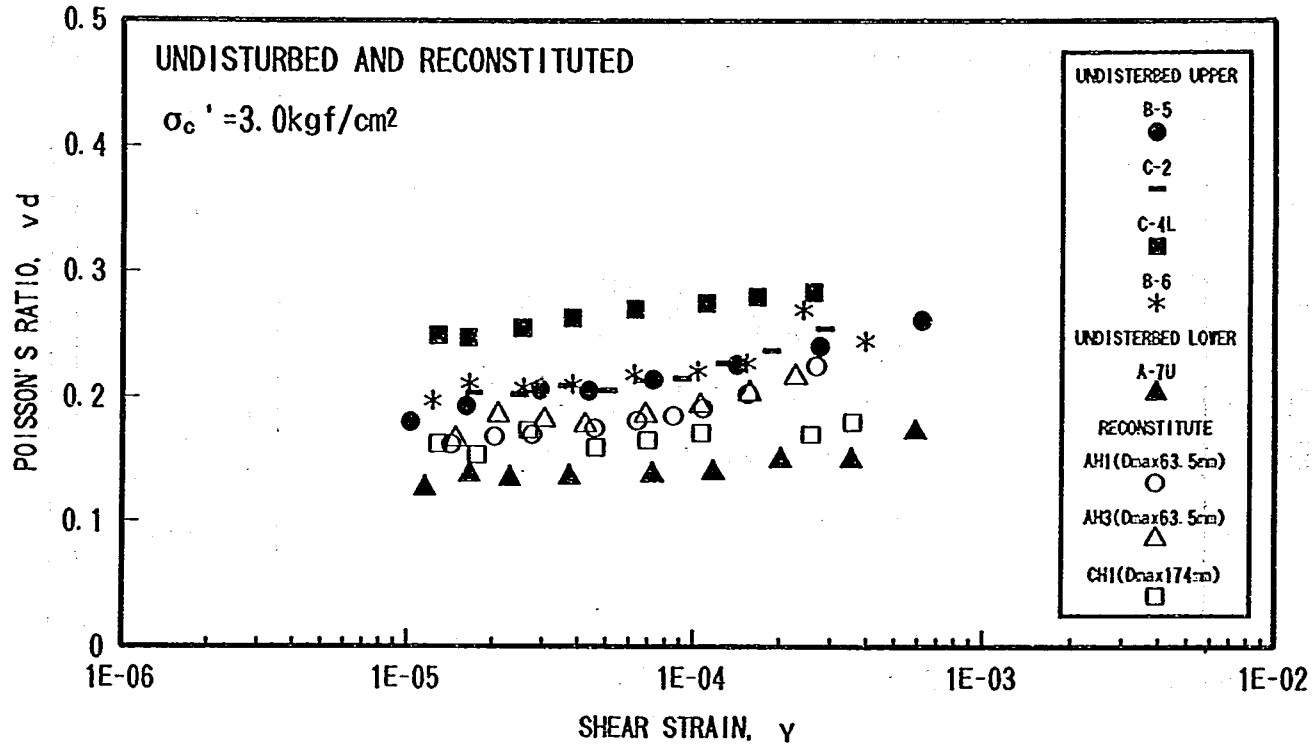


図-6.12(c)　$\nu d \sim \gamma$　(σ_c' =3.0kgf/cm^2)

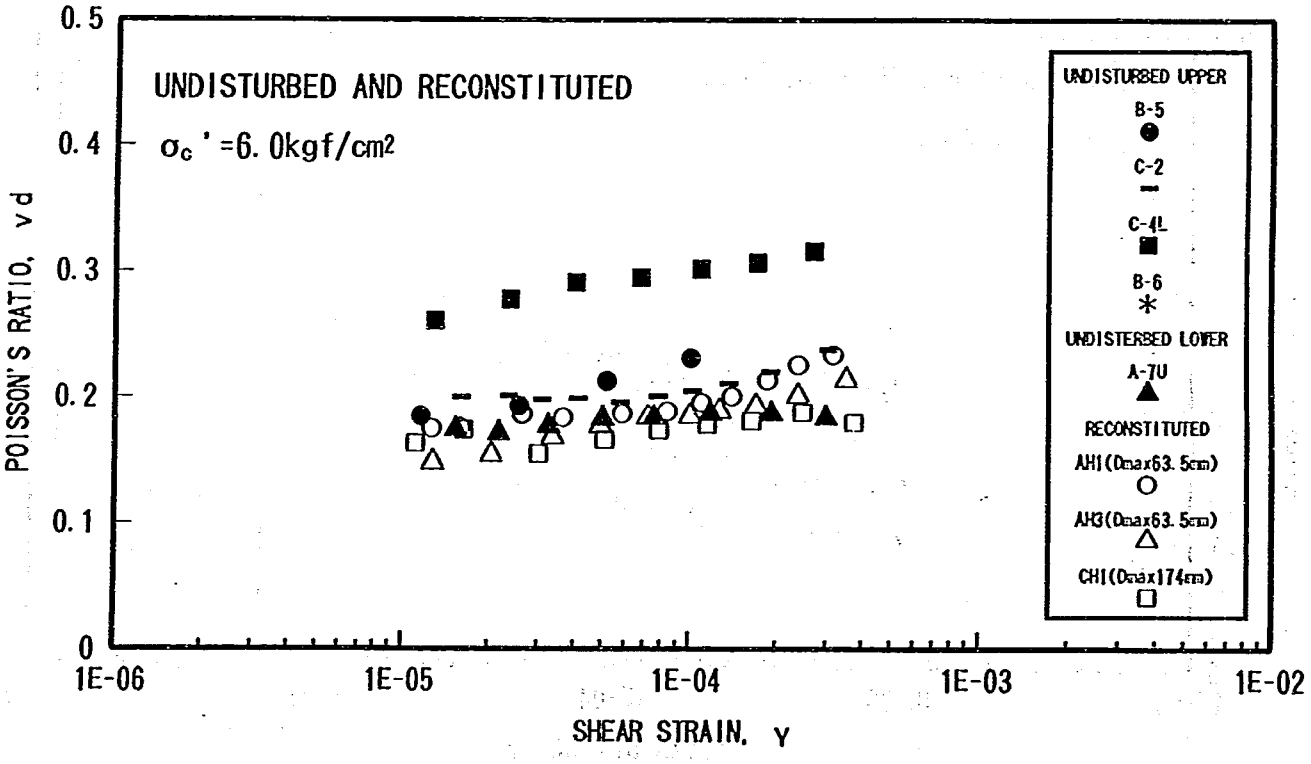


図-6.12(d)　$\nu d \sim \gamma$　(σ_c' =6.0kgf/cm^2)

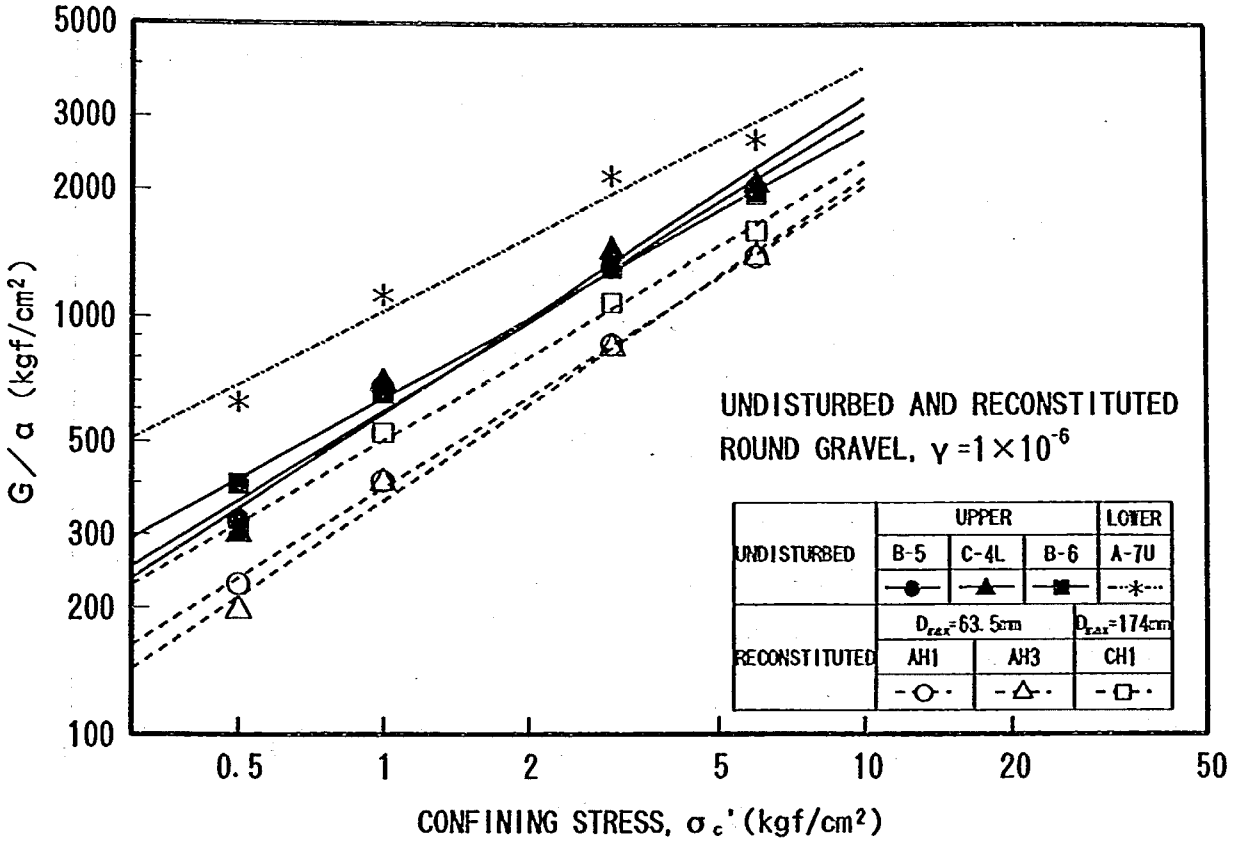


図-6.13　せん断剛性率と拘束圧との関係

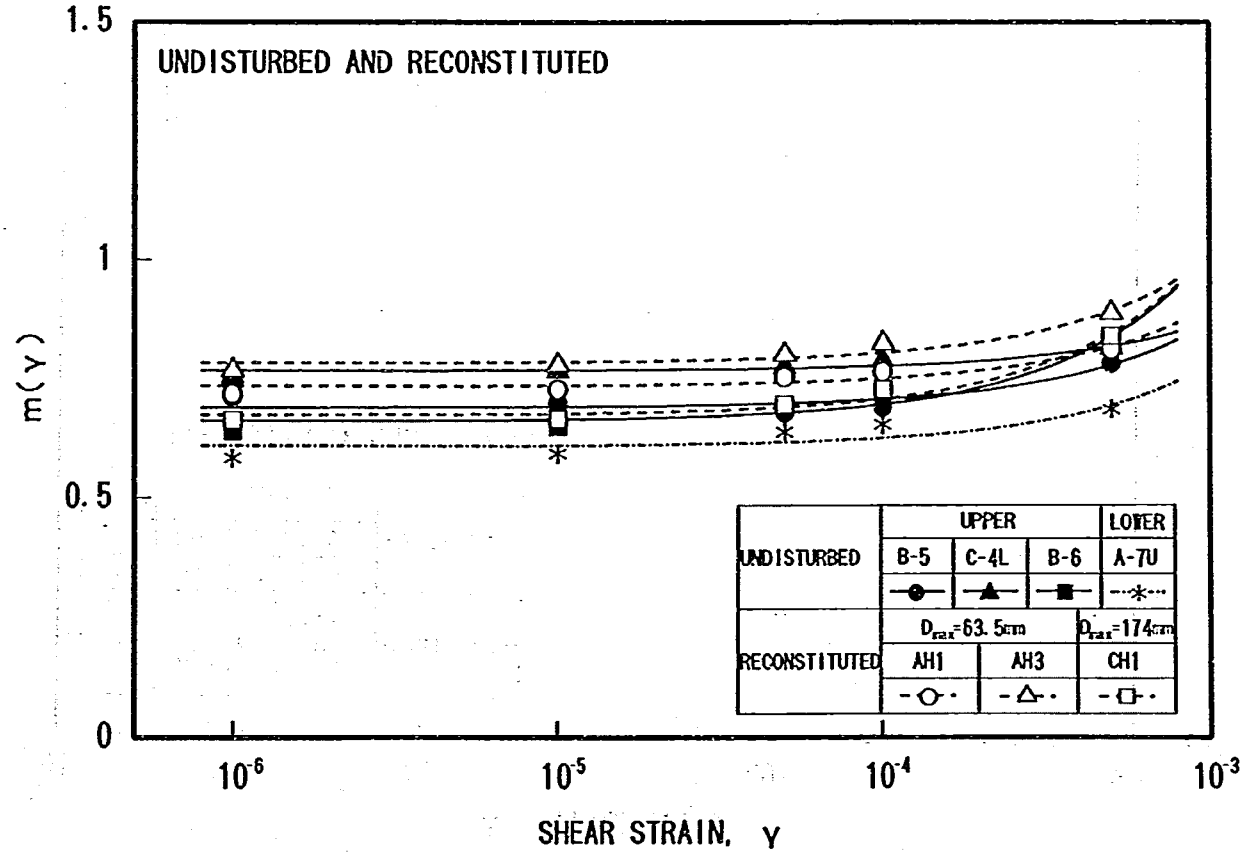


図-6.14　m（γ）とせん断ひずみとの関係

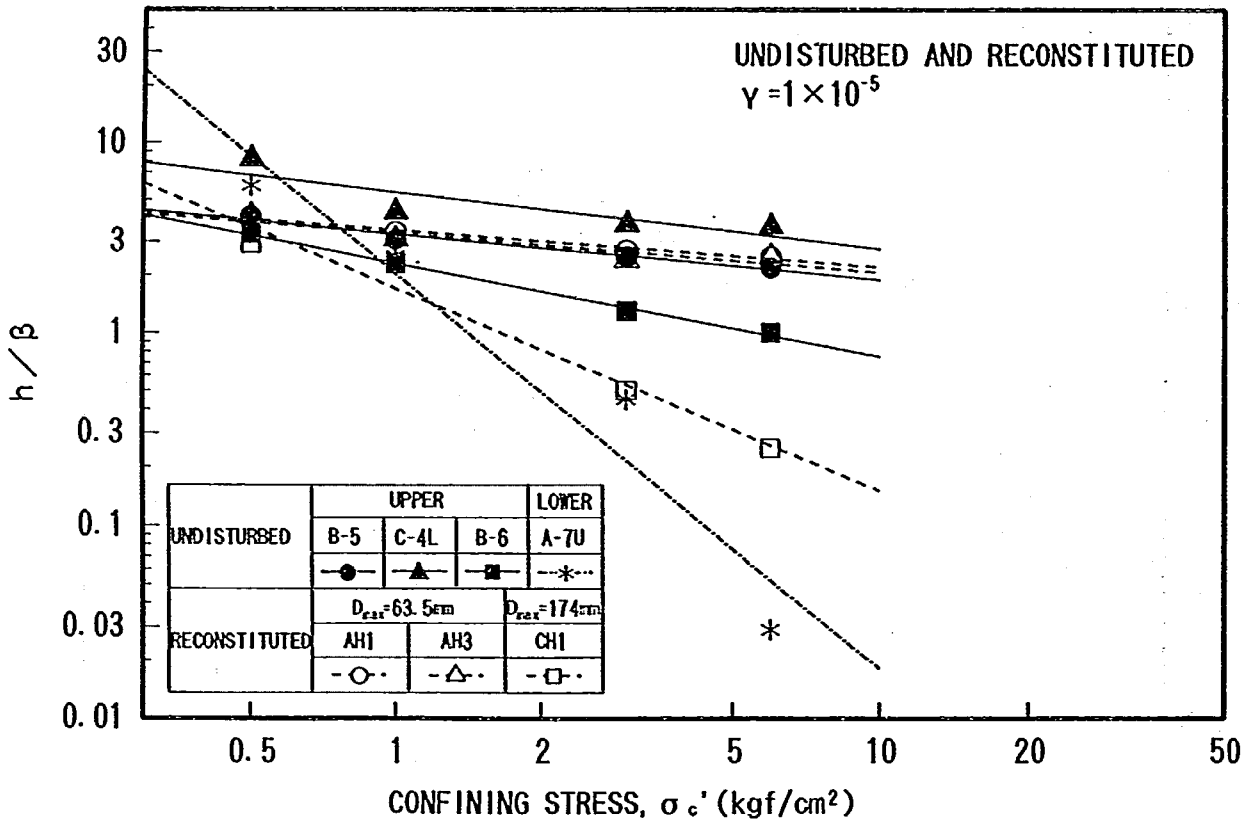


図-6.15　減衰定数と拘束圧との関係

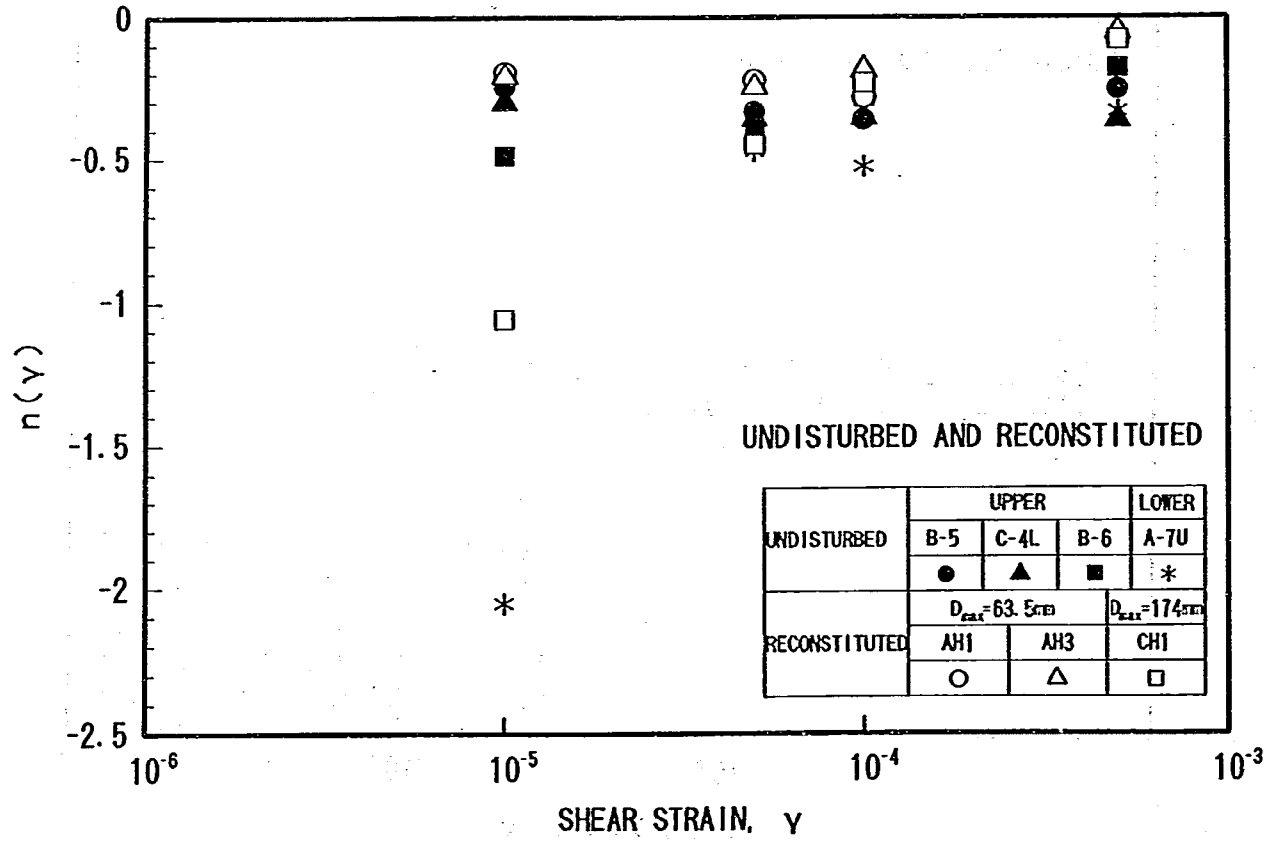


図-6.16　n（γ）とせん断ひずみとの関係

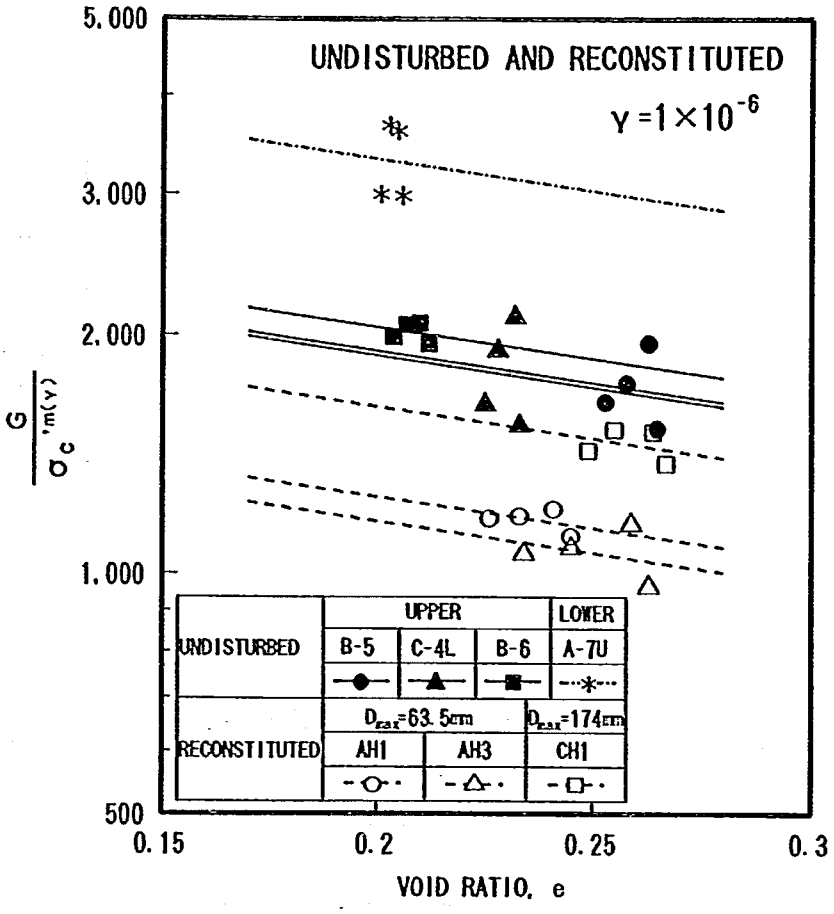


図-6.17　せん断剛性率と間隙比との関係

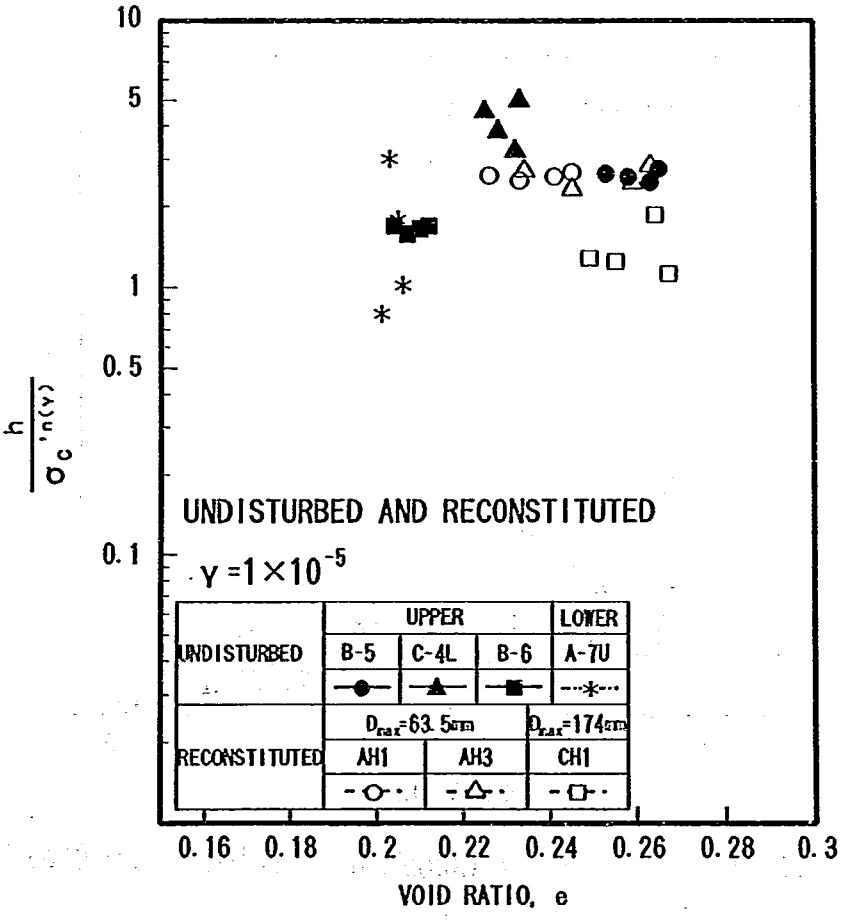


図-6.18　減衰率と間隙比との関係

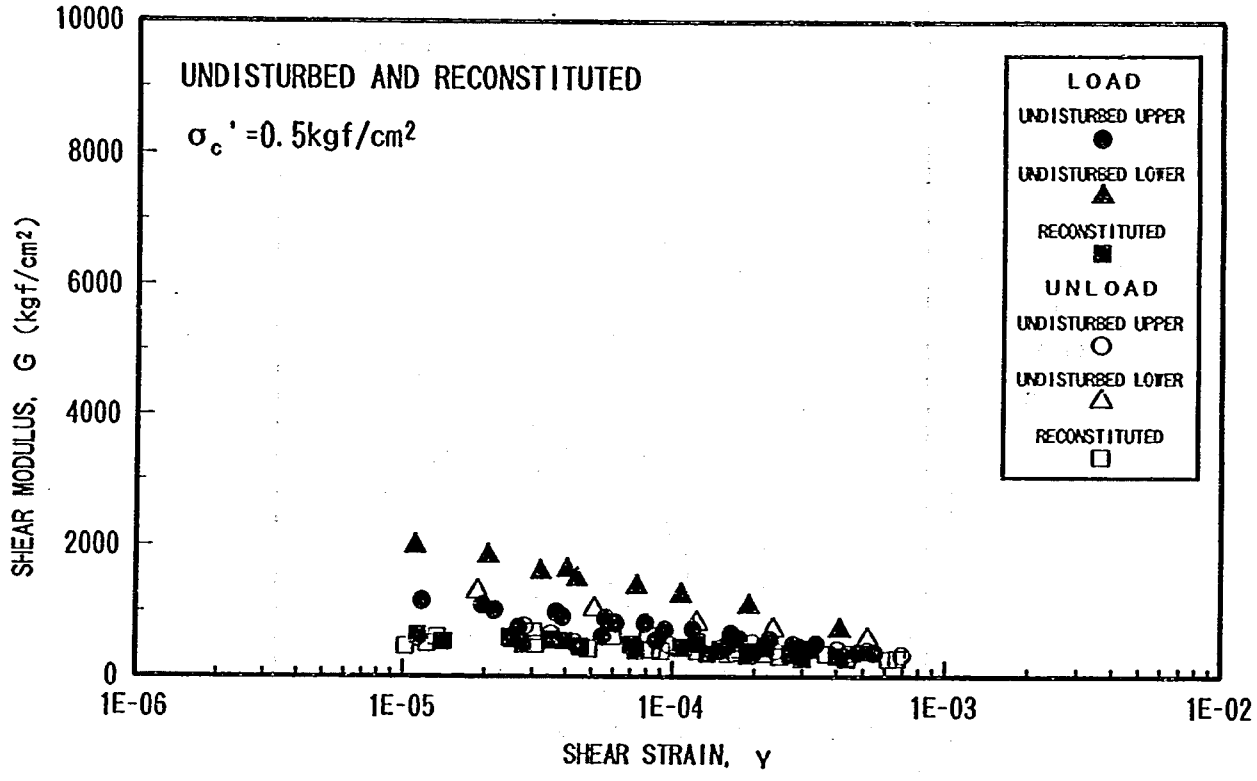


図-6.19(a)　G～γ　（σ_c' =0.5kgf/cm^2）応力ひずみ履歴の影響

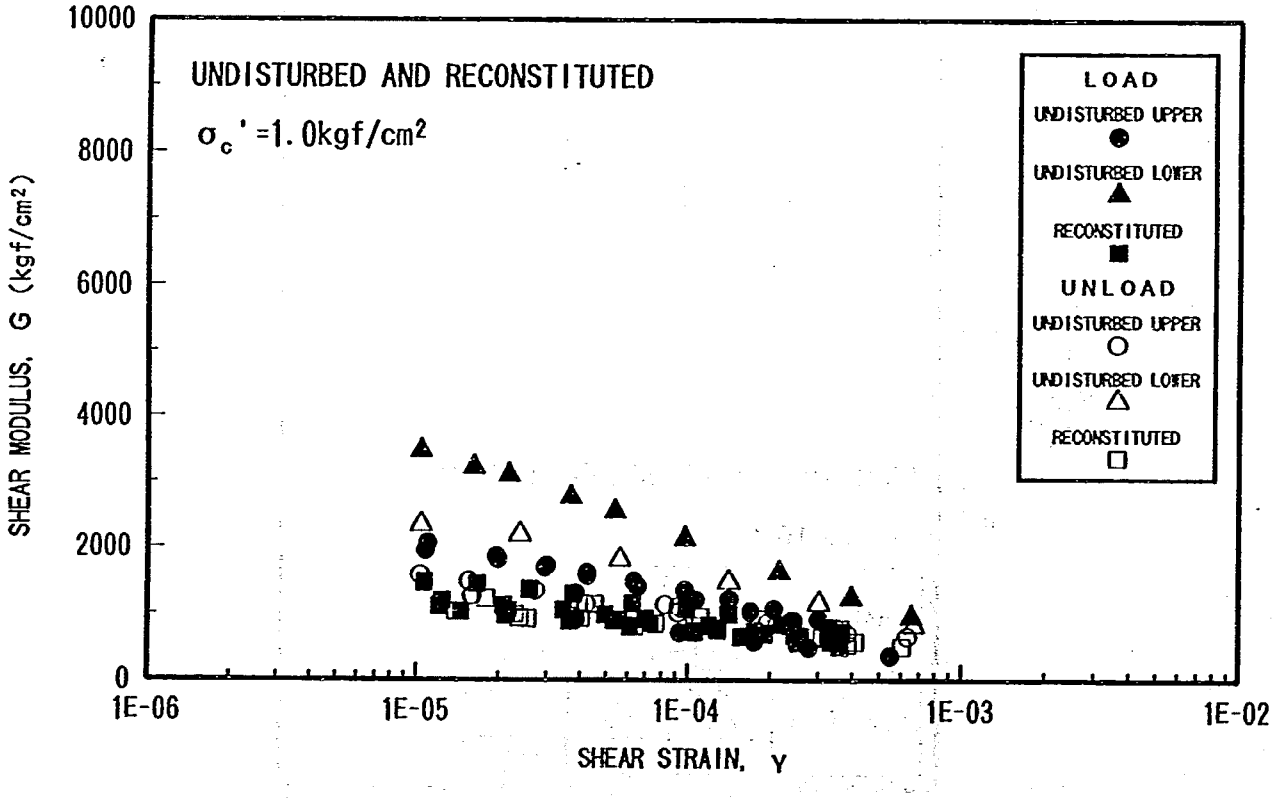


図-6.19(b)　G～γ　（σ_c' =1.0kgf/cm^2）応力ひずみ履歴の影響

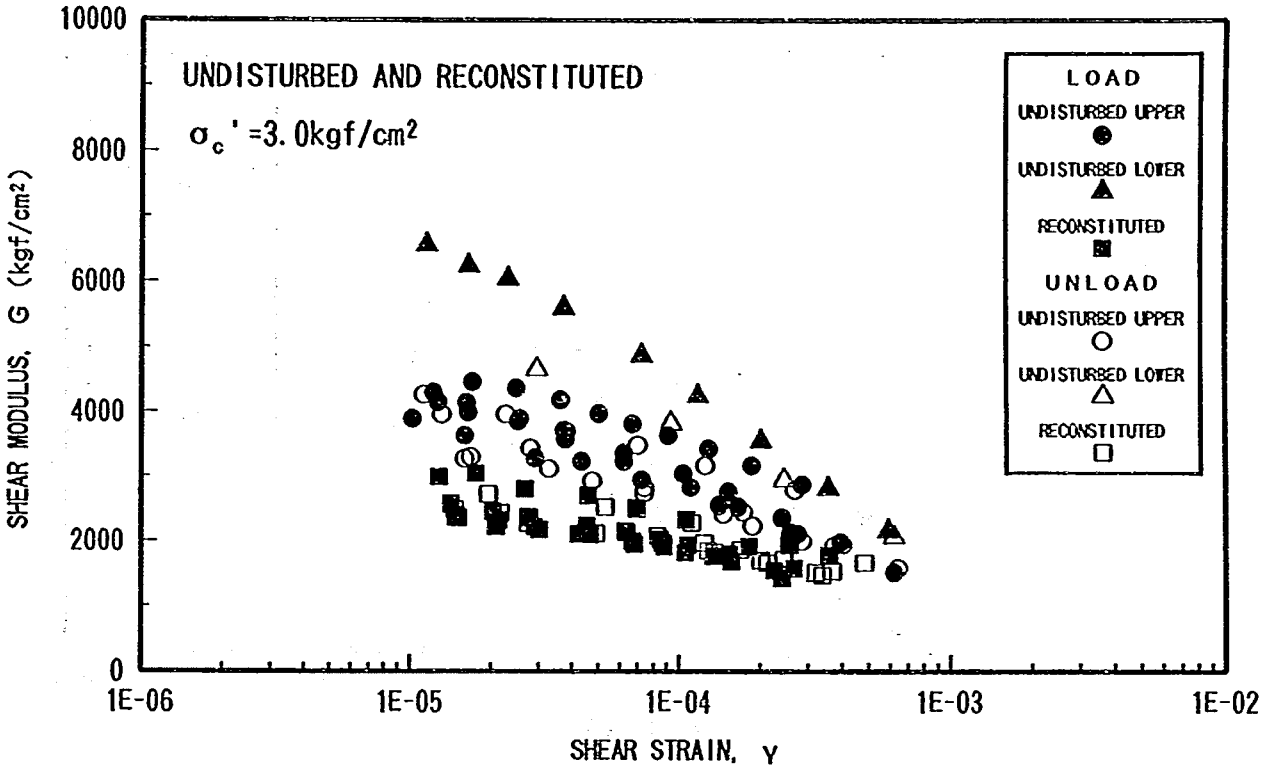


図-6.19(c)　G～γ　（σ_c' =3.0kgf/cm ^{2}）応力ひずみ履歴の影響

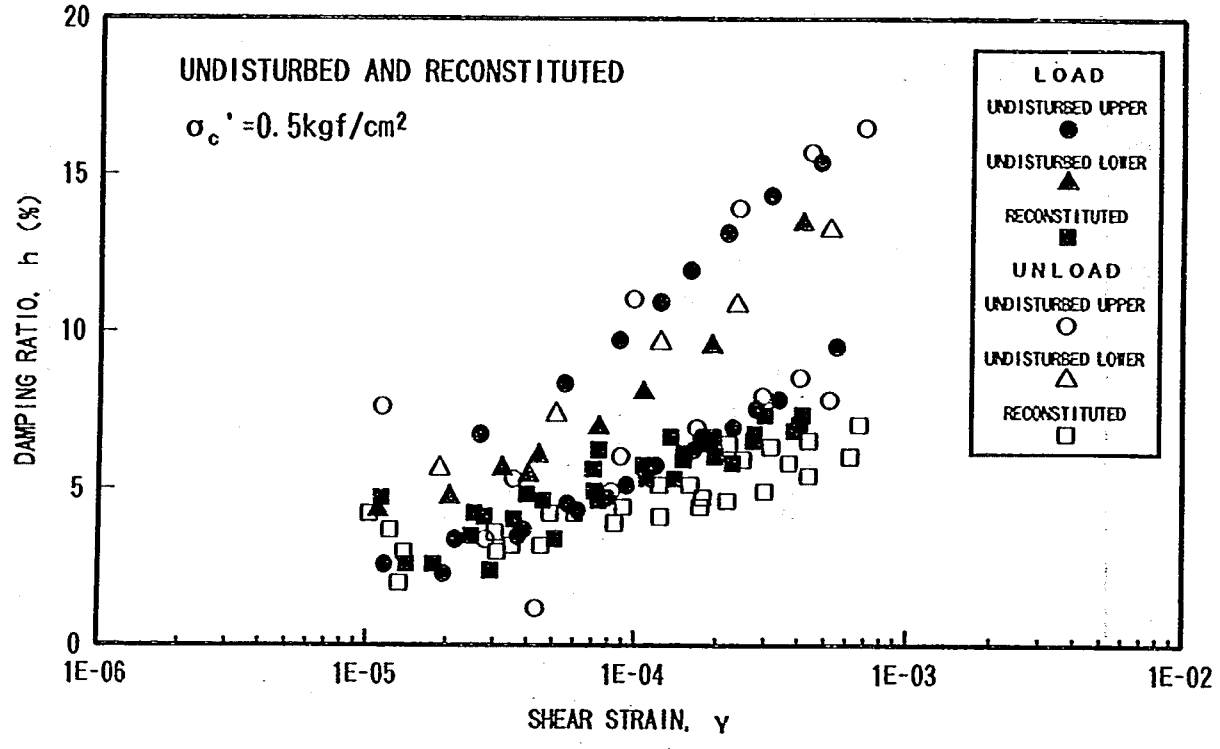


図-6.20(a)　h～γ　（σ_c' =0.5kgf/cm^2）応力ひずみ履歴の影響

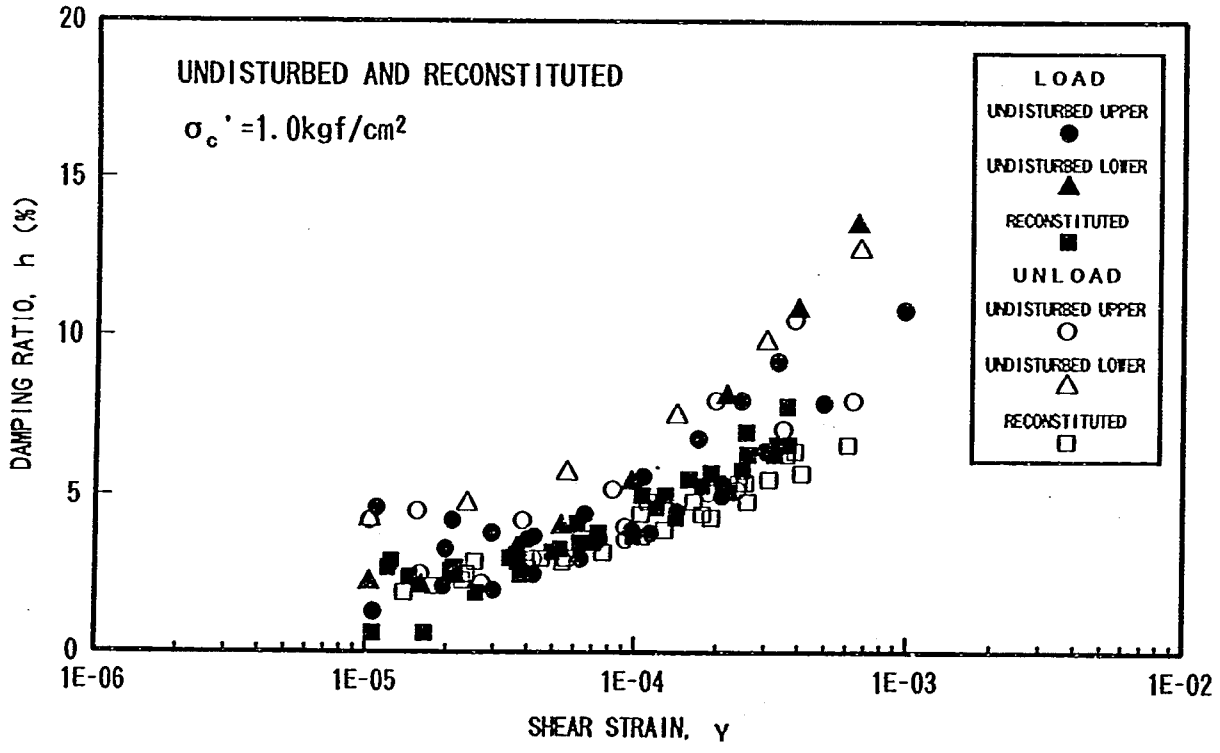


図-6.20(b)　h～γ　（σ_c' =1.0kgf/cm^2）応力ひずみ履歴の影響

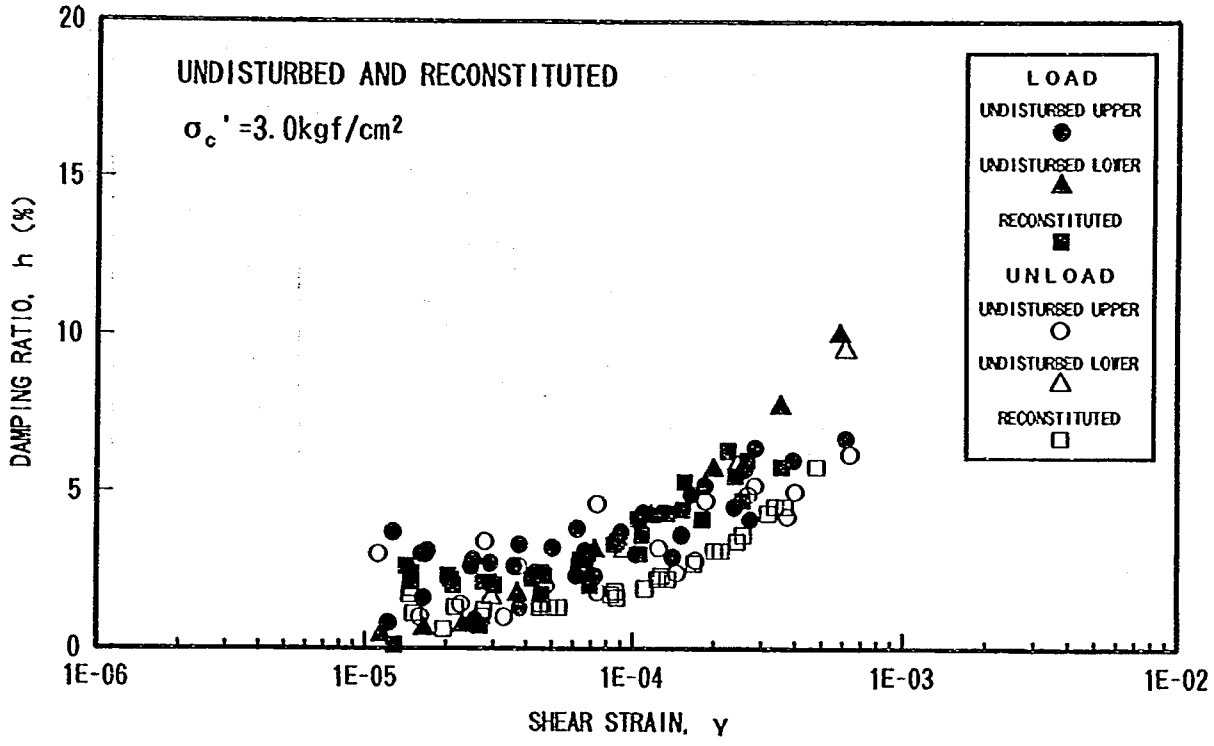


図-6.20(c)　h～γ　（σc' =3.0kgf/cm²）応力ひずみ履歴の影響

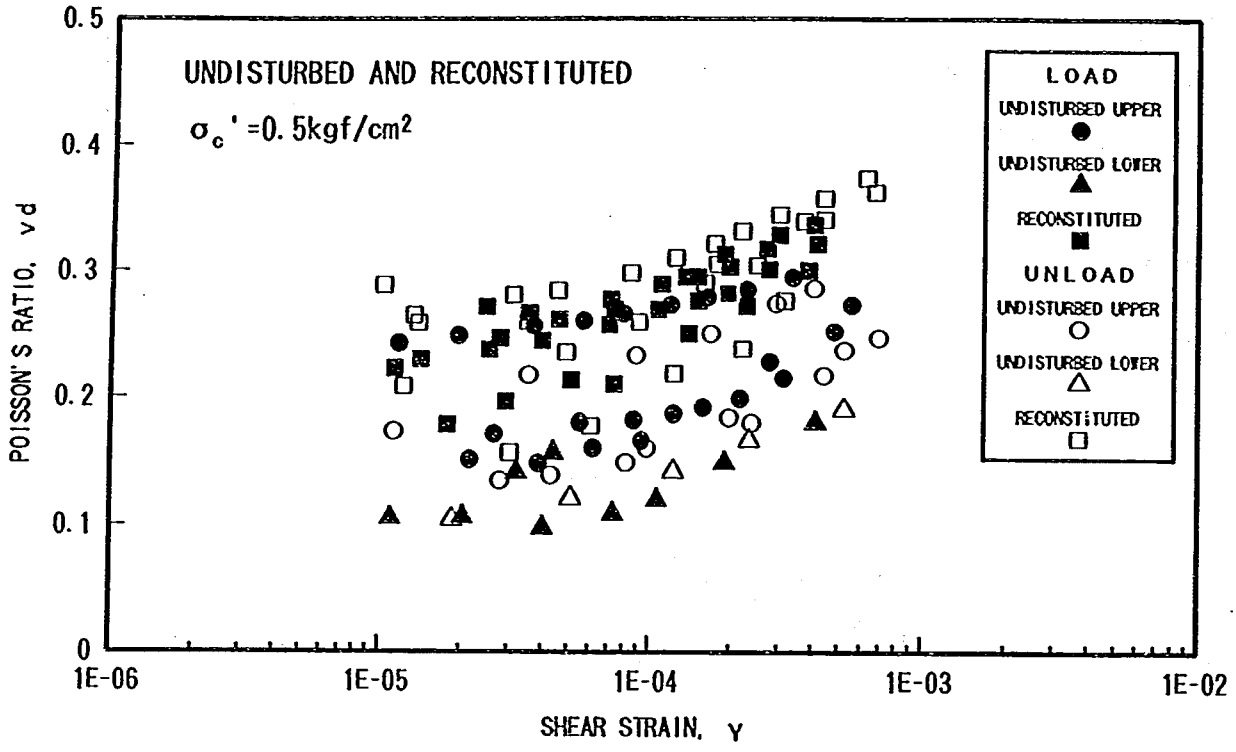


図-6.21(a)　$\nu_d \sim \gamma$　（σ_c' =0.5kgf/cm^2）応力ひずみ履歴の影響

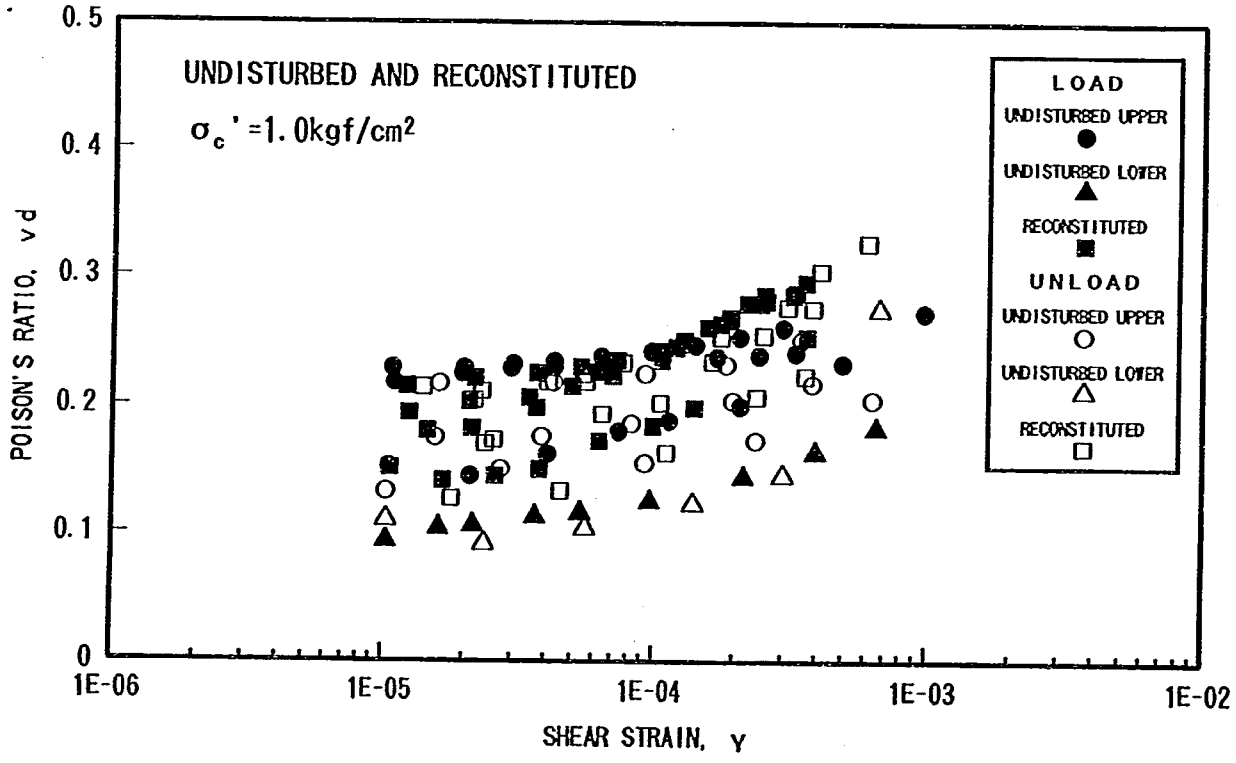


図-6.21(b)　$\nu_d \sim \gamma$　（σ_c' =1.0kgf/cm^2）応力ひずみ履歴の影響

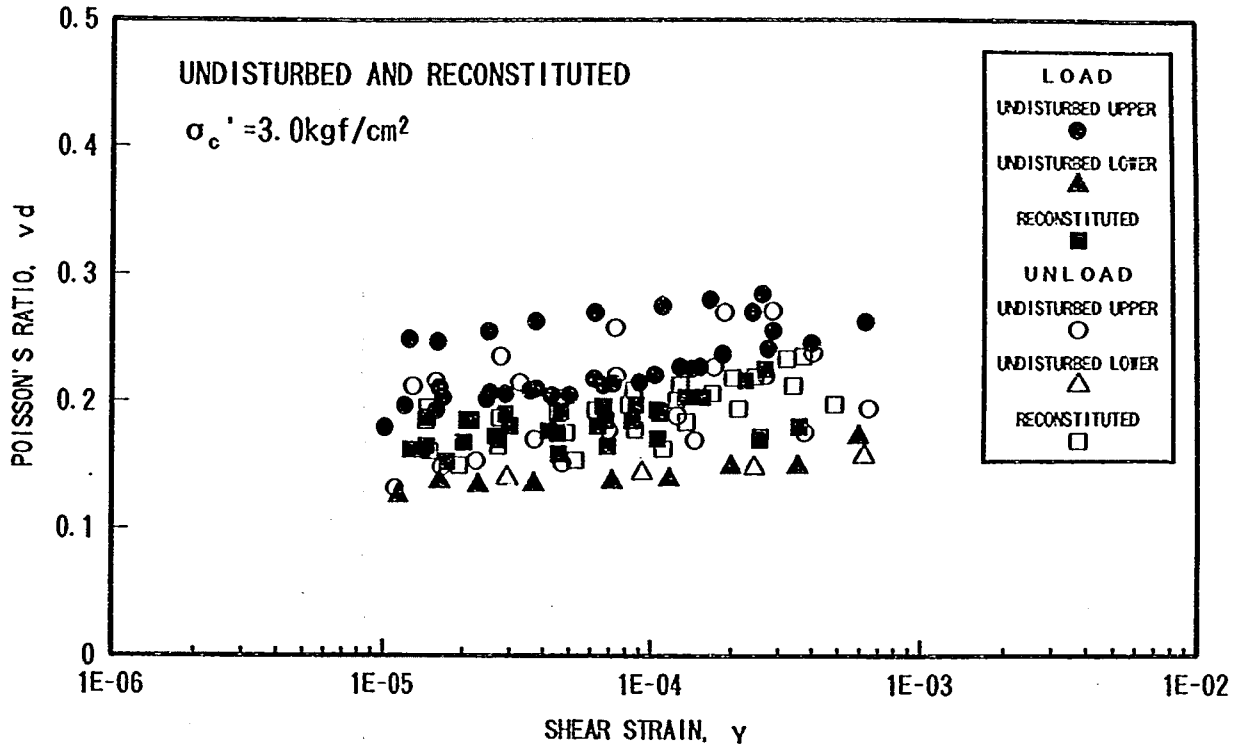


図-6.21(c)　$\nu_d \sim \gamma$　（σ_c' =3.0kgf/cm ^{2}）応力ひずみ履歴の影響

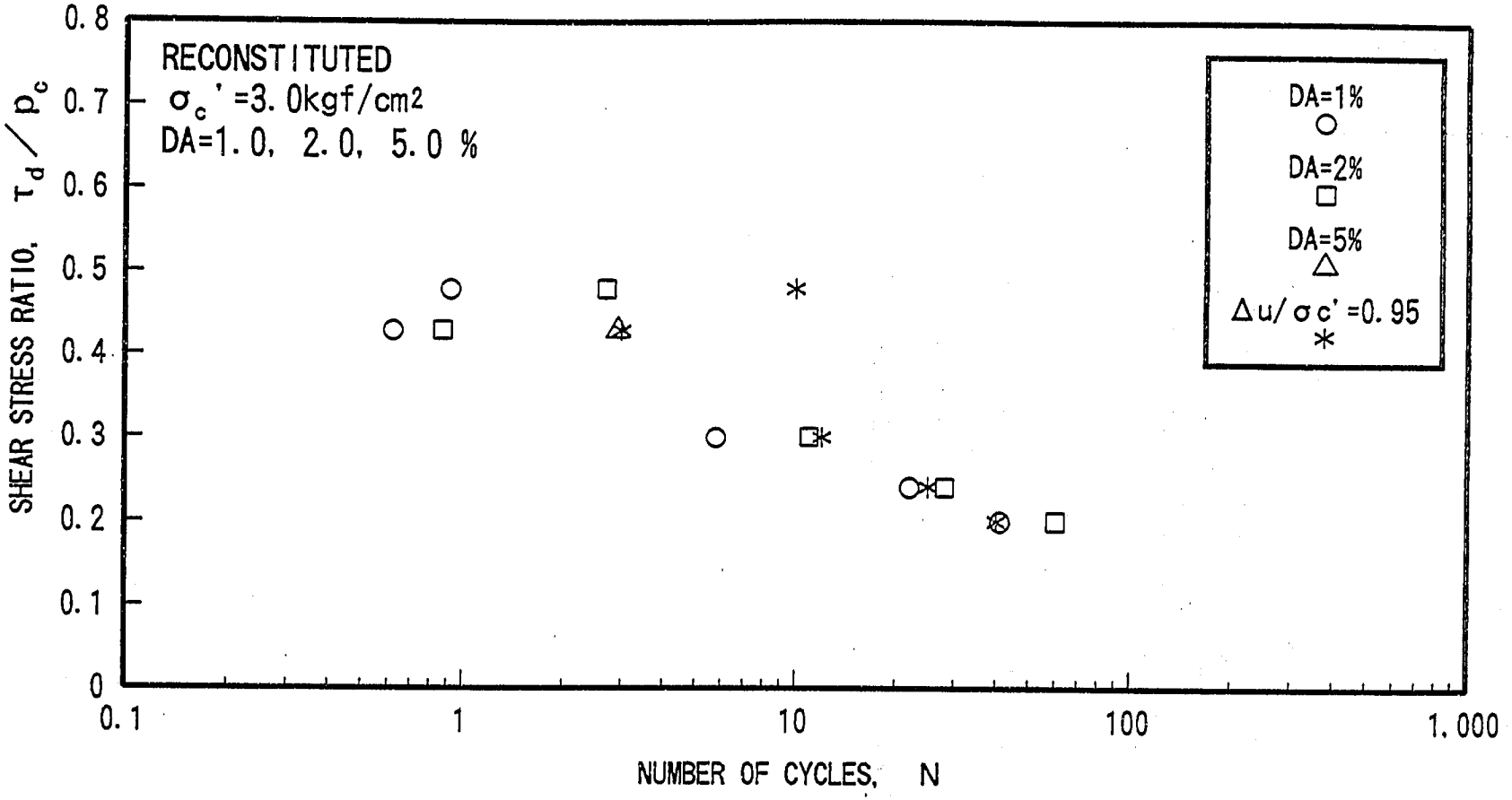


図-6.22　応力比と載荷回数の関係　（σ_c' =3.0kgf/cm^2 ,DA=1.0,2.0,5.0%,du/ σ_c'=0.95 ）

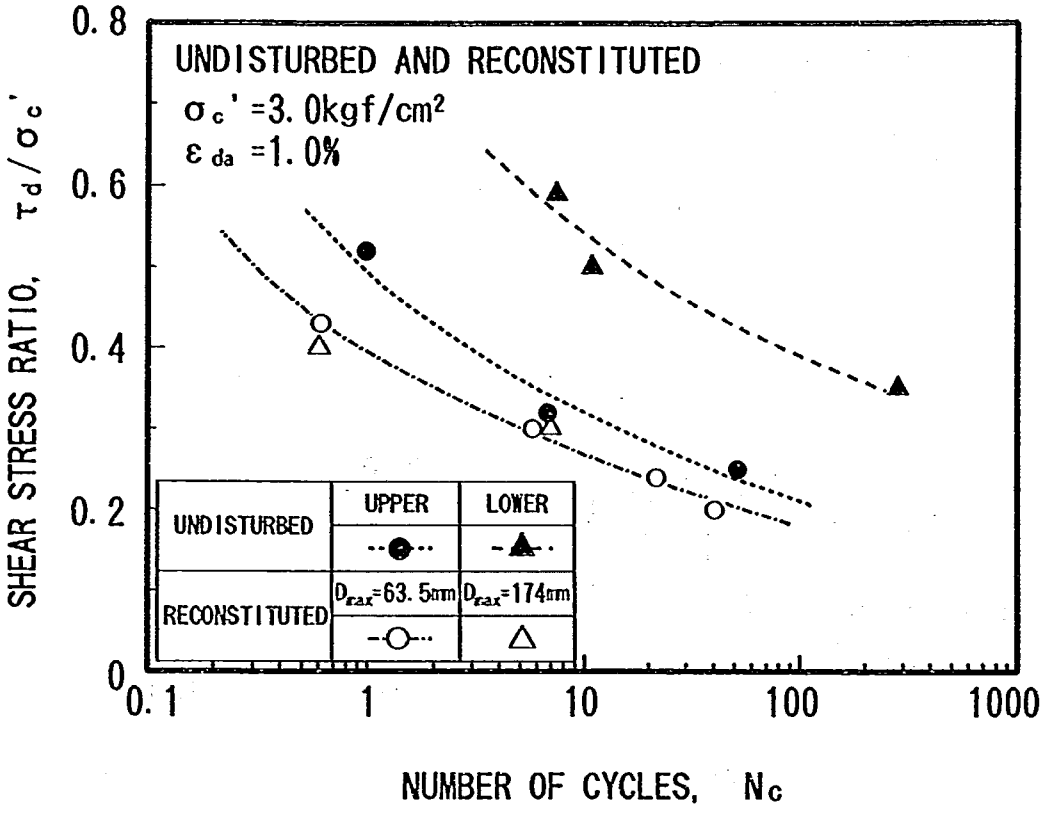


図-6.23(a) 応力比と載荷回数の関係 （σ_c' =3.0kgf/cm^2,DA=1%）

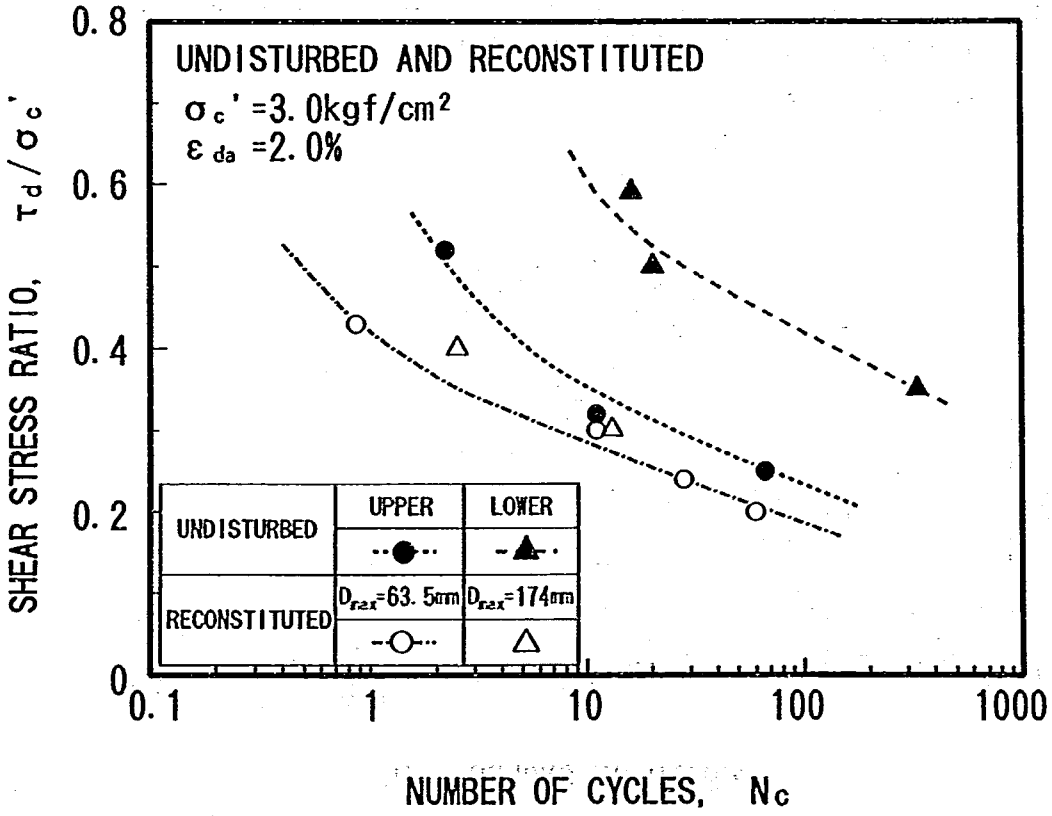


図-6.23(b) 応力比と載荷回数の関係 （σ_c' =3.0kgf/cm^2,DA=2%）

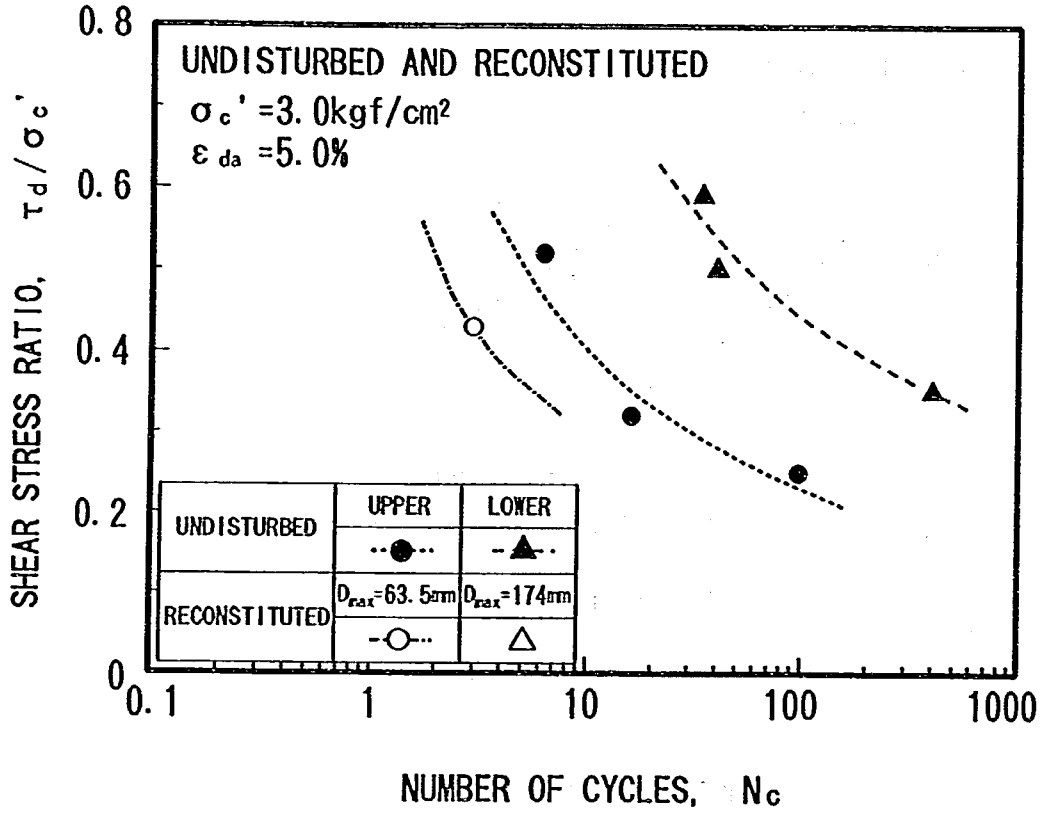


図-6.23(c) 応力比と載荷回数の関係 （σ_c' =3.0kgf/cm^2,DA=5%）

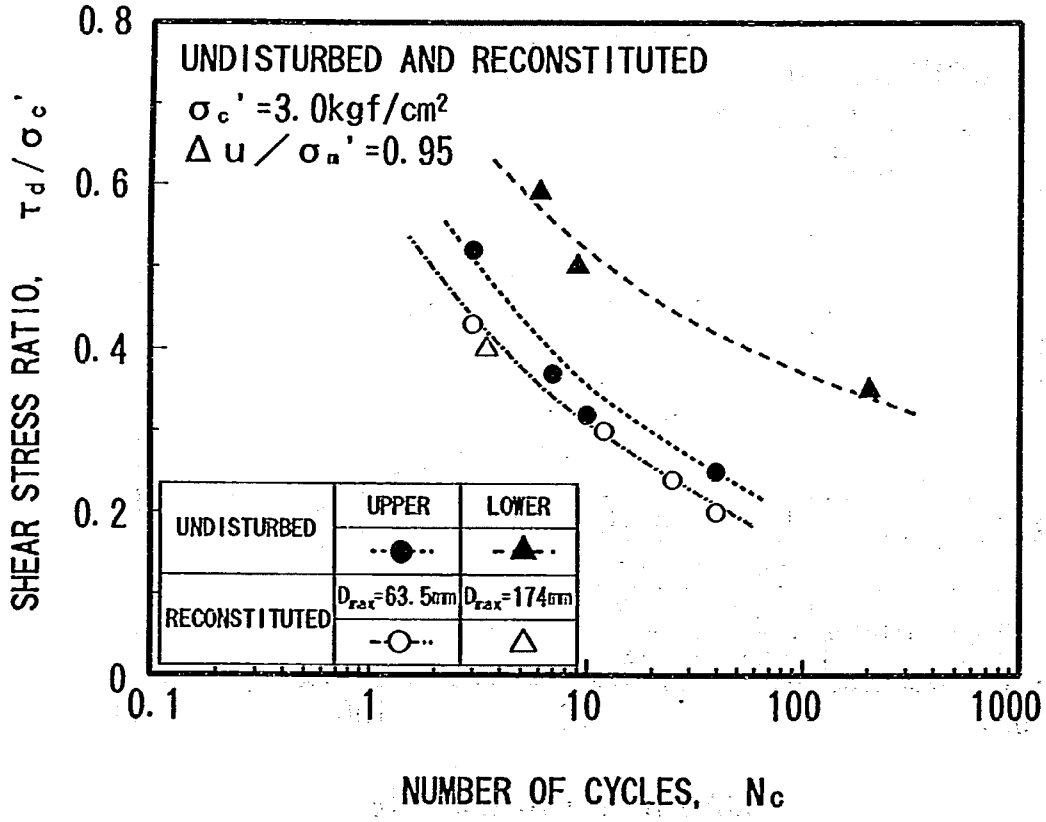
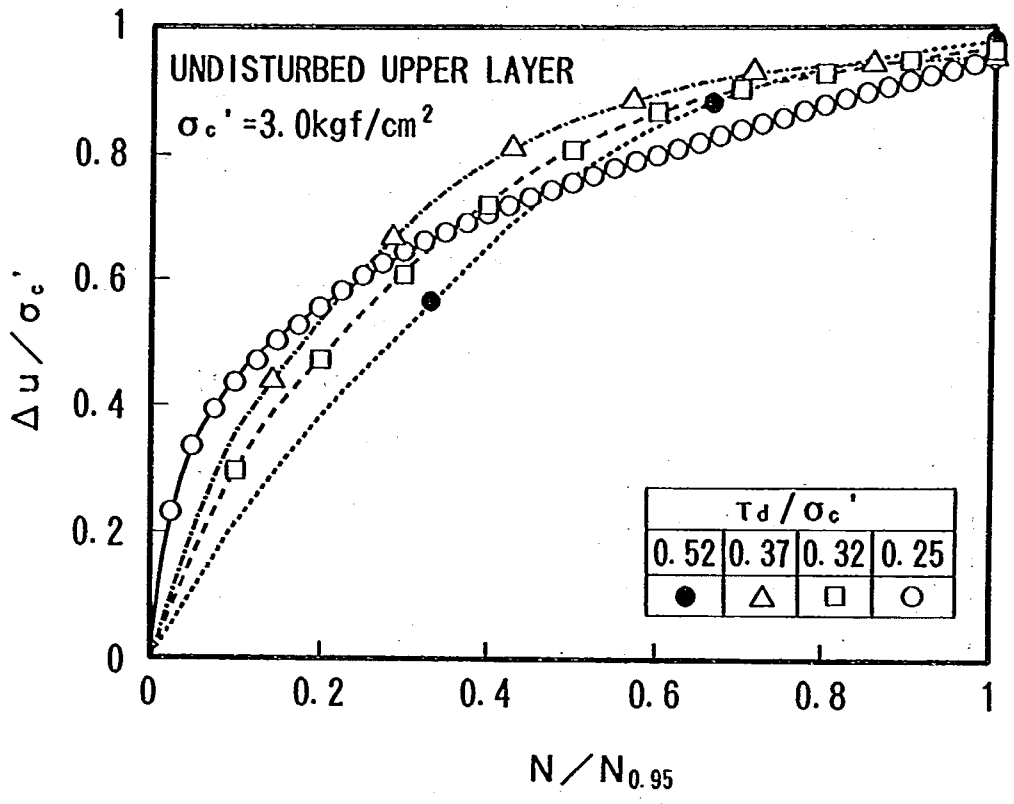
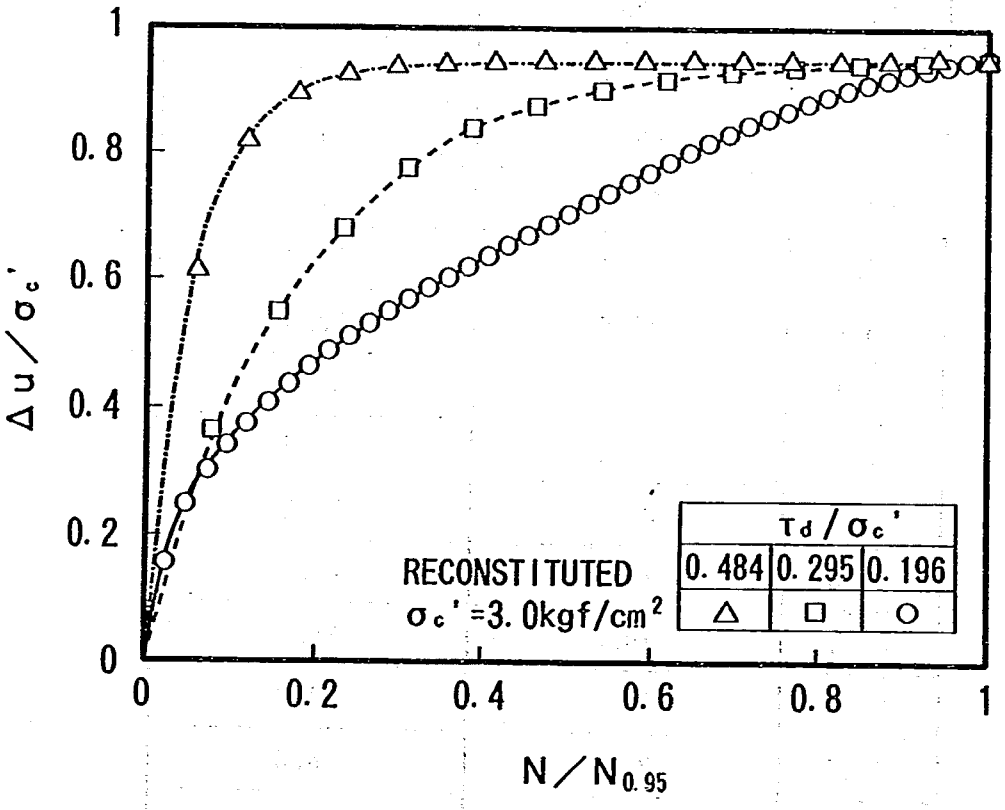


図-6.23(d) 応力比と載荷回数の関係 （σ_c' =3.0kgf/cm^2,du/σ_c'=0.95）



$N_{0.95}$: Number of cycles at $\Delta u/\sigma_c' = 0.95$

図-6.24(a) 間隙水圧の上昇（不撹乱試料）



$N_{0.95}$: Number of cycles at $\Delta u/\sigma_c' = 0.95$

図-6.24(b) 間隙水圧の上昇（再構成試料）

表-6.1　再構成供試体の物性値

合成比重　$\overline{G_b}$	2.532
合成含水比　$\overline{w}$	0.8 %
最大乾燥密度　ρd_{max}	2.267 g/cm³　(e_{min}=0.117)
最小乾燥密度　ρd_{min}	1.770 g/cm³　(e_{max}=0.431)
目標乾燥密度　ρd_0	2.069 g/cm³
目標間隙比　e_0	0.223　(相対密度Dr=66.2%)
最大粒径　D_{max}	63.5 mm
平均粒径　D50	12.2 mm
均等係数　U_c	45
曲率係数　U_c'	1.31

表-6.2　再構成試料粒度

粒径(mm)	加積通過率　(%)	
	不撹乱試料平均	再構成試料
182	100	——
100	83.3	——
63.5	68.4	100
50.8	60.4	88.3
38.1	52.7	77.0
25.4	43.5	63.6
19.1	37.8	55.2
9.52	28.4	41.5
4.76	21.9	32.0
2.00	15.6	22.8
0.84	10.3	15.0
0.42	6.4	9.3
0.25	3.9	5.6
0.105	1.6	2.4
0.074	1.2	1.7

表-6.3　静的強度試験条件

項　　目	不撹乱試料	再構成試料
供試体寸法	直径300mm，高さ550mm	直径300mm，高さ600mm
初期間隙比	任　意	e_0＝0.223
拘　束　圧	0.5,1.0,3.0,6.0 kgf/cm²	
背　　圧	2kgf/cm2　(飽和が十分でない時は3kgf/cm²まで上昇)	
圧密排水条件	圧密排水（CD）	
制御方式	ひずみ制御　0.1%／min	
飽和条件	B値0.95以上	

表-6.4　動的変形試験条件

項　　目	不撹乱試料	再構成試料
供試体寸法	直径300mm，高さ550mm	直径300mm，高さ600mm
初期間隙比	任　意	e_0＝0.223 , 0.300
拘　束　圧	0.5 →1.0 →3.0 →6.0 →3.0 →1.0 →0.5 kgf/cm²	
背　　圧	2kgf/cm²　(飽和が十分でない時は3kgf/cm²まで上昇)	
飽和条件	B値0.95以上	
圧密排水条件	圧密排水（CD）	
制御方式	軸応力制御	
入力波	正弦波	
周波数	0.2 Hz	
載荷波数	12 波／1応力レベル	
記録波	10 波目	

表-6.5　動的強度試験条件

項　　目	不撹乱試料	再構成試料
供試体寸法	直径300mm，高さ550mm	直径300mm，高さ600mm
初期間隙比	任　意	$e_0=0.223$
拘　束　圧	1.0, 3.0, 6.0 kgf/cm²	3.0 kgf/cm²
背　　圧	2kgf/cm²　（飽和が十分でない時は3kgf/cm²まで上昇）	
飽和条件	B値0.95以上	
圧密排水条件	圧密非排水（$\overline{\mathrm{CU}}$）	
制御方式	軸応力制御	
入　力　波	正弦波	
周　波　数	0.1 Hz	

表-6.6 再構成試料の静的強度試験結果

最大粒径 D_{max} (mm)	比重 G_b	側圧 σ_3 (kgf/cm²)	初期乾燥密度 ρ_d (g/cm²)	間隙比 初期 e_0	間隙比 圧密後 e_c	間隙比 e_c/e_0	破壊時 $(\sigma_1-\sigma_3)_f$ (kgf/cm²)	破壊時 σ_{1f} (kgf/cm²)	破壊時 ε_{1f} (%)	破壊時 $(\sigma_1/\sigma_3)_f$	強度定数 せん断抵抗角 ϕ_d (度)	強度定数 粘着力 c_d (kgf/cm²)
63.5	2.532	0.5	2.041	0.241	0.240	1.0	3.26	3.76	3.21	7.52	45.1	0.30
		1.0	2.036	0.244	0.238	0.98	6.96	7.96	3.06	7.96		
		3.0	2.032	0.246	0.230	0.93	16.07	19.07	4.83	6.36		
		6.0	2.037	0.243	0.221	0.91	30.41	36.41	5.71	6.08		
		3.0	1.970	0.285	0.260	0.91	14.05	17.05	6.65	5.68	—	—
174.0	2.664	1.0	2.050	0.300	0.292	0.97	7.28	8.28	4.43	8.28	49.0	0.21
		3.0	2.062	0.292	0.278	0.95	19.53	22.53	5.49	7.51		
		6.0	2.060	0.293	0.271	0.92	37.95	43.95	9.23	7.33		
		3.0	2.092	0.273	0.255	0.93	20.80	23.80	5.49	7.93	—	—
		3.0	1.981	0.345	0.317	0.92	17.12	20.12	7.09	6.71	—	—
		6.0	2.138	0.246	0.255	0.92	32.65	38.65	6.14	6.44	—	—

表-6.7 動的変形試験結果（初期せん断剛性率）

	拘束圧 / 供試体NO.	初期せん断剛性 G_0 (kgf/cm²)						
		圧密応力載荷				圧密応力除荷		
		σ_3=0.5	σ_3=1.0	σ_3=3.0	σ_3=6.0	σ_3=3.0	σ_3=1.0	σ_3=0.5
不攪乱試料	D-4L (GL-8.20～-8.75)	600 (0.261)	1000 (0.256)	3400 (0.252)	7000 (0.248)	3400 (0.246)	1200 (0.247)	800 (0.248)
	B-5 (GL-8.40～-8.95)	1160 (0.265)	2100 (0.263)	4100 (0.258)	6000 (0.253)	3600 (0.251)	1800 (0.253)	1000 (0.254)
	A-7U (GL-10.85～-11.40)	2100 (0.206)	3680 (0.205)	6840 (0.203)	8610 (0.201)	5500 (0.202)	2600 (0.200)	1600 (0.201)
	D-2 (GL-5.38～-5.93)	—	—	—	4400 (0.305)	2700 (0.306)	900 (0.311)	600 (0.313)
	C-2 (GL-5.30～-5.85)	—	—	4800 (0.321)	7200 (0.314)	4500 (0.315)	1800 (0.318)	1000 (0.321)
	C-4L (GL-8.30～-8.85)	900 (0.233)	2100 (0.232)	4350 (0.228)	6000 (0.225)	4300 (0.225)	1700 (0.227)	700 (0.227)
	B-6 (GL-9.25～-9.80)	1300 (0.212)	2000 (0.210)	4500 (0.207)	6400 (0.204)	3500 (0.203)	1400 (0.205)	800 (0.207)
再構成	AH1	700 (0.245)	1300 (0.241)	2680 (0.233)	4300 (0.226)	2600 (0.228)	1300 (0.232)	700 (0.235)
	AH2	800 (0.244)	1200 (0.241)	2600 (0.232)	3900 (0.225)	2600 (0.228)	1200 (0.232)	800 (0.234)
	AH3	600 (0.263)	1100 (0.259)	2500 (0.245)	4200 (0.234)	2400 (0.235)	1100 (0.240)	600 (0.242)
	CH1	900 (0.267)	1600 (0.264)	3170 (0.255)	4930 (0.249)	2900 (0.250)	1400 (0.254)	900 (0.257)

下段（ ）内は各拘束圧での圧密応力載荷後の間隙比

表-6.8　動的強度試験結果

試料種類	層区分	拘束圧 σc' (kgf/cm2)	供試体 F.NAME	繰り返し応力比 σd/2σc'	繰返し回数　N　(回)			
					DA1%	DA2%	DA5%	du/σc' =0.95
不撹乱試料	上部層	1.0	A-4	0.62	1.5	6.0	52	17
			B-3	0.54	9.5	18	49	6
			B-4	0.43	9.5	17	44	12
			A-2	0.37	16	25	— *	18
		3.0	C-3L	0.52	1.0	2.2	6.2	3
			C-4U	0.37	1.3	3.0	6.7	7
			A-3	0.32	6.8	11	16	10
			A-5	0.25	52	66	97	40
		6.0	C-5	0.26	26	33	47	21
			B-2	0.33	3.5	6.0	11	7
			A-6U	0.39	1.3	3.3	— **	7
	下部層	3.0	B-7U	0.35	285	332	400以上	202
			C-6	0.50	11	20	40	9
			D-6U	0.59	7.5	16	34	6
再構成試料	上部層	3.0	AK1	0.30	5.8	11	— **	12
			AK2	0.48	0.92	2.7	— **	10
			AK3	0.24	22	28	— **	25
			AK4	0.20	41	60	— **	40
			AK5	0.43	0.62	0.87	2.92	3
			CK1	0.30	7	13	— **	— ***

*：荷重制御不能により除外
**：DA5%に達せず破壊
***：du/σc'=0.95に達せず破壊

7. 静的強度と動的強度の比較

松本ら(1991b)は非常に堅硬かつ良質な斑れい岩を用いDr=85、 95%の密度の高い供試体について静的強度、動的強度の比較を行っている。動的強度の規定の仕方にはさまざまな考え方、問題点があるが、ここでは松本らの方法にならい静的強度、動的強度の比較を実施した。

静的、動的ともに主応力の方向に対して45°面上の破壊応力をもって強度とした。動的強度はデータの信頼度を考慮し、繰返し回数15回で両振幅ひずみ2%に達する応力比から算出した偏差応力から求め表－7.1に示す。静的強度は最大軸差応力から求め表－7.2に示す。図－7.1に主応力方向と45°をなす面上での破壊時せん断応力τ_{df}と垂直応力σ_{nf}の関係を静的強度、動的強度について比較した結果を示す。

松本らは動的強度の基準として片振幅ひずみを2.5%とし静的、動的強度の比較を行ったところ、垂直応力が5.0kgf/cm^{2}以下では静的排水強度より異方圧密後の動的強度の方が大きくなることを示している。この結果は設計対象物の重要度により動的強度の基準ひずみをより大きくした場合には、動的強度と静的強度との差はさらに拡大することを示唆し、動的強度の重要度が高いことを示している。これに対し、本研究で実施したCD試験の結果では図－7.1に示すように、不撹乱・再構成の別を問わず低応力から高応力レベルまで一貫して静的強度が動的強度を上回る強度を発揮している。しかしながら静的強度が応力のピークを破壊強度とするのに対し動的強度は破壊にいたる以前のひずみに対する応力をもって動的強度としており、破壊基準について同条件での比較がなされていないといえる。

上述のような破壊基準の異なる両者の試験の結果の比較には問題が残されていることから、一般的な静的～動的強度の比較ではなく、両試験による応力～ひずみの発現傾向の比較を試みた。静的試験結果を繰返し載荷回数1回の結果ととらえ、その応力～ひずみ関係を動的強度試験と比較した。図－7.2(a)、(b)は静的～動的試験の整合性を考慮し圧縮側ひずみのみで比較した図であり、また図－7.2(c)、(d)は伸張ひずみのみに着目して比較した図である。なお結果は全て不撹乱試料による結果である。

これらの図から静的及び動的試験結果の関係について以下のようにまとめられる。

①圧縮側ひずみについては、繰返し回数N=1の時の動的試験と静的試験の各応力ひずみ関係はほぼ等しいといえる。

②①についてN=10になると動的試験のひずみの伸びは大きくなる。特に上部砂礫層試料に関しては繰返し荷重をうけることによる強度低下が著しいことがわかる。

③伸張側ひずみに着目すると、N=1の時下部砂礫層試料については静的、動的でほぼ等しいひずみの伸びを示しているが、上部砂礫層試料は既に著しいひずみの発現を示している。

④③についてN=10になると、圧縮側にみられるひずみの伸びよりも更に大きなひずみの増大がみられる。

本研究のような比較的密度が低い材料を用いた動的三軸試験では、動的強度に対し伸張載荷の及ぼす影響が支配的であると考えられる。等方圧密状態及び異方圧密状態の応力～ひずみの関係は、各々図－7.3に示したような経路を描くと考えられ、異方状態での静的～動的強度の比較をした場合については動的強度が静的強度を上回る可能性が考えられる。

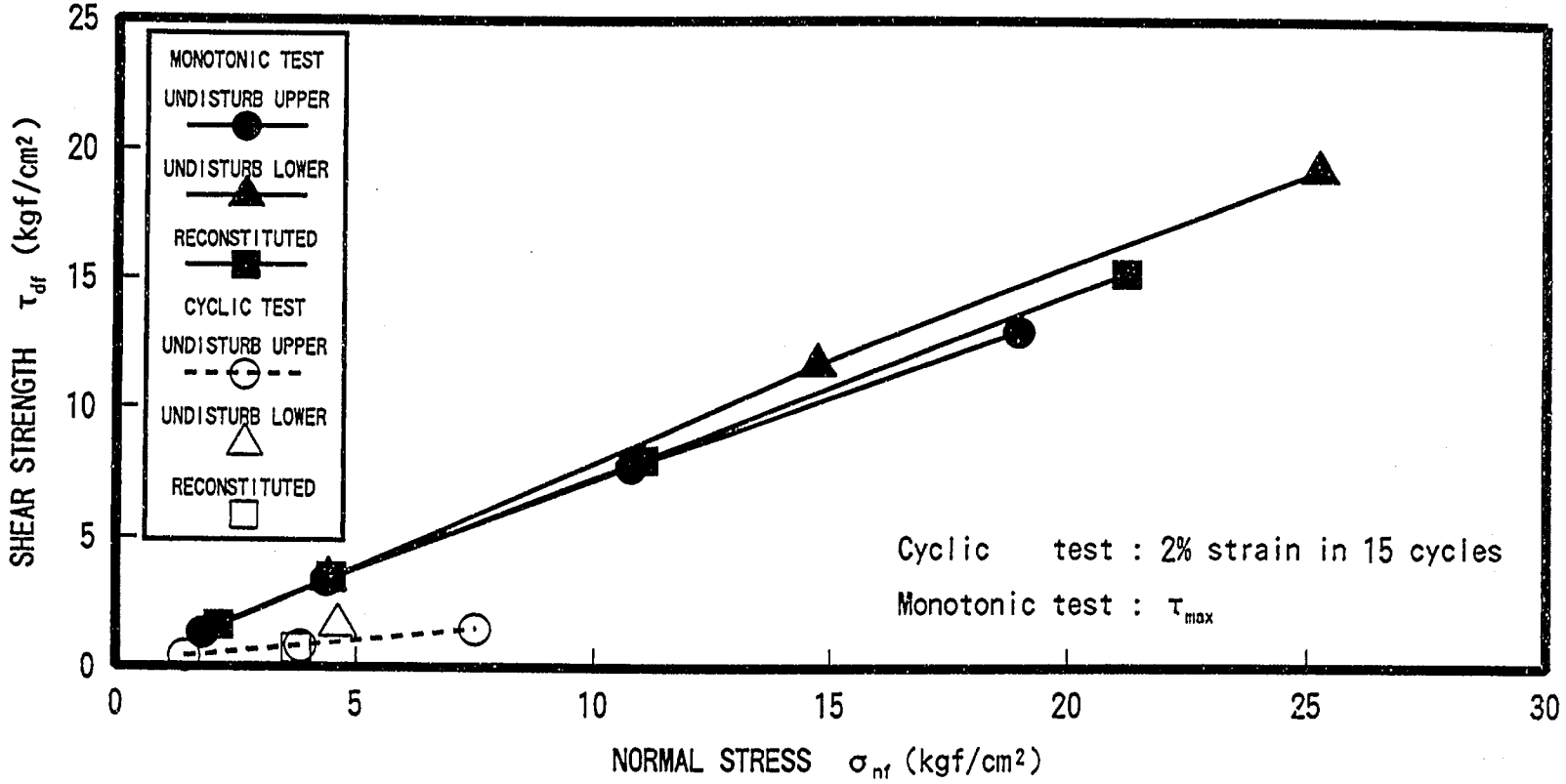


図-7.1　静的強度試験結果と動的強度試験結果との比較

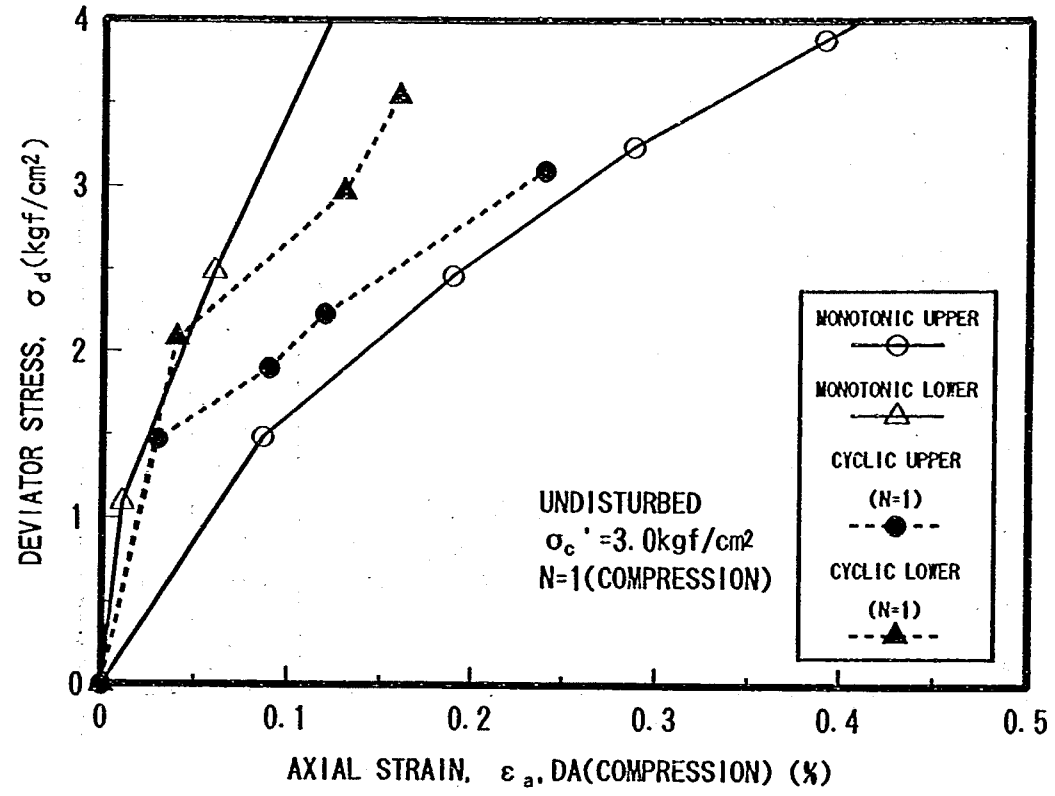


図-7.2(a)　静的強度試験結果と載荷回数毎の動的強度試験結果との比較
（圧縮ひずみ N=1 回）

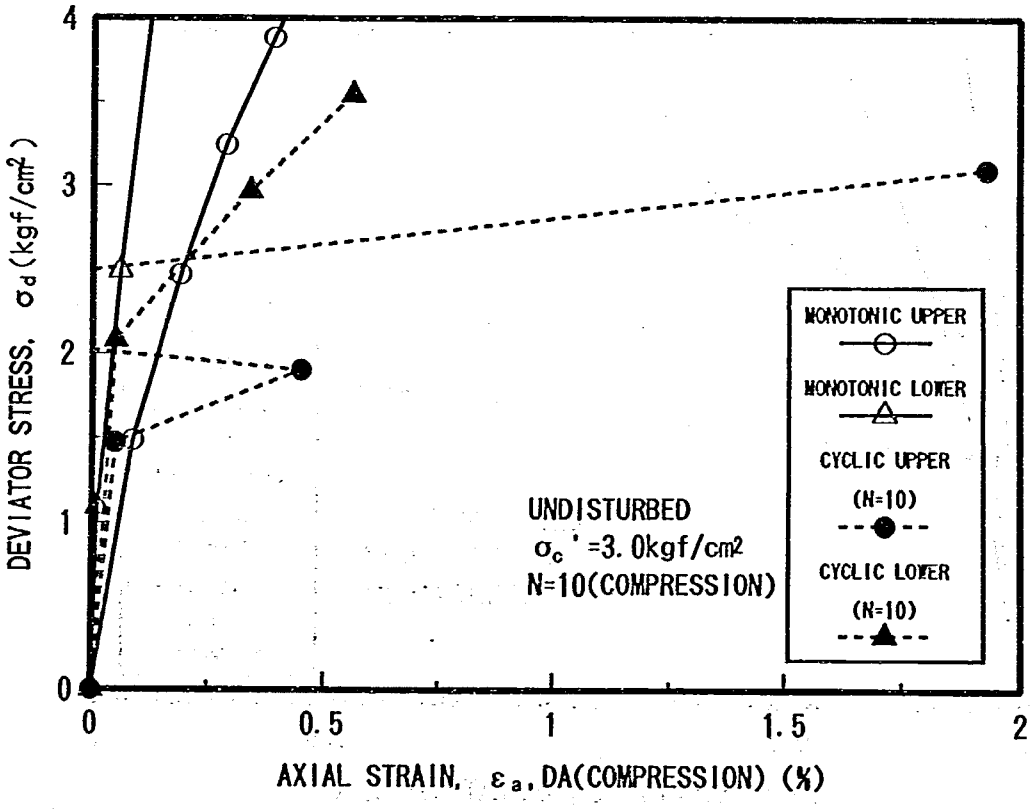


図-7.2(b)　静的強度試験結果と載荷回数毎の動的強度試験結果との比較
（圧縮ひずみ N=10 回）

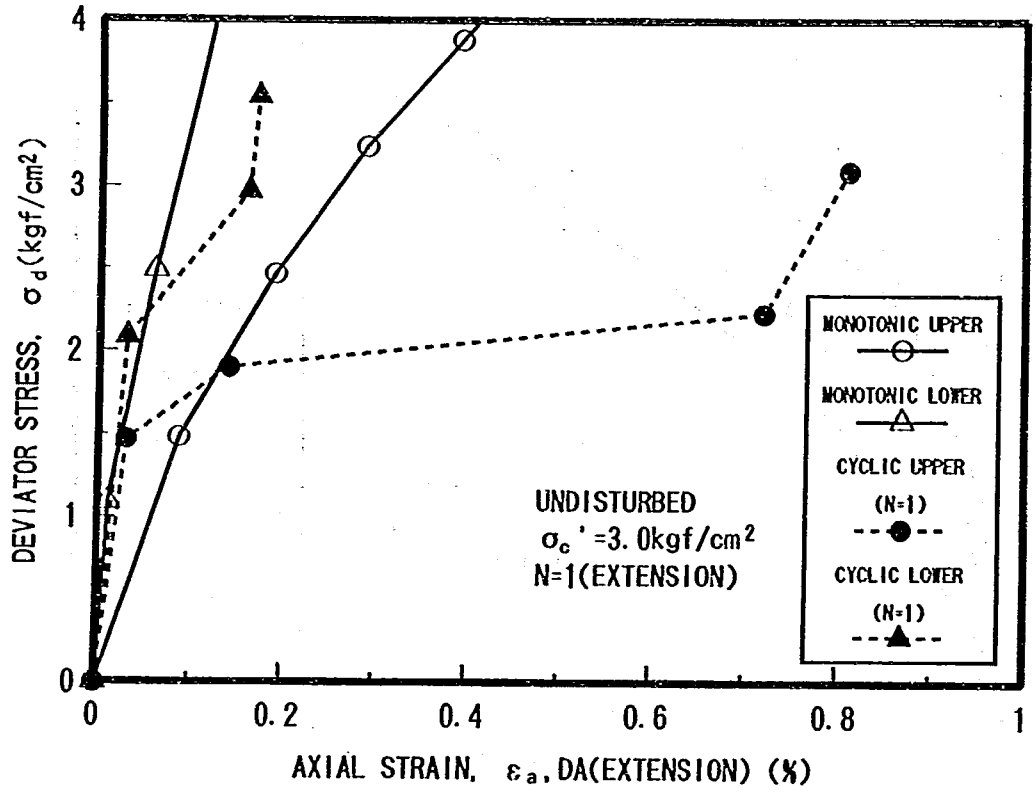


図-7.2(c)　静的強度試験結果と載荷回数毎の動的強度試験結果との比較
（伸張ひずみ N=1 回）

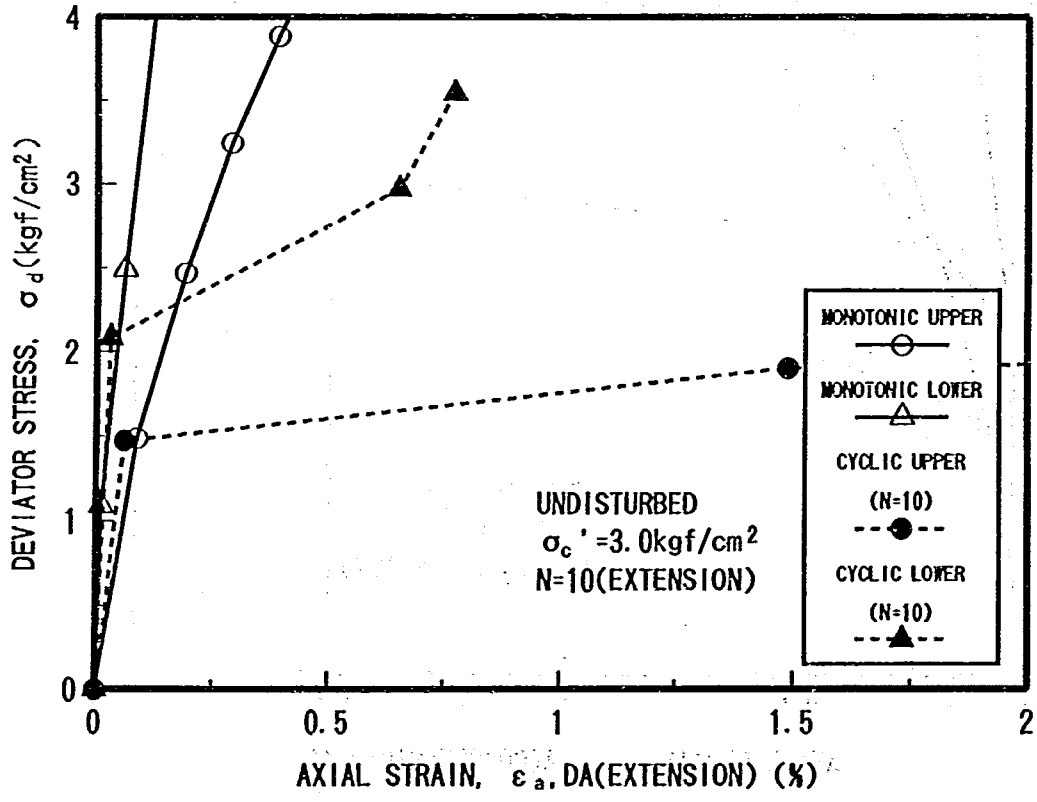
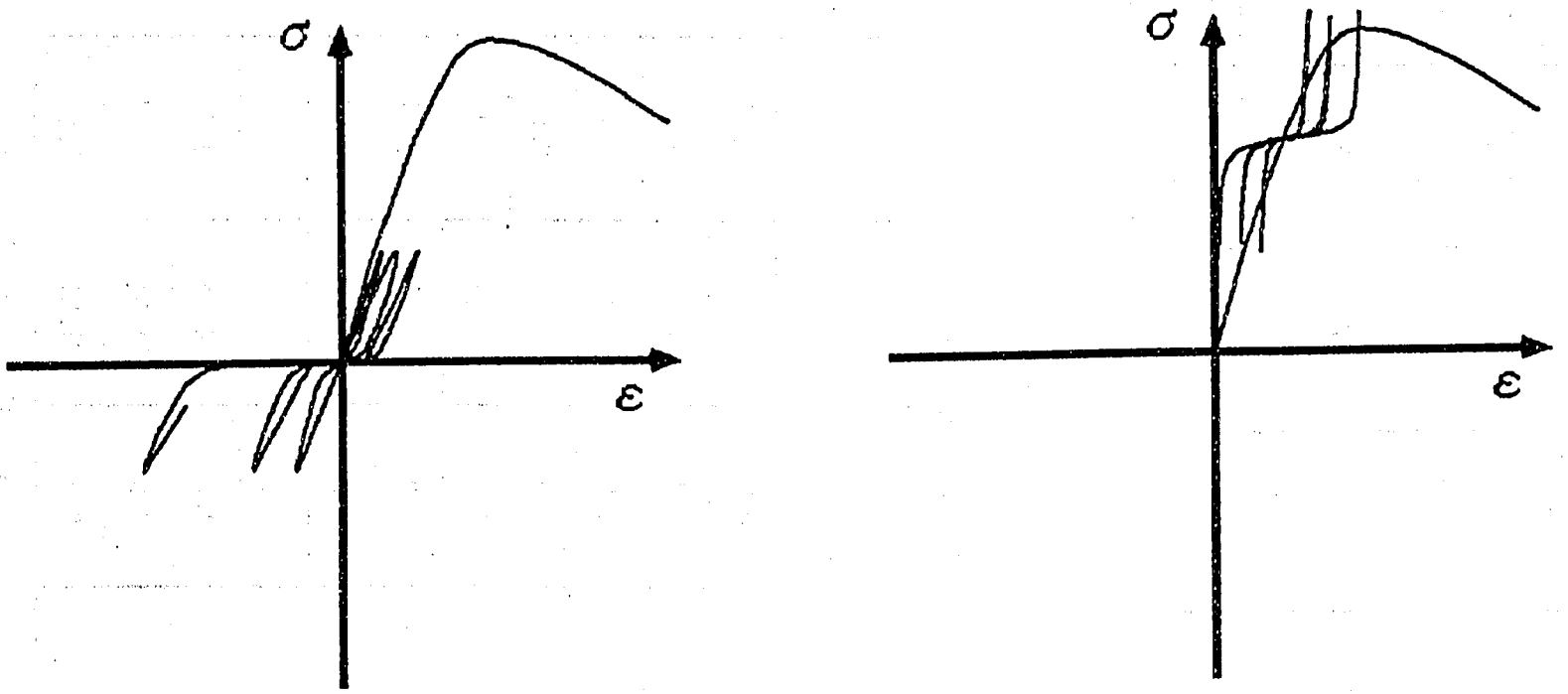


図-7.2(d)　静的強度試験結果と載荷回数毎の動的強度試験結果との比較
（伸張ひずみ N=10 回）



(a) 等方繰返し載荷　　(b) 異方繰返し載荷

図-7.3　静的及び動的試験における応力～ひずみ関係

表-7.1　動的強度

	拘束圧 σ_c' (kgf/cm²)	垂直応力 σ_{nf} (kgf/cm²)	応力比 SR	補正応力比 0.9SR*	せん断強度 τ_{df} (kgf/cm²)
上部砂礫層	1.0	1.43	0.48	0.43	0.43
	3.0	3.84	0.31	0.28	0.84
	6.0	7.50	0.28	0.25	1.50
下部砂礫層	3.0	4.62	0.60	0.54	1.62
再構成試料	3.0	3.75	0.28	0.25	0.75

*:ﾒﾝﾌﾞﾚﾝｺﾝﾌﾟﾗｲｱﾝｽに対する補正

表-7.2　静的強度

	拘束圧 σ_c' (kgf/cm²)	垂直応力 σ_{nf} (kgf/cm²)	せん断強度 τ_{df} (kgf/cm²)
上部砂礫	0.5	1.81	1.31
	1.0	4.38	3.38
	3.0	10.77	7.77
	6.0	18.96	12.96
下部砂礫	1.0	4.41	3.41
	3.0	14.71	11.71
	6.0	25.24	19.24
再構成	0.5	2.13	1.63
	1.0	4.48	3.48
	3.0	11.04	8.04
	6.0	21.21	15.21

σ_{nf}:45°面上の破壊時垂直応力

τ_{df}:45°面上の破壊時せん断応力

8. まとめ

本研究において、河床砂礫地盤より採取した凍結不撹乱試料及び再構成試料による一連の物理・力学試験の結果、次の事項が明かとなった。

①本報告に用いた凍結不撹乱試料はその大部分が粗粒材料からなるが、礫同士の直接的な接触が少なく礫間に砂分以下が挟在し、供試体として一様な構造となっている。一方再構成供試体は礫が直接接触することで供試体の骨格を形成し間隙を砂分以下が埋め供試体下方に細粒分が集中し易い比較的不均一な構造となっている。

②静的強度試験より求められる静的強度については不撹乱供試体と再構成供試体との間に際だった差異はみられない。静的強度に対しては、セメンテーションや堆積構造等の不撹乱試料特有の要素はあまり影響を及ぼさない。しかしながら応力～ひずみ関係及び体積変化～ひずみ関係を不撹乱、再構成で比較するとダイレイションの発生傾向に相違が認められ、微少変形領域での差異が存在していると考えられる。

③動的変形特性においては、再構成試料、不撹乱上部砂礫層試料、不撹乱下部砂礫層試料の順にGが大きく現れており、粒度、密度等のパラメータの他に試料の堆積年代効果によるセメンテーションや粒子の堆積構造が動的変形特性に与える影響が大きいといえる。

④G／G$_0$～γ関係においては、不撹乱試料の方が、再構成試料より若干大きなGの減少率を示した。したがって原位置のG$_0$が明らかであるような地盤に対しても、再構成試料によるG～γ関係より原位置のG～γを厳密に把握することはできない。

⑤圧密応力履歴がG、hに与える影響については不撹乱試料、再構成試料の差異が明確に現れた。これは供試体が過圧密状態にあるかまたは正規圧密状態にあるかによる相違と考えられる。

⑥動的強度については、下部不撹乱試料が再構成試料の2倍程度の強度を示し、上部不撹乱試料は再構成試料より若干大きい強度を示した。したがって動的強度もまた動的変形特性と同様粒子間のセメンテーションや堆積構造より受ける影響が大きいといえる。

⑦静的強度と動的強度を比較すると不撹乱、再構成の別を問わず低拘束圧から高拘束圧レベルまで一貫して静的強度が動的強度を上回っている。動的強度における応力～ひずみの関係を繰返し載荷回数毎に整理し、静的強度と比較した場合圧縮側ひずみでは両者はほぼ等しい傾向を示しものの、伸張側ひずみの発現傾向は急速であり、したがって動的強度は静的強度を下回ることを示している。

参考文献

Akashi, R., Etoh, Y., Mizokami, T., Yamashita, S. and Aiba, A.(1986),Effects of similar and cut grain size distribution to strength of rockfill materials by triaxial compression test, The 21st Japan National Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Sapporo, Japan, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, pp.243–244(in Japanese).

Banerjee, N.G.(1979):Cyclic behavior of dense coarse grained materials in relation to the seismic stability of dams, UCB/EERC–79/13

土質工学会 (1990): 土質試験の方法と解説 （第 3 回改訂版） , pp.399–406

Hardin, B.O. and Richart, F.E.J.(1968):Elastic wave velocities in granular soils,Journal of SMFD, Proc. of ASCE, Vol.89, No.SM1, pp.33–65

Hatanaka, M., Sugimoto, M., Suzuki, Y.(1985) : Liquefaction resistance of two alluvial volcanic soils sampled by in situ freezing, Soils and foundations, Vol.25, No.3, pp

畑中宗憲 , 鈴木善雄 (1986): 東京礫層試料の動的変形・強度特性 , 第 7 回日本地震工学シンポジウム , pp.649–653

岩崎敏男 , 龍岡文夫 , 須藤秀雄 (1977a): 砂のせん断変形係数に与える応力条件の影響 , 第 12 回土質工学研究発表会 , pp.413–416

Iwasaki, T. and Tatsuoka, F.(1977b):Effect of grain size and grading on dynamic shear moduli of sands, Soils and Foundations, Vol.17, No.3, pp.19–35

国生剛治 , 桜井彰生 , 江刺靖生 (1979): 三軸試験装置を用いた微小ひずみから大ひずみまでの土質動的試験法の開発と砂の物性試験への適用 , 電力中央研究所報告 , No.379002 号

松本徳久 , 安田成夫 , 木下　靖 , 大久保雅彦 (1991a): ロック材料の動的変形特性とせん断強度 , 土木研究所資料第 2932 号

松本徳久 , 安田成夫 , 大久保雅彦 , 芳岡良一 (1991b): ロック材料の単調載荷試験と繰返し載荷試験 , 土木研究所資料 , 第 2996 号

佐藤雅宏 , 辰井俊美 , 時松孝次 , 吉田　正 (1987): 凍結における細粒分含有率の影響 , 第 22 回土質工学研究発表会 , pp.881–882

社本康広 , 西尾伸也 , 馬場幸吉 , 後藤　茂 , 玉置克之 , 赤川　敏 (1986a): 洪積砂礫地盤の真の液状化強度 －凍結採取法による洪積砂礫地盤の力学特性の評価方法に関する研究（その 3） －, 第 21 回土質工学研究発表会 , pp.579–582

社本康広 , 西尾伸也 , 馬場幸吉 , 後藤　茂 , 玉置克之 , 赤川　敏 (1986b): 凍結採取された不撹乱砂礫試料の動的強度変形特性 , 粗粒材料の変形・強度特性とその試験法に関するシンポジウム , pp.89–94

玉置克之 , 西尾伸也 , 後藤　茂 (1986) : 洪積砂れき地盤から採取した不撹乱試料の動的変形特性 , 第 7 回日本地震工学シンポジウム , pp.637–641

田中幸久，国生剛治，吉田保夫，工藤康二 (1989a): 不撹乱砂礫の動的強度に及ぼすシステムコンプライアンスの影響，土木学会第 44 回年次学術講演会，pp.568–569

田中幸久，吉田保夫，国生剛治，工藤康二，堀川　茂 (1989b): 凍結サンプリングした砂礫の動的力学特性，第 24 回土質工学研究発表会，pp.811–814

Tokimatsu, K. and Hosaka, Y.(1986),Effect of sample disturbance on dynamic properties of sand , Siols and Foundations, Vol.26, No.1, pp.53–64.

Yoshimi, Y.(1977);A simple method for undisturbed sand sampling by freezing, Proc of Speciality Session No.2 ICSMFE,1977,pp23–28

吉見吉昭 (1991): 砂地盤の液状化（第二版），pp.49–54

付録－1

データサンプリング資料

1　各データ計測手法の概略

1.1　動的変形試験

計　　測

↓ (DCYUJIT.BAS)「ＡＤ変換」

１次データ

・1段階（全レベル）に対し1ファイルができる。
・各計測値が電圧（ひずみ）値となって出力される。
・試験に関する諸条件、センサー校正係数が出力される。

↓ (DCYUJIT.BAS)「データ処理」

２次データ

・1段階に対し1ファイルができる。
・各載荷レベルの10波目のサンプリングデータの最大，最小値より計算された
　ε、Ｅ、νd、ｈが出力される。

1.2　動的強度試験

計　　測

↓ (DKYODO.BAS)

１次データ

・各計測値の計算値が時刻歴データとして出力される。
・試験に関する諸条件、センサー校正係数が出力される。

↓ (DKYODOIQ.PRI)

２次データ

・各波毎の応力、ひずみ、間隙水圧の最大、最小値がプリンタ及びファイルに
　出力される。

・このデータを基に「繰返し強度曲線」のプロットを行う。

1.3 静的強度試験

計　　測

↓ (CYUJIT.BAS)

1次データ

・各計測値の計算値が時刻歴データとして出力される。
・試験に関する諸条件、センサー校正係数が出力される。
・このデータを基にσ～ε、ΔV～ε曲線を描く。

2　動的変形試験

《動的変形試験サンプリングマニュアル》

"ＤＣＹＵＪＩＴ．ＢＡＳ"
"ＤＣＹＵＪＩＴ２．ＢＡＳ"

2.1　プログラムの種類と特徴

①"ＤＣＹＵＪＩＴ．ＢＡＳ"

当初中空ねじり用に作られたサンプリングソフトを基に、動的三軸変形試験用に変更したソフト。

・各試験段階（圧密段階）別に予め試験データファイルネームが定められている。・データ処理時は一度に最後までデータ処理ができる。

・データ処理の結果得られる値はひずみε，変形係数Ｅ，減衰乗数ｈ，動的ポアソン比νdである。

②"ＤＣＹＵＪＩＴ２．ＢＡＳ"

"DCYUJIT.BAS"を基に多少の変更を加えたソフト。

・各試験段階（圧密段階）別のデータファイルネームは任意に決められる。

・データ処理に際しては画面上でヒステリシスループの確認ができる。

・一度に最後までのデータ処理はできず、各試験段階（圧密段階）別に処理を行う。

・データ処理の結果得られる値はせん断ひずみγ，せん断剛性Ｇ，減衰乗数ｈ，動的ポアソン比νdである。

2.2　初期設定

サンプリングプログラムには収録条件，校正係数等が初期設定されているので、新たに使用するときは設定値の確認・変更を行うこと。プログラム実行上ではそれらの設定の変更はできない。

《初期設定値》

DR$="A:"　：データ処理ドライブ
HZT=.2　　：載荷周波数　(Hz)
NCHA=5　　：サンプリングチャンネル数
DELTAT=10　：サンプリング時間間隔　(mSEC)
NH=11　　：1レベル当たりの載荷回数
XN=30　　：試験レベル最大数

N1=4401　：サンプリング開始組番号
N2=5050　：サンプリング終了組番号
N%=5200　：サンプリング点数

《各センサーの校正係数》
AL1=1tf/v=1kgf/mv　：荷重計
AL2=2kgf/cm2/v=0.002kgf/cm2/mv　：側圧計
AL3=0.01908mm/10mv=0.001908mm/mv　：微少変位計1
AL4=0.01962mm/10mv=0.001962mm/mv　：微少変位計2
AL5=13.3cc/v=0.0133cc/mv　：微少体積変化計

2.3．プログラムの実行

プログラムはサンプリングPrgとデータ処理Prgとからなる。基本的には対話形式となっているので指定されたファイルネーム、数値等を入力していけばよい。

2.3.1　サンプリングの実行

(1)　メニューの選択

" 1. AD変換"
" 3. データの処理，ヒステリシスループ"

1. を選択

(2)　日付，時刻，タイトルの入力

" 試験開始年月日を入力して下さい"
" 試験名を入力して下さい"
" 次に進みますか"

・試験年月日の入力　「DTITLE$」
・試験名の入力「TITLE$」
上記2変数はあまり気を使わなくても良い。

(3) 試験前供試体に関する入力

```
" 供試体の大きさ，重量，比重，間隙比を入力してください"
" 半径(cm):RR="
" 高さ(cm):HO="
" 次に進みますか"
```

・半径の入力(cm) 「RR」

・高さの入力(cm)「H(0)」

供試体真空自立時の半径及び直径を入力。この時点での供試体の寸法を初期とする。

(4) 試験段階の確認，ファイルネーム入力

```
" では、これから、第HH段階の試験を開始しましょう"
" この試験段階でよければ-----0、違っていればその段階の数字を入力し
  て下さい。なお、試験終了の場合は 999をキー入力して下さい。"
" ファイル名を入力して下さい"
" ファイル名は正しいですか"
```

・試験段階の入力。表示の段階が正しければ0またはReturn。違う場合正しい段階を入力。

・ファイルネームを入力「FILE$」。各試験段階のファイルネームを入力する。

DCYUJIT.BASの場合以下に示すファイルネームを使用すること。DCYUJIT2.BAS使用時は任意のファイルネームを選択することができる。

＜DCYUJIT.BASの場合＞

第1段階 ---> DTHA-1

第2段階 ---> DTHA-2

第3段階 ---> DTHA-3

第4段階 ---> DTHA-4

第5段階 ---> DTHB-1

第6段階 ---> DTHB-2

第7段階 ---> DTHB-3

第8段階 ---> DTHB-4

(5) 圧密前に関するデータの入力

```
" サブタイトルを入力してください"
" 圧密前の諸データを入力して下さい"
" ΔV(cc);BUB="
" ΔH(mm);DUB="
" 次に進みますか"
```

・サブタイトルを入力「STITLE$」。適当な名前でよい。
・初期か密開始直前までの体積変化「BUB(I)」及び軸変位量「DGB(I)」を入力する。なおDCYUJIT.BASは外体積測定用であるためが負となるように入力する。（体積変化計の減少量が供試体体積圧縮量となるので符号に注意する。）軸変位は圧縮方向が正となるよう入力する。

(6) 圧密後に関するデータの入力

```
" 圧密後の諸データを入力して下さい"
" 側圧(kgf/cm2);SIG-3="
" 等方圧密の場合は軸荷重を0"
" 異方圧密の場合は軸荷重をkgf/cm2値で入力して下さい
" SIG-1="
" ΔV(cc);BUA="
" ΔH(mm);DGA="
```

・圧密応力の入力「SIG3(I)」。
・異方圧密の場合圧密時の軸差応力を入力「SIG1(I)」。等方圧密の場合0を入力。
・初期から圧密終了時（載荷直前）までの体積変化「BUB(I)」及び軸変位量「DGB(I)」を入力する。正負に注意する。

《圧密条件・供試体データの表示》

サブタイトル
圧密時軸方向応力
圧密時側方向応力
圧密時平均主応力
外体積変化量
　圧密前 圧密後 圧密変化量
軸変位量
　圧密前 圧密後 圧密変化量
圧密後体積
圧密後高さ
圧密後半径
圧密後断面積

" 次に進みますか"

(7)　データサンプリング

" では、忠実動的試験を始めましょう"
" 第##段階----第##レベル"
" 試験機のスイッチをONしてください"
" A/D変換のランプが、全て緑色に点燈すれば、F10キーを押して下さい"
　Break in 3480

・パソコンはここで一時停止する。DRAの全チャンネルが緑色に点燈したことを確認した後、三軸制御機の載荷スタートスイッチを入れる。DRAは載荷スタートスイッチと連動し収録を開始する。DRAのランプが緑色に点灯しない場合、対応チャンネルに接続されたセンサーのオーバースケール、断線等の異常が考えられるのでチェックする。

・加振が終了したら（全てが緑色に点灯したら）「cont」（f･10）を入力。DRAからパソコンへデータ転送が
始まる。

《試験結果の表示》

```
第##段階          第##レベル
１．軸差応力        SIG-a=#####'(kgf/cm2)
                                MAX=###**  MIN=###**  倍率=###**
                                ＊校正値  ＊＊電圧値

２．側応力
３．軸ひずみ-1
４．軸ひずみ-2
５．平均軸ひずみ
６．体積ひずみ
７．ポアソン比

" 次に進みますか"
```

・必ず「Y」を押す。

```
" 今の実験を再度行いますか?"
```

・パソコンは「N」を入力された場合のみデータのセーブを行う。
・「Y」の場合2.1.7へもどり前回と同じレベルで試験を行う。

```
" この試験段階を続けますか?"
```

・「Y」の場合2.1.7へ行き次レベルの試験を行う。
・「N」の場合次段階へ。2.1.4へ行く。この時1段階のデータ全てを「FILE$」に指定したファイルネームで（DCYUJIT.BASなら"DTHA-1"）初期設定のデータ処理ドライブDR$="A:"にセーブされる。

(8) データ処理

DCYUJIT.BASを使用した場合予め指定したファイルネームでデータをセーブしているため、処理結果はドライブB:にDTHA-1～DTHB-4のファイルネームでセーブされる。処理中は画面は暗転しており放置しておけば終了する。

DCYUJIT2.BASを使用した場合は各圧密段階任意のファイルネームを指定し、各々データ処理を行う。この際収録データによるヒステリシスループを画面上で確認することができる。

(9) 処理の実行　DCYUJIT.BASの場合

”1.AD変換”
”3.データの処理，ヒステリシスループ”

・2.を選択

”試験値の整理をしますか”

・「Y」を選択。

”試験の種類　軸振幅=1　側方振幅=2　等方振幅=3”

・「1」を選択。処理が開始される。終了するまで放置。データ処理中は画面は暗転したままなので、途中キーに触られないよう注意する。処理後データはBドライブへDTHA-1～4でセーブされる。

(10) 処理の実行　DCYUJIT2.BASの場合

”1.AD変換”
”3.データの処理，ヒステリシスループ”

・3.を選択 。

”試験値の整理をしますか”

・「Y」を選択。

”ファイル名を入力して下さい”

・2.1.4で入力した各圧密段階のフィル名「FILE$」を入力。

” 試験の種類　軸振幅=1　側方振幅=2　等方振幅=3”

・「1」を選択。
・図-1に示すようなヒステリシスループが画面上に示される。

” NEXT　LOOP?”

・「Y」を入力。
・その圧密段階のデータを全て処理し終わると

” ファイル名を入力して下さい”

・処理後のファイルネームの入力。
・初期設定のデータ処理ドライブDR$=”A:”にセーブされる。
・RUN（f・5）を入力する。次の試験段階のデータについて、最初から処理作業を始める。
・図-2に示すような形で処理後データがセーブされる。

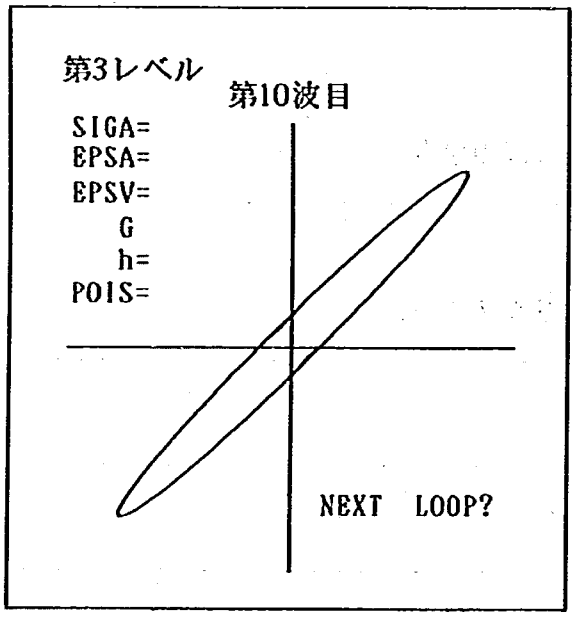


図-1　” DCYUJIT2.BAS” データ処理画面

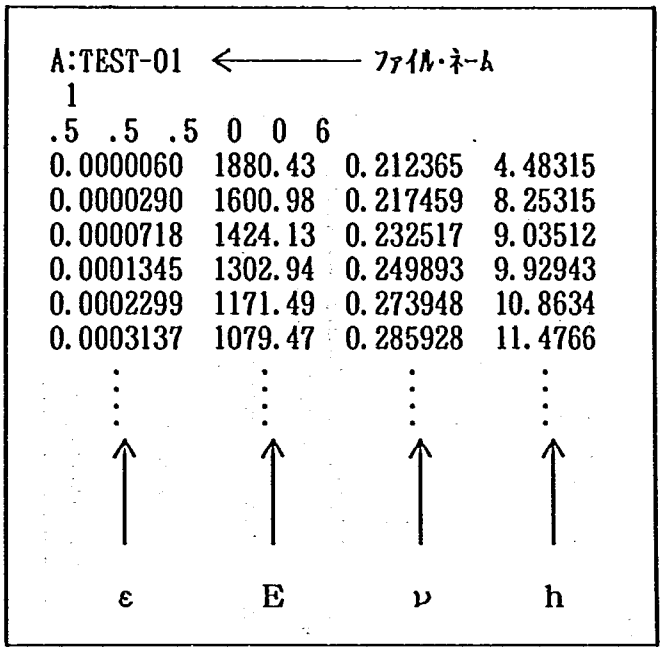
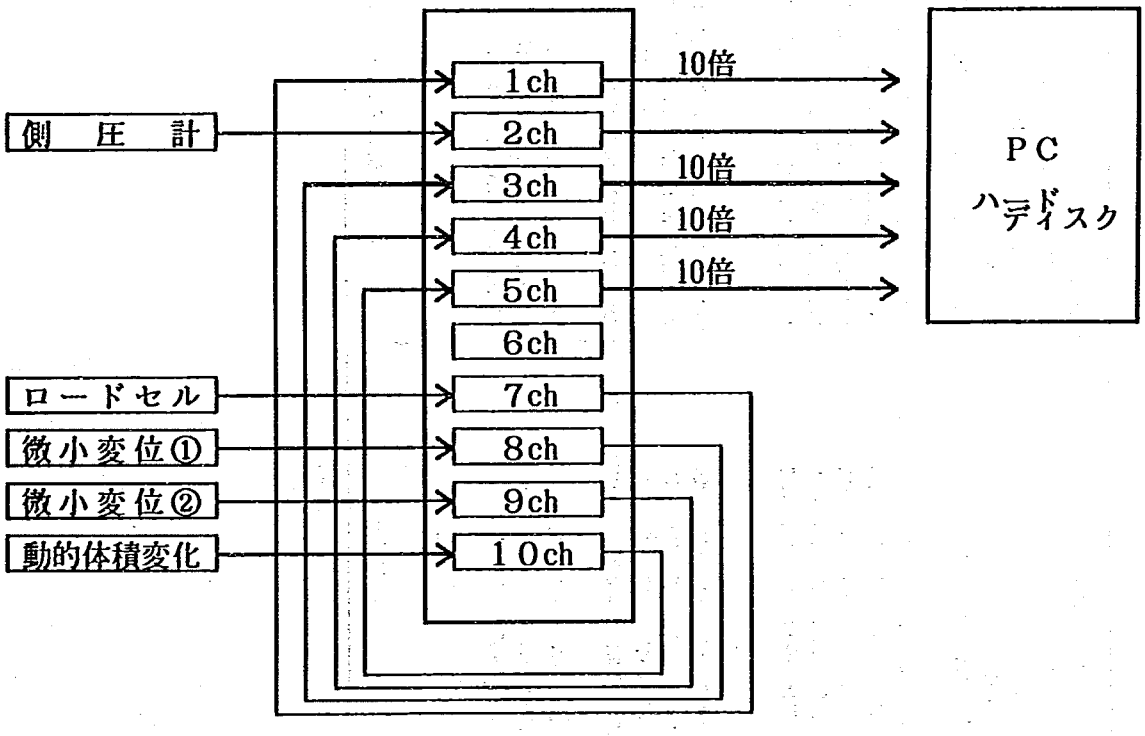


図-2　データ処理結果

2.4　各センサーとデータロガー（DRA-10A：東京測器研究所）の接続



◎　動的変形試験については、荷重，微小変位，動的体積変化計の各値を２回データロガーに入力することで精度を10倍に上げている。

収録データープログラム対応表

```
1993-03-19  ..KENTEI
706.858  0  15  60  0  0  0  0
42411.5  0  0  0
KENT-1
0.5  0.5  0.5  0  0
0  0
0  0  42411.5  60  706.858  0  0  0
-2538  -6484  -17  -771  4420
-2538  -6484  -17  -771  4420
-2538  -6484  -17  -771  4420
-2538  -6484  -17  -771  4420
  :      :      :      :      :
-2538  -6484  -17  -771  4420
-2538  -6484  -17  -771  4420
-2538  -6484  -17  -771  4420
0.2  0.002  0.0001895  0.0001959  0.00133

-2538  -6484  -17  -771  4420
-2538  -6484  -17  -771  4420
-2538  -6484  -17  -771  4420
```

〈収録データ〉

```
DTITLES  ..TITLES
A(0)  RDUMY  RR  H(0)  WD  GB  EMAX  EMIN
V(0)  GAMD(0)  E(0)  DR(0)
STITLES(1)
SIG1(I)  SIG3(I)  SIGM(I)  BUB(I)  DGB(I)
BUA(I)  DGA(I)
DLTVB(I)  DLTH(I)  V(I)  H(I)  A(I)  GAMD(I)  E(I)  DR(I)
D%(N1.1)   D%(N1.2)   D%(N1.3)   D%(N1.4)   D%(N1.5)
D%(N1+1.1)  D%(N1+1.2)  D%(N1+1.3)  D%(N1+1.4)  D%(N1+1.5)
D%(N1+2.1)  D%(N1+2.2)  D%(N1+2.3)  D%(N1+2.4)  D%(N1+2.5)
D%(N1+3.1)  D%(N1+3.2)  D%(N1+3.3)  D%(N1+3.4)  D%(N1+3.5)
   :           :           :           :           :
D%(N2-2.1)  D%(N2-2.2)  D%(N2-2.3)  D%(N2-2.4)  D%(N2-2.5)
D%(N2-1.1)  D%(N2-1.2)  D%(N2-1.3)  D%(N2-1.4)  D%(N2-1.5)
D%(N2.1)    D%(N2.2)    D%(N2.3)    D%(N2.4)    D%(N2.5)
ALP1  ALP2  ALP3  ALP4  ALP5

D%(N1.1)   D%(N1.2)   D%(N1.3)   D%(N1.4)   D%(N1.5)
D%(N1+1.1)  D%(N1+1.2)  D%(N1+1.3)  D%(N1+1.4)  D%(N1+1.5)
D%(N1+2.1)  D%(N1+2.2)  D%(N1+2.3)  D%(N1+2.4)  D%(N1+2.5)
```

〈収録プログラムリスト〉

試験日 ..試験名
初期断面 RDUMY 初期半径 初期高さ 含水比 比重 最大間隙比 最小間隙比
初期体積 乾燥密度 初期間隙比 初期相対密度
サブタイトル
初期軸応力 側圧 平均主応力 圧密前ΔV 圧密前ΔH
圧密後ΔV 圧密後ΔH
圧密体積変化 圧密軸変位 体積 高さ 断面積 乾燥密度 間隙比 相対密度
荷重計出力 側圧計出力 微少変位計1出力 微少変位計2出力 体積変化計出力

第 1 レ ベ ル

荷重計出力 側圧計出力 微少変位計1出力 微少変位計2出力 体積変化計出力
荷重校正値 側圧校正値 変位1校正値 変位2校正値 体積変化校正値

荷重計出力 側圧計出力 微少変位計1出力 微少変位計2出力 体積変化計出力

第 2 レ ベ ル

〈プログラム中の変数の意味〉

データサンプルプログラム集

```
10 '************************************************
20 '**      THIS PROGRAM IS PIKUP OF                **
30 '**   ANISOTROPIC TRIAXIAL TESTING RESULTS       **
40 '**                                              **
50 '**     FULOPY VERS.          BY YOSHIOKA(1990.05) **
60 '************************************************
70 '
80 '
90 '************************************************
100 NCHA=4          'サンプリング  チャネル数
110 DELTAT=.1       'サンプリング  タイム  秒
120 '
130 '
140 N1=1            'サンプリング開始組番号
150 N2=1500         'サンプリング終了組番号
170 TNN=N2-N1+1     'サンプリング  ポイント数 (4500)
190 N%=1500 : NS%=16000
200 '************************************************
210 CLS 3
220 CONSOLE 0,25,0
230 '
240 '************************************************
250 '******   使用している配列 及び  関数の宣言  ******
260 '************************************************
270 '
272 '1ch=kajyu, 2ch=sokuatu, 3ch=daiheni, 4ch=kangekisuiatu, 5ch=taisekihenka,      '6ch=bisyou1,
 7ch=bisyou2, 8ch=10*kajyu
273 '
285 DIM X1(TNN+4),X2(TNN+4),X3(TNN+4),X4(TNN+4)
290 DIM D%(1504,5)
300 DIM D1%(16004),D2%(16004),D3%(16004)
310 DIM MPRG1%(1023)
350 DIM X%(N%-1)
360 '   荷重, 軸変位, 体積変化, 側圧, 間隙水圧, 微小1, 微小2
370 READ ALP1,ALP2,ALP3,ALP4,ALP5,ALP6,ALP7
380 DATA 2000,30,815.8,2,1.277,0.001895,0.001959
410 '
420 DEF FNST$(X$)=RIGHT$("0"+RIGHT$(X$,LEN(X$)-1),2)
430 '
440 '************************************************
450 '*****       日付, 時刻, タイトルの入力       ******
460 '************************************************
470 '
480 CLS
490 '
500 LOCATE 20,5
510 PRINT"さあ  ｶﾞﾝﾊﾞｯﾃ  やりましょう  !!!"
520 LOCATE 30,7
530 PRINT"静的三軸試験開始":BEEP
540 LOCATE 35,9
550 PRINT"試験開始年月日を入力してください"
560 LOCATE 40,10
570 INPUT DTITLE$
580 LOCATE 35,12
590 PRINT"試験開始時刻を入力してください"
600 LOCATE 40,13
610 INPUT TTITLE$
620 LOCATE 35,15
630 PRINT"試験名を入力してください"
640 LOCATE 40,16
650 INPUT TITLE$
660 '
670 LOCATE 10,17 : BEEP
680 INPUT "次に進みますか (Y/N) ";P$
690 IF P$="Y" THEN 720
700 IF P$="N" THEN 480
710 GOTO 660
720 CLS
730 '
740 '
750 '****************************************
760 '*******     初期供試体に関する入力     *******
770 '****************************************
780 '
790 CLS
```

```
800 LOCATE 10,2
810 PRINT "初期供試体の条件を怒有4IV,=2!"
820 LOCATE 15,4 : INPUT "供試体初期高さ (cm)      : HO=",HO
830 LOCATE 15,6 : INPUT "初期平均直径 (cm)        : RO=",RO
840 LOCATE 15,8 : INPUT "体積圧縮量 (cm3)   □□ : DV=",DV
850 'LOCATE 15,10: INPUT "平均絶乾重量 (gf)    □ : WE=",WE
860 'LOCATE 15,12: INPUT "平均絶乾比重           : SG=",SG
870 'LOCATE 15,14: INPUT "平均吸水率 (%)         : WW=",WW
880 LOCATE 15,16: INPUT "拘　束　圧 (kgf/cm2)    : S3=",S3
890 '
900 '
910 LOCATE 10,19 : BEEP
920 INPUT "次に進みますか (Y/N) ";P$
930 IF P$="Y" THEN 960
940 IF P$="N" THEN 790
950 GOTO 900
960 CLS
970 '
980 '*************************************
990 '*******     静的三軸試験の開始     *******
1000 '*************************************
1010 '
1020 '
1030 '
1040 I=1
1050 CLS
1060 LOCATE 10,1
1070 PRINT "では，これから，静的三軸試験を開始しましょう""
1080 LOCATE 5,3  : PRINT "静的三軸試験を行う場合は０を，試験終了の場合は９９９をキー入力して下さい
"
1090 LOCATE 15,6 :. INPUT JJJ
1100 IF JJJ=999 THEN 3300
1110 IF JJJ=0 THEN 1150
1120 I=JJJ
1130 CLS
1140 GOTO 1060
1150 '
1160 CLS
1170 LOCATE 10,6
1180 PRINT "ファイル名を入力してください"
1190 LOCATE 20,7 : INPUT FILE$
1200 LOCATE 10,9 : INPUT "ファイル名は正しいですか (Y/N) ";P$
1210 IF P$="Y" THEN 1240
1220 IF P$="N" THEN 1160
1230 GOTO 1200
1240 CLS
1250 '
1260 '*************************************************************************
1270 '***  静的三軸試験結果のＡ／Ｄ変換，抽出，及びハードディスクへの出力  ***
1280 '*************************************************************************
1290 '
1300 J=1
1310 '
1320 '
1330 '*************************************
1340 '*************************************
1350 '*****  データのサンプリング開始  *****
1360 '*************************************
1370 '*************************************
1380 '
1390 CSEG1%=VARPTR(MPRG1%(0),1) : DEF SEG=CSEG1%
1460 '
1470 RDBIN1=VARPTR(MPRG1%(0))
1510 '
1570 BLOAD "BDTSUB.BIN",RDBIN1
1690 '
1700 DRA=20
1710 '
1720 D1%(0)=NS% : D1%(1)=0 : D1%(2)=32767 : D1%(3)=-32767
1730 D2%(0)=NS% : D2%(1)=0 : D2%(2)=32767 : D2%(3)=-32767
1740 D3%(0)=NS% : D3%(1)=0 : D3%(2)=32767 : D3%(3)=-32767
1750 FOR I=1 TO 5: D%(0,I)=N%: D%(1,I)=0: D%(2,I)=32767: D%(3,I)=-32767
1760 NEXT I
1790 '
1800 FOR I%=0 TO N%-1 : X%(I%)=I% : NEXT I%
```

```
1810 IRO%=7
1820 ISET IFC : ISET REN
1830 CMD DELIM=0
1840 '
1850 PRINT @DRA ; "RES" : LINE INPUT @DRA;DM$
1860 PRINT @DRA ; "SET 1;5" : LINE INPUT @DRA;DM$
1870 PRINT @DRA ; "B.V 0" : LINE INPUT @DRA;DM$
1880 PRINT @DRA ; "MRY 1500;0" : LINE INPUT @DRA;DM$
1890 PRINT @DRA ; "LPF 10" : LINE INPUT @DRA;DM$
1900 PRINT @DRA ; "CLK 6000" : LINE INPUT @DRA;DM$
1910 PRINT @DRA ; "RES" : LINE INPUT @DRA;DM$
1920 PRINT @DRA ; "SET 6;8" : LINE INPUT @DRA;DM$
1930 PRINT @DRA ; "B.V 0" : LINE INPUT @DRA;DM$
1940 PRINT @DRA ; "MRY 16000;0" : LINE INPUT @DRA;DM$
1950 PRINT @DRA ; "LPF 10" : LINE INPUT @DRA;DM$
1960 PRINT @DRA ; "CLK 100" : LINE INPUT @DRA;DM$
1965 PRINT @DRA ; "RES" : LINE INPUT @DRA;DM$
1970 PRINT @DRA ; "SET 9" : LINE INPUT @DRA;DM$
1975 PRINT @DRA ; "B.V 0" : LINE INPUT @DRA;DM$
1978 PRINT @DRA ; "MRY 16000;0" : LINE INPUT @DRA;DM$
1980 PRINT @DRA ; "RNG 100" : LINE INPUT @DRA;DM$
1982 PRINT @DRA ; "CLK 100" : LINE INPUT @DRA;DM$
1985 PRINT @DRA ; "RES" : LINE INPUT @DRA;DM$
1986 PRINT @DRA ; "SET 1;9" : LINE INPUT @DRA;DM$
1990 CLS 3
2000 LOCATE 10,3 : PRINT"三軸試験機のスイッチをＯＮしてください　!!!"
2004 'STOP
2005 PRINT @DRA ; "ETG" : LINE INPUT @DRA;DM$
2010 CLS 3
2020 LOCATE 10,5 : PRINT"現在，試験データのサンプリング中です．
2030 LOCATE 8,10  : PRINT"Ａ／Ｄ変換のランプが，全て緑色に点燈すれば，Ｆ１０キーを押して下さい" : S
TOP
2035 PRINT @DRA ; "HLT"
2040 '
2050 '    ** BDT COMMAND **
2060 '
2070 FOR CHN=1 TO 5
2080 PRINT @DRA ; "RES" : INPUT @DRA;DM$
2090 C$="SET"+STR$(CHN)
2100 PRINT @DRA ; C$ : INPUT @DRA;DM$
2120 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(N%)+";0" :LINE INPUT @DRA;DM$
2130 PRINT @DRA ; "MRY ?" : LINE INPUT @DRA;D$
2140 PRINT @DRA ; "BDT "
2150 '
2160 WBYTE &H3F,&H40+DRA,&H20 ;
2170 '
2180 DEF SEG=CSEG1%
2250 '
2260 NKO%=4
2270 '
2280 CALL RDBIN(D%(NKO%,CHN),N%)
2350 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(N%)+";0" : LINE INPUT @DRA;DM$
2360 PRINT @DRA ; "MAX" : LINE INPUT @DRA ; D$
2370 '
2380 D%(2,CHN)=VAL(MID$(D$,3)) : ' MAX-DATA
2450 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(N%)+";0" : LINE INPUT @DRA;DM$
2460 PRINT @DRA ; "MIN" : LINE INPUT @DRA ; D$
2470 '
2480 D%(3,CHN)=VAL(MID$(D$,3)) : ' MIN-DATA
2550 '
2560 D%(1,CHN)=CHN
2640 '
2650 NEXT CHN
2660 '
2670 PRINT TIME$
2680 '
2681 PRINT @DRA ; "RES" : INPUT @DRA;DM$
2682 C$="SET"+STR$(6)
2683 PRINT @DRA ; C$ : INPUT @DRA;DM$
2684 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(NS%)+";0" :LINE INPUT @DRA;DM$
2685 PRINT @DRA ; "MRY ?" : LINE INPUT @DRA;D$
2686 PRINT @DRA ; "BDT "
2687 WBYTE &H3F,&H40+DRA,&H20 ;
2688 DEF SEG=CSEG1%
2689 NKO%=4
```

```
2690 CALL RDBIN(D1%(NKO%),NS%)
2691 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(NS%)+";0" : LINE INPUT @DRA;DM$
2692 PRINT @DRA ; "MAX" : LINE INPUT @DRA ; D$
2693 D1%(2)=VAL(MID$(D$,3)) : ' MAX-DATA
2694 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(NS%)+";0" : LINE INPUT @DRA;DM$
2695 PRINT @DRA ; "MIN" : LINE INPUT @DRA ; D$
2696 D1%(3)=VAL(MID$(D$,3)) : ' MIN-DATA
2697 D1%(1)=6
2698 '
2700 PRINT @DRA ; "RES" : INPUT @DRA;DM$
2701 C$="SET"+STR$(7)
2702 PRINT @DRA ; C$ : INPUT @DRA;DM$
2703 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(NS%)+";0" :LINE INPUT @DRA;DM$
2704 PRINT @DRA ; "MRY ?" : LINE INPUT @DRA;D$
2705 PRINT @DRA ; "BDT "
2706 MBYTE &H3F,&H40+DRA,&H20 ;
2707 DEF SEG=CSEG1%
2708 NKO%=4
2709 CALL RDBIN(D2%(NKO%),NS%)
2710 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(NS%)+";0" : LINE INPUT @DRA;DM$
2711 PRINT @DRA ; "MAX" : LINE INPUT @DRA ; D$
2712 D2%(2)=VAL(MID$(D$,3)) : ' MAX-DATA
2713 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(NS%)+";0" : LINE INPUT @DRA;DM$
2714 PRINT @DRA ; "MIN" : LINE INPUT @DRA ; D$
2715 D2%(3)=VAL(MID$(D$,3)) : ' MIN-DATA
2716 D2%(1)=7
2717 '
2720 PRINT @DRA ; "RES" : INPUT @DRA;DM$
2721 C$="SET"+STR$(8)
2722 PRINT @DRA ; C$ : INPUT @DRA;DM$
2723 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(NS%)+";0" :LINE INPUT @DRA;DM$
2724 PRINT @DRA ; "MRY ?" : LINE INPUT @DRA;D$
2725 PRINT @DRA ; "BDT "
2726 MBYTE &H3F,&H40+DRA,&H20 ;
2727 DEF SEG=CSEG1%
2728 NKO%=4
2729 CALL RDBIN(D3%(NKO%),NS%)
2730 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(NS%)+";0" : LINE INPUT @DRA;DM$
2731 PRINT @DRA ; "MAX" : LINE INPUT @DRA ; D$
2732 D3%(2)=VAL(MID$(D$,3)) : ' MAX-DATA
2733 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(NS%)+";0" : LINE INPUT @DRA;DM$
2734 PRINT @DRA ; "MIN" : LINE INPUT @DRA ; D$
2735 D3%(3)=VAL(MID$(D$,3)) : ' MIN-DATA
2736 D3%(1)=8
2737 '
2770 '    ** SAVE DISK **
2780 '
2790 FOR CHN=1 TO 5
2800 '
2810 DSEG1%=VARPTR(D%(0,CHN),1)
2880 '
2890 DEF SEG=DSEG1%
2960 '
2970 OFS1%=VARPTR(D%(0,CHN))
3040 '
3050 F$=FILE$+"-"+MID$(STR$(CHN),2)+".dat"
3060 '
3070 BSAVE F$,OFS1%,(4+N%)*2
3140 '
3150 NEXT CHN
3155 '
3156 DSEG%=VARPTR(D1%(0),1)
3157 DEF SEG=DSEG%
3158 OFS%=VARPTR(D1%(0))
3159 F$=FILE$+"-"+"6.dat"
3160 BSAVE F$,OFS1%,(4+16000)*2
3161 '
3162 DSEG%=VARPTR(D2%(0),1)
3163 DEF SEG=DSEG%
3164 OFS%=VARPTR(D2%(0))
3165 F$=FILE$+"-"+"7.dat"
3166 BSAVE F$,OFS1%,(4+16000)*2
3167 DSEG%=VARPTR(D3%(0),1)
3168 DEF SEG=DSEG%
3169 OFS%=VARPTR(D3%(0))
```

```
3170 FS=FILES+"-"+"8.dat"
3171 BSAVE FS,OFS1%,(4+16000)*2
3180 NKO=J
3190 '
3212 FOR K=1 TO 1500
3213 SS=(D%(K+3,1)-D%(4,1))*ALP1/1000
3214 EAA=(D%(K+3,3)-D%(4,3))*ALP2/1000/10
3215 EVV=(D%(K+3,5)-D%(4,5))*ALP3/1000
3216 SS3=(D%(K+3,2)-D%(4,2))*ALP4/1000
3220 X1(K)=SS
3221 X2(K)=EAA
3222 X3(K)=EVV
3223 X4(K)=SS3
3225 NEXT K
3226 OPEN FILES+"-B" FOR OUTPUT AS #1
3228 PRINT #1,DTITLES;",";TTITLES;",";TITLES
3230 PRINT #1,HO,RO,DV,WE,SG,MW,S3,TNN
3240 FOR K=1 TO TNN
3250 PRINT #1,X1(K),X4(K),X2(K),X3(K)  ' 荷重，側圧，軸変位，体積変化
3252 NEXT K
3255 PRINT #1,ALP1,ALP4,ALP2,ALP3
3256 CLOSE #1
3260 '
3261 OPEN FILES+"-s" FOR OUTPUT AS #2
3262 PRINT #2,DTITLES;",";TTITLES;",";TITLES
3263 PRINT #2,HO,RO,DV,WE,SG,MW,S3,TNN
3270 FOR K=0 TO 16000
3271 LLL=(D3%(K+4)-D3%(4))*ALP1/1000/10
3272 SD1=(D1%(K+4)-D1%(4))*ALP6/1000
3273 SD2=(D2%(K+4)-D2%(4))*ALP7/1000
3274 SDH=(SD1+SD2)/2
3280 PRINT #2,LLL,SD1,SD2,SDH
3290 NEXT K
3300 PRINT #2,ALP1,ALP6,ALP7
3310 CLOSE #2
3320 END
```

```
10 '**************************************************
20 '**  コア材動的強度試験                            **
30 '**          データサンプリングプログラム          **
40 '**                                                **
50 '**    FULOPY VERS.          BY YOSHIOKA(1990.08) **
60 '**************************************************
80 '
90 '**************************************************
100 NCHA=4          'サンプリング  チャネル数
110 DELTAT=100      'サンプリング  タイム  秒
140 N1=1            'サンプリング開始組番号
150 N2=16000        'サンプリング終了組番号
170 TNN=N2-N1+1     'サンプリング  ポイント数 (5100)
190 N%=16000
200 '**************************************************
210 CLS 3
220 CONSOLE 0,25,0
230 '
240 '**************************************************
250 '******   使用している配列 及び  関数の宣言   ******
260 '**************************************************
270 '
290 DIM D1%(5+N%-1),D2%(5+N%-1),D3%(5+N%-1),D4%(5+N%-1)
310 DIM MPRG1%(1023)
320 DIM MPRG2%(1023)
330 DIM MPRG3%(1023)
340 DIM MPRG4%(1023)
350 DIM X%(N%-1)
360 '
420 DEF FNST$(X$)=RIGHT$("0"+RIGHT$(X$,LEN(X$)-1),2)
430 '
440 '**************************************************
450 '*****       日付, 時刻, タイトルの入力        ******
460 '**************************************************
470 '
480 CLS
490 '
500 LOCATE 20,5
510 PRINT"さあ  ｶﾞﾝﾊﾞｯﾃ  やりましょう  !!!"
520 LOCATE 30,7
530 PRINT"動的強度試験開始":BEEP
540 LOCATE 35,9
550 PRINT"試験開始年月日を入力してください"
560 LOCATE 40,10
570 INPUT DTITLE$
580 LOCATE 35,12
590 PRINT"試験開始時刻を入力してください"
600 LOCATE 40,13
610 INPUT TTITLE$
620 LOCATE 35,15
630 PRINT"試験名を入力してください"
640 LOCATE 40,16
650 INPUT TITLE$
660 '
670 LOCATE 10,17 : BEEP
680 INPUT "次に進みますか (Y/N) ";P$
690 IF P$="Y" THEN 720
700 IF P$="N" THEN 480
710 GOTO 660
720 CLS
730 '
731 '******************************************
732 '*******     校正電圧に関する入力     *******
733 '******************************************
734 LOCATE 10,2 : PRINT "校正電圧値を入力してください=2!"
735 LOCATE 15,4 : INPUT "TAU : P1kgf/cm2/1000mV     : P1=",P1
736 LOCATE 15,6 : INPUT "SIG3 : P2kgf/cm2/1000mV    : P2=",P2
737 LOCATE 15,8 : INPUT "DELTA H :P3mm/1000mV       : P3=",P3
738 LOCATE 15,10: INPUT "DELTA U :P4kgf/cm2/1000mV : P4=",P4
739 ALP1=P1/1000:ALP2=P2/1000:ALP3=P3/1000:ALP4=P4/1000
740 LOCATE 10,12 : BEEP
741 INPUT "次に進みますか (Y/N) ";P$
742 IF P$="Y" THEN 745
743 IF P$="N" THEN 720
744 GOTO 740
```

```
745 CLS
750 '*****************************************
760 '*******     初期供試体に関する入力      *******
770 '*****************************************
780 '
790 CLS
800 LOCATE 10,2
810 PRINT "初期供試体の条件を記入してください"
820 LOCATE 15,4 : INPUT "供試体初期高さ (cm)      : H0=",H0
830 LOCATE 15,6 : INPUT "初期平均直径 (cm)        : R0=",R0
840 LOCATE 15,8 : INPUT "圧密後の体積圧縮量 (cm3): DV=",DV
845 LOCATE 15,10: INPUT "圧密後の軸変位量 (cm)    : DH=",DH
850 LOCATE 15,12: INPUT "平均絶乾重量 (gf)     □ : WE=",WE
860 LOCATE 15,14: INPUT "平均絶乾比量             : SG=",SG
870 LOCATE 15,16: INPUT "平均吸水率 (%)           : WW=",WW
880 LOCATE 15,18: INPUT "拘　束　圧 (kgf/cm2)     : S3=",S3
890 LOCATE 15,20: INPUT "初期せん断応力(kgf/cm2) : S1-S3=",TS
900 '
910 LOCATE 10,22 : BEEP
920 INPUT "次に進みますか (Y/N) ";P$
930 IF P$="Y" THEN 960
940 IF P$="N" THEN 790
950 GOTO 900
960 CLS
970 '
980  '*****************************************
990  '*******     動的強度試験の開始      *******
1000 '*****************************************
1010 '
1020 '
1030 '
1040 I=0
1050 CLS
1060 LOCATE 10,4
1070 PRINT "では，これから，動的強度試験を開始しましょう""
1150 '
1170 LOCATE 10,6
1180 PRINT "ファイル名を入力してください"
1190 LOCATE 20,7 : INPUT FILE$
1200 LOCATE 10,9 : INPUT "ファイル名は正しいですか (Y/N) ";P$
1210 IF P$="Y" THEN 1240
1220 IF P$="N" THEN 1050
1230 GOTO 1200
1240 CLS
1250 '
1260 '*****************************************************************************
1270 '***  動的強度試験結果のＡ／Ｄ変換，抽出，及びハードディスクへの出力  ***
1280 '*****************************************************************************
1290 '
1300 J=1
1310 '
1330 '*************************************
1340 '*************************************
1350 '*****  データのサンプリング開始  *****
1360 '*************************************
1370 '*************************************
1380 '
1390 CSEG1%=VARPTR(MPRG1%(0),1) : DEF SEG=CSEG1%
1400 CSEG2%=VARPTR(MPRG2%(0),1) : DEF SEG=CSEG2%
1410 CSEG3%=VARPTR(MPRG3%(0),1) : DEF SEG=CSEG3%
1420 CSEG4%=VARPTR(MPRG4%(0),1) : DEF SEG=CSEG4%
1460 '
1470 RDBIN1=VARPTR(MPRG1%(0))
1475 RDBIN2=VARPTR(MPRG2%(0))
1480 RDBIN3=VARPTR(MPRG3%(0))
1490 RDBIN4=VARPTR(MPRG4%(0))
1510 '
1570 BLOAD "BDTSUB.BIN",RDBIN1
1580 BLOAD "BDTSUB.BIN",RDBIN2
1590 BLOAD "BDTSUB.BIN",RDBIN3
1600 BLOAD "BDTSUB.BIN",RDBIN4
1640 '
1700 DRA=20
1710 '
1720 D1%(0)=N% : D1%(1)=0 : D1%(2)=32767 : D1%(3)=-32767
```

```
1730 D2%(0)=N% : D2%(1)=0 : D2%(2)=32767 : D2%(3)=-32767
1740 D3%(0)=N% : D3%(1)=0 : D3%(2)=32767 : D3%(3)=-32767
1750 D4%(0)=N% : D4%(1)=0 : D4%(2)=32767 : D4%(3)=-32767
1790 '
1800 FOR I%=0 TO N%-1 : X%(I%)=I% : NEXT I%
1810 IRO%=7
1820 ISET IFC : ISET REN
1830 CMD DELIM=0
1840 '
1850 PRINT @DRA ; "RES" : LINE INPUT @DRA;DM$
1860 PRINT @DRA ; "SET 1;4" : LINE INPUT @DRA;DM$
1870 PRINT @DRA ; "B.V 0" : LINE INPUT @DRA;DM$
1880 PRINT @DRA ; "MRY 16000;0" : LINE INPUT @DRA;DM$
1890 PRINT @DRA ; "LPF 10" : LINE INPUT @DRA;DM$
1900 PRINT @DRA ; "CLK 100" : LINE INPUT @DRA;DM$
1985 PRINT @DRA ; "RES" : LINE INPUT @DRA;DM$
1986 PRINT @DRA ; "SET 1;4" : LINE INPUT @DRA;DM$
1987 PRINT @DRA ; "ETG" : LINE INPUT @DRA;DM$
1990 CLS 3
2000 LOCATE 10,3 : PRINT"三軸試験機のスイッチをＯＮしてください　!!!"
2010 CLS 3
2020 LOCATE 10,5 : PRINT "現在，試験データのサンプリング中です．
2030 LOCATE 8,10  : PRINT" Ａ／Ｄ変換のランプが，全て緑色に点燈すれば，Ｆ１０キーを押して下さい" : S
TOP
2040 PRINT @DRA ; "HLT"
2050 '    ** BDT COMMAND **
2060 '
2070 FOR CHN=1 TO 4
2080 PRINT @DRA ; "RES" : INPUT @DRA;DM$
2090 C$="SET"+STR$(CHN)
2100 PRINT @DRA ; C$ : INPUT @DRA;DM$
2120 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(N%)+";0" :LINE INPUT @DRA;DM$
2130 PRINT @DRA ; "MRY ?" : LINE INPUT @DRA;D$
2140 PRINT @DRA ; "BDT "
2150 '
2160 MBYTE &H3F, &H40+DRA, &H20 ;
2170 '
2180 IF CHN=1 THEN DEF SEG=CSEG1%
2190 IF CHN=2 THEN DEF SEG=CSEG2%
2200 IF CHN=3 THEN DEF SEG=CSEG3%
2210 IF CHN=4 THEN DEF SEG=CSEG4%
2250 '
2260 NKO%=4
2270 '
2280 IF CHN=1 THEN CALL RDBIN(D1%(NKO%), N%)
2290 IF CHN=2 THEN CALL RDBIN(D2%(NKO%), N%)
2300 IF CHN=3 THEN CALL RDBIN(D3%(NKO%), N%)
2310 IF CHN=4 THEN CALL RDBIN(D4%(NKO%), N%)
2350 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(N%)+";0" : LINE INPUT @DRA;DM$
2360 PRINT @DRA ; "MAX" : LINE INPUT @DRA ; D$
2370 '
2380 IF CHN=1 THEN D1%(2)=VAL(MID$(D$, 3)) : ' MAX-DATA
2390 IF CHN=2 THEN D2%(2)=VAL(MID$(D$, 3)) : ' MAX-DATA
2400 IF CHN=3 THEN D3%(2)=VAL(MID$(D$, 3)) : ' MAX-DATA
2410 IF CHN=4 THEN D4%(2)=VAL(MID$(D$, 3)) : ' MAX-DATA
2450 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(N%)+";0" : LINE INPUT @DRA;DM$
2460 PRINT @DRA ; "MIN" : LINE INPUT @DRA ; D$
2470 '
2480 IF CHN=1 THEN D1%(3)=VAL(MID$(D$, 3)) : ' MIN-DATA
2490 IF CHN=2 THEN D2%(3)=VAL(MID$(D$, 3)) : ' MIN-DATA
2500 IF CHN=3 THEN D3%(3)=VAL(MID$(D$, 3)) : ' MIN-DATA
2510 IF CHN=4 THEN D4%(3)=VAL(MID$(D$, 3)) : ' MIN-DATA
2550 '
2560 IF CHN=1 THEN D1%(1)=CHN
2570 IF CHN=2 THEN D2%(1)=CHN
2580 IF CHN=3 THEN D3%(1)=CHN
2590 IF CHN=4 THEN D4%(1)=CHN
2630 '
2650 NEXT CHN
2660 '
2670 PRINT TIME$
2680 '
2710 '*********************************************
2720 '*******                                *******
2730 '******* ＤＩＳＫへの書き込み （その１） *******
```

```
2740 '*******                                        *******
2750 '************************************************
2760 '
2770 '    ** SAVE DISK **
2780 '
2790 FOR CHN=1 TO 4
2800 '
2810 IF CHN=1 THEN DSEG1%=VARPTR(D1%(0), 1)
2820 IF CHN=2 THEN DSEG2%=VARPTR(D2%(0), 1)
2830 IF CHN=3 THEN DSEG3%=VARPTR(D3%(0), 1)
2840 IF CHN=4 THEN DSEG4%=VARPTR(D4%(0), 1)
2880 '
2890 IF CHN=1 THEN DEF SEG=DSEG1%
2900 IF CHN=2 THEN DEF SEG=DSEG2%
2910 IF CHN=3 THEN DEF SEG=DSEG3%
2920 IF CHN=4 THEN DEF SEG=DSEG4%
2960 '
2970 IF CHN=1 THEN OFS1%=VARPTR(D1%(0))
2980 IF CHN=2 THEN OFS2%=VARPTR(D2%(0))
2990 IF CHN=3 THEN OFS3%=VARPTR(D3%(0))
3000 IF CHN=4 THEN OFS4%=VARPTR(D4%(0))
3040 '
3050 FS=FILE$+"-"+MID$(STR$(CHN), 2)+".dat"
3060 '
3070 IF CHN=1 THEN BSAVE FS, OFS1%, (4+N%)*2
3080 IF CHN=2 THEN BSAVE FS, OFS2%, (4+N%)*2
3090 IF CHN=3 THEN BSAVE FS, OFS3%, (4+N%)*2
3100 IF CHN=4 THEN BSAVE FS, OFS4%, (4+N%)*2
3140 '
3150 NEXT CHN
3160 '
3170 PRINT TIME$
3180 NKO=J
3190 '
3260 '
3261 OPEN FILE$+"-0" FOR OUTPUT AS #1
3262 PRINT #1, DTITLE$;",";TTITLE$;",";TITLE$
3263 PRINT #1, H0, R0, DV, DH, WE, SG, MV, S3, TS, TNN
3270 FOR K=0 TO 3+TNN
3280 PRINT #1, D1%(K), D2%(K), D3%(K), D4%(K)
3290 NEXT K
3300 PRINT #1, ALP1, ALP2, ALP3, ALP4
3310 CLOSE #1
3320 END
3330 '
3340 '
```

```
10  SAVE "C:DKYODOIQ.PRI",A
20 '************** DOUTEKI KYOUDO NO PRINT OUT **********
30 '*
40 '*     DOKEN DRA-10A  ====> PC-9801
50 '*       1992/01/27  V.1.2
60 '*                 1991/11/05   by IKUO KATAYAMA
70 '*
80 '*****************************************************
90 '
100 CLEAR : CLS
105 'N%=16000
110 'DIM D1(N%),D2(N%),D3(N%),D4(N%)
120 'DIM D1%(N%),D2%(N%),D3%(N%),D4%(N%)
130 '
140 LOCATE 10,10 :INPUT "プリントするＦＩＬＥ名は (DL*-*)";FILE$ : FILE$=FILE$+"-0"
141 LOCATE 10,12 :INPUT "セーブするＦＩＬＥ名は          ";FL$
145 LOCATE 10,15 :PRINT "プリントする波数は７５波以内"
146 LOCATE 15,16 :INPUT "プリントの開始波数    ????=";WAVEST%
147 LOCATE 15,17 :INPUT "プリントの終了波数    ????=";WAVEEN% : WAVE%=WAVEEN%-WAVEST%+1
150 LOCATE 10,20 :INPUT " １＝ＣＲＴ   :   ２＝ＰＲＩＮＴＥＲ   :   ３＝１＋２   ";PRIOUT
151 N%=WAVE%*100+3
152 DIM D1(N%),D2(N%),D3(N%),D4(N%)
153 DIM D1%(N%),D2%(N%),D3%(N%),D4%(N%)
154 DIM MAXSIGD(WAVE%),MINSIGD(WAVE%),SIGD(WAVE%)
155 DIM MAXEPS(WAVE%) ,MINEPS(WAVE%) ,EPS(WAVE%)
156 DIM MAXPWP(WAVE%) ,MINPWP(WAVE%) ,PWP(WAVE%)
157 IF LEFT$(FILE$,3)="DL1" THEN 158 ELSE IF LEFT$(FILE$,3)="DL3" THEN 159 ELSE IF LEFT$(FILE$,3)
="DL6" THEN 160 ELSE IF LEFT$(FILE$,2)="CK" THEN 158
158 ALP1=2 : ALP2=.002 : ALP3=.015 : ALP4=.001277       : GOTO 165
159 ALP1=2 : ALP2=.002 : ALP3=.015 : ALP4=.002554    : GOTO 165
160 'ALP1=2 : ALP2=.002 : ALP3=.015 : ALP4=.002       : GOTO 165
165 '
170 GOSUB *INPUTDATA
180 GOSUB *KEISAN
185 IF PRIOUT=1 OR PRIOUT=3 THEN 190 ELSE IF PRIOUT=2 THEN 195 ELSE CLEAR : 140
190 GOSUB *HYOUCRT : IF PRIOUT=3 THEN 195 ELSE 200
195 GOSUB *HYOUPRI
200 '
210 INPUT"終了しますか (Y=YES or N=NO)";YNA$
220 IF YNA$="Y" OR YNA$="y" THEN 240
230 IF YNA$="N" OR YNA$="n" THEN 235 ELSE 210
235 CLEAR : CLS : GOTO 140
240 CLOSE : END
250 '
1000 '************   DATA NO TORIKOMI
1010 *INPUTDATA
1020 OPEN "D:"+FILE$ FOR INPUT AS #1
1030 INPUT #1,DTITLE$,TTITLE$,TITLE$
1035 PRINT DTITLE$,TTITLE$,TITLE$
1040 INPUT #1,H0,R0,DV,DH,WE,SG,HW,S3,TS,TNN
1045 PRINT H0,R0,DV,DH,WE,SG,HW,S3,TS,TNN
1046 FOR K=1 TO 5
1047   INPUT #1,D10%,D20%,D30%,D40%
1048 NEXT K
1049 IF WAVEST%=1 THEN 1072
1050 FOR K=1 TO (WAVEST%-1)*100
1060   INPUT #1,D1%,D2%,D3%,D4%
1070 NEXT K
1072 FOR K=2 TO WAVE%*100
1074   INPUT #1,D1%(K),D2%(K),D3%(K),D4%(K)
1076 NEXT K
1080 '' INPUT #1,ALP1,ALP2,ALP3,ALP4
1090 CLOSE #1
1100 RETURN
2000 '************ KEISAN
2010 *KEISAN
2012 'IF FILE$="DK3-1'-0" THEN 2014 ELSE 2020
2014 '  D10%=55 : D20%=2506 : D30%=-14 : D40%=1076
2020 V0=R0*R0*3.14159/4*H0
2030 VC=V0-DV
2040 HC=(1-DV/(3*V0))*H0
2050 AC=VC/HC
2052 FOR I=2 TO 100*WAVE%
2054   D1%(I)=D1%(I)-D10%
2055   D2%(I)=D2%(I)-D20%
```

```
  D3%(I)=D3%(I)-D30%
  D4%(I)=D4%(I)-D40%
NEXT I
D1%(1)=0 : D2%(1)=0 : D3%(1)=0 : D4%(1)=0
FOR K=1 TO 100*WAVE%
  D1(K)=D1%(K)*ALP1/AC
  D2(K)=D2%(K)*ALP2
  D3(K)=D3%(K)*ALP3/(HC*10)*100
  D4(K)=D4%(K)*ALP4
NEXT K
FOR W=1 TO WAVE%
  MAXSIGD(W)=-9999 : MAXEPS(W)=-9999 : MAXPWP(W)=-9999
  MINSIGD(W)=9999  : MINEPS(W)=9999  : MINPWP(W)=9999
  FOR PNT=1 TO 100
    IF MAXSIGD(W)<D1((W-1)*100+PNT) THEN MAXSIGD(W)=D1((W-1)*100+PNT)
    IF MINSIGD(W)>D1((W-1)*100+PNT) THEN MINSIGD(W)=D1((W-1)*100+PNT)
    IF MAXEPS(W)<D3((W-1)*100+PNT) THEN MAXEPS(W)=D3((W-1)*100+PNT)
    IF MINEPS(W)>D3((W-1)*100+PNT) THEN MINEPS(W)=D3((W-1)*100+PNT)
    IF MAXPWP(W)<D4((W-1)*100+PNT) THEN MAXPWP(W)=D4((W-1)*100+PNT)
    IF MINPWP(W)>D4((W-1)*100+PNT) THEN MINPWP(W)=D4((W-1)*100+PNT)
  NEXT PNT
  SIGD(W)=(MAXSIGD(W)-MINSIGD(W))/2
  EPS(W)=(MAXEPS(W)-MINEPS(W))
  '
NEXT W
OPEN "D:"+FL$ FOR OUTPUT AS #1
PRINT #1, FILE$
FOR I=1 TO WAVE%
PRINT #1, I+WAVEST%, MAXSIGD(I), MINSIGD(I), SIGD(I), MAXEPS(I), MINEPS(I), EPS(I), MAXPWP(I)
NEXT I
CLOSE #1
'
RETURN
'
'*****************  CRT PRINT OUT
*HYOUCRT
PRINT"        <<<<<<<  ";FILE$;"  >>>>>>>     (";TITLE$;")"
PRINT""
      PRINT"波数      軸差応力(kgf/cm2)            軸歪 (%)            間隙水圧"
      PRINT"          圧縮     伸張     平均       圧縮     伸張    両振幅    (kgf/cm2)
PRINT""
FOR I=1 TO WAVE%
  PRINT USING"###     ##.###  ##.###  ##.###     ###.##  ###.##  ###.##     #.##";I+WAVEST%-1, M
AXSIGD(I), MINSIGD(I), SIGD(I), MAXEPS(I), MINEPS(I), EPS(I), MAXPWP(I)
  IF I/10=INT(I/10) THEN PRINT""
NEXT I
PRINT"" : PRINT""
'
RETURN
'
'*****************  PRINTER PRINT OUT
*HYOUPRI
LPRINT"                    <<<<<<<  ";FILE$;"  >>>>>>>     (";TITLE$;")"
LPRINT""
      LPRINT"    波数      軸差応力(kgf/cm2)            軸歪 (%)            間隙水圧"
      LPRINT"              圧縮     伸張     平均       圧縮     伸張    両振幅    (kgf/cm2)
LPRINT""
FOR I=1 TO WAVE%
  LPRINT USING"    ###     ##.###  ##.###  ##.###     ###.##  ###.##  ###.##     #.##";I+WAVES
T%-1, MAXSIGD(I), MINSIGD(I), SIGD(I), MAXEPS(I), MINEPS(I), EPS(I), MAXPWP(I)
  IF I/10=INT(I/10) THEN LPRINT""
NEXT I
LPRINT"" : LPRINT""
'
RETURN
'
```

```
5 'save "DCYUJIT.BAS",A
10 '*************************************************
20 '**   中実動的せん断試験(軸方向 側方向 振幅)      **
30 '**                のサンプリング用プログラム      **
40 '**                                               **
50 '**                          BY YOSHIOKA  1990.6  **
60 '*************************************************
70 '
80  'CLEAR,,&H5E00
90  DRS="B:¥DATA¥"' データ処理ドライブ NO.
100 '
110 '*************************************************
120 HZT=.2          '動的試験周波数  Ｈｚ
130 NCHA=5          'サンプリング  チャネル数
140 DELTAT=10       'サンプリング  タイム  ミリ秒
150 NH=11           '試験波数
160 XN=30           '試験レベル最大数
170 '
180 '
190 '
200 RE(1)=10:RE(2)=5:RE(3)=1  'サンプリング精度  倍 (CH7,8,9,10=10->5->1)
210 N1=4401         'サンプリング開始組番号
220 N2=5050         'サンプリング終了組番号
230 TNN=N2-N1+1     'サンプリング  ポイント数 (650)
240 N%=5200
250 '*************************************************
260 CLS 3
270 CONSOLE 0,25,0
280 '*************************************************
290 '******   使用している配列 及び  関数の宣言  ******
300 '*************************************************
310 '
320 DIM SGMAA%(TNN,XN),SGMAR%(TNN,XN),DLTH1%(TNN,XN),DLTH2%(TNN,XN),DLTAR%(TNN,XN)
330 DIM SHRE(XN),SHRH(XN),DAMR(XN),POIS(XN)
340 DIM YY(TNN,NCHA),PEND(NCHA,XN),DD(NCHA),NSTA(4)
350 DIM YZ(TNN),YG(300,NCHA)
360 DIM MPRG%(1023),D%(4+N%-1,NCHA)
370 DIM ALP1(XN),ALP2(XN),ALP3(XN),ALP4(XN),ALP5(XN)
380 '
390 '*************************************************************************
400 '*************   db=40  に設定した場合 (1v/FS)  ************************
410 '*   (較正電圧)
420 '* 軸  力      : AL1=2tf/v=2kgf/mv
430 '* 側応力      : AL2=2kgf/cm2/v=0.002kgf/cm2/mv
440 '* 軸変位1     : AL3=0.01895mm/10mv=0.001895mm/mv
450 '* 軸変位2     : AL4=0.01959mm/10mv=0.001959mm/mv
460 '* TAISEKI     : AL5=13.3cc/v=0.0133cc/mv
470 '*************************************************************************
480 '
490 AL1=2:AL2=.002:AL3=.001895:AL4=.001959:AL5=.0133
500 '
510 '
520 '
530 '
540 '
550 '
560 '
570 '
580 '
590 '
600 '
610 '
620 '*************************************************
630 '*****     中実動的せん断試験の選択メニュー      ******
640 '*************************************************
650 '
660 LOCATE 5,5 : PRINT "メニューの選択" : BEEP
670 LOCATE 10,7  : PRINT " 1   A／D変換"
680 LOCATE 10,9  : PRINT " 3   データの処理  ヒステリシスループ"
690 LOCATE 15,12 : INPUT JCH
700 IF JCH=1 THEN 730
710 IF JCH=3 THEN GOSUB *HISTR : GOTO 4360
720 IF JCH<1 OR JCH>3 THEN 690
730 '
740 DEF FNST$(X$)=RIGHT$("0"+RIGHT$(X$,LEN(X$)-1),2)
```

```
 750 '
 760 '************************************************
 770 '*****       日付，時刻，タイトルの入力        ******
 780 '************************************************
 790 '
 800 CLS 3
 810 CLS
 820 '
 830 LOCATE 20,5
 840 PRINT"さあ ｶﾞﾝﾊﾞｯﾃ やりましょう !!!"
 850 LOCATE 30,7
 860 PRINT"中実動的試験開始":BEEP
 870 LOCATE 35,9
 880 PRINT"試験開始年月日を入力してください"
 890 LOCATE 40,10
 900 INPUT DTITLE$
 910 LOCATE 35,15
 920 PRINT"試験名を入力してください"
 930 LOCATE 40,16
 940 INPUT TITLE$
 950 '
 960 LOCATE 10,17 : BEEP
 970 INPUT "次に進みますか (Y/N) ";P$
 980 IF P$="Y" OR P$="y" THEN 1010
 990 IF P$="N" OR P$="n" THEN 800
1000 GOTO 950
1010 CLS
1020 '
1030 '************************************************
1040 '*******     試験前供試体に関する入力      *******
1050 '************************************************
1060 '
1070 CLS
1080 LOCATE 10,5
1090 PRINT "供試体の大きさ，重量，比重，間隙比を入力してください"
1100 '
1110 LOCATE 15,8 : INPUT "半     径 (cm) : RR=",RR
1120 LOCATE 15,9 : INPUT "高     さ (cm) : H0=",H(0)
1130 'LOCATE 15,10 :INPUT "重     量 (g)  : Wd=",WD
1140 'LOCATE 15,11 :INPUT "比     重       : Gb=",GB
1150 'LOCATE 15,12 :INPUT "間隙比(1)       : Emax=",EMAX
1160 'LOCATE 15,13 :INPUT "間隙比(2)       : Emin=",EMIN
1170 '
1180 A(0)=3.14159*RR*RR
1190 V(0)=A(0)*H(0)
1200 'GAMD(0)=WD/V(0)
1210 'E(0)=GB/GAMD(0)-1
1220 'DR(0)=(EMAX-E(0))/(EMAX-EMIN)*100
1230 '
1240 LOCATE 10,15 : BEEP
1250 INPUT "次に進みますか (Y/N) ";P$
1260 IF P$="Y" OR P$="y" THEN 1290
1270 IF P$="N" OR P$="n" THEN 1070
1280 GOTO 1230
1290 CLS
1300 '
1310 '************************************************
1320 '*****     第一段階 -----〉第五段階  の  試験     *****
1330 '************************************************
1340 '
1350 I=0
1360 '
1370 I=I+1
1380 CLS
1390 LOCATE 10,1
1400 PRINT "では，これから，第";:PRINT USING "##";I;: PRINT"段階の試験を開始しましょう""
1410 LOCATE 5,3 :PRINT "この試験段階でよければ----0，違っていればその段階の数字を入力して下さい..
なお，試験終了の場合は９９９をキー入力して下さい. "
1420 LOCATE 15,6 : INPUT JJJ
1430 IF JJJ=999 THEN 4360
1440 IF JJJ=0 THEN 1480
1450 I=JJJ
1460 CLS
1470 GOTO 1390
1480 '
```

```
1490 CLS
1500 LOCATE 10,6
1510 PRINT "ファイル名を入力してください"
1520 LOCATE 20,7 : INPUT FILE$
1530 LOCATE 10,9 : INPUT "ファイル名は正しいですか (Y/N) ";P$
1540 IF P$="Y" OR P$="y" THEN 1570
1550 IF P$="N" OR P$="n" THEN 1490
1560 GOTO 1530
1570 CLS
1580 '
1590 '*******************************************************
1600 '*****     上記入力データのハードディスクへの出力      ******
1610 '*******************************************************
1620 '
1630 OPEN DR$+FILE$ FOR OUTPUT AS #1
1640 PRINT #1,DTITLE$;",";TTITLE$;",";TITLE$
1650 PRINT #1,A(0);RDUMY;RR;H(0);WD;GB;EMAX;EMIN
1660 PRINT #1,V(0);GAMD(0);E(0);DR(0)
1670 CLOSE #1
1680 '
1690 '*******************************************************
1700 '*******     供試体圧密前に関するデータの入力      *******
1710 '*******************************************************
1720 '
1730 CLS
1740 LOCATE 5,2 : PRINT "ファイル名 : ";FILE$
1750 LOCATE 15,4
1760 INPUT "サブタイトルを入力してください";STITLE$(I)
1770 LOCATE 10,7
1780 PRINT "圧密前の諸データを入力してください"
1790 LOCATE 15,12 :INPUT" ΔV(CC) ; BUB=",BUB(I)
1800 LOCATE 15,13 :INPUT" ΔH(mm)   ; DGB=",DGB(I) : DGB(I)=DGB(I)/10
1810 '
1820 LOCATE 10,15
1830 INPUT "次に進みますか (Y/N) ";P$
1840 IF P$="Y" OR P$="y" THEN 1870
1850 IF P$="N" OR P$="n" THEN 1730
1860 GOTO 1820
1870 CLS
1880 '
1890 '*******************************************************
1900 '*******     供試体圧密後に関するデータの入力      *******
1910 '*******************************************************
1920 '
1930 CLS
1940 LOCATE 10,1
1950 PRINT "圧密後の諸データを入力してください"
1960 LOCATE 15,3 : INPUT "側圧(kgf/cm2)  : SIG-3=",SIG3(I)
1970 LOCATE 15,7 : PRINT "等方圧密の場合は軸荷重を0"
1980 LOCATE 15,8 : PRINT "異方圧密の場合は軸荷重をkgf/cm2値で入力して下さい"
1990 LOCATE 30,9 : INPUT ": SIG-1=",SIG1(I)
2000 LOCATE 15,11 : INPUT" ΔV(CC)  ; BUA=",BUA(I)
2010 LOCATE 15,13 : INPUT" ΔH(mm)    ; DGA=",DGA(I) : DGA(I)=DGA(I)/10
2020 '
2030 '
2040 DLTVB(I)=BUA(I)-BUB(I) : DLTH(I)=DGA(I)-DGB(I)
2050 V(I)=V(I-1)-DLTVB(I) : H(I)=H(I-1)-DLTH(I)
2060 A(I)=V(I)/H(I)
2070 '
2080 SIG3(I)=SIG3(I)
2090 IF SIG1(I)=0 THEN SIG1(I)=SIG3(I)
2100 SIGM(I)=(SIG1(I)+2*SIG3(I))/3
2110 'GAMD(I)=WD/V(I)
2120 'E(I)=GB/GAMD(I)-1
2130 'DR(I)=(EMAX-E(I))/(EMAX-EMIN)*100
2140 '
2150 CLS 3
2160 PRINT "タイトル=";STITLE$(I)
2170 PRINT "    第一主応力=";SIG1(I);"    第三主応力=";SIG3(I);"    平均主応力=";SIGM(I)
2180 PRINT "                              (圧密前)        (圧密後) □□□ (変化量) "
2190 PRINT "    外    体    積              ";BUB(I);"            ";BUA(I);"            ";DLTVB(I)
2200 PRINT "    軸    変    位              ";DGB(I);"            ";DGA(I);"            ";DLTH(I)
2210 PRINT
2220 PRINT
2230 PRINT "                              (供 試 体) "
```

```
2240 PRINT "    体              積        ";V(I)
2250 PRINT "    高              さ        ";H(I)
2260 PRINT "    半              径        ";RR
2270 '
2280 PRINT "    断      面      積        ";A(I)
2290 PRINT "    乾    燥    密    度      ";GAMD(I)
2300 PRINT "    間      隙      比        ";E(I)
2310 PRINT "    相    対    密    度      ";DR(I)
2320 '
2330 LOCATE 10,20 : BEEP
2340 INPUT "次に進みますか (Y/N) ";PS
2350 IF PS="Y" OR PS="y" THEN 2380
2360 IF PS="N" OR PS="n" THEN 1930
2370 GOTO 2330
2380 CLS
2390 '
2400 '*************************************************************************
2410 '***  中実動的試験値のA／D変換，抽出，及びハードディスクへの出力  *****
2420 '*************************************************************************
2430 '
2440 LOCATE 20,5
2450 PRINT "では，  中実動的試験を始めましょう !!!"
2460 '
2470 R1=1:R3=1:R4=1:R5=1   'RANGE KIRIKAE NO HIKISUU
2480 FOR J=1 TO 50
2490 IF J=1 THEN 2870
2500 LOCATE 10,5 : BEEP :  PRINT "この試験段階を続けますか ?(Y/N)"
2510 LOCATE 15,6 : INPUT C$
2520 IF C$="Y" OR C$="y" THEN 2850
2530 IF C$="N" OR C$="n" THEN 2550
2540 GOTO 2500
2550 '    ** LOAD DISK **
2560 '
2570 MM%=J-1
2580 '
2590 FOR JJ=1 TO MM%
2600 FOR CHN=1 TO 5
2610 DSEG%=VARPTR(D%(0,CHN),1) : DEF SEG=DSEG%
2620 OFS%=VARPTR(D%(0,CHN))
2630 F$="FL"+MID$(STR$(JJ),2)+"-"+MID$(STR$(CHN),2)+".dt"+MID$(STR$(I),2)
2640 BLOAD DR$+F$,OFS% : ADR=D%(0,CHN)
2650 NEXT CHN
2660 '
2670 OPEN DR$+FILE$ FOR APPEND AS #1
2680 '
2690 IF JJ=1 THEN 2700 ELSE 2740
2700 PRINT #1,STITLE$(I)
2710 PRINT #1,SIG1(I);SIG3(I);SIGM(I);BUB(I);DGB(I)
2720 PRINT #1,BUA(I);DGA(I)
2730 PRINT #1,DLTVB(I);DLTH(I);V(I);H(I);A(I);GAMD(I);E(I);DR(I)
2740 FOR K=N1 TO N2
2750 PRINT #1,D%(K,1);D%(K,2);D%(K,3);D%(K,4);D%(K,5)
2760 NEXT K
2770 PRINT #1,ALP1(JJ);ALP2(JJ);ALP3(JJ);ALP4(JJ);ALP5(JJ)
2780 '
2790 A$="CONTINUE"
2800 IF JJ=MM% THEN A$="END"
2810 PRINT #1,A$
2820 CLOSE #1
2830 NEXT JJ
2840 GOTO 1360
2850 '
2860 CLS
2870 '----------------  SAMPLE-RANGE NO HANTEI (10Volt DE KIRIKAE)      ----
2880 IF D%(2,1)>10000 OR D%(3,1)<-10000 THEN 2890 ELSE 2900
2890 R1=R1+1
2900 IF D%(2,3)>10000 OR D%(3,3)<-10000 THEN 2910 ELSE 2920
2910 R3=R3+1
2920 IF D%(2,4)>10000 OR D%(3,4)<-10000 THEN 2930 ELSE 2940
2930 R4=R4+1
2940 IF D%(2,5)>10000 OR D%(3,5)<-10000 THEN 2950 ELSE 2970
2950 R5=R5+1
2960 '-------------------------------------------------------------------
2970 '
2980 '
```

```
2990 LOCATE 12,7 : PRINT"第";:PRINT USING "##";I; :PRINT"段階-------第"; :PRINT USING "##";J; :PR
INT "レベル"
3000 BEEP
3010 '
3020 '
3030 '
3040 '
3050 '
3060 '
3070 '
3080 '**************************************
3090 '**************************************
3100 '*****  データのサンプリング開始  *****
3110 '**************************************
3120 '**************************************
3130 '
3140 CSEG%=VARPTR(MPRG%(0),1) : DEF SEG=CSEG%
3150 RDBIN=VARPTR(MPRG%(0))
3160 PLOTXY=RDBIN+&H100
3170 '
3180 BLOAD "BDTSUB.BIN",RDBIN
3190 'BLOAD "A:PLOTXY.BIN",PLOTXY
3200 '
3210 DRA=20
3220 '
3230 FOR CHN=1 TO 5
3240 D%(0,CHN)=N% : D%(1,CHN)=0 : D%(2,CHN)=32767 : D%(3,CHN)=-32767
3250 NEXT CHN
3260 IRQ%=7
3270 ISET IFC : ISET REN
3280 CMD DELIM=0
3290 '
3300 PRINT @DRA ; "RES"
3310 PRINT @DRA ; "SET 7"
3320 PRINT @DRA ; "RNG "+STR$(1000/RE(R1))
3325 PRINT @DRA ; "RES"
3330 PRINT @DRA ; "SET 8"
3340 PRINT @DRA ; "RNG "+STR$(1000/RE(R3))
3345 PRINT @DRA ; "RES"
3350 PRINT @DRA ; "SET 9"
3360 PRINT @DRA ; "RNG "+STR$(1000/RE(R4))
3365 PRINT @DRA ; "RES"
3370 PRINT @DRA ; "SET 10"
3380 PRINT @DRA ; "RNG "+STR$(1000/RE(R5))
3385 PRINT @DRA ; "RES"
3390 PRINT @DRA ; "SET 1;10"
3400 PRINT @DRA ; "B.V 0" : FOR KK=1 TO 300 : NEXT KK
3410 PRINT @DRA ; "LPF 10" : FOR KK=1 TO 300 : NEXT KK
3420 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(N%)+";0" :FOR KK=1 TO 100 : NEXT KK
3430 PRINT @DRA ; "CLK "+STR$(DELTAT)
3440 PRINT @DRA ; "ETG"
3450 CLS 3
3460 LOCATE 12,7 : PRINT"第";:PRINT USING "##";I; :PRINT"段階-------第"; :PRINT USING "##";J; :PR
INT "レベル"
3470 LOCATE 10,15 : PRINT"試験機のスイッチをＯＮしてください  !!!"
3480 PRINT"Ａ／Ｄ変換のランプが，全て緑色に点燈すれば，Ｆ１０キーを押して下さい" : STOP
3490 'PRINT @DRA ; "TRG"
3500 'STOP
3510 '    ** BDT COMMAND **
3520 '
3530 FOR CHN=1 TO 5
3540 PRINT @DRA ; "RES"
3550 C$="SET"+STR$(CHN)
3560 PRINT @DRA ; C$
3570 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(N%)+";0"
3580 PRINT @DRA ; "MRY ?" : LINE INPUT @DRA;D$
3590 PRINT @DRA ; "BDT "
3600 '
3610 MBYTE &H3F,&H40+DRA,&H20 ;
3620 DEF SEG=CSEG%
3630 NKO%=4
3640 CALL RDBIN(D%(NKO%,CHN),N%)
3650 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(N%)+";0"
3660 PRINT @DRA ; "MAX" : LINE INPUT @DRA ; D$
3670 D%(2,CHN)=VAL(D$) : ' MAX-DATA
```

```
3680 PRINT @DRA ; "MRY "+STR$(N%)+",0"
3690 PRINT @DRA ; "MIN" : LINE INPUT @DRA ; D$
3700 D%(3,CHN)=VAL(D$) : ' MIN-DATA
3710 D%(1,CHN)=CHN
3720 '
3730 NEXT CHN
3740 '
3750 PRINT TIME$
3760 '
3770 CLS 3
3780 ALP1(J)=AL1/RE(R1):ALP2(J)=AL2/RE(3):ALP3(J)=AL3/RE(R3):ALP4(J)=AL4/RE(R4):ALP5(J)=AL5/RE(R5)
3790 '
3800 LOCATE 12,1 : PRINT"第";:PRINT USING "##";I; :PRINT"段階-------第"; :PRINT USING "##";J; :PR
INT "レベル"
3810 SIGA=(D%(2,1)-D%(3,1))/2*ALP1(J)/A(I)
3820 LOCATE 7,3  : PRINT " 1  軸差応力     SIG-a=";SIGA;"(kgf/cm2)"
3830 LOCATE 7,4  : PRINT "                              MAX=";D%(2,1);"     MIN=";D%(3,1);"    倍率=";
RE(R1)
3840 SIGR=(D%(2,2)-D%(3,2))/2*ALP2(J)
3850 LOCATE 7,5  : PRINT " 2  側応力       SIG-r=";SIGR;"(kgf/cm2)"
3860 LOCATE 7,6  : PRINT "                              MAX=";D%(2,2);"     MIN=";D%(3,2);"    倍率=";
RE(3)
3870 EPSA1=(D%(2,3)-D%(3,3))/2*ALP3(J)/(H(I)*10)
3880 LOCATE 7,7  : PRINT " 3  軸ひずみ-1  EPSa1=";EPSA1
3890 LOCATE 7,8  : PRINT "                              MAX=";D%(2,3);"     MIN=";D%(3,3);"    倍率=";
RE(R3)
3900 EPSA2=(D%(2,4)-D%(3,4))/2*ALP4(J)/(H(I)*10)
3910 LOCATE 7,9  : PRINT " 4  軸ひずみ-2  EPSa2=";EPSA2
3920 LOCATE 7,10 : PRINT "                              MAX=";D%(2,4);"     MIN=";D%(3,4);"    倍率=";
RE(R4)
3930 EPSA=(EPSA1+EPSA2)/2
3940 LOCATE 7,11 : PRINT " 5  平均軸ひずみ EPSa=";EPSA
3950 EPSV=(D%(2,5)-D%(3,5))/2*ALP5(J)/(V(I))
3960 LOCATE 7,13 : PRINT " 6 TAISEKIひずみ EPSv=";EPSV
3970 LOCATE 7,14 : PRINT "                              MAX=";D%(2,5);"     MIN=";D%(3,5);"    倍率=";
RE(R5)
3980 POSS=.5*(1-EPSV/EPSA)
3990 LOCATE 7,15 : PRINT "7     ﾎﾟｱｿﾝ      POIS=";POSS
4000 '
4010 LOCATE 10,20
4020 PRINT "次に進みますか ?(Y/N)"
4030 LOCATE 15,21 : INPUT P$
4040 IF P$="Y" OR P$="y" THEN 4060
4050 GOTO 4010
4060 '
4070 CLS 3
4080 LOCATE 10,10 : BEEP
4090 CLS 3
4100 LOCATE 5,5 : BEEP
4110 PRINT "今の実験を再度行いますか ?(Y/N)" : INPUT D$
4120 IF D$="Y" OR D$="y" THEN 2850
4130 IF D$="N" OR D$="n" THEN 4150
4140 GOTO 4100
4150 CLS 3
4160 '*****************************************************************
4170 '*****************************************************************
4180 '*****************************************************************
4190 '    ** SAVE DISK **
4200 '
4210 FOR CHN=1 TO 5
4220 DSEG%=VARPTR(D%(0,CHN),1)
4230 DEF SEG=DSEG%
4240 OFS%=VARPTR(D%(0,CHN))
4250 F$="FL"+MID$(STR$(J),2)+"-"+MID$(STR$(CHN),2)+".dt"+MID$(STR$(I),2)
4260 BSAVE DR$+F$,OFS%,(4+N%)*2
4270 NEXT CHN
4280 '
4290 PRINT TIME$
4300 NKO=J
4310 '
4320 IF J=XN-1 THEN LOCATE 10,10 : PRINT "次のレベルでこの段階の試験を終了して下さい"
4330 '
4340 NEXT J
4350 '
4360 END
```

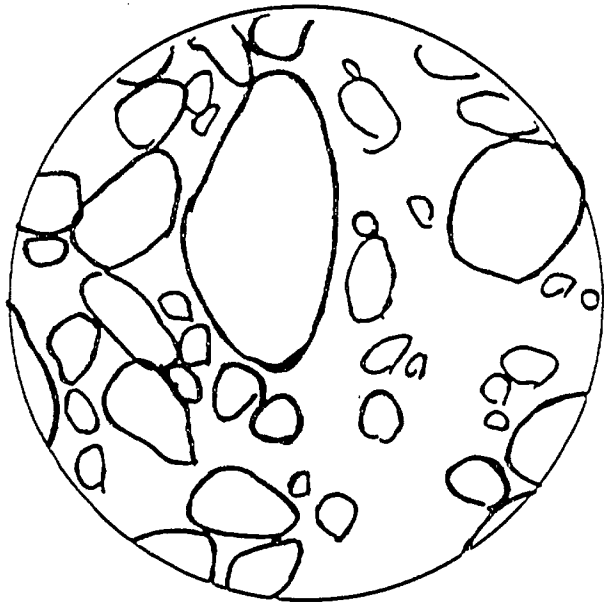
```
4370 '**************************************
4380 '**************************************
4390 '******** HISUTERISHISU-LOOP ***********
4400 '**************************************
4410 '**************************************
4420 *HISTR
4430 '
4440 CLS 3
4450 LOCATE 5,5 : INPUT "試験値の整理をしますか（Y／N）";G$
4460 IF G$="Y" THEN 4490
4470 IF G$="N" THEN RETURN
4480 GOTO 4440
4490 'LOCATE 10,10 : INPUT "ファイル名を入力して下さい";FILE$
4500 LOCATE 10,11 : INPUT "試験の種類　軸振幅＝1　側方振幅＝2　等方振幅＝3";WAVE
4510 I=1:LLL=1
4520 FOR B=1 TO 7
4521 IF B=1 THEN FILE$="CH1-05"
4522 IF B=2 THEN FILE$="CH1-1"
4523 IF B=3 THEN FILE$="CH1-3"
4524 IF B=4 THEN FILE$="CH1-6"
4525 IF B=5 THEN FILE$="CH1-3'"
4526 IF B=6 THEN FILE$="CH1-1'"
4527 IF B=7 THEN FILE$="CH1-05'"
4528 'IF B=8 THEN FILE$="DTHB-4"
4530 OPEN DR$+FILE$ FOR INPUT AS #1
4540 INPUT #1,DTITLE$,TTITLE$,TITLE$
4550 INPUT #1,A(0),RDUMY,RR,H(0),WD,GB,EMAX,EMIN
4560 INPUT #1,V(0),GAMD(0),E(0),DR(0)
4570 '
4580 FOR J=1 TO 40
4590 IF J=1 THEN 4600 ELSE 4640
4600 INPUT #1,STITLE$(I)
4610 INPUT #1,SIG1(I),SIG3(I),SIGM(I),BUB(I),DGB(I)
4620 INPUT #1,BUA(I),DGA(I)
4630 INPUT #1,DLTVB(I),DLTH(I),V(I),H(I),A(I),GAMD(I),E(I),DR(I)
4640 '
4650 FOR K=1 TO TNN
4660 INPUT #1,SGMAA%(K,J),SGMAR%(K,J),DLTH1%(K,J),DLTH2%(K,J),DLTAR%(K,J)
4670 NEXT K
4680 INPUT #1,ALP1(J),ALP2(J),ALP3(J),ALP4(J),ALP5(J)
4690 '
4700 INPUT #1,A$
4710 IF A$="END" THEN 4740
4720 '
4730 NEXT J
4740 CLOSE #1
4750 '
4760 NKO=J
4770 '
4780 CONSOLE 0,25,0
4790 WIDTH 80,25
4800 SCREEN 0,0,0,1
4810 WINDOW (0,0)-(639,199)
4820 VIEW   (0,0)-(639,199)
4830 '
4840 '
4850 FOR J=1 TO NKO
4860 FOR K=1 TO TNN
4870 YY(K,1)=SGMAA%(K,J)
4880 YY(K,2)=SGMAR%(K,J)
4890 YY(K,3)=DLTH1%(K,J)
4900 YY(K,4)=DLTH2%(K,J)
4910 YY(K,5)=DLTAR%(K,J)
4920 NEXT K
4930 '
4940 '
4950 '***** ＶＯＬＴ値から物理値へ *****
4960 FOR K=1 TO TNN
4970 YY(K,1)=YY(K,1)*ALP1(J)/A(I)
4980 YY(K,2)=YY(K,2)*ALP2(J)
4990 YY(K,3)=YY(K,3)*ALP3(J)/(H(I)*10)*-1
5000 YY(K,4)=YY(K,4)*ALP4(J)/(H(I)*10)*-1
5010 YY(K,5)=YY(K,5)*ALP5(J)/V(I)
5020 NEXT K
5030 '
```

```
5031 FOR II=1 TO TNN
5032 YY(II,3)=(YY(II,3)+YY(II,4))/2
5033 YY(II,4)=(YY(II,3)+YY(II,4))/2
5034 NEXT II
5035 '
5040 FOR K=1 TO 5  : BMAX=-999 : BMIN=999
5050 FOR II=1 TO TNN
5060 IF BMAX>YY(II,K) THEN 5070 ELSE BMAX=YY(II,K)
5070 IF BMIN<YY(II,K) THEN 5080 ELSE BMIN=YY(II,K)
5080 NEXT II
5090 BKIJUN=.5*(BMAX+BMIN)
5100 FOR II=1 TO TNN
5110 YY(II,K)=YY(II,K)-BKIJUN
5120 NEXT II : NEXT K
5130 '
5180 '
5520 '
5530 K1=1
5540 K2=500
5550 FOR M=1 TO 5
5560 SMAX=-999 : SMIN=999
5570 FOR K=K1 TO K2
5580 IF SMAX>YY(K,M) THEN 5600
5590 SMAX=YY(K,M)
5600 IF SMIN<YY(K,M) THEN 5620
5610 SMIN=YY(K,M)
5620 NEXT K
5630 '
5640 IF M=1 THEN 5650 ELSE 5670
5650 SIGA=.5*(SMAX-SMIN)
5660 GOTO 5750
5670 IF M=2 THEN 5680 ELSE 5700
5680 SIGR=.5*(SMAX-SMIN)
5690 GOTO 5750
5700 IF M=3 OR M=4 THEN 5710 ELSE 5730
5710 EPSA=.5*(SMAX-SMIN)
5720 GOTO 5750
5730 IF M=5 THEN 5740 ELSE 5750
5740 EPSV=.5*(SMAX-SMIN)
5750 NEXT M
5760 '
5770 IF WAVE=1 THEN 5810 ELSE 5780
5780 IF WAVE=2 THEN 5850 ELSE 5790
5790 IF WAVE=3 THEN 5910
5800 '
5810 GSH=SIGA/EPSA
5820 WWW=SIGA*EPSA
5830 PPP=.5*(1-EPSV/EPSA):GOTO 5970
5840 '
5960 '
5970 DWW=0
5980 FOR K=K1+1 TO K2
5990 DWW=DWW+.5*(YY(K,1)+YY(K-1,1))*(YY(K,4)-YY(K-1,4))
6000 NEXT K
6010 DWW=DWW+.5*(YY(K1,1)+YY(K2,1))*(YY(K1,4)-YY(K2,4))
6020 HHH=DWW/WWW/(2*3.14159)*100
6030 '
6040 DAMR(J)=HHH
6050 SHRE(J)=GSH
6060 POIS(J)=PPP
6070 IF WAVE=2 THEN SHRH(J)=EPSR ELSE SHRH(J)=EPSA
6080 '
6090 IF G$="Y" THEN 6360
6100 '*********************************
6110 '******* HISTERISIS-LOOP ********
6120 '*********************************
6130 '
6140 CLS 3
6150 IF ABS(X2)>ABS(X1) THEN XA=ABS(X2) ELSE XA=ABS(X1)
6160 IF ABS(Y2)>ABS(Y1) THEN YA=ABS(Y2) ELSE YA=ABS(Y1)
6170 IF XA=0 THEN XA=100
6180 IF YA=0 THEN YA=100
6190 DX=100/XA : DY=100/YA
6200 '
6210 LOCATE 0,0
```

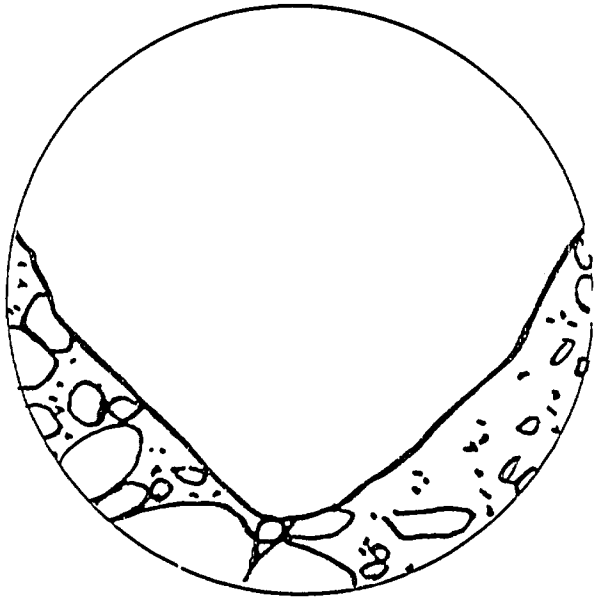
```
6220 PRINT "第"; : PRINT USING "##";J; : PRINT "-ﾚﾍﾞﾙ" : LOCATE 50,1 : PRINT K1;K2
6230 LOCATE 32,2
6240 PRINT "第１０波目"
6250 X0=300 : Y0=100
6260 LINE (0,Y0)-(639,Y0)
6270 LINE (X0,0)-(X0,199)
6280 FOR K=K1+1 TO K2
6290 XX1=X0+YY(K-1,2)*DX : YY1=Y0+YY(K-1,1)*DY
6300 XX2=X0+YY(K,2)*DX : YY2=Y0+YY(K,1)*DY
6310 LINE (XX2,YY2)-(XX1,YY1)
6320 NEXT K
6330 XX1=X0+YY(K2,2)*DX : YY1=Y0+YY(K2,1)*DY
6340 XX2=X0+YY(K1,2)*DX : YY2=Y0+YY(K1,1)*DY
6350 LINE (XX2,YY2)-(XX1,YY1)
6360 '
6370 '
6380 NEXT J
6390 '
6400 IF G$="N" THEN 6620
6410 '
6420 '**********************************
6430 '*****  図形処理データの作成  *****
6440 '**********************************
6450 '
6460 CLS 3
6470 'LOCATE 10,10 : INPUT "ファイル名を入力して下さい";FL$
6480 IF B=1 THEN FL$="A:CH1-05B"
6482 IF B=2 THEN FL$="A:CH1-1B"
6483 IF B=3 THEN FL$="A:CH1-3B"
6484 IF B=4 THEN FL$="A:CH1-6B"
6485 IF B=5 THEN FL$="A:CH1-3'B"
6486 IF B=6 THEN FL$="A:CH1-1'B"
6487 IF B=7 THEN FL$="A:CH1-05'B"
6488 'IF B=8 THEN FL$="B:DTHB-4"
6490 OPEN FL$ FOR OUTPUT AS #1
6500 PRINT #1,FL$
6510 PRINT #1,LLL
6520 GOTO 6550
6530 '
6540 ' OPEN DR$+FL$ FOR APPEND AS #1
6550 PRINT #1 ,SIGN(I);SIG3(I);SIG1(I);E(I);E(I);NKO
6560 FOR J=1 TO NKO
6570 '
6580 PRINT #1,SHRH(J);SHRE(J);POIS(J);DAMR(J)
6590 NEXT J
6600 CLOSE #1
6610 '
6620 NEXT B
6630 RETURN
```

付録－2

不攪乱試料スケッチ図



上 端 部

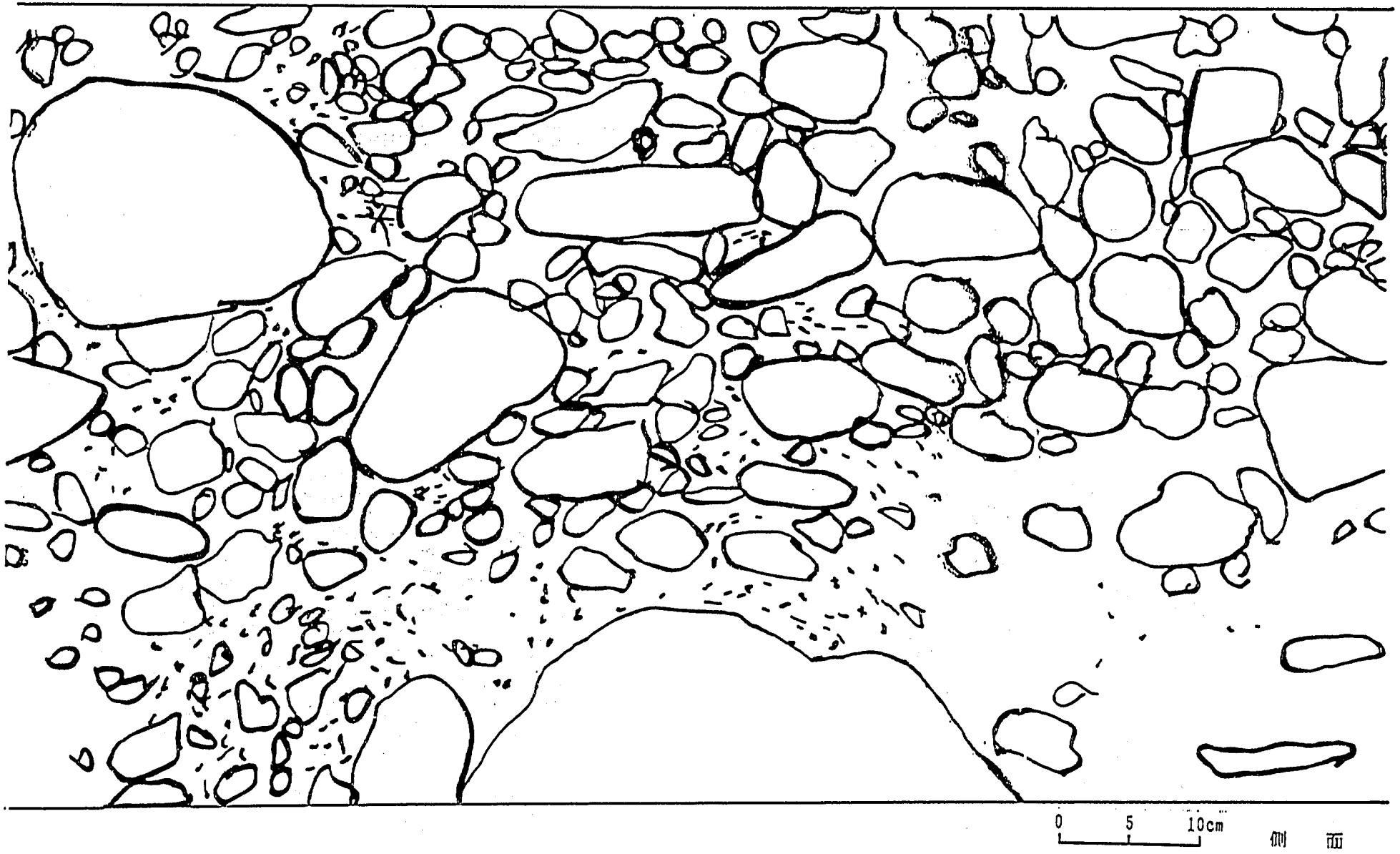


下 端 部

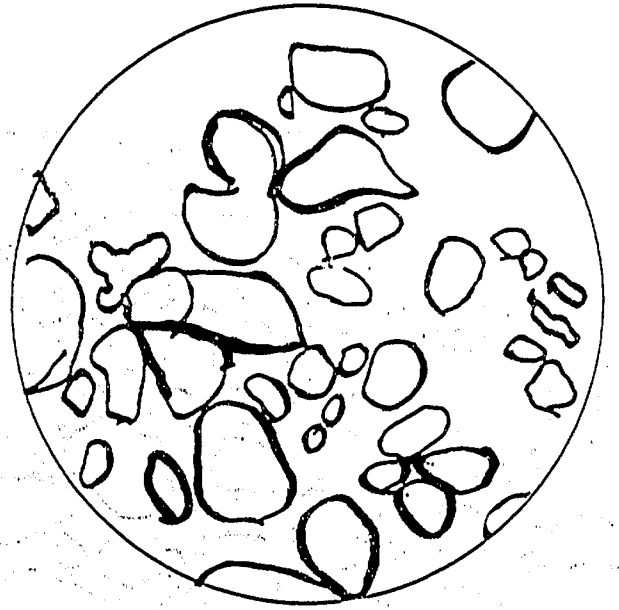
深　度　G.L.- 7.65 m～ 8.20 m

0　5　10cm

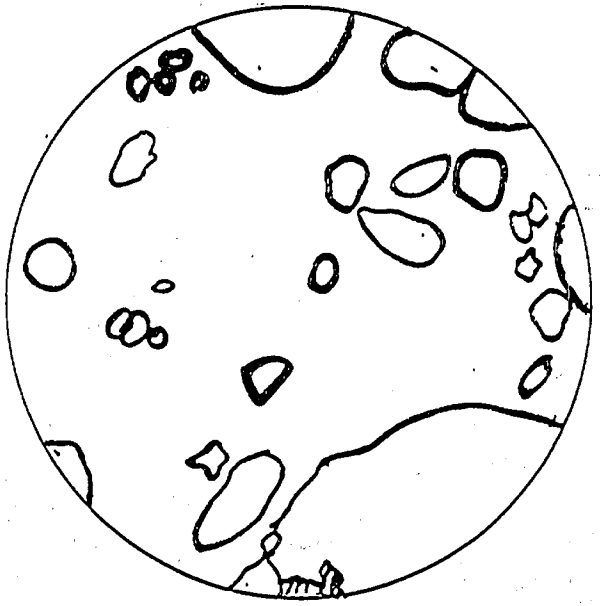
付図－2.1(a)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体上下端面(C-3U)



付図－2.1(b)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体側面(C-3U)



上 端 部

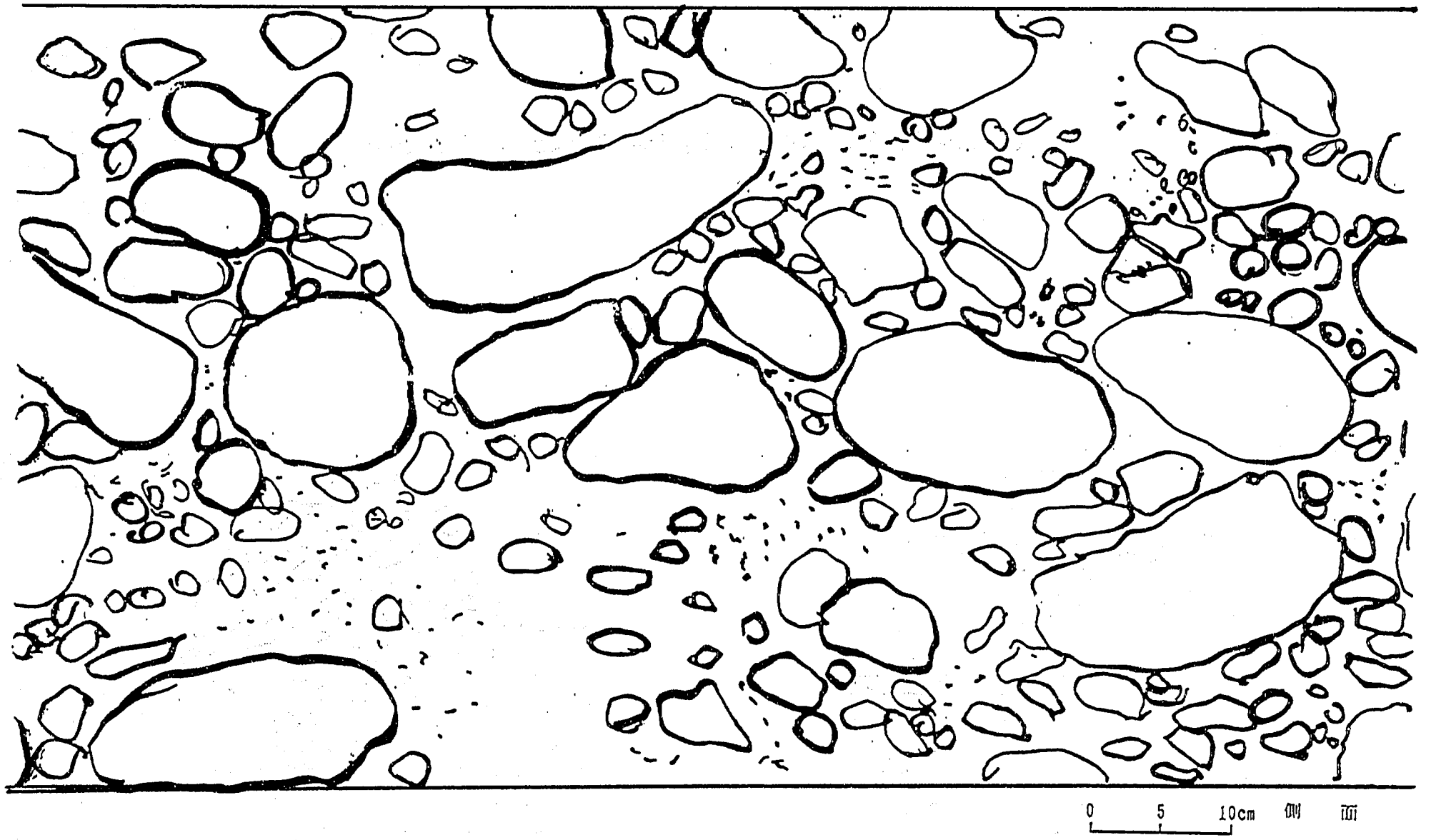


下 端 部

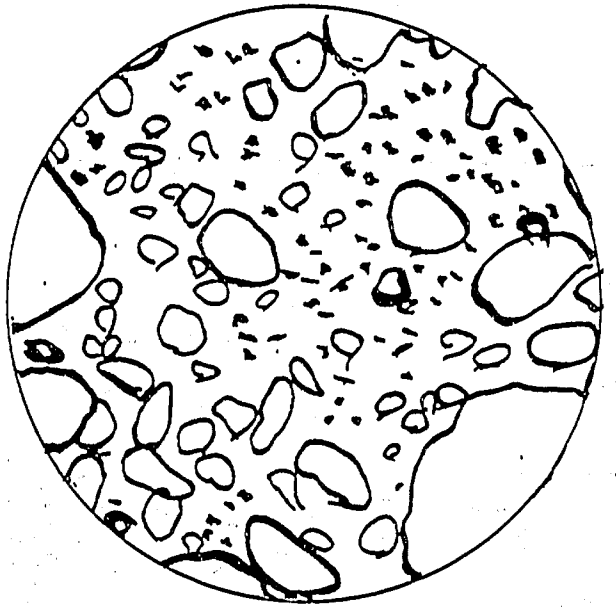
深　度　G.L.- 6.02 m～ 6.57 m

0　5　10cm

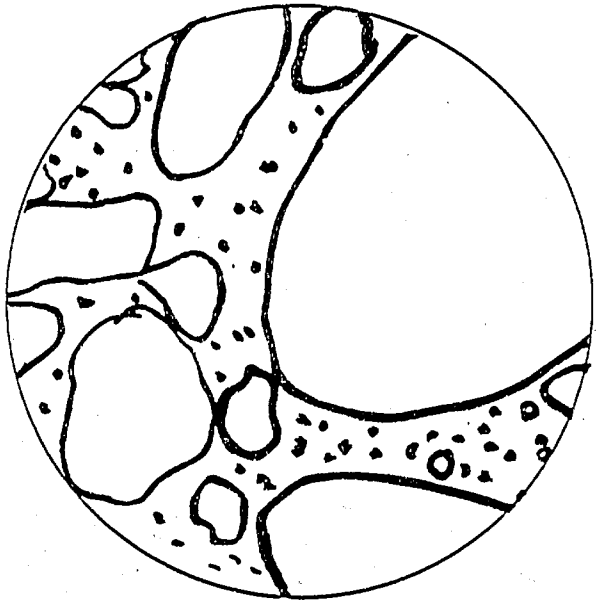
付図－2.2(a)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体上下端面(D-3U)



付図－2.2(b)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体側面(D-3U)



上 端 部



下 端 部

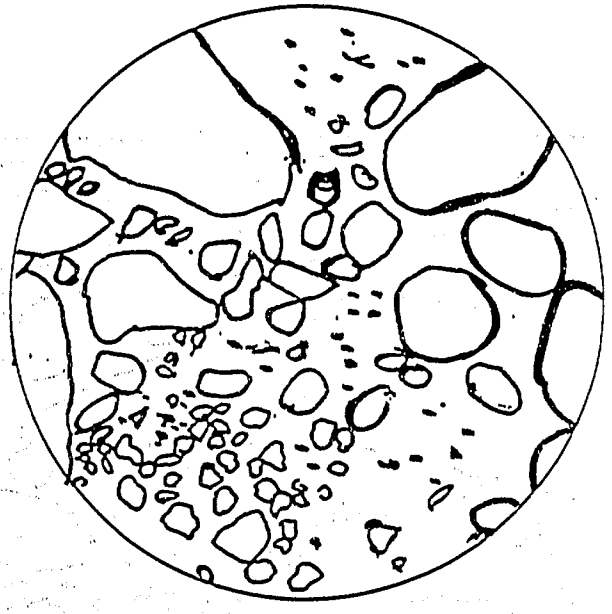
深　度　G.L.- 6.59 m～ 7.14 m

0　5　10cm

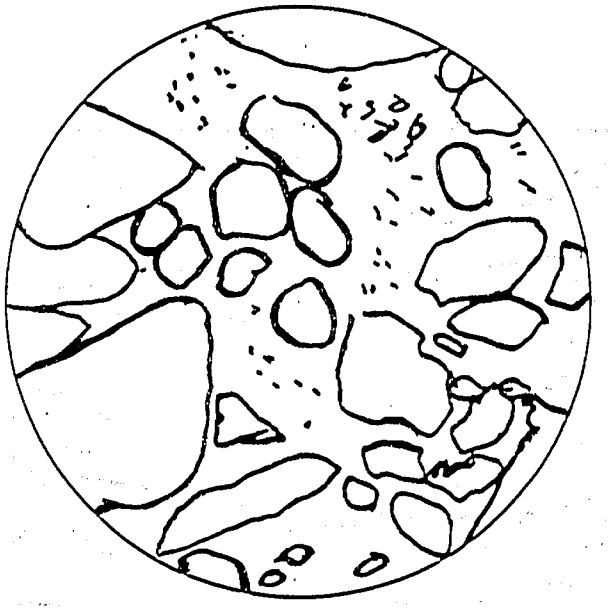
付図－2.3(a)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体上下端面(D-3L)



付図－2.3(b)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体側面(D-3L)



上 端 部

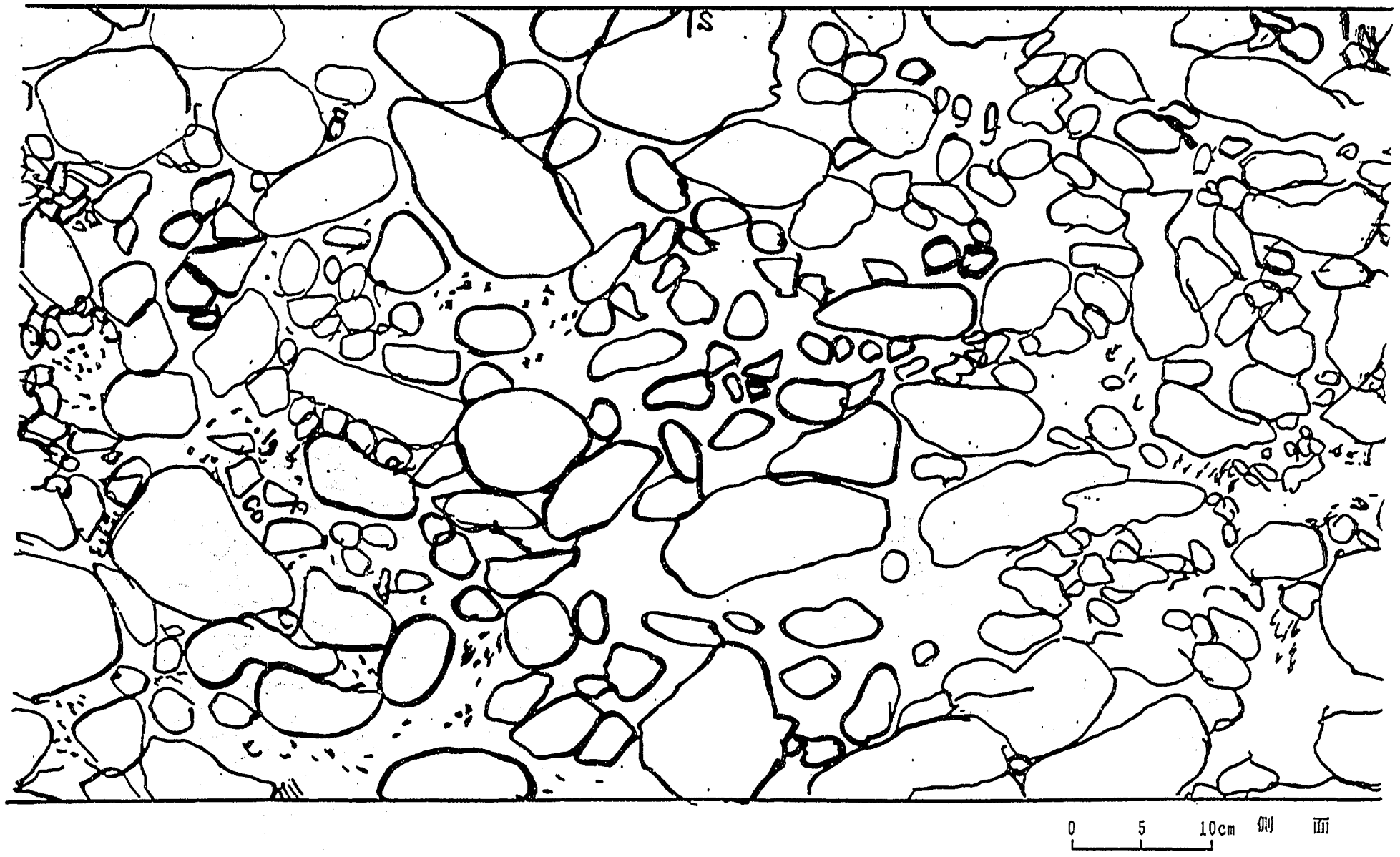


下 端 部

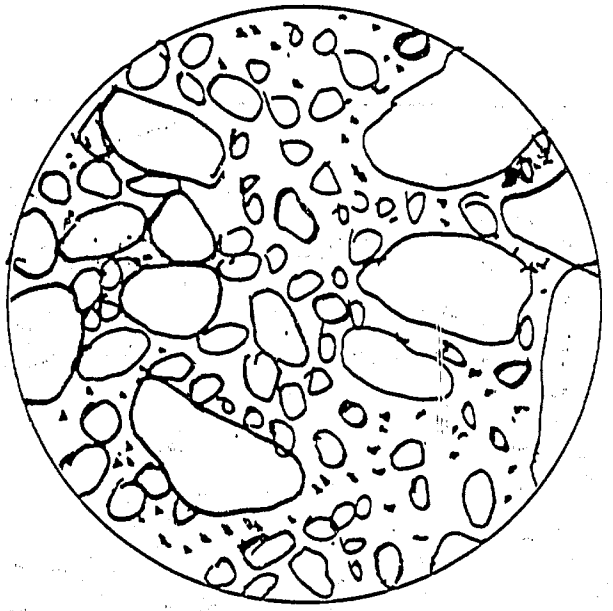
深　度　G.L.- 6.04 m～ 6.59 m

0　5　10cm

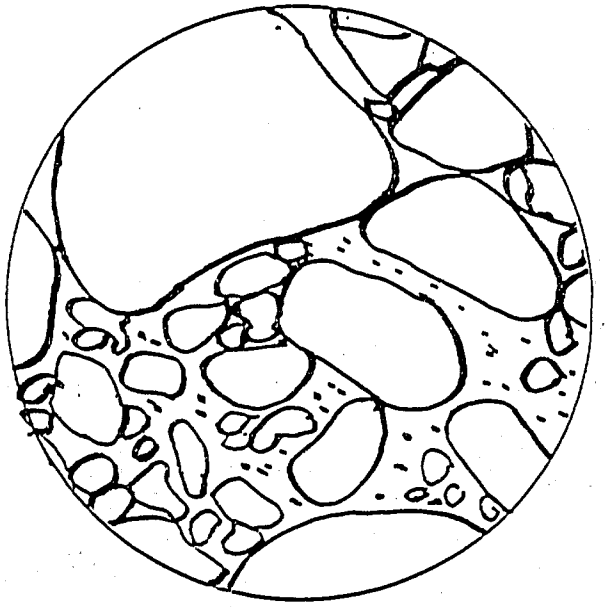
付図－2.4(a)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体上下端面(D-4U)



付図－2.4(b)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体側面(D-4U)



上 端 部

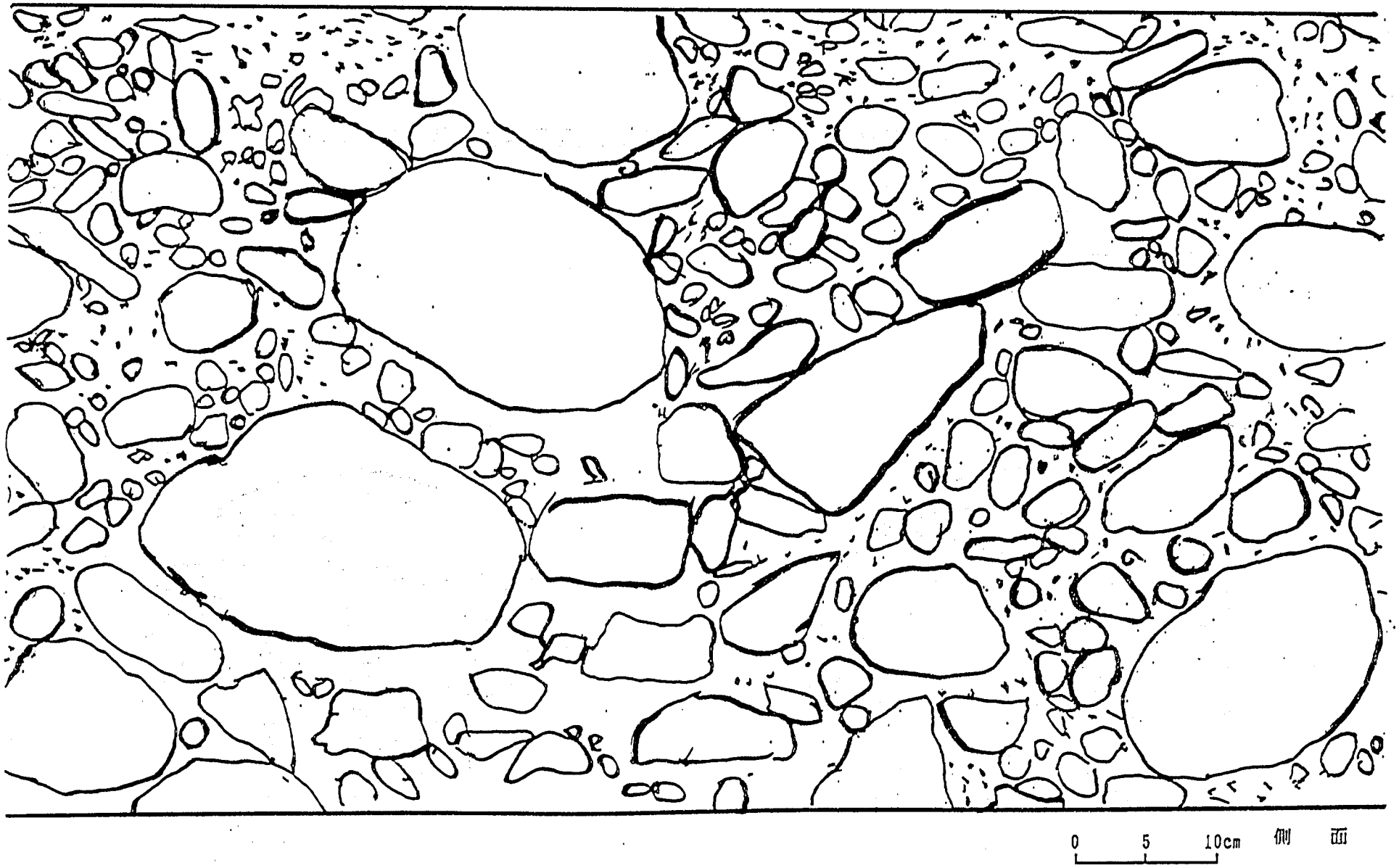


下 端 部

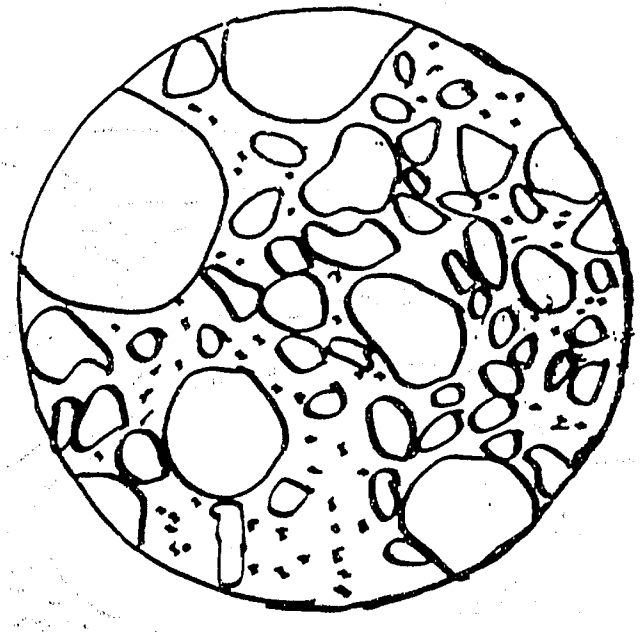
深　度 G.L.- 8.20 m～ 8.75 m

0　5　10cm

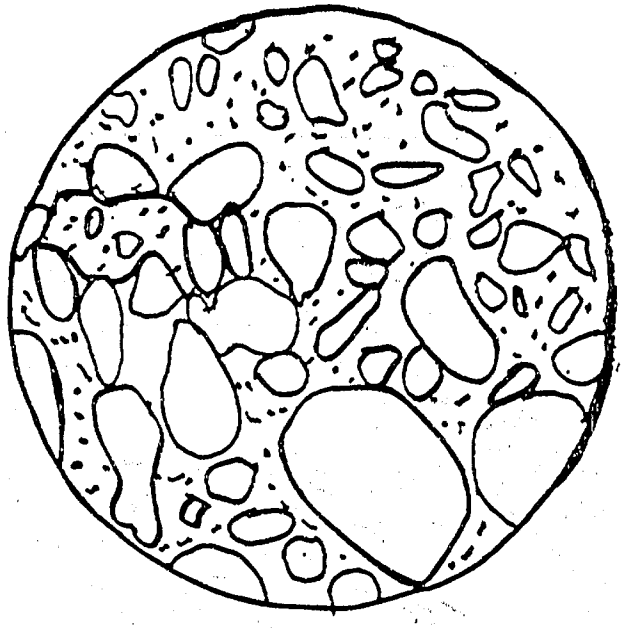
付図－2.5(a)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体上下端面(D-4L)



付図－2.5(b)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体側面(D-4L)



上 端 部

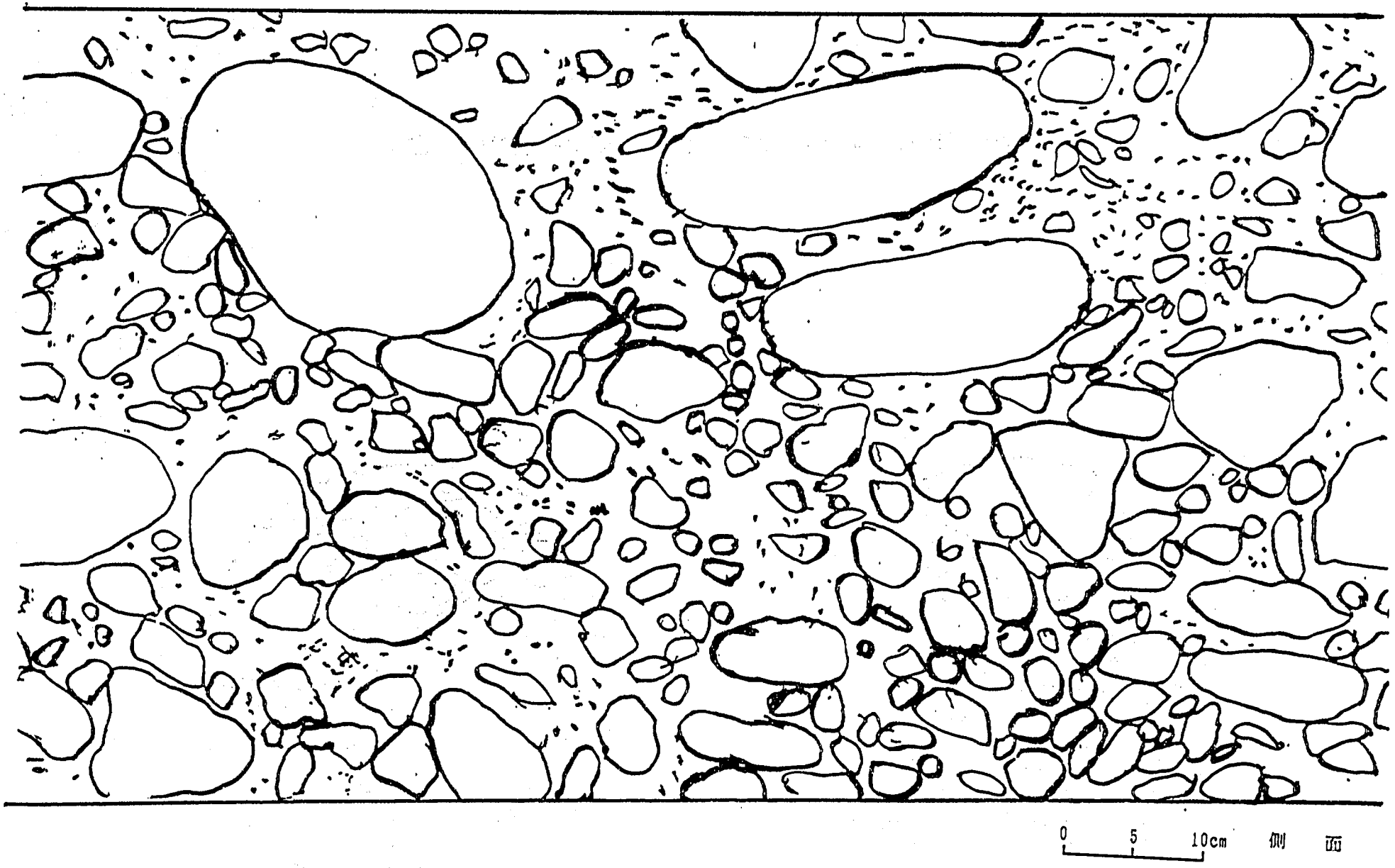


下 端 部

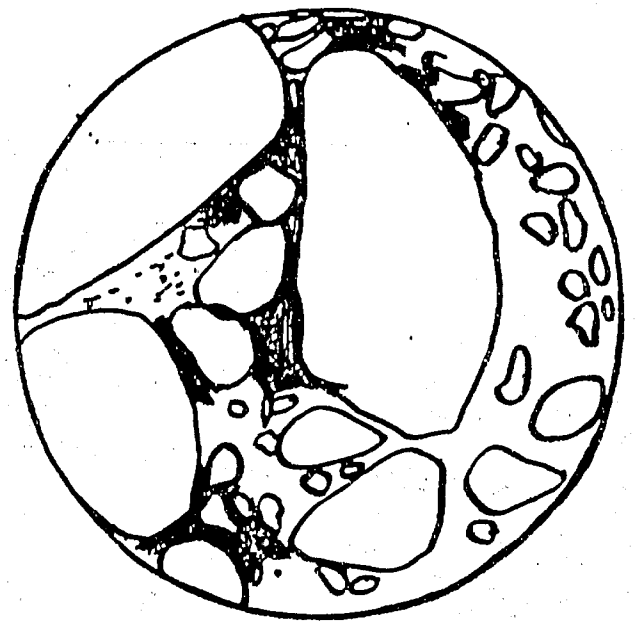
深　度 G.L.- 8.40 m～ 8.95 m

0　5　10cm

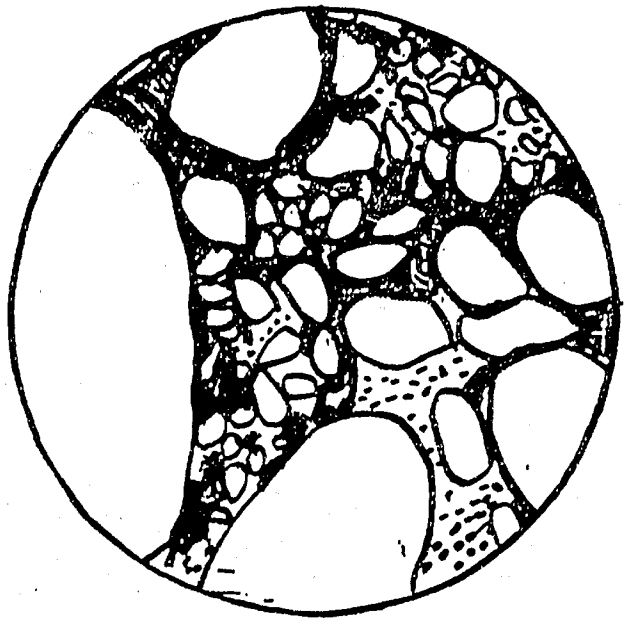
付図－2.6(a)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体上下端面(B-5)



付図－2.6(b)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体側面(B-5)



上 端 部



下 端 部

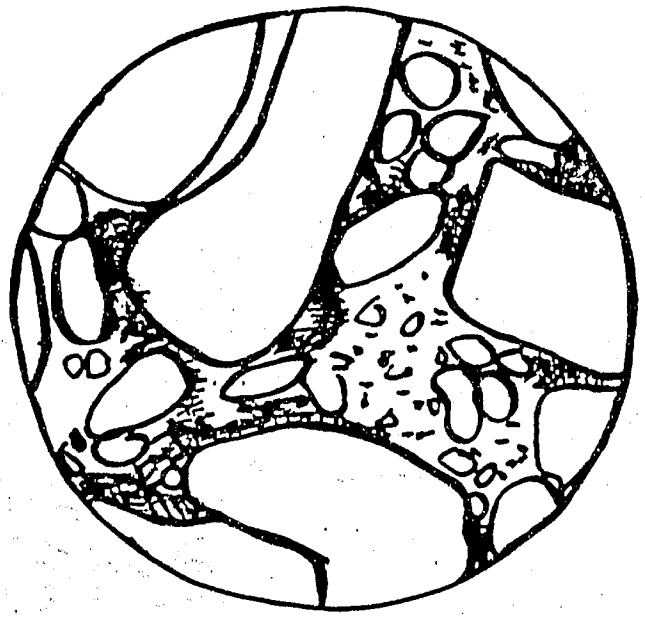
深　　度　G.L.- 7.36 m～ 7.91 m

0　　5　　10cm

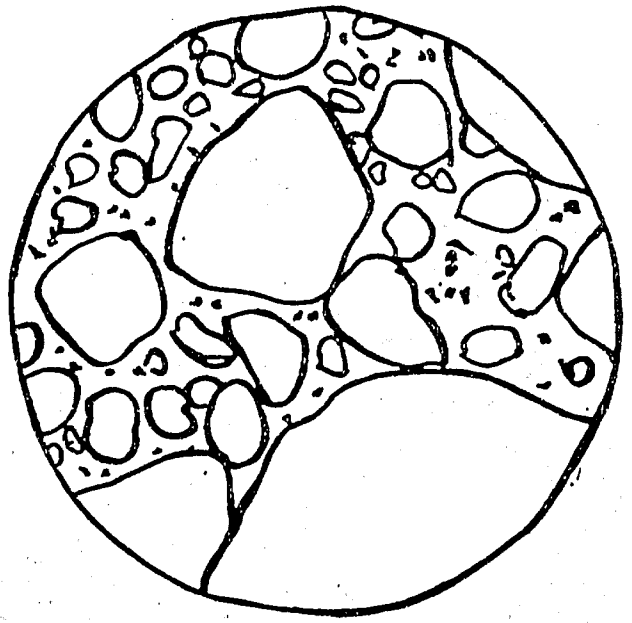
付図－2.7(a)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体上下端面(A-4)



付図－2.7(b)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体側面(A-4)



上 端 部

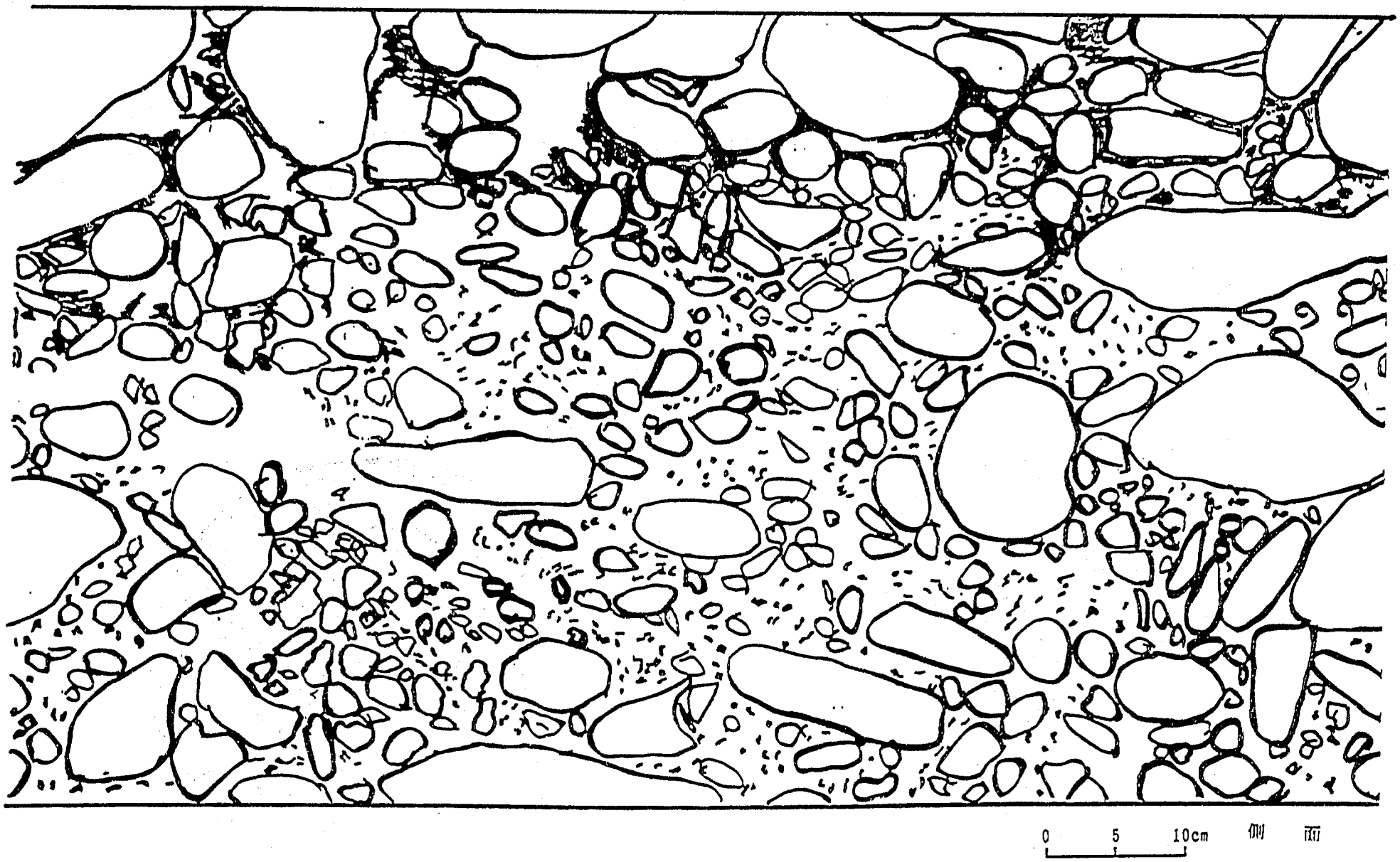


下 端 部

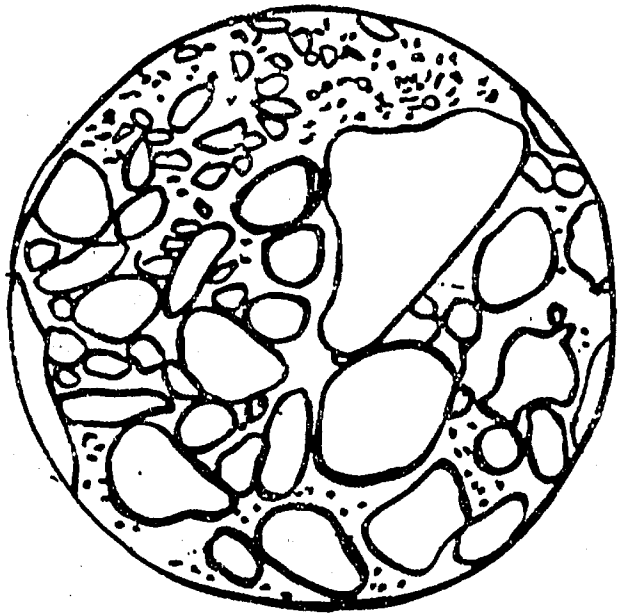
深　度　G.L.- 6.20 m～ 6.75 m

0　5　10cm

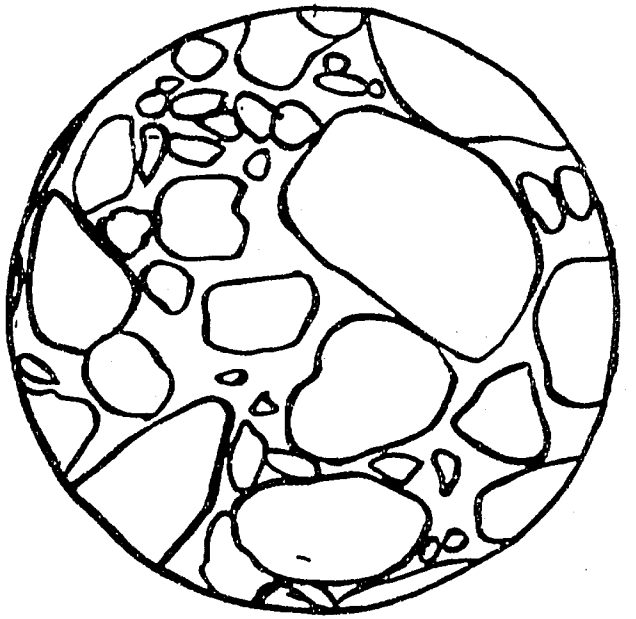
付図－2.8(a)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体上下端面(B-3)



付図－2.8(b)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体側面(B-3)



上 端 部

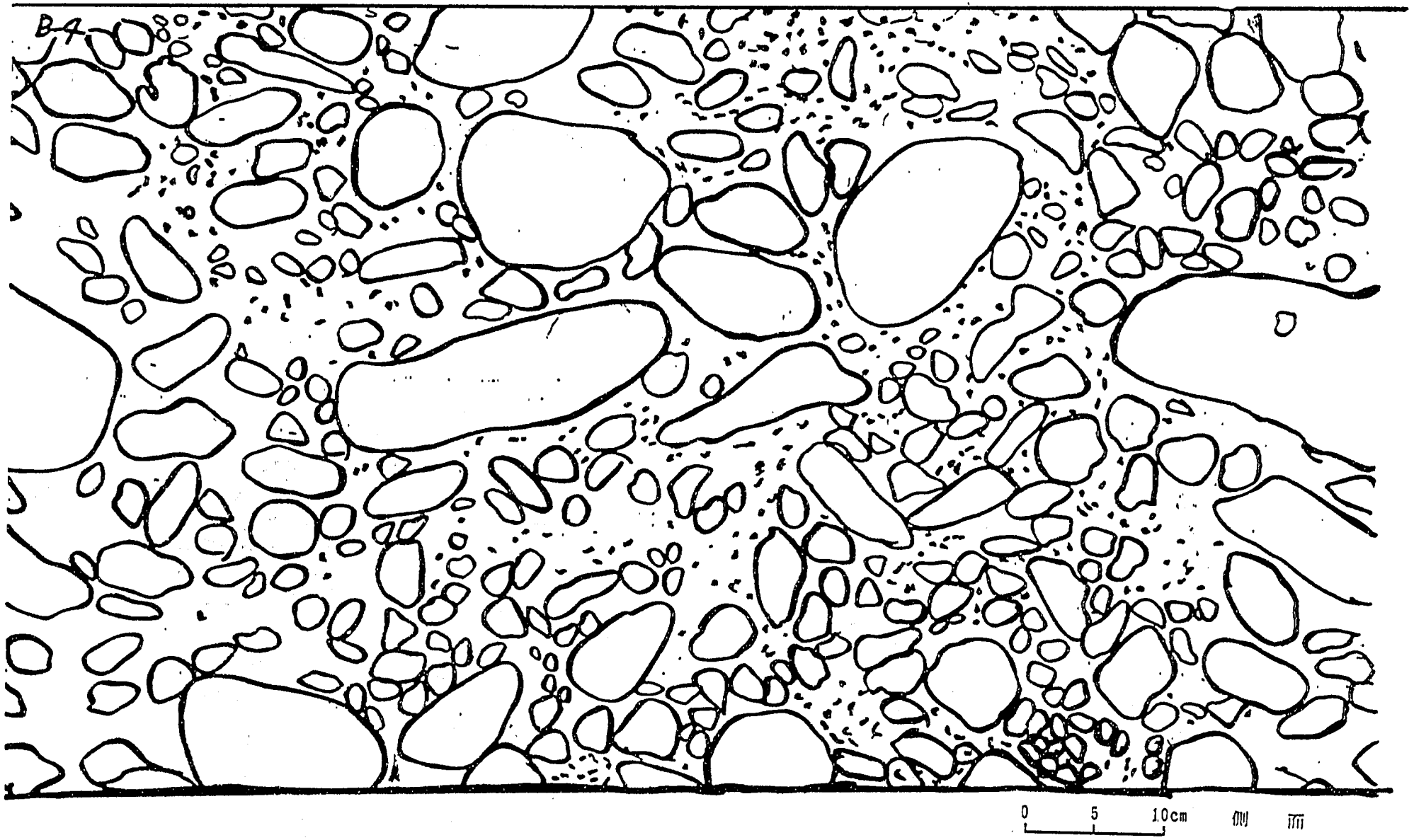


下 端 部

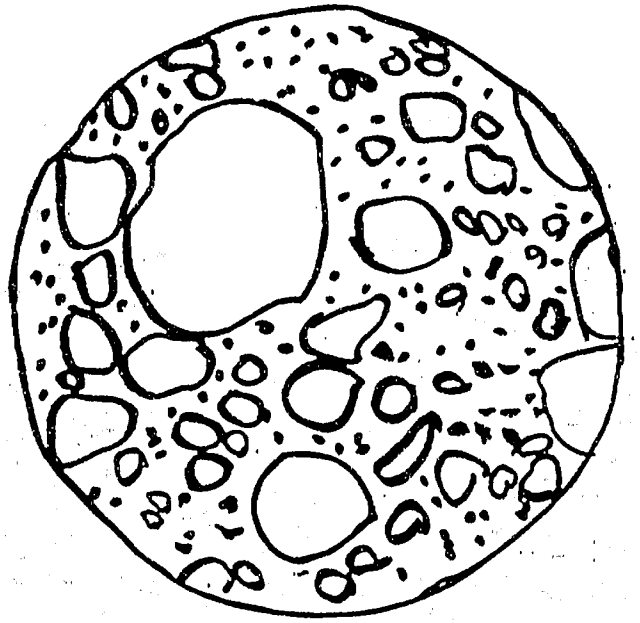
深　度 G.L.- 7.33 m～ 7.88 m

0　5　10cm

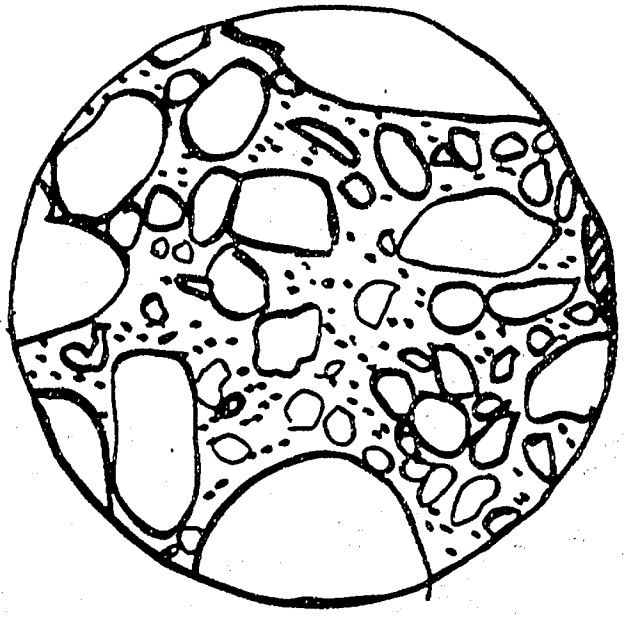
付図－2.9(a)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体上下端面(B-4)



付図－2.9(b)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体側面(B-4)



上 端 部

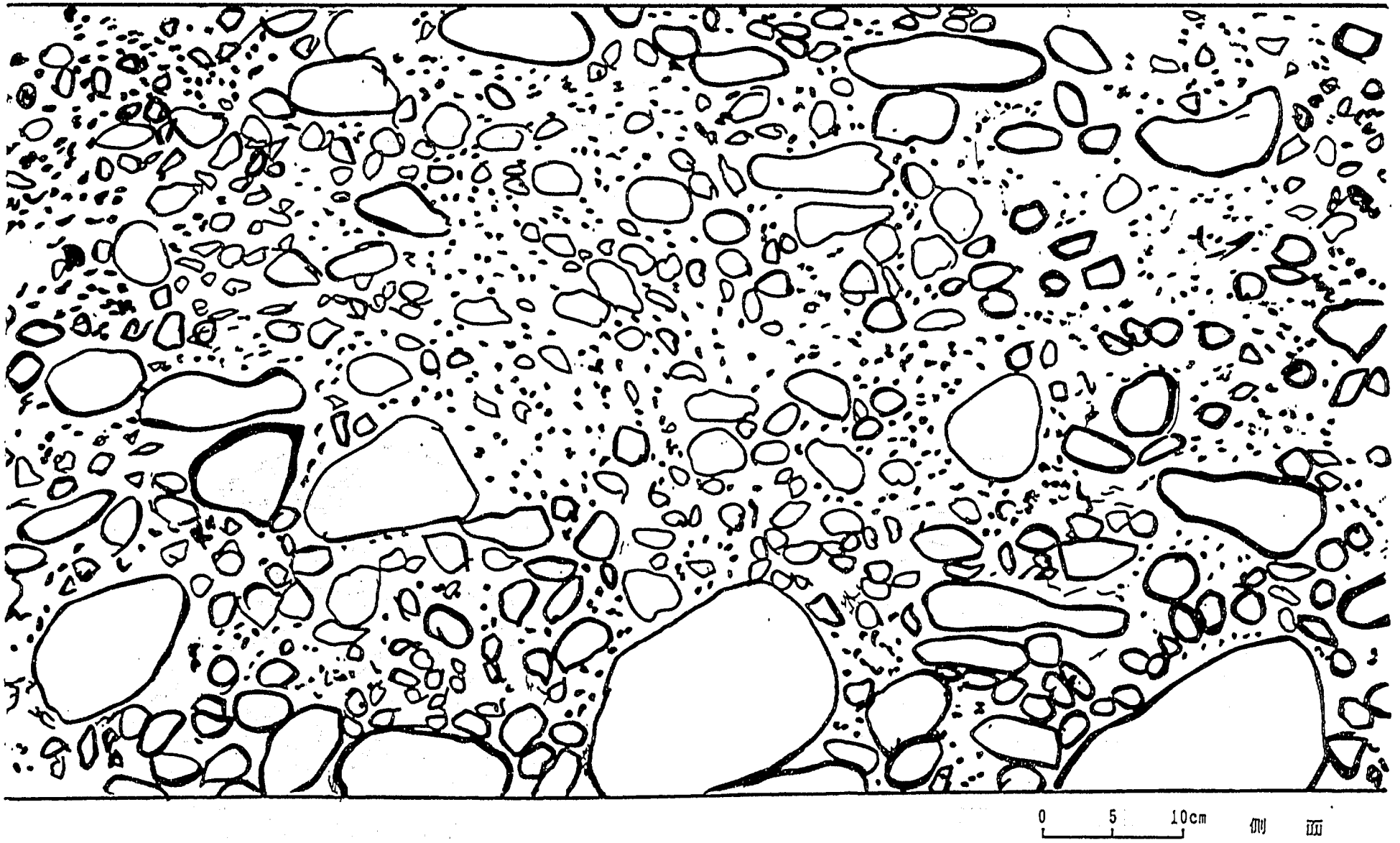


下 端 部

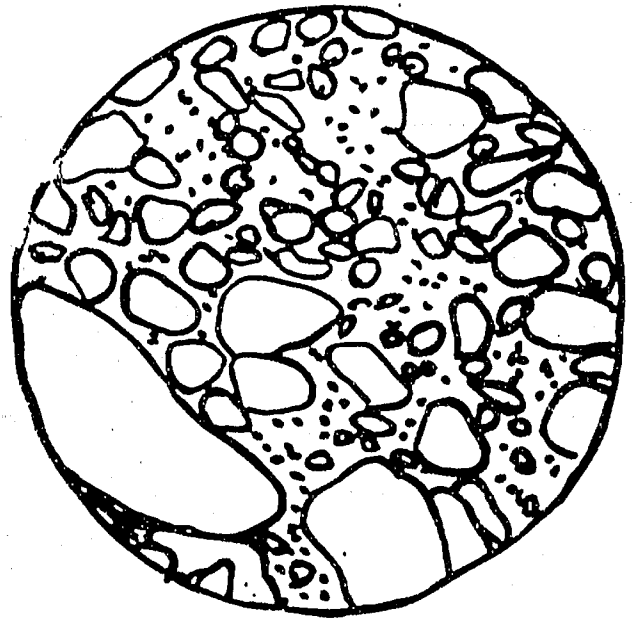
深　度　G.L.- 6.75 m～ 7.30 m

0　5　10cm

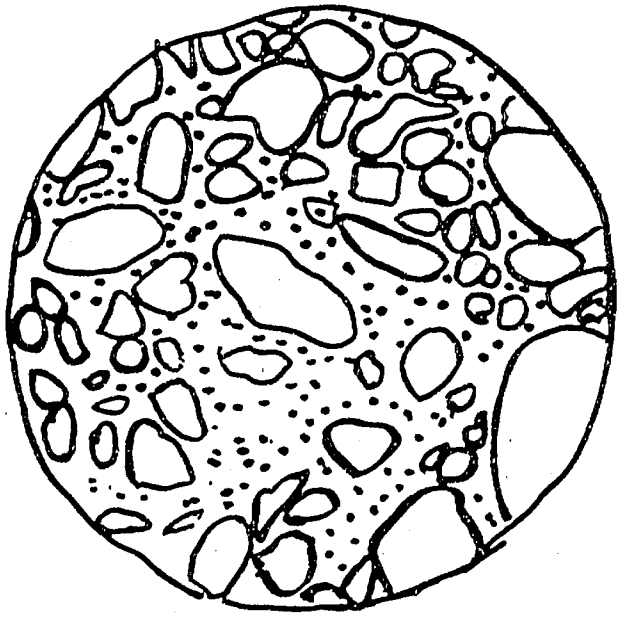
付図－2.10(a)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体上下端面(C-3L)



付図－2.10(b)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体側面(C-3L)



上 端 部

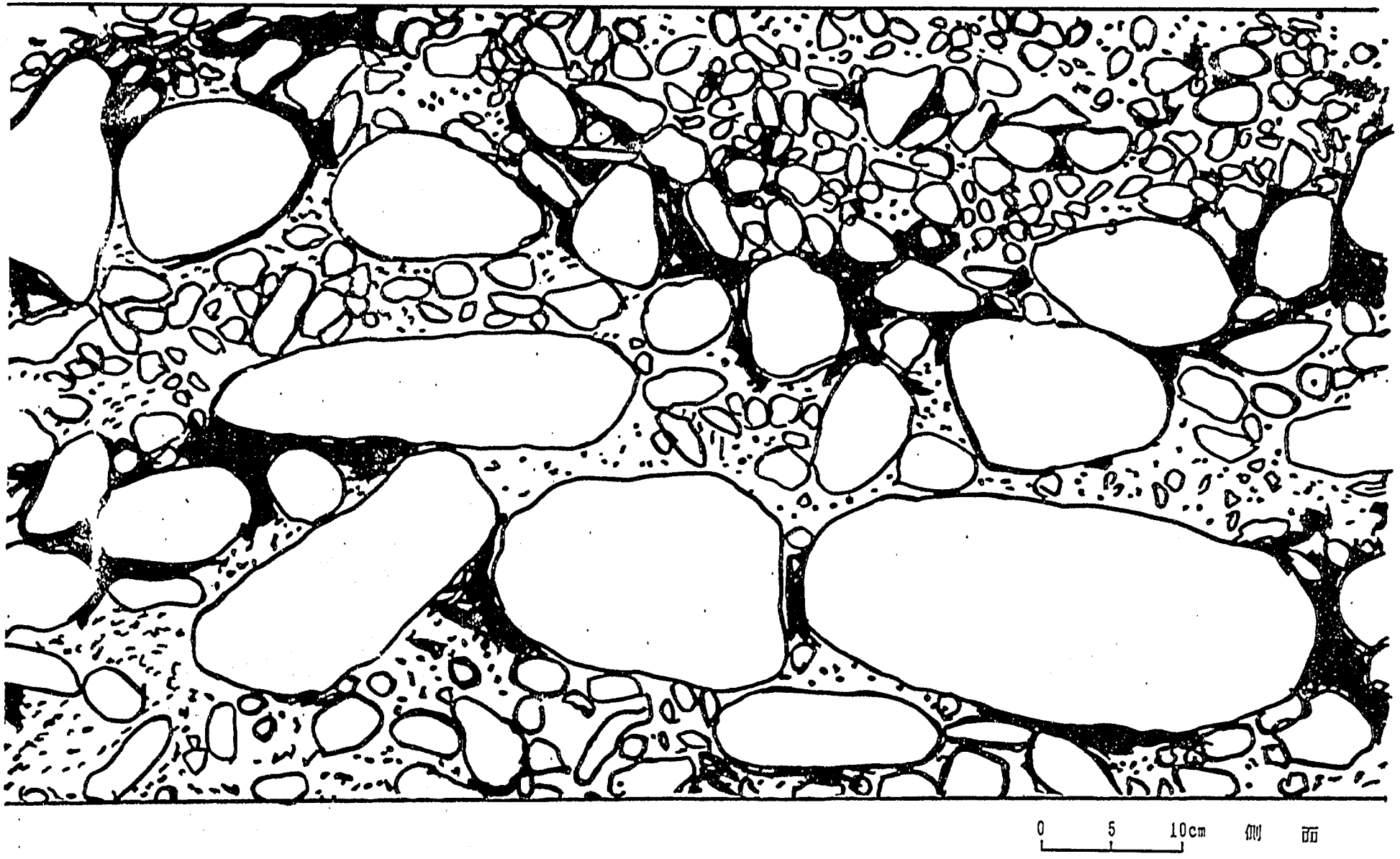


下 端 部

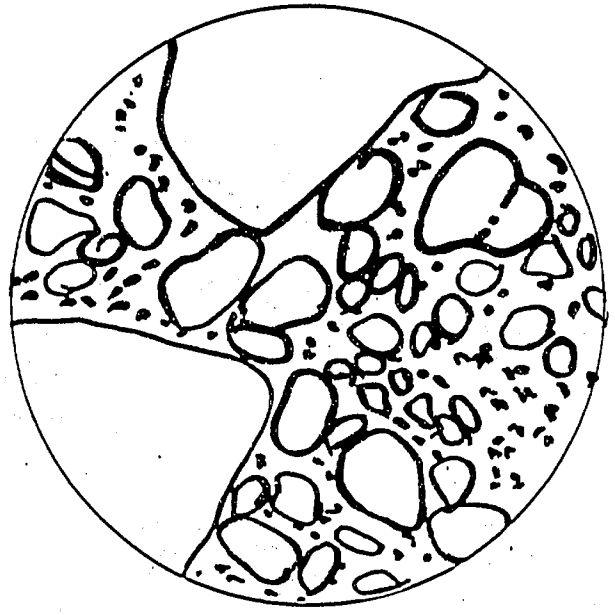
深　　度　G.L.- 7.75 m～ 8.30 m

0　　5　　10cm

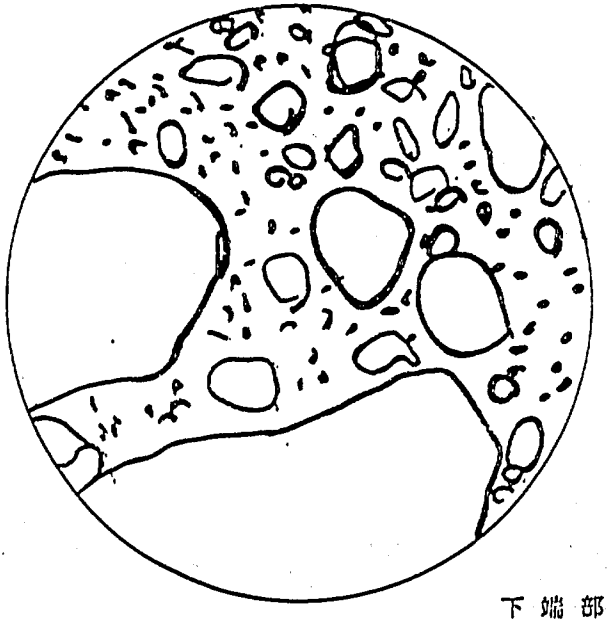
付図－2.11(a)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体上下端面(C-4U)



付図－2.11(b)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体側面(C-4U)



上 端 部

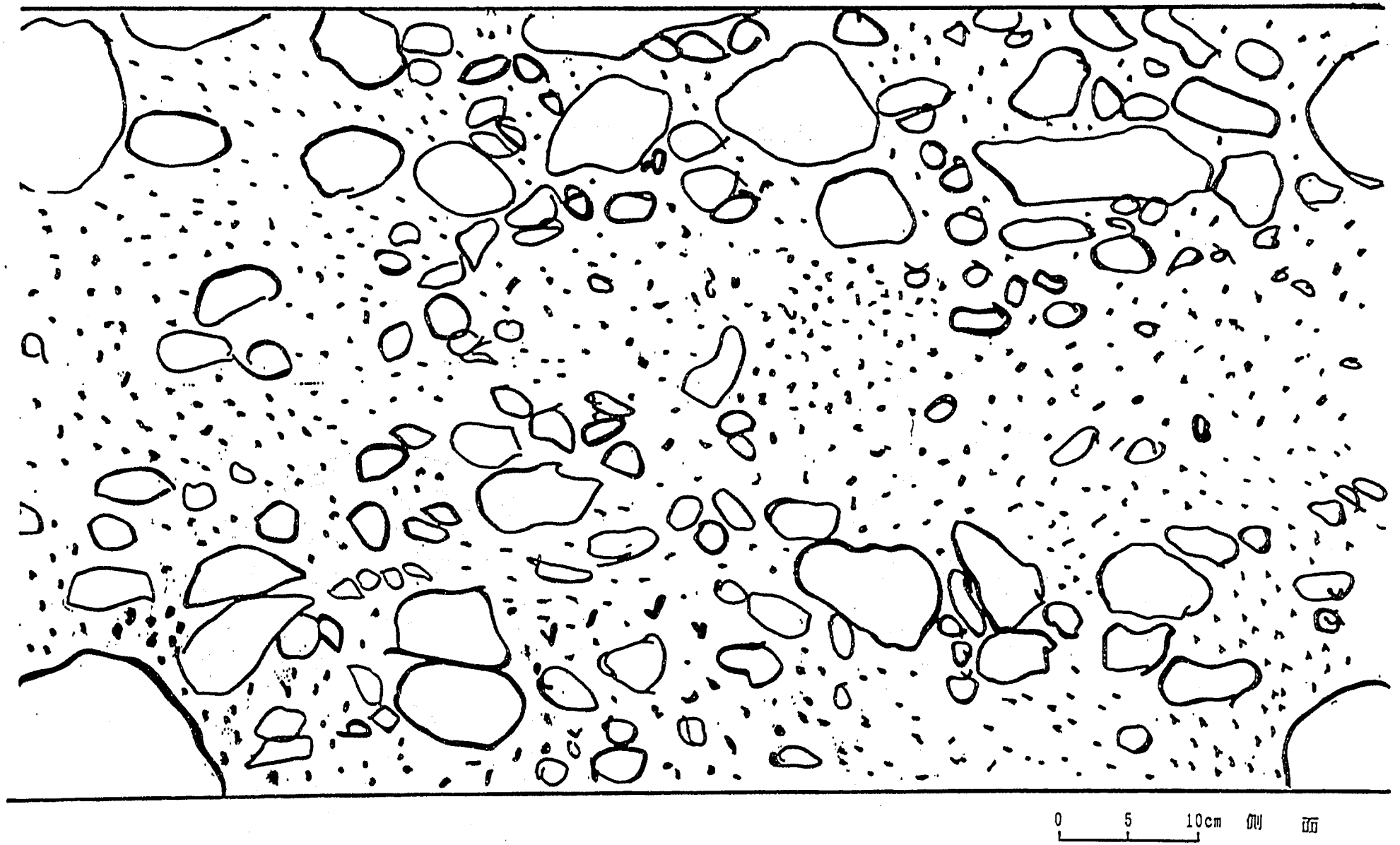


下 端 部

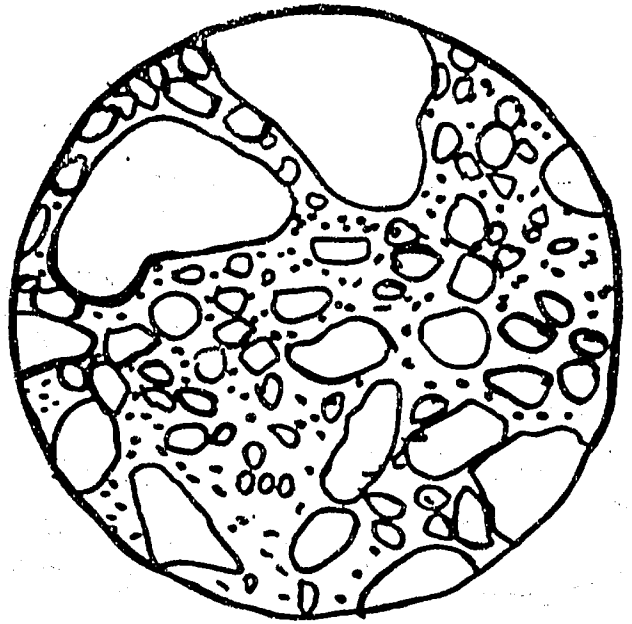
深　度　G.L.- 6.28 m～ 6.83 m

0　5　10cm

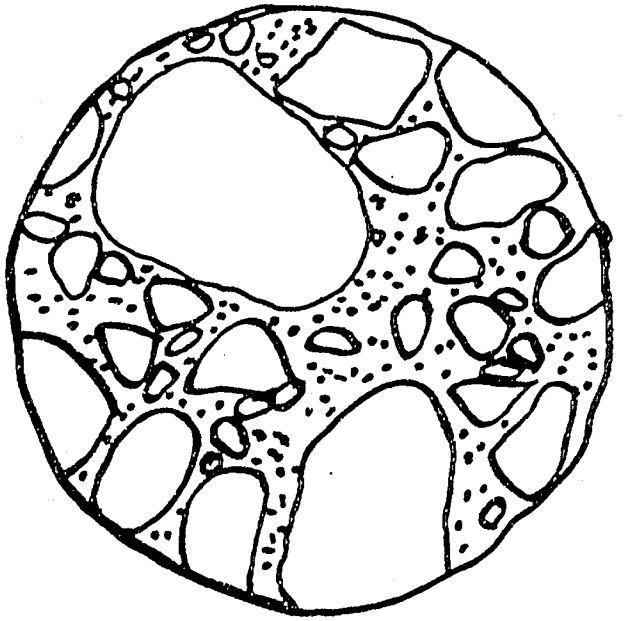
付図－2.12(a)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体上下端面(A-3)



付図－2.12(b)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体側面(A-3)



上 端 部

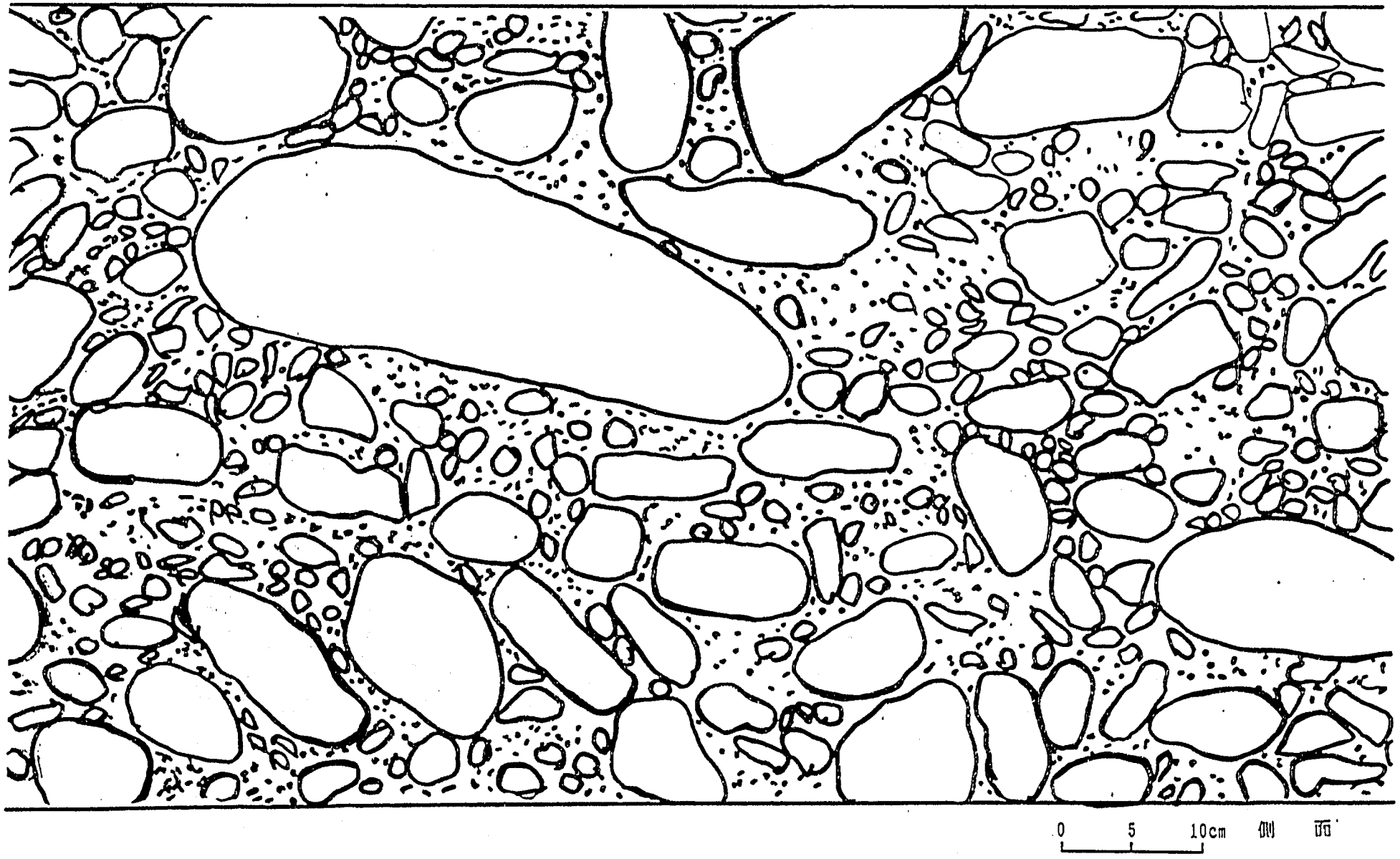


下 端 部

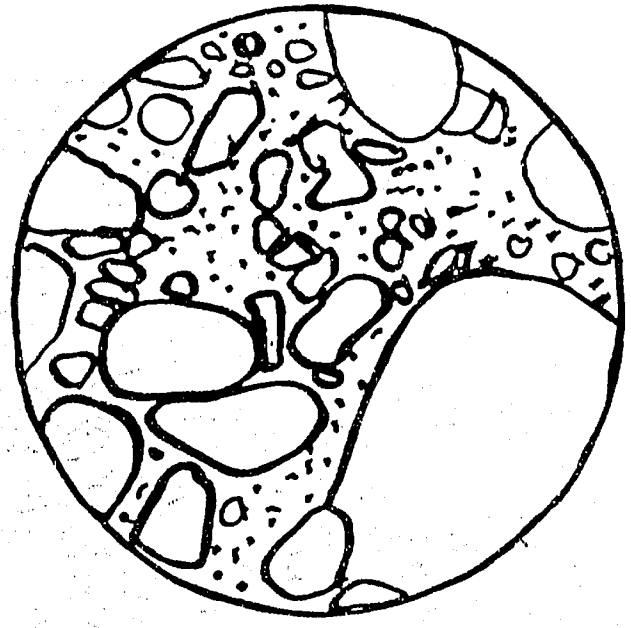
深　度　G.L.- 8.35 m～ 8.90 m

0　5　10cm

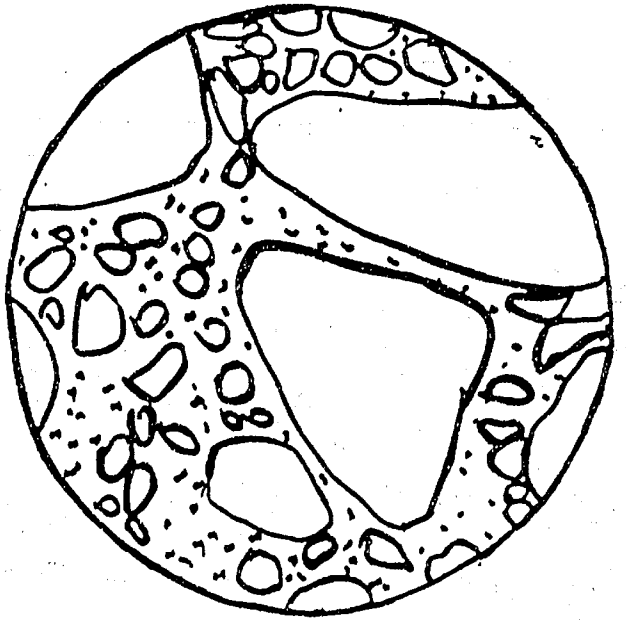
付図－2.13(a)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体上下端面(A-5)



付図－2.13(b)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体側面(A-5)



上 端 部

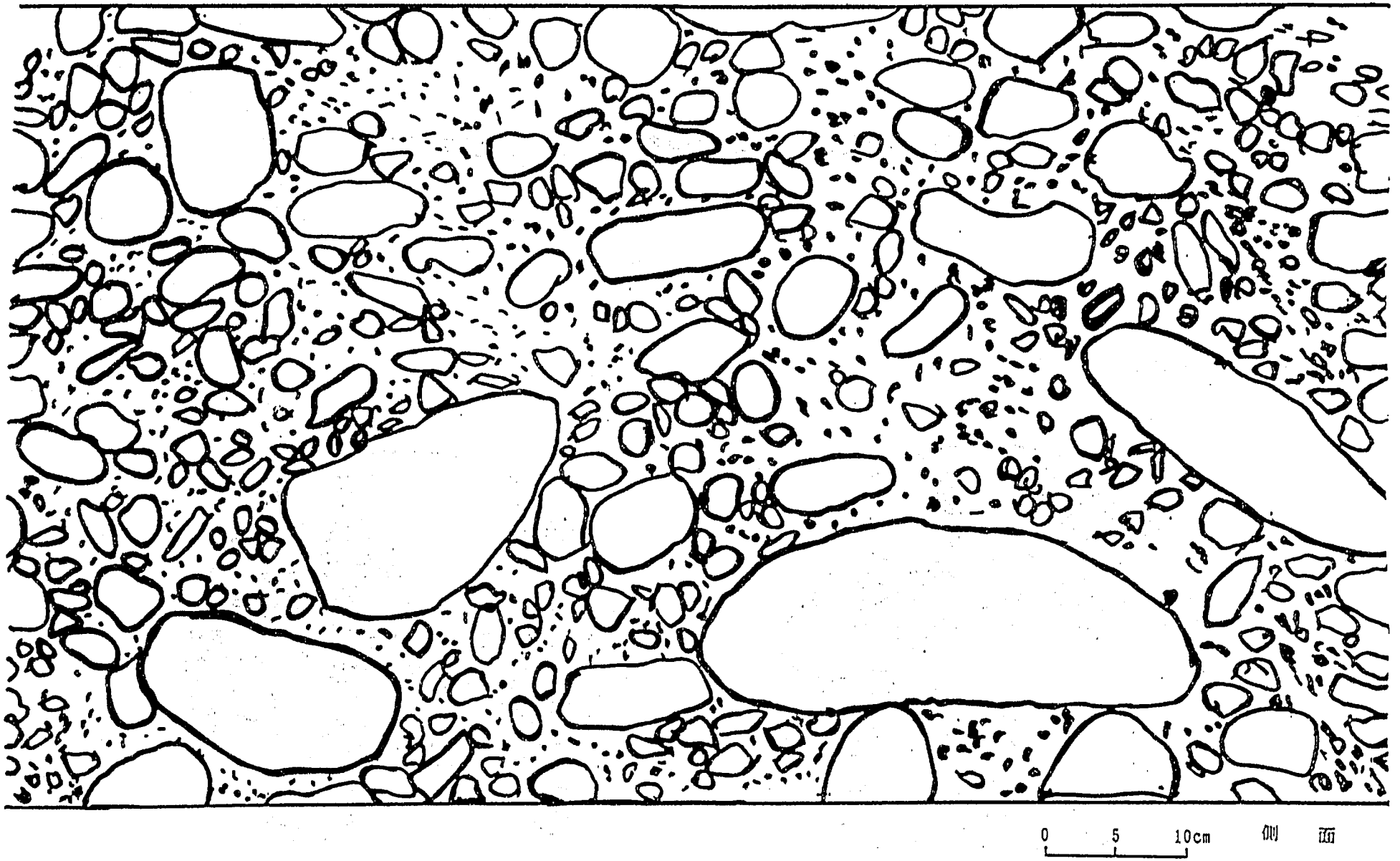


下 端 部

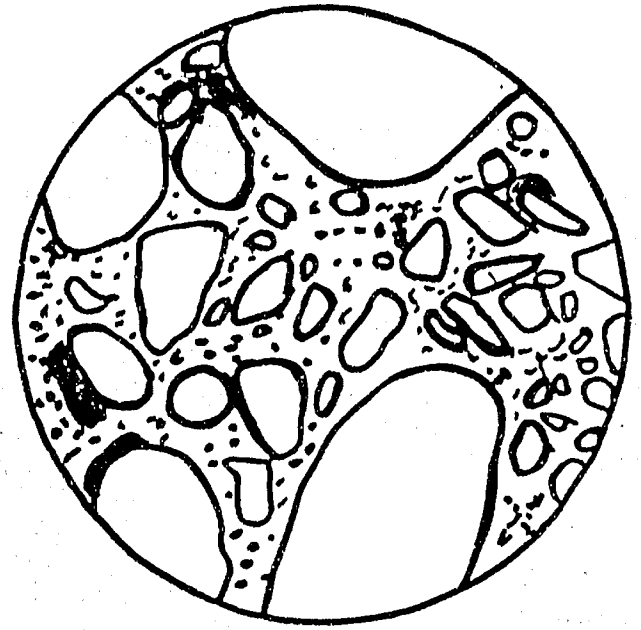
深　度　G.L.- 9.50 m～10.05 m

0　5　10cm

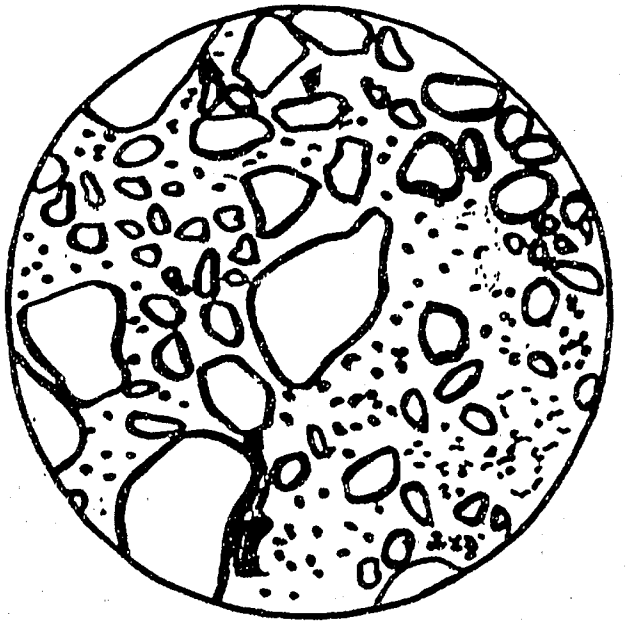
付図－2.14(a)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体上下端面(C-5)



付図－2.14(b)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体側面(C-5)



上 端 部

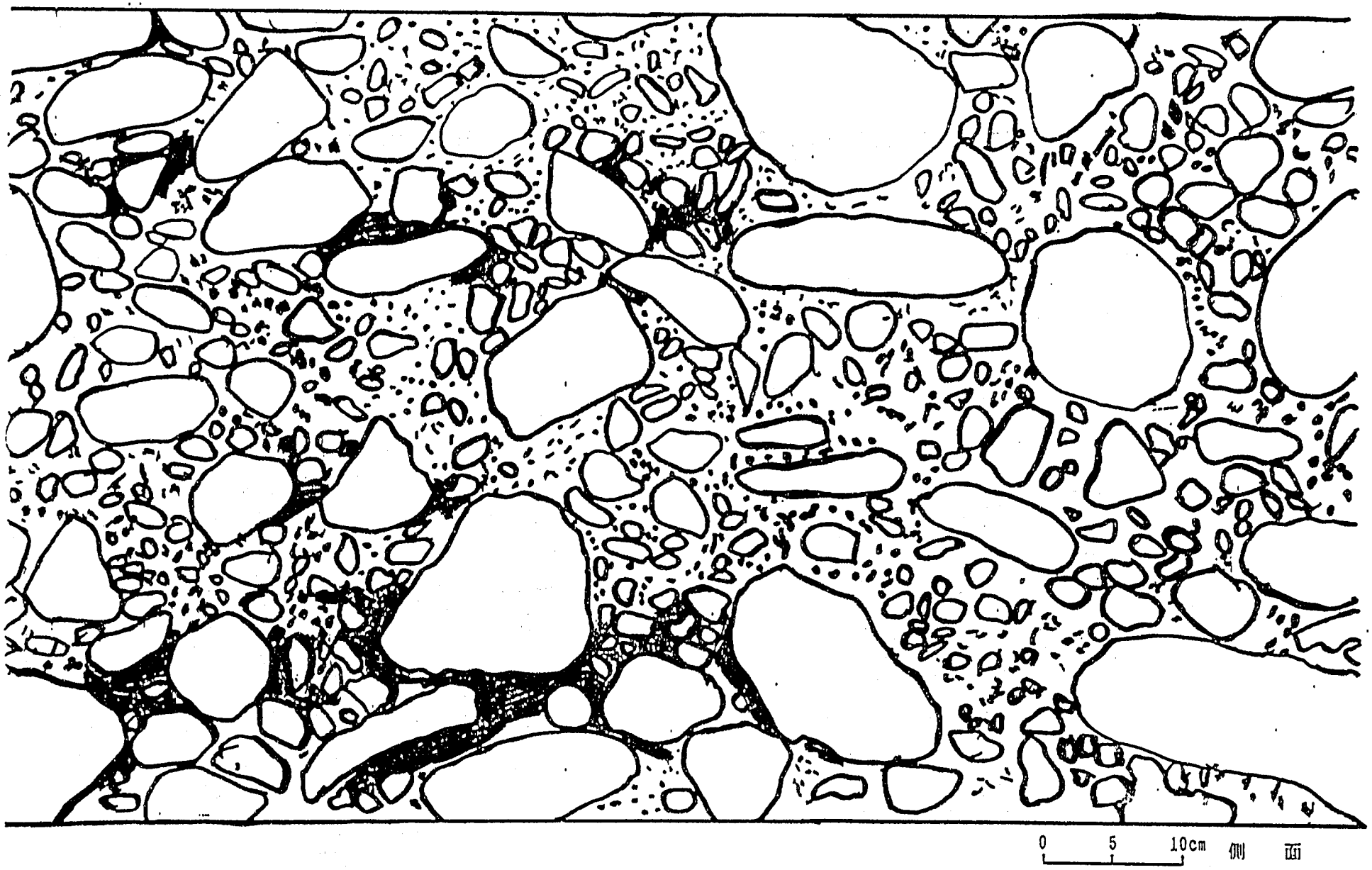


下 端 部

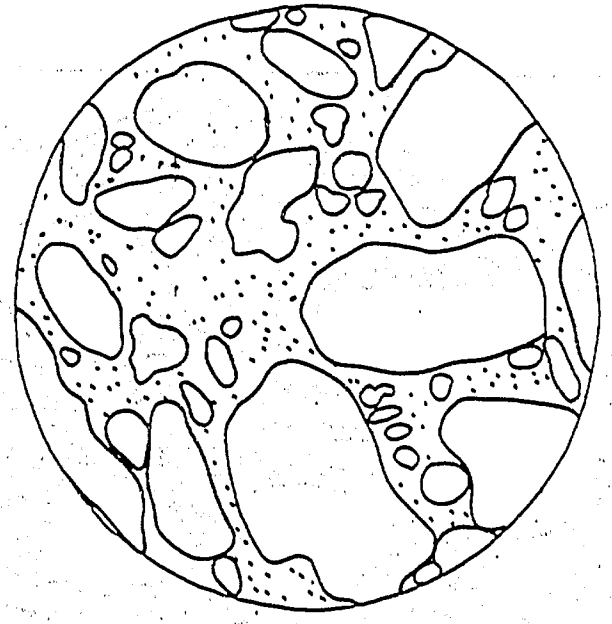
深　度　G.L.- 5.30 m～ 5.85 m

0　5　10cm

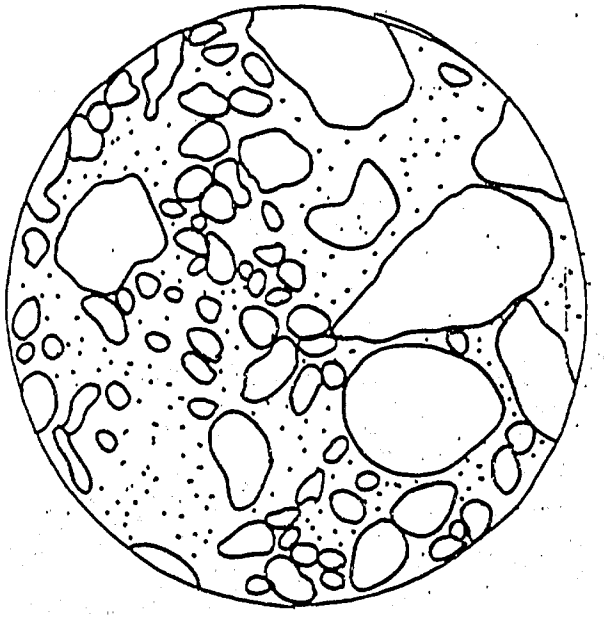
付図－2.15(a)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体上下端面(B-2)



付図－2.15(b)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体側面(B-2)



上 端 部

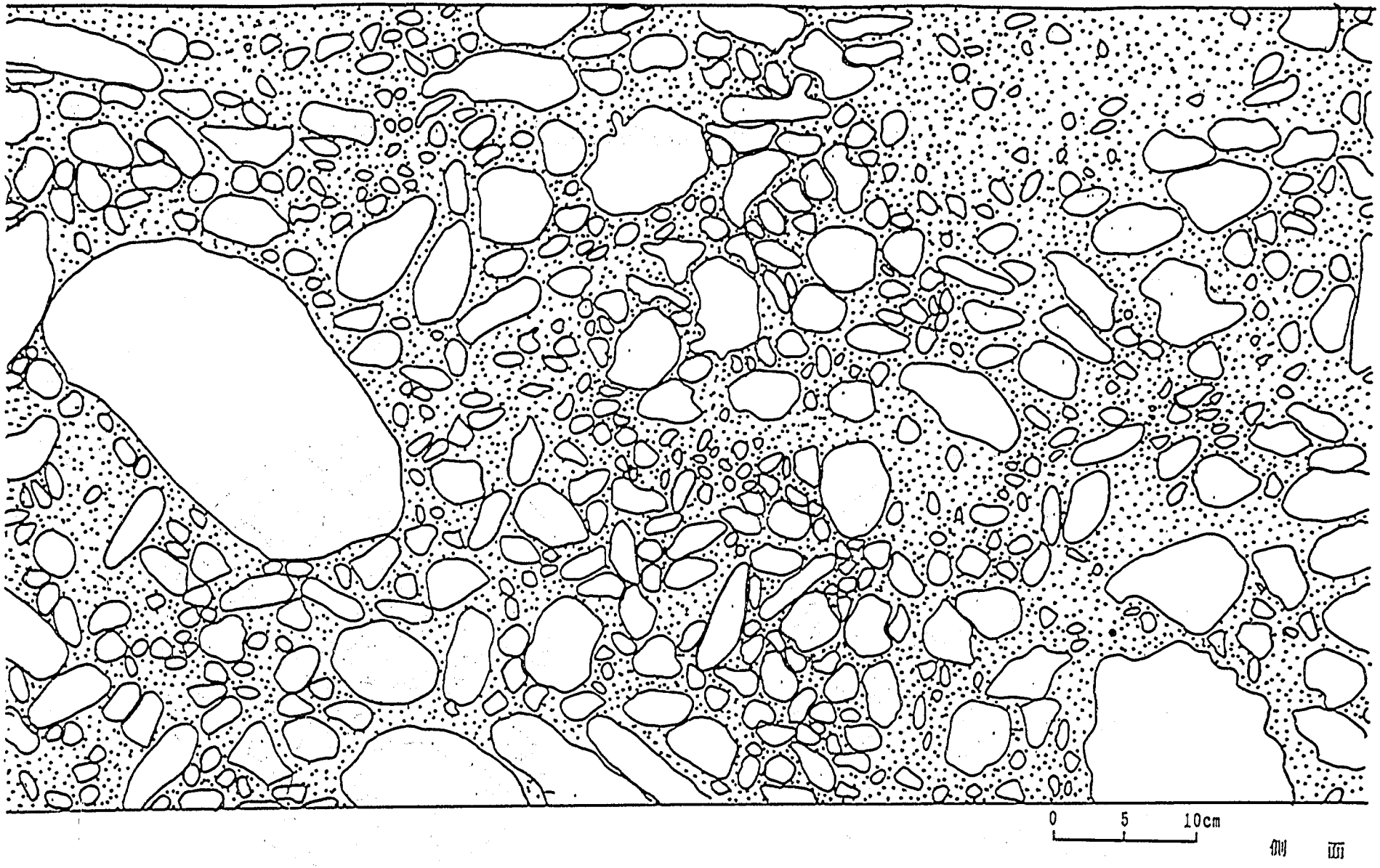


下 端 部

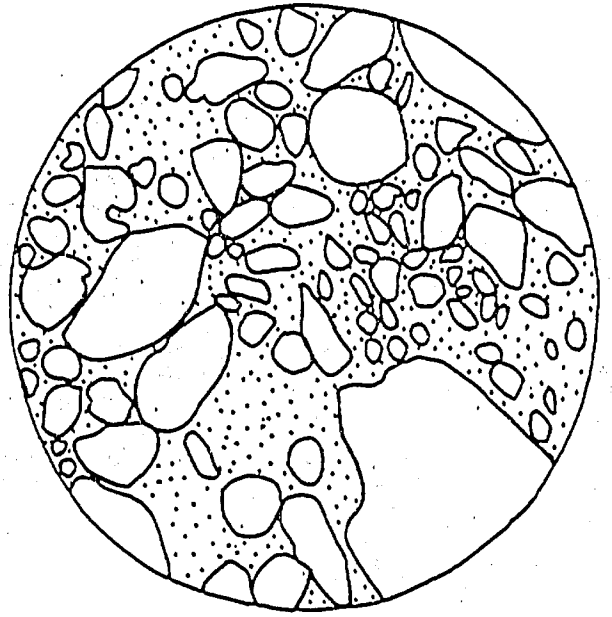
深　　度　G.L.- 11.15 m～11.70 m

0　　5　　10cm

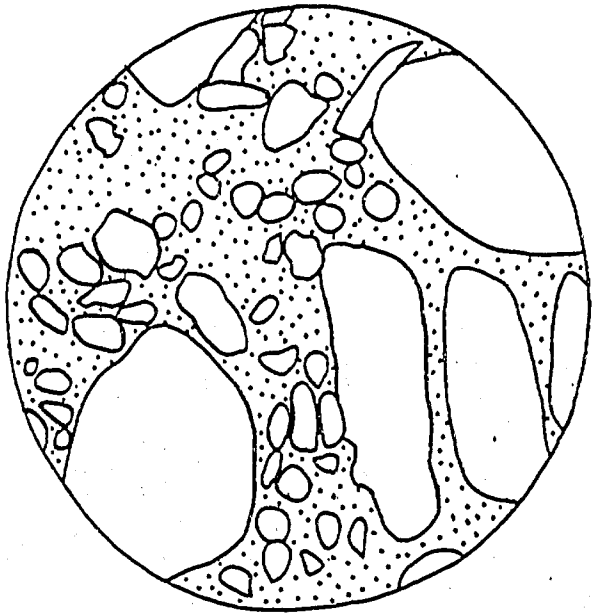
付図－2.16(a)　不撹乱下部砂礫層試料の供試体上下端面(B-7L)



付図－2.16(b)　不撹乱下部砂礫層試料の供試体側面(B-7L)



上 端 部

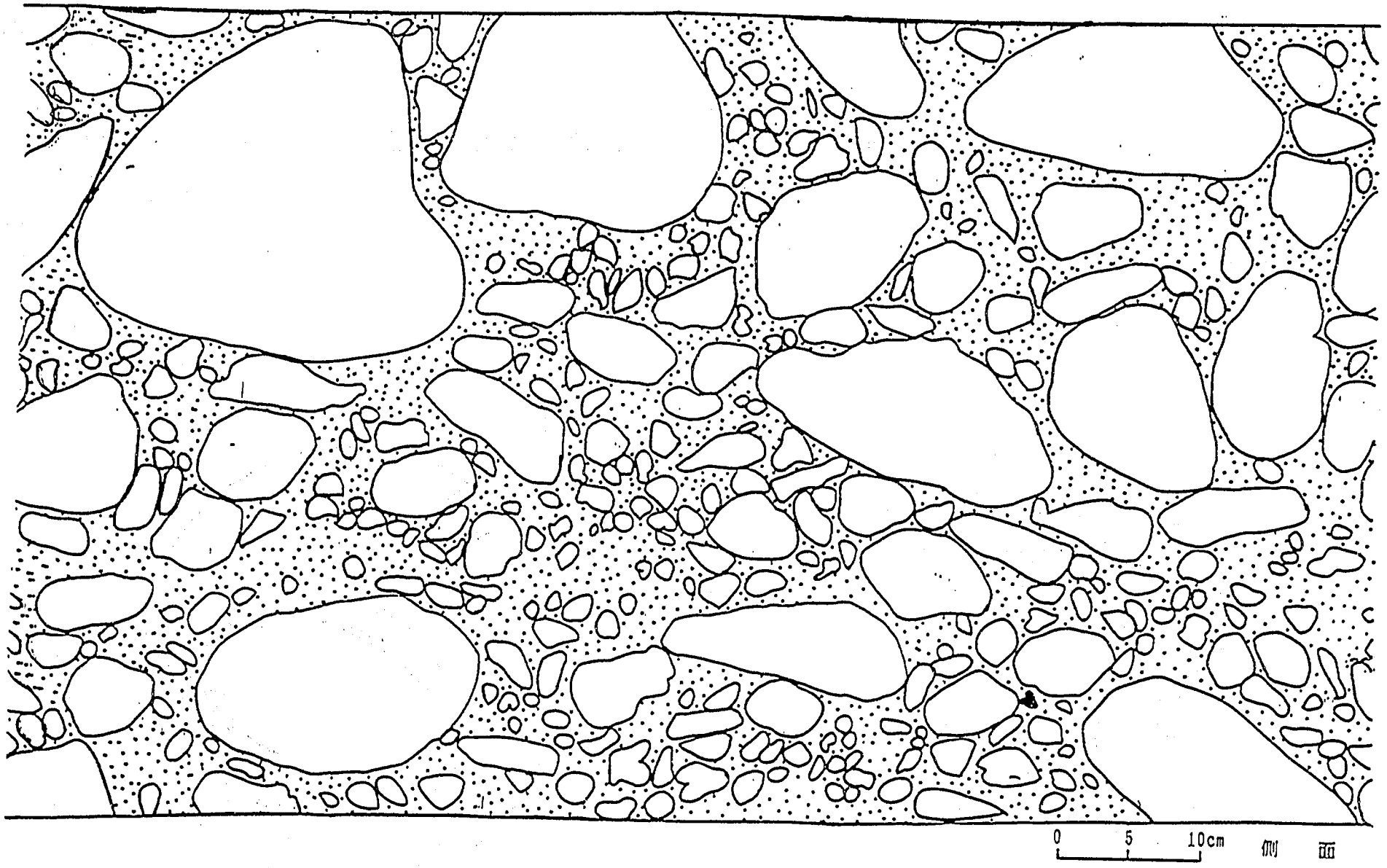


下 端 部

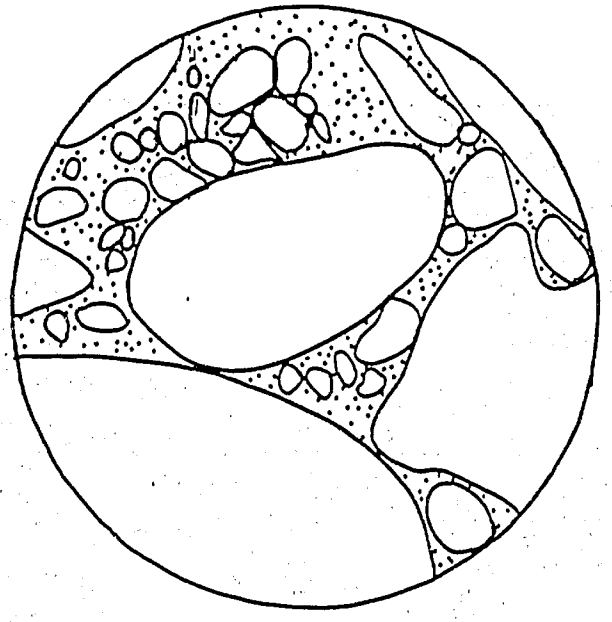
深　　度　G.L.- 11.40 m～11.95 m

0　　5　　10cm

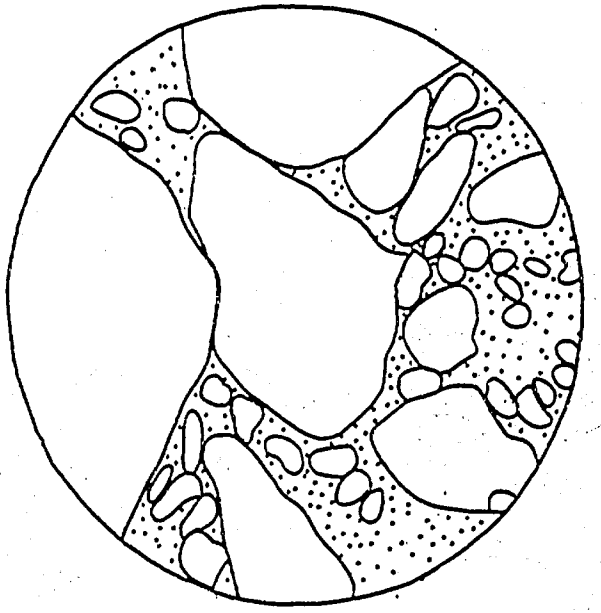
付図－2.17(a)　不撹乱下部砂礫層試料の供試体上下端面(A-7L)



付図－2.17(b)　不撹乱下部砂礫層試料の供試体側面(A-7L)



上 端 部

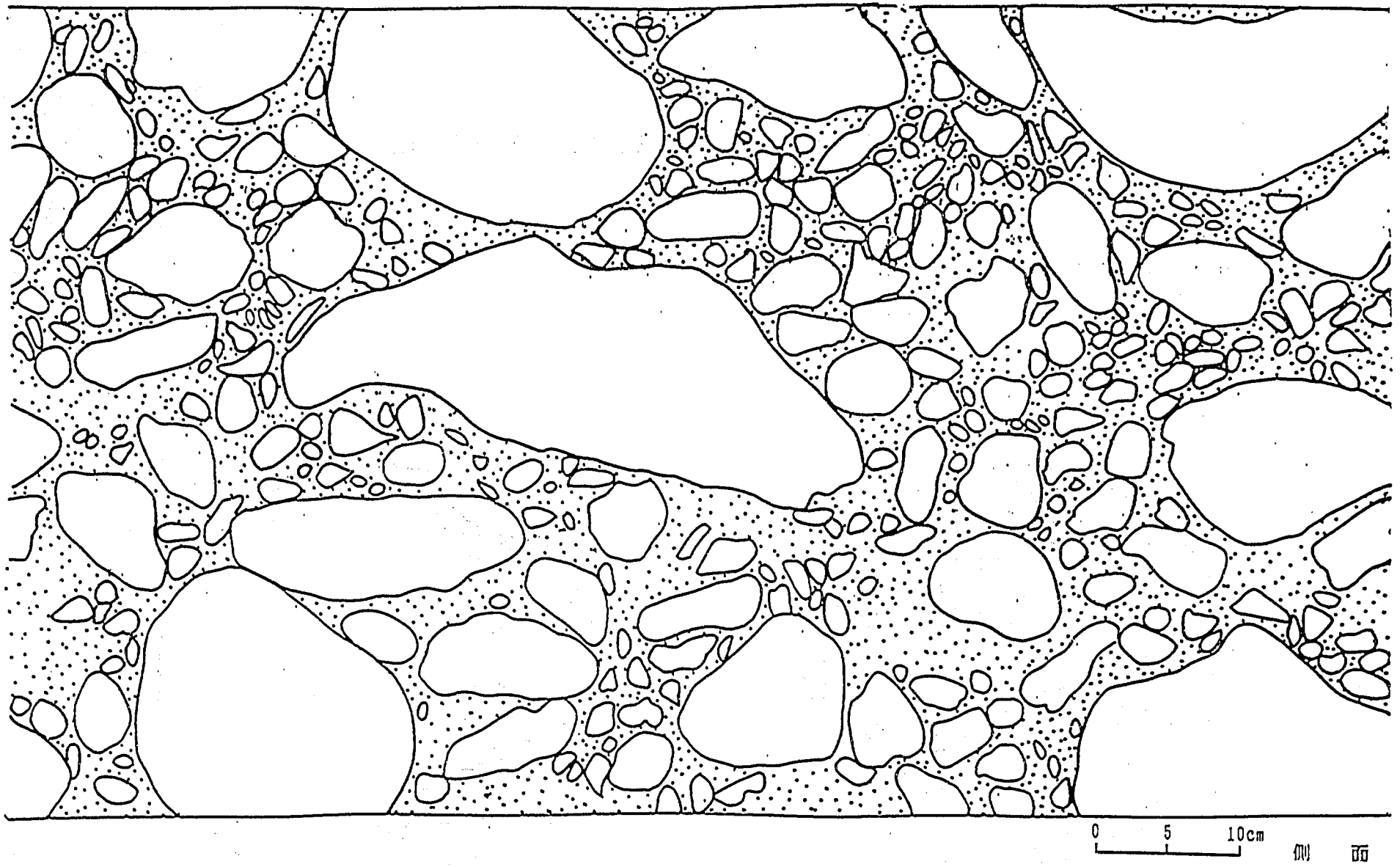


下 端 部

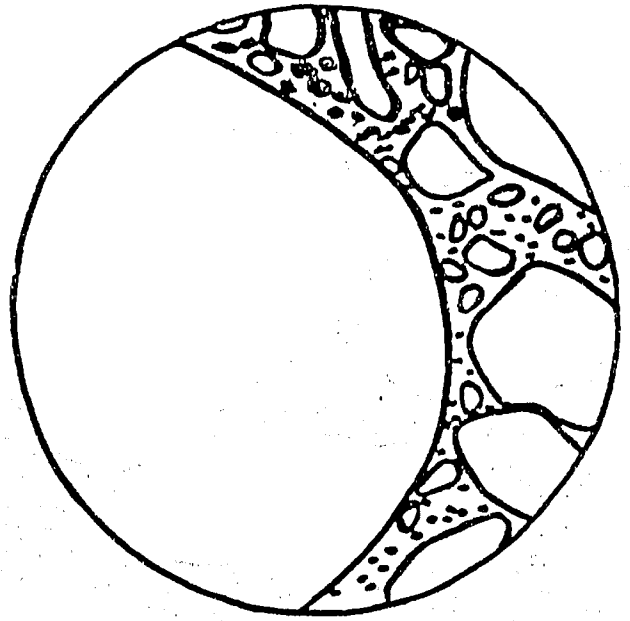
深　　度　G.L.- 11.20 m～11.75 m

0　　5　　10cm

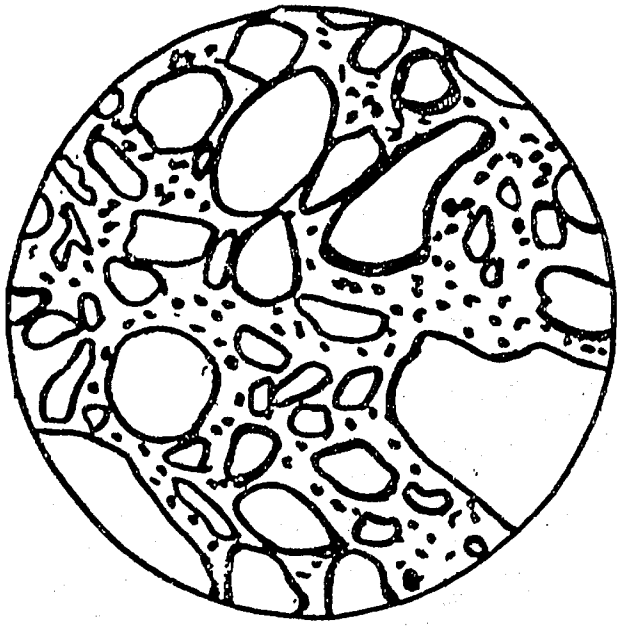
付図－2.18(a)　不撹乱下部砂礫層試料の供試体上下端面(D-6L)



付図－2.18(b)　不撹乱下部砂礫層試料の供試体側面(D-6L)



上 端 部

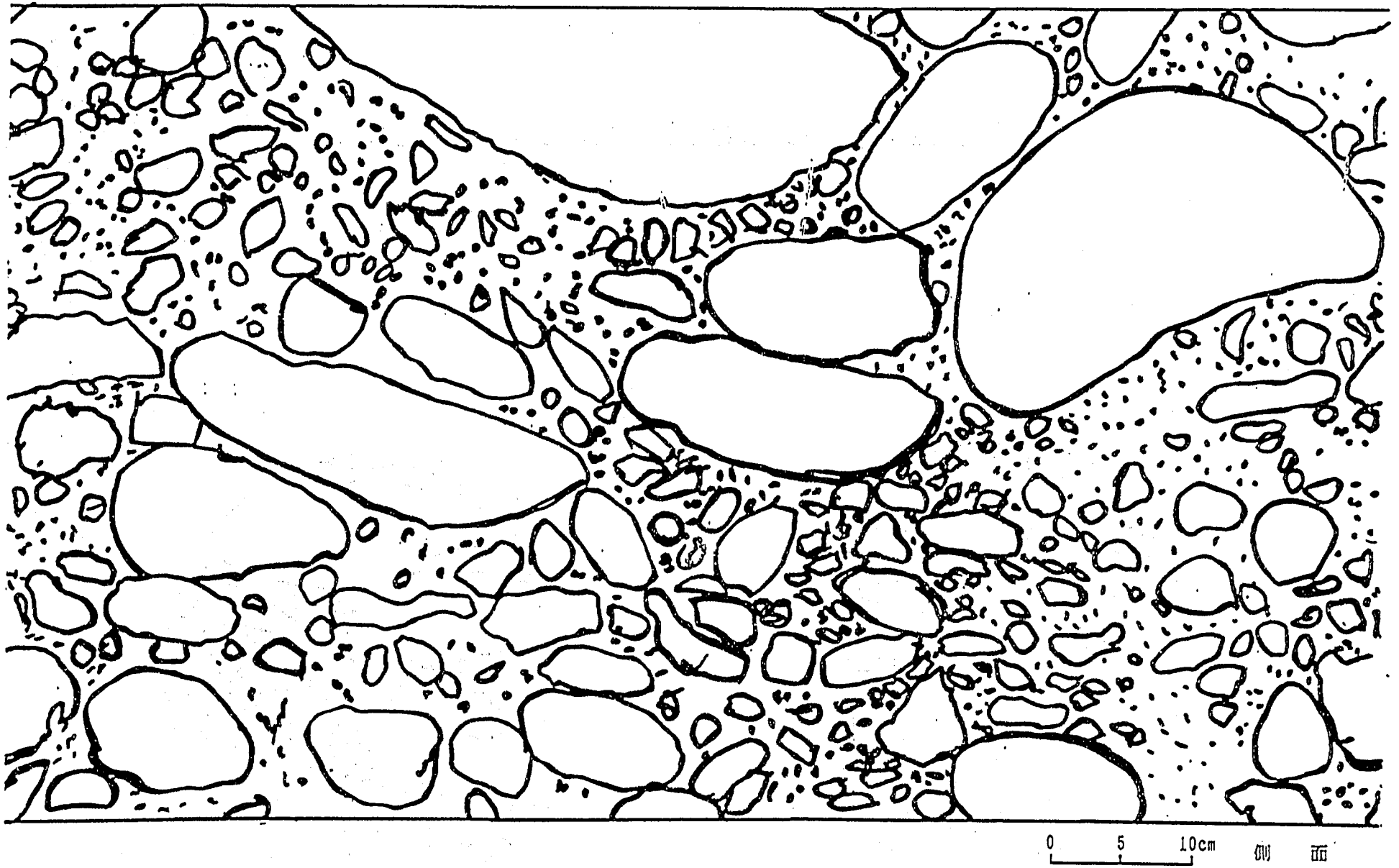


下 端 部

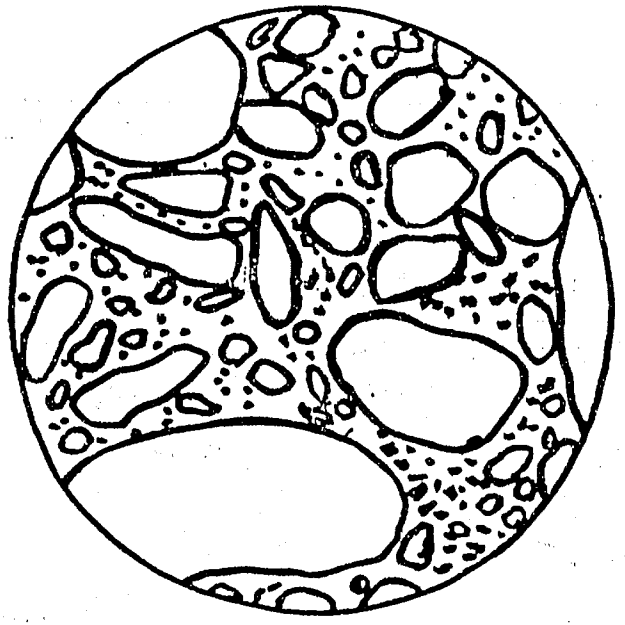
深　　度　G.L.- 10.85 m～11.40 m

0　　5　　10cm

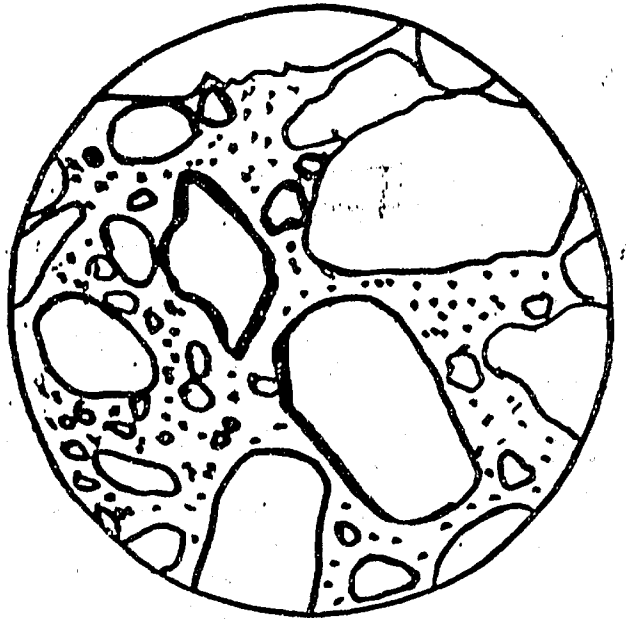
付図－2.19(a)　不撹乱下部砂礫層試料の供試体上下端面(A-7U)



付図－2.19(b)　不撹乱下部砂礫層試料の供試体側面(A-7U)



上 端 部

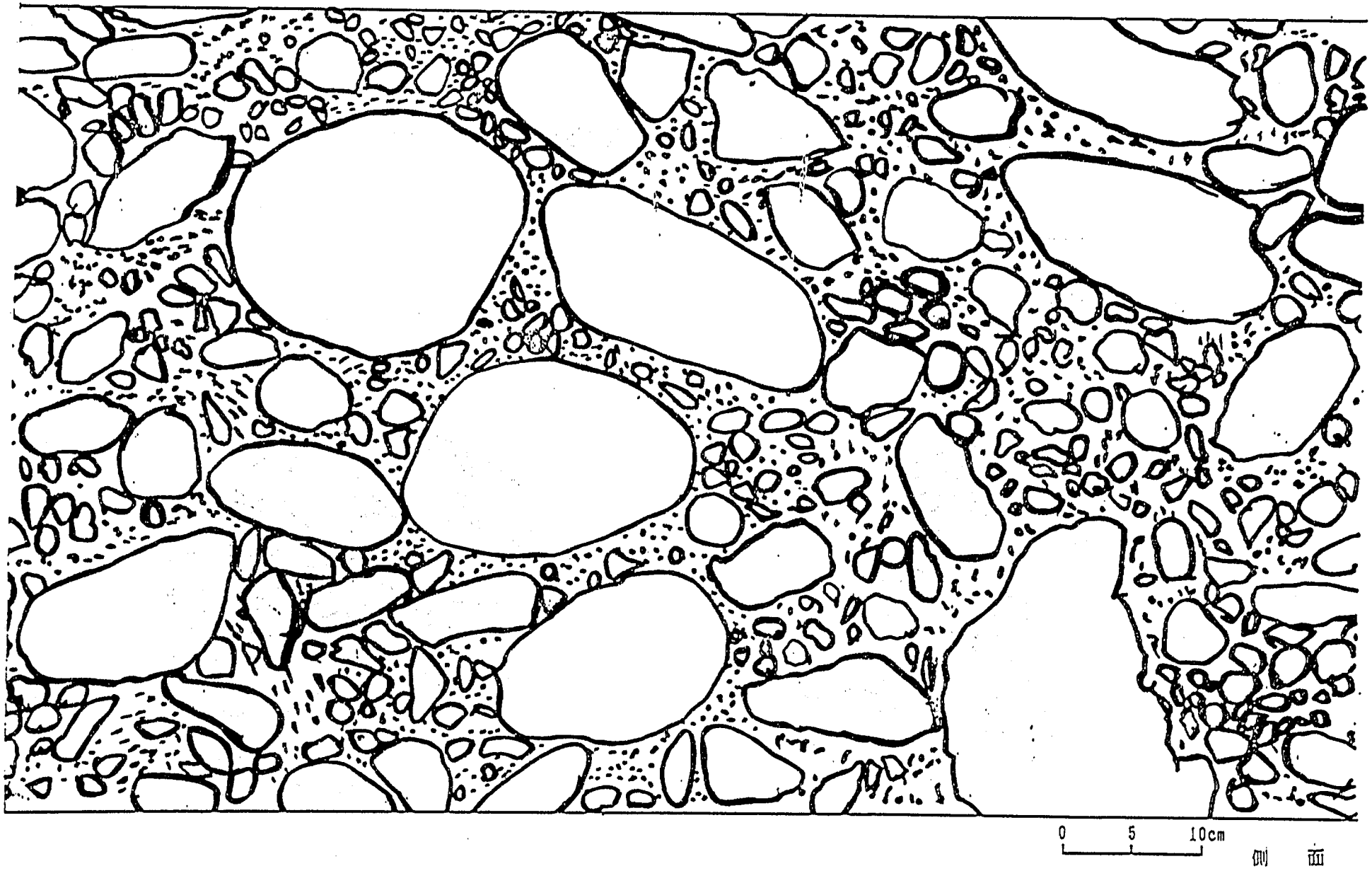


下 端 部

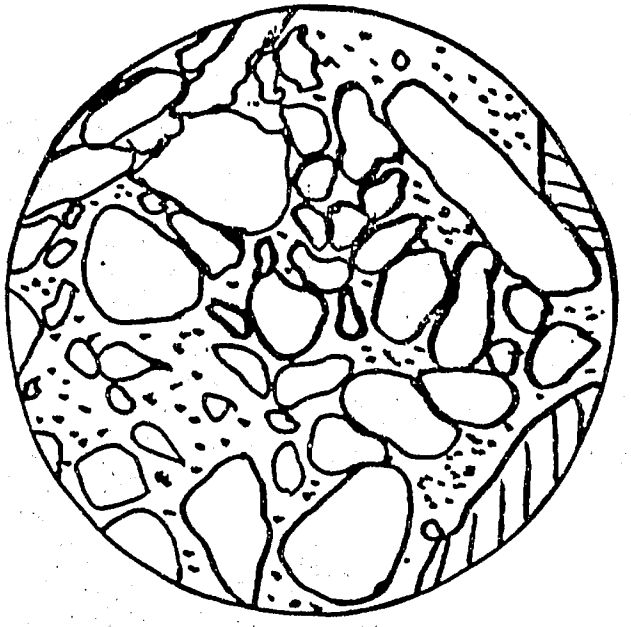
深　　度　G.L.- 10.60 m～11.15 m

0　　5　　10cm

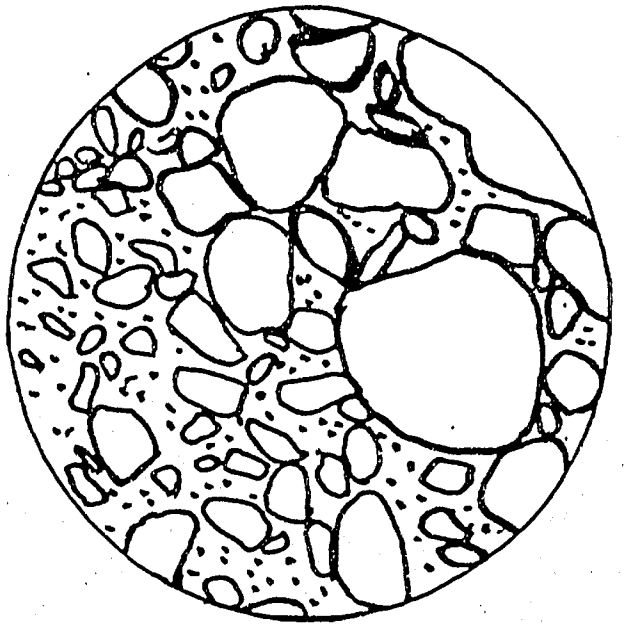
付図－2.20(a)　不撹乱下部砂礫層試料の供試体上下端面(B-7U)



付図－2.20(b)　不撹乱下部砂礫層試料の供試体側面(B-7U)



上 端 部

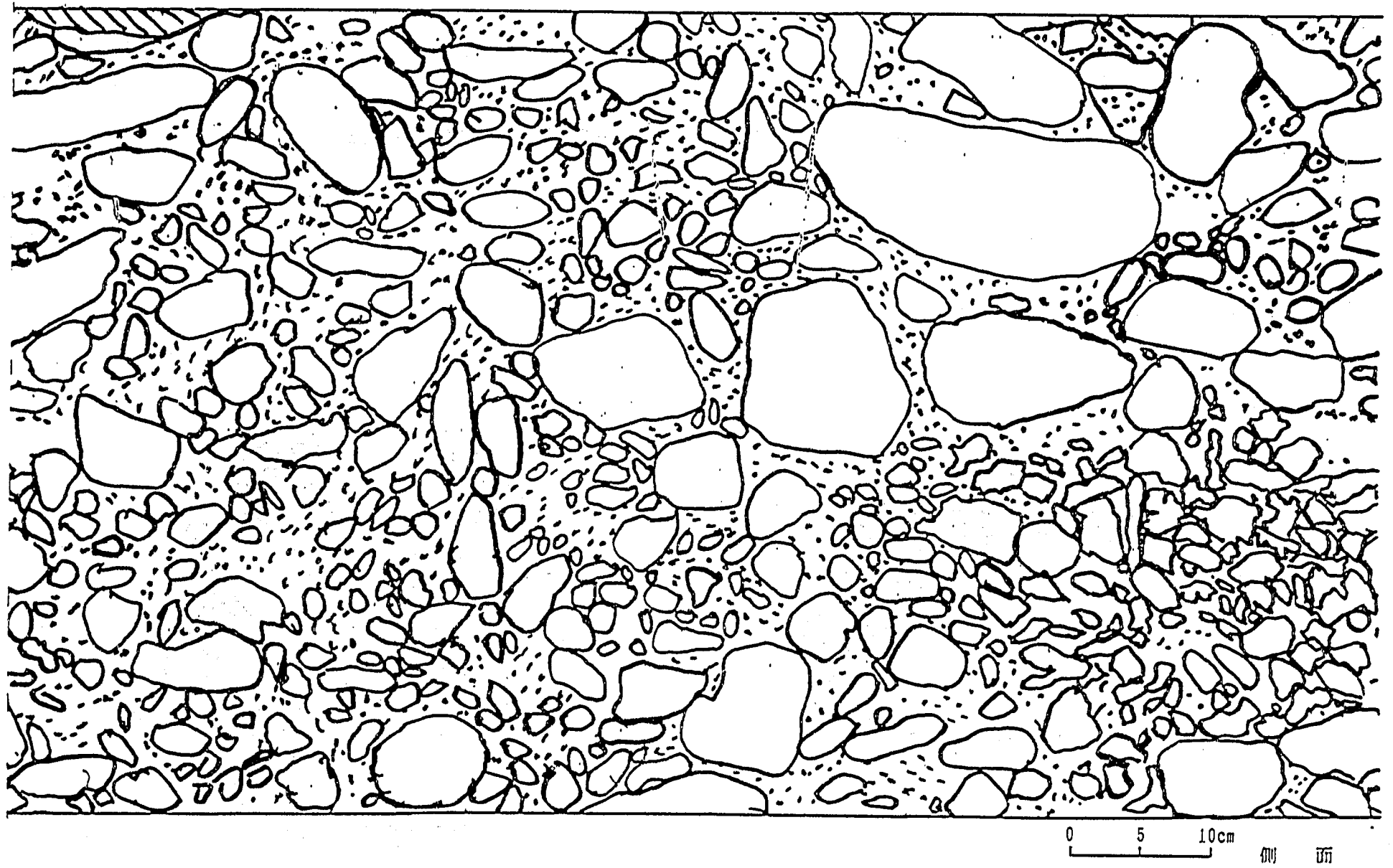


下 端 部

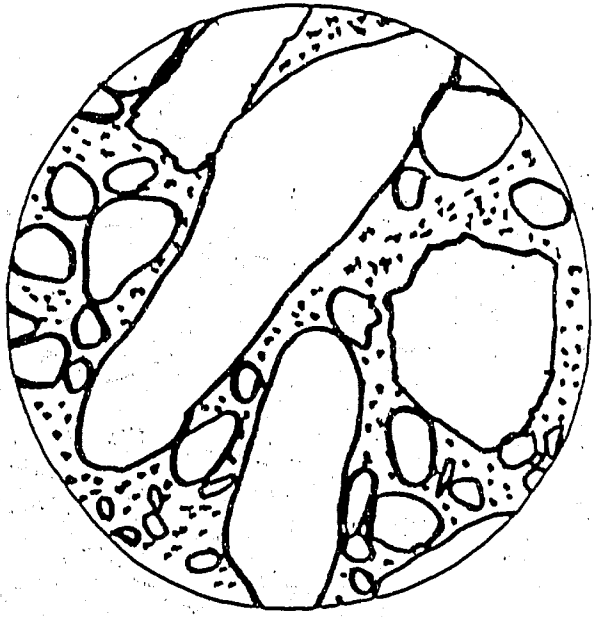
深　　度　G.L.- 11.35 m～11.90 m

0　　5　　10cm

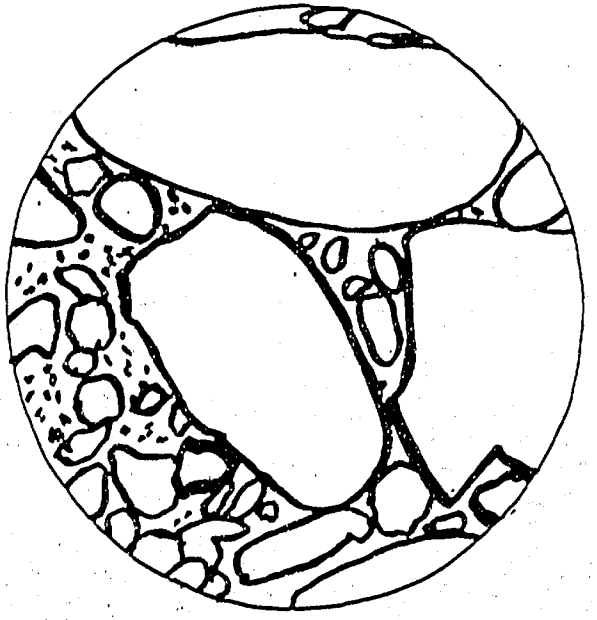
付図－2.21(a)　不撹乱下部砂礫層試料の供試体上下端面(C-6)



付図－2.21(b)　不撹乱下部砂礫層試料の供試体側面(C-6)



上 端 部

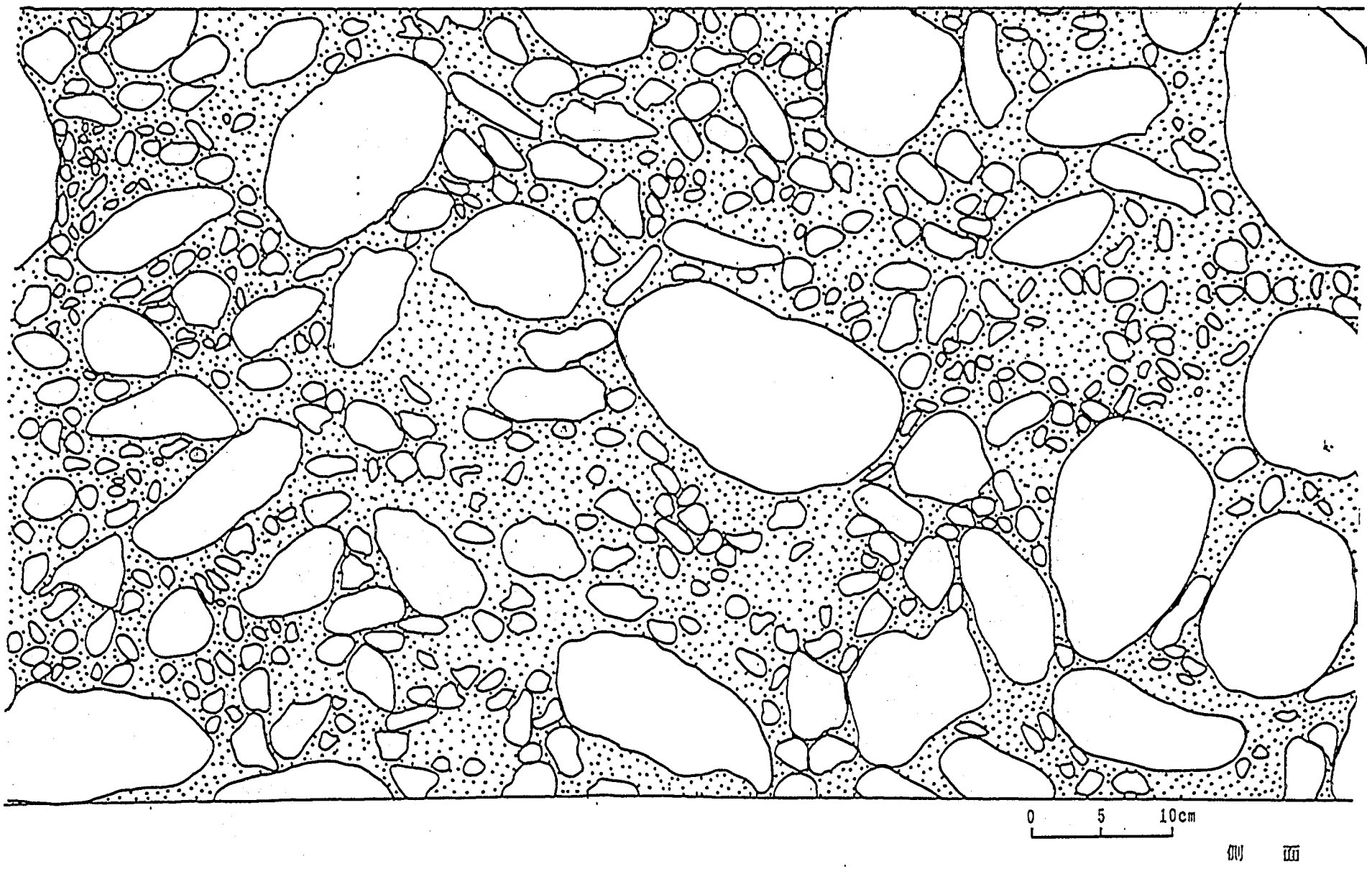


下 端 部

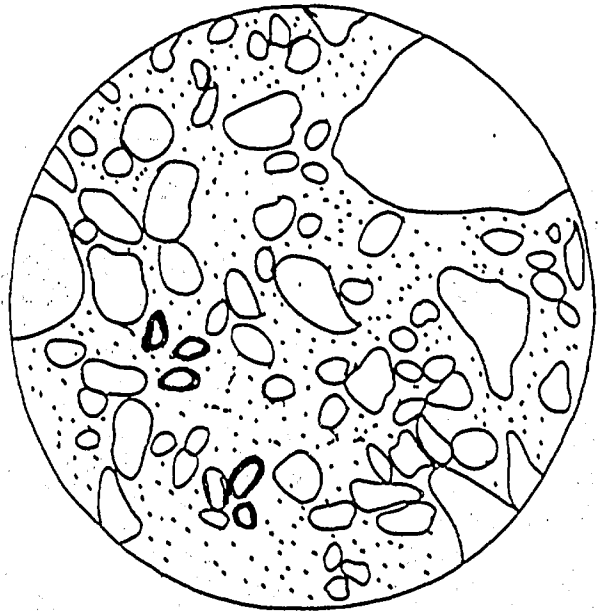
深　度　G.L.- 10.65 m～11.20 m

0　5　10cm

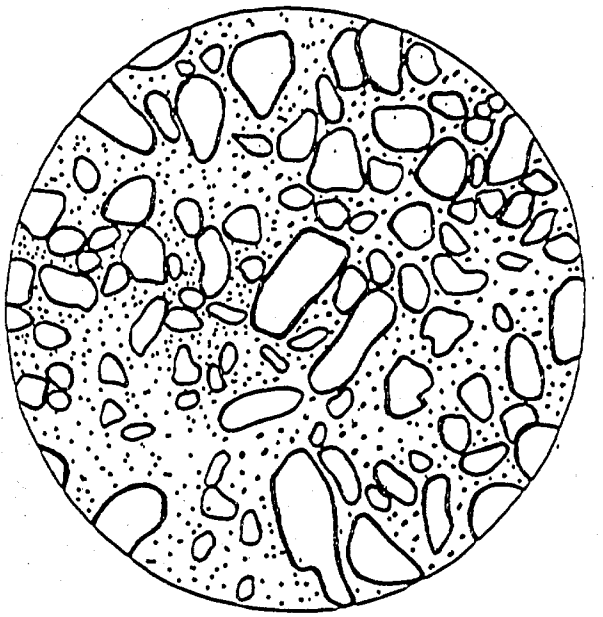
付図－2.22(a)　不撹乱下部砂礫層試料の供試体上下端面(D-6U)



付図－2.22(b)　不撹乱下部砂礫層試料の供試体側面(D-6U)



上 端 部

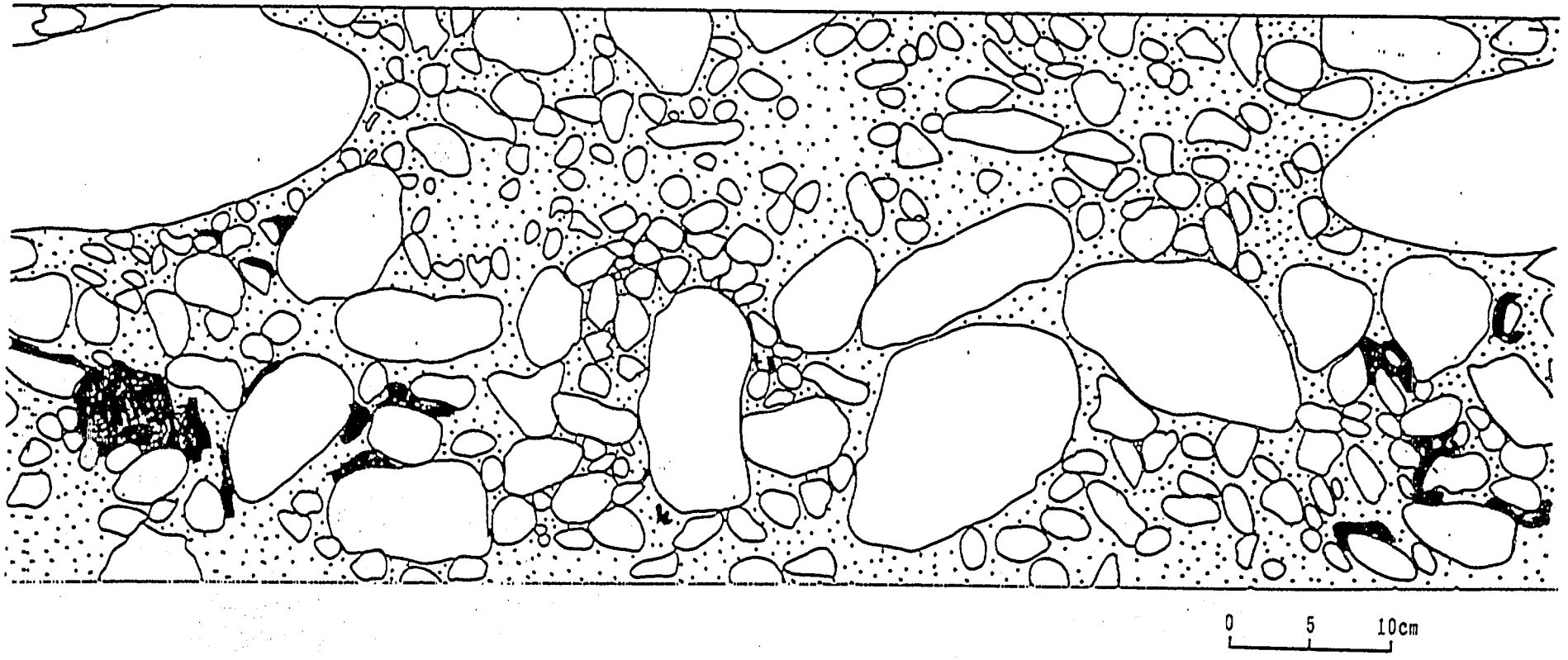


下 端 部

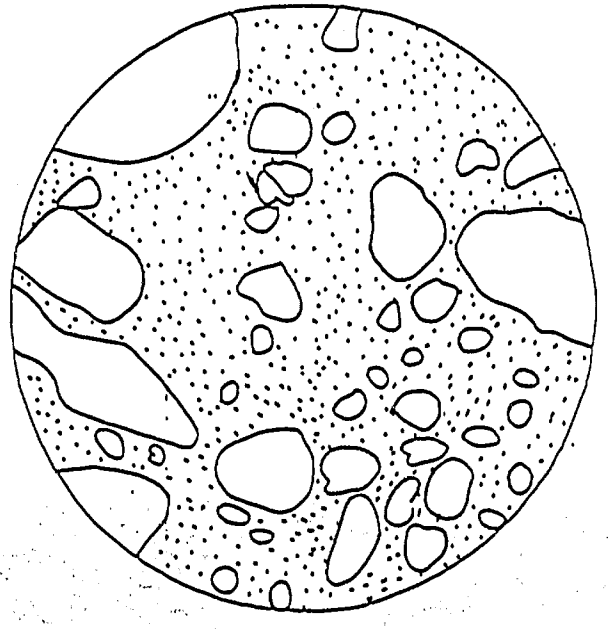
深　　度　G.L.- 8.00 m～ 8.35 m

0　　5　　10cm

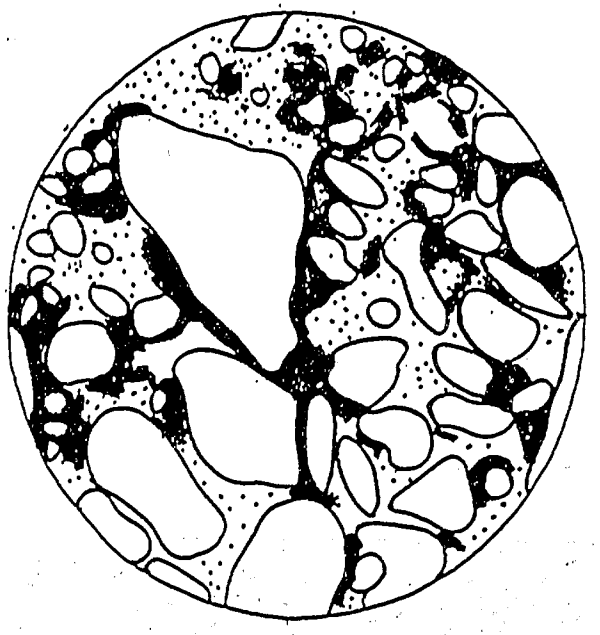
付図－2.23(a)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体上下端面(A-5S)



付図－2.23(b)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体側面(A-5S)



上 端 部

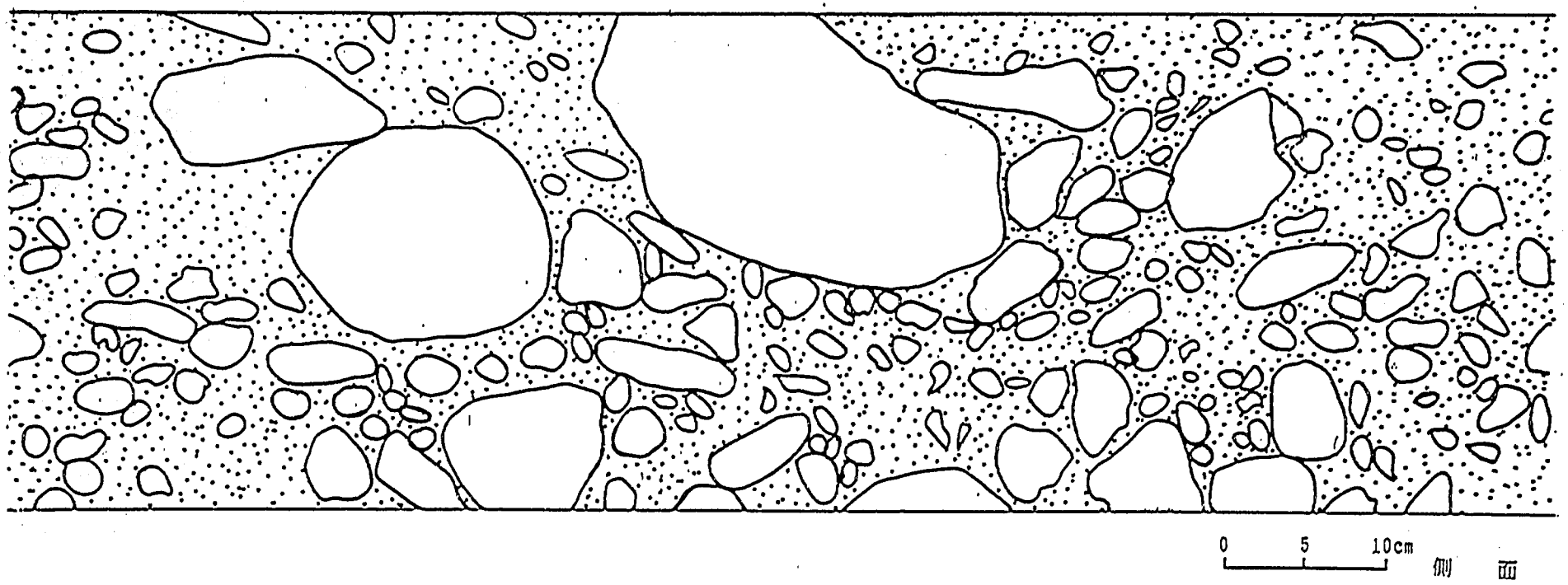


下 端 部

深　度　G.L.- 7.03 m～ 7.33 m

0　5　10cm

付図－2.24(a)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体上下端面(B-4S)



付図－2.24(b)　不撹乱上部砂礫層試料の供試体側面(B-4S)

付録－3

試験データ

付表－3.1(a)　物理試験結果一覧表(A供試体柱)

供試体NO.	A－2			A－3			A－4			A－5			A－6		
採取深度　G.L- (m)	5.30～5.85			6.28～6.83			7.36～7.91			8.35～8.90			9.06～ 9.61		
含水比　w (%)	9			17			11			9			9		
湿潤密度 ρ_t (g/cm3)	2.290			2.228			2.297			2.329			2.429		
乾燥密度 ρ_d (g/cm3)	2.096			1.902			2.066			2.130			2.229		
最大粒径 D_{max} (mm)	145			155			215			206			216		
粒径 (mm)	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00
重量比	0.79	0.09	0.12	0.54	0.20	0.26	0.80	0.08	0.12	0.75	0.09	0.16	0.80	0.08	0.12
表乾比重　G_a	2.541	2.420	—	2.575	2.470	—	2.529	2.450	—	2.583	2.466	—	2.562	2.482	—
絶乾比重　G_b	2.475	2.330	—	2.510	2.336	—	2.463	2.323	—	2.522	2.326	—	2.501	2.375	—
真比重　G_s	2.650	2.561	2.690	2.685	2.696	2.758	2.636	2.685	2.818	2.687	2.707	2.884	2.663	2.659	2.714
吸水率　Q	2.67	3.87	—	2.60	5.72	—	2.67	5.80	—	2.43	6.04	—	2.43	4.51	—
合成比重	2.647			2.690			2.644			2.720			2.669		
間隙比　e	0.263			0.326			0.280			0.277			0.197		
均等係数　U_c	57.8			47.5			47.5			87.1			61.6		
曲率係数　U_c'	6.18			3.74			7.73			6.77			8.09		
粗礫分	73			45			72			68			73		
中礫分	9			18			12			12			11		
細礫分	5			12			4			4			4		
粗砂分	9			18			6			11			6		
細砂分	4			6			5			5			5		
シルト分	1			1			1			1			1		

付表－3.1(b)　物理試験結果一覧表（A供試体柱）

供試体NO.	A－7U			A－7L												
採取深度　G.L－ (m)	10.85～11.40			11.40～11.95												
含水比　w (%)	6			8												
湿潤密度 ρ_t (g/cm3)	2.375			2.364												
乾燥密度 ρ_d (g/cm3)	2.244			2.183												
最大粒径 D_{max} (mm)	207			142												
粒径 (mm)	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	
重量比	0.78	0.07	0.15	0.72	0.11	0.17										
表乾比重　G_s	2.595	2.469	—	2.498	2.418	—										
絶乾比重　G_b	2.533	2.333	—	2.418	2.248	—										
真比重　G_s	2.701	2.701	2.809	2.626	2.708	2.727										
吸水率　Q	2.44	5.83	—	3.27	7.54	—										
合成比重	2.717			2.652												
間隙比　e	0.211			0.215												
均等係数　U_c	132.9			116.4												
曲率係数　U_c'	6.77			3.82												
粗礫分	71			64												
中礫分	11			14												
細礫分	3			5												
粗砂分	8			9												
細砂分	5			5												
シルト分	1			3												

付表－3.2(a)　物理試験結果一覧表(Ｂ供試体柱)

供試体NO.	B－2			B－3			B－4			B－5			B－6		
採取深度　G.L-　(m)	5.30～5.85			6.20～6.75			7.33～7.88			8.40～8.95			9.25～ 9.80		
含水比　w　(%)	11			10			9			10			7		
湿潤密度 ρ_t (g/cm3)	2.278			2.277			2.309			2.354			2.375		
乾燥密度 ρ_d (g/cm3)	2.082			2.072			2.120			2.142			2.215		
最大粒径 D_{max} (mm)	171			217			160			170			173		
粒　径　(mm)	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00
重量比	0.77	0.11	0.12	0.73	0.11	0.16	0.78	0.08	0.14	0.74	0.12	0.14	0.75	0.11	0.14
表乾比重　G_s	2.565	2.450	－	2.565	2.466	－	2.587	2.474	－	2.582	2.467	－	2.577	2.510	－
絶乾比重　G_b	2.500	2.319	－	2.499	2.332	－	2.531	2.337	－	2.507	2.334	－	2.513	2.409	－
真比重　G_s	2.673	2.669	2.801	2.675	2.692	2.836	2.679	2.706	2.852	2.712	2.692	2.813	2.684	2.680	2.692
吸水率　Q	2.60	5.64	－	2.64	5.73	－	2.18	5.84	－	3.01	5.70	－	2.53	4.20	－
合成比重	2.686			2.703			2.705			2.712			2.685		
間隙比　e	0.291			0.304			0.276			0.266			0.212		
均等係数　U_c	57.0			68.6			68.4			54.0			92.9		
曲率係数　U_c'	3.88			5.03			8.20			3.63			3.35		
粗礫分	68			64			69			65			67		
中礫分	15			15			13			15			14		
細礫分	6			5			4			5			5		
粗砂分	6			9			8			10			8		
細砂分	4			6			5			4			5		
シルト分	1			1			1			1			1		

付表－3.2(b)　物理試験結果一覧表（B供試体柱）

供試体NO.	B－7U			B－7L											
採取深度　G.L－（m）	10.60～11.15			11.15～11.70											
含水比　w（%）	7			9											
湿潤密度 ρ_t (g/cm3)	2.374			2.326											
乾燥密度 ρ_d (g/cm3)	2.209			2.126											
最大粒径 D_{max} (mm)	173			228											
粒径（mm）	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00
重量比	0.75	0.08	0.17	0.69	0.12	0.19									
表乾比重　G_a	2.562	2.486	－	2.574	2.452	－									
絶乾比重　G_b	2.494	2.347	－	2.503	2.314	－									
真比重　G_o	2.676	2.727	2.833	2.693	2.684	2.741									
吸水率　Q	2.73	5.93	－	2.82	5.96	－									
合成比重	2.602			2.701											
間隙比　e	0.178			0.270											
均等係数　U_c	106.9			251.7											
曲率係数　U_c'	6.26			14.89											
粗礫分	66			58											
中礫分	14			18											
細礫分	3			5											
粗砂分	9			9											
細砂分	6			6											
シルト分	2			3											

付表－3.3(a)　物理試験結果一覧表(C供試体柱)

供試体NO.	C－2			C－3U			C－3L			C－4U			C－4L		
採取深度　G.L-（m）	5.30～5.85			6.02～6.57			6.75～7.30			7.75～8.30			8.30～ 8.85		
含水比　w（%）	9			11			12			11			10		
湿潤密度 ρ_t (g/cm3)	2.232			2.247			2.246			2.228			2.360		
乾燥密度 ρ_d (g/cm3)	2.028			2.029			2.004			2.009			2.161		
最大粒径 D_{max} (mm)	199			258			143			174			303		
粒径（mm）	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00
重量比	0.78	0.11	0.11	0.75	0.11	0.14	0.59	0.31	0.10	0.83	0.07	0.10	0.79	0.08	0.13
表乾比重　G_s	2.473	2.553	－	2.547	2.469	－	2.552	2.470	－	2.531	2.487	－	2.559	2.482	－
絶乾比重　G_b	2.360	2.492	－	2.473	2.358	－	2.483	2.333	－	2.459	2.360	－	2.498	2.369	－
真比重　G_o	2.659	2.655	2.690	2.671	2.653	2.820	2.666	2.703	2.811	2.651	2.704	2.747	2.660	2.670	2.699
吸水率　Q	4.75	2.47	－	2.99	4.71	－	2.75	5.87	－	2.95	5.39	－	2.44	4.76	－
合成比重	2.662			2.690			2.692			2.664			2.666		
間隙比　e	0.313			0.326			0.343			0.326			0.234		
均等係数　U_c	34.7			47.5			45.6			41.7			121.0		
曲率係数　U_c'	3.60			3.74			1.03			3.92			5.27		
粗礫分	70			67			47			73			74		
中礫分	14			14			21			14			9		
細礫分	5			6			9			3			4		
粗砂分	6			8			16			5			9		
細砂分	4			4			6			5			4		
シルト分	1			1			1			1			0		

付表－3.3(b)　物理試験結果一覧表（C供試体柱）

供試体NO.	C－5			C－6											
採取深度　G.L- (m)	9.50～10.05			11.35～11.90											
含水比　w (%)	8			10											
湿潤密度 ρ_t (g/cm3)	2.353			2.296											
乾燥密度 ρ_d (g/cm3)	2.173			2.085											
最大粒径 D_{max} (mm)	195			132											
粒径 (mm)	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00
重量比	0.71	0.12	0.17	0.71	0.12	0.17									
表乾比重　G_s	2.563	2.492	－	2.543	2.469	－									
絶乾比重　G_b	2.497	2.365	－	2.460	2.337	－									
真比重　G_s	2.672	2.708	2.828	2.684	2.691	2.866									
吸水率　Q	2.63	5.34	－	3.38	5.61	－									
合成比重	2.703			2.616											
間隙比　e	0.244			0.255											
均等係数　U_c	66.7			78.7											
曲率係数　U_c'	3.23			6.34											
粗礫分	62			59											
中礫分	16			18											
細礫分	6			5											
粗砂分	10			8											
細砂分	5			7											
シルト分	1			2											

付表－3.4(a)　物理試験結果一覧表（D供試体柱）

供試体NO.	D－2			D－3U			D－3L			D－4U			D－4L		
採取深度　G.L-（m）	5.38～5.93			6.04～6.59			6.59～7.14			7.65～8.20			8.20～ 8.75		
含水比　w（%）	10			11			7			12			8		
湿潤密度 ρ_t (g/cm3)	2.279			2.266			2.266			2.206			2.321		
乾燥密度 ρ_d (g/cm3)	2.067			2.390			2.112			1.964			2.151		
最大粒径 D_{max} (mm)	173			155			208			123			160		
粒径（mm）	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00
重量比	0.79	0.10	0.11	0.67	0.18	0.15	0.64	0.18	0.18	0.75	0.11	0.14	0.75	0.09	0.16
表乾比重　G_a	2.561	2.481	—	2.563	2.453	—	2.645	2.458	—	2.535	2.477	—	2.628	2.467	—
絶乾比重　G_b	2.493	2.368	—	2.492	2.315	—	2.611	2.320	—	2.442	2.354	—	2.579	2.330	—
真比重　G_s	2.674	2.670	2.680	2.682	2.687	2.773	2.703	2.692	2.758	2.692	2.683	2.783	2.713	2.702	2.775
吸水率　Q	2.71	4.78	—	2.84	5.98	—	1.30	5.96	—	3.80	5.20	—	1.90	5.91	—
合成比重	2.674			2.686			2.711			2.704			2.714		
間隙比　e	0.294			0.124			0.284			0.377			0.262		
均等係数　U_c	41.9			53.4			59.4			61.1			75.0		
曲率係数　U_c'	5.25			1.36			1.58			5.42			5.91		
粗礫分	71			57			53			64			66		
中礫分	12			19			20			17			14		
細礫分	5			9			9			5			4		
粗砂分	6			8			10			7			11		
細砂分	4			5			6			6			5		
シルト分	1			1			1			1			1		

付表－3.4(b)　物理試験結果一覧表（D供試体柱）

供試体NO.	D－5			D－6U			D－6L								
採取深度　G.L-（m）	9.10～ 9.65			10.65～11.20			11.20～11.75								
含水比　w（%）	8			9			8								
湿潤密度 ρ_t(g/cm3)	2.365			2.349			2.387								
乾燥密度 ρ_d(g/cm3)	2.189			2.170			2.214								
最大粒径 D_{max}（mm）	207			158			260								
粒径（mm）	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00	+9.52	9.52～2.00	-2.00
重量比	0.75	0.11	0.14	0.72	0.09	0.19	0.77	0.08	0.15						
表乾比重　G_s	2.567	2.491	－	2.561	2.472	－	2.587	2.502	－						
絶乾比重　G_b	2.511	2.394	－	2.491	2.337	－	2.533	2.386	－						
真比重　G_s	2.659	2.652	2.675	2.676	2.701	2.788	2.676	2.697	2.792						
吸水率　Q	2.23	4.06	－	2.77	5.77	－	2.10	4.82	－						
合成比重	2.660			2.668			2.695								
間隙比　e	0.215			0.230			0.217								
均等係数　U_c	79.3			129.01			111.7								
曲率係数　U_c'	3.94			7.58			7.19								
粗礫分	66			62			69								
中礫分	14			16			14								
細礫分	5			3			3								
粗砂分	7			8			8								
細砂分	5			7			4								
シルト分	1			3			2								

付表－3.5　不撹乱上部砂礫層試料の動的変形試験供試体諸元(D-4L)

初期							
乾燥重量 W_0 (g)	84055			断面積 A_0 (cm2)	705.916		
合成比重 G	2.714			体積 V_0 (cm3)	39079.520		
直径 ϕ_0 (cm)	29.98			乾燥密度 ρ_{d0} (g)	2.151		
高さ H_0 (cm)	55.36			間隙比 e_0	0.262		
圧密後							
圧密過程区分	載荷				除荷		
圧密応力 σ_c' (kgf/cm2)	0.5	1	3	6	3	1	0.5
排水量 ΔV (cc)	27.8	172.7	291.5	412.7	496.3	455.6	428.4
体積 V_c (cm3)	39051.720	38906.820	38788.020	38666.820	38583.220	38623.920	38651.120
高さ H_c (cm)	55.35	55.28	55.22	55.17	55.13	55.14	55.16
断面積 A_c (cm2)	705.581	703.833	702.397	700.929	699.914	700.408	700.738
乾燥密度 ρ_{dc} (g)	2.152	2.160	2.167	2.174	2.179	2.176	2.175
間隙比 e_c	0.261	0.256	0.252	0.248	0.246	0.247	0.248

付表－3.6　不撹乱上部砂礫層試料の動的変形試験供試体諸元(B-5)

初期							
乾燥重量 W_0 (g)	81385			断面積 A_0 (cm2)	689.530		
合成比重 G	2.712			体積 V_0 (cm3)	37993.105		
直径 ϕ_0 (cm)	29.63			乾燥密度 ρ_{d0} (g)	2.142		
高さ H_0 (cm)	55.1			間隙比 e_0	0.266		
圧密後							
圧密過程区分	載荷				除荷		
圧密応力 σ_c' (kgf/cm2)	0.5	1	3	6	3	1	0.5
排水量 ΔV (cc)	22	92.3	242.2	382.6	449	399.7	358.8
体積 V_c (cm3)	37971.105	37900.805	37750.905	37610.505	37544.105	37593.405	37634.305
高さ H_c (cm)	55.09	55.06	54.98	54.92	54.88	54.91	54.93
断面積 A_c (cm2)	689.264	688.412	686.593	684.885	684.076	684.677	685.175
乾燥密度 ρ_{dc} (g)	2.143	2.147	2.156	2.164	2.168	2.165	2.163
間隙比 e_c	0.265	0.263	0.258	0.253	0.251	0.253	0.254

付表－3.7　不撹乱下部砂礫層試料の動的変形試験供試体諸元(A-7U)

初期			
乾燥重量　W_0　(g)	88185	断面積　A_0　(cm2)	706.858
合成比重　G	2.717	体積　V_0　(cm3)	39301.324
直径　ϕ_0　(cm)	30.06	乾燥密度　ρ_{d0}　(g)	2.244
高さ　H_0　(cm)	55.6	間隙比　e_0	0.211

圧密後							
圧密過程区分	載荷				除荷		
圧密応力 σ_c'(kgf/cm2)	0.5	1	3	6	3	1	0.5
排水量　ΔV　(cc)	165.1	190.7	266.4	305.8	286.6	356.9	329.1
体積　V_c　(cm3)	39136.224	39110.624	39034.924	38995.524	39014.724	38944.424	38972.224
高さ　H_c　(cm)	55.52	55.51	55.47	55.46	55.46	55.43	55.44
断面積　A_c　(cm2)	704.876	704.568	703.657	703.182	703.414	702.566	702.901
乾燥密度　ρ_{dc}　(g)	2.253	2.255	2.259	2.261	2.260	2.264	2.263
間隙比　e_c	0.206	0.205	0.203	0.201	0.202	0.200	0.201

付表－3.8　不撹乱上部砂礫層試料の動的変形試験供試体諸元(D-2)

初期			
乾燥重量　W_0　(g)	80005	断面積　A_0　(cm2)	696.061
合成比重　G	2.674	体積　V_0　(cm3)	38701.014
直径　ϕ_0　(cm)	29.77	乾燥密度　ρ_{d0}　(g)	2.067
高さ　H_0　(cm)	55.6	間隙比　e_0	0.294

圧密後						
圧密過程区分	載荷		除荷			
圧密応力 σ_c'(kgf/cm2)		6*	6	3	1	0.5
排水量　ΔV　(cc)		659	817.4	770.2	632.8	556.7
体積　V_c　(cm3)		38042.014	37883.614	37930.814	38068.214	38144.314
高さ　H_c　(cm)		55.28	55.21	55.23	55.30	55.33
断面積　A_c　(cm2)		688.115	686.191	686.765	688.432	689.354
乾燥密度　ρ_{dc}　(g)		2.103	2.112	2.109	2.102	2.097
間隙比　e_c		0.271	0.266	0.268	0.272	0.275

＊：σ_c'=6.0kgf/cm²の試験中にメンブレンが破損。

付表－3.9　不撹乱上部砂礫層試料の動的変形試験供試体諸元(C-2)

初期							
乾燥重量 W_0 (g)	79280			断面積 A_0 (cm2)	706.858		
合成比重 G	2.662			体積 V_0 (cm3)	39089.267		
直径 ϕ_0 (cm)	30.00			乾燥密度 ρ_{d0} (g)	2.028		
高さ H_0 (cm)	55.3			間隙比 e_0	0.313		
圧密後							
圧密過程区分	載荷				除荷		
圧密応力 σ_c' (kgf/cm2)	0.5	1	3	6	3	1	0.5
排水量 ΔV (cc)			296.4	535.4	519.67	405.61	343.4
体積 V_c (cm3)			38792.867	38553.867	38569.597	38683.657	38745.867
高さ H_c (cm)			55.16	55.05	55.05	55.11	55.14
断面積 A_c (cm2)			703.276	700.374	700.566	701.952	702.706
乾燥密度 ρ_{dc} (g)			2.044	2.056	2.056	2.049	2.046
間隙比 e_c			0.303	0.295	0.295	0.299	0.301

付表－3.10　不撹乱上部砂礫層試料の動的変形試験供試体諸元(C-4L)

初期							
乾燥重量 W_0 (g)	84635			断面積 A_0 (cm2)	706.858		
合成比重 G	2.666			体積 V_0 (cm3)	39159.952		
直径 ϕ_0 (cm)	30.00			乾燥密度 ρ_{d0} (g)	2.161		
高さ H_0 (cm)	55.4			間隙比 e_0	0.234		
圧密後							
圧密過程区分	載荷				除荷		
圧密応力 σ_c' (kgf/cm2)	0.5	1	3	6	3	1	0.5
排水量 ΔV (cc)	20.8	63.8	160.06	261.83	263.86	221.24	193.64
体積 V_c (cm3)	39139.152	39096.152	38999.892	38898.122	38896.092	38938.712	38966.312
高さ H_c (cm)	55.39	55.37	55.32	55.28	55.28	55.30	55.31
断面積 A_c (cm2)	706.608	706.090	704.930	703.701	703.676	704.191	704.524
乾燥密度 ρ_{dc} (g)	2.162	2.165	2.170	2.176	2.176	2.174	2.172
間隙比 e_c	0.233	0.232	0.228	0.225	0.225	0.227	0.227

付表－3.11　不撹乱上部砂礫層試料の動的変形試験供試体諸元(B-6)

初期							
乾燥重量 W_0 (g)	85130			断面積 A_0 (cm2)	702.624		
合成比重 G	2.685			体積 V_0 (cm3)	38433.509		
直径 ϕ_0 (cm)	29.91			乾燥密度 ρ_{d0} (g)	2.215		
高さ H_0 (cm)	54.7			間隙比 e_0	0.212		
圧密後							
圧密過程区分	載荷				除荷		
圧密応力 σ_c' (kgf/cm2)	0.5	1	3	6	3	1	0.5
排水量 ΔV (cc)	18.6	54.6	163.7	272.9	276.7	217.02	180.2
体積 V_c (cm3)	38414.909	38378.909	38269.809	38160.609	38156.809	38216.489	38253.309
高さ H_c (cm)	54.69	54.67	54.62	54.57	54.57	54.60	54.61
断面積 A_c (cm2)	702.397	701.958	700.626	699.290	699.243	699.974	700.424
乾燥密度 ρ_{dc} (g)	2.216	2.218	2.224	2.231	2.231	2.228	2.225
間隙比 e_c	0.212	0.210	0.207	0.204	0.203	0.205	0.207

付表－3.12　再構成供試体の動的変形試験供試体諸元(AH1)

初期						
乾燥重量 W_0 (g)	86959			断面積 A_0 (cm2)	712.525	
合成比重 G	2.532			体積 V_0 (cm3)	42801.348	
直径 ϕ_0 (cm)	30.12			乾燥密度 ρ_{d0} (g)	2.032	
高さ H_0 (cm)	60.07			間隙比 e_0	0.246	
圧密後						
圧密過程区分	載荷				除荷		
圧密応力 σ_c' (kgf/cm2)	0.5	1	3	6	3	1	0.5
排水量 ΔV (cc)	55.7	167	457.3	706.6	614.8	475.3	382.9
体積 V_c (cm3)	42745.648	42634.348	42344.048	42094.748	42186.548	42326.048	42418.448
高さ H_c (cm)	60.04	59.99	59.86	59.74	59.78	59.85	59.89
断面積 A_c (cm2)	711.906	710.669	707.431	704.639	705.669	707.230	708.262
乾燥密度 ρ_{dc} (g)	2.034	2.040	2.054	2.066	2.061	2.055	2.050
間隙比 e_c	0.245	0.241	0.233	0.226	0.228	0.232	0.235

付表－3.13　再構成供試体の動的変形試験供試体諸元(AH2)

初期						
乾燥重量 W_0 (g)	86959			断面積 A_0 (cm2)	710.633	
合成比重 G	2.532			体積 V_0 (cm3)	42765.911	
直径 ϕ_0 (cm)	30.08			乾燥密度 ρ_{d0} (g)	2.033	
高さ H_0 (cm)	60.18			間隙比 e_0	0.245	
圧密後						
圧密過程区分	載荷				除荷		
圧密応力 σ_c' (kgf/cm2)	0.5	1	3	6	3	1	0.5
排水量 ΔV (cc)	45.7	146.9	438.3	689.8	606.3	461.3	377.1
体積 V_c (cm3)	42720.211	42619.011	42327.611	42076.111	42159.611	42304.611	42388.811
高さ H_c (cm)	60.16	60.11	59.97	59.86	59.90	59.96	60.00
断面積 A_c (cm2)	710.127	709.004	705.761	702.950	703.885	705.505	706.444
乾燥密度 ρ_{dc} (g)	2.036	2.040	2.054	2.067	2.063	2.056	2.051
間隙比 e_c	0.244	0.241	0.232	0.225	0.228	0.232	0.234

付表－3.14　再構成供試体の動的変形試験供試体諸元(AH3)

初期							
乾燥重量 W_0 (g)	82618			断面積 A_0 (cm2)	706.858		
合成比重 G	2.532			体積 V_0 (cm3)	41266.390		
直径 ϕ_0 (cm)	30.00			乾燥密度 ρ_{d0} (g)	2.002		
高さ H_0 (cm)	58.38			間隙比 e_0	0.265		
圧密後							
圧密過程区分	載荷				除荷		
圧密応力 σ_c'(kgf/cm2)	0.5	1	3	6	3	1	0.5
排水量 ΔV (cc)	56.5	183.65	650.18	986.59	961.13	812.26	727.56
体積 V_c (cm3)	41209.890	41082.740	40616.210	40279.800	40305.260	40454.130	40538.830
高さ H_c (cm)	58.35	58.29	58.07	57.91	57.93	58.00	58.04
断面積 A_c (cm2)	706.213	704.758	699.394	695.502	695.797	697.522	698.501
乾燥密度 ρ_{dc} (g)	2.005	2.011	2.034	2.051	2.050	2.042	2.038
間隙比 e_c	0.263	0.259	0.245	0.234	0.235	0.240	0.242

付表－3.15　再構成供試体の動的変形試験供試体諸元(CH1)

初期							
乾燥重量 W_0 (g)	86951			断面積 A_0 (cm2)	705.916		
合成比重 G	2.680			体積 V_0 (cm3)	41147.854		
直径 ϕ_0 (cm)	29.98			乾燥密度 ρ_{d0} (g)	2.113		
高さ H_0 (cm)	58.29			間隙比 e_0	0.268		
圧密後							
圧密過程区分	載荷				除荷		
圧密応力 σ_c'(kgf/cm2)	0.5	1	3	6	3	1	0.5
排水量 ΔV (cc)	26.6	139.9	427.1	612.3	585.7	458	378.3
体積 V_c (cm3)	41121.254	41007.954	40720.754	40535.554	40562.154	40689.854	40769.554
高さ H_c (cm)	58.28	58.22	58.09	58.00	58.01	58.07	58.11
断面積 A_c (cm2)	705.612	704.314	701.014	698.878	699.186	700.658	701.576
乾燥密度 ρ_{dc} (g)	2.115	2.120	2.135	2.145	2.144	2.137	2.133
間隙比 e_c	0.267	0.264	0.255	0.249	0.250	0.254	0.257

付表－3.16　再構成供試体の静的強度試験供試体諸元

圧密応力(kgf/cm²)		0.5	1.0	3.0	6.0
初期	初期直径 (cm)	30.03	30.06	30.10	30.05
	初期高さ (cm)	60.218	60.25	60.34	60.268
	初期体積 (cm³)	42650.770	42758.739	42936.652	42743.060
	気乾重量 (g)	87740	87775	87730	87785
	絶乾重量 (g)	87038	87073	87028	87083
	乾燥密度 (g/cm³)	2.041	2.036	2.027	2.037
	間隙比	0.241	0.244	0.249	0.243
	相対密度 (%)	83.8	82.9	81.4	83.2
圧密後	圧密排水量 (cm³)	33.2	181.2	540.6	762.1
	圧密軸変位量 (cm)	0.016	0.085	0.253	0.358
	高さ (cm)	60.202	60.165	60.087	59.910
	断面積 (cm²)	707.905	707.681	705.581	700.736
	体積 (cm³)	42617.570	42577.539	42396.052	41980.960
	乾燥密度 (g/cm³)	2.042	2.045	2.053	2.074
	間隙比	0.240	0.238	0.233	0.221
	相対密度 (%)	84.1	84.7	86.2	89.8
最大軸差応力(kgf/cm²)		3.265	6.960	16.027	30.383
備考		合成含水比:0.8% 合成比重:2.532 emax=0.520，emin=0.187			

付表－3.17　再構成供試体の動的強度試験供試体諸元

FILE. NAME		NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	D_{max}=174mm
乾燥重量(g)		87039	87059	87103	87029	86052
合成比重		2.532				2.680
初期	直径(cm)	30.12	29.83	30.08	30.07	30.23
	高さ(cm)	60.06	60.08	60.33	60.06	57.92
	断面積(cm^2)	712.525	698.870	710.633	710.161	717.738
	体積(cm^3)	42794.223	41988.109	42872.506	42652.262	41571.408
	乾燥密度(g/cm^3)	2.034	2.073	2.032	2.040	2.070
	間隙比	0.245	0.221	0.246	0.241	0.295
圧密後	圧密排水量(cm^3)	504.3	467.5	504	553.3	516.6
	圧密変位量(cm)	0.236	0.223	0.236	0.260	0.240
	体積(cm^3)	42289.923	41520.609	42368.506	42098.962	41054.808
	高さ(cm)	59.82	59.86	60.09	59.80	57.68
	断面積(cm^2)	706.905	693.663	705.042	703.993	711.768
	乾燥密度(g/cm^3)	2.058	2.097	2.056	2.067	2.096
	間隙比	0.230	0.208	0.232	0.225	0.279

付表－3.18(a)　不撹乱上部砂礫層試料の動的変形試験結果(B-5)

正規圧密状態（拘束圧履歴無し）

拘束圧 kgf/cm²	軸ひずみ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
0.5	1.88E-05	2343	0.151	3.4	2.16E-05	1018
	3.37E-05	2121	0.148	3.7	3.87E-05	924
	5.31E-05	1909	0.160	4.3	6.17E-05	823
	8.00E-05	1676	0.166	5.1	9.33E-05	719
	1.46E-04	1406	0.196	6.6	1.75E-04	588
	2.27E-04	1229	0.228	7.5	2.78E-04	501
	4.32E-04	957	0.273	9.5	5.50E-04	376
1.0	9.07E-06	4659	0.152	6.7	1.05E-05	2023
	1.84E-05	4155	0.145	4.2	2.10E-05	1814
	3.47E-05	3716	0.162	3.6	4.03E-05	1600
	6.26E-05	3266	0.180	3.6	7.38E-05	1384
	9.58E-05	2936	0.188	3.8	1.14E-04	1236
	1.74E-04	2458	0.200	5	2.08E-04	1024
	3.99E-04	1760	0.233	7.9	4.92E-04	714
	7.63E-04	1290	0.272	10.8	9.71E-04	507
3.0	8.65E-06	9182	0.180	6.7	1.02E-05	3889
	1.34E-05	8650	0.193	4.8	1.60E-05	3624
	2.41E-05	7908	0.206	2.7	2.91E-05	3278
	3.58E-05	7783	0.205	2.4	4.32E-05	3230
	5.95E-05	7137	0.214	2.3	7.23E-05	2940
	1.15E-04	6252	0.226	2.9	1.41E-04	2550
	2.20E-04	5249	0.241	4.1	2.73E-04	2115
	4.91E-04	3825	0.262	6.7	6.19E-04	1516
6.0	9.88E-06	13623	0.185	3.8	1.17E-05	5747
	2.18E-05	12463	0.193	2	2.60E-05	5225
	4.30E-05	11477	0.213	1.8	5.22E-05	4730
	8.27E-05	10339	0.231	2.2	1.02E-04	4201
	1.59E-04	9056	0.453	3.1	2.32E-04	3116
	2.87E-04	7565	0.485	4.3	4.27E-04	2548
	5.39E-04	5938	0.274	5.8	6.86E-04	2330

付表－3.18(b)　不撹乱上部砂礫層試料の動的変形試験結果(B-5)

拘束圧除荷時（最大6.0kgf/cm²の拘束圧履歴有り）

拘束圧 kgf/cm²	軸ヒズミ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
0.5	8.44E-06	1963	0.140	3	9.62E-06	861
	2.47E-05	1749	0.135	3.4	2.80E-05	771
	7.13E-05	1480	0.149	4.9	8.19E-05	644
	1.66E-04	1235	0.184	6	1.97E-04	522
	4.20E-04	976	0.237	7.8	5.20E-04	395
1.0	9.06E-06	3560	0.133	4.2	1.03E-05	1571
	2.37E-05	3097	0.150	2.2	2.72E-05	1346
	8.01E-05	2565	0.155	3.6	9.25E-05	1110
	2.03E-04	2096	0.173	5.2	2.38E-04	893
	5.25E-04	1607	0.205	8	6.33E-04	667
3.0	1.46E-05	7567	0.149	3	1.68E-05	3292
	4.11E-05	6739	0.152	2	4.74E-05	2924
	1.25E-04	5662	0.170	2.4	1.46E-04	2419
	3.18E-04	4529	0.176	4.2	3.74E-04	1925
	5.34E-04	3772	0.194	6.2	6.38E-04	1579

付表－3.19(a)　不撹乱上部砂礫層試料の動的変形試験結果(D-2)

正規圧密状態（拘束圧履歴無し）

拘束圧 kgf/cm²	軸ひずみ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
6.0 (失敗)	6.60E-07	9687	0.301	0.5	8.59E-07	3722
	2.77E-06	10392	0.285	1.7	3.56E-06	4043
	5.79E-06	10282	0.283	-0.1	7.43E-06	4008
	1.03E-05	9888	0.284	0.8	1.32E-05	3851
	1.75E-05	9398	0.284	1.3	2.24E-05	3660
	2.45E-05	9182	0.281	1.7	3.13E-05	3585
	3.15E-05	8908	0.278	1.9	4.03E-05	3485
	3.43E-07	2544	0.500	12.9	5.14E-07	848
6.0	6.18E-07	7779	0.244	11.6	7.69E-07	3125
	2.68E-06	10699	0.225	-2.8	3.29E-06	4366
	5.94E-06	10333	0.216	-1.0	7.22E-06	4248
	1.00E-05	10026	0.220	1.4	1.22E-05	4109
	1.68E-05	9453	0.235	2.4	2.07E-05	3828
	2.48E-05	8680	0.234	4.3	3.06E-05	3517
	3.51E-05	8188	0.243	5.0	4.36E-05	3294
	4.60E-05	7764	0.253	5.3	5.76E-05	3097
	6.97E-05	7070	0.273	6.4	8.87E-05	2776
	9.83E-05	6453	0.289	6.4	1.27E-04	2503
	1.50E-04	5692	0.304	6.4	1.96E-04	2182

付表－3.19(b)　不撹乱上部砂礫層試料の動的変形試験結果(D-2)

拘束圧除荷時（最大6.0kgf/cm²の拘束圧履歴有り）

拘束圧 kgf/cm²	軸ヒズミ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
0.5	9.63E-06	1340	0.227	2.9	1.18E-05	546
	3.38E-05	1201	0.238	3.7	4.18E-05	485
	6.77E-05	1077	0.263	4.2	8.55E-05	427
	1.05E-04	1009	0.278	4.7	1.35E-04	395
	1.57E-04	918	0.282	5.9	2.02E-04	358
	3.14E-04	787	0.327	6.9	4.17E-04	297
	6.37E-04	616	0.360	8.8	8.66E-04	227
1.0	7.25E-06	2283	0.217	1.2	8.83E-06	938
	2.18E-05	2126	0.220	1.6	2.66E-05	871
	5.73E-05	1876	0.234	3.3	7.07E-05	760
	9.53E-05	1711	0.246	4.1	1.19E-04	686
	1.69E-04	1584	0.269	4.9	2.15E-04	624
	2.99E-04	1369	0.291	6.4	3.86E-04	530
3.0	4.70E-06	6527	0.180	-1.3	5.55E-06	2767
	1.27E-05	5883	0.204	-0.6	1.53E-05	2444
	2.53E-05	5300	0.224	3.7	3.10E-05	2165
	4.27E-05	4798	0.240	4.0	5.30E-05	1935
	8.00E-05	4252	0.252	3.7	1.00E-04	1698
	1.47E-04	3780	0.262	3.8	1.86E-04	1497
	2.67E-04	3194	0.282	5.3	3.42E-04	1246

付表－3.20(a)　不撹乱上部砂礫層試料の動的変形試験結果(C-2)

正規圧密状態（拘束圧履歴無し）

拘束圧 kgf/cm²	軸ひずみ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
3.0	7.95E-07	8051	0.252	6.2	9.95E-07	5040
	2.99E-06	9227	0.162	5.9	3.47E-06	5359
	6.47E-06	7847	0.197	4.2	7.74E-06	4695
	1.41E-05	7417	0.203	3.1	1.70E-05	4461
	2.05E-05	7246	0.202	2.6	2.47E-05	4356
	2.99E-05	6904	0.209	2.6	3.61E-05	4172
	4.15E-05	6574	0.205	3.2	5.01E-05	3962
	5.50E-05	6269	0.213	3.1	6.67E-05	3801
	7.47E-05	5954	0.215	3.7	9.07E-05	3618
	1.04E-04	5562	0.227	4.3	1.28E-04	3412
	1.50E-04	5109	0.237	5.2	1.85E-04	3161
	2.26E-04	4568	0.255	6.4	2.84E-04	2867
6.0	2.83E-06	14421	0.137	7.2	3.21E-06	8199
	8.08E-06	12181	0.177	3.8	9.52E-06	7171
	1.35E-05	11391	0.200	2.3	1.62E-05	6837
	1.99E-05	10949	0.201	2.6	2.39E-05	6575
	2.59E-05	10758	0.198	1.5	3.11E-05	6446
	3.46E-05	10454	0.199	2.5	4.15E-05	6266
	4.86E-05	10116	0.196	2.8	5.81E-05	6051
	6.53E-05	9592	0.201	3.2	7.84E-05	5759
	8.51E-05	9235	0.205	3.7	1.03E-04	5563
	1.14E-04	8696	0.211	4.3	1.38E-04	5267
	1.58E-04	8084	0.220	5.0	1.92E-04	4929
	2.46E-04	7235	0.238	6.5	3.04E-04	4477

付表－3.20(b)　不撹乱上部砂礫層試料の動的変形試験結果(C-2)

拘束圧除荷時（最大6.0kgf/cm²の拘束圧履歴有り）						
拘束圧 kgf/cm²	軸ヒズミ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
0.5	6.31E-06 3.08E-05 5.87E-05 8.32E-05 1.36E-04 2.37E-04 3.88E-04	1651 1432 1303 1243 1108 993 882	0.171 0.194 0.216 0.223 0.249 0.290 0.327		7.39E-06 3.67E-05 7.14E-05 1.02E-04 1.70E-04 3.06E-04 5.15E-04	967 855 792 760 692 640 585
1.0	2.90E-06 1.66E-05 3.94E-05 7.48E-05 1.46E-04 2.46E-04	3727 2929 2626 2326 2065 1809	0.106 0.163 0.174 0.197 0.230 0.260		3.21E-06 1.94E-05 4.62E-05 8.95E-05 1.80E-04 3.11E-04	2062 1704 1541 1392 1270 1140
3.0	3.73E-06 9.85E-06 1.96E-05 3.19E-05 5.94E-05 1.05E-04 2.19E-04	8043 7530 6844 6326 5908 5317 4565	0.119 0.132 0.154 0.171 0.178 0.189 0.220	0.8 3.0 1.4 2.6 2.3 3.2 4.9	4.17E-06 1.12E-05 2.26E-05 3.74E-05 7.00E-05 1.25E-04 2.68E-04	4502 4263 3950 3704 3481 3162 2784

付表－3.21(a)　不撹乱上部砂礫層試料の動的変形試験結果(C-4L)

正規圧密状態（拘束圧履歴無し）

拘束圧 kgf/cm²	軸ひずみ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
0.5	4.50E-06	2355	0.154	4.3	5.19E-06	1020
	2.27E-05	1763	0.171	6.7	2.66E-05	753
	4.65E-05	1481	0.180	8.3	5.49E-05	628
	7.35E-05	1333	0.182	9.7	8.69E-05	564
	1.03E-04	1222	0.187	10.9	1.23E-04	515
	1.33E-04	1146	0.192	11.9	1.58E-04	481
	1.81E-04	1077	0.199	13.1	2.16E-04	449
	2.57E-04	1014	0.215	14.3	3.12E-04	417
	3.80E-04	935	0.252	15.4	4.76E-04	373
1.0	1.76E-06	7042	0.116	8.9	1.96E-06	3156
	8.93E-06	5014	0.218	4.6	1.09E-05	2059
	1.61E-05	4464	0.229	3.3	1.98E-05	1817
	2.40E-05	4167	0.229	3.8	2.95E-05	1695
	3.44E-05	3880	0.230	3.7	4.23E-05	1577
	5.30E-05	3481	0.233	4.4	6.54E-05	1411
	8.62E-05	3002	0.237	5.6	1.07E-04	1213
	1.37E-04	2560	0.238	6.8	1.70E-04	1034
	1.97E-04	2231	0.239	8.0	2.44E-04	900
	2.67E-04	1979	0.241	9.2	3.32E-04	797
3.0	3.32E-06	12747	0.207	4.3	4.01E-06	5281
	6.16E-06	11326	0.234	5.3	7.59E-06	4591
	1.01E-05	10354	0.249	3.7	1.27E-05	4145
	1.30E-05	10313	0.247	3.0	1.62E-05	4134
	2.01E-05	9656	0.255	2.8	2.52E-05	3846
	2.97E-05	9009	0.263	3.3	3.76E-05	3566
	4.90E-05	8191	0.270	3.8	6.21E-05	3226
	8.62E-05	7201	0.275	4.3	1.10E-04	2823
	1.29E-04	6453	0.280	4.9	1.65E-04	2521
	2.01E-04	5494	0.284	5.7	2.59E-04	2139
6.0	2.17E-06	20991	0.191	3.2	2.59E-06	8809
	5.59E-06	16865	0.251	5.6	6.99E-06	6742
	1.04E-05	15586	0.261	5.2	1.31E-05	6182
	1.89E-05	13964	0.278	4.1	2.41E-05	5464
	3.15E-05	12777	0.291	3.9	4.07E-05	4950
	5.28E-05	11794	0.295	3.3	6.83E-05	4555
	8.46E-05	10739	0.302	3.8	1.10E-04	4126
	1.32E-04	9544	0.307	4.8	1.72E-04	3651
	2.05E-04	8221	0.316	5.4	2.70E-04	3123

付表－3.21(b)　不撹乱上部砂礫層試料の動的変形試験結果(C-4L)

拘束圧除荷時（最大6.0kgf/cm²の拘束圧履歴有り）

拘束圧 kgf/cm²	軸ヒズミ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
0.5	9.62E-06	1417	0.173	7.6	1.13E-05	604
	3.79E-05	1187	0.139	10.2	4.32E-05	521
	8.43E-05	1132	0.160	11.0	9.78E-05	488
	2.02E-04	959	0.180	13.9	2.38E-04	406
	3.61E-04	885	0.217	15.7	4.39E-04	364
	5.55E-04	827	0.247	16.5	6.93E-04	331
1.0	3.66E-06	4341	0.133	2.8	4.14E-06	1916
	1.32E-05	3489	0.175	4.5	1.55E-05	1485
	3.27E-05	3075	0.176	4.2	3.84E-05	1308
	6.97E-05	2697	0.186	5.2	8.26E-05	1137
	1.63E-04	2098	0.204	8.0	1.96E-04	872
	3.15E-04	1713	0.217	10.5	3.83E-04	703
3.0	3.87E-06	11459	0.164	7.0	4.50E-06	4923
	1.08E-05	9575	0.212	4.7	1.31E-05	3950
	2.25E-05	8470	0.236	3.4	2.79E-05	3425
	5.87E-05	7013	0.258	4.6	7.39E-05	2787
	1.47E-04	5688	0.270	4.7	1.87E-04	2239
	2.22E-04	5066	0.271	5.2	2.83E-04	1993

付表－3.22(a)　不撹乱上部砂礫層試料の動的変形試験結果(B-6)

正規圧密状態（拘束圧履歴無し）

拘束圧 kgf/cm²	軸ひずみ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
0.5	4.99E-06	2993	0.242	1.9	6.20E-06	1205
	9.45E-06	2876	0.242	2.6	1.17E-05	1158
	1.56E-05	2727	0.248	2.3	1.95E-05	1092
	2.94E-05	2480	0.256	3.5	3.69E-05	987
	4.48E-05	2252	0.260	4.5	5.65E-05	894
	6.26E-05	2084	0.266	4.7	7.92E-05	823
	9.37E-05	1868	0.273	5.7	1.19E-04	734
	1.28E-04	1701	0.279	6.2	1.64E-04	665
	1.78E-04	1506	0.285	6.9	2.28E-04	586
	2.59E-04	1306	0.295	7.8	3.36E-04	504
1.0	2.85E-06	5701	0.190	0.9	3.39E-06	2396
	8.69E-06	4803	0.229	1.3	1.07E-05	1955
	1.59E-05	4572	0.225	2.1	1.95E-05	1866
	2.43E-05	4250	0.232	2.0	3.00E-05	1726
	3.43E-05	3990	0.234	2.5	4.23E-05	1616
	5.11E-05	3675	0.238	3.0	6.33E-05	1484
	7.86E-05	3353	0.242	3.9	9.76E-05	1350
	1.14E-04	3027	0.247	4.5	1.42E-04	1214
	1.65E-04	2677	0.253	5.4	2.07E-04	1068
	2.37E-04	2329	0.260	6.4	2.99E-04	924
3.0	1.78E-06	9125	0.242	5.0	2.22E-06	3675
	4.59E-06	9929	0.219	0.0	5.59E-06	4071
	7.30E-06	10289	0.200	0.7	8.76E-06	4288
	1.01E-05	10287	0.197	0.8	1.22E-05	4295
	1.36E-05	9652	0.211	1.6	1.64E-05	3987
	2.11E-05	9386	0.207	0.9	2.55E-05	3888
	3.13E-05	8928	0.210	1.3	3.79E-05	3690
	5.09E-05	8156	0.218	2.3	6.20E-05	3348
	8.45E-05	7423	0.221	3.0	1.03E-04	3039
	1.24E-04	6754	0.227	3.6	1.52E-04	2752
	1.88E-04	5988	0.270	4.5	2.39E-04	2358
	3.16E-04	4935	0.245	6.0	3.93E-04	1982
6.0	3.03E-06	15426	0.223	2.7	3.71E-06	6308
	6.51E-06	15520	0.223	0.2	7.96E-06	6347
	1.09E-05	14711	0.223	1.4	1.34E-05	6016
	1.92E-05	14072	0.227	0.7	2.36E-05	5736
	3.12E-05	13441	0.226	1.1	3.83E-05	5484
	5.00E-05	12617	0.228	1.7	6.14E-05	5135
	7.79E-05	11723	0.231	2.3	9.59E-05	4763
	1.17E-04	10865	0.229	3.0	1.44E-04	4422
	1.71E-04	9984	0.229	3.7	2.11E-04	4063
	2.54E-04	8973	0.329	4.6	3.37E-04	3375

付表－3.22(b)　不撹乱上部砂礫層試料の動的変形試験結果(B-6)

拘束圧除荷時（最大6.0kgf/cm²の拘束圧履歴有り）

拘束圧 kgf/cm²	軸ヒズミ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
0.5	1.84E-06	8403	0.212	0.2	2.22E-06	3468
	5.82E-06	8253	0.209	1.0	7.03E-06	3414
	1.32E-05	7956	0.216	1.0	1.60E-05	3272
	2.70E-05	7570	0.215	1.0	3.29E-05	3114
	6.09E-05	6877	0.220	1.8	7.43E-05	2817
	1.40E-04	6008	0.227	2.8	1.72E-04	2447
	3.23E-04	4811	0.238	5.0	4.00E-04	1943
1.0	1.31E-05	3090	0.217	2.5	1.60E-05	1270
	3.45E-05	2778	0.218	3.0	4.21E-05	1140
	7.52E-05	2505	0.225	4.0	9.22E-05	1022
	1.50E-04	2264	0.232	5.1	1.85E-04	919
	2.79E-04	1970	0.251	7.1	3.49E-04	788
3.0	6.07E-06	1880	0.212	1.5	7.36E-06	776
	2.91E-05	1601	0.217	5.3	3.54E-05	658
	7.18E-05	1424	0.233	6.0	8.85E-05	578
	1.35E-04	1303	0.250	6.9	1.68E-04	521
	2.30E-04	1171	0.274	7.9	2.93E-04	460
	3.14E-04	1079	0.286	8.5	4.03E-04	420

付表－3.23(a)　不撹乱下部砂礫層試料の動的変形試験結果(A-7U)

正規圧密状態（拘束圧履歴無し）

拘束圧 kgf/cm²	軸ひずみ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
0.5	3.38E-06	4757	0.098	6.2	3.71E-06	2165
	9.96E-06	4372	0.105	4.3	1.10E-05	1978
	1.85E-05	4041	0.106	4.7	2.04E-05	1827
	2.81E-05	3630	0.141	5.6	3.21E-05	1590
	3.82E-05	3399	0.146	6	4.38E-05	1482
	3.66E-05	3559	0.098	5.4	4.02E-05	1621
	6.61E-05	3043	0.109	6.9	7.33E-05	1372
	9.58E-05	2788	0.12	8	1.07E-04	1244
	1.65E-04	2472	0.149	9.5	1.90E-04	1076
	3.47E-04	1702	0.18	13.4	4.09E-04	721
1.0	2.62E-06	8280	0.159	3.9	3.04E-06	3572
	6.08E-06	8064	0.101	3.2	6.69E-06	3662
	9.46E-06	7566	0.094	2.2	1.03E-05	3458
	1.46E-05	7087	0.104	2.1	1.61E-05	3209
	1.95E-05	6839	0.106	2.4	2.16E-05	3091
	3.29E-05	6134	0.113	3.3	3.66E-05	2756
	4.80E-05	5671	0.116	4	5.36E-05	2541
	8.61E-05	4796	0.125	5.4	9.69E-05	2131
	1.88E-04	3704	0.144	8.1	2.15E-04	1620
	3.39E-04	2868	0.163	10.8	3.94E-04	1233
	5.53E-04	2249	0.182	13.5	6.54E-04	952
3.0	3.13E-06	16263	0.136	-0.3	3.55E-06	7156
	4.65E-06	16581	0.107	2.3	5.14E-06	7492
	6.51E-06	15747	0.112	0.6	7.23E-06	7128
	1.02E-05	14768	0.126	0.4	1.15E-05	6558
	1.45E-05	14178	0.137	0.6	1.65E-05	6233
	2.03E-05	13688	0.134	0.7	2.30E-05	6037
	3.27E-05	12709	0.135	1.7	3.71E-05	5597
	6.35E-05	11070	0.137	3.1	7.22E-05	4866
	1.02E-04	9651	0.139	4.2	1.17E-04	4235
	1.74E-04	8128	0.149	5.7	2.00E-04	3537
	3.07E-04	6437	0.149	7.7	3.53E-04	2800
	5.01E-04	5053	0.172	10	5.87E-04	2155
6.0	5.16E-06	19929	0.175	0.7	6.07E-06	8477
	8.38E-06	19712	0.170	0.1	9.80E-06	8426
	1.32E-05	18899	0.174	0	1.55E-05	8047
	1.88E-05	18706	0.171	0.4	2.20E-05	7989
	2.79E-05	17535	0.177	0.7	3.28E-05	7451
	4.28E-05	16526	0.183	1.3	5.06E-05	6986
	6.42E-05	15513	0.184	1.7	7.60E-05	6549
	1.00E-04	14265	0.187	2.3	1.19E-04	6009
	1.63E-04	12783	0.187	3.3	1.93E-04	5385
	2.53E-04	11243	0.184	4.3	2.99E-04	4747
	4.37E-04	9118	0.238	16.3	5.41E-04	3682
	6.68E-04	7249	0.331	18.6	8.89E-04	2724

付表－3.23(b)　不撹乱下部砂礫層試料の動的変形試験結果(A-7U)

拘束圧除荷時（最大6.0kgf/cm²の拘束圧履歴有り）

拘束圧 kgf/cm²	軸ヒズミ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
0.5	5.32E-06	3270	0.106	5.8	5.88E-06	1479
	1.70E-05	2842	0.104	5.6	1.87E-05	1287
	4.55E-05	2297	0.121	7.3	5.10E-05	1024
	1.08E-04	1871	0.142	9.6	1.23E-04	819
	2.00E-04	1699	0.166	10.8	2.34E-04	728
	4.36E-04	1362	0.190	13.2	5.19E-04	572
1.0	9.30E-06	5159	0.110	4.2	1.03E-05	2325
	2.18E-05	4764	0.092	4.7	2.38E-05	2182
	5.07E-05	3994	0.104	5.7	5.59E-05	1810
	1.25E-04	3312	0.123	7.5	1.41E-04	1474
	2.62E-04	2639	0.145	9.8	3.00E-04	1153
	5.24E-04	2084	0.274	12.7	6.68E-04	818
3.0	3.98E-06	12277	0.147	-0.1	4.56E-06	5353
	8.80E-06	11614	0.134	2.4	9.98E-06	5118
	2.59E-05	10606	0.140	1.6	2.95E-05	4650
	8.13E-05	8714	0.144	3.1	9.31E-05	3807
	2.12E-04	6726	0.148	5.8	2.44E-04	2930
	5.33E-04	4772	0.157	9.5	6.16E-04	2063

付表－3.24(a)　再構成供試体の動的変形試験結果(AH1)

正規圧密状態（拘束圧履歴無し）

拘束圧 kgf/cm²	軸ひずみ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
0.5	4.40E-06	1711	0.309	3.2	5.80E-06	654
	7.80E-06	1655	0.271	3.8	9.90E-06	651
	1.94E-05	1537	0.271	3.5	2.47E-05	605
	2.80E-05	1447	0.266	4.0	3.55E-05	571
	5.55E-05	1283	0.277	4.9	7.10E-05	502
	8.54E-05	1166	0.289	5.3	1.10E-05	453
	1.16E-04	1090	0.295	5.9	1.50E-04	421
	1.50E-04	1022	0.303	6.0	1.96E-04	392
	2.05E-04	944	0.317	6.5	2.70E-04	358
	3.01E-04	848	0.336	7.0	4.01E-04	317
1.0	1.80E-06	3273	0.180	5.5	2.10E-06	1386
	4.30E-06	3068	0.181	3.9	5.10E-06	1298
	1.04E-05	2844	0.194	2.9	1.24E-05	1190
	1.73E-05	2699	0.203	2.6	2.08E-05	1122
	2.86E-05	2542	0.206	3.0	3.45E-05	1054
	4.06E-05	2401	0.215	3.2	4.94E-05	988
	5.71E-05	2259	0.223	3.5	6.98E-05	924
	9.62E-05	2051	0.245	4.6	1.20E-05	824
	1.39E-04	1886	0.263	5.3	1.76E-04	747
	1.93E-04	1736	0.279	5.8	2.46E-04	679
	2.52E-04	1607	0.285	6.3	3.24E-04	625
3.0	7.00E-07	8889	0.069	1.7	7.00E-07	4158
	1.70E-06	7761	0.096	4.4	1.80E-06	3541
	4.00E-06	6671	0.133	4.9	4.60E-06	2944
	7.30E-06	6305	0.151	3.3	8.40E-06	2740
	1.22E-05	5953	0.162	2.6	1.42E-05	2561
	1.74E-05	5721	0.168	2.3	2.03E-05	2450
	2.34E-05	5543	0.170	2.1	2.74E-05	2369
	3.86E-05	5255	0.175	2.4	4.53E-05	2235
	5.40E-05	5015	0.181	2.8	6.38E-05	2123
	7.16E-05	4792	0.185	3.3	8.49E-05	2022
	9.04E-05	4606	0.191	3.6	1.08E-04	1934
	1.28E-04	4316	0.203	4.4	1.54E-04	1793
	2.17E-04	3850	0.225	6.0	2.65E-04	1571
6.0	7.00E-07	12320	0.099	2.2	8.00E-07	5606
	1.20E-06	13847	0.061	2.0	1.30E-06	6525
	2.40E-06	12404	0.115	5.4	2.60E-06	5562
	3.50E-06	11781	0.130	6.0	3.90E-06	5212
	7.10E-06	10311	0.165	4.9	8.3 E-06	4424
	1.09E-05	9767	0.175	3.4	1.28E-05	4155
	1.37E-05	9590	0.176	2.9	1.61E-05	4078
	2.24E-05	9079	0.186	2.3	2.66E-05	3827
	2.25E-05	9073	0.187	2.2	2.67E-05	3823
	3.11E-05	8783	0.184	2.1	3.68E-05	3709
	4.98E-05	8318	0.187	2.3	5.91E-05	3505
	7.08E-05	7875	0.189	2.8	8.42E-05	3310
	9.29E-05	7541	0.196	3.2	1.11E-05	3154
	1.17E-04	7227	0.201	3.6	1.41E-04	3010
	1.54E-04	6837	0.214	4.1	1.87E-04	2816
	1.96E-04	6494	0.226	4.6	2.40E-04	2649
	2.56E-04	6097	0.234	5.1	3.16E-04	2470

付表－3.24(b)　再構成供試体の動的変形試験結果(AH1)

拘束圧除荷時（最大6.0kgf/cm²の拘束圧履歴有り）

拘束圧 kgf/cm²	軸ヒズミ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
0.5	3.70E-06	1537	0.264	2.8	4.70E-06	608
	1.10E-05	1349	0.258	3.0	1.38E-05	536
	2.41E-05	1268	0.280	3.0	3.09E-05	495
	3.51E-05	1205	0.284	3.2	4.51E-05	469
	6.48E-05	1096	0.298	3.9	8.41E-05	422
	9.45E-05	1033	0.310	4.1	1.24E-05	394
	1.31E-04	978	0.321	4.4	1.73E-04	370
	1.64E-04	937	0.331	4.6	2.18E-04	352
	2.23E-04	881	0.344	4.9	2.99E-04	328
	3.20E-04	810	0.357	5.4	4.35E-04	298
	4.52E-04	738	0.373	6.0	6.20E-04	269
1.0	3.90E-06	2780	0.198	2.8	4.70E-06	1160
	5.80E-06	2602	0.204	2.7	7.00E-06	1081
	1.14E-05	2499	0.214	1.9	1.39E-05	1029
	1.89E-05	2395	0.211	2.3	2.29E-05	989
	3.30E-05	2261	0.218	2.7	4.02E-05	928
	4.43E-05	2191	0.224	2.9	5.42E-05	895
	6.17E-05	2092	0.233	3.2	7.61E-05	848
	1.03E-04	1932	0.248	3.9	1.28E-04	774
	1.50E-04	1804	0.268	4.3	1.90E-04	712
	2.01E-04	1692	0.281	4.8	2.58E-04	660
	3.13E-04	1516	0.304	5.7	4.08E-04	581
	4.56E-04	1342	0.326	6.6	6.05E-04	506
3.0	1.00E-06	6927	0.153	1.4	1.10E-06	3005
	2.40E-06	6910	0.151	2.1	2.70E-06	3001
	4.40E-06	6601	0.157	3.2	5.10E-06	2852
	6.80E-06	6192	0.177	2.5	8.00E-06	2631
	1.23E-05	5888	0.185	1.7	1.46E-05	2484
	1.82E-05	5752	0.185	1.3	2.16E-05	2428
	2.34E-05	5597	0.187	1.2	2.77E-05	2358
	3.80E-05	5325	0.191	1.4	4.53E-05	2236
	5.27E-05	5144	0.193	2.6	6.29E-05	2155
	6.94E-05	4968	0.197	1.7	8.31E-05	2075
	1.03E-04	4719	0.201	2.2	1.24E-04	1964
	1.40E-04	4480	0.206	2.7	1.69E-04	1858
	2.00E-04	4180	0.219	3.4	2.44E-04	1714
	2.96E-04	3791	0.235	4.5	3.66E-04	1531

付表－3.25(a)　再構成供試体の動的変形試験結果(AH2)

正規圧密状態（拘束圧履歴無し）

拘束圧 kgf/cm²	軸ひずみ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
0.5	5.00E-06	1699	0.229	4.8	6.10E-06	691
	9.20E-06	1566	0.222	4.7	1.13E-05	640
	2.05E-05	1438	0.237	4.2	2.53E-05	581
	3.18E-05	1368	0.244	4.8	3.96E-05	550
	5.59E-05	1232	0.257	5.6	7.02E-05	490
	8.39E-05	1134	0.269	5.7	1.07E-04	447
	1.18E-04	1031	0.276	6.1	1.51E-04	404
	1.51E-04	978	0.282	6.6	1.94E-04	382
	2.11E-04	900	0.301	6.7	2.74E-04	346
	3.11E-04	812	0.321	7.3	4.11E-04	307
1.0	2.50E-06	3187	0.199	5.3	3.00E-06	1329
	5.50E-06	2759	0.222	3.1	6.70E-06	1128
	1.00E-05	2704	0.215	2.7	1.21E-05	1113
	1.76E-05	2542	0.221	2.7	2.16E-05	1041
	2.99E-05	2381	0.225	2.9	3.67E-05	972
	4.33E-05	2236	0.230	3.3	5.32E-05	909
	5.90E-05	2128	0.235	3.8	7.29E-05	861
	1.03E-04	1900	0.250	5.0	1.29E-04	759
	1.49E-04	1748	0.266	5.7	1.89E-04	690
	2.01E-04	1621	0.281	6.3	2.58E-04	633
	2.58E-04	1495	0.287	6.6	3.32E-04	581
3.0	8.00E-07	7011	0.155	3.7	1.00E-06	3036
	1.90E-06	6911	0.141	2.8	2.20E-06	3029
	4.70E-06	6227	0.168	4.9	5.50E-06	2666
	7.70E-06	5952	0.172	3.1	9.10E-06	2539
	1.24E-05	5614	0.187	2.4	1.48E-05	2365
	1.79E-05	5487	0.185	2.0	2.12E-05	2314
	2.43E-05	5286	0.190	2.1	2.89E-05	2221
	3.91E-05	5000	0.192	2.3	4.66E-05	2097
	5.57E-05	4761	0.196	2.8	6.67E-05	1990
	7.33E-05	4569	0.197	3.4	8.77E-05	1908
	1.11E-04	4239	0.203	4.3	1.34E-04	1761
	1.76E-04	3860	0.361	5.5	2.40E-04	1418
6.0	4.00E-07	12889	0.151	8.1	5.00E-07	5600
	2.50E-06	11278	0.161	6.1	3.00E-06	4859
	5.10E-06	10239	0.181	5.4	6.10E-06	4334
	1.04E-05	9251	0.200	3.7	1.25E-05	3854
	1.76E-05	8816	0.208	2.6	2.13E-05	3650
	2.88E-05	8392	0.211	2.5	3.49E-05	3466
	4.20E-05	8037	0.210	2.5	5.09E-05	3320
	6.17E-05	7632	0.217	3.0	7.51E-05	3136
	9.64E-05	7114	0.228	3.8	1.18E-04	2896
	1.47E-04	6554	0.238	4.7	1.82E-04	2648
	2.18E-04	5975	0.237	5.4	2.70E-05	2415

付表－3.25(b)　再構成供試体の動的変形試験結果(AH2)

拘束圧除荷時（最大6.0kgf/cm²の拘束圧履歴有り）

拘束圧 kgf/cm²	軸ヒズミ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
0.5	1.05E-05	1545	0.264	2.0	1.33E-05	611
	2.79E-05	1387	0.259	3.2	3.51E-05	551
	7.88E-05	1198	0.288	4.2	1.02E-04	465
	1.36E-04	1092	0.305	4.7	1.77E-04	418
	2.75E-04	936	0.339	5.8	3.68E-04	349
	4.90E-04	766	0.362	7.0	6.68E-04	281
1.0	5.50E-06	2679	0.192	3.8	6.60E-06	1123
	1.78E-05	2454	0.204	2.7	2.15E-05	1019
	4.57E-05	2202	0.218	3.0	5.56E-05	904
	8.62E-05	2022	0.235	3.7	1.06E-04	819
	1.41E-04	1864	0.253	4.4	1.76E-04	744
	2.42E-04	1650	0.276	5.5	3.09E-04	646
3.0	6.90E-06	6051	0.184	2.8	8.20E-06	2554
	1.24E-05	5706	0.195	1.9	1.48E-05	2388
	3.73E-05	5143	0.203	1.3	4.49E-05	2138
	7.12E-05	4748	0.209	1.8	8.61E-05	1963
	1.05E-04	4471	0.213	2.3	1.28E-04	1843
	1.65E-04	4123	0.218	3.1	2.01E-04	1693
	2.58E-04	3709	0.233	4.3	3.18E-04	1504

付表－3.26(a)　再構成供試体の動的変形試験結果(AH3)

正規圧密状態（拘束圧履歴無し）

拘束圧 kgf/cm²	軸ひずみ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
0.5	6.05E-06	1358	0.230	3.3	7.44E-06	552
	1.15E-05	1329	0.229	2.6	1.41E-05	541
	2.22E-05	1224	0.246	4.1	2.77E-05	491
	3.62E-05	1153	0.261	4.6	4.57E-05	457
	5.78E-05	1029	0.269	6.2	7.33E-05	405
	1.04E-04	923	0.295	6.6	1.35E-04	356
	1.43E-04	854	0.313	6.4	1.88E-04	325
	2.25E-04	744	0.328	7.3	2.99E-04	280
1.0	1.92E-06	2810	0.150	-1.0	2.21E-06	1222
	6.92E-06	2584	0.164	1.9	8.05E-06	1110
	1.23E-05	2420	0.180	2.4	1.45E-05	1026
	1.80E-05	2322	0.182	2.7	2.12E-05	983
	3.04E-05	2126	0.198	3.1	3.65E-05	887
	5.01E-05	1988	0.226	4.1	6.14E-05	811
	8.49E-05	1813	0.242	5.0	1.06E-04	730
	1.25E-04	1644	0.260	5.5	1.57E-04	652
	1.98E-04	1459	0.285	7.0	2.54E-04	568
	2.78E-04	1312	0.295	7.8	3.60E-04	507
3.0	1.38E-06	5892	0.186	2.4	1.64E-06	2483
	2.93E-06	5954	0.173	7.2	3.44E-06	2538
	5.18E-06	6098	0.146	3.7	5.94E-06	2660
	7.86E-06	5713	0.165	2.4	9.15E-06	2453
	1.26E-05	5527	0.165	2.1	1.47E-05	2371
	1.76E-05	5269	0.185	2.2	2.08E-05	2224
	2.56E-05	5131	0.181	2.0	3.02E-05	2172
	3.57E-05	4963	0.177	2.2	4.20E-05	2108
	5.75E-05	4629	0.185	3.0	6.81E-05	1953
	8.77E-05	4327	0.193	4.1	1.05E-04	1813
	1.29E-04	4026	0.203	5.3	1.56E-04	1673
	1.85E-04	3749	0.216	6.3	2.25E-04	1541
6.0	8.80E-07	12750	0.106	4.3	9.73E-07	5765
	3.77E-06	10646	0.141	5.4	4.30E-06	4666
	7.08E-06	9507	0.150	3.8	8.14E-06	4133
	1.12E-05	9272	0.148	2.3	1.29E-05	4039
	1.79E-05	8926	0.154	2.0	2.07E-05	3867
	2.89E-05	8566	0.168	2.1	3.38E-05	3666
	4.21E-05	8241	0.177	2.2	4.96E-05	3500
	6.14E-05	7852	0.184	2.7	7.27E-05	3316
	8.48E-05	7491	0.185	3.2	1.01E-04	3162
	1.08E-04	7202	0.189	3.7	1.28E-04	3029
	1.43E-04	6844	0.193	4.3	1.71E-04	2867
	1.99E-04	6414	0.201	5.4	2.39E-04	2671
	2.90E-04	5864	0.214	6.5	3.51E-04	2416

付表－3.26(b)　再構成供試体の動的変形試験結果(AH3)

拘束圧除荷時（最大6.0kgf/cm²の拘束圧履歴有り）

拘束圧 kgf/cm²	軸ヒズミ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
0.5	1.01E-05	1238	0.208	3.7	1.22E-05	512
	3.94E-05	1062	0.235	4.2	4.86E-05	430
	7.20E-05	997	0.259	4.4	9.06E-05	396
	1.23E-04	907	0.290	5.1	1.59E-04	351
	1.90E-04	815	0.304	5.9	2.48E-04	313
	3.25E-04	734	0.340	6.5	4.35E-04	274
1.0	6.20E-06	2473	0.147	2.9	7.12E-06	1078
	2.18E-05	2168	0.173	2.9	2.55E-05	924
	2.03E-05	2201	0.170	2.5	2.38E-05	940
	5.36E-05	1920	0.193	3.6	6.39E-05	805
	8.76E-05	1772	0.202	4.4	1.05E-04	737
	1.33E-04	1639	0.234	4.8	1.64E-04	664
	2.01E-04	1514	0.254	5.4	2.52E-04	604
	3.00E-04	1356	0.275	6.4	3.83E-04	532
3.0	4.82E-06	5995	0.137	2.5	5.48E-06	2636
	1.30E-05	5470	0.161	1.1	1.51E-05	2356
	2.35E-05	5298	0.165	1.0	2.73E-05	2274
	4.15E-05	4974	0.176	1.3	4.88E-05	2115
	7.42E-05	4638	0.178	1.6	8.74E-05	1969
	1.14E-04	4316	0.184	2.2	1.35E-04	1823
	1.78E-04	3966	0.194	3.1	2.12E-04	1660
	2.78E-04	3555	0.212	4.5	3.37E-04	1467

付表－3.27(a)　再構成供試体の動的変形試験結果(CH1)

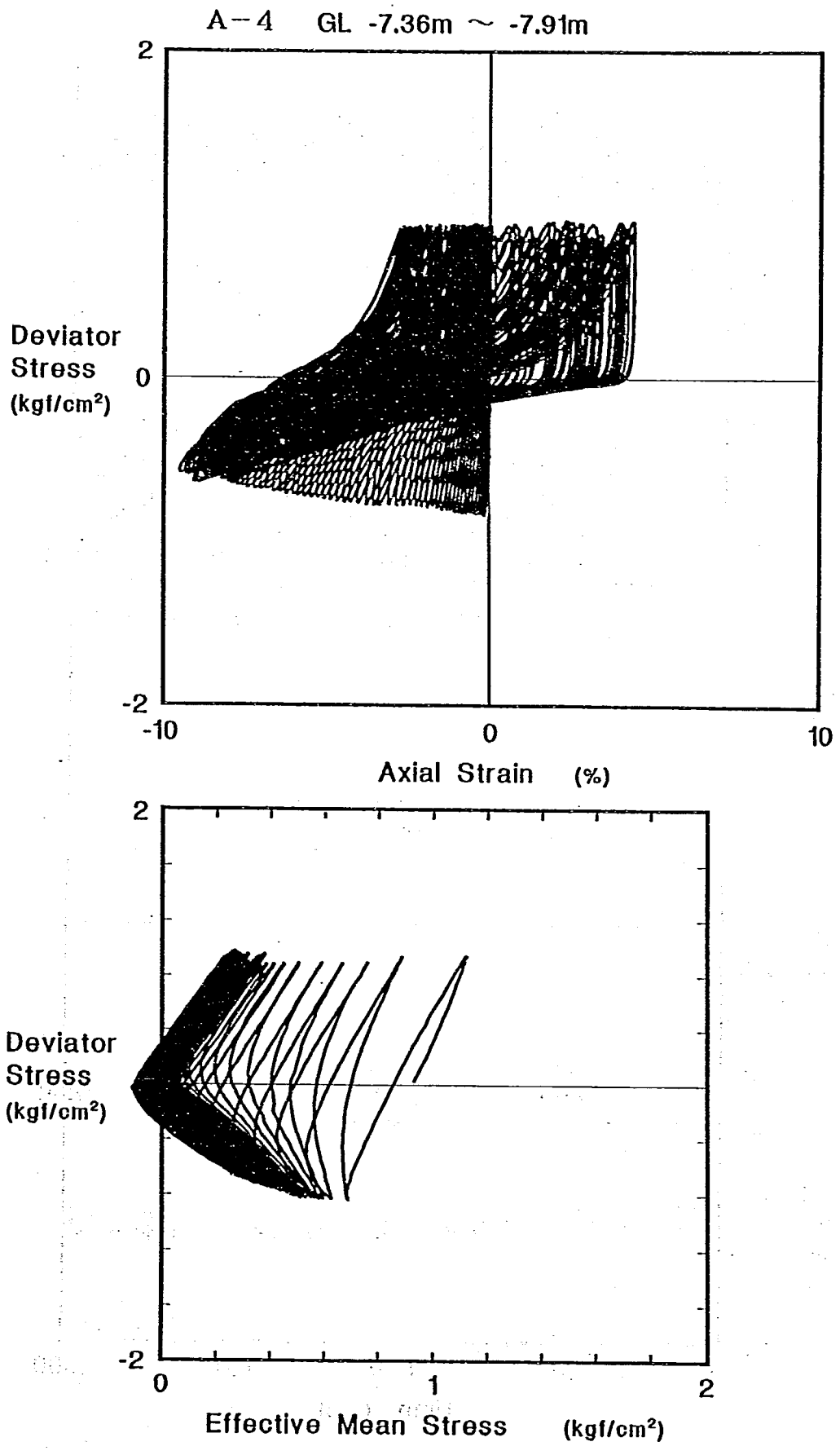
正規圧密状態（拘束圧履歴無し）

拘束圧 kgf/cm²	軸ひずみ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
0.5	4.37E-06	2075	0.186	1.1	5.18E-06	875
	8.20E-06	1953	0.175	1.3	9.63E-06	831
	1.51E-05	1983	0.178	2.6	1.78E-05	842
	2.44E-05	1853	0.196	2.4	2.92E-05	775
	4.19E-05	1706	0.213	3.4	5.08E-05	703
	6.06E-05	1567	0.210	4.6	7.33E-05	647
	1.11E-04	1344	0.250	5.3	1.39E-04	537
	1.79E-04	1184	0.272	5.8	2.27E-04	465
	2.94E-04	970	0.300	6.8	3.83E-04	373
1.0	4.17E-06	3510	0.138	1.4	4.74E-06	1542
	9.17E-06	3361	0.151	0.6	1.06E-05	1461
	1.45E-05	3291	0.141	0.6	1.66E-05	1443
	2.26E-05	3125	0.145	1.9	2.59E-05	1364
	3.28E-05	2966	0.150	2.5	3.77E-05	1290
	5.33E-05	2700	0.172	3.5	6.25E-05	1152
	8.34E-05	2565	0.184	3.7	9.87E-05	1083
	1.17E-04	2369	0.198	4.3	1.41E-04	989
	1.72E-04	2141	0.279	5.1	2.20E-04	837
	2.91E-04	1803	0.253	6.6	3.64E-04	719
3.0	1.80E-06	7147	0.168	9.8	2.10E-06	3060
	4.40E-06	6965	0.177	0.4	5.17E-06	2958
	6.31E-06	7520	0.143	1.4	7.22E-06	3290
	1.10E-05	6928	0.162	0.1	1.28E-05	2982
	1.52E-05	7000	0.153	-0.1	1.75E-05	3035
	2.27E-05	6548	0.173	0.7	2.66E-05	2792
	3.94E-05	6244	0.159	1.7	4.57E-05	2695
	5.95E-05	5816	0.165	2.0	6.93E-05	2496
	9.02E-05	5447	0.171	3.0	1.06E-04	2326
	1.37E-04	5038	0.319	4.1	1.81E-04	1910
	2.18E-04	4523	0.170	4.7	2.55E-04	1932
	3.02E-04	4172	0.180	5.8	3.56E-04	1768
6.0	1.94E-06	9994	0.234	2.5	2.39E-06	4050
	4.04E-06	11376	0.187	1.7	4.79E-06	4793
	6.60E-06	11668	0.160	0.4	7.65E-06	5032
	9.67E-06	11102	0.163	0.7	1.12E-05	4774
	1.41E-05	10469	0.174	1.1	1.65E-05	4459
	2.62E-05	10315	0.155	0.6	3.03E-05	4466
	4.39E-05	9842	0.166	1.3	5.12E-05	4220
	6.73E-05	9337	0.174	1.7	7.90E-05	3976
	9.87E-05	8794	0.178	2.4	1.16E-04	3734
	1.40E-04	8222	0.181	3.2	1.65E-04	3482
	2.09E-04	7538	0.188	4.3	2.48E-04	3172
	3.17E-04	6815	0.180	5.4	3.74E-04	2887

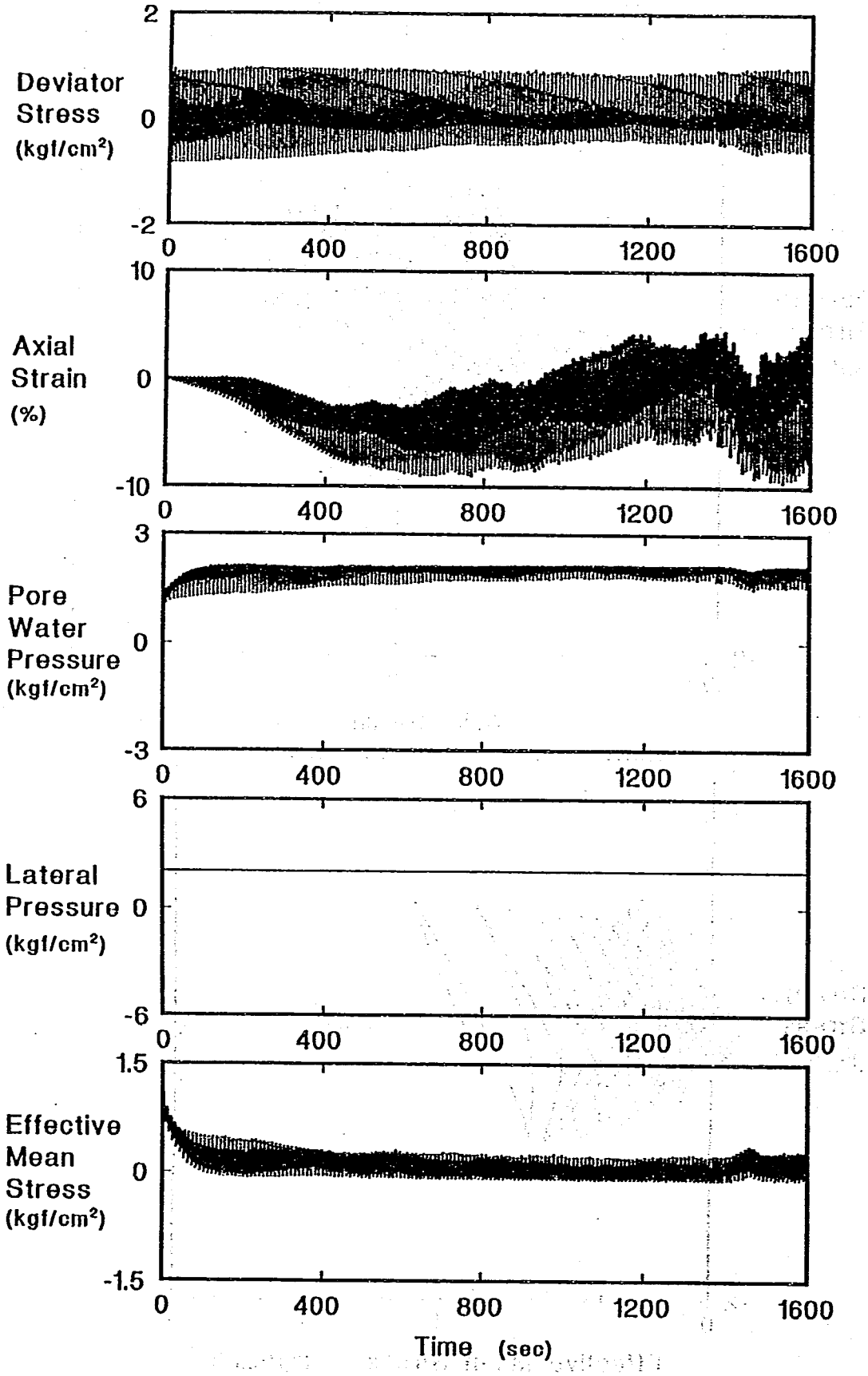
付表－3.27(b)　再構成供試体の動的変形試験結果(CH1)

拘束圧除荷時（最大6.0kgf/cm²の拘束圧履歴有り）

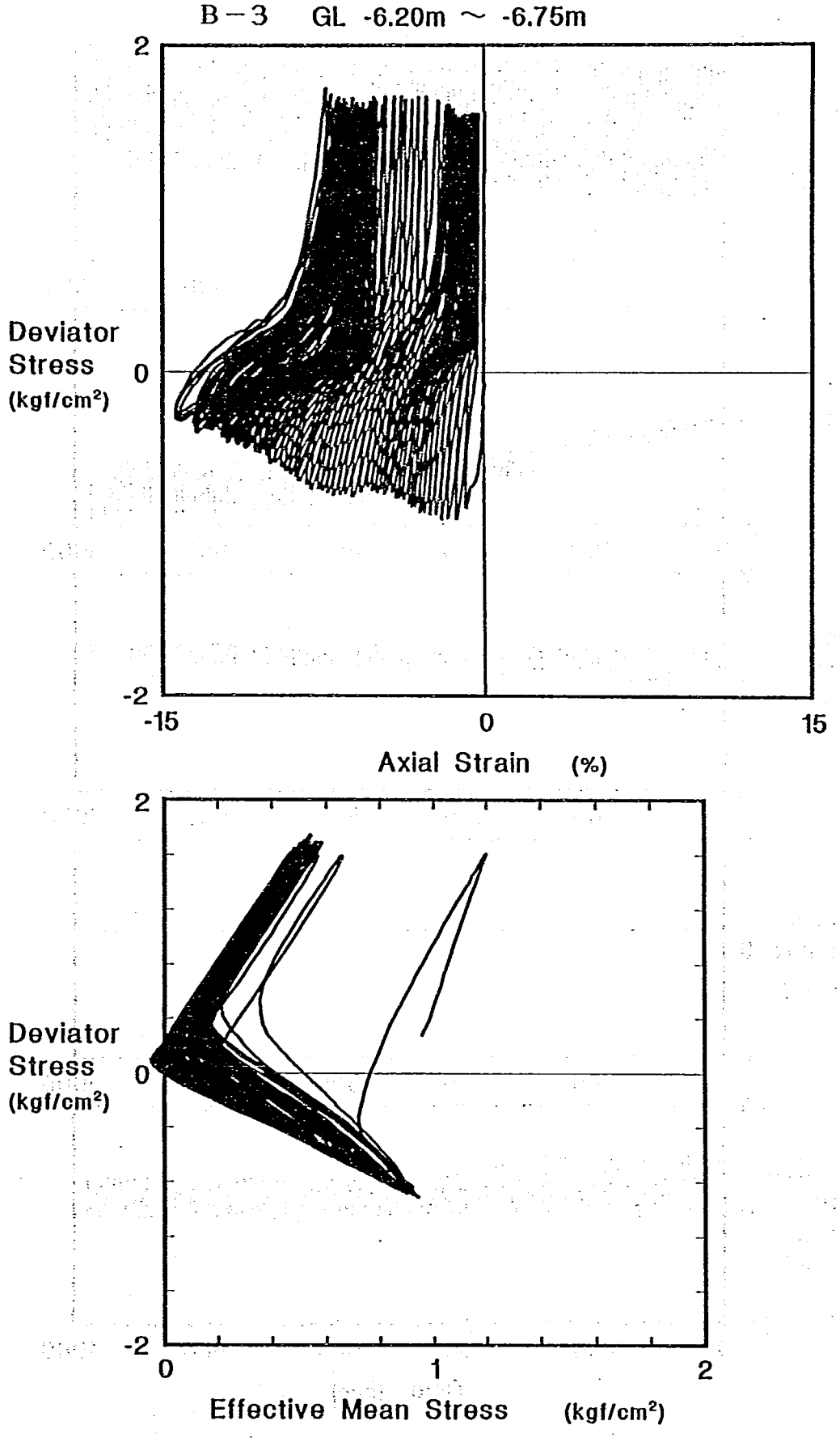
拘束圧 kgf/cm²	軸ヒズミ ε	変形係数 E kgf/cm²	ポアソン比 ν	減衰定数 h %	せん断ひずみ γ	せん断剛性 G kgf/cm²
0.5	6.00E-06	6619	0.145	1.8	6.87E-06	2890
	1.69E-05	6238	0.150	0.6	1.95E-05	2712
	4.58E-05	5807	0.154	1.3	5.29E-05	2517
	9.55E-05	5293	0.163	1.9	1.11E-04	2276
	2.18E-04	4608	0.172	3.6	2.56E-04	1965
	4.00E-04	3967	0.197	5.8	4.79E-04	1657
1.0	5.38E-06	2927	0.109	1.5	5.96E-06	1320
	1.59E-05	2761	0.127	2.1	1.79E-05	1225
	3.98E-05	2578	0.133	3.0	4.51E-05	1138
	9.54E-05	2222	0.163	4.8	1.11E-04	956
	1.98E-04	1985	0.207	5.4	2.39E-04	822
	2.95E-04	1902	0.223	6.3	3.60E-04	778
3.0	7.36E-06	1872	0.114	2.7	8.19E-06	840
	2.62E-05	1584	0.156	3.6	3.03E-05	685
	5.12E-05	1468	0.177	4.2	6.02E-05	623
	1.01E-04	1315	0.218	5.1	1.23E-04	540
	1.78E-04	1141	0.238	6.4	2.20E-04	461
	2.46E-04	1080	0.276	6.3	3.14E-04	423



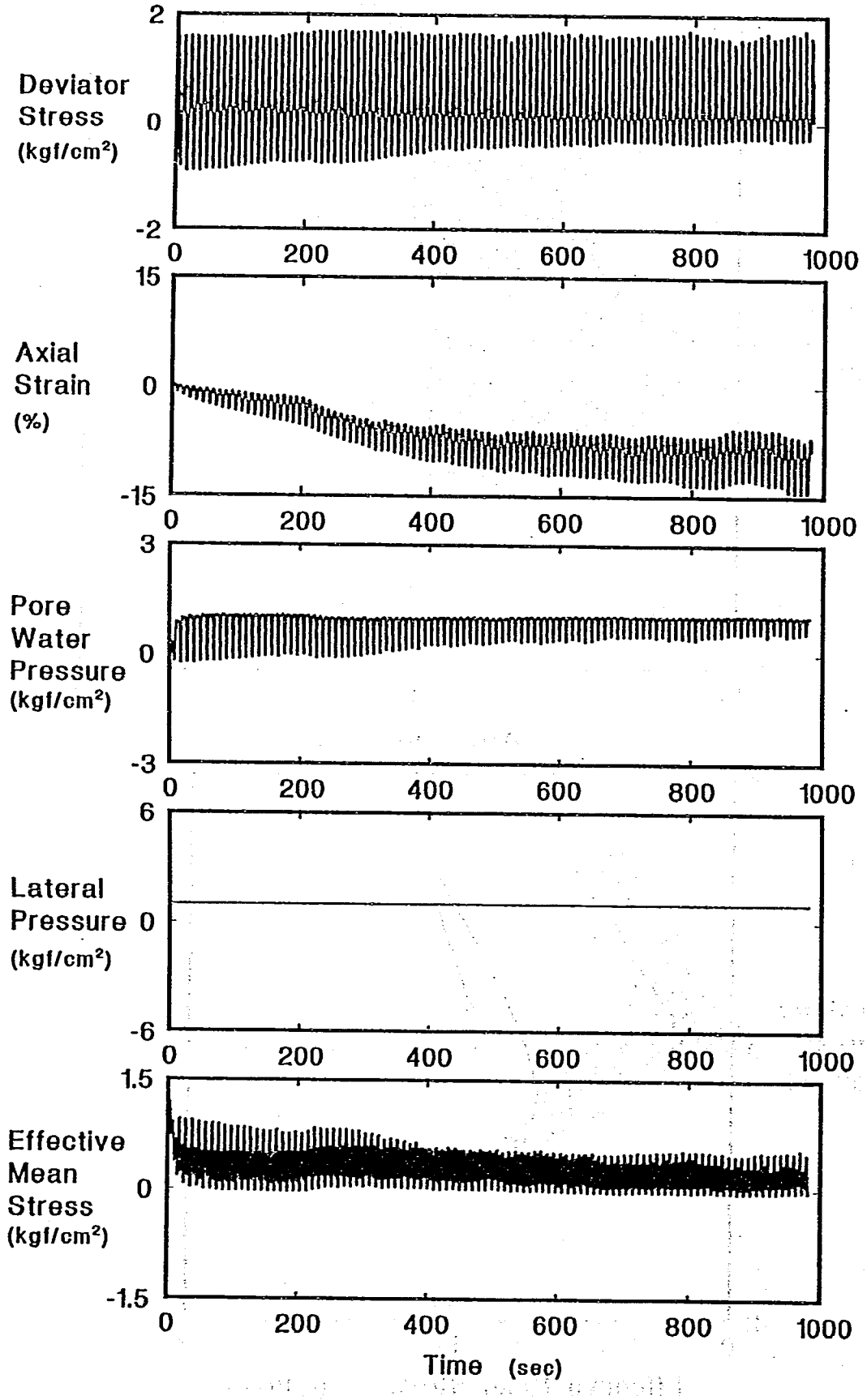
付図－3.1(a)　不撹乱上部砂礫層試料の応力ひずみ関係及び応力経路(σ_c＝1.0kgf／cm², A-4)



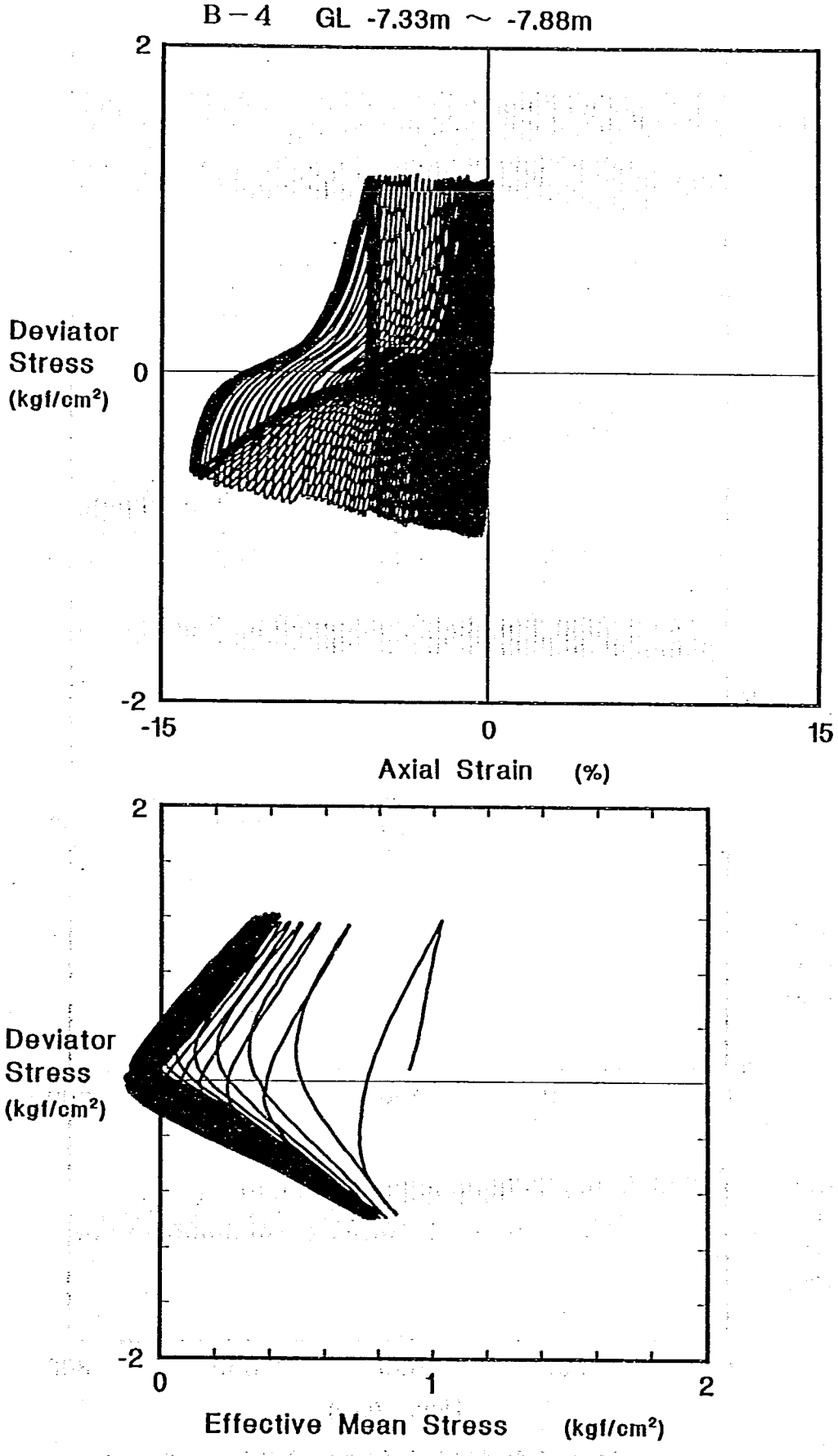
付図－3.1(b)　不撹乱上部砂礫層試料の軸差応力・軸ひずみ・間隙水圧の時刻歴(σ_c＝1.0kgf／cm², A-4)



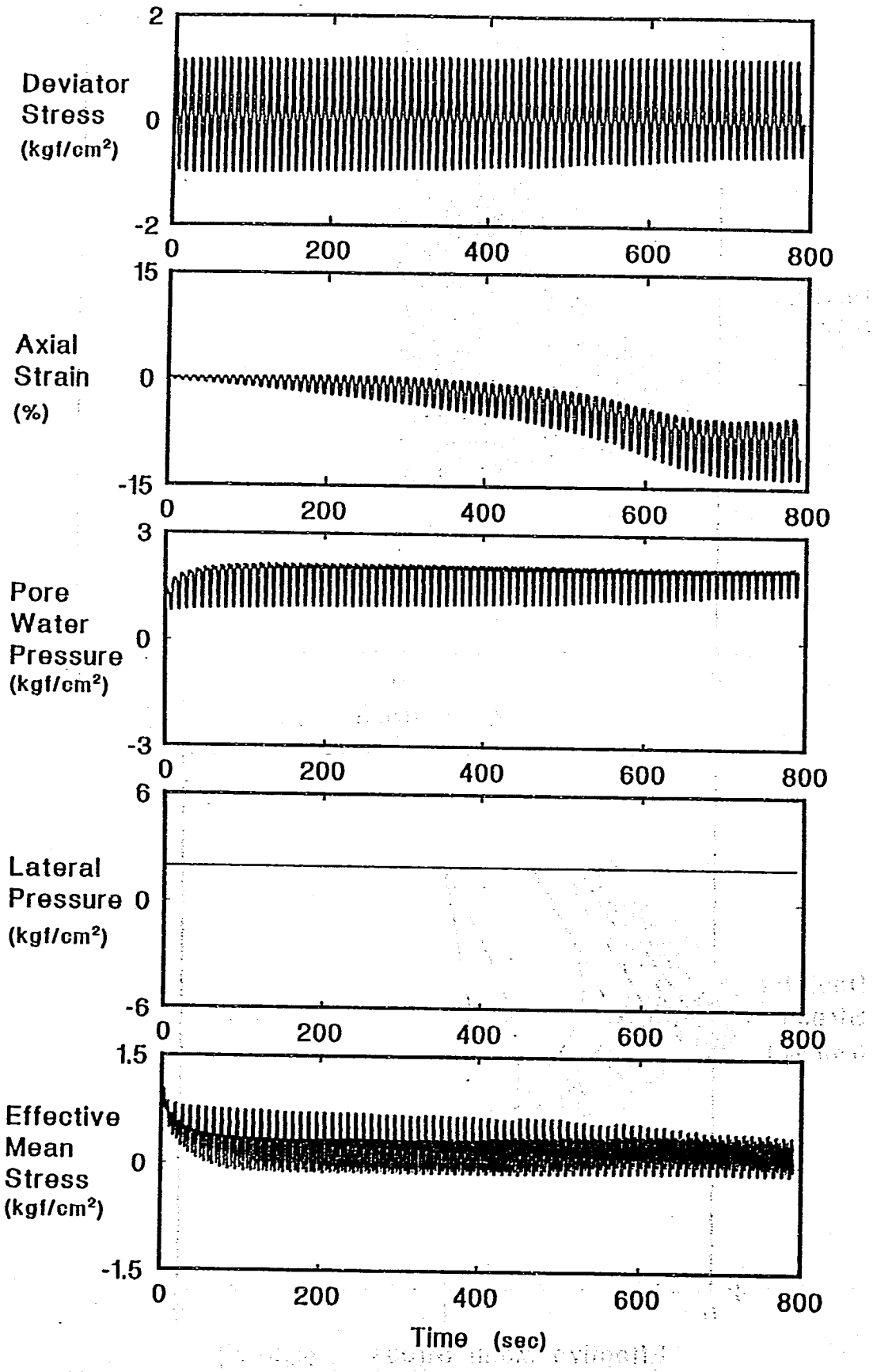
付図－3.2(a)　不撹乱上部砂礫層試料の応力ひずみ関係及び応力経路(σ_c ＝1.0kgf／cm², B-3)



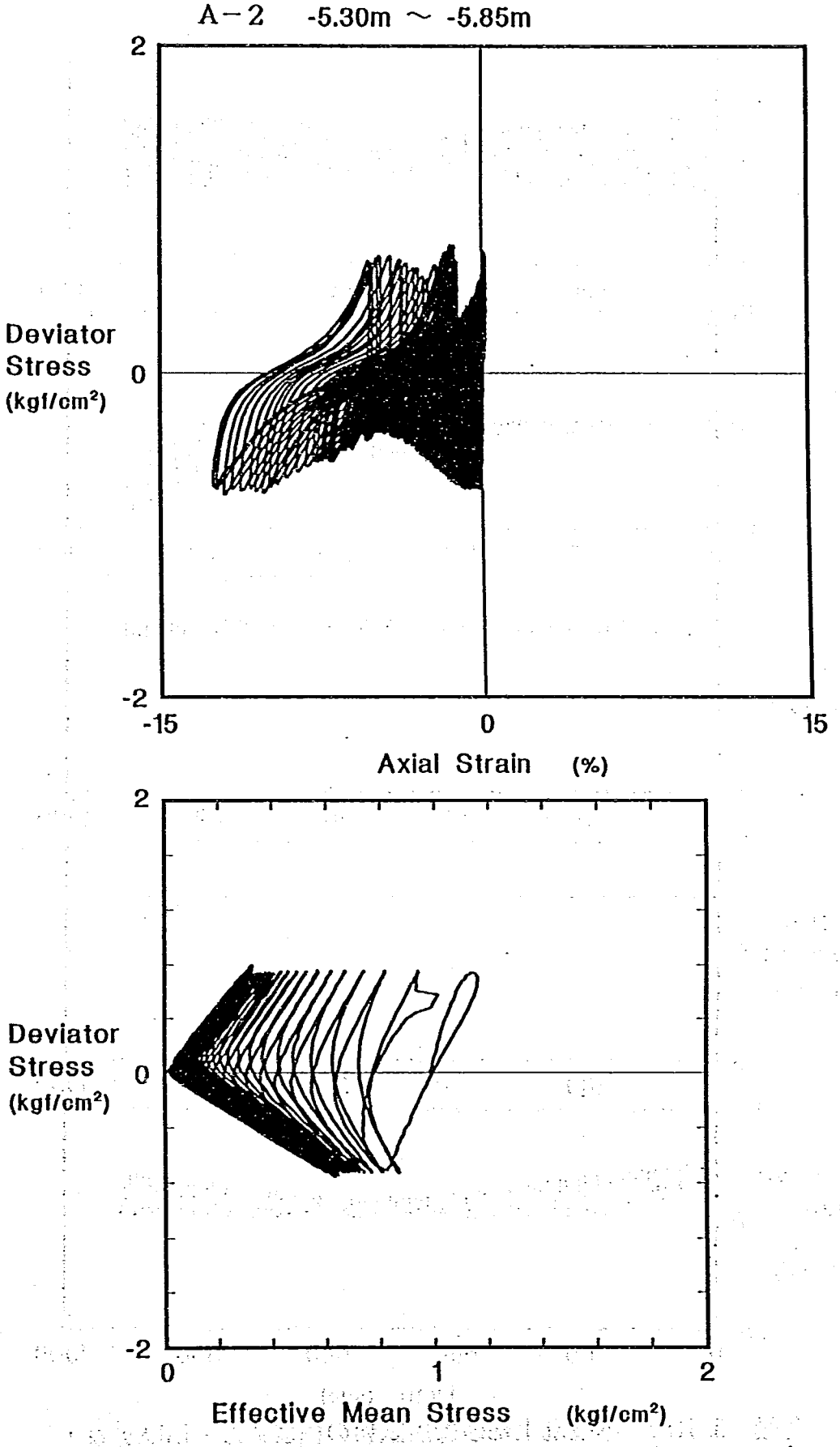
付図－3.2(b)　不撹乱上部砂礫層試料の軸差応力・軸ひずみ・間隙水圧の時刻歴（σ_c＝1.0kgf／cm²，B-3）



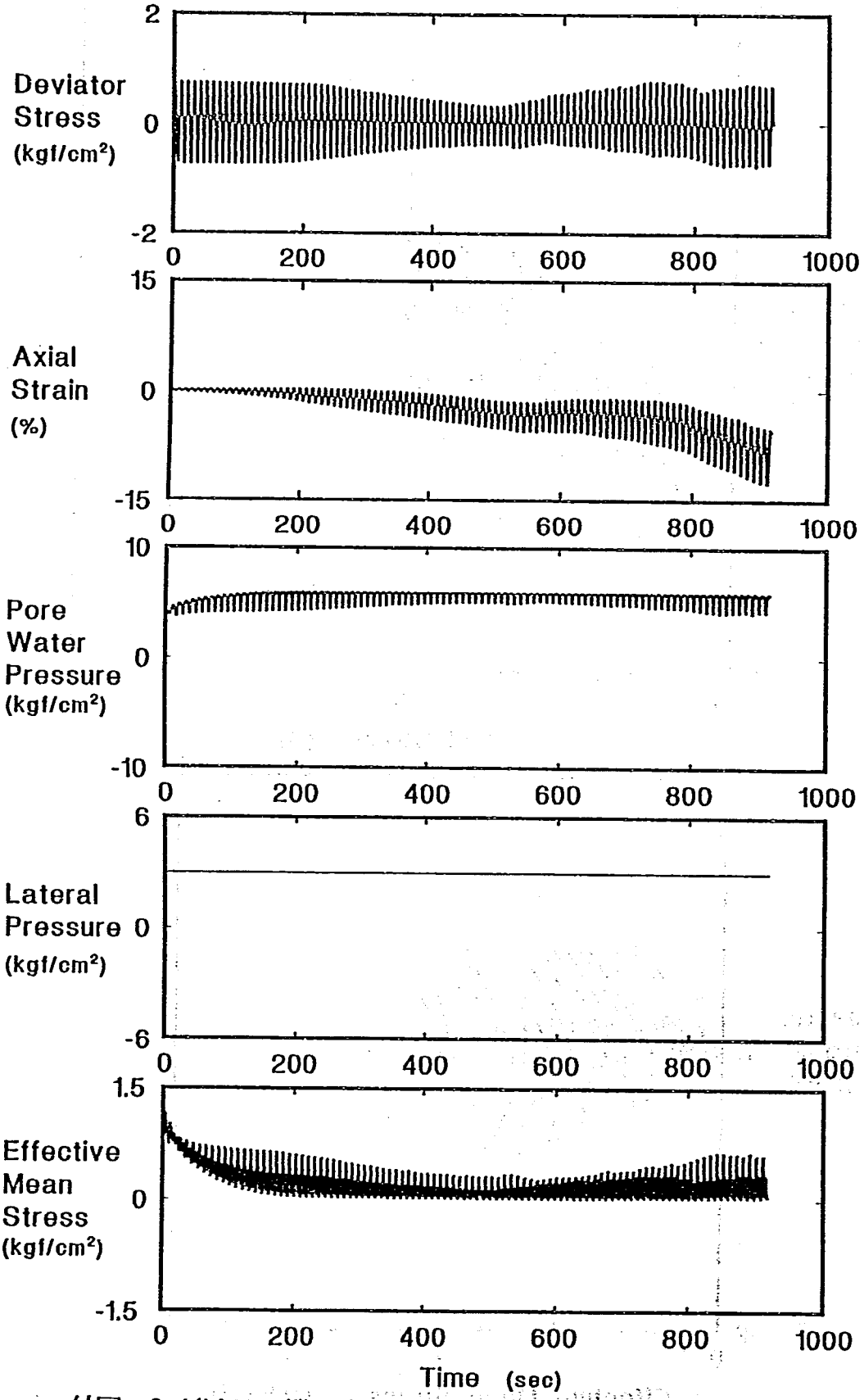
付図－3.3(a)　不撹乱上部砂礫層試料の応力ひずみ関係及び応力経路(σ_c＝1.0kgf／cm², B-4)



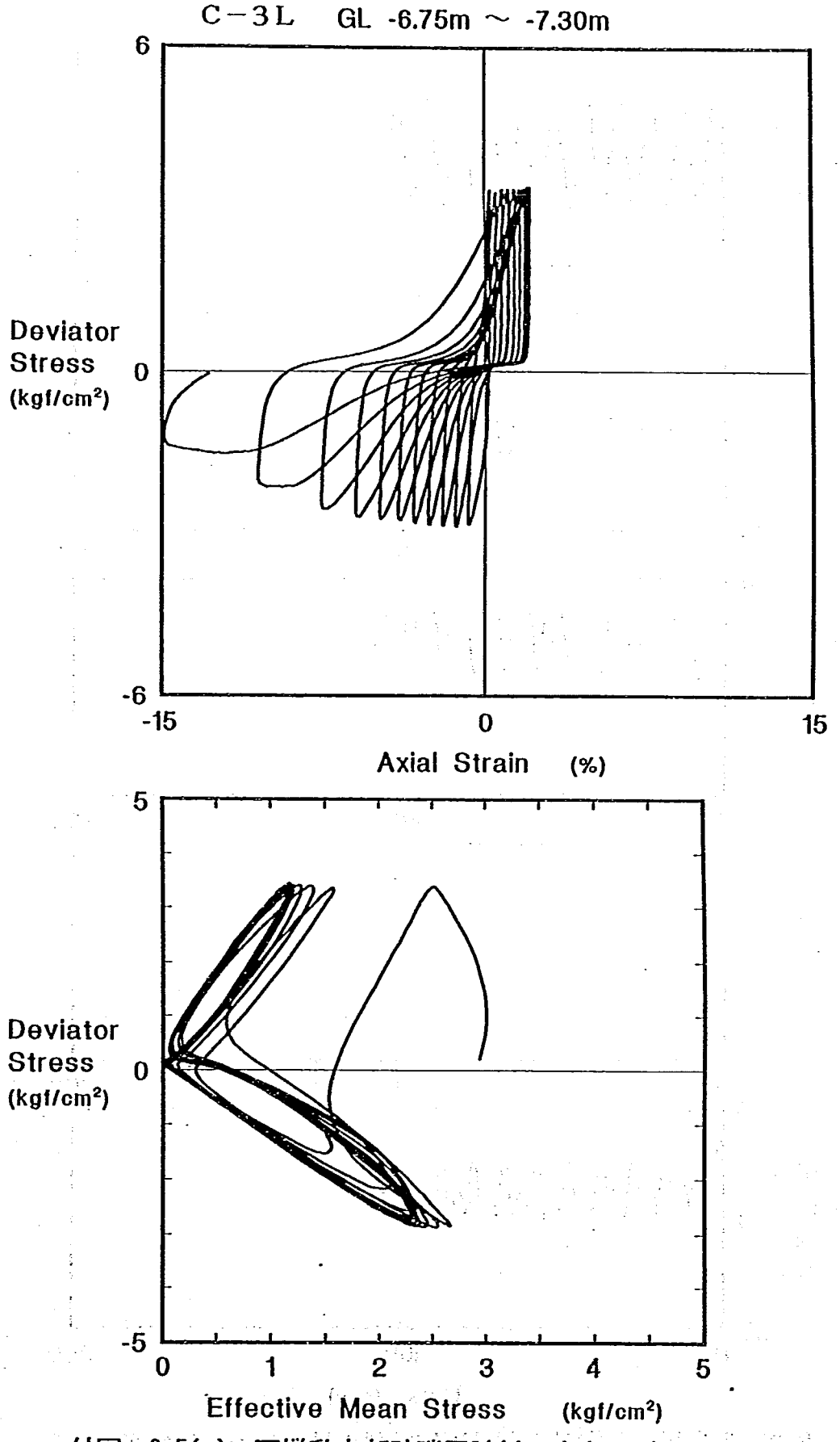
付図－3.3(b)　不撹乱上部砂礫層試料の軸差応力・軸ひずみ・間隙水圧の時刻歴(σ_c＝1.0kgf／cm², B-4)



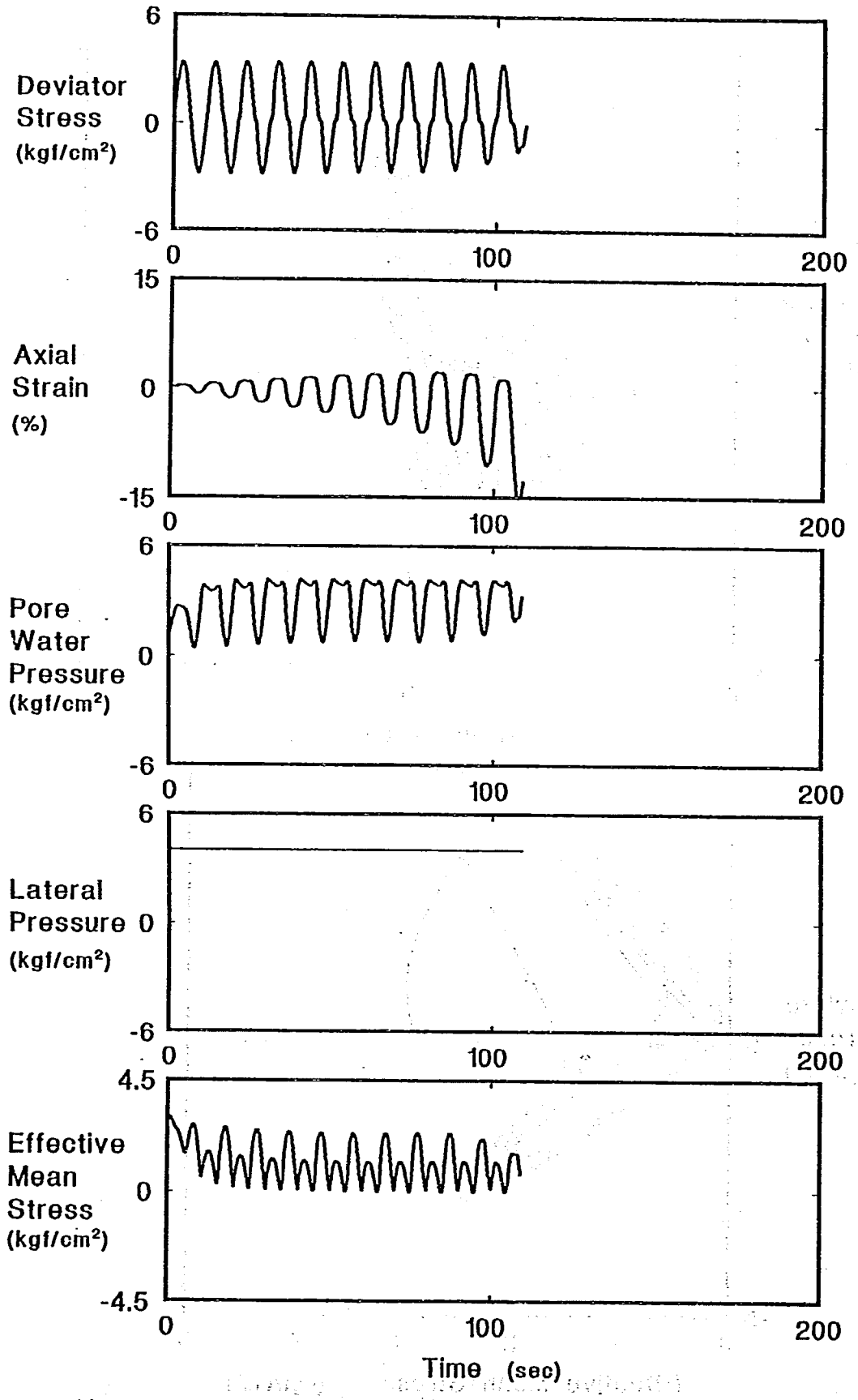
付図－3.4(a)　不撹乱上部砂礫層試料の応力ひずみ関係及び応力経路(σ_c ＝1.0kgf／cm², A-2)



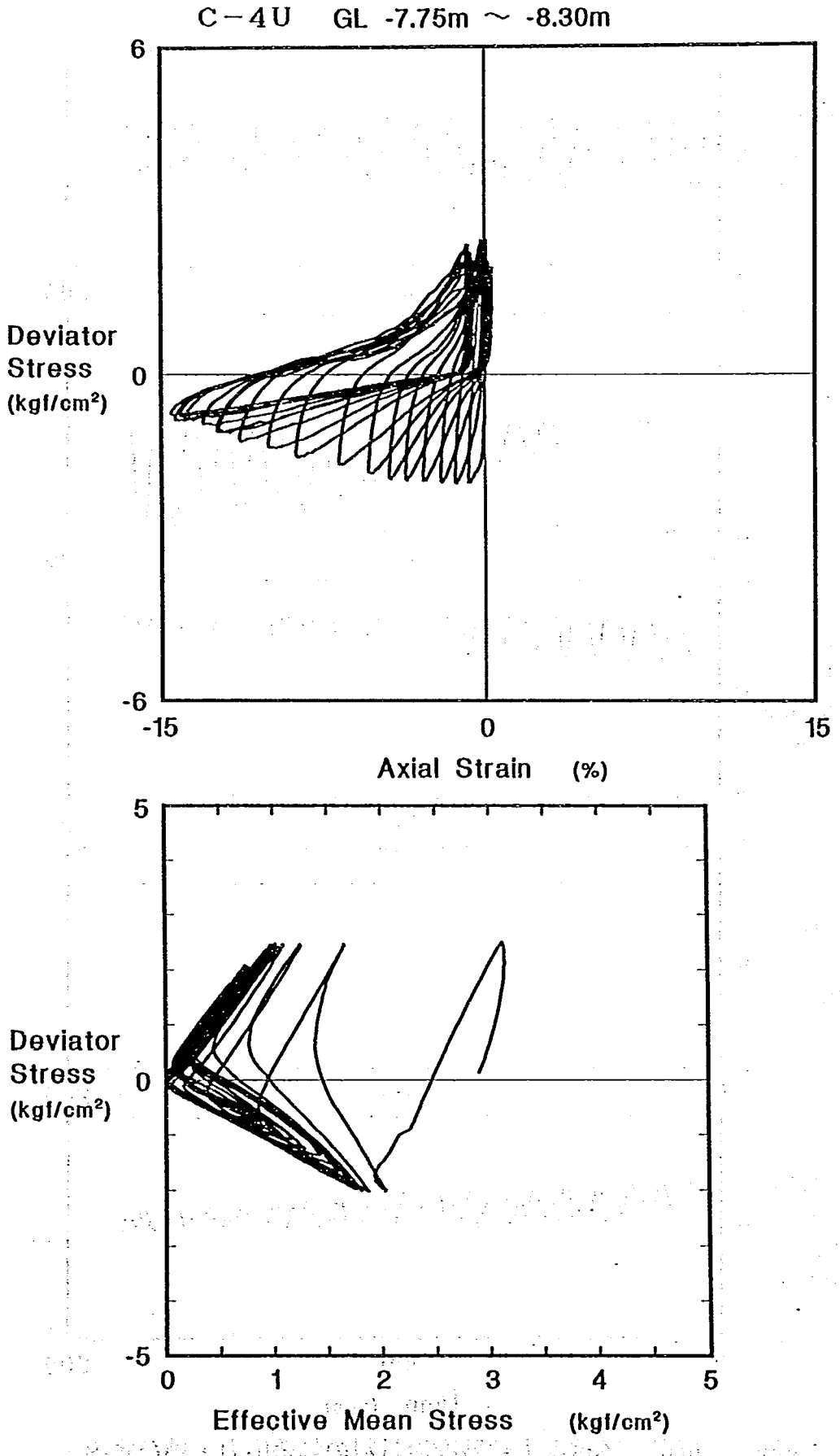
付図－3.4(b)　不撹乱上部砂礫層試料の軸差応力・軸ひずみ・間隙水圧の時刻歴（σ_c＝1.0kgf／cm²，A-2）



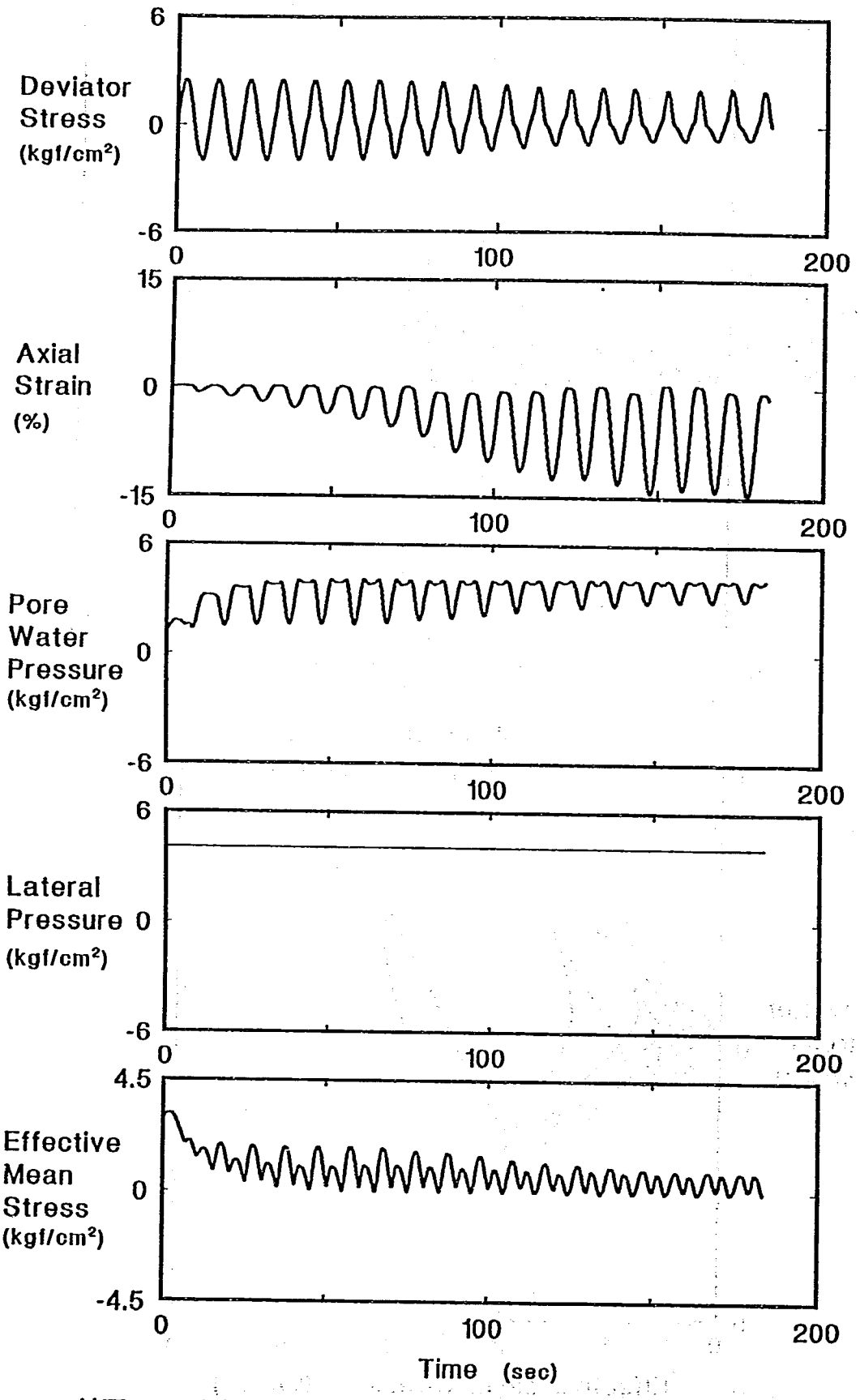
付図－3.5(a)　不撹乱上部砂礫層試料の応力ひずみ関係及び応力経路(σ_c ＝3.0kgf／cm², C-3L)



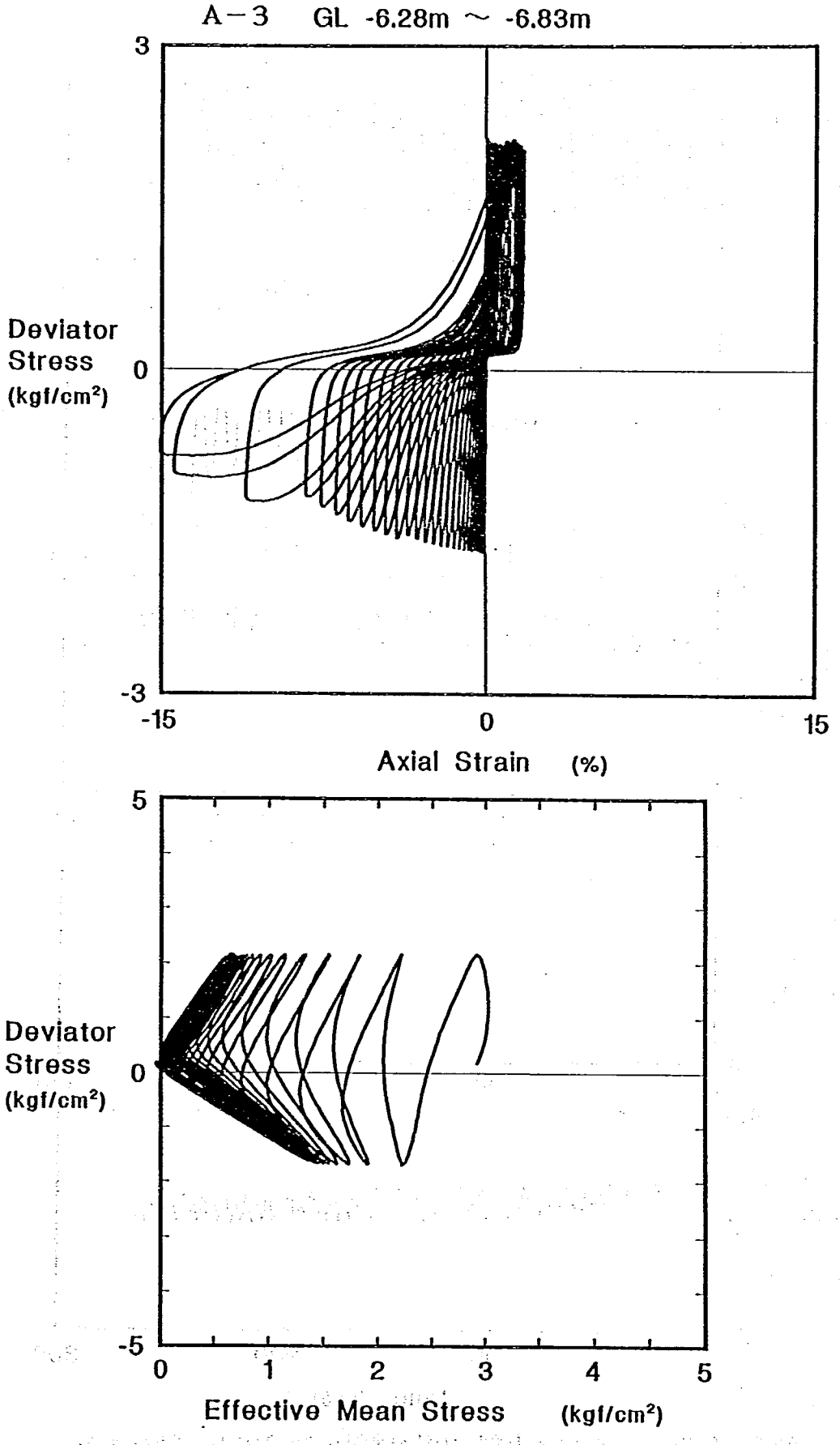
付図－3.5(b)　不撹乱上部砂礫層試料の軸差応力・軸ひずみ・間隙水圧の時刻歴（σ_c＝3.0kgf／cm²，C-3L）



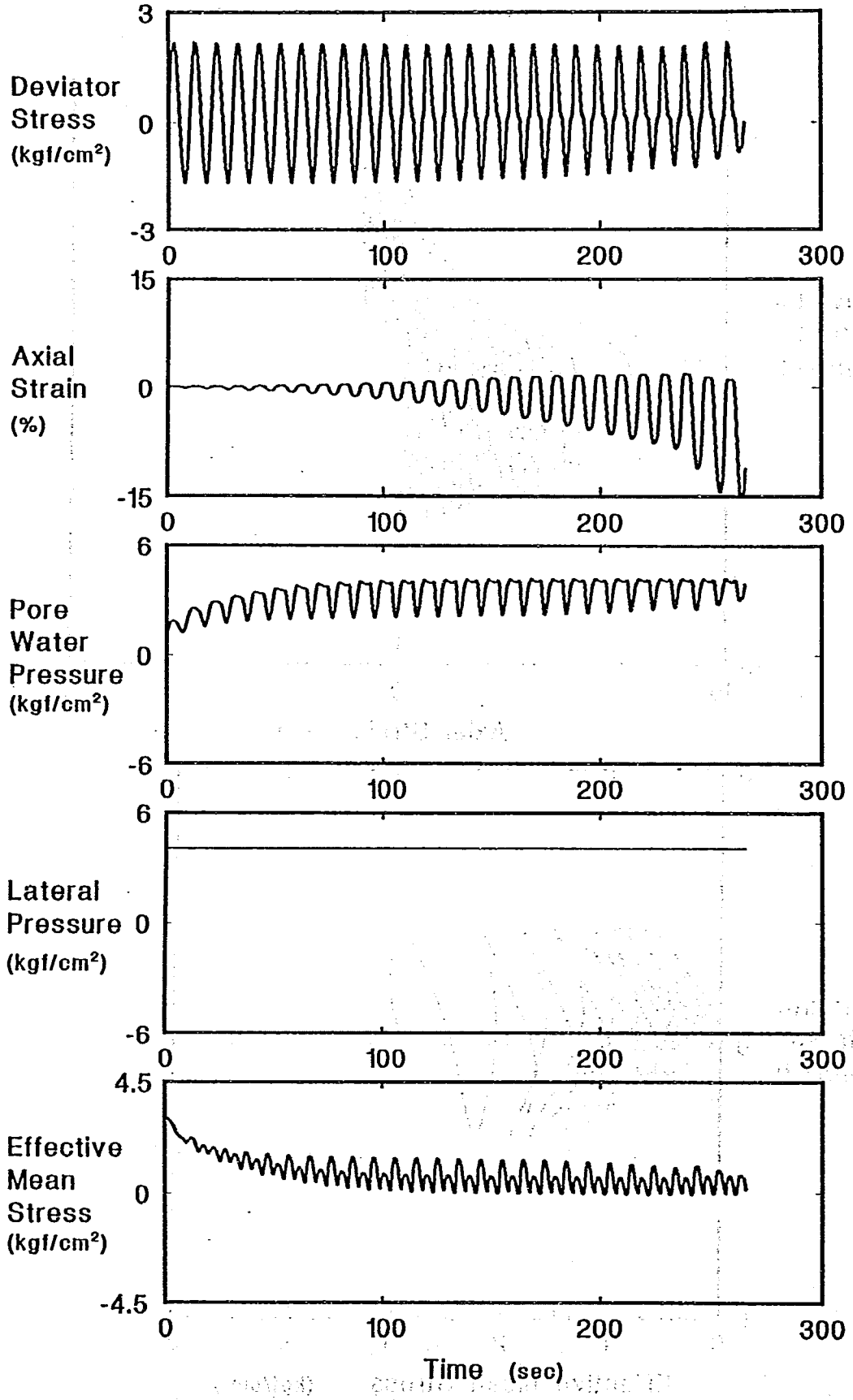
付図－3.6(a)　不撹乱上部砂礫層試料の応力ひずみ関係及び応力経路(σ_c ＝3.0kgf／cm², C-4U)



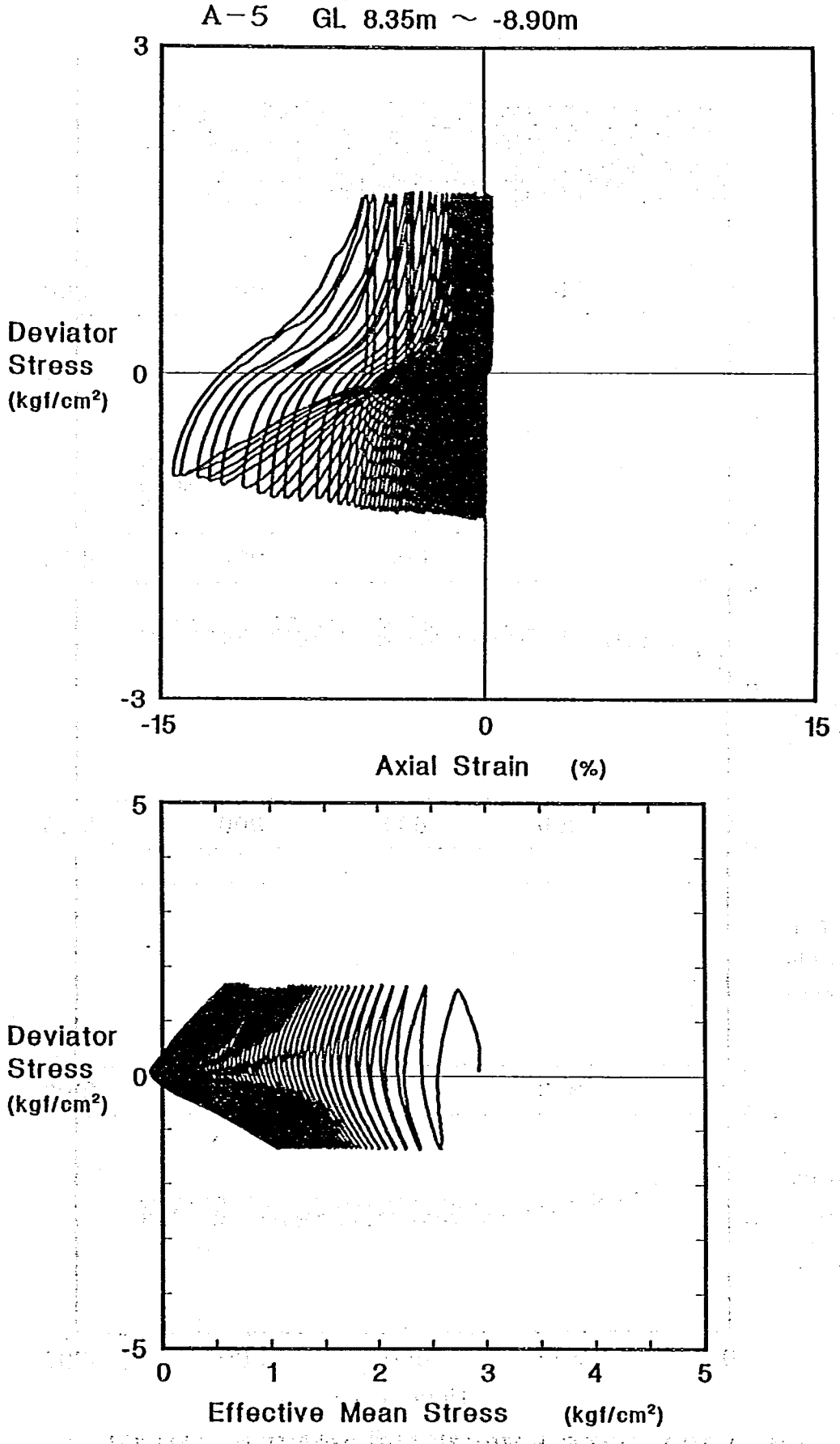
付図－3.6(b)　不撹乱上部砂礫層試料の軸差応力・軸ひずみ・間隙水圧の時刻歴（σ_c＝3.0kgf／cm²，C-4U）



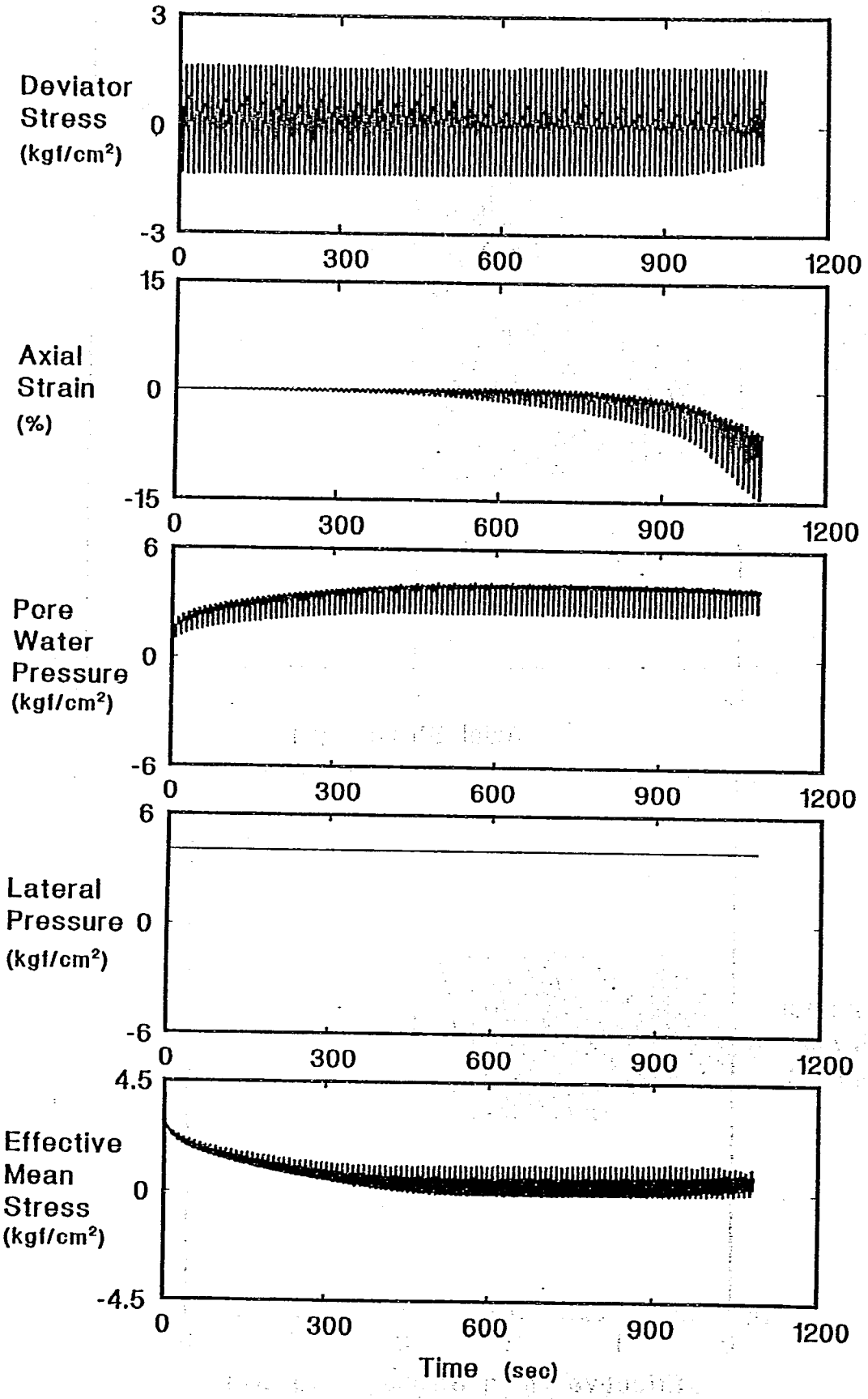
付図－3.7(a)　不撹乱上部砂礫層試料の応力ひずみ関係及び応力経路(σ_c＝3.0kgf／cm²，A-3)



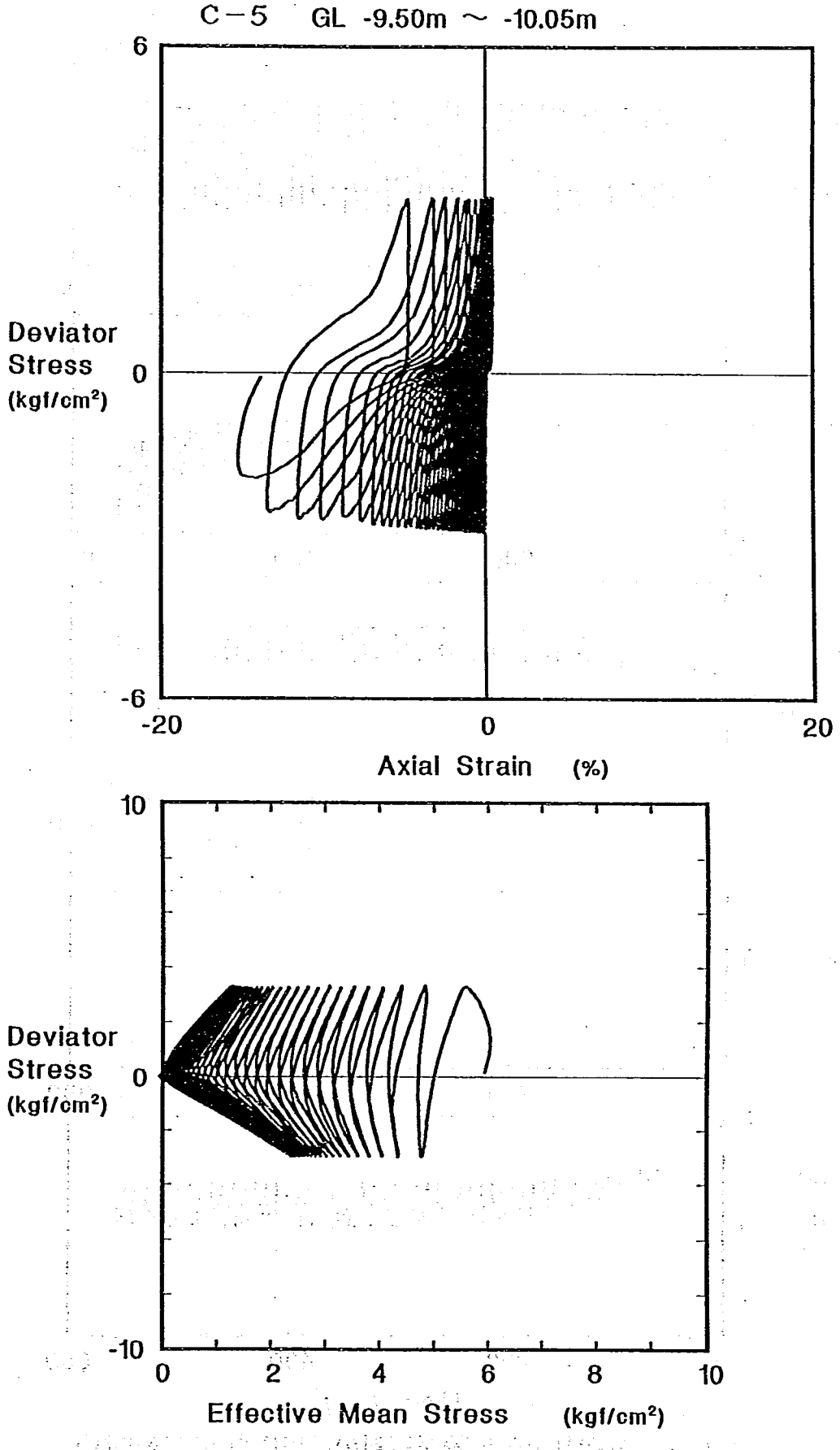
付図－3.7(b)　不撹乱上部砂礫層試料の軸差応力・軸ひずみ・間隙水圧の時刻歴（σ_c＝3.0kgf／cm²，A-3）



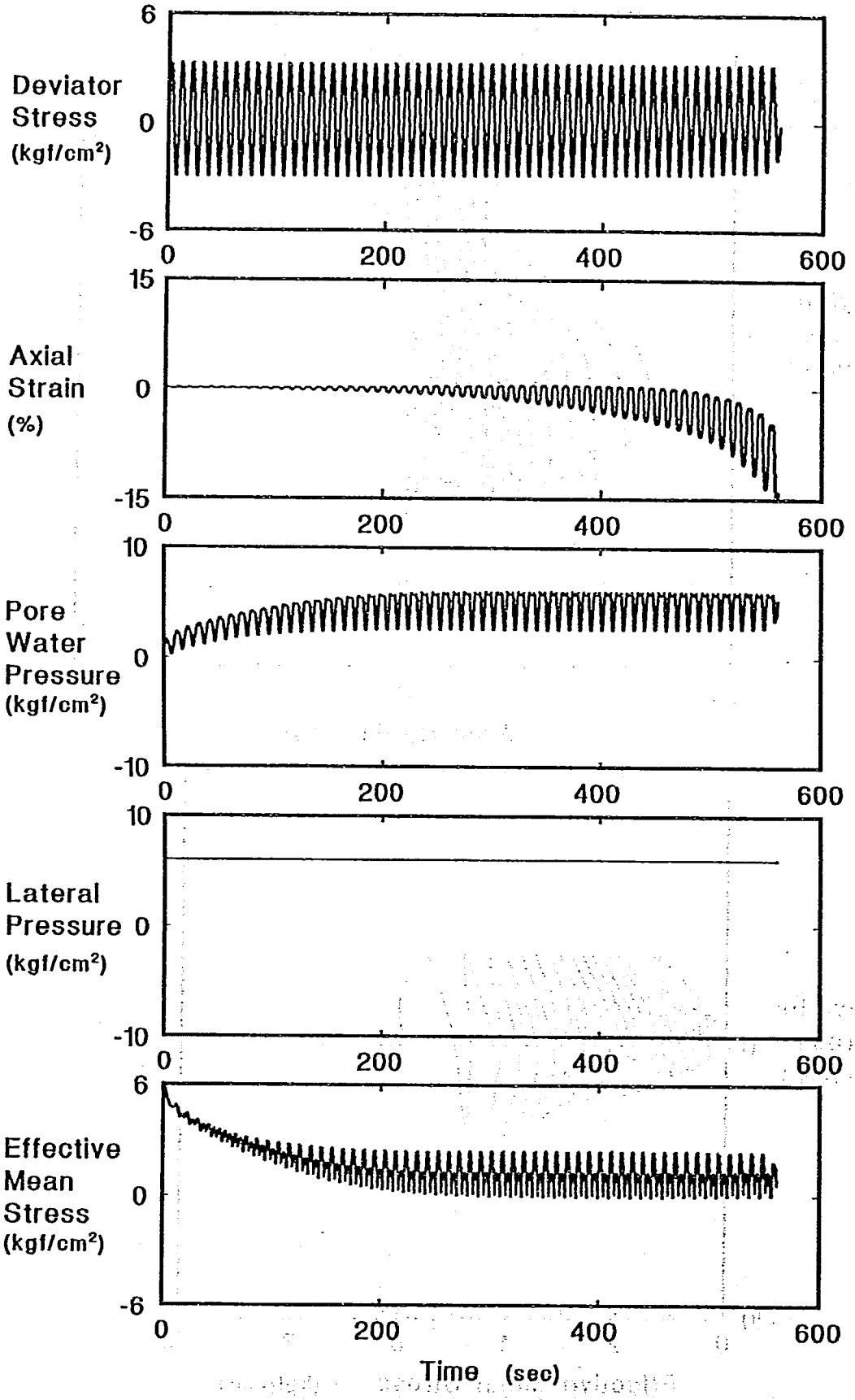
付図－3.8(a)　不撹乱上部砂礫層試料の応力ひずみ関係及び
応力経路(σ_c ＝3.0kgf／cm², A-5)



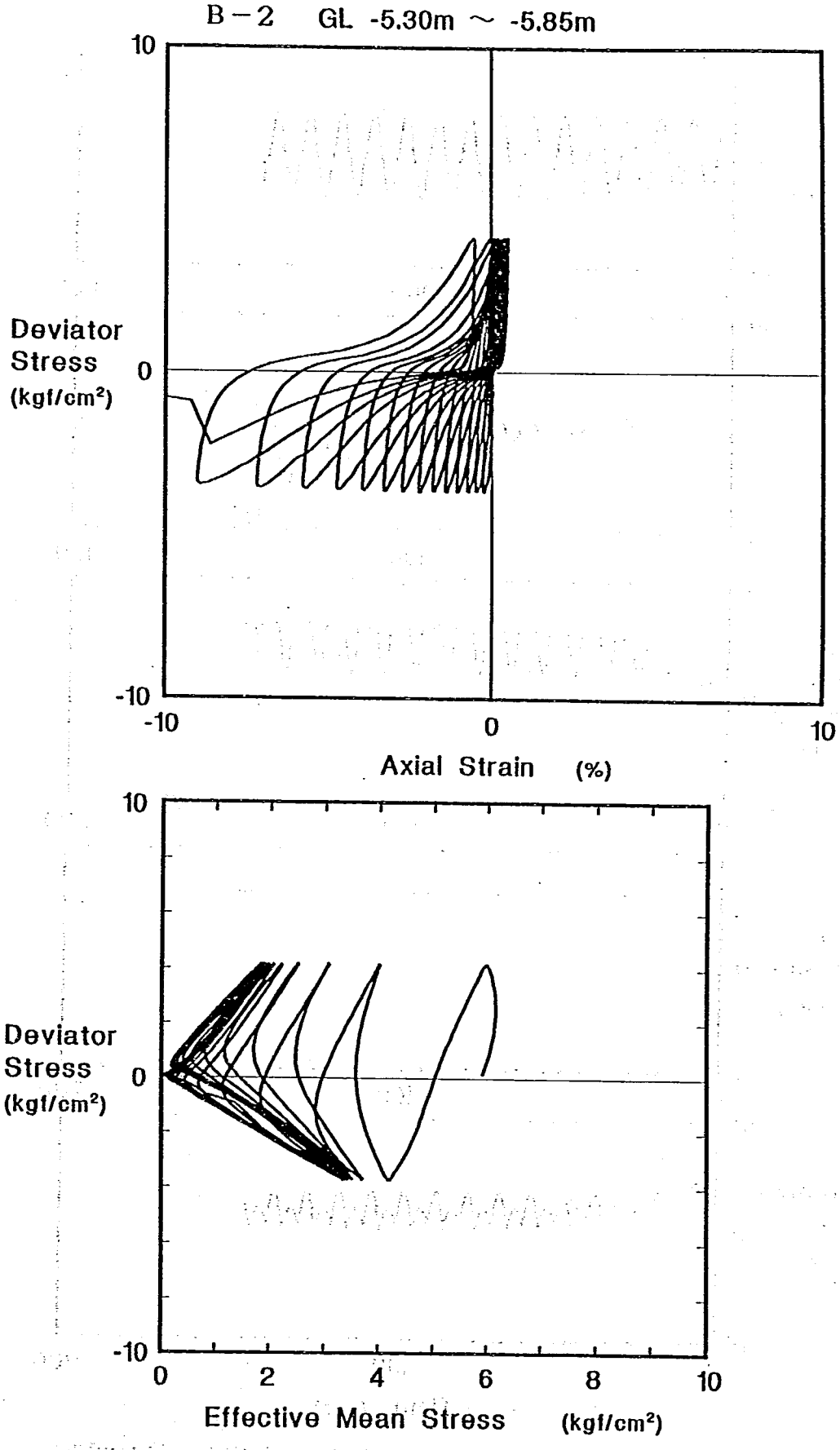
付図－3.8(b)　不撹乱上部砂礫層試料の軸差応力・軸ひずみ・間隙水圧の時刻歴（σ_c＝3.0kgf／cm²，A-5）



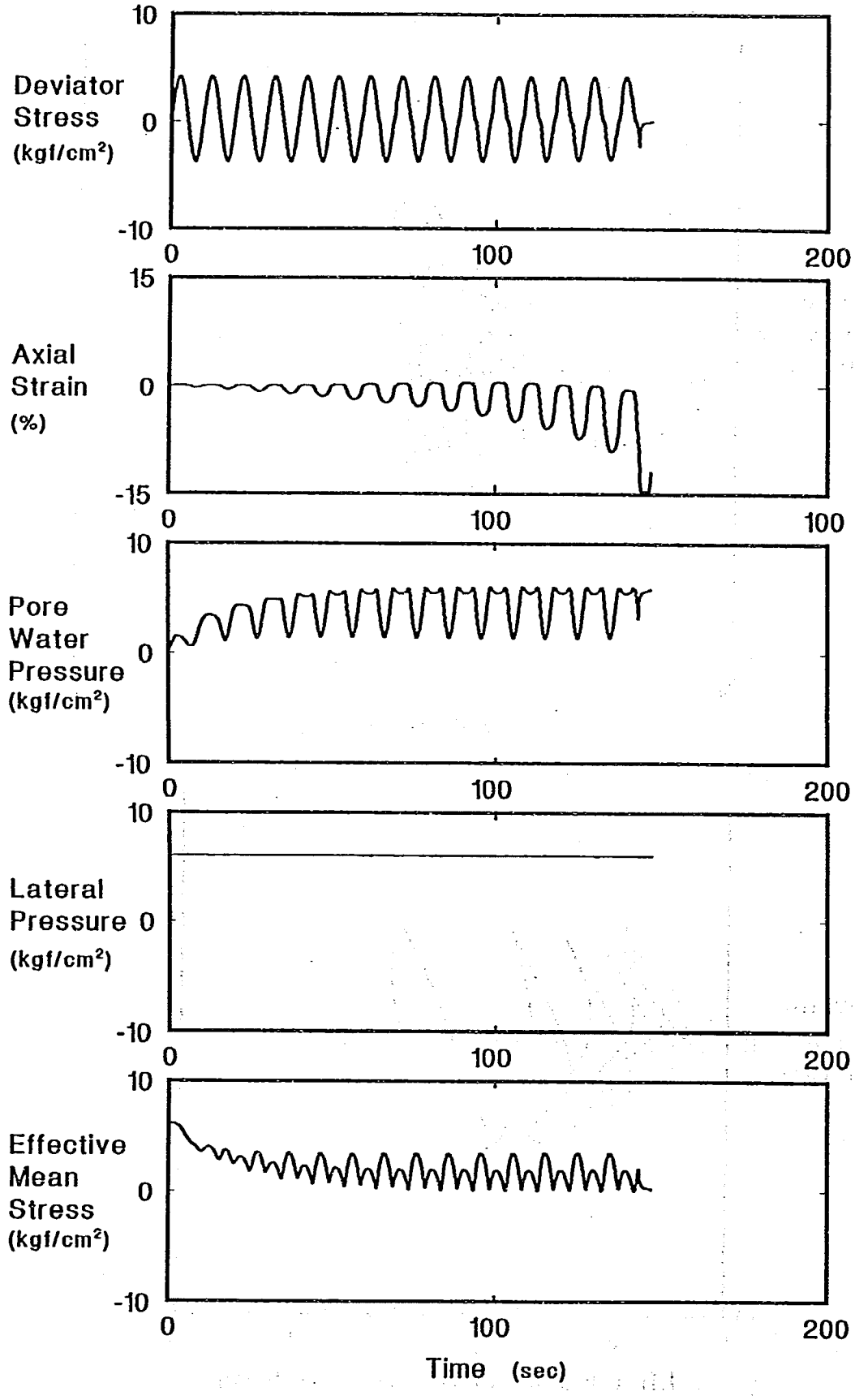
付図－3.9(a)　不撹乱上部砂礫層試料の応力ひずみ関係及び応力経路(σ_c＝6.0kgf／cm², C-5)



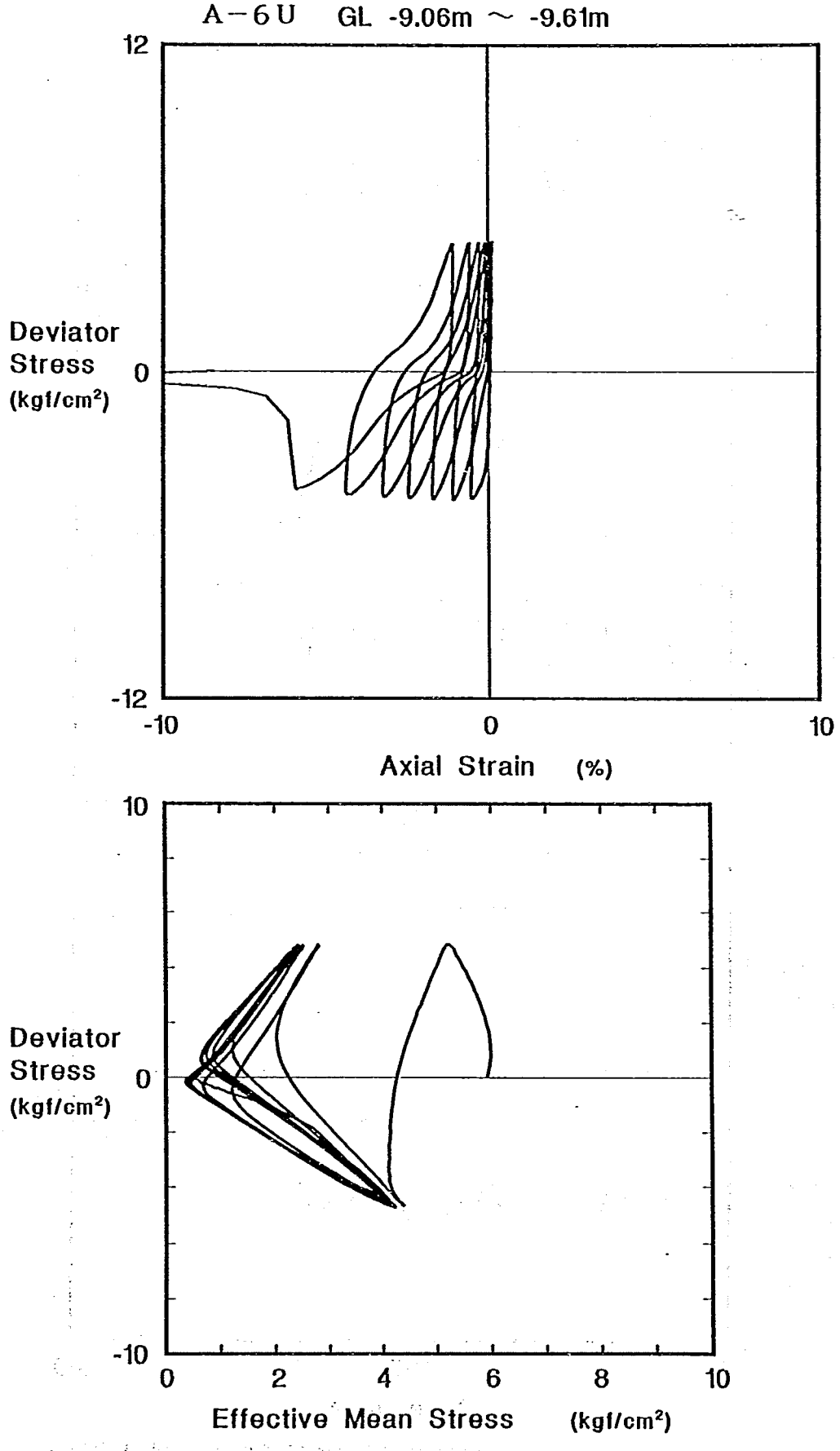
付図－3.9(b)　不撹乱上部砂礫層試料の軸差応力・軸ひずみ・間隙水圧の時刻歴（σ_c＝6.0kgf／cm²，C-5）



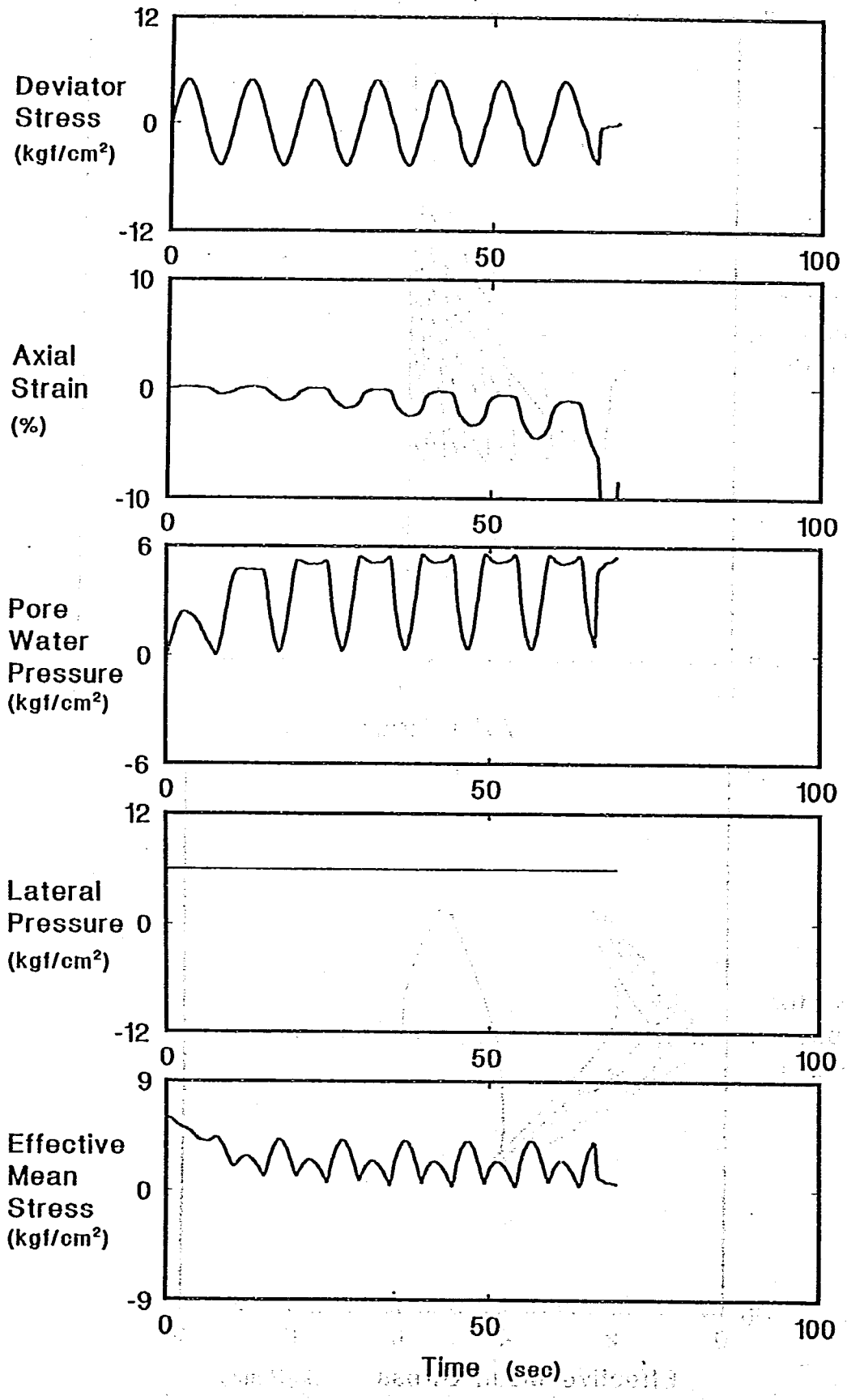
付図－3.10(a)　不撹乱上部砂礫層試料の応力ひずみ関係及び応力経路(σ_c＝6.0kgf／cm², B-2)



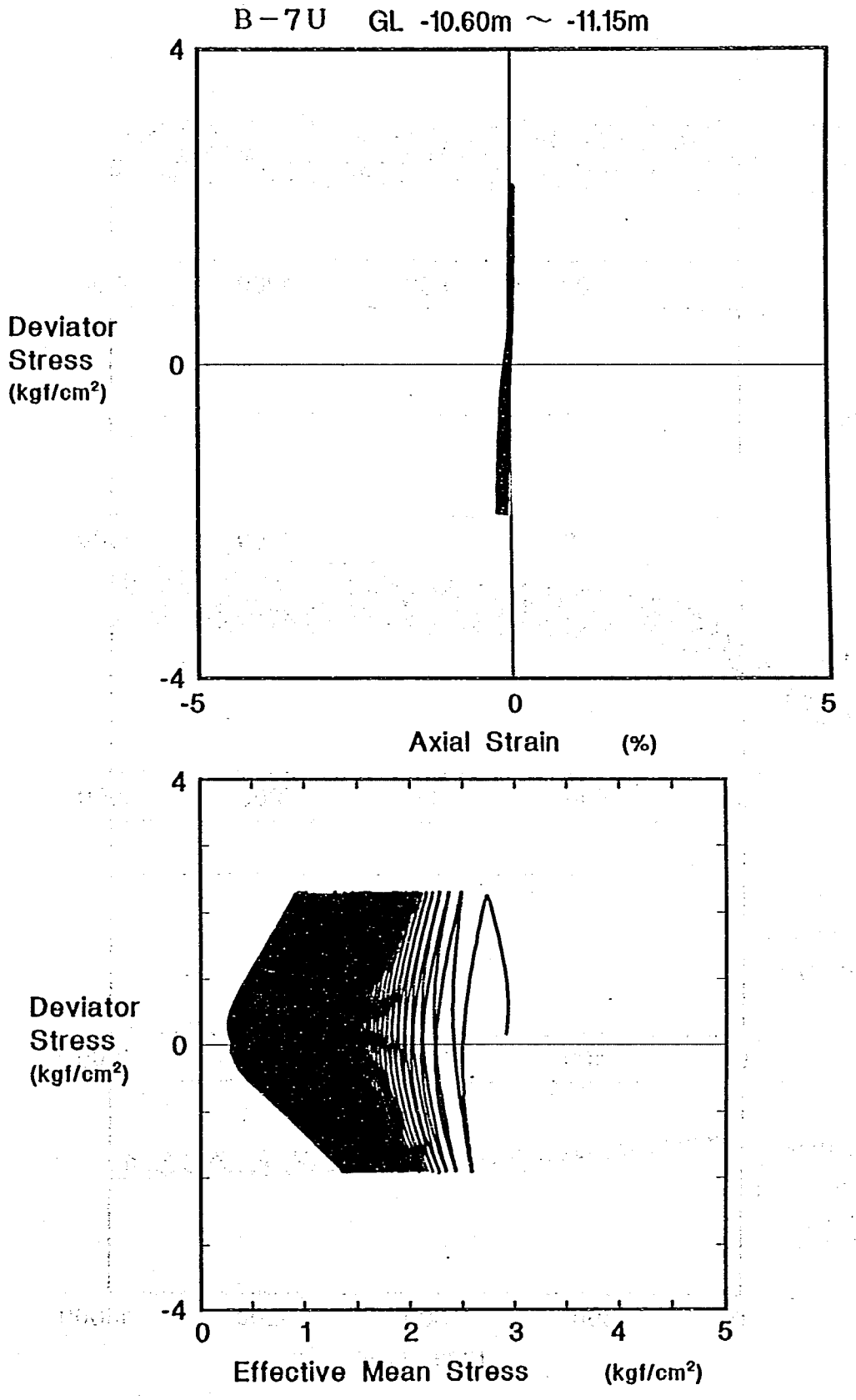
付図－3.10(b) 不撹乱上部砂礫層試料の軸差応力・軸ひずみ・間隙水圧の時刻歴(σ_c ＝6.0kgf／cm², B-2)



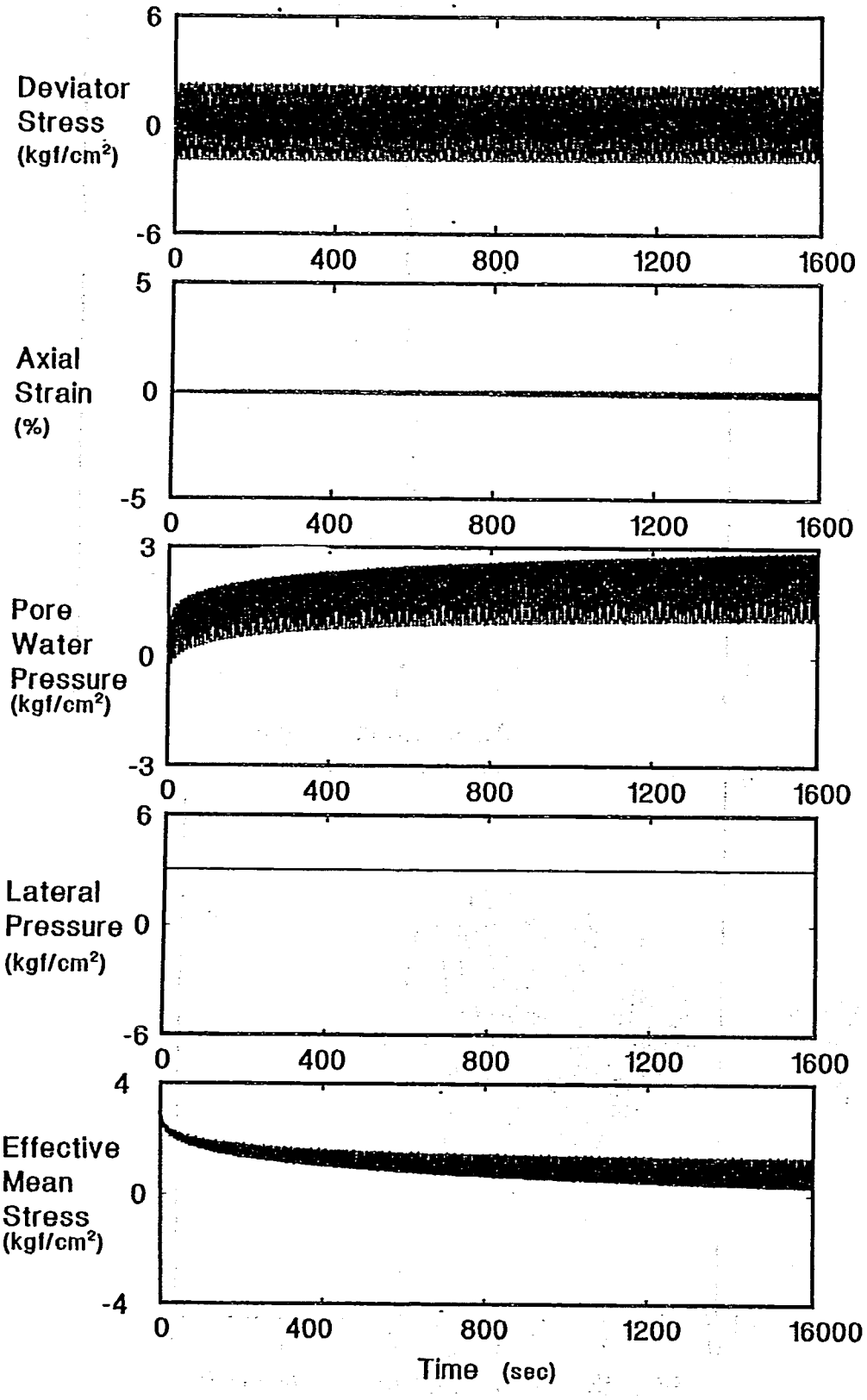
付図－3.11(a)　不撹乱上部砂礫層試料の応力ひずみ関係及び応力経路(σ_c ＝6.0kgf／cm², A-6U)



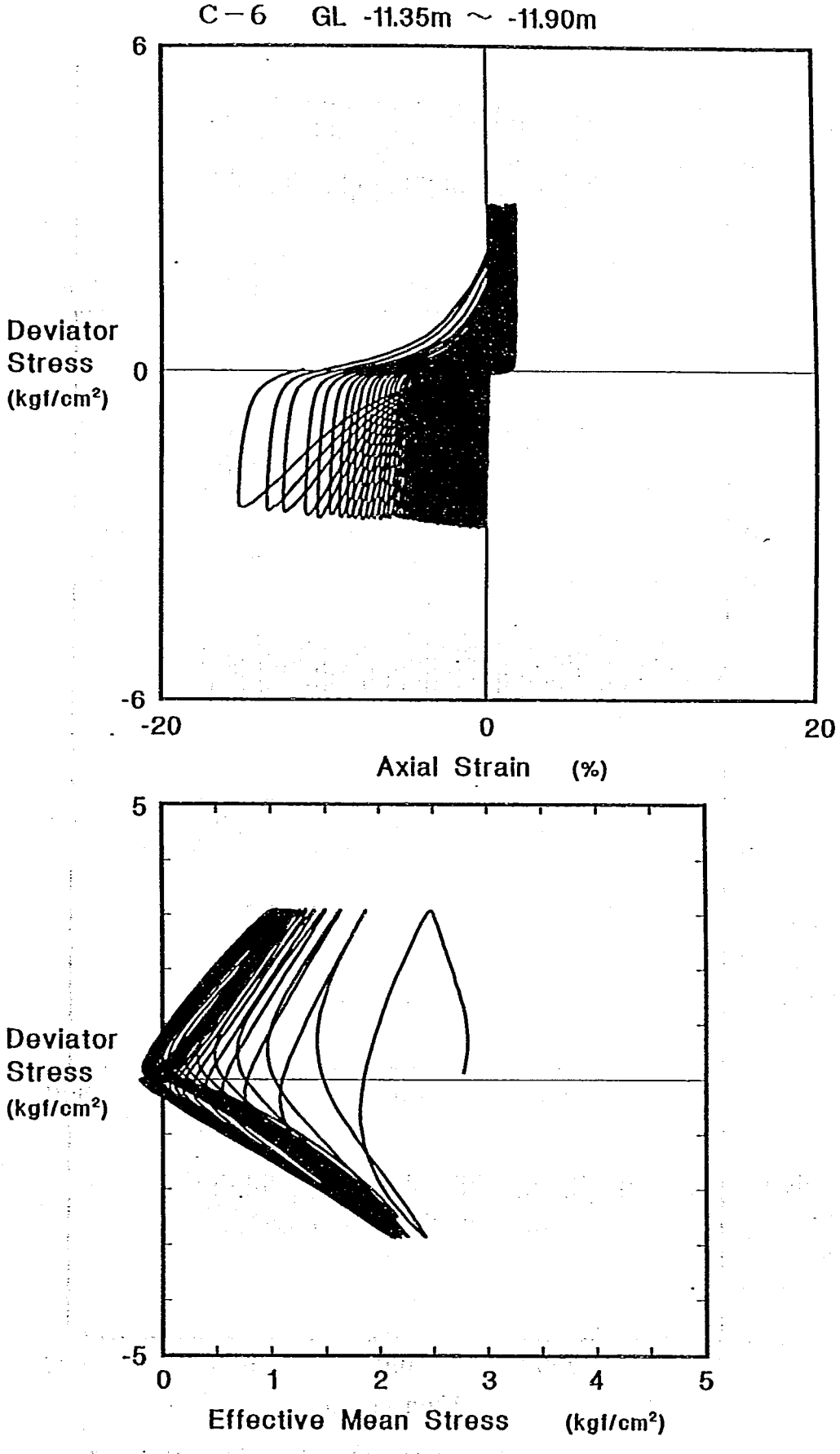
付図－3.11(b)　不撹乱上部砂礫層試料の軸差応力・軸ひずみ・間隙水圧の時刻歴（σ_c＝6.0kgf／cm²，A-6U）



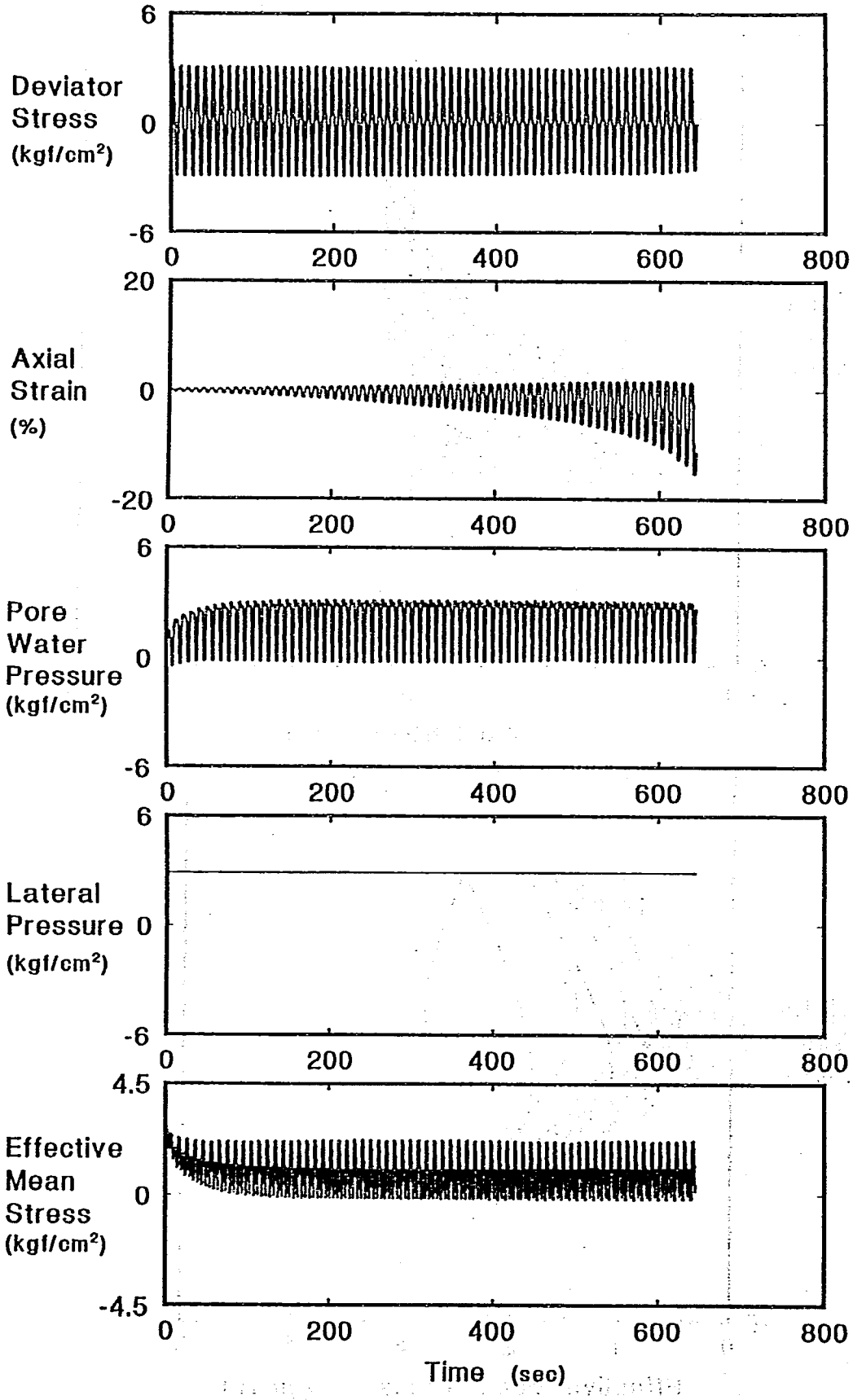
付図－3.12(a)　不撹乱下部砂礫層試料の応力ひずみ関係及び応力経路(σ_c＝3.0kgf／cm², B-7U)



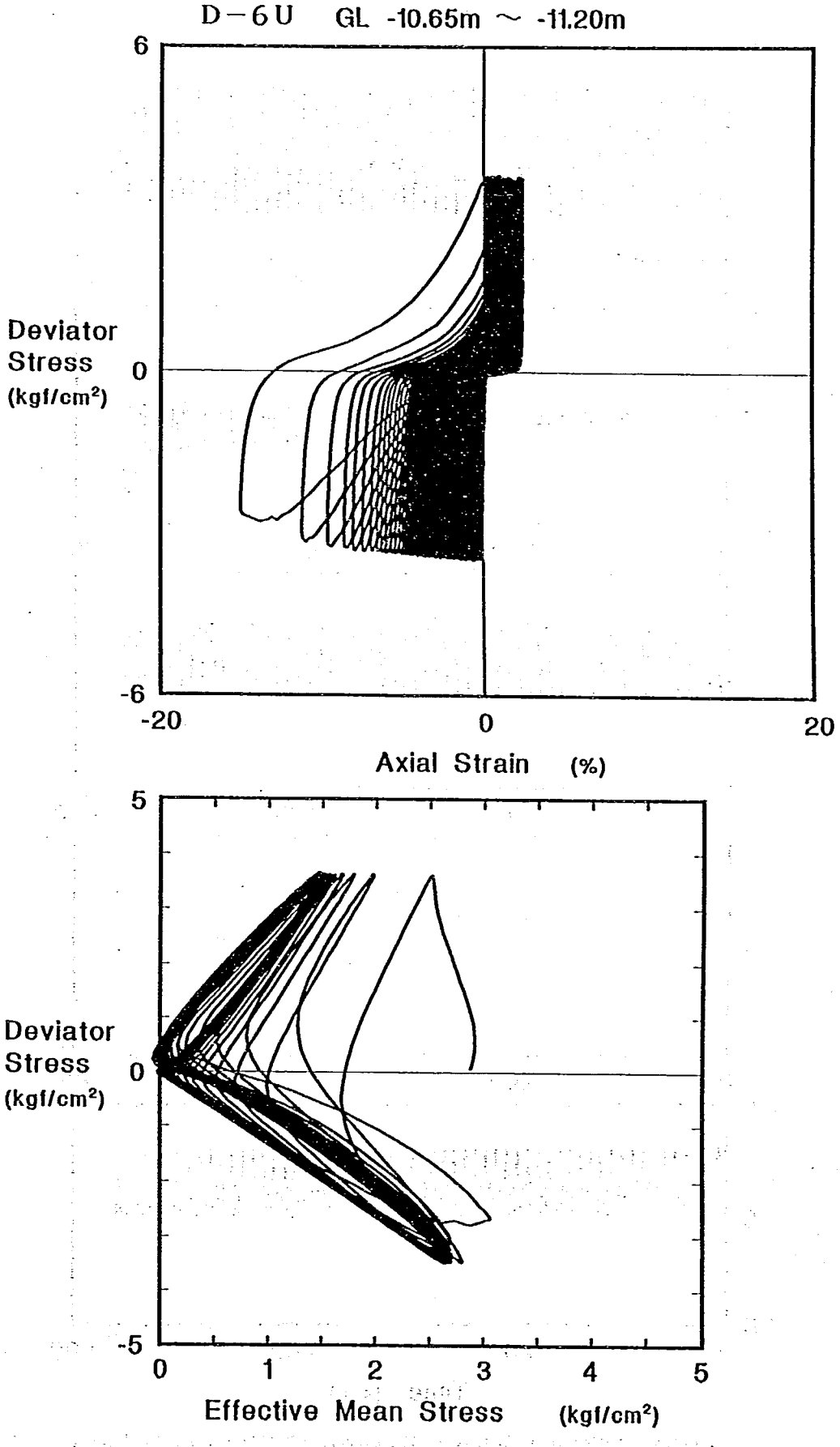
付図－3.12(b)　不撹乱下部砂礫層試料の軸差応力・軸ひずみ・間隙水圧の時刻歴（σ_c＝3.0kgf／cm²，B-7U）



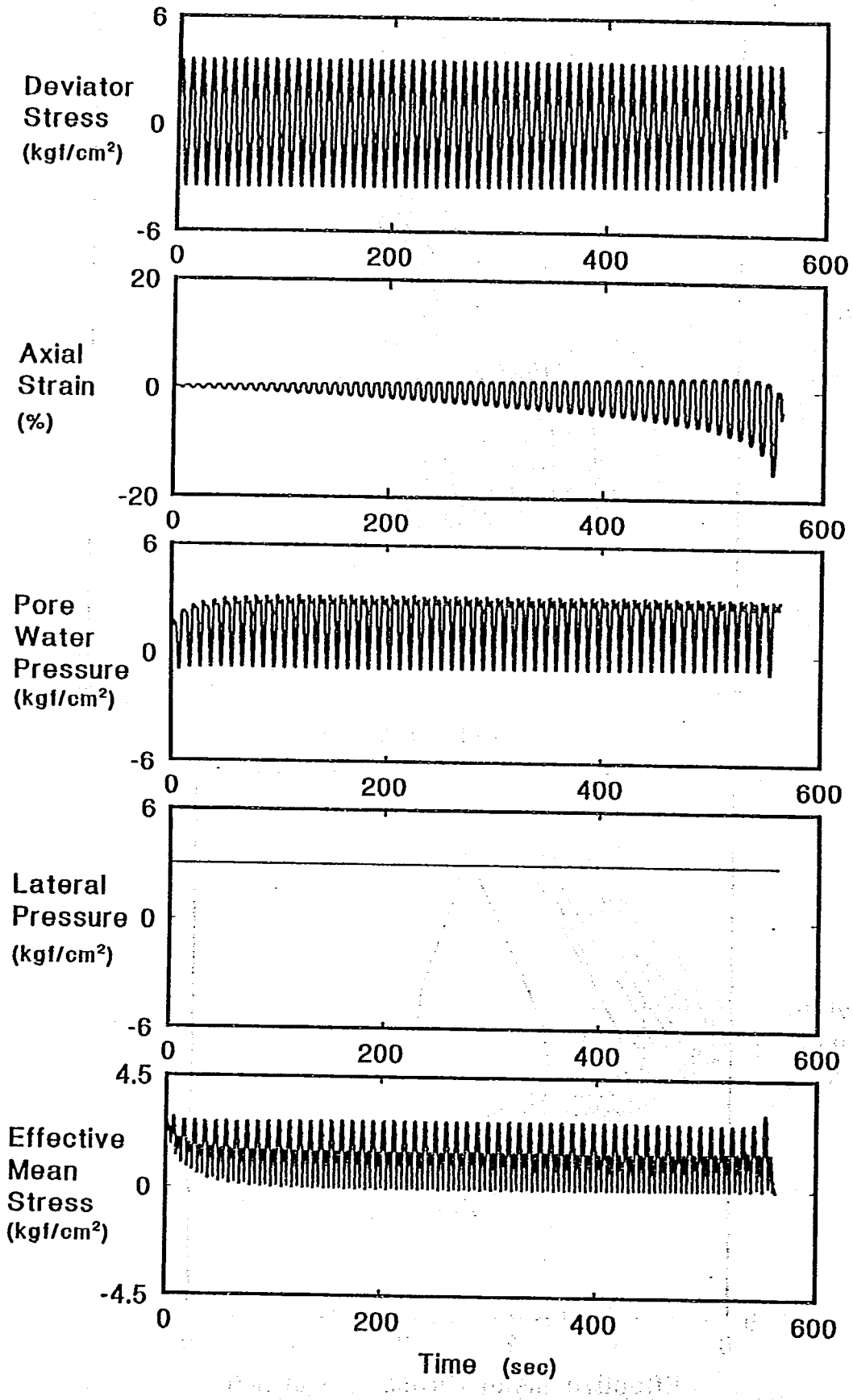
付図－3.13(a)　不撹乱下部砂礫層試料の応力ひずみ関係及び応力経路(σ_c＝3.0kgf／cm², C-6)



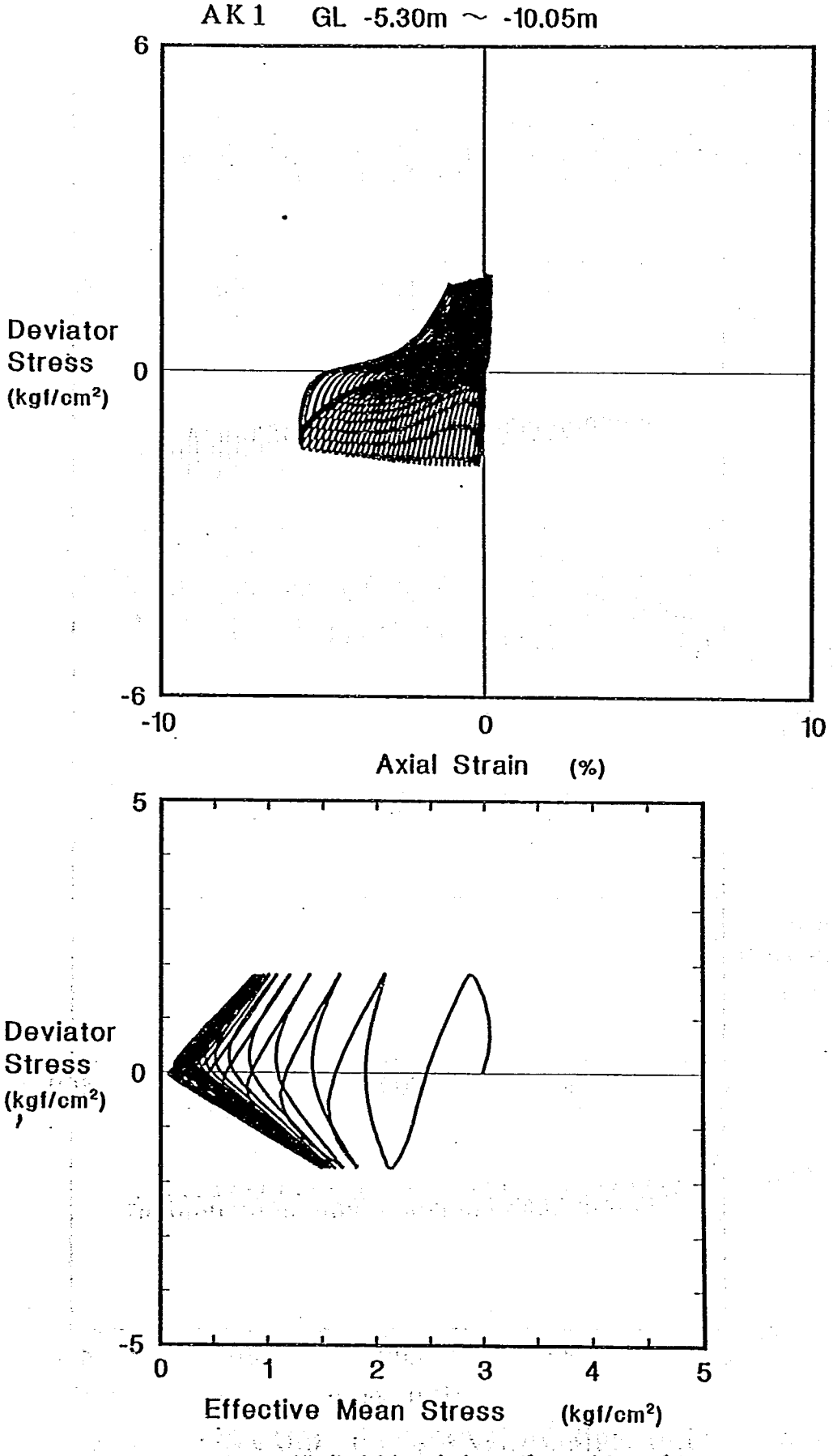
付図－3.13(b)　不撹乱下部砂礫層試料の軸差応力・軸ひずみ・間隙水圧の時刻歴（σ_c＝3.0kgf／cm², C-6）



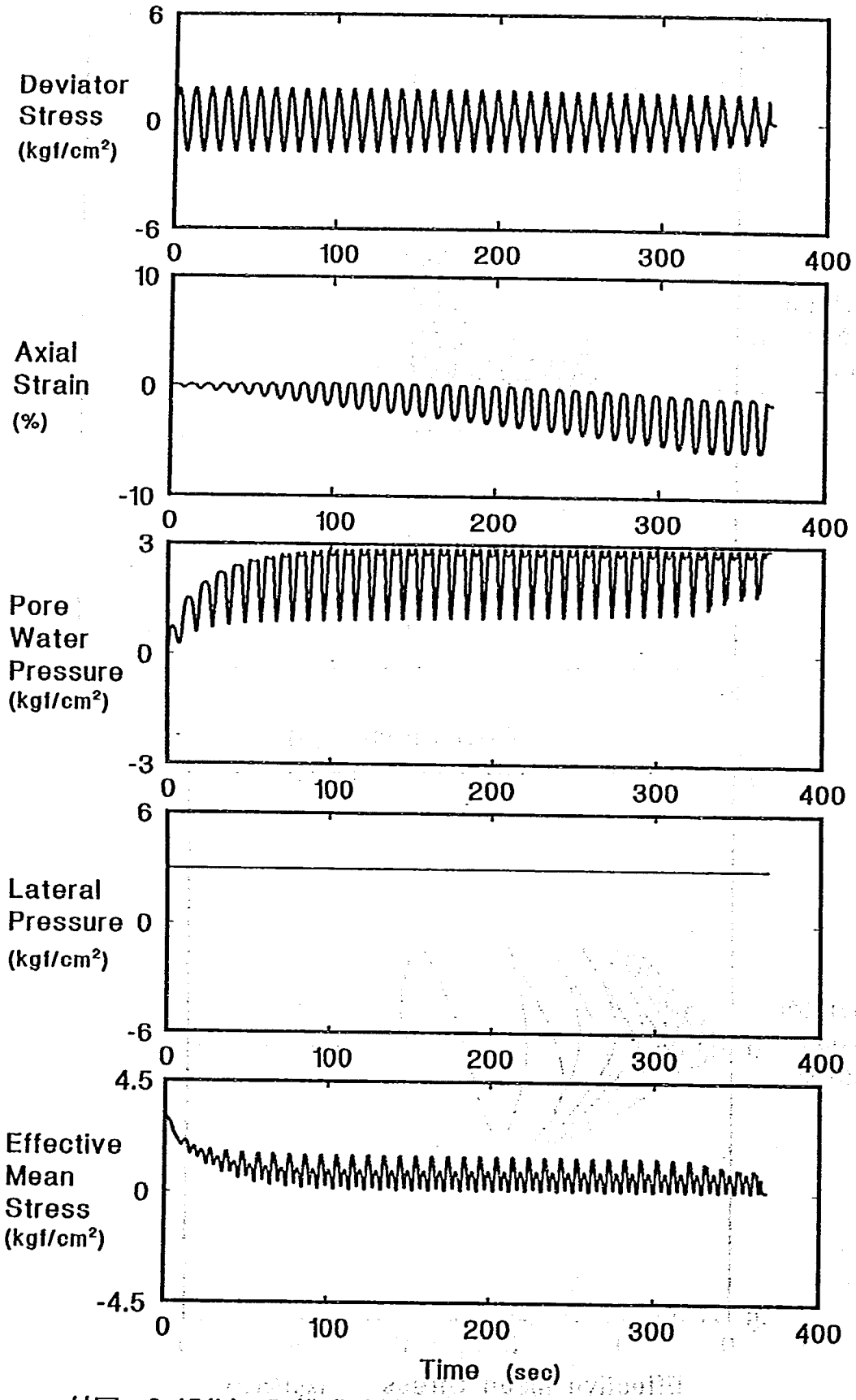
付図－3.14(a)　不撹乱下部砂礫層試料の応力ひずみ関係及び応力経路(σ_c＝3.0kgf／cm², D-6U)



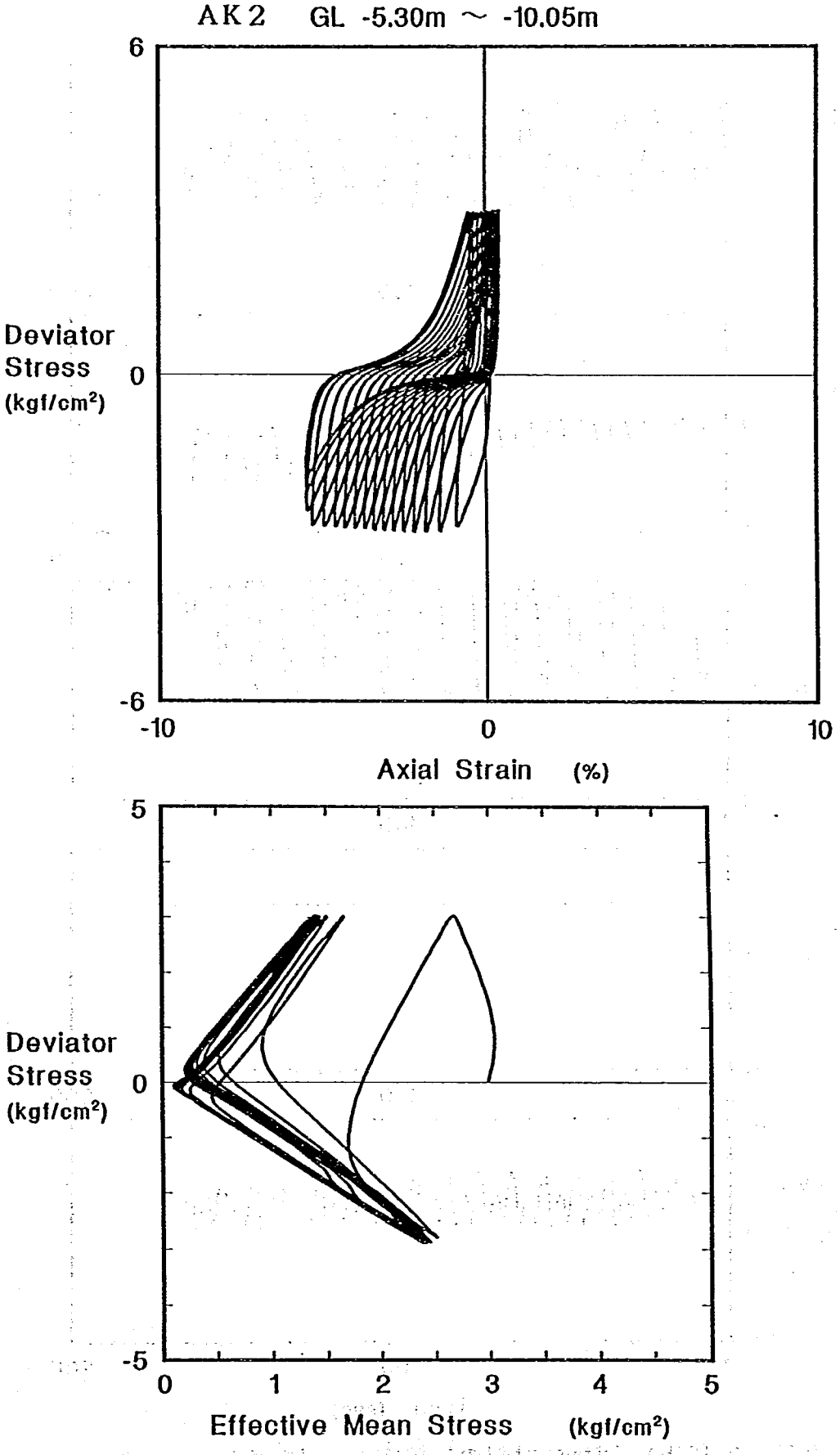
付図－3.14(b)　不撹乱下部砂礫層試料の軸差応力・軸ひずみ・間隙水圧の時刻歴（σ_c＝3.0kgf／cm², D-6U）



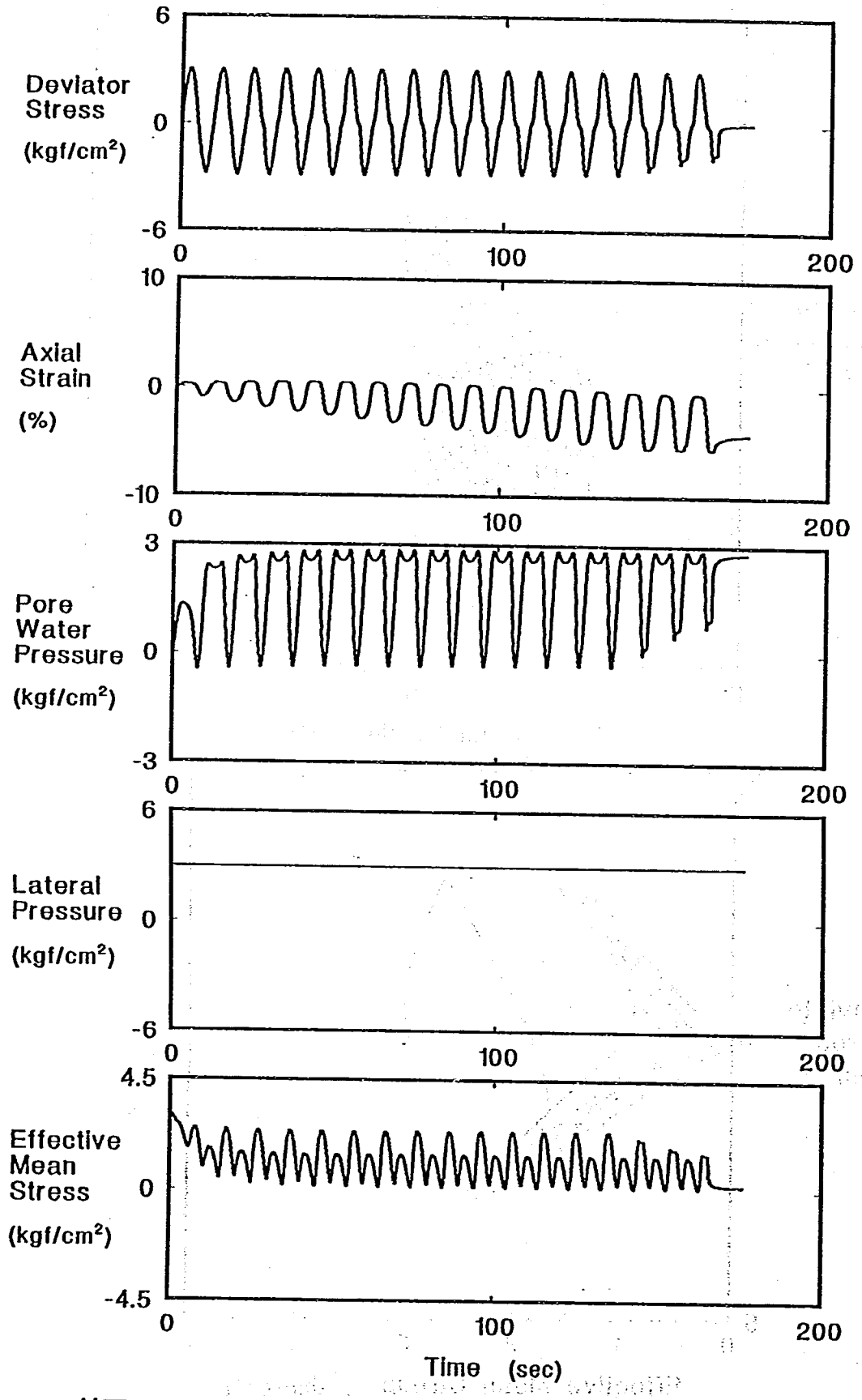
付図－3.15(a) 再構成試料の応力ひずみ関係及び応力経路(σ_c＝3.0kgf／cm², AK1)



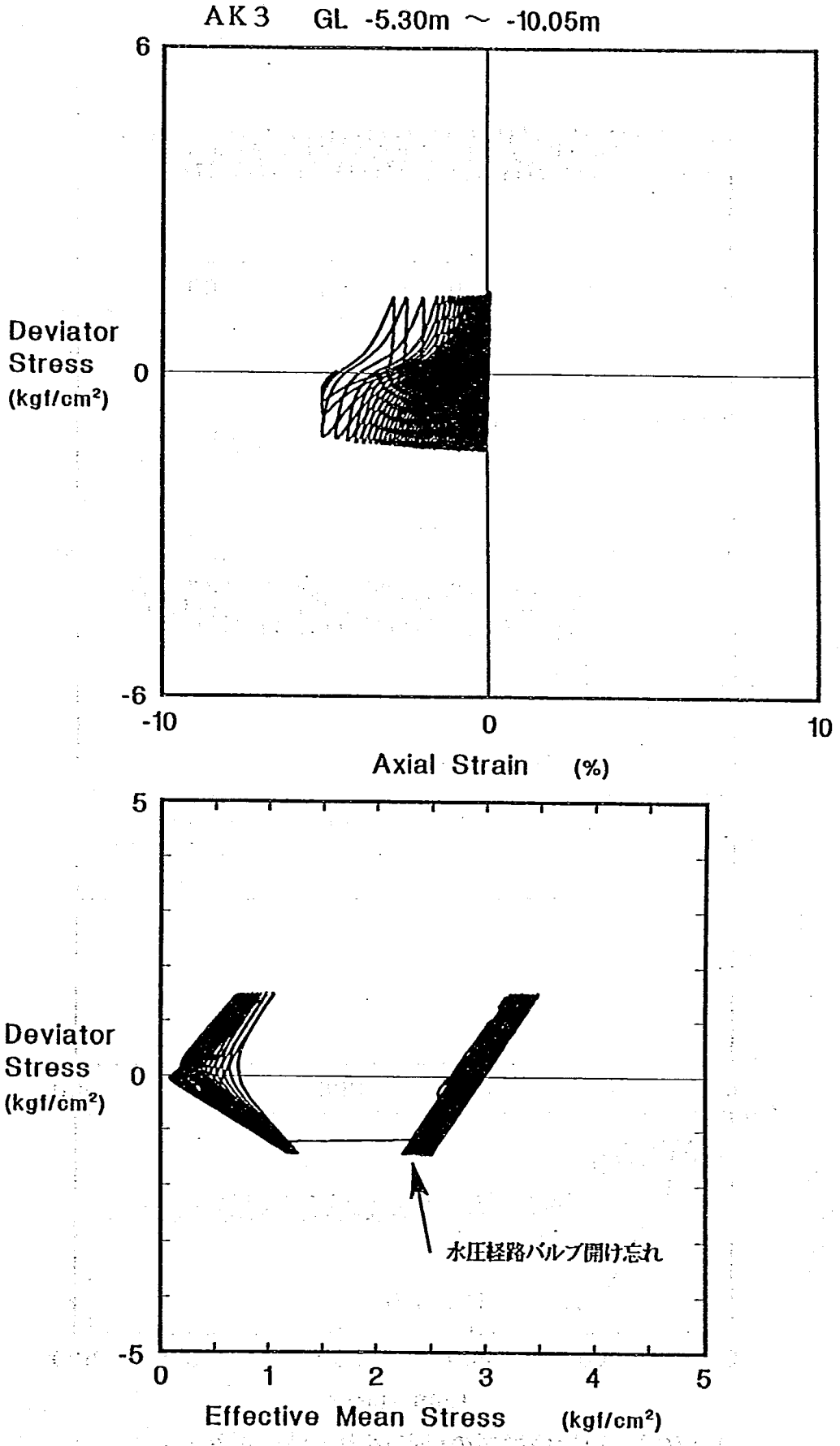
付図－3.15(b)　再構成試料の軸差応力・軸ひずみ・
間隙水圧の時刻歴（σ_c＝3.0kgf／cm²，AK1）



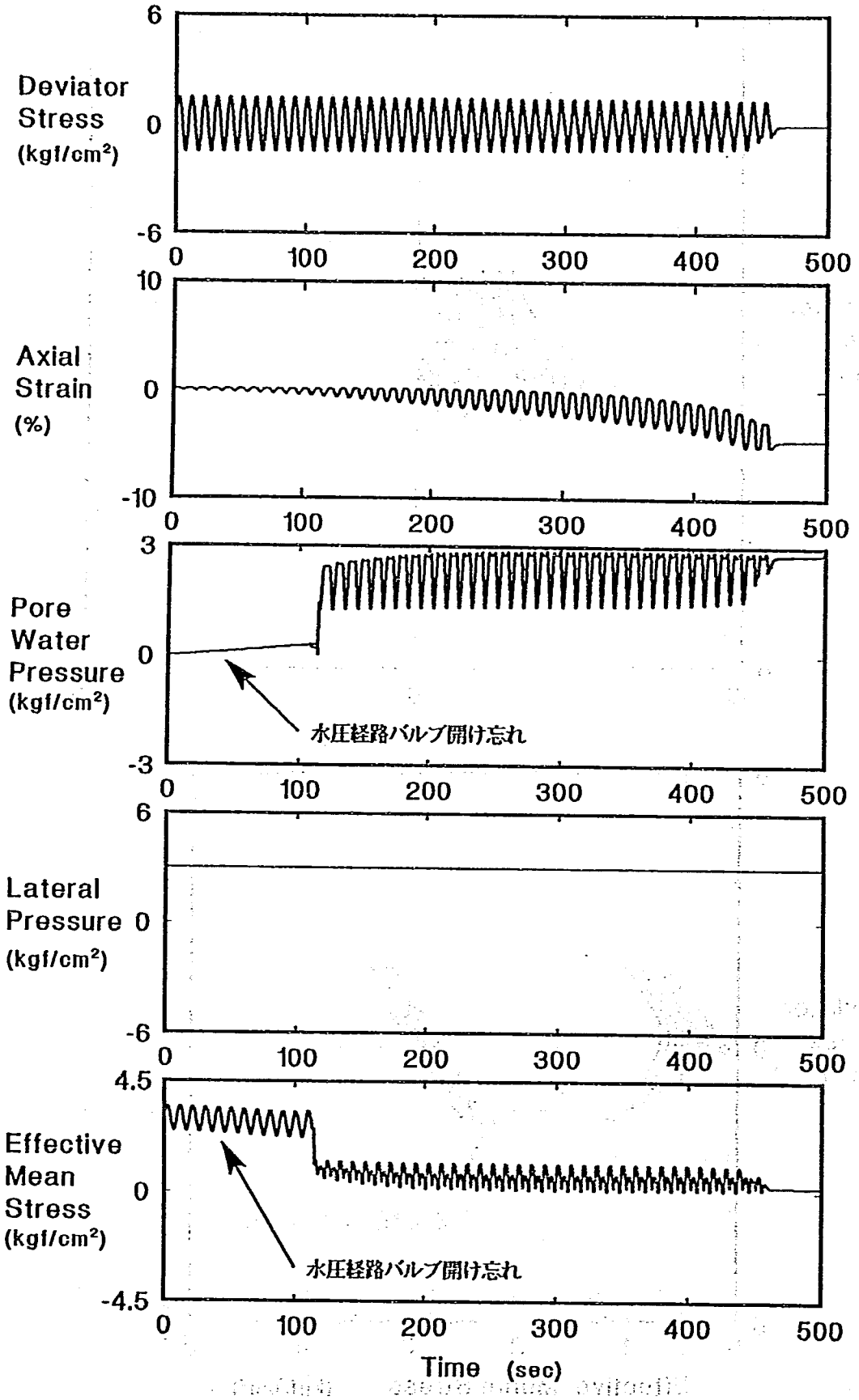
付図－3.16(a)　再構成試料の応力ひずみ関係及び
応力経路(σ_c＝3.0kgf／cm², AK2)



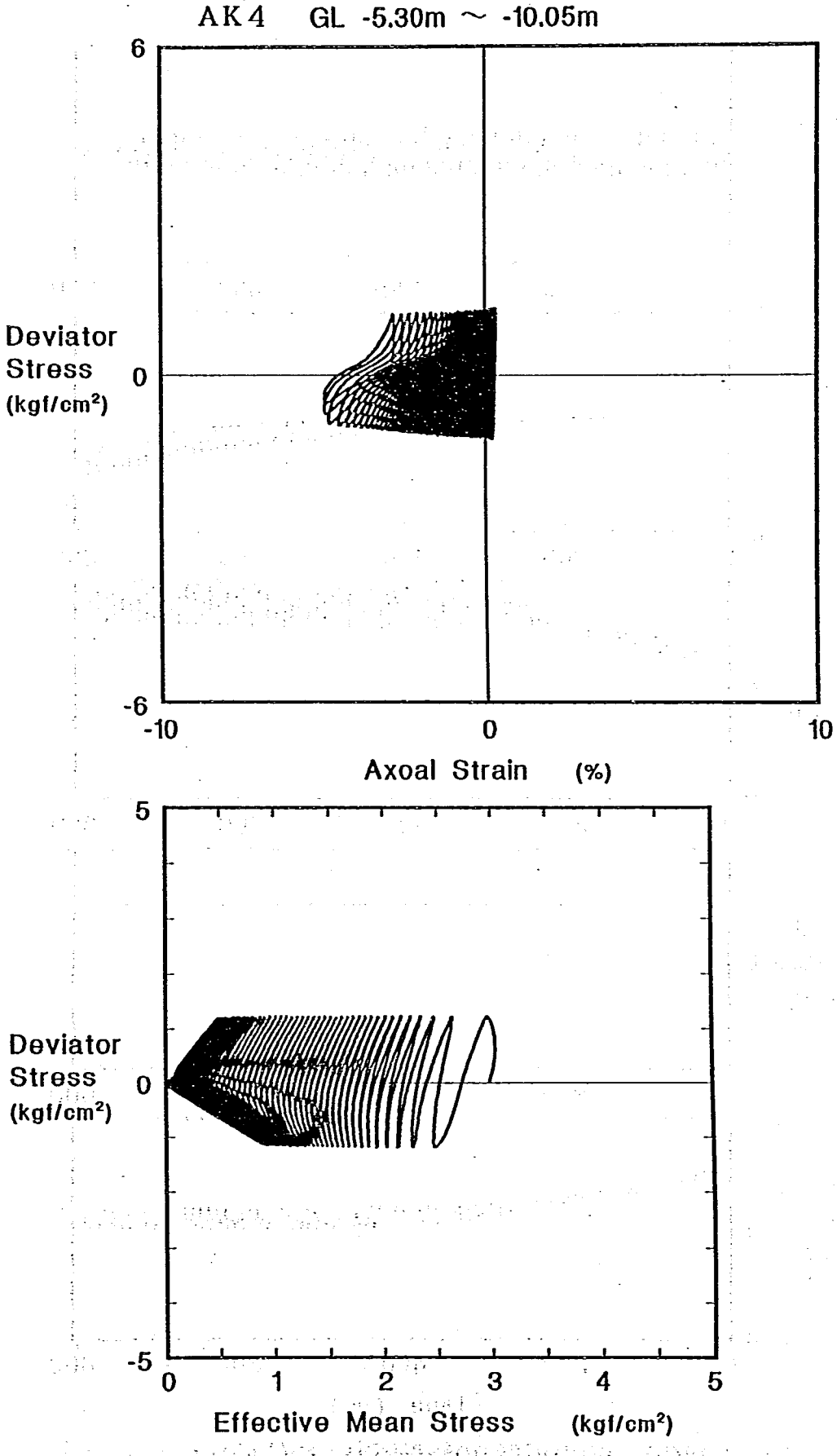
付図－3.16(b)　再構成試料の軸差応力・軸ひずみ・
間隙水圧の時刻歴（σ_c＝3.0kgf／cm²，AK2）



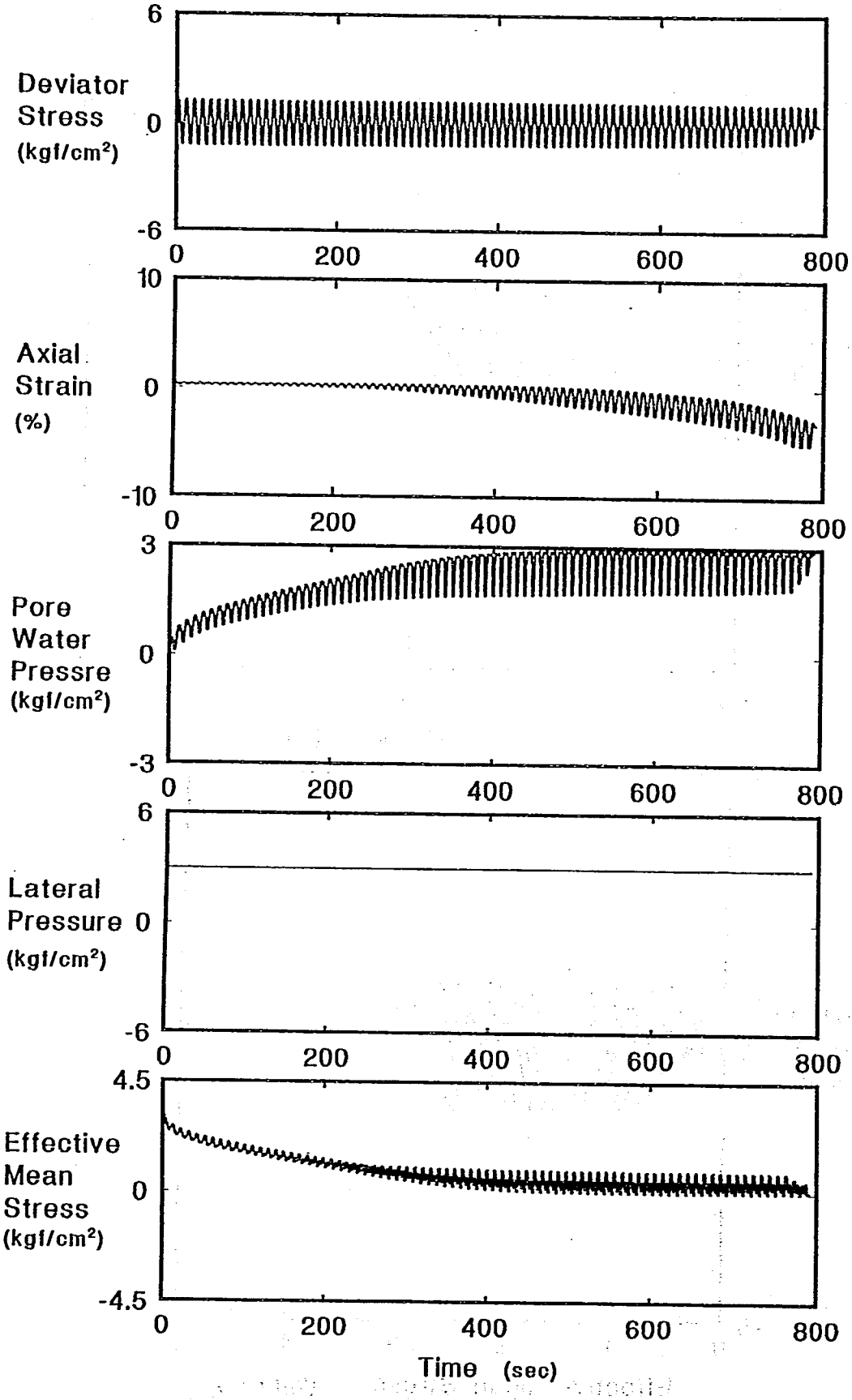
付図－3.17(a)　再構成試料の応力ひずみ関係及び
応力経路(σ_c＝3.0kgf／cm², AK3)



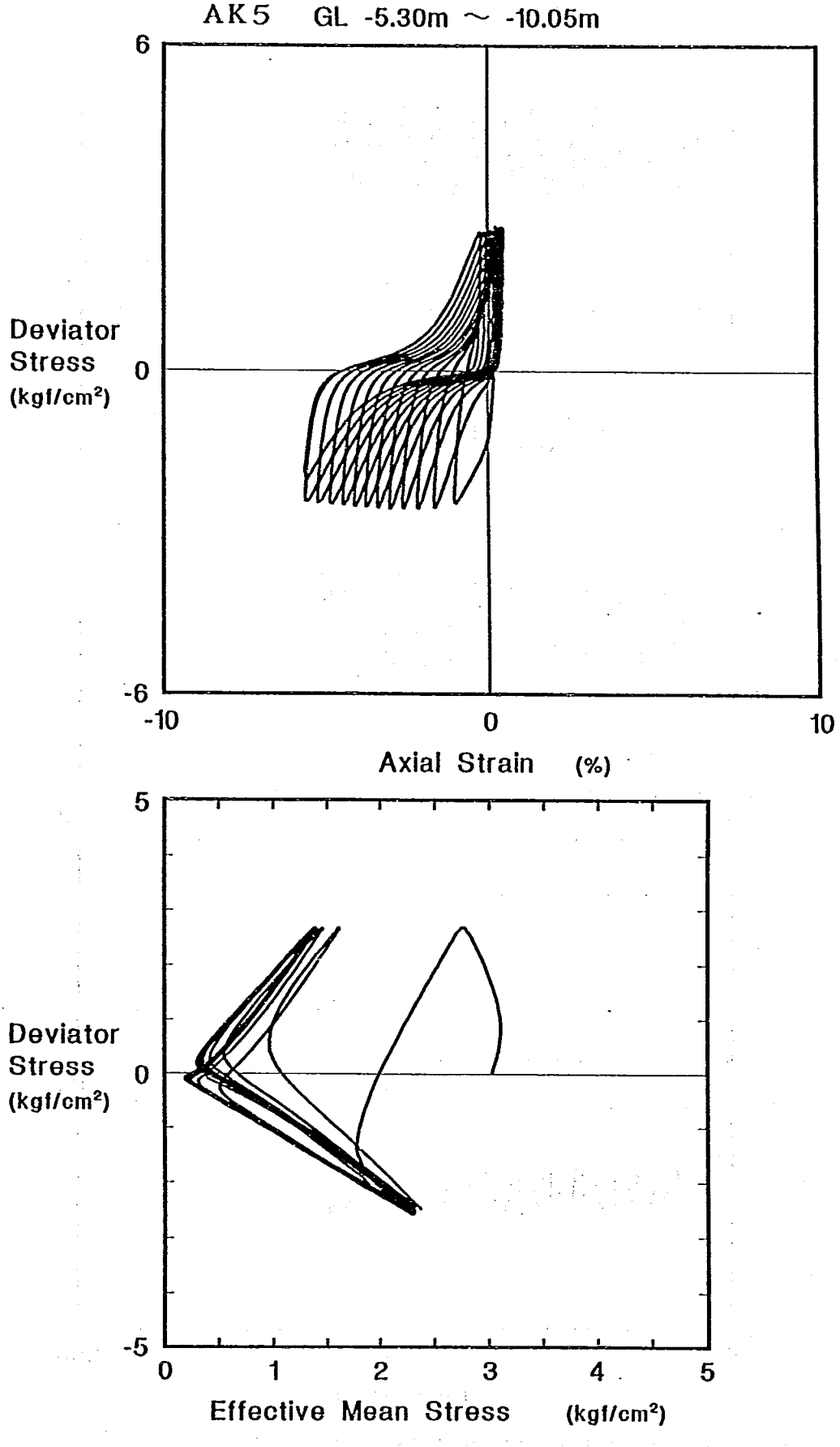
付図－3.17(b)　再構成試料の軸差応力・軸ひずみ・
間隙水圧の時刻歴（σ_c＝3.0kgf／cm², AK3）



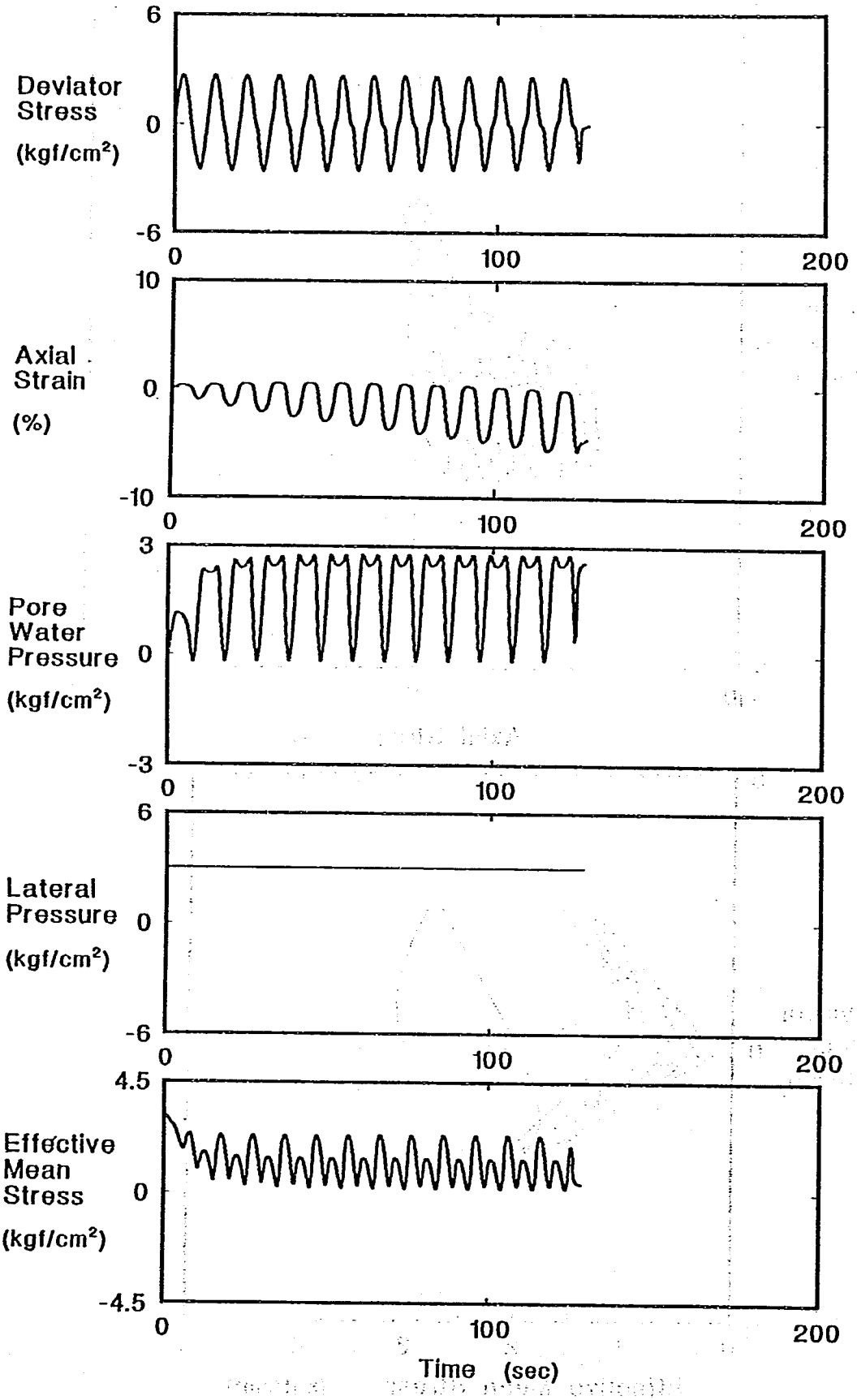
付図－3.18(a)　再構成試料の応力ひずみ関係及び
応力経路(σ'_c＝3.0kgf／cm², AK4)



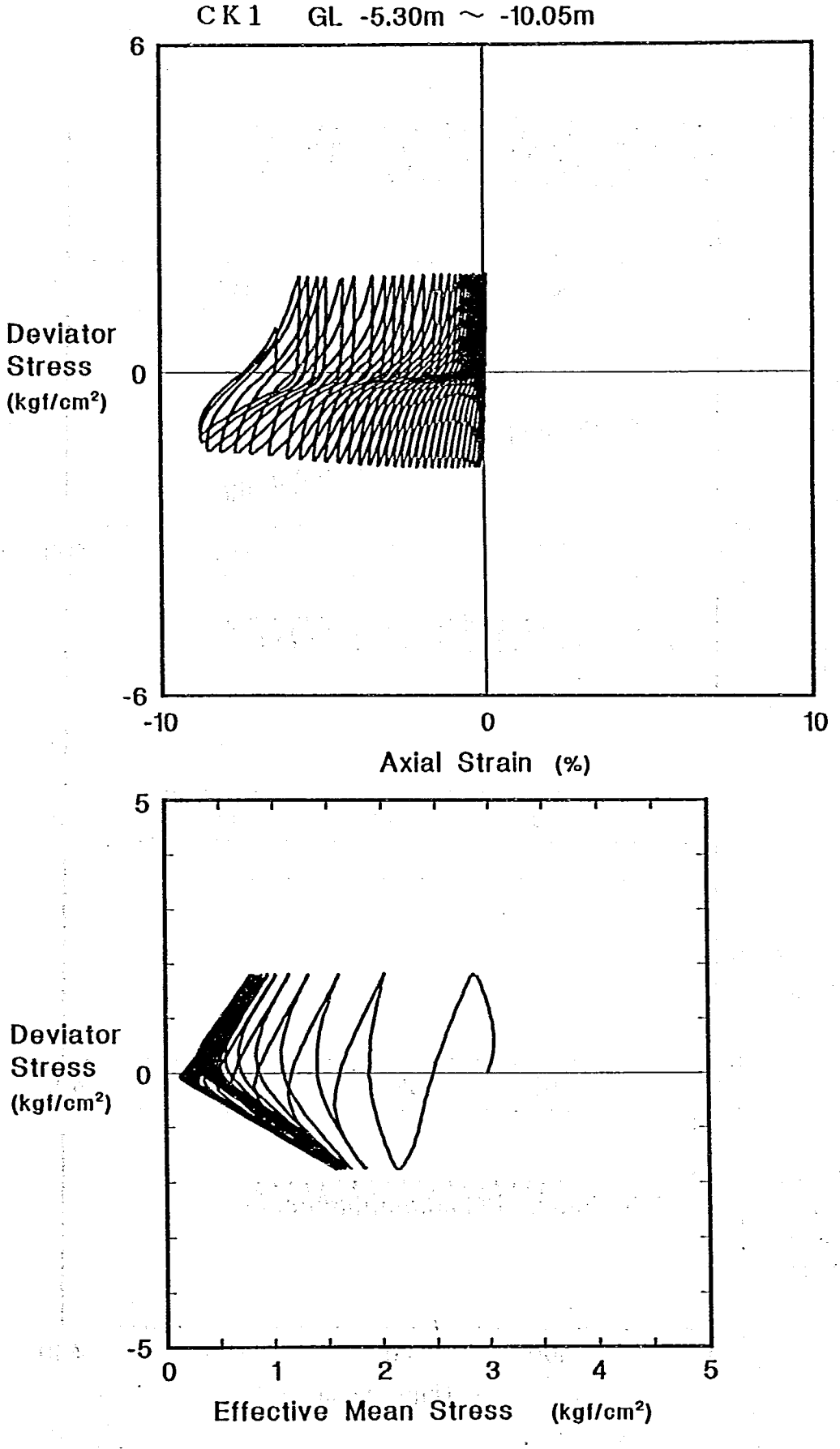
付図－3.18(b)　再構成試料の軸差応力・軸ひずみ・
間隙水圧の時刻歴（σ_c＝3.0kgf／cm²，AK4）



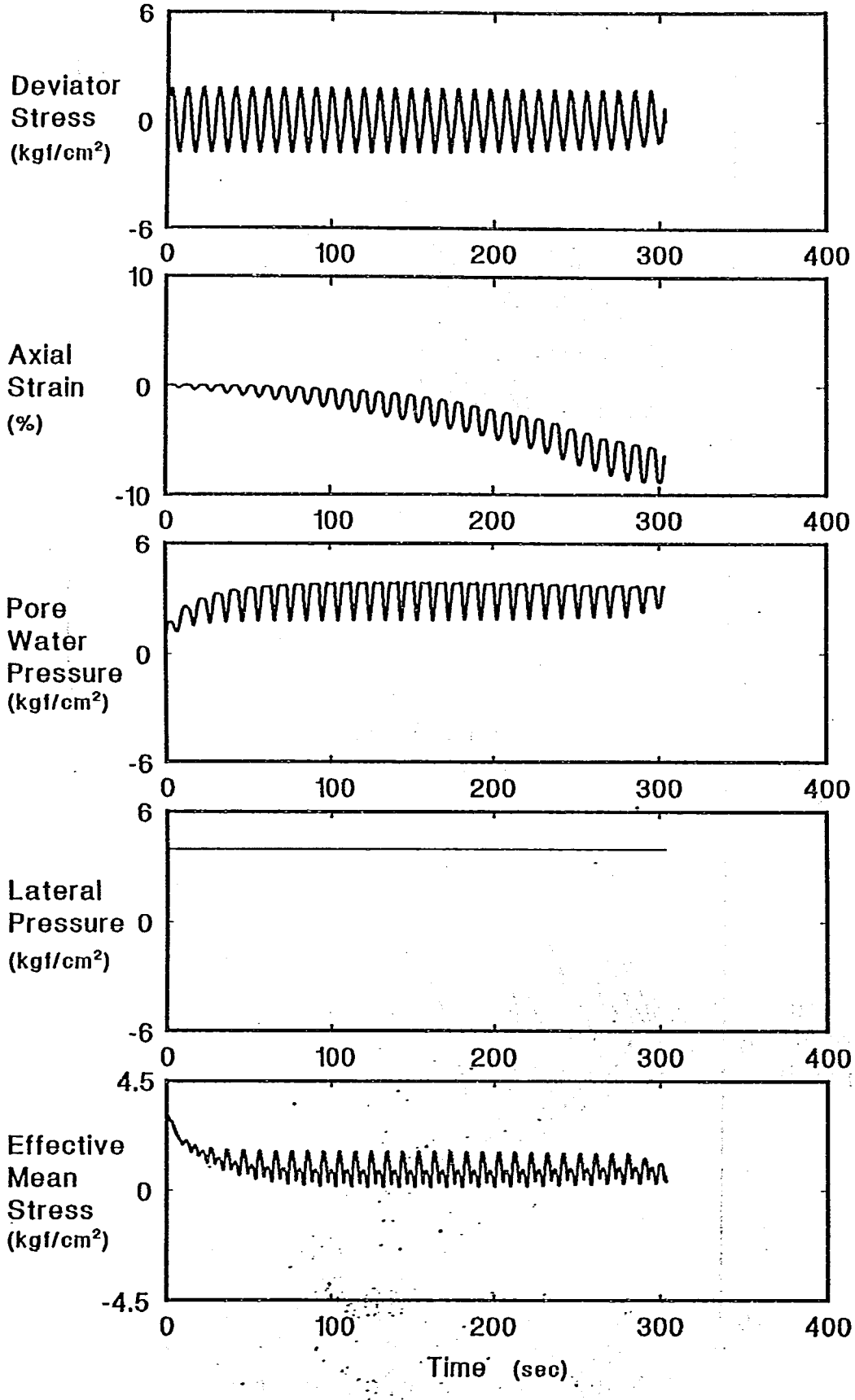
付図－3.19(a)　再構成試料の応力ひずみ関係及び
応力経路(σ_c＝3.0kgf／cm², AK5)



付図－3.19(b)　再構成試料の軸差応力・軸ひずみ・
間隙水圧の時刻歴（σ_c＝3.0kgf／cm²，AK5）



付図－3.20(a) 再構成試料(D_{max}＝174mm)の応力ひずみ関係及び応力経路(σ_c＝3.0kgf／cm², CK1)



付図－3.20(b)　再構成試料(D_{max}＝174mm)の軸差応力・軸ひずみ・間隙水圧の時刻歴(σ_c＝3.0kgf／cm², CK1)

凍結採取法による不撹乱砂礫材料の静的強度及び動的変形・強度特性

ＩＳＳＮ0386－5878
土木研究所資料第3325号
平成７年１月（1995）

中村　昭，安田　成夫
太田　直之，高橋三津彦

要　旨

本報告は，室内大型三軸試験機を用い河床砂礫の再構成材料から得られる力学特性の，原位置自然地盤への適応性を把握することを目的としたものである。フィルダムの基礎に想定される河床砂礫地盤より採取した凍結不撹乱試料の静的強度及び動的変形・強度特性を調べ，再構成材料と比較し主に以下の事項について考察した。

①凍結不撹乱砂礫試料と再構成砂礫試料の静的強度との比較。
②凍結不撹乱砂礫試料の動的変形・強度特性と原位置自然地盤特性との整合性。
③凍結不撹乱試料と再構成試料との動的変形・強度特性についての比較。
④凍結不撹乱試料における静的強度と動的強度との関連性。

キーワード：フィルダム，河床砂礫，不撹乱試料，動的変形・強度特性

郵便はがき

切手をはって下さい

3 0 5 - □ □

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所
ダム部フィルダム研究室　行

No. 002

No. 002

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第3325号　　部

上記のとおり受領しました。

所　属（住所）

氏　名　　印