

土木研究所資料

下水道管路埋戻し材料の繰返し強度特性に関する 実験報告書

平成12年8月

建設省土木研究所
耐震技術研究センター
動土質研究室

下水道管路埋戻し材料の繰返し強度特性に関する 実験報告書

耐震技術研究センター	動土質研究室	室長	松尾 修
		研究員	佐々木哲也
		研究員	田本 修一

要 旨

下水道管渠の液状化被害を防止するために必要な埋戻し施工管理基準のあり方を見いだすため、下水道管渠の現行の埋戻し施工に関する工事規定・施工実態等の情報を収集し、その結果をとりまとめた。

また、液状化被害防止の観点からの埋戻し施工管理基準を定めるため、実際に用いられている埋戻し材料の締固め度を変化させた液状化試験を行った。その結果、締固め度が高くなると液状化強度は大きくなること、同じ液状化強度であっても材料によって軟化の程度は異なることなどがわかった。

キーワード：下水道管路、埋戻し、締固め、液状化試験

目 次

まえがき	1
I. 下水道管路の埋戻し施工実態に関する調査	
1. 調査目的	4
2. 調査対象地点	4
3. 調査内容	4
4. 調査結果	4
4. 1 埋戻し材料	4
4. 2 埋戻し方法	6
4. 3 締固め管理基準	9
4. 4 液状化対策	9
5. まとめと今後の課題	23
II. 下水道管路埋戻し材料の締固めと液状化強度の関係に関する液状化試験	
6. 試験概要	26
7. 試験方法	27
7. 1 試料	27
7. 1. 1 粒度特性	27
7. 1. 2 締固め特性	28
7. 2 繰返し非排水三軸試験（液状化試験）方法	28
7. 2. 1 供試体作成	28
7. 2. 2 予備試験	29
7. 2. 3 本試験	30
8. 試験結果及び考察	33
8. 1 予備試験結果（繰返し三軸試験と漸増振幅繰返し三軸試験の比較試験）	33
8. 2 本試験（埋戻し材の漸増振幅繰返し三軸試験）結果とその考察	36
8. 2. 1 材料特性、締固め密度と液状化強度の関係	39
8. 2. 2 材料特性、締固め密度と累積ひずみエネルギーの関係	47
9. まとめ	58
参考文献	59
<巻末資料>	
1. 下水道管路の埋戻し施工に関する実態調査要領及び記入例	61
2. 下水道管路埋戻し施工管理基準に関する調査結果	75
3. 本試験結果	109

まえがき

地震の多い我が国において、下水道などのライフライン施設は過去に数々の被害を受けてきた。ライフライン施設の一つである下水道施設に関しては、1964年新潟地震、1983年日本海中部地震等で被害が生じた^{1)、2)、3)}が、特に平成5年(1993年)1月15日に発生した釧路沖地震において釧路町で生じたマンホールの浮上がり現象は、外部から目に見える被害として最も目立つものであった^{4)、5)}。

釧路沖地震等で浮き上がった下水道管路施設を対象に当所で行った被害事例調査^{6)、7)}によると、下水道管路の被災の主たる要因は地下水位以下の埋戻し土の液状化であることがわかっている。また、これまでに実施した管路施設の浮上がりに関する模型振動台実験^{8)、9)、10)、11)}から、埋戻し部分を十分に締め固め、液状化抵抗を高めることにより浮き上がりがある程度防止できることがわかっている。これらの調査、模型実験により得られた知見から、埋戻し施工を適切に行いその液状化抵抗を高めることによって、ある程度管渠の液状化被害を軽減できるものと考えられる。

そこで、本報では下水道管渠の液状化被害を防止するために必要な埋戻し施工管理基準のあり方を見いだすことを目的として以下の基礎的検討を行った結果を報告するものである。

①下水道管渠の現行の埋戻し施工に関する工事規定・施工実態等の調査

②各機関で実際の埋戻し施工に用いられている埋戻し材の液状化抵抗を調べることを目的とした繰返し非排水三軸試験

なお、本調査は下水道事業調査費による調査課題「下水道施設の液状化対策に関する調査」(平成9～13年度)の下で平成11年度に実施したものである。

I. 下水道管路の埋戻し施工実態に関する調査

1. 調査目的

本調査では、下水道管渠埋戻し施工の実態の把握を目的としている。主な調査項目は以下のとおりである。

- ・埋戻し材料
- ・埋戻し施工方法
- ・締固め管理基準
- ・液状化対策

2. 調査対象地点

調査対象として、全国の政令指定都市、県庁所在地及び人口5～20万人の市町村の中から20自治体を選定した。なお、調査対象には、過去に地震による下水道管渠の被害が生じた箇所を含んでいる。

各自治体には、過去2年間に所轄管内において施工された管渠のうち、1) 開削工法で施工されたこと、2) 管渠上方の道路種別が異なること、3) 管種が異なること及び4) 比較的管径が大きいこと、を考慮して3箇所の現場を選定して頂いた。

3. 調査内容

調査は、主に埋戻し材料、埋戻し方法、締固め管理基準、液状化対策の4つの観点についてアンケート方式により実施した。なお、調査に用いた調査票を巻末資料1に添付した。埋戻し材料については、発生土利用の有無を中心に調べた。埋戻し方法については、管渠周りの埋戻し施工における締固め施工法や、埋戻し施工・管理を行うにあたって、根拠あるいは参考とした指針・基準類名等について調査した。締固め管理基準については、管理項目、基準値、試験頻度、及び締固め管理に関する仕様書での記述に関して調査した。液状化対策については、具体事例を挙げてもらい、その工法を選定した理由や設計を行うにあたり準拠した基準・指針類等について調査した。

4. 調査結果

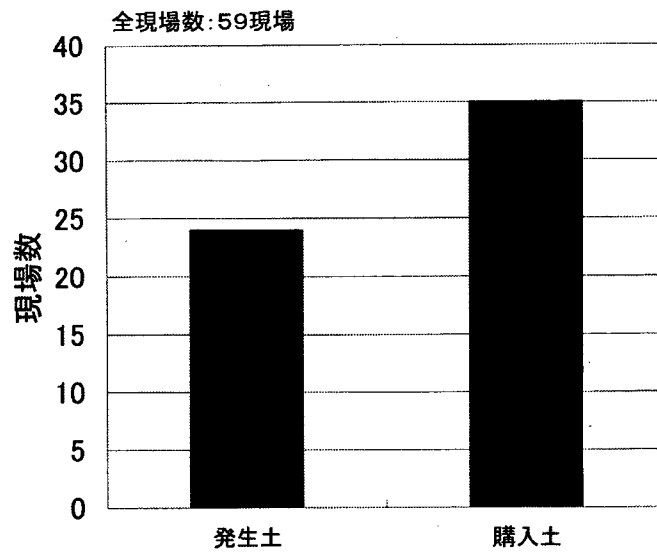
アンケートは20自治体に回答していただき、合計59現場のデータを得ることができた。調査結果の一覧表を表－4.1に示す。以下、同表をもとに主な項目について整理した結果を述べる。

なお、本調査を実施する以前に埋戻し施工管理基準に関しての基礎的な知見を得るため、筆者らが入手し得た情報を整理したものを巻末資料に添付する。

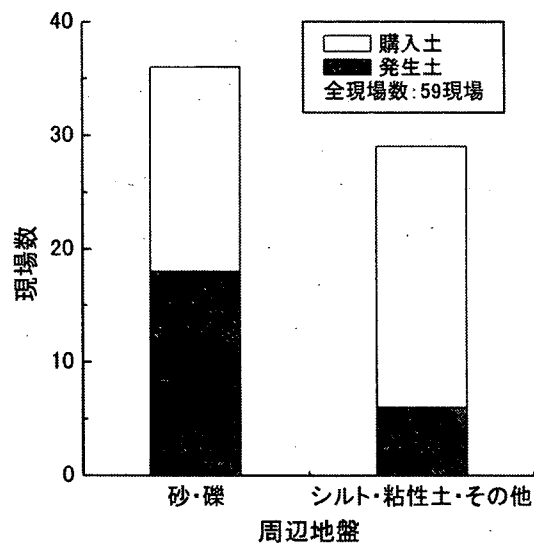
4. 1 埋戻し材料

(1) 発生土・購入土利用の実態

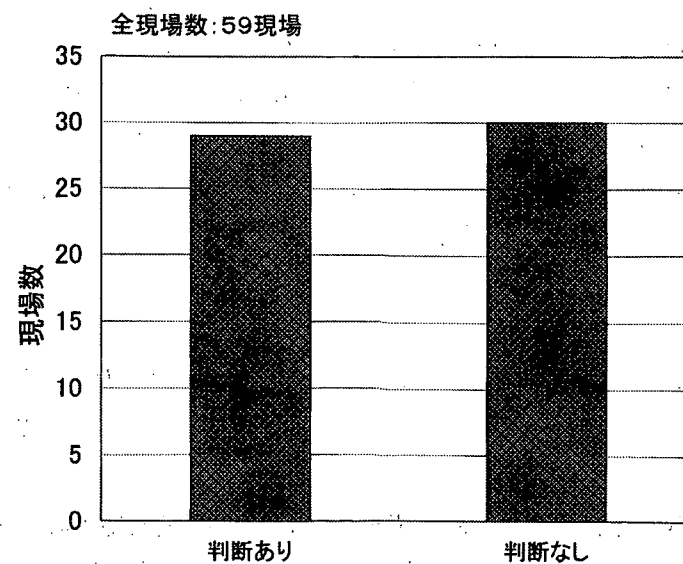
図－4.1に示すように、埋戻し材料については、全59現場のうち掘削による発生土を利用しているのが24現場（約4割）、購入土のみを使用しているのが35現場（約6割）であった。なお、発生土を利用した事例の中には、石灰安定処理、ソイルセメントにより土質改良した4事例が含まれている。発生土を利用している現場でも、管路周辺の埋戻し材料には購入土（砂）を使用し、発生土で埋め戻す範囲は管路上10～30cmより路床までに限る事例が多かった。



図一 4.1 埋戻し材料の利用状況



図一 4.2 周辺地盤の土質と発生土の使用頻度との関係



図一 4.3 発生土利用可否の判断の有無

周辺地盤の土質と発生土の使用頻度との関係を図－4.2に示す。これより、周辺地盤が砂質土や砂礫といった埋戻し土として利用できそうな現場では36現場中18現場で発生土が利用されており、その他の土質である場合に比べて発生土の利用度が高いことがわかる。

管路や人孔の種類によって埋戻し材料が異なる傾向は見られなかった。国道・県道の現場では発生土が使用されていたのは18現場中6現場、市町村道の現場では発生土が使用されていたのは41現場中18現場であり、後者の方がやや使用割合が高い。

(2) 発生土利用可否の判断

図－4.3に示すとおり、発生土利用可否の判断を行ったと回答した現場が59現場中29現場あった。このうち24現場が実際に発生土を利用していた。なお、「判断なし」とした現場はすべて購入土を用いている。

発生土利用可否の判断方法は、土質試験データをもとに判断を行った現場が15現場あった。このうち、独自に定量的な判断基準を設けている自治体が2自治体（5現場）あった。そのうちの1例を図－4.4に示す。これは発生土の物理試験と液性・塑性限界試験を行い、液性指数と自然含水比の関係から発生土の処理法を決定し、利用可否の判断を行う方法である。他の1つは、材料種別（発生土、改良土、購入土）に粒度及び耐荷力（CBR値）の範囲を規定しているものであった。判断基準を設けていない自治体では、国道や県道の道路管理者との協議により埋戻し材料を決めたと回答した現場は3現場であり、発注側の監督職員が判断した現場が7現場であった。

土質試験データを用いずに利用可否の判断を行った現場が14現場あった。このうち、発注側の監督職員が目視や経験上により判断した現場が11現場であった。国道や県道の道路管理者との協議により埋戻し材料を決めたと回答した現場は2現場であり、発注側の監督職員と請負側の現場担当者との協議により利用の可否を決めた現場が1現場であった。

調査を行ったいくつかの自治体からの意見として、明確な発生土の利用判断基準を設けて頂きたいとの要望があった。ただし、参考までに「建設発生土利用技術マニュアル（平成9年10月）」¹²⁾というものがある。

(3) 材料特性

アンケートを行った現場で用いられている埋戻し材料の粒度分布を図－4.5に示す。この図より、平均粒径は購入土で0.3～2 mmの範囲、発生土で0.25～1 mmの範囲であった。なお、ある自治体では、購入土として平均粒径が10mmの碎石土砂を使用していた。理由は、その自治体で入手できる購入土のうち、一番安価であるとのことであった。その他、地震対策を目的として碎石が、現場発生土の再利用を目的として石灰安定処理土やソイルセメントが、下水汚泥のリサイクルを目的として汚泥焼却灰が利用されている事例があった。

4. 2 埋戻し方法

埋戻しの施工方法は、いずれの自治体においても埋設物周辺が人力、水締め、またはタンパで行い、それ以外については、タンパ等の小型転圧機械で行っていた。これらは、政令市や都道府県の共通仕様書で定められていた。

なお、問題点として現場条件の制約上、管路周りにおける効果的な締固め方法がないという現場の意見があった。狭所における埋設物周辺の効果的な締固め方法の開発が今後の課題として挙げられる。

調査年度 : _____

調査名(工事名) : _____

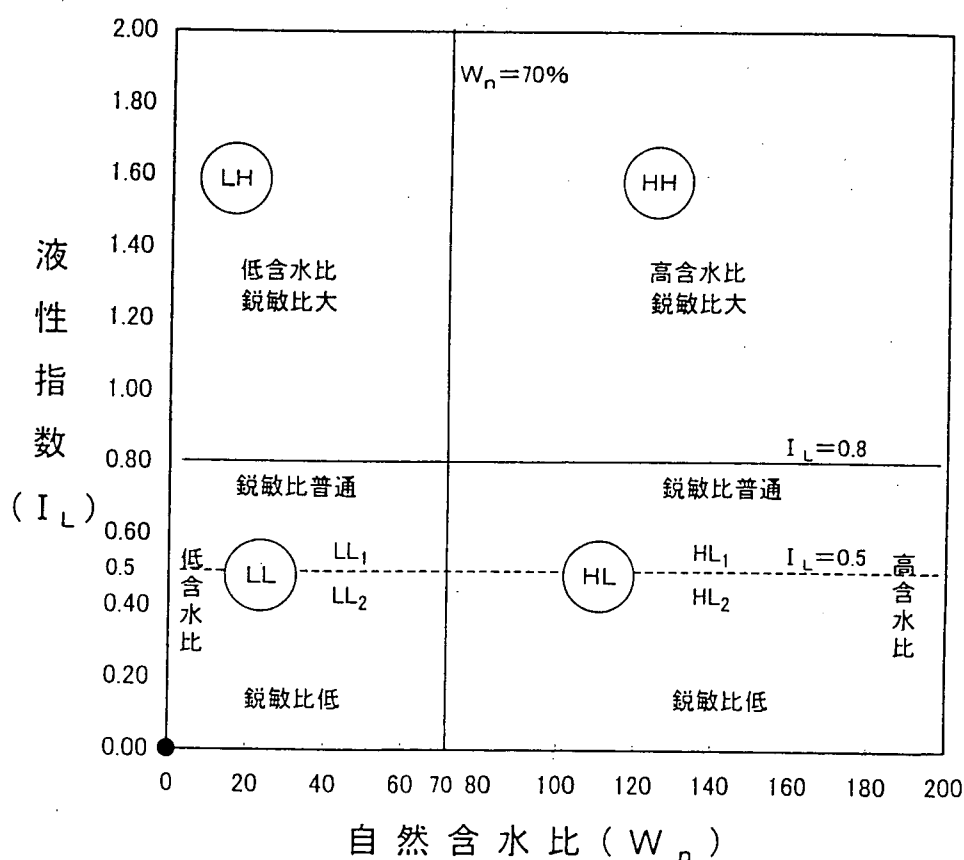
サンプル採取位置 : _____

土質分類名 : _____

土質分類記号 : _____

データ :

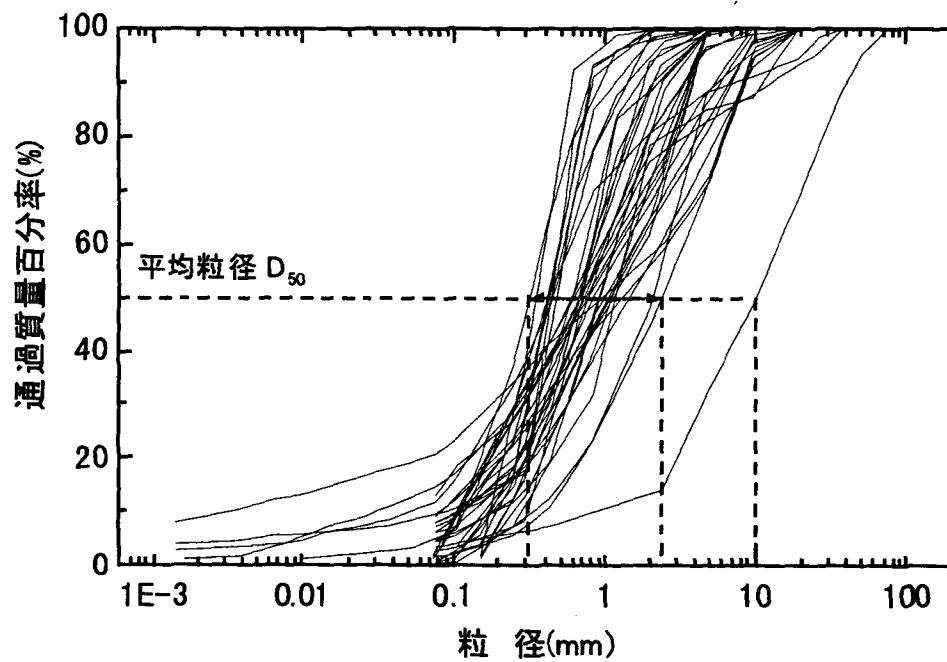
自然含水比 $W_n(\%)$	液性限界 $W_L(\%)$	塑性限界 $W_P(\%)$	塑性指数 $I_P(=W_L-W_P)$	液性指数 $I_L(=(W_n-W_P)/I_P)$	備考
0	NP	NP	NP	NP	



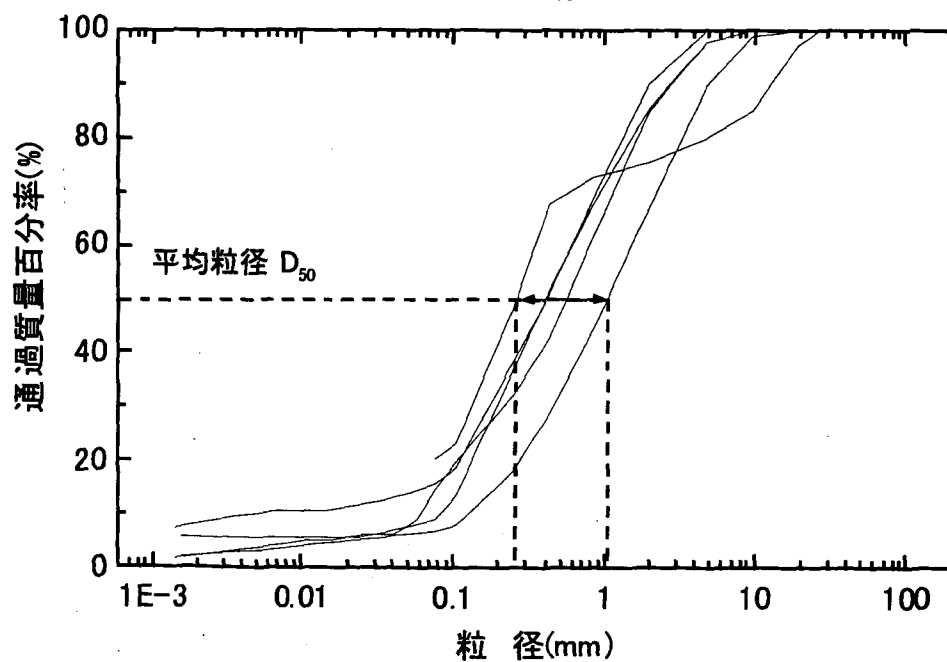
※鋭敏比 $S_t = q_u/q_r$
 q_u : 乱さない試料の一軸圧縮強さ
 q_r : 練り返した試料の一軸圧縮強さ

判定 : LL = そのまま使用
 HL = 乾燥して使用
 LH = 改質検討
 HH = 捨土

図-4.4 発生土利用判断基準の一例



(1) 購入土



(2) 発生土

図-4.5 埋戻し材料の粒度分布

表－4.2 埋戻し土の締固め管理基準一覧

試験項目	該当自治体数	管理基準	試験頻度
現場密度試験	3	最大乾燥密度90%以上	路体は土量1,000m ³ 毎に1回、路床は土量500m ³ 毎に1回行う。1回の測定個数は10個とし、上限、下限の各2個を取り除き6個の平均値とする。但し、土量が5,000m ³ 未満の工事は、1工事当たり3回以上、1,000m ³ 未満の工事は、1回以上行う。
	1		1工事につき3箇所以上、または1スパン1箇所
	1		施工延長400m毎に3箇所
	1		施工面積250m ² 毎に測定
球体落下試験	2	鋼製の球体を地面に落下させ、そのとき生じる地面の窪みの直径Dが8.3cm以下	路体は土量1,000m ³ 毎に1回、路床は土量500m ³ 毎に1回行う。1回の測定個数は10個とし、上限、下限の各2個を取り除き6個の平均値とする。但し、土量が5,000m ³ 未満の工事は、1工事当たり3回以上、1,000m ³ 未満の工事は、1回以上行う。
土研式円錐貫入試験	1	貫入10cmに要する打撃回数19回以上	1工事につき3箇所以上、スパン数が少ない場合は1スパンに1箇所とする。
	2	貫入10cmに要する打撃回数12回以上	各スパン毎に1回
現場CBR試験	1	資料なし	資料なし

4. 3 締固め管理基準

埋戻し土の締固め管理基準として品質規定を採用しているのは20自治体のうち10自治体であり、その他の10自治体はいわゆる工法規定であり、「土砂の撒き出し厚が20～30cmで締め固める」、または「仕上がり厚が30cm以下となること」としていた。

品質規定を採用しているものについて締固め管理基準を整理すると表－4.2のようである。なお、10自治体のうちの2自治体については、現場密度試験と球体落下試験のいずれかにより管理するとされていたため、これについては同表中でダブルカウントしている。この表より、現場密度試験を採用しているのが10自治体中6自治体と最も多いのがわかる。

同表には試験頻度についても示しているが、道路土工(盛土工)で一般に行われている土量500m³ないしは1000m³に1回というものを準用しているものから、埋戻し施工に限って施工延長400m毎に3箇所、あるいは1工事につき3箇所以上など、道路土工より単位土量を少なくしているもの等がある。一般に、下水道管路敷設工事の工事規模は小規模のものが多く、たとえば掘削幅1m、深さ2mの掘削断面である場合に道路土工の500m³につき1回というものを準用すると、延長250mにつき1回となる。これは試験頻度として少なすぎるのではないかと察せられる。

4. 4 液状化対策

液状化対策を行ったことがある自治体は、20自治体中3自治体と少なかった。実際に現場で行われている液状化対策の事例は、碎石埋戻し、生石灰による土質安定処理を施した改良土埋戻しであった。工法の選定理由は、主に経済性を重視して選定されているようであった。液状化対策を行うにあたり準拠した指針類は、碎石埋戻しを選定した1自治体では「下水道施設の耐震対策指針と解説」¹³⁾を、改良土埋戻しを選定した1自治体では「水道施設耐震工法指針・解説」¹⁴⁾を利用していた。これら2自治体では、レベル2地震動を想定していた。

下水道管路の液状化対策を行うには、コストがかかることが一番の問題であるという意見もあり、敷設延長の長い下水道管路の液状化対策には埋戻し土の十分な締固めで対応する、あるいは土質安定処理を施す等が安価かつ現実的な方法ではないかと考えられる。

表ー 4.1 ① 埋戻し方法、締固め管理基準に関するアンケート結果一覧表

自治体名	2)調査地点	23)管渠周りの埋戻し施工法	25)埋戻し施工にあたって参考とした指針・基準等 ^{注2)}	27)締固め管理方法
A	a	管渠下部から管頂30cmまでを人力、タンバ転圧、管頂30cmから路床30cmまでをタンバ転圧		1層の敷きだし厚さが30cmを超えない範囲で締め固める。
A	b	管渠下部はタンバ転圧、管渠周リから管頂10cmまでを人力転圧、管頂10cmから路床下部までをタンバ転圧	下水道管渠工事仕様書	同上
A	c	管渠下部をタンバ転圧、管渠下部から管頂30cmまでを人力転圧、管頂30cmから路床下部までタンバ転圧	土木工事共通仕様書	同上
B	a	管渠周辺から路床下部までタンバ転圧	土木工事共通仕様書	現場密度試験(最大乾燥密度の90%以上)及び球体落下試験(D=8.3cm以下)、1～2スパンに1回
B	b	管渠下部から管頂30cmまでを人力転圧、管頂30cmから路床下部までをタンバ転圧	土木工事共通仕様書	現場密度試験(最大乾燥密度の90%以上)及び球体落下試験(D=8.3cm以下)、1～2スパンに1回
B	c	管渠周辺から路床下部までタンバ転圧	土木工事共通仕様書	管上0.3mライン及び路床ラインにおいて、現場密度試験(最大乾燥密度の90%以上)及び球体落下試験(D=8.3cm以下)を実施予定
C	a	管渠周辺から管頂30cmまでを人力転圧、管頂30cmから路床下部までを振動ロー転圧	土木工事共通仕様書	球体落下試験
C	b	管渠周辺から管頂30cmまでを人力転圧、管頂30cmから路床下部までをタンバ転圧	土木工事共通仕様書	球体落下試験
D	a	管渠周辺から路床下部までタンバ転圧	土木工事共通仕様書	現場密度試験、最大乾燥密度の90%以上、埋戻し土量1,000m ³ に1回
D	b	同上	土木工事共通仕様書	現場密度試験、最大乾燥密度の90%以上、埋戻し土量1,000m ³ に2回
D	c	同上	土木工事共通仕様書	現場密度試験、最大乾燥密度の90%以上、埋戻し土量1,000m ³ に1回

注1)表中の各項目の番号は、調査票の質問番号を表している。

注2)指針・基準類の出典は以下のとおり。

- ・「下水道施設計画・設計指針と解説(前編、1994年版)」(財)日本下水道協会
- ・「下水道事業の手引(平成9年版)」(財)全国建設研修センター
- ・「下水道用硬質塩化ビニル管道路埋設指針」(財)国土開発技術研究センター
- ・上記以外のものは当該各自治体が属する都道府県ないしは各自治体が独自に定めたもの。

表－4.1① 埋戻し方法、締固め管理基準に関するアンケート結果一覧表

自治体名	2)調査地点	23)管渠周りの埋戻し施工法	25)埋戻し施工にあたって参考とした指針・基準等 ^{注2)}	27)締固め管理方法
E	a	管渠周辺から路床下部までタンバ転圧	共通仕様書(土木工事編Ⅰ)	埋戻し用砂および凍上抑制層用砂 1. 土研式貫入試験(0.1mの貫入に要する打撃回数19回以上、1工事につき3ヶ所以上、スパン数が少ない場合は1スパン1ヶ所とする) 2. 現場密度試験(90%以上、1工事につき3ヶ所以上、または1スパンに1ヶ所)
E	b	同上	共通仕様書(土木工事編Ⅰ)	同上
E	c	管頂より30cmまでは人力転圧(タンバを含む)管頂より30cm以上は振動ローラ転圧(タンバを含む)。	共通仕様書(土木工事編Ⅰ)	土研式貫入試験、現場密度試験
F	a	管渠下部はタンバ、管渠周り及び管頂30cmまで蟬による人力転圧、管頂30cmから路床下部までタンバ転圧	下水道施設計画・設計指針と解説(前編、1994年版)－(財)日本下水道協会	一層の厚さ20cmを越えない範囲で締め固める。
F	b	同上	下水道施設計画・設計指針と解説(前編、1994年版)－(財)日本下水道協会	同上
F	c	同上	下水道施設計画・設計指針と解説(前編、1994年版)－(財)日本下水道協会	同上
G	a	管渠周りから管頂30cmまでを人力転圧、管頂30cmから路床下部までを小型機械転圧	下水道局土木工事共通仕様書	一層あたり仕上げ厚20cm、締固め回数6回以上、基準値、試験等は管理していない
G	b	管渠周りから管頂30cmまでを人力転圧、管頂30cmから路床下部までをタンバ転圧	下水道局土木工事共通仕様書	一層あたり仕上げ厚20cm、締固め回数6回以上
G	c	管渠周りから管頂30cmまでを人力転圧、管頂30cmから路床下部までを小型機械転圧	下水道局土木工事共通仕様書	一層撤きだし厚20cm、数均し、締固め
H	a	管渠周りから管頂30cmまで木蟬による人力転圧、管渠上方30cmから路床下部まで小型機械転圧	下水道事業の手引	一層の厚さが30cmを越えない範囲で締め固める。
H	b	同上	下水道事業の手引	同上
H	c	同上	下水道事業の手引	同上
I	a	管渠下部はタンバ転圧、管渠周り及び管頂30cmまで蟬による人力転圧、管頂30cmから路床下部まで振動コンバクタ及び振動ローラ転圧	土木工事共通仕様書	管理項目－土研式内籠貫入試験、基準値－貫入10cmに要する打撃回数12以上、試験頻度－各スパン毎1回
I	b	不明	土木工事共通仕様書	貫入試験値が、良質土以上の試験値が出るよう施工業者を指導した。
I	c	不明	土木工事共通仕様書	設計図書で指定しない限り一層厚30cm以下、路床部(路盤下約1.0m)にあつては20cm以下に敷き広げて、十分締固めを行い、沈下が生じないように施工すること。
J	a	管渠周辺から路床下部までタンバ転圧	下水道工事標準仕様書	敷きだし厚30cm毎に転圧
J	b	不明	下水道工事標準仕様書	路床より1m以上は30cm以下ごと転圧、1m以上は20cm以下ごと転圧
J	c	不明	下水道工事標準仕様書	土研式内籠貫入試験

表一 4.1 ① 埋戻し方法、締固め管理基準に関するアンケート結果一覧表

自治体名	2)調査地点	23)管渠周りの埋戻し施工法	25)埋戻し施工にあたって参考とした指針・基準等 ²⁾	27)締固め管理方法
K	a	管渠周辺から路床下部までタンバ転圧	下水道共通仕様書	管渠の天端の上方30cmからGLまでの範囲:締固め度一標準CBRによる密度90%以上、試験頻度一原則として埋戻し土量250m ³ 毎に測定
K	b	同上	下水道共通仕様書	原則として埋戻し土量250m ³ 毎に締固め度を測定する。締固め度90%以上(車道)、85%以上(歩道)
K	c	管渠周りから管頂30cmまでタンバ転圧、管頂30cmから路床下部まで小型機械転圧	下水道共通仕様書	締固め度90%以上(車道)、85%以上(歩道)、埋戻し土量250m ³ 毎に測定
L	a	1. 管渠下部:管下10cmに山砂を機械投入し敷均し後、木だこ等で転圧を行う。2. 管渠回り:管頂10cmまで、山砂を機械投入し木だこ等で転圧を行う。3. 管渠上方(路体部):1層仕上がり圧を30cm以内とし機械投入し、タンバ転圧を行う。(路床部)下層路床より下1mについて1層仕上がり圧を20cm以内とし山砂を機械投入しタンバ転圧を行う。	下水道積算の手引	1. 路体、路床、路盤仕上がり面において現場密度試験を行う。 2. 基準値 路体85%以上、路床90%以上、路盤97%以上 3. 試験頻度 施工延長400m毎に3箇所
L	b	同上	下水道積算の手引	同上
L	c	同上	下水道積算の手引	同上
M	a	管渠周辺から路床下部までタンバで転圧	共通仕様書	土の突き固め試験(JIS A 1210)、現場CBR試験
M	b	同上	共通仕様書	同上
M	c	同上	共通仕様書	同上
N	a	管渠周りから管頂30cmまで人力転圧、管頂30cmから路床下部まで小型機械転圧	土木工事標準仕様書	一層の締固め厚さを30cm以内とする。
N	b	管渠周辺から路床下部までタンバ転圧	土木工事標準仕様書	同上
N	c	同上	土木工事標準仕様書	同上
O	a	同上	下水道設計指針(H9年度)	一層の厚さが30cmを越えない範囲で、一層毎に十分締固める。各スパン毎において、転圧前、転圧後の各局仕上がり厚さを写真管理する。
O	b	管渠周辺は人力転圧、それ以外は路床下部までタンバ転圧	下水道設計指針(H9年度)	同上
O	c	同上	下水道設計指針(H9年度)	同上
P	a	管渠下部から管頂30cmまでを人力転圧、管頂30cmから路床下部までをタンバ転圧	下水道施設工事標準仕様書	一層の厚さが20cmを越えない範囲で一層ごとに締固める。
P	b	同上	下水道施設工事標準仕様書	同上
P	c	同上	下水道施設工事標準仕様書	同上

表－4.1① 埋戻し方法、締固め管理基準に関するアンケート結果一覧表

自治体名	2)調査地点	23)管渠周りの埋戻し施工法	25)埋戻し施工にあたって参考とした指針・基準等 ^{注2)}	27)締固め管理方法
Q	a	管渠周辺から路床下部までタンバで転圧	土木工事共通仕様書	20cm毎の締固め
Q	b	同上	土木工事共通仕様書	同上
Q	c	同上	土木工事共通仕様書	同上
R	a	管渠周りは人力及びタンバ転圧、それ以外の路床下部までをタンバ転圧	土木工事共通仕様書	埋戻し土 締固め度90%以上
R	b	同上	土木工事共通仕様書	同上
R	c	同上	土木工事共通仕様書	同上
S	a	管渠周りから管頂30cmまで人力転圧、管頂30cmから路床下部までタンバ転圧	土木工事共通仕様書	一層20cm以下に敷き均し入念に締め固める。
S	b	管渠基礎はタンバ転圧、管渠周りから管頂50cmまでを人力転圧、管頂50cmから路床下部までタンバ転圧	土木工事共通仕様書	同上
S	c	不明	土木工事共通仕様書	同上
T	a	管渠周辺から路床下部までタンバ転圧	土木工事共通仕様書、特記仕様書、土木工事技術管理基準	路床部は現場密度試験(最大乾燥密度の90%以上)、路床下は一層20cm以下に敷き均し入念に締め固める。
T	b	同上	土木工事共通仕様書、特記仕様書、土木工事技術管理基準	同上
T	c	同上	土木工事共通仕様書、特記仕様書、土木工事技術管理基準	同上

表-4.1② 埋戻し材料に関する

自治体名	2)調査地点	4)管渠埋設位置 (道路種別)	17)周辺地盤の主な地質	21)埋戻し材		
				購入土or発生土 両方は併記	土質名	22)物理データの有無及び試験項目
A	a	国道	シルト	購入土	ズリ(碎石土砂、切込碎石の残りくずで破砕した粒子が混ざったもの)	なし
A	b	市町村道	粘性土	購入土	砂・再生土	なし
A	c	市町村道	その他(泥炭)	購入土	汚泥焼却灰	土粒子の密度試験、含水比試験、粒度試験、埋戻し材の三軸圧縮試験、液状化試験
B	a	市町村道	その他(泥炭)	購入土	山砂	土粒子の密度試験、土のふるい分け試験、洗い試験、単位容積質量試験、突固めによる土の締固め試験
B	b	都道府県道	砂質土	発生土		土の工学的分類、土粒子の密度試験、含水比試験、粒度試験、液性限界・塑性限界試験、突固めによる土の締固め試験、土のふるい分け試験、洗い試験
B	c	市町村道	砂質土	発生土		粒度試験、物理試験
C	a	市町村道	砂質土、シルト、その他	購入土、発生土	砂	土のふるい分け試験、洗い試験、締固め試験、土粒子の密度試験
C	b	市町村道	砂質土、シルト、その他(泥炭)	購入土、発生土		土のふるい分け試験、洗い試験、突固めによる土の締固め試験、土粒子の密度試験
D	a	市町村道	シルト	購入土	管渠周リ5~30mm碎石、その他は0~80mm碎石混入切込砂利	土のふるい分け試験、洗い試験、単位容積質量試験、比重及び吸水量試験
D	b	市町村道	砂礫、シルト	購入土、発生土	管渠周リ5~30mm碎石、その他は0~80mm碎石混入切込砂利	土のふるい分け試験、洗い試験、単位容積質量試験、比重及び吸水量試験、スリベリ試験、安定性試験
D	c	都道府県道	シルト	発生土	管周リ5~30mm碎石	土のふるい分け試験、微粒分量試験、単位容積質量試験、比重及び吸水量試験、スリベリ試験、安定性試験

アンケート結果一覧表

30)発生土利用		31)発生土利用の判断基準		32)発生土の土質データの有無及び試験項目
判断の有無	調査・試験項目	判断方法	準拠した指針・基準類名	
あり		目視で判断		なし
なし				なし
あり		仕様書では有機土など容積変化の大きな土、多量の腐食物を多く含んだ土等は埋戻し材料として不適当な土とされており本地区における発生土は、これに該当することから購入土(汚泥焼却灰)による埋戻しとした。	下水道管渠工事仕様書	なし
あり		細粒分が少なく、圧密性を問題なく締固めによる強度増加が見込まれる物は埋戻しに適用する。	土質工学会「土質調査試験結果の解釈と適用例」	標準貫入試験、現場透水試験、粒度試験、単位体積重量試験、比重試験、含水比試験
あり	土の工学的分類、土粒子の密度試験、含水比試験、粒度試験、液性限界・塑性限界試験、突固めによる土の締固め試験、ふるい分け試験、洗い試験	細粒分が少なく、圧密性も問題ない点や、締固めによる強度増加も見込まれる事から、発生土を用いた。	土質工学会「土質調査試験結果の解釈と適用例」	標準貫入試験、現場透水試験、土の工学的分類、土粒子の密度試験、含水比試験、粒度試験、土の湿潤密度試験
あり	粒度試験、物理試験	土質試験データより、細粒分が少なく、圧密性も問題なく、締固めによる強度増加も見込まれることから、流用が可能と考えられる。	土質工学会「土質調査試験結果の解釈と適用例」	あり。ただし、試験結果は添付されず。
あり		土質試験のデータより、埋戻し材としての適否を判断する。	土木工事共通仕様書	なし
あり		土質試験のデータより、埋戻し材としての適否を判断する。	土木工事共通仕様書	なし
あり		発生土については、腐植土とシルトであり、転圧不可能なため、購入土を用いることとした。		なし
あり		土木共通仕様書では、埋戻しは埋戻しに適した含水比の材料を使用しなければならないと記入されているが、条件に関する明確な規定が無いため、北海道開発局土木試験所の不良土判定に基づき、不良土ではないことを確認した上で発生土を用いた。また、発生土については、れき混り砂であったため、使用に問題ないと判断した。管周リ及び地下水位までの埋戻しについては、地震時の液状化による被害を軽減させるため、購入土とした。		土粒子の密度試験、含水比試験、粒度試験、突固めによる土の締固め試験
あり		発生土については、全量を車道部路盤材使用のため問題無しと判断した。管周リについては、塩ビ管(リブパイプ)使用のため購入土とした。		土粒子の密度試験、含水比試験、粒度試験、突固めによる土の締固め試験

表-4.1② 埋戻し材料に関する

自治体名	2)調査地点	4)管渠埋設位置 (道路種別)	17)周辺地盤の主な地質	21)埋戻し材		
				購入土or発生土 両方は併記	土質名	物理データの有無
E	a	都道府県道	砂礫	管渠まわりは購入土、その他は発生土を用いた	山砂	粒度試験、突固めによる土の締固め試験、室内CBR試験、密度試験
E	b	市町村道	砂混じりシルト	購入土	山砂	粒度試験、突固めによる土の締固め試験、室内CBR試験
E	c	市町村道	シルト	購入土	山砂	粒度試験、密度試験、室内CBR試験、突き固め試験
F	a	市町村道	砂質土	購入土	砂(管頂から30cmまで)山砂利(砂から路盤まで)	砂、山砂利-土質試験、粒度試験、土粒子の密度試験、突き固めによる土の締固め試験、室内CBR試験
F	b	市町村道	腐植土、火山灰質砂の互層	購入土(管渠周りと管頂から上方30cmまでは山砂、路盤までは山砂利を使用)	山砂・山砂利	粒度試験、土粒子の密度試験、突き固めによる土の締固め試験、室内CBR試験
F	c	市町村道	砂礫、砂質土、シルト	購入土(管渠周りと管頂から上方31cmまでは山砂、路盤までは山砂利を使用)	山砂	粒度試験、土粒子の密度試験、突き固めによる土の締固め試験、室内CBR試験
G	a	都道府県道	粘性土	購入土	山砂	含水比試験、土のふるい分け試験、土粒子の比重試験、突固めによる土の締固め試験、室内CBR試験
G	b	市町村道	粘性土	購入土(管渠周りは購入洗砂、その他は購入山砂)	洗砂・山砂	なし
G	c	市町村道	砂礫	購入土	山砂	含水比試験、土粒子の密度試験、粒度試験、突固めによる土の締固め試験、設計CBR試験
H	a	都道府県道	シルト	管渠周りは川砂、その他は山砂	山砂・川砂	乱した土の調製方法、土粒子の密度試験、含水比試験、粒度試験、液性限界・塑性限界試験、突固めによる土の締固め試験、設計CBR試験
H	b	市町村道	砂質土	管渠周りは川砂、その他は発生土	川砂	乱した土の調製方法、土粒子の密度試験、含水比試験、粒度試験、液性限界・塑性限界試験、突固めによる土の締固め試験、設計CBR試験
H	c	国道	砂質土	購入土(管渠周りは川砂、その他は山砂)	山砂・川砂	乱した土の調製方法、土粒子の密度試験、含水比試験、粒度試験、液性限界・塑性限界試験、突固めによる土の締固め試験、設計CBR試験
I	a	区道	シルト	購入土(改良土)		粒度試験、室内CBR試験
I	b	区道	砂礫、シルト、その他(腐植粘土、腐植土)	改良土		なし
I	c	区道	シルト	購入土(改良土)		なし
J	a	市町村道	その他(ローム)	発生土	しゃ断層用砂	粒度試験
J	b	市町村道	砂礫	管渠周りは購入土、その他は発生土	しゃ断層用砂	なし
J	c	国道	砂礫、その他(岩盤)	購入土	しゃ断層用砂	粒度試験

アンケート結果一覧表

30)発生土利用		31)発生土利用の判断基準		32)発生土の土質データの有無
判断の有無	調査・試験項目	判断方法	準拠した指針・基準類名	
あり	土粒子の密度試験、含水比試験、粒度試験、液性限界・塑性限界試験、突固めによる土の締固め試験	土質試験データより発生土利用判断基準を満たしているため、発生土を使用することとした。	共通仕様書・建設発生土利用技術マニュアル	土粒子の密度試験、含水比試験、粒度試験、液性限界・塑性限界試験、突固めによる土の締固め試験
あり	土粒子の密度試験、含水比試験、粒度試験、液性限界・塑性限界試験、突固めによる土の締固め試験、コーン貫入試験	土質試験データより発生土利用判断基準を満たしているため、発生土を使用することとした。	共通仕様書・建設発生土利用技術マニュアル	土粒子の密度試験、含水比試験、粒度試験、液性限界・塑性限界試験、突固めによる土の締固め試験、コーン貫入試験
なし				なし
なし				なし
なし				なし
あり	地下水位の高い現場の発生土は埋戻し土として使用していない。(含水比が高いため埋戻し土としては不適当と判断されるため)	特に発生土について調査・試験等は行っていないが、監督職員と現場担当者で現場状況について協議し、良質土と認められないため購入土を使用した。	特になし	なし
なし				なし
なし				なし
なし				なし
あり	現場での目視により判断	共通仕様書及び道路管理者からの明確な判断基準がないため、現場担当者の目視等により発生土の使用が適当ではないと判断され、購入土を用いた。		なし
あり	現場での目視により判断	共通仕様書及び道路管理者からの明確な判断基準がないため、現場担当者の目視等により発生土の使用が可能であると判断され、発生土を用いた。		なし
あり	現場での目視により判断	共通仕様書及び道路管理者からの明確な判断基準がないため、現場担当者の目視等により発生土の使用が適当ではないと判断され、購入土を用いた。		なし
なし				なし
なし				あり。ただし、試験結果は添付されず。
なし				なし
なし				なし
なし				なし
なし		なし		なし

表-4.1② 埋戻し材料に関する

自治体名	2)調査地点	4)管渠埋設位置 (道路種別)	17)周辺地盤の主な地質	21)埋戻し材		
				購入土or発生土 両方は併記	土質名	物理データの有無
K	a	市町村道	砂質土	購入土	改良土	土のふるい分け試験、標準CBR試験、突固めによる土の締固め試験
K	b	市町村道	砂質土	購入土(山砂)	山砂	粒度試験、突固めによる土の締固め試験、修正CBR試験、水締CBR試験、土の透水試験
K	c	国道	シルト	購入土	山砂	粒度試験、標準CBR試験、水締CBR試験
L	a	都道府県道	粘性土	購入土	山砂	含水比試験、土粒子の密度試験、粒度試験、液性限界・塑性限界試験、突固めによる土の締固め試験、修正CBR試験、設計CBR試験、水締CBR試験
L	b	市町村道	砂質土	購入土		含水比試験、土粒子の密度試験、粒度試験、液性限界・塑性限界試験、突固めによる土の締固め試験、修正CBR試験、設計CBR試験、水締CBR試験
L	c	その他	シルト	購入土		含水比試験、土粒子の密度試験、粒度試験、液性限界・塑性限界試験、突固めによる土の締固め試験、修正CBR試験、設計CBR試験、水締CBR試験
M	a	市町村道	シルト	購入土	山砂	粒度試験、土粒子の密度試験、突固めによる土の締固め試験
M	b	市町村道	砂質土	購入土	山砂・川砂	土粒子の粒度試験、液性限界・塑性限界試験
M	c	市町村道	砂質土	購入土	真砂土・川砂	土粒子の密度試験、粒度試験、含水比試験、突固めによる土の締固め試験、CBR試験、pH試験
N	a	市町村道	砂礫、砂質土	購入土、発生土(管渠周りは購入土、その他は購入土及び流用土)	砂・碎石土砂	標準貫入試験、粒度試験等
N	b	市町村道	砂質土	購入土、発生土(管渠周りは購入土、その他は購入土及び流用土)	碎石土砂	なし
N	c	市町村道	砂礫	購入土	碎石土砂	あり(試験結果なし。)
O	a	国道	砂礫、粘性土	購入土	海砂・碎石土砂	あり(試験結果なし。)
O	b	都道府県道	砂礫、粘性土	購入土(管渠周りは購入土(海砂)、その他は購入土(碎石土砂)を用いた)	海砂・碎石土砂	粒度試験、突き固めによる土の締固め試験、室内CBR試験
O	c	市町村道	砂礫	発生土(管渠周りは購入土、その他は発生土を用いた)	海砂	なし
P	a	市町村道	砂質土	管渠周りは切り込み碎石、その他は発生土		土粒子の密度試験、粒度試験、突固めによる土の締固め試験
P	b	市町村道	砂質土	管渠周りは購入土、その他は発生土を用いた。	山砂	骨材のふるい分け試験等
P	c	市町村道	砂礫、シルト	購入土(管渠周りは切り込み碎石、その他は購入土を用いた)	再生碎石	土粒子の密度試験、粒度試験、突固めによる土の締固め試験

アンケート結果一覧表

30)発生土利用 判断の有無、調査・試験項目		31)発生土利用の判断基準 判断方法 準拠した指針・基準類名		32)発生土の土質データの有無
なし				なし
なし				なし
なし				なし
あり	突固めによる土の締固め試験、修正CBR試験	CBR20%以上でないため利用しない	道路管理者からの指示	あり。ただし、試験結果は添付されず。
あり	突固めによる土の締固め試験、修正CBR試験	CBR20%以上でないため利用しない	道路管理者からの指示	あり。ただし、試験結果は添付されず。
あり	突固め試験、修正CBR試験	CBR20%以上でないため利用しない	道路管理者からの指示	あり。ただし、試験結果は添付されず。
なし		発生土利用判断基準なし		なし
なし		発生土利用判断基準なし		なし
なし		発生土利用判断基準なし		なし
あり		現場掘削時において、発生土の土質区分について、市現場担当者が目視により、事前調査の土質データと比較し、埋戻土として流用可能かどうか判断している。		なし
なし				なし
なし		なし		なし
あり	調査・試験は行わなかった。	近接現場での実績、及び当現場での目視並びに直接触れる等の経験上の判断		なし
あり		土質試験データにより現場担当者および道路管理者の判断により良質土と認められなかったため当現場では購入土を用いることとした。		なし
あり	目視等で判断。	目視等で判断		なし
なし		なし		なし
なし		なし		なし
なし		なし		なし

表-4.1② 埋戻し材料に関する

自治体名	2)調査地点	4)管渠埋設位置 (道路種別)	17)周辺地盤の主な地質	21)埋戻し材		
				購入土or発生土 両方は併記	土質名	物理データの有無
Q	a	国道	砂礫	管渠周りは購入土、その他は発生土	山砂	土粒子の密度試験、吸水率試験、土のふるい分け試験、微粒分量試験、単位容積質量試験、有機不純物試験、粘土塊量試験、塩化物含有量試験
Q	b	都道府県道	砂質土	中詰砂は購入砂、ソイルセメント配合5%(セメント配合比)	砂(クッション用…加工砂、ソイルセメント用…海砂)	骨材アルカリシリカ反応性試験(化学法)、比重試験、吸水率試験、洗い試験、塩化物含有量試験、粘土塊量試験、土のふるい分け試験
Q	c	市町村道	砂質土	購入土	真砂土	なし
R	a	市町村道	砂質土	発生土		土粒子の密度試験、粒度試験
R	b	市町村道	砂質土	発生土		土粒子の密度試験、粒度試験
R	c	国道	砂礫、砂質土	発生土		土粒子の密度試験、粒度試験
S	a	市町村道	砂礫、粘性土	購入土	海砂	突固めによる土の締固め試験、粒度試験
S	b	市町村道	砂質土	購入土	海砂と建設発生土を混合したもの	なし
S	c	市町村道	砂質土	管渠周りは購入土、その他は発生土	真砂土	なし
T	a	都道府県道	砂質土、粘性土	購入土	埋戻用砂	修正CBR試験、突固めによる土の締固め試験、CBR試験、液性限界・塑性限界試験、粒度試験、塩化物含有量試験、員数の混入率試験
T	b	市町村道	砂質土	購入土	埋戻用砂・真砂土	なし
T	c	都道府県道	砂質土、粘性土	購入土	埋戻用砂	骨材のふるい分け試験、比重試験、吸水率試験、塩分含有量試験、硫酸ナトリウムによる骨材の安定性試験、骨材中の比重1.95の液状に浮く粒子の試験、細骨材の有機不純物試験

アンケート結果一覧表

30)発生土利用		31)発生土利用の判断基準		32)発生土の土質データの有無
判断の有無	調査・試験項目	判断方法	準拠した指針・基準類名	
あり		1. 付近は、風化花崗岩の山から形成された扇状地特有の堆積砂礫層であり、他工事の実績から良質の砂であること 2. 発生土の大部分がレキ混じり砂で、目視により、他現場と同様に良質と判断できたこと。以上により、レキを仮置場で除去して場戻し土として利用した。	土木工事共通仕様書	なし
あり		重車両の交通量が多い幹線道路では、沈下が発生すると騒音・振動の発生源になるとともに、補修等も容易に実施できないことから、ソイルセメントによる塩戻しとしている。		なし
あり		河川管理者、道路管理者との協議により購入土(真砂土)とした	土木工事共通仕様書	なし
あり	粒度試験(事前のもの)及び発生土の確認	土質試験データ及び実際の発生土を現場担当者及び道路管理者の判断により、良質土と認められたため使用した。		なし
あり	粒度試験(事前のもの)及び発生土の確認	土質試験データ及び実際の発生土を現場担当者及び道路管理者の判断により、良質土と認められたため使用した。		なし
あり	地下水位より上の施工であるため、実際の発生土の確認	実際の発生土を現場担当者及び道路管理者の判断により、良質土と認められたため使用した。		なし
なし		なし		なし
なし				なし
なし				なし
なし		なし		なし
なし		発生土の利用はなし。		なし
なし		発生土の利用はなし。		なし

表－4.1 ③ 管渠の液状化対策事例に関する一覧表

自治体名	1)地点名	3)対策工法の種類	6)準拠した指針類	7)想定した地震動
D	b	碎石埋戻し	対策工の必要性については、「下水道施設の耐震対策指針と解説」を参考とした。対策工の設計については、経済性、施工性を考慮し、設計業者と相談し決定した。	対策工の必要性の判定には、「下水道施設の耐震対策指針と解説」で規定されているL2地震動の設計震度（Ⅱ種地盤0.7）を用いた。
I	a	土質安定処理を施した改良土埋戻し	水道施設耐震工法指針・解説（（社）日本水道協会）	レベル2
K	a	土質安定処理を施した改良土埋戻し	下水道施設の耐震対策指針と解説（1997年版、日本下水道協会）	不明
K	b	土質安定処理を施した改良土埋戻し	下水道施設の耐震対策指針と解説（1997年版、日本下水道協会）	不明

5. まとめと今後の課題

今回の調査では20自治体から59現場についての実態調査データが回答された。その調査結果をまとめるとつぎのとおりである。

- (1) 埋戻し材料に現場発生土を用いているのが24現場（全体の約4割）、購入土を用いているのが35現場（6割）であった。
- (2) 埋戻し材料の粒度特性は、購入土で平均粒径0.3～2 mm、現場発生土で平均粒径0.25～1 mmであった。いずれも砂質土である。例外的に、価格の面から平均粒径10mmの碎石を用いた事例があった。
- (3) 締固め規定については、10自治体が工法規定、残る10自治体が品質規定を適用していた。工法規定は、「撒き出し厚が20～30cm」あるいは「仕上がり厚が30cm以下」であった。品質規定については締固め度90%以上とするものが最も多く、その他は球体落下試験、貫入試験などがあった。
- (4) 埋戻し締固め方法は、埋設管路周辺については人力、水締めまたはタンパ等、その上部についてはいずれもタンパ等の小型転圧機械が用いられている。
- (5) 液状化対策を行ったことがある自治体が20自治体のうち3自治体あった。適用された工法は、碎石埋戻しおよび土質安定処理を施した改良土埋戻しであった。

なお、現場からの技術的な要望・意見として以下のような点が挙げられた。

- (1) 明確な（より定量的な）発生土利用の判断基準を欲しい。
- (2) 管路周りを十分に締固めるのは難しい。
- (3) 安価な液状化対策工法が必要。

本報告書で目的としている下水道管路の地震時液状化被害防止と埋戻し土の締固めの関係という観点から今後の課題を挙げると以下のようなだろう。

- (1) 埋戻し材料、締固め程度と液状化抵抗の関係の把握。
- (2) 同じく、埋戻し土の液状化抵抗特性と下水道管路の液状化被害の程度の関係の把握。
- (3) 上記(1)、(2)の結果を踏まえた、液状化被害防止の観点からの埋戻し材料、締固め管理基準の提案。
- (4) 狭箇所における埋設物周辺の効果的な締固め方法の開発。

次編においては、上記(1)について実験的検討を行った結果を報告するものである。

Ⅱ．下水道管路埋戻し材料の締固めと液状化強度の関する 液状化試験

6. 試験概要

本試験の目的は、液状化被害防止の観点からの埋戻し施工管理基準を提案するための基礎資料として、実際に用いられている各種の埋戻し材料の締固め度と液状化抵抗の関係に関するデータを得ることである。

全国20自治体より、実際の下水道管渠の埋戻しに用いられている埋戻し材を収集したが、このうち11試料を試験に用いた。試験は、予備試験と本試験を行った。図-6.1に試験概要を示す。

通常の液状化試験（土の繰返し非排水三軸試験方法；地盤工学会基準 JGS T 541 - 1990）では、1試料に対して応力振幅一定で大きさを変えて4供試体以上の試験が行われる。ところが、今回自治体より提供していただいた埋戻し土量および試験費用に制約があったため、試験を行うことが不可能であった。そこで、1供試体に対して20波毎に応力振幅の大きさを変える漸増振幅載荷の試験により近似的に液状化強度特性が可能かどうかを予備試験において検討した。

予備試験では、通常の液状化試験と漸増振幅載荷の繰返し非排水三軸試験の比較を行い、試験結果を行い、試験結果の整合性の確認と漸増振幅載荷の最適な載荷条件を探った。その結果、載荷条件を適切に設定することにより、漸増振幅載荷の繰返し非排水試験から液状化強度を近似的に求めることができるという結果を得たので、各種埋戻し材料を対象とした試験（本試験）にもこの試験方法を適用した。本試験では、それぞれの埋戻し材料について、締固め度を3種類程度変えて作成した供試体を用い、締固め度と液状化強度の関係について検討を行った。

なお、以下で「液状化強度 R_{L20} 」という指標を用いるが、20回の繰返し載荷により軸ひずみ両振幅が5%に達する時の繰返し応力比と定義する。

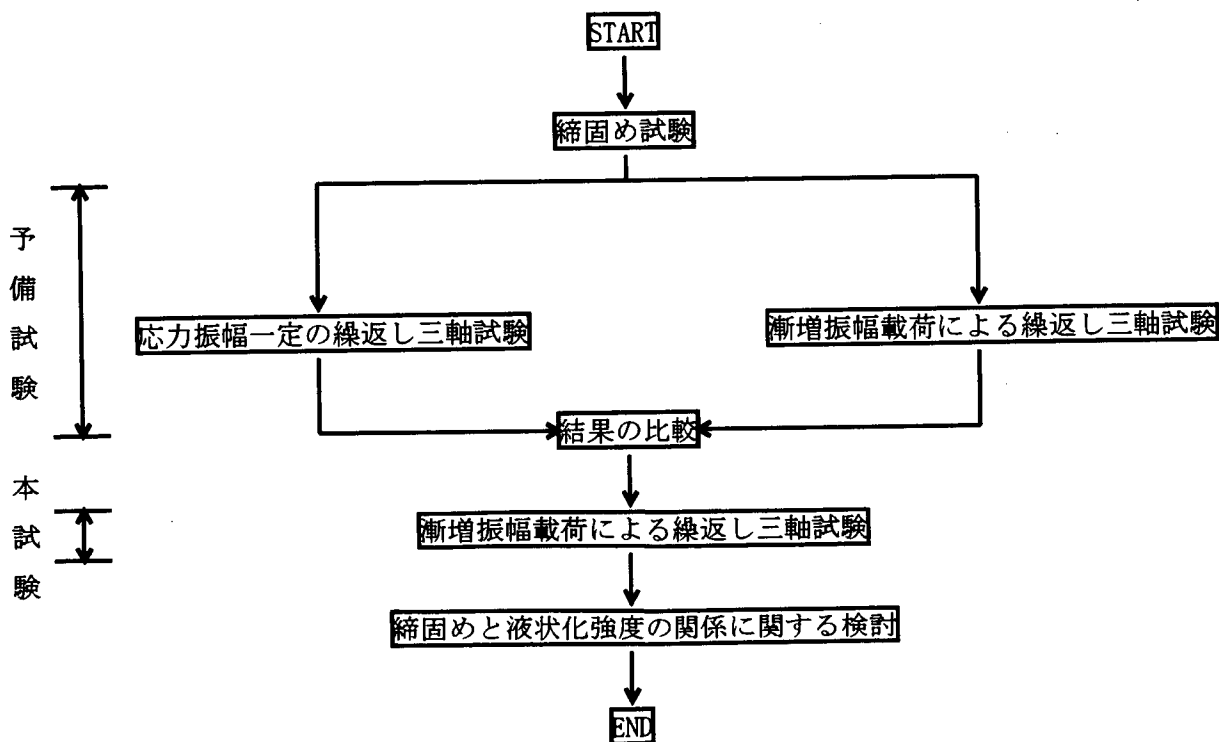


図-6.1 試験の概要

7. 試験方法

7. 1 試料

7. 1. 1 粒度特性

実験に用いた試料の物理特性及び粒径加積曲線を表-7.1、図-7.1にそれぞれ示す。

表-7.1 試料の材料特性

試 料 名			A	B	K	L*		O		S*		T*		U	V	Z
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)			2.69	2.79	2.68	2.65		2.65		2.64		2.66		2.66	2.67	2.62
粒 度 分 布	粒 度 分 布	礫 分 (2mm以上) (%)	27	1	14	39	26	30	49	25	32	30	20	14	24	
		砂 分 (2~0.075mm) (%)	69	97	74	49	60	59	42	61	63	65	66	80	69	
		細 粒 分 (0.075mm以下) (%)	5	2	12	12	14	11	9	14	5	5	14	6	7	
性 質	平均粒径D ₅₀ (mm)		0.57	0.28	0.29	0.62	0.41	1.0	1.8	0.59	1.0	0.99	0.46	0.55	0.93	
	均等係数U _c		4.8	2.3	7.0	40	39	31	42	85	9.9	9.5	24	5.0	8.1	
	曲率係数U _c '		1.0	1.1	2.4	1.0	5.9	3.2	0.66	7.1	1.2	1.2	1.6	1.1	1.5	
	最大粒径(mm)		53.0	19	53	26.5	9.5	19	53	9.5	26.5	9.5	26.5	9.5	18	
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)			1.762	1.663	1.66	1.732	1.748	1.883	1.966	1.923	1.863	1.86	1.739	1.747	1.815	
最適含水比 W _{opt} (%)			13.4	15.6	16.6	17.2	15.9	13.1	11.6	11.7	13.9	12.9	16.3	13.6	10.3	
土質分類記号			(Spu)	(Spu)	[S-F]	[S-F]	(SG-F)	[S-F]	[G-F]	(SG-F)	(Spu)	[S-F]	[S-F]	[S-F]	[S-F]	

*: 左欄は原材料、右欄は9.5mmふるいを通した後の材料 (試験粒度)

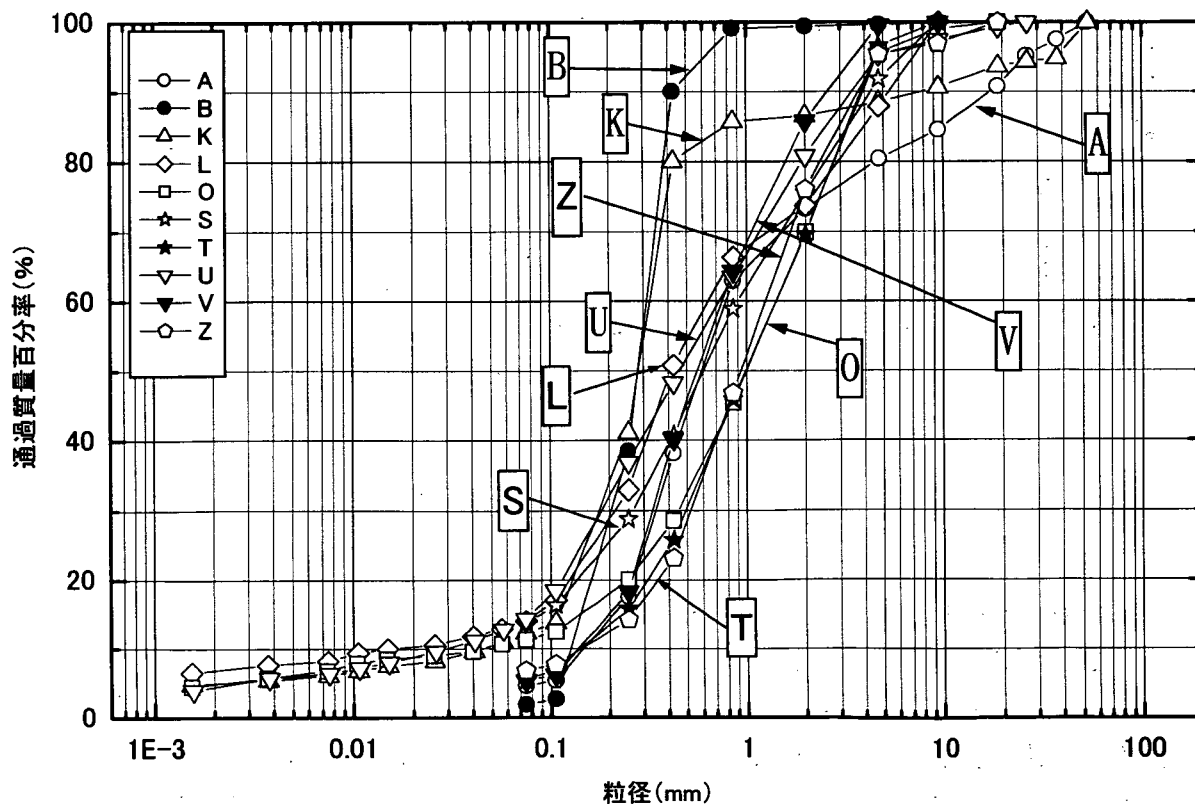


図-7.1 試料の粒径加積曲線

7. 1. 2 締固め特性

突固め含水比の決定や供試体作成時の試料の必要質量の計算のために前もって締固め試験を行った。試験方法は、土質試験法¹⁵⁾によるA-b法(JGS T 711-1990)に準じている。試験装置は自動締固め試験装置を用いた。

図-7.2に締固め試験結果を示す。なお、表-7.1中には最適含水比 w_{opt} と最大乾燥密度 ρ_{dmax} も示した。10試料の最大乾燥密度は $\rho_{dmax}=1.66\sim1.92\text{g/cm}^3$ 、最適含水比は $w_{opt}=11\sim17\%$ の範囲にあるのがわかる。

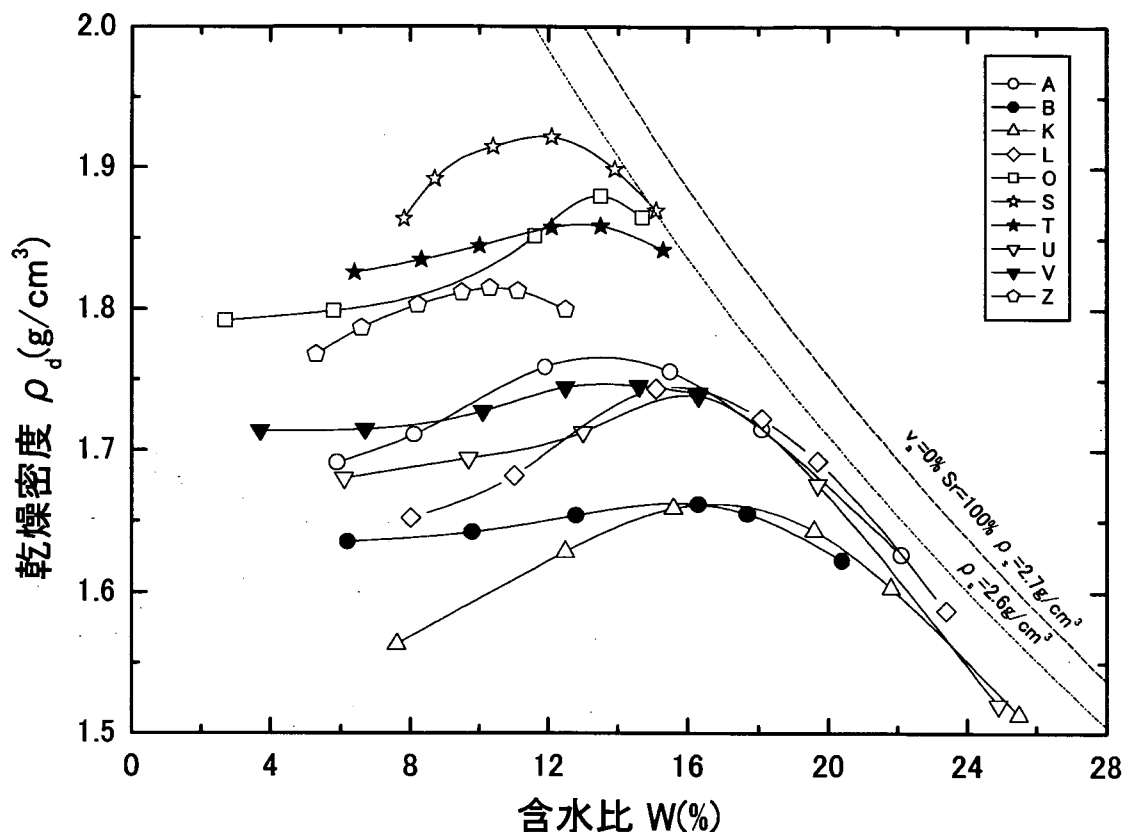


図-7.2 試料の締固め試験結果

7. 2 繰返し非排水三軸試験（液状化試験）方法

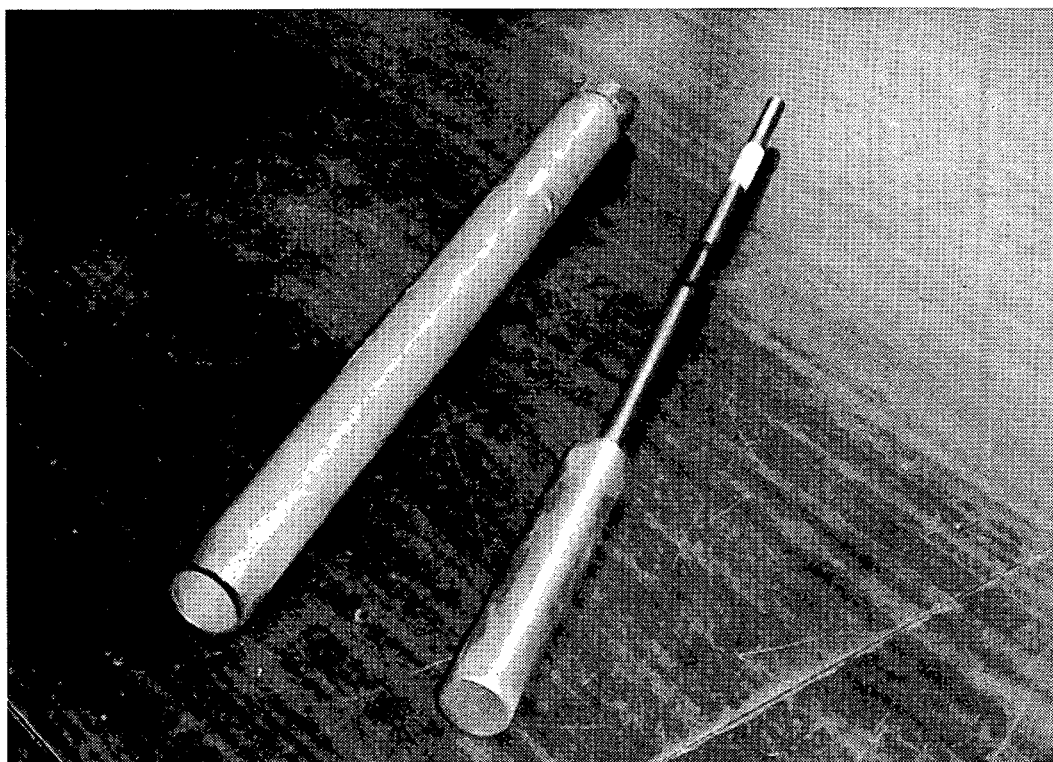
7. 2. 1 供試体作成

地盤工学会の「土の繰返し非排水三軸試験方法」(JGS T 541-1990)に準じて試験を行った。

供試体の寸法は直径5 cm、高さ10cmである。所定の密度となるよう、あらかじめ最適含水比に調整した試料を三軸試験装置に装着したモールドの中で5層に分けて突き固めにより供試体を作成した。そのときに用いた突き棒（直径14mm、質量123.5g）を写真-7.1に示す。

次に、供試体の飽和は、二重負圧法の下で脱気水を1～3時間通水させた後、背圧を196kPa加圧することにより行った。この段階で一度B値を測定した。B値は0.95以上であることを確認したが、B値が0.95未満の場合は、もう一度通水しなおす等して条件を満たすようにした。その後、所

定の等方拘束圧を加え、20～30分圧密を行った。圧密終了後、再び B 値を測定した。この段階での B 値の測定は、拘束圧を減少させることにより行った。有効拘束圧（等方）は予備試験、本試験ともすべて98kPaとした。



写真－7.1 締固め器具
(右が突き棒、左がガイド)

7. 2. 2 予備試験

予備試験は、応力振幅一定の繰返し非排水三軸試験結果と漸増振幅載荷による繰返し非排水三軸試験結果との整合性の確認、および漸増振幅載荷の最適な載荷条件を探ることを目的として実施した。

予備試験の条件を表－7.2に示す。予備試験には試料Zを用いて、(a) 応力振幅一定の繰返し非排水三軸試験、および (b) 載荷ステップの大きさを変化させた漸増振幅載荷の繰返し非排水三軸試験を行い、それらの結果を比較した。また、幅広い密度の試料に対して応力振幅一定の繰返し非排水三軸試験と漸増振幅載荷試験の整合性を確認する必要があること、および密度の違いにかかわらず最適となる統一的な漸増振幅載荷試験の載荷試験の載荷条件を求める必要があることから、締固め度85%、95%の2種類の密度の供試体について検討を行った。

予備試験における試験の繰返し載荷条件は以下のとおりである。

(a) 応力振幅一定の繰返し非排水三軸試験

応力制御で一定振幅繰返し周波数0.1Hzの正弦波で両振幅軸ひずみが15%程度以上になるまで載荷した。

(b) 漸増振幅荷重による繰返し非排水三軸試験

図-7.3に示すように、応力制御で一定振幅繰返し周波数0.1Hzの正弦波で20回の繰返し荷重を行い、引き続いて応力振幅を大きくして同様の試験を行い、両振幅軸ひずみが15%程度以上になるまでこれを繰り返した。試験中、全過程で非排水条件を維持した。荷重条件は表-7.1に示したとおり、初期荷重応力比、および漸増振幅荷重応力比、および漸増振幅応力比を変化させた。

7. 2. 3 本試験

本試験の試験条件を表-7.3に示す。本試験は、20自治体より収集した試料を用いて、それぞれの試料に対しての締固め度を約85、90、95%に変化させた供試体に対し、漸増振幅荷重試験を行った。漸増荷重振幅試験は、7. 2. 2で述べた予備試験により決定した以下の荷重条件で行った。

- ①全過程で非排水条件とする。
- ②最初の繰返し応力比を0.10とし、20回荷重する。
- ③繰返し応力比を0.025大きくし、20回荷重する。
- ④軸ひずみ両振幅が10%程度以上に達するまで上記③を繰り返す。

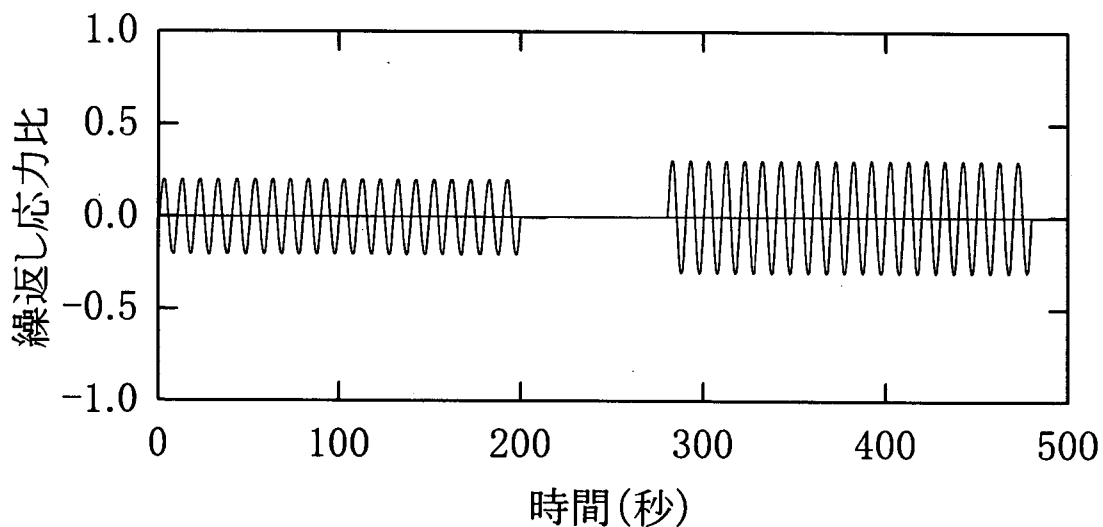


図-7.3 漸増振幅波形

表-7.2 予備試験条件・結果一覧表

試験方法	試料名	目標締固め度 (%)	供試体 No.	供試体作成時					圧密後供試体			B 値		拘束圧 σ_3 (KPa)	試験結果								液状化強度 $R_{120}*1$
				含水比 w (%)	湿潤密度 ρ_{to} (g/cm ³)	乾燥密度 ρ_{do} (g/cm ³)	間隙比 e _o	締固め度 (%)	乾燥密度 ρ_{dc} (g/cm ³)	間隙比 e _c	締固め度 (%)	圧密前	圧密後		繰返し片振幅 応力比 R	初期荷 載 応力比	漸 増 振 幅 応力比	繰返し載荷回数 N					
																		間 隙 水圧比	両振幅 軸 歪	両振幅 軸 歪	両振幅 軸 歪		
																						95 (%) Nu95 (回)	
一定振幅 繰返し 非排水 三軸試験	Z	85	1	10.2	1.706	1.548	0.694	85.3	1.584	0.656	87.3	0.99	0.97	98	0.221			5	3.5	3.8		0.16	
			2	10.2	1.722	1.563	0.678	86.1	1.599	0.640	88.1	0.99	0.97		0.166			17	15.0	15.6	15.9		
			3	10.2	1.714	1.555	0.687	85.7	1.589	0.651	87.5	0.99	0.97		0.139			58	57.5	58.2	58.6		
		95	1	10.1	1.921	1.745	0.503	96.1	1.764	0.487	97.2	1.00	0.98	98	0.197			139	134	141	147	0.27	
			2	10.1	1.910	1.735	0.512	95.6	1.754	0.495	96.6	1.00	0.97		0.240			30	25.9	31.0	34.8		
			3	10.1	1.912	1.737	0.510	95.7	1.757	0.493	96.8	0.98	0.98		0.297			13	8.9	13.0	16.5		
			4	10.1	1.895	1.721	0.524	94.8	1.739	0.508	95.8	1.00	0.98		0.357			6	3.5	5.9	7.98		
漸増振幅 繰返し 非排水 三軸試験	Z	85	1	10.1	1.681	1.527	0.718	85.5	1.567	0.674	86.3	1.00	0.98	98		0.100	0.100					-	
			2	10.1	1.711	1.554	0.688	84.1	1.590	0.650	87.6	0.99	0.98			0.100	0.150					-	
			3	10.1	1.709	1.552	0.690	85.5	1.588	0.652	87.5	1.00	0.98			0.100	0.200					0.14	
			4	10.1	1.696	1.540	0.703	84.8	1.578	0.662	86.9	0.98	0.97			0.025	0.025					0.15	
		95	1	10.1	1.919	1.743	0.505	96.0	1.762	0.489	97.1	0.97	0.98	98		0.025	0.025					0.25	

*1 繰返し回数20回のときに両振幅軸ひずみが5%に達するような繰返し振幅応力比を液状化強度 R_{120} と定義。

表-7.3 本試験条件・結果一覧表

試験方法	試料名	目標 締固め度	供試体	供試体作成時					圧密後供試体			B値		拘束圧	試験結果								
				含水比	湿潤密度	乾燥密度	間隙比	締固め度	乾燥密度	間隙比	締固め度	圧密前	圧密後		繰返し片振幅 応力比	初期 荷 応力比	漸 増 幅 応力比	繰返し載荷回数 N				液状化強度	
																		間 隙 水圧比	両振幅 軸 歪	両振幅 軸 歪	両振幅 軸 歪		
		(%)	No.	w (%)	ρ_{to} (g/cm^3)	ρ_{do} (g/cm^3)	e _o	(%)	ρ_{dc} (g/cm^3)	e _c	(%)			σ_3 (KPa)	R				95(%) Nu95 (回)	2(%) N2 (回)	5(%) N5 (回)	10(%) N10 (回)	R ₁₂₀ *1
漸増振幅 繰返し 非排水 三軸試験	A	85	1	13.0	1.671	1.479	0.822	83.9	1.539	0.750	87.3	1.00	0.97	98		0.100	0.025						0.12
		90	2	13.0	1.776	1.572	0.714	89.2	1.604	0.680	91.0	1.00	0.97	98		0.100	0.025					0.17	
		95	3	13.0	1.912	1.692	0.592	96.0	1.711	0.575	97.1	0.99	0.97	98		0.100	0.025					0.23	
	B	85	1	15.4	1.643	1.424	0.960	85.6	1.448	0.927	87.1	0.99	0.97	98		0.025	0.025					0.09	
		90	2	15.4	1.713	1.484	0.881	89.2	1.503	0.857	90.4	0.99	0.97	98		0.100	0.025					0.11	
		95	3	15.4	1.785	1.547	0.801	93.0	1.561	0.788	93.9	0.98	0.97	98		0.100	0.025					0.14	
		95	4	15.4	1.849	1.602	0.742	96.3	1.612	0.731	96.9	0.98	0.97	98		0.100	0.025					0.19	
	85	90	5	15.4	1.898	1.645	0.697	98.9	1.655	0.686	99.5	0.99	0.97	98		0.100	0.025					0.22	
		90	1	16.5	1.624	1.394	0.928	84.0	1.439	0.867	86.7	0.99	0.97	98		0.100	0.025					0.16	
		90	2	16.5	1.745	1.498	0.794	90.2	1.522	0.765	91.7	0.98	0.97	98		0.100	0.025					0.20	
		95	3	16.5	1.823	1.565	0.717	94.3	1.581	0.700	95.2	0.99	0.97	98		0.100	0.025					0.26	
	L	90	1	17.6	1.826	1.553	0.708	88.8	1.592	0.666	91.1	0.99	0.97	98		0.100	0.025					0.19	
		90	2	17.6	1.878	1.597	0.661	91.4	1.629	0.628	93.2	0.99	0.96	98		0.100	0.025					0.21	
		95	3	17.6	1.933	1.644	0.613	94.1	1.670	0.588	95.5	0.99	0.97	98		0.100	0.025					0.24	
	O	85	1	12.9	1.818	1.610	0.643	85.5	1.647	0.606	87.5	0.98	0.97	98		0.100	0.025					0.22	
		90	2	12.9	1.900	1.683	0.572	89.4	1.714	0.543	91.0	0.99	0.98	98		0.100	0.025					0.22	
		95	3	12.9	2.012	1.782	0.484	94.6	1.803	0.467	95.8	0.98	-	98		0.100	0.025					0.25	
	S	85	1	11.3	1.871	1.681	0.578	87.4	1.721	0.542	89.5	1.00	0.98	98		0.100	0.025					0.17	
		90	2	11.3	1.976	1.775	0.495	92.3	1.804	0.471	93.8	0.99	0.98	98		0.100	0.025					0.19	
		95	3	11.3	2.065	1.855	0.430	96.5	1.873	0.416	97.4	0.99	0.98	98		0.100	0.025					0.27	
	T	90	1	13.6	1.924	1.694	0.572	91.1	1.722	0.546	92.6	0.99	0.97	98		0.100	0.025					0.19	
		95	2	13.6	2.022	1.780	0.496	95.7	1.803	0.477	96.9	0.99	0.98	98		0.100	0.025					0.22	
		85	1	16.1	1.714	1.476	0.800	84.9	1.581	0.681	90.9	1.00	0.96	98		0.100	0.025					0.14	
	U	90	2	16.1	1.819	1.567	0.696	90.1	1.646	0.614	94.7	0.99	0.96	98		0.100	0.025					0.17	
		95	3	16.1	1.881	1.620	0.640	93.2	1.655	0.605	95.2	0.98	0.96	98		0.100	0.025					0.19	
		95	4	16.1	1.954	1.683	0.579	96.8	1.715	0.549	98.6	0.99	0.97	98		0.100	0.025					0.23	
	V	85	1	13.2	1.692	1.495	0.787	85.6	1.531	0.745	87.6	0.99	0.97	98		0.100	0.025					0.12	
		90	2	13.2	1.784	1.576	0.695	90.2	1.601	0.669	91.6	0.99	0.97	98		0.100	0.025					0.14	
		95	3	13.2	1.838	1.624	0.645	93.0	1.646	0.623	94.2	0.99	0.98	98		0.100	0.025					0.17	
		98	4	13.2	1.953	1.725	0.549	98.7	1.739	0.537	99.5	1.00	0.98	98		0.100	0.025					0.24	
	Z ^{*2}	85	4	10.1	1.696	1.540	0.703	84.8	1.578	0.662	86.9	0.98	0.97	98		0.025	0.025					0.15	
		95	1	10.1	1.919	1.743	0.505	96.0	1.762	0.489	97.1	0.97	0.98	98		0.025	0.025					0.25	

*1 繰返し回数20回のときに両振幅軸ひずみが5%に達するような繰返し振幅応力比を液状化強度 R_0 と定義。

*2 予備試験データ(表-8.1)を再掲。

8. 試験結果及び考察

8. 1 予備試験結果（繰返し三軸試験と漸増振幅繰返し三軸試験の比較試験）

予備試験における繰返し非排水三軸圧縮試験の結果を表－8.1 にまとめて示す。

試験結果の一例として、応力振幅一定の繰返し非排水三軸試験と漸増振幅載荷による繰返し非排水三軸試験の時刻歴を図－8.1 に示す。これらは、締固め度85%を目標に突き固めて作成した供試体に有効拘束圧98kPaの下で繰返し応力比0.139を載荷したものと、前者と同様に作成した供試体に繰返し応力比を0.025ずつ増加させて漸増振幅載荷したものである。いずれも過剰間隙水圧比が約80%に達した時に軸ひずみ振幅が伸び始めているのがわかる。

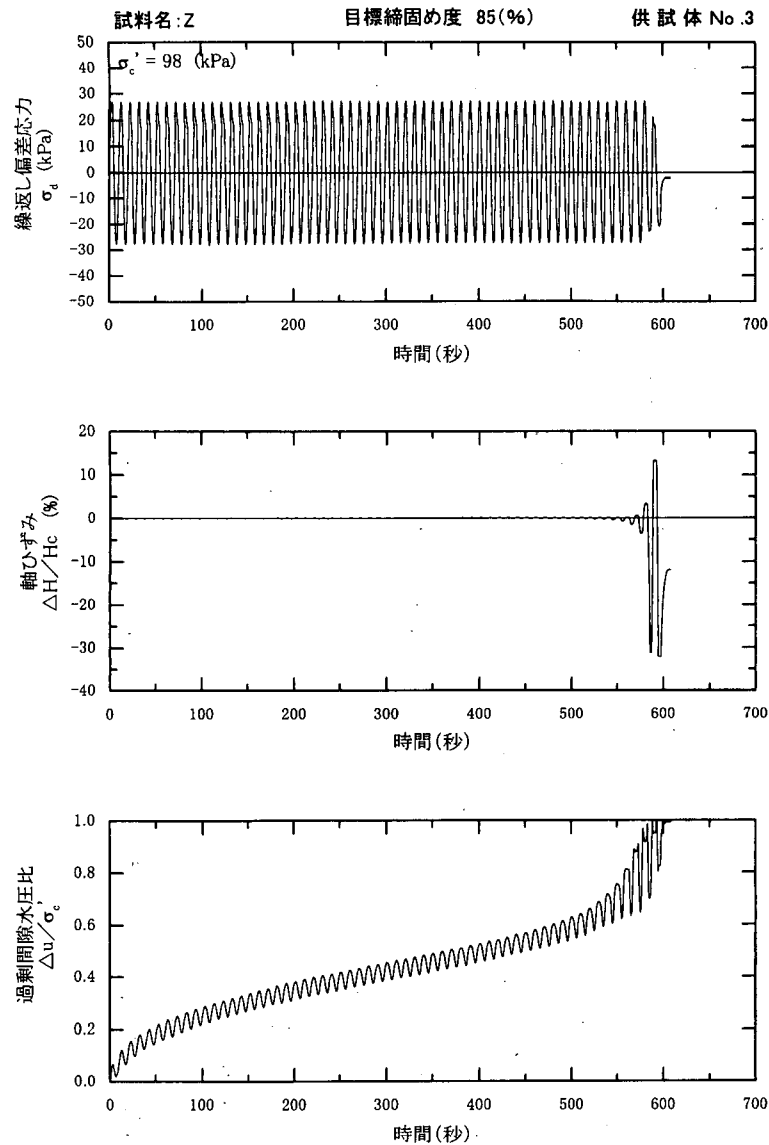
応力振幅一定の繰返し非排水三軸試験結果を繰返し応力比と繰返し回数の関係にプロットしたものを図－8.2 に示す。同図から、繰返し回数20回で両振幅軸ひずみが5%に達するような応力比を液状化強度 R_{L20} として読み取った。漸増振幅載荷による繰返し非排水三軸試験結果については、図－8.4に示すように各繰返し応力比の載荷終了段階での両振幅軸ひずみを繰返し応力比に対してプロットした。そして、同図より20波で両振幅軸ひずみ5%に対する繰返し応力比を液状化強度 R_{L20} と定義して読み取った。

図－8.3はすべての試験結果をプロットしたものである。この図で、まず締固め度85%供試体に対して繰返し応力比増分0.05ステップで漸増載荷試験を行った結果をみると、1段階目の載荷（繰返し応力比＝0.10）では軸ひずみはほとんど生じず、2段階目の載荷（繰返し応力比＝0.15）では完全に液状化し大きな軸ひずみが生じた。この結果から、20回の繰返し載荷で軸ひずみ両振幅5%を生じさせる応力比（液状化強度）は0.10から0.15の間にあることがわかる。この数値の幅は大きすぎるので、載荷段階をさらに細かく0.025ステップで試験を行った。図からわかるように、この場合の液状化強度は0.125から0.15の間にある。ちなみに、通常の4供試体の繰返し試験から得られる液状化強度は0.16である。図－8.3では工学的判断も加えて漸増振幅載荷試験結果を曲線で結んでいるが、これによれば漸増応力振幅比増分を0.025とした結果から読みとれる液状化強度は約0.15、漸増応力振幅比増分を0.05とした結果から読みとれる液状化強度は約0.14である。

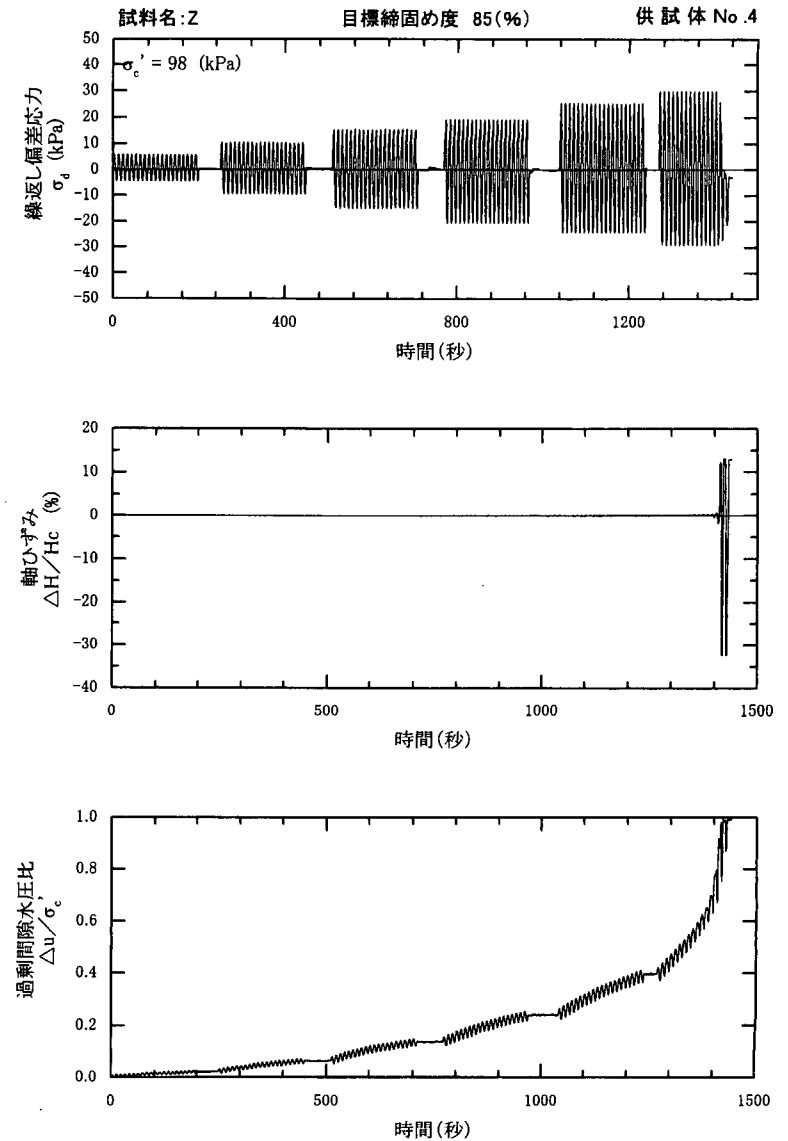
漸増応力振幅比増分を小さくすることは、両振幅軸ひずみ5%となる応力比の推定の幅が小さくなる利点がある反面、載荷履歴の影響が増大して液状化抵抗を過小評価するという欠点もある。

このような観点から図－8.3の結果を見ると、締固め度が85%および95%のいずれの場合でも、漸増応力振幅比を0.025とした試験結果の方が通常の一定応力振幅載荷試験結果に近く、その誤差は高々1割程度である。しかも安全側（小さめ）の値を与える。これより、漸増振幅載荷試験は近似的に妥当であると判断し、最終的にその試験方法を以下のように決定した。

- ①全過程で非排水条件とする。
- ②最初の繰返し応力比を0.10とし、20回載荷する。
- ③繰返し応力比を0.025だけ大きくし、20回載荷する。
- ④軸ひずみ両振幅が10%程度以上に達するまで上記③を繰り返す。

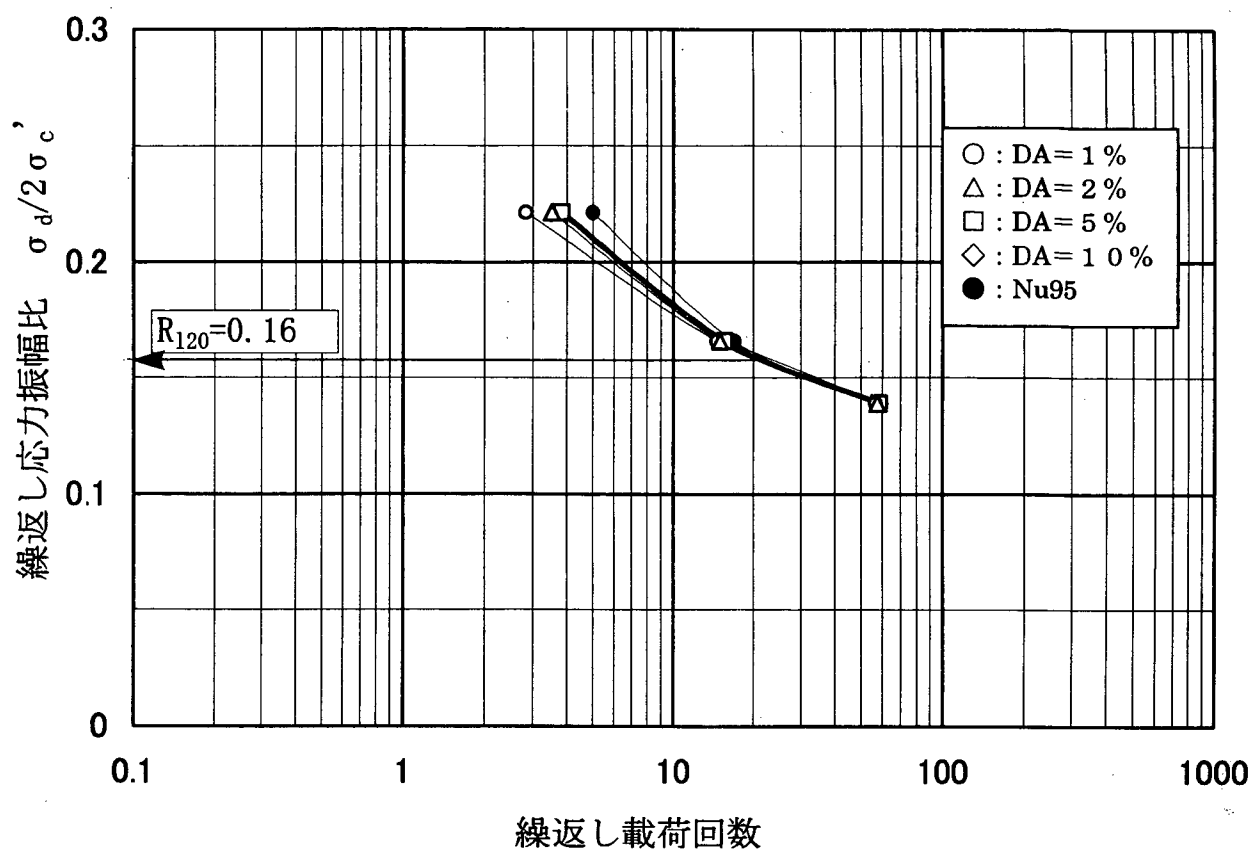


(b) 漸増振幅载荷による繰返し非排水三軸試験結果

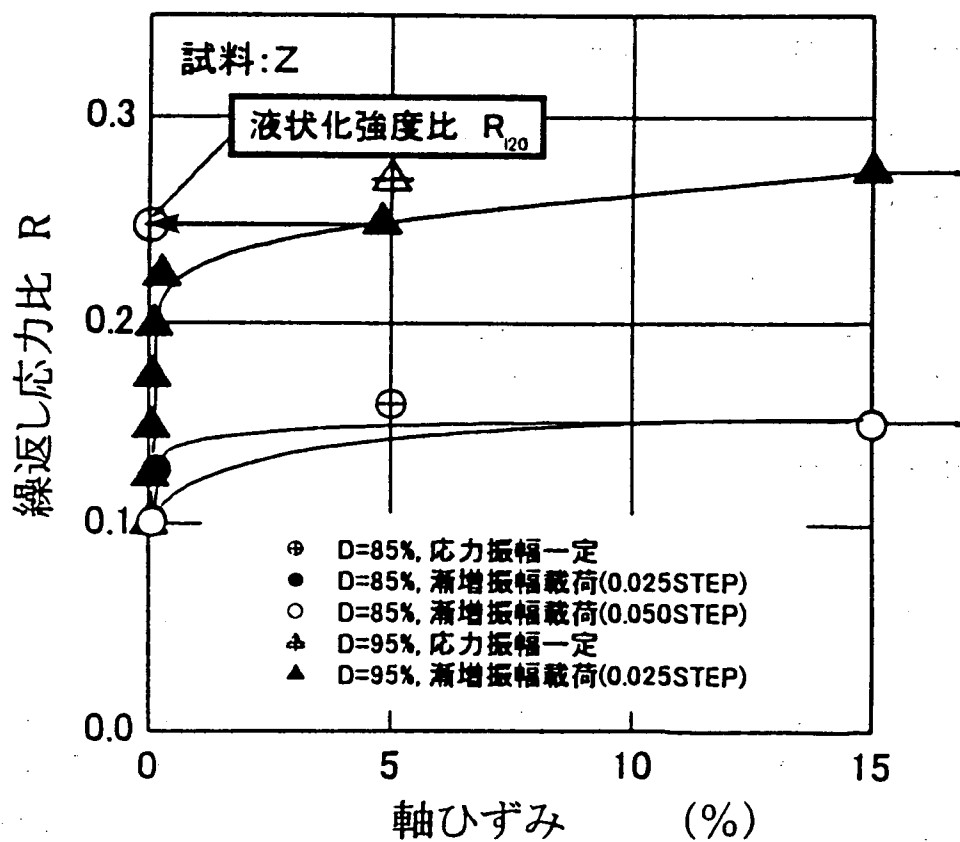


(a) 応力振幅一定の繰返し非排水三軸試験結果

図-8.1 試験結果の一例



図一 8.2 繰返し応力比と繰返し回数の関係



図一 8.3 軸ひずみと繰返し応力比の関係

8. 2 本試験（埋戻し材の漸増振幅繰返し三軸試験）結果とその考察

10種類の埋戻し材について、予備試験により決定した載荷条件により実施した漸増振幅繰返し三軸試験結果の一覧を表-7.3に示す。なお、各々の詳細な試験結果は巻末資料に掲げている。このうち、圧密後締固め度87～88%、90～93%、94～97%毎に10種類の埋戻し材の応力-ひずみ関係をまとめて図-8.4に示す。これらを概観すると、軸ひずみが5%に達するときの応力比は材料毎に異なるが、繰返し載荷による軸ひずみ振幅の伸び方及び応力-ひずみ曲線のループ形状にも違いがあることに気付く。これより、埋戻し土の液状化による被害あるいは地盤の液状化による変状などに対する土質材料の抵抗を表す指標として、液状化強度 R_{L20} だけでは必ずしも十分でないことが直感的に予想される。この点については以後の考察において適宜触れる。

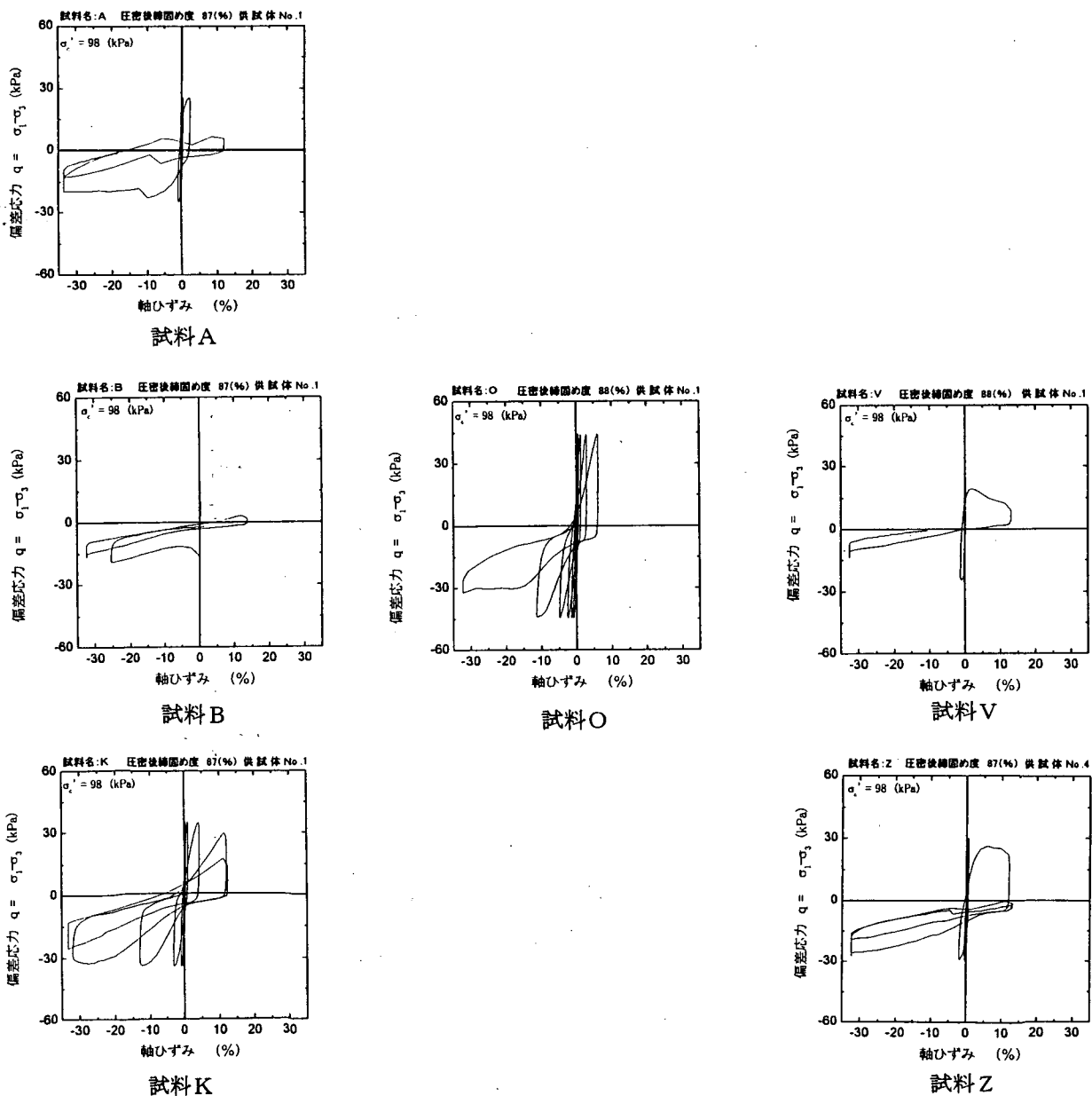


図-8.4 偏差応力と軸ひずみの関係（締固め度 $D = 87 \sim 88\%$ ）

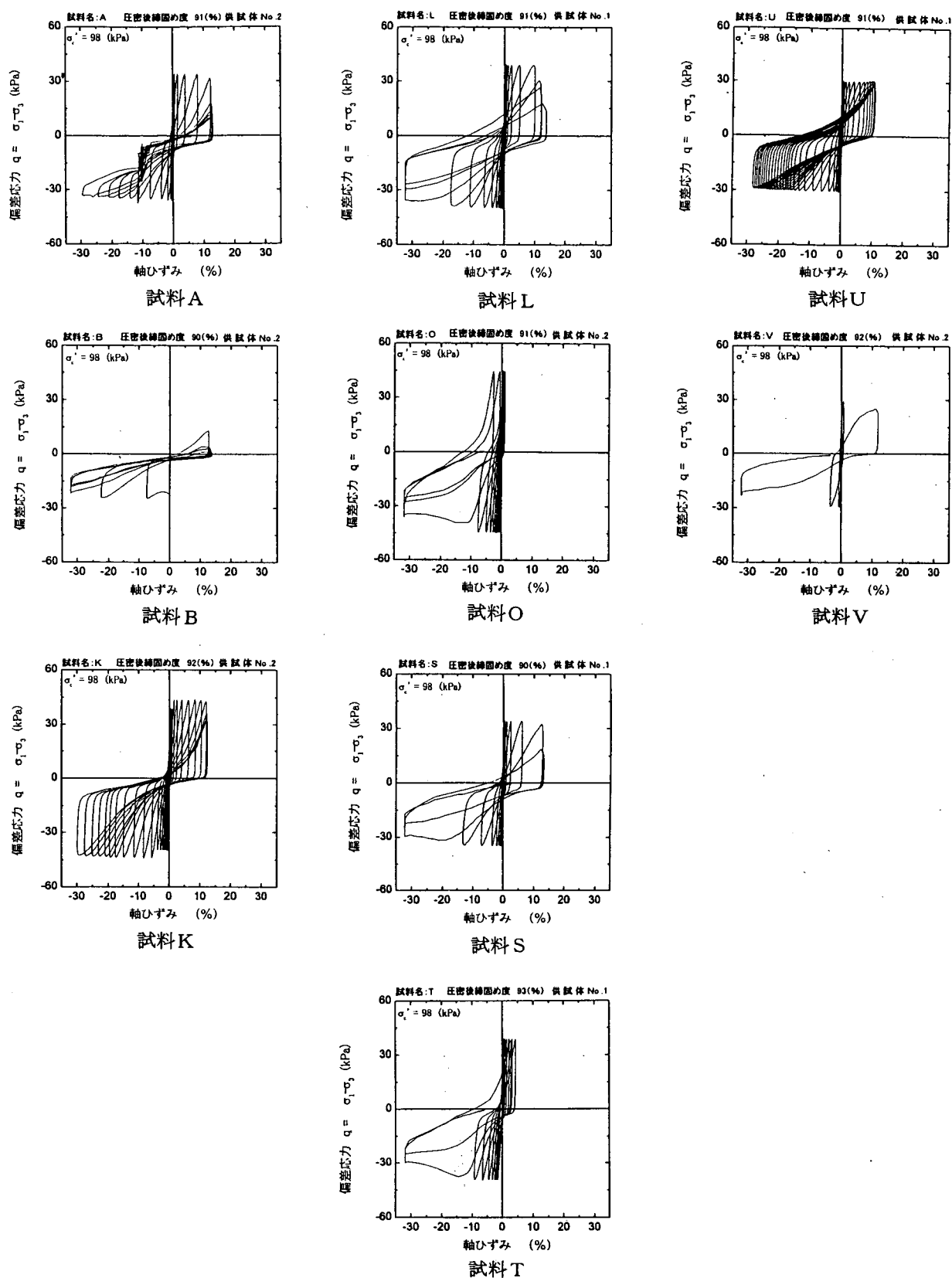


図-8.4 偏差応力と軸ひずみの関係 (締固め度 $D = 90 \sim 93\%$)

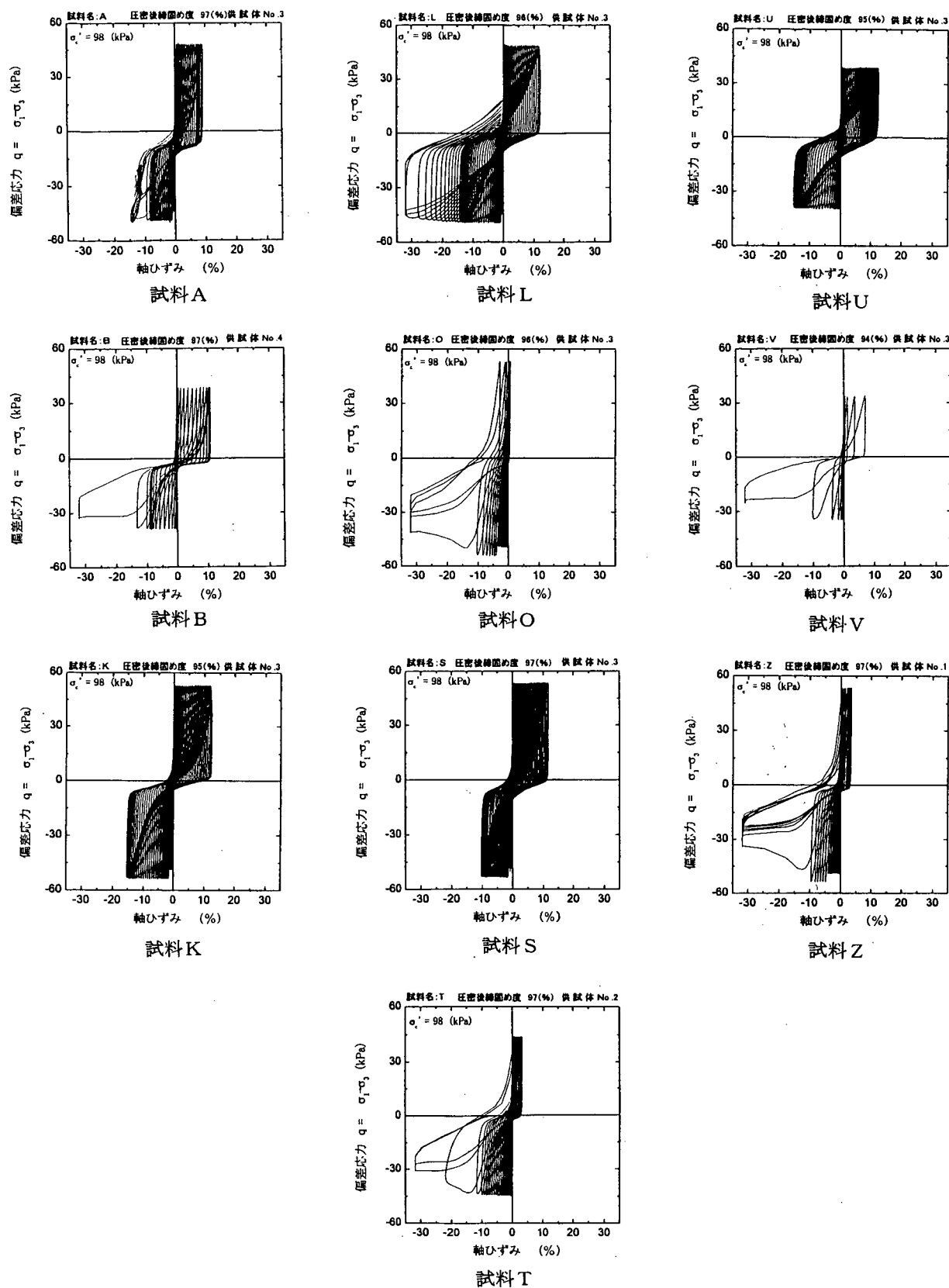


図-8.4 偏差応力と軸ひずみの関係 (締固め度 $D = 94 \sim 97\%$)

8. 2. 1 材料特性、締固め密度と液状化強度の関係

まず、液状化強度と圧密後締固め度の関係を図-8.5に示す。当然のことながら、いずれの試料においても締固め度が高くなるほど液状化強度は高くなっていること、同じ締固め度でも試料により液状化抵抗は異なることがわかる。また、漸増振幅載荷の影響も考えられるが、豊浦砂のようにきれいな砂で観察されるような、密に締め固めると液状化強度が急増するという傾向は見られない。

第1編（表-4.2）に示したように、一般的に下水管の埋戻し施工管理基準を締固め度で規定している機関では締固め度 $D=90\%$ としていることが多いが、今回の結果からは $D=90\%$ の液状化強度はほぼ0.2以下である。この値は必ずしも大きい値ではなく、この基準値は液状化被害防止の観点からは十分とはいえない可能性がある。ただし、埋戻し土の液状化抵抗の大きさと下水道管路の浮き上がり被害の程度との間には一意的な関係がわかっている訳ではなく、これについては別途実験的な検討を行う予定である。したがって、現時点では埋戻し土の液状化による管路の浮き上がり被害を防止するのに十分な液状化抵抗を「液状化強度」により明示することはできず、上記の0.2という値が不十分かどうかの評価については留保すべきである。

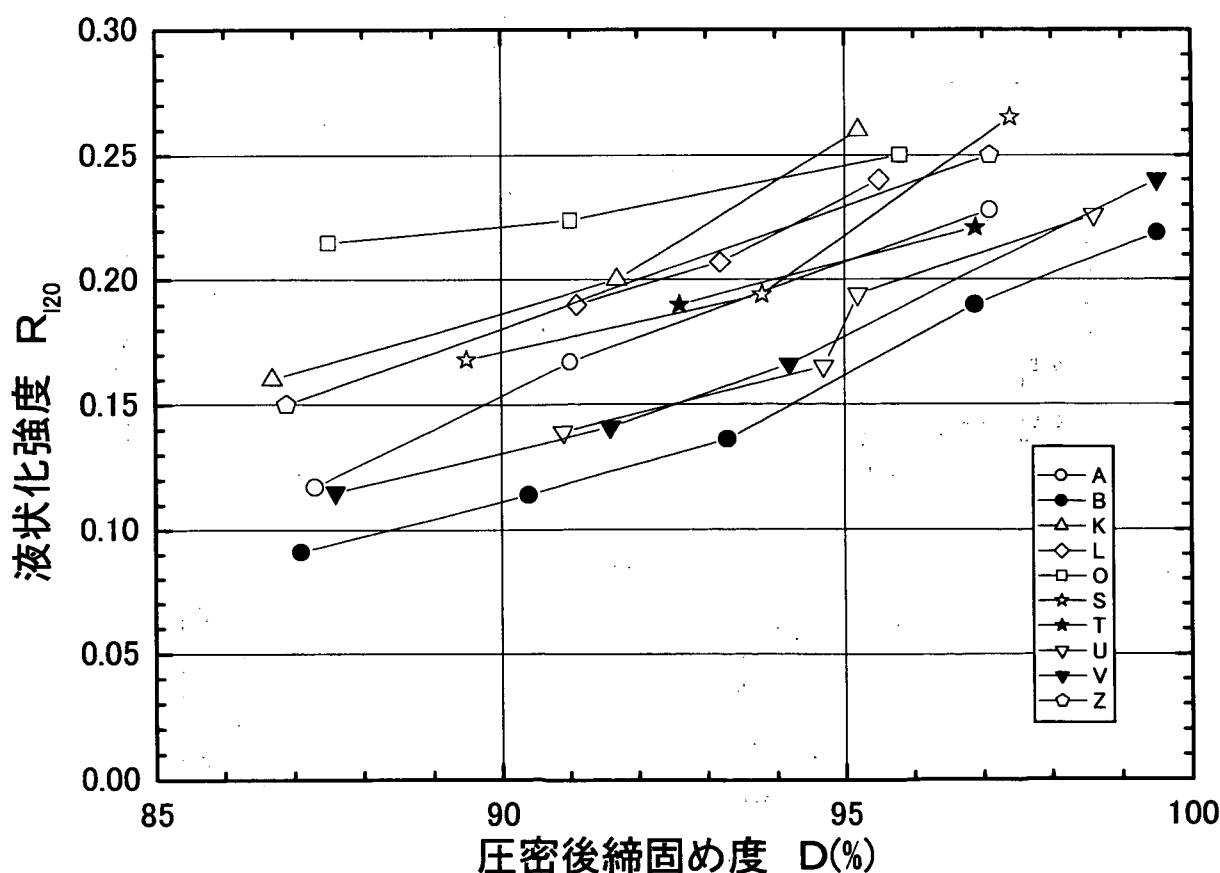


図-8.5 圧密後締固め度と液状強度の関係

つぎに、図-8.5において、圧密後締固め度と液状化強度の関係は土質材料によって異なっているため、試料の材料特性と液状化強度の関係を分析してみた。図-8.5でそれぞれの試料の締固め度 $D = 95\%$ における液状化強度を読み取り、各種の材料特性との関係をプロットしてみたのが図-8.6である。いずれの図においても全体的にばらついており明確な相関は見出せない。各図において液状化強度の下限値を結ぶと、いずれもパラメータが小さいほど液状化強度は小さくなる傾向にあるが、これが意味を持つかどうかは不明である。大まかな傾向として液状化強度と相関がありそうなパラメータを抽出すれば、それは細粒分含有率と曲率係数である。また、細粒で均等係数の小さい（粒度配合の悪い）材料の液状化強度が低くなるようである。

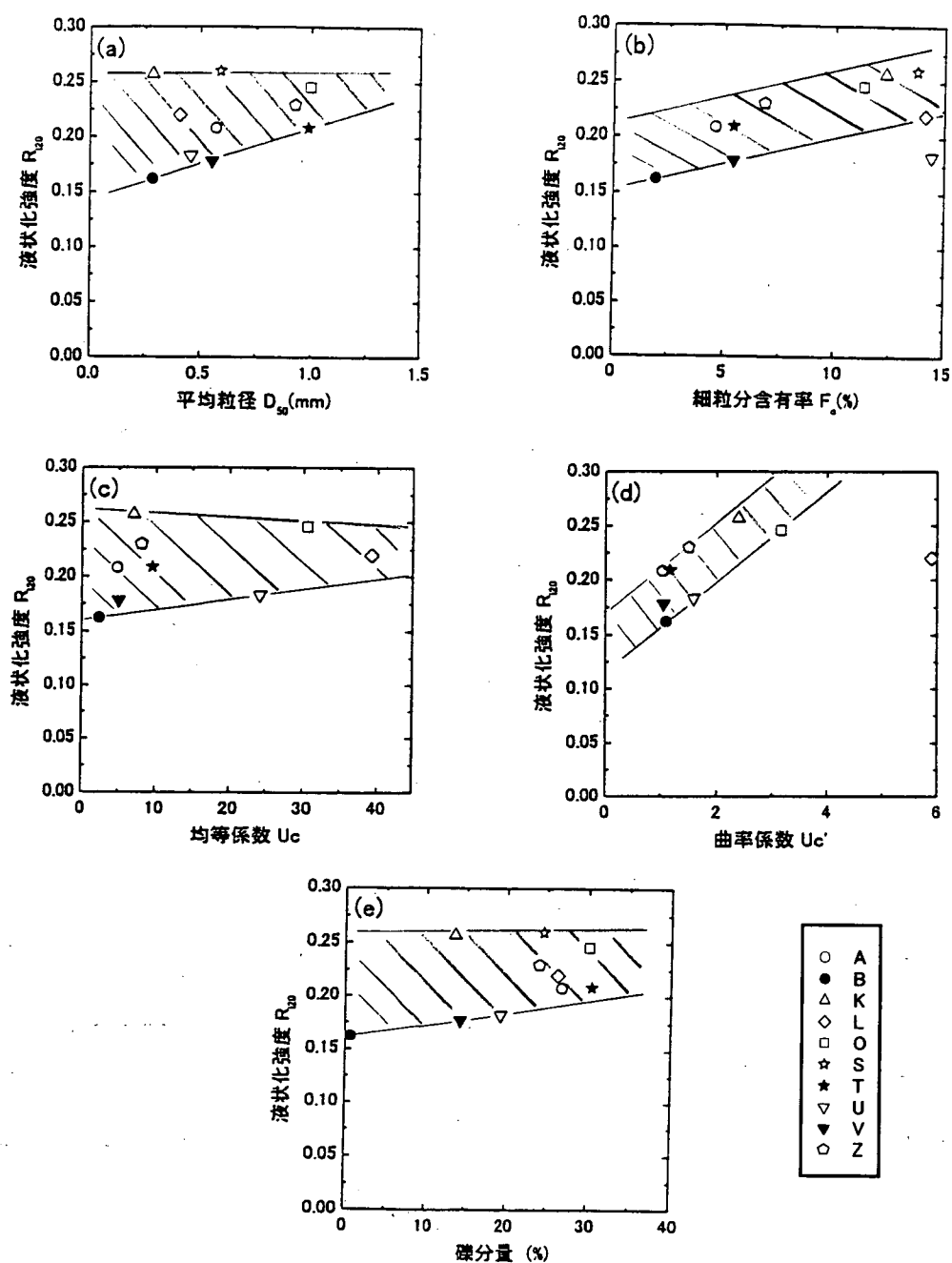
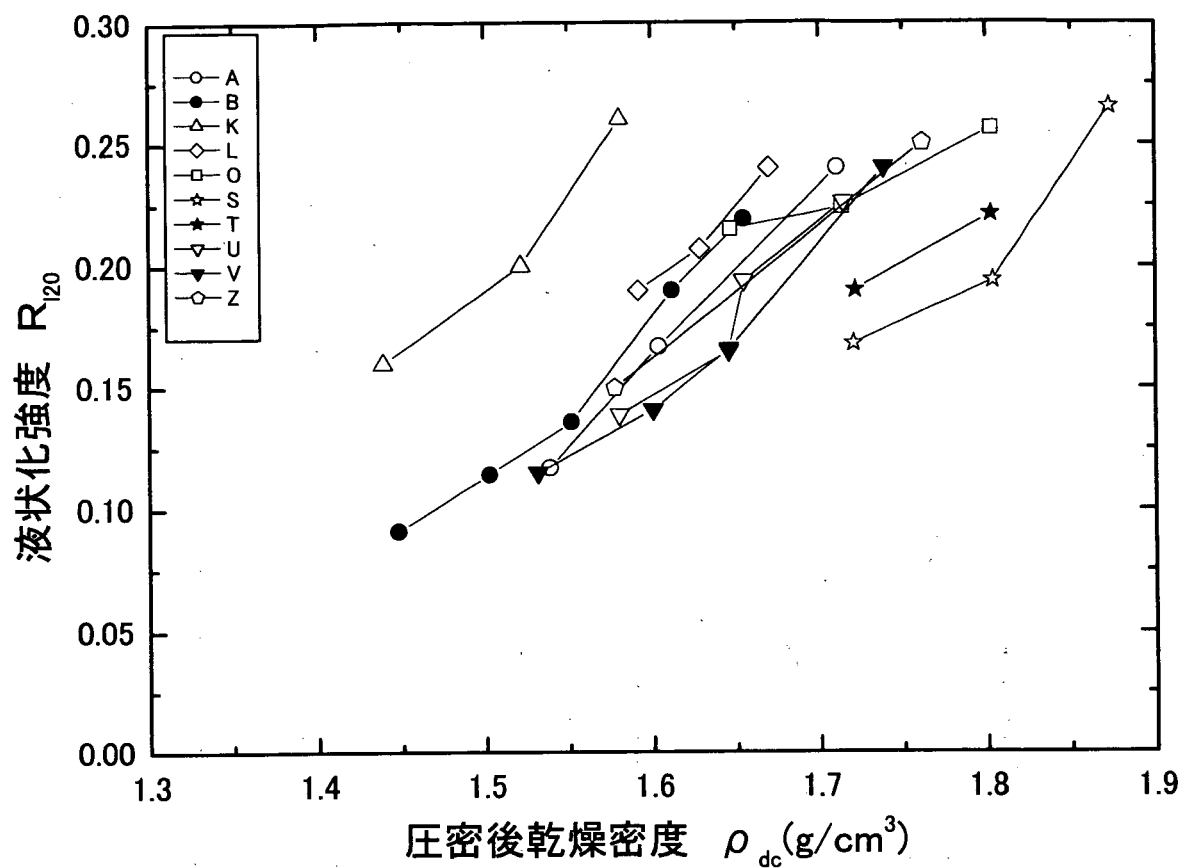
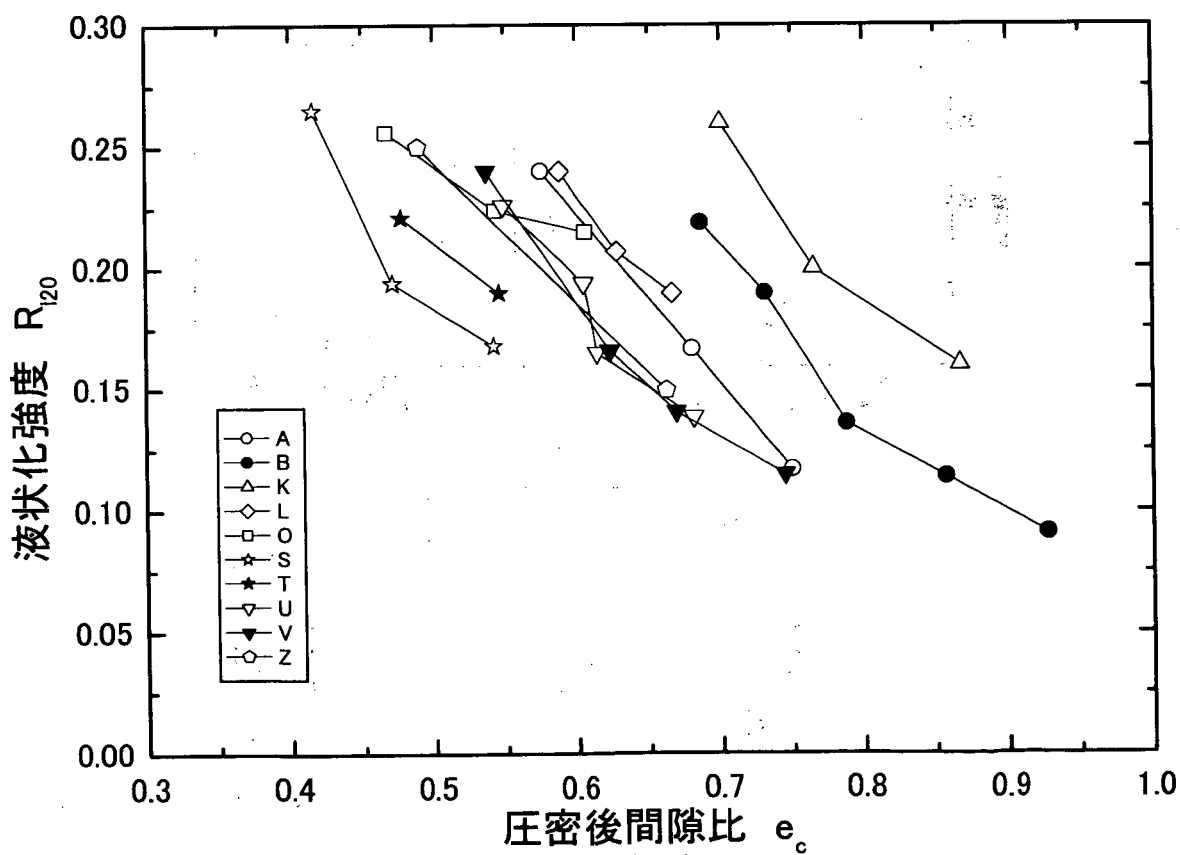


図-8.6 締固め度 $D = 94 \sim 95\%$ における液状化強度と各種粒度特性パラメータとの関係



図一 8.7 圧密後乾燥密度と液状化強度の関係



図一 8.8 圧密後間隙比と液状化強度の関係

つぎに、前述の圧密後締固め度に代えて、乾燥密度または間隙比と液状化強度との関係をプロットしてみた結果を図-8.7および図-8.8にそれぞれ示す。いずれも、図-8.5の結果に比べてばらつきが大きくなっている。図-8.5において整理したのと同様に、ここでは図-8.7において $R_{L20} = 0.20$ に対応する乾燥密度を読み取り、これと各種粒度特性との関係を分析してみた。その結果を図-8.9に示す。ここでも注目すべき相関は見られないが、平均粒径ないしは曲率係数と圧密後乾燥密度の間にやや相関があるように見える。仮にこれらに相関があると認めるとすれば、たとえば(d)図に対しては、曲率係数の大きい土質材料は締固め後の乾燥密度が相対的に小さくても一定の液状化強度を発揮する、あるいは、図-8.7において曲率係数の大きい材料ほど上方に位置する(液状化強度が大きい)、という解釈ができる。

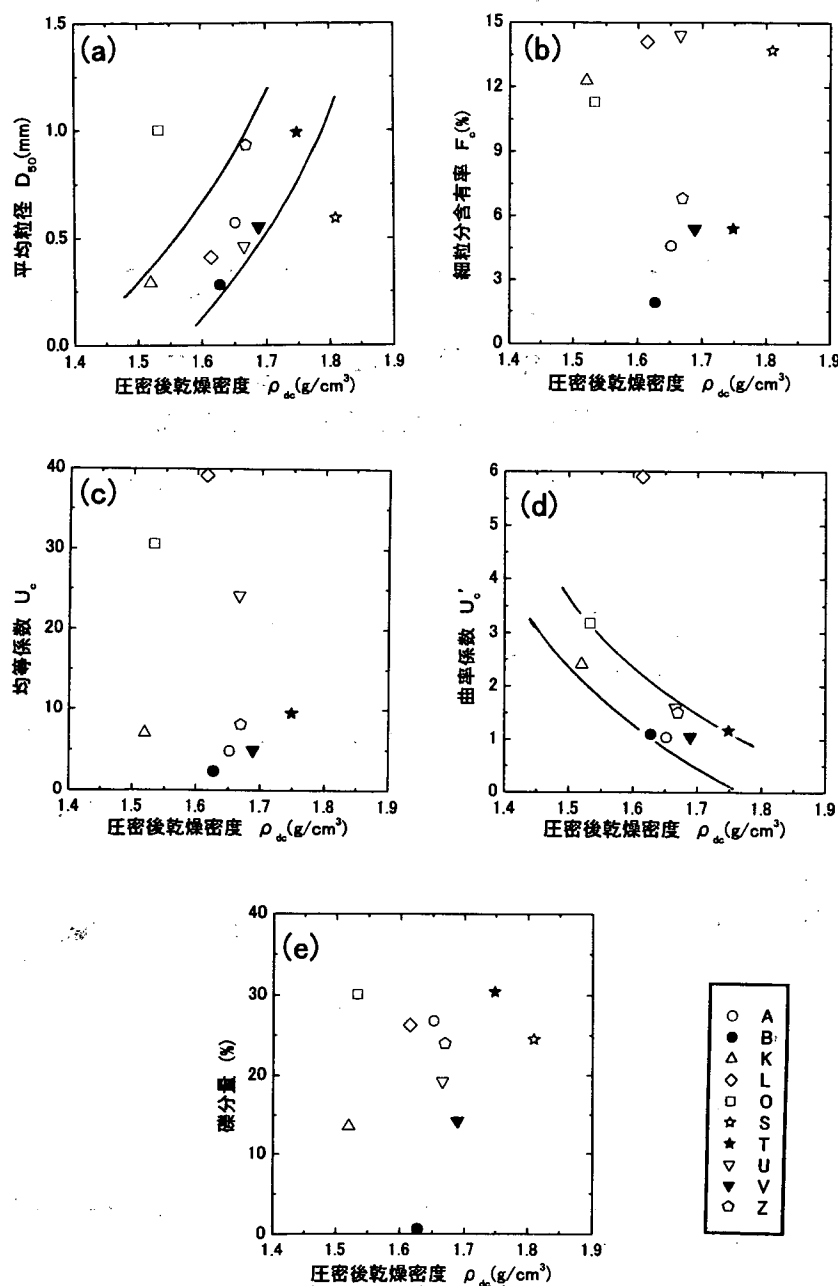
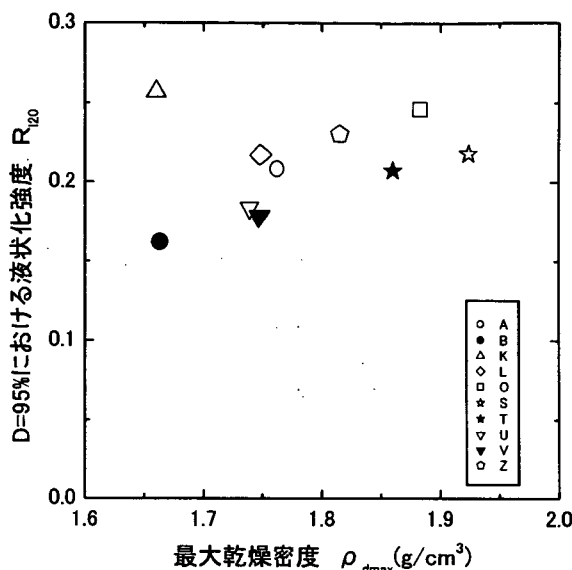


図-8.9 $R_{120} = 0.20$ となる圧密後乾燥密度と各種粒度特性パラメータとの関係

さて、締固め試験結果（図－7.3）及び液状化試験結果（図－8.5）を見比べると、締固め試験で得られる最大乾燥密度の大小関係と液状化強度の大小関係に相関性があるように見受けられたため、最大乾燥密度と $D=95\%$ における液状化強度の関係を調べてみた。その結果を図－8.10に示す。この図より、同じ締固め度の下では、最大乾燥密度が高い試料ほど液状化強度も高くなる傾向が見られることが窺える。



図－8.10 最大乾燥密度と液状化強度の関係（ $D=95\%$ ）

つぎに、実際の埋戻し転圧では土質材料により転圧の程度にさほど違いがないという実態もあり得るのではないかと推察し、このような場合、すなわち各種の材料を一定のエネルギーで締め固めた場合、どのような材料の液状化強度が高くなるかということに着眼して検討した。図－8.11は締固めエネルギーと液状化強度の関係を示す。ここで、横軸の締固めエネルギーは三軸供試体作成時に試料を突き固めたときのエネルギーから、土質試験法¹⁵⁾「突固めによる土の締固め試験」に示されている以下の式により求めたものである。その算定の詳細は表－8.3に示している。

$$E_c = \frac{W_R \cdot H \cdot N_B \cdot N_L}{V} \quad \dots \dots \dots (8.1)$$

ここに、

E_c ：締固めエネルギー（ $N \cdot m/m^3$ ）

W_R ：ランマーの重量（ N ）

H ：ランマーの落下高（ m ）

N_B ：層当たり突固め回数

N_L ：層の数

V ：モールドの容積（締固めた供試体の体積）（ m^3 ）

図－8.11より、同じ締固めエネルギーの下では、液状化強度は材料により大きく異なり、乾燥密度が高いほど液状化強度は高いようである。

ここでは、図-8.11で締固めエネルギー $E_c = 6.0 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{m}^3$ における各試料の液状化強度を読み取り、各種粒度特性パラメータとの関係を整理した。その結果を図-8.12に示す。いずれの結果もばらついているが、あえて相関の高いものを挙げれば (a) 平均粒径、(b) 細粒分含有率及び (e) 礫分量である。また、液状化強度と材料特性の関係で整理した図-8.5と見比べると、左記の (a) 平均粒径及び (e) 礫分量についてはやや相関が良くなっているように見える。

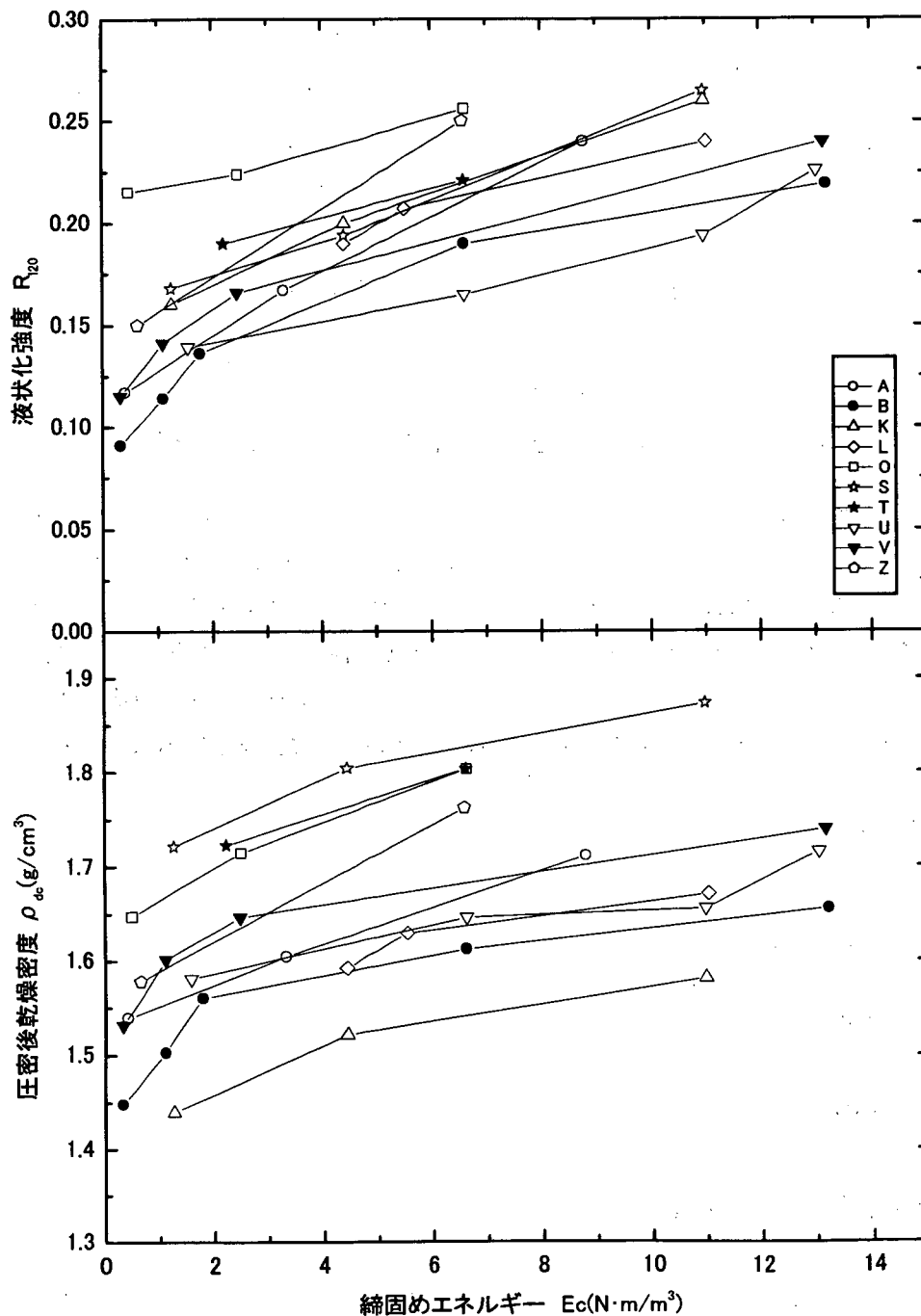


図-8.11 締固めエネルギーと液状化強度・圧密後乾燥密度の関係

表-8.3 供試体作成時の締固めエネルギー算定結果一覧表

ランマー重量(N) :1.2147

試料名	A			B					K			L			O		
締固め度 (%) (圧密後)	83.7	91.0	97.1	87.1	90.4	93.9	96.9	99.5	86.7	91.7	95.2	91.1	93.2	95.5	87.5	91.0	95.8
落下高さ(cm)	2	7	14	2	7	7	14	14	2	7	14	7	7	14	2	7	14
層数(層)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
突固め回数(回)	10	24	32	8	8	13	24	48	32	32	40	32	40	40	12	18	24
供試体体積 (cm ³)	181.1	184.2	185.9	183.4	184.4	185.0	185.3	185.5	183.8	184.7	185.8	185.1	184.3	185.1	183.2	184.9	185.2
締固めエネルギー (N・m/m ³)	0.402	3.324	8.782	0.318	1.107	1.793	6.608	13.20	1.269	4.419	10.98	4.410	5.536	11.02	0.477	2.483	6.611
E _c	0.007	0.060	0.159	0.006	0.020	0.032	0.120	0.239	0.023	0.080	0.199	0.080	0.100	0.200	0.009	0.045	0.120

試料名	S			T		U				V				Z		
締固め度 (%) (圧密後)	89.5	93.8	97.4	92.6	96.9	90.9	94.7	95.2	98.6	87.6	91.6	94.2	99.5	87.5	86.9	97.1
落下高さ(cm)	2	7	14	7	14	2	7	14	14	2	7	7	14	2	2	14
層数(層)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
突固め回数(回)	32	32	40	16	24	40	48	40	48	8	8	18	48	16	16	24
供試体体積 (cm ³)	185.1	184.8	186.1	184.6	185.5	184.5	185.1	185.9	187.9	183.9	184.3	185.9	186.2	183.5	183.3	186.4
締固めエネルギー (N・m/m ³)	1.260	4.417	10.97	2.211	6.601	1.580	6.615	10.98	13.03	0.317	1.107	2.470	13.15	0.635	0.636	6.569
E _c	0.023	0.080	0.199	0.040	0.120	0.029	0.120	0.199	0.236	0.006	0.020	0.045	0.238	0.012	0.012	0.119

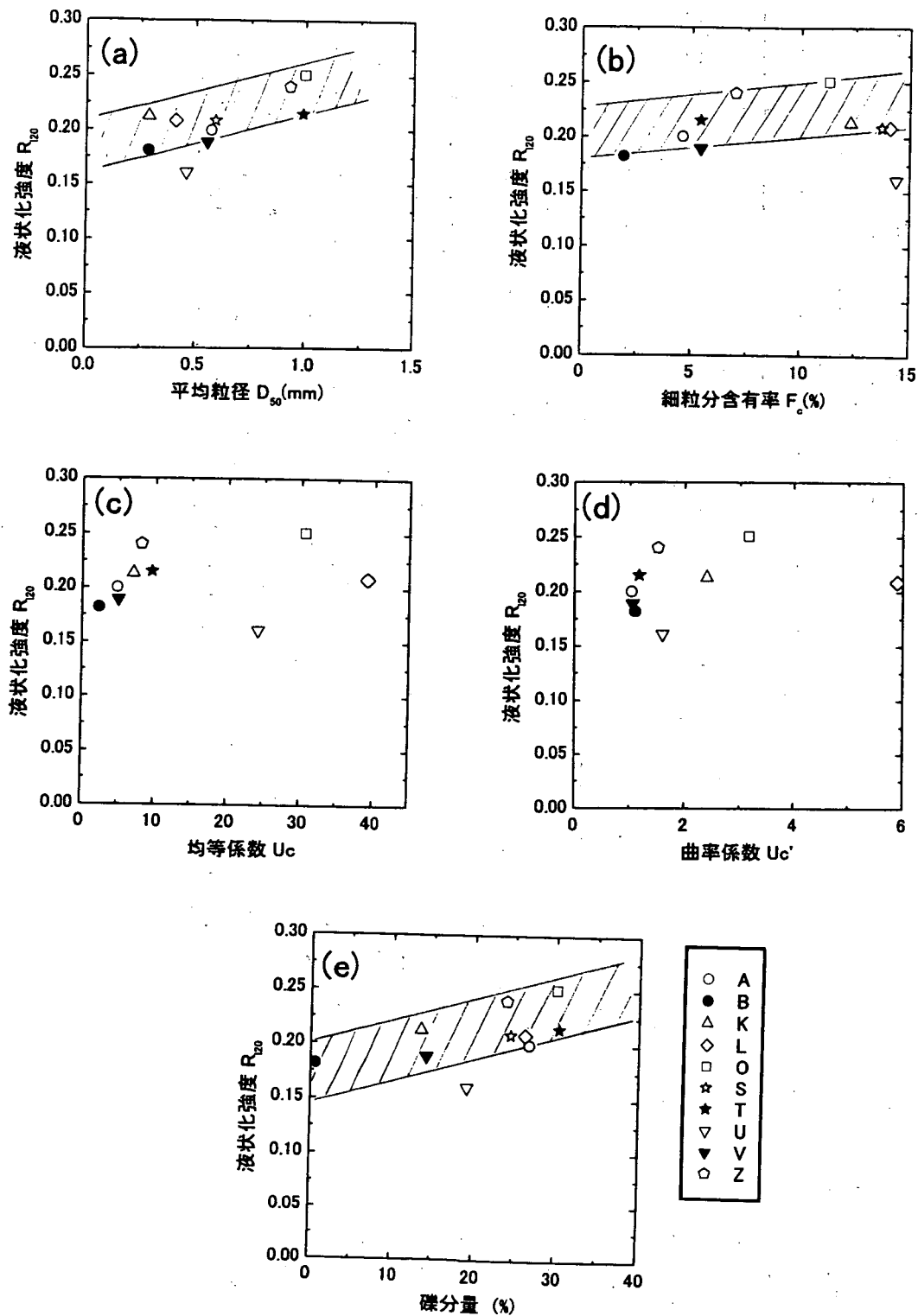


図-8.12 締固めエネルギー $E_c = 6.0 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{m}^3$ における各種粒度特性パラメータと液状化強度の関係

8. 2. 2 材料特性、締固め密度と累積ひずみエネルギーの関係

(1) 概要

本節8. 2の冒頭において、液状化強度 R_L は液状化による地盤や埋設あるいは地上構造物等の地震災害の程度を表す指標としては必ずしも十分ではないのではないかということを実験結果にもとづき示唆した。

この液状化強度 R_L は、30年前に液状化に関する研究が始められて以来、地盤の液状化判定において活用され、また地盤液状化時の構造物設計法に組み込まれている。しかし、1995年兵庫県南部地震を一つの契機として、この指標の有用性の限界についての議論、新たな指標の模索が進められている。

液状化強度の限界として指摘されている点の一つは、いったん液状化した土質材料であってもその後の地震動の継続によりひずみ(あるいは変形)が容易に伸張するものとそうでないものがあり、この特性の違いは地盤ないしは構造物の被害の程度を強く支配するものであるが、液状化強度 R_L はこの特性を評価できていないということである。このことは本報告書の研究対象である下水道管埋戻し土の液状化による被害現象を論じるときにも重要な点であると考えている。

前項8. 2. 1では液状化強度 R_L について分析したが、ここではそれに代わり累積損失エネルギーについての分析を試みる。

(2) エネルギーの概念を用いた液状化判定に関する既往の研究

この地震動外力をエネルギー的な指標で表し、これを土質材料の液状化抵抗ないしは地盤災害の評価に利用しようという試みが近年なされている。ここではそのような既往の研究を概観する。

たとえば、Kayen et al. (1997)¹⁶⁾ は、Arias 強度という指標を使った液状化判定法を提案している。このArias強度とは地盤の応答加速度の平方を地震動過程全体にわたって積分して得られるものである。現行の液状化強度 R_L を用いた液状化判定法(FL法)では地震動外力は第一義的には最大加速度で代表されているが、地震動外力としてArias強度を用いれば、加速度の大きさだけでなく、周波数特性、継続時間の影響も自然に取り込むことができるということである。また、佐藤ら(1998)¹⁷⁾ は、Housner (1963)¹⁸⁾ の提案による地震動スペクトル強度(SI値; spectrum intensity)を液状化判定に用いる試みを述べている。これを導入した意図は上と同様である。

地震動外力をエネルギー的な指標により評価しようとする研究としては、この他にLaw et al. (1990)¹⁹⁾ がある。ただし、これらの研究においては、地震動の作用を受ける土質材料の特性には踏み込んでいない。この点をも含めて検討している研究事例には以下のようなものがある。

Figueroa ら (Figueroa, 1990; Figueroa et al., 1994; Liang et al., 1995)^{20), 21), 22)} は、累積損失エネルギーという考えを導入し、地震動外力をこれにより評価し、かつ土質材料の液状化抵抗もこれを用いて定量化することを提案している。彼らは多くの土質材料について繰返し非排水せん断試験を実施し、各種土質材料の液状化抵抗を代表する指標としての累積損失エネルギーをも提案している。なお、地盤中の任意の土要素に作用する地震動外力としての累積損失エネルギーを算定するにあたっては、Hardin & Drnevich (1972)²³⁾ タイプの非線形履歴モデルを用いた地震応答解析を行って求めることとし、その中で初期せん断剛性およびせん断強さを累積ひずみエネルギーの値に依存させて時々刻々と劣化させる方法を提案している。この方法においては、あらかじめ土質材料の疲労

特性を累積ひずみエネルギーの関数として入力しておき、その解析結果として得られる累積ひずみエネルギーの大きさと土質材料の液状化抵抗としての累積ひずみエネルギーを比較して、地盤の液状化領域を判定するということになり、やや複雑である。また、論文においては、土質材料の液状化抵抗としての累積ひずみエネルギーを規定する基準が過剰間隙水圧の大きさあるいはひずみの大きさに規定されているのか、はっきりしない。

風間ら（風間ら、1998, 1999；Kazama et al., 1998a, 1998b）^{24)～27)} は、砂質土、礫質土および粘性土の液状化抵抗の違いを統一的に説明すること、および大地震に対する適切な液状化判定手法を構築すること等を目的として、上に述べたFiguroaらと同様に、累積損失エネルギーを用いた研究を精力的に行っている。まず、各種の土質材料について定ひずみ制御繰返しせん断試験を実施し、粘性土と砂質土において累積ひずみエネルギーとせん断剛性の低下する度合いが明らかに異なることを示している。また、地震動外力を評価する方法としては、液状化の影響を考慮した等価剛性を用いた等価線形解析の結果を用いた方法を示している。この方法によれば、土層の消費するエネルギーは等価線形解析の入力値として与えられる等価剛性、等価減衰率に依存し、土質材料の繰返し载荷による劣化の影響は直接には考慮されないことになる。なお、文献25)においては、液状化の影響を考慮した等価剛性を用いた、等価線形解析結果と兵庫県南部地震でのポートアイランドにおける鉛直アレー地震動記録とを比較し、その手法の妥当性を示しているが、一般的に適用可能かどうかは更に事例の蓄積が必要と考えられる。他方、この点をより精緻に評価しようとするれば、上記のFiguroaらが用いている方法あるいは弾塑性有限要素法等を利用せざるを得ず、簡易評価法としての利点が失われてしまう。

以上に述べた、累積ひずみエネルギーを用いた液状化判定法については、実務問題への適用の方法論、予測結果と実被害現象との関係などについて今後さらに研究することが必要と思われる。

(3) 分析結果

ここで、改めて累積ひずみエネルギーというものについて説明する。地盤中の土要素を考えると、これは地震時に繰返し応力の作用を受け、サイクリックな応力・ひずみ履歴をたどる。この過程で土要素は塑性変形しエネルギーを消費する。これを累積損失エネルギーと呼び、次式で定義される（風間ら、1998）²⁴⁾。

$$\Delta W = \oint q \cdot d\epsilon \quad \dots \dots \dots (8.2)$$

ここに、

ΔW ：累積損失エネルギー（kPa）、

q ：偏差応力（kPa）、

ϵ ：両振幅軸ひずみ。

定義から明らかなように、累積損失エネルギーは繰返し载荷サイクルに対して単調増加である。ここでは、それぞれの実験結果として得られた偏差応力－軸ひずみ関係のデータを用いて次式により両振幅軸ひずみ5%を超えた付近までの累積損失エネルギーを計算した。

$$\Delta W = \oint q \cdot d\varepsilon = \sum_{n=0}^N \frac{\{q(n+1)+q(n)\} \cdot \{\varepsilon(n+1)-\varepsilon(n)\}}{2} \dots \dots \dots (8.3)$$

ここに、

N ：データの個数

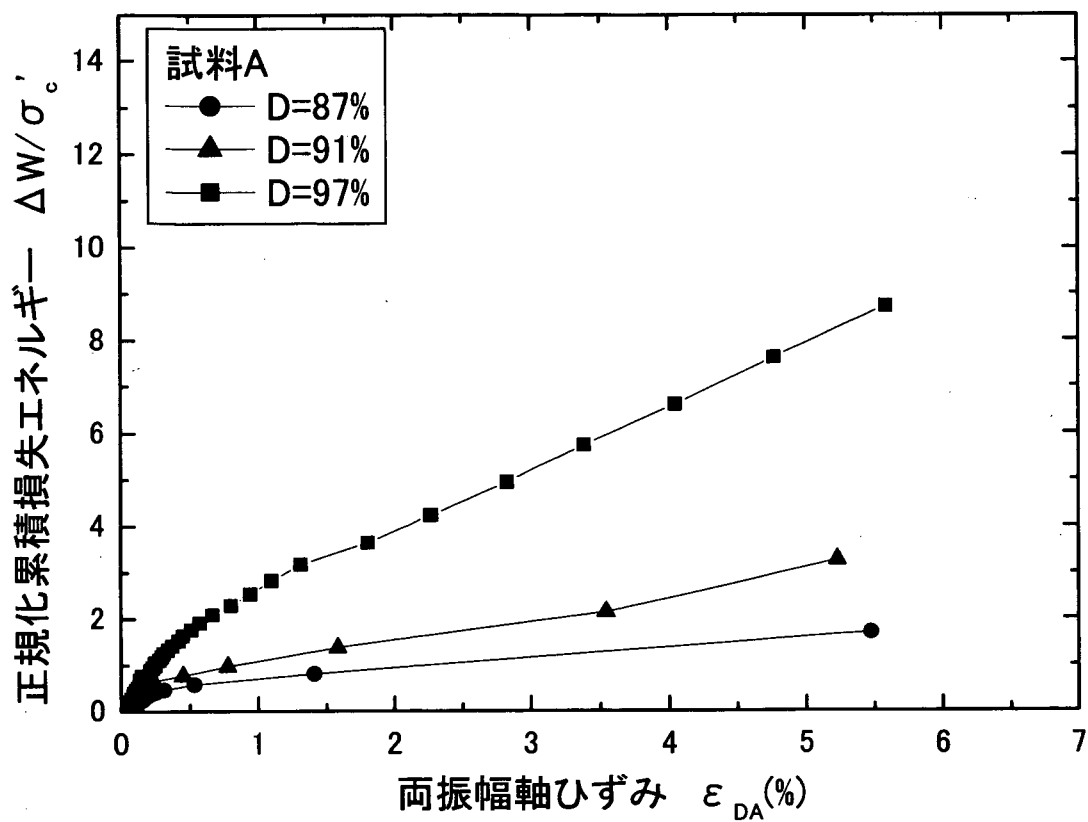
はじめに、両振幅軸ひずみと累積損失エネルギーの関係を試料毎に図-8.13に示す。図中のプロットは1サイクル毎のものである。なお、既往の研究にならい、累積損失エネルギーは初期有効拘束圧で除して正規化している。これらの図より、いずれの試料においても、供試体の締固め度が高くなるほど消費エネルギーが大きく、かつ载荷1サイクル毎のひずみの伸び量は小さくなり、図中での勾配が急になることがわかる。

つぎに、同図において両振幅軸ひずみ5%における累積損失エネルギーの値を読み取り、圧密後締固め度との関係にプロットしたものを図-8.14に示す。当然のことながら、いずれの試料においても締固め度が高くなるほど累積損失エネルギーが高くなることがわかる。また、液状化強度と締固め度の関係についてプロットした図-8.5と見比べると、液状化強度の大小関係と累積損失エネルギーの大小関係には大きな違いはない、すなわち液状化強度の高いものほど、ひずみ5%を生じさせるのに要するエネルギーは大きい、と言える。ただし、仔細に見ると、たとえば図-8.5において試料Uと試料Vは液状化強度がほぼ同じであるが、図-8.14に目を転じると、両者の間には大きな差があり、試料Uの方がより大きい消費エネルギーとなっているのがわかる。この違いは図-8.15を見るとより明瞭であり、試料Uは試料Vに比べて繰返しサイクル毎のひずみの伸び方が緩慢であり、かつ1サイクル当たりのループの面積（消費エネルギー）が大きくなっている。このような特性は一般に「靱りがある」と呼ばれており、液状化強度 R_L ではこの特性を必ずしも反映できないのに対し、累積損失エネルギーによればこのような特性を取り込むことができる点が有用性の1つであると考えられる。

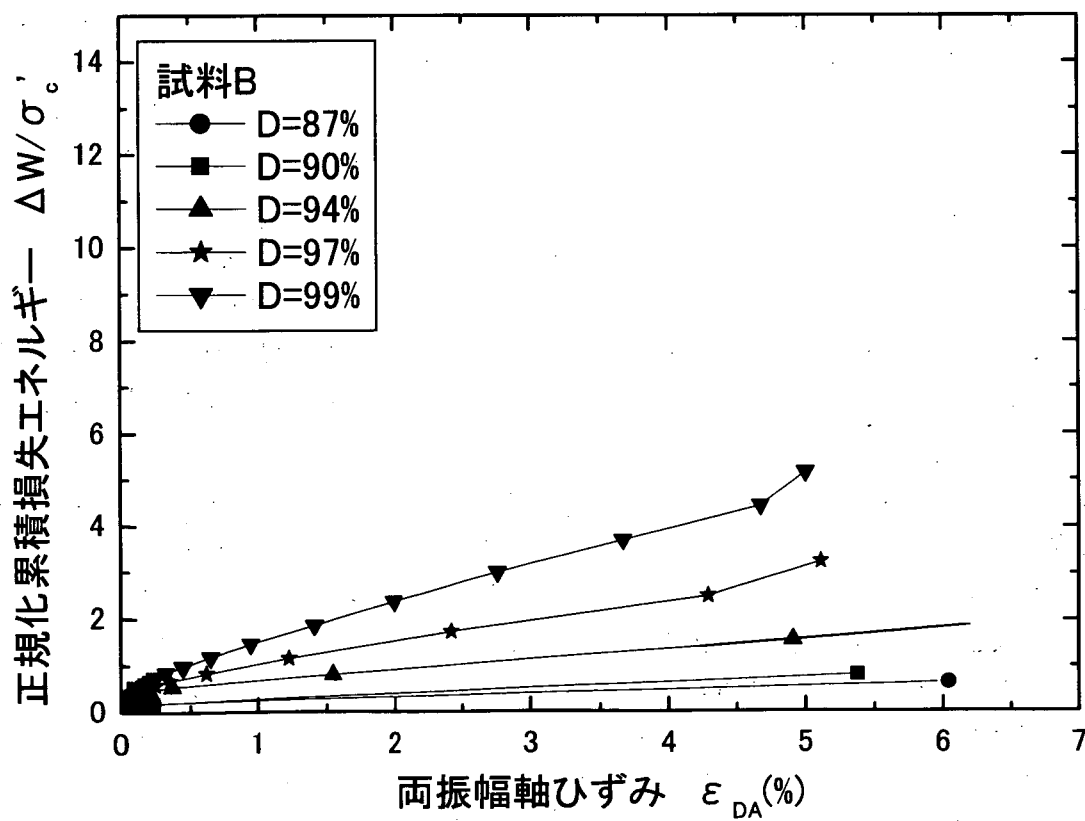
図-8.16は、液状化強度と累積損失エネルギーの関係を直接に比較したものである。この図は、上に述べた点、すなわち液状化強度が同じでも、5%ひずみを生じさせるのに要する累積損失エネルギーの大きさは土質材料により異なることを示している。液状化強度 R_L の大きさが同じ2種類の土質材料があったとき、累積損失エネルギーが大きい材料の方が地震時の被害程度が小さいことが期待される。

最後に、それぞれの試料を締固め度 $D=95\%$ に締め固めたとき、ひずみ5%を生じさせるのに要する累積エネルギーを図-8.14から読みとり、その値と各種材料特性の関係をプロットした結果を図-8.17に示す。図-8.7の場合と同じく、明瞭な相関は見られないが、おおよその傾向として、平均粒径が大きい試料、礫分含有率や細粒分含有率が高い試料、あるいは均等係数の大きい試料の方がより大きなエネルギーを要するようである。これを割り切って言い換えれば、平均粒径が粗く、かつ粒度配合の良い試料は液状化しても大変形を生じにくい、ということであろうと考えられる。

図-8.18は、液状化強度と累積損失エネルギーの関係を直接に比較したものである。この図は、上に述べた点、すなわち液状化強度が同じでも、5%ひずみを生じさせるのに要する累積損失エネルギーの大きさは土質材料により異なることを示している。液状化強度 R_L の大きさが同じ2種類

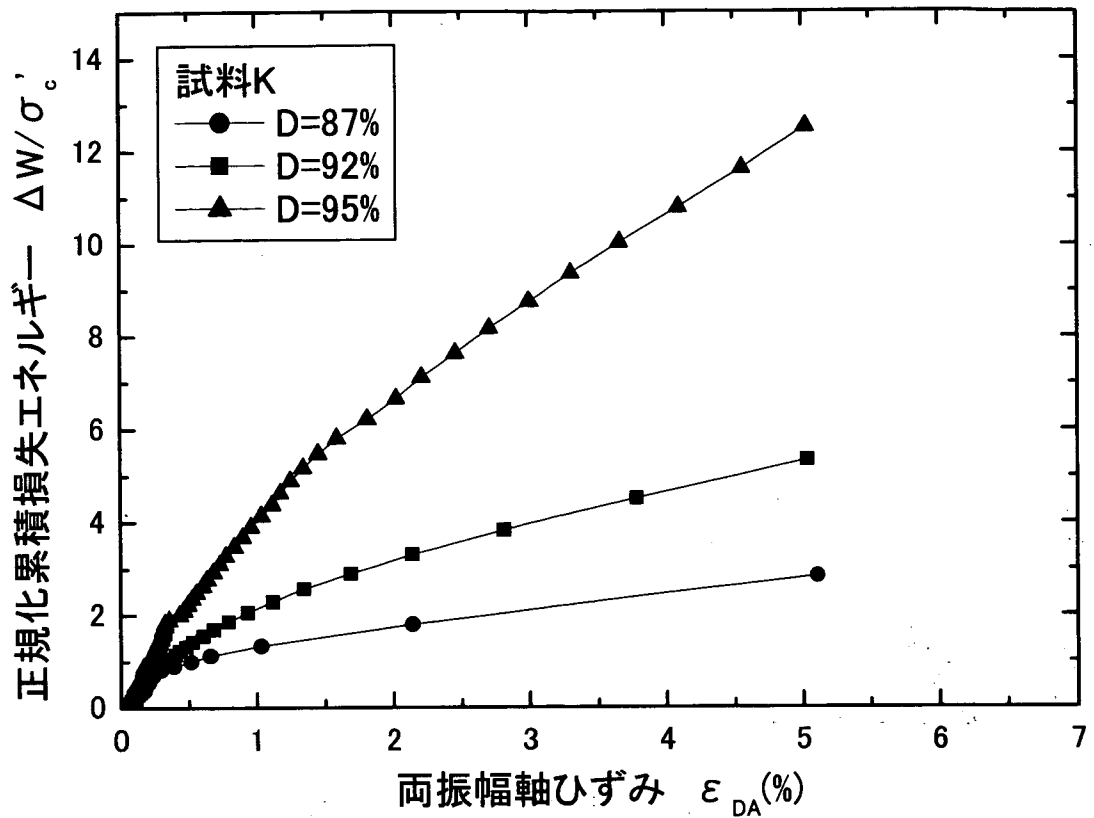


(a) 試料A

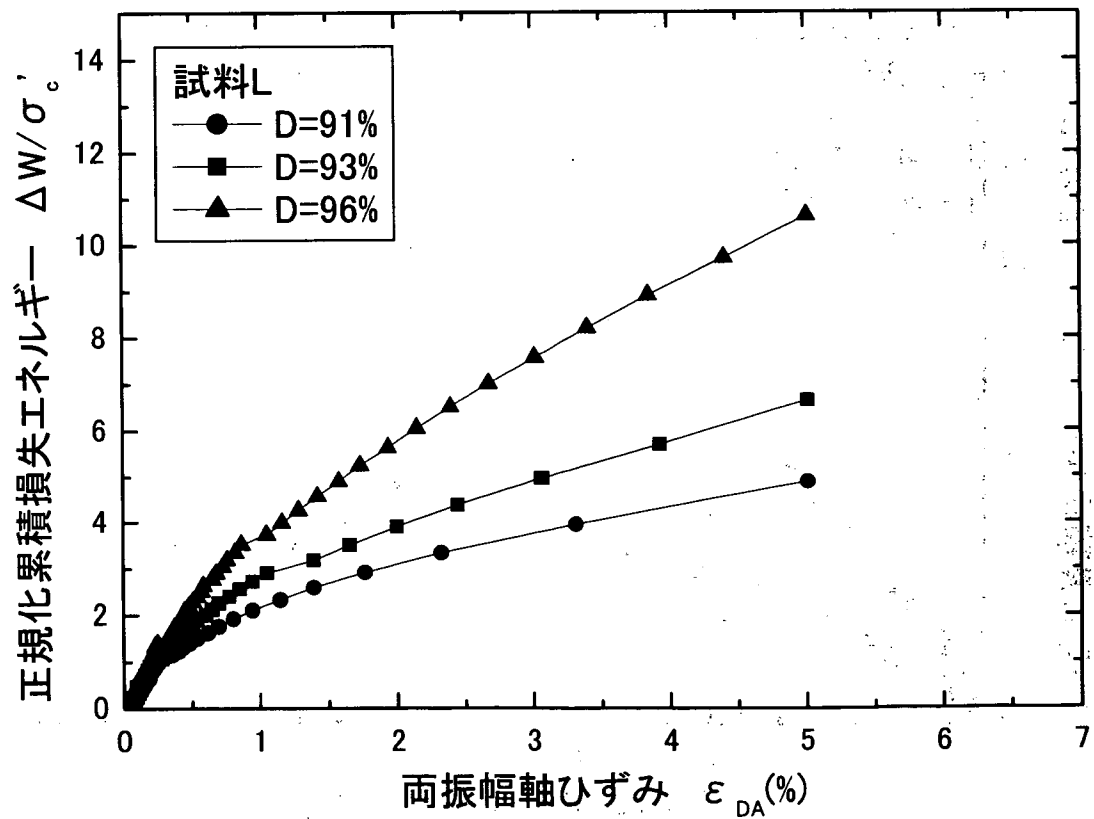


(b) 試料B

図-8.13 両振幅軸ひずみと累積損失エネルギーの関係

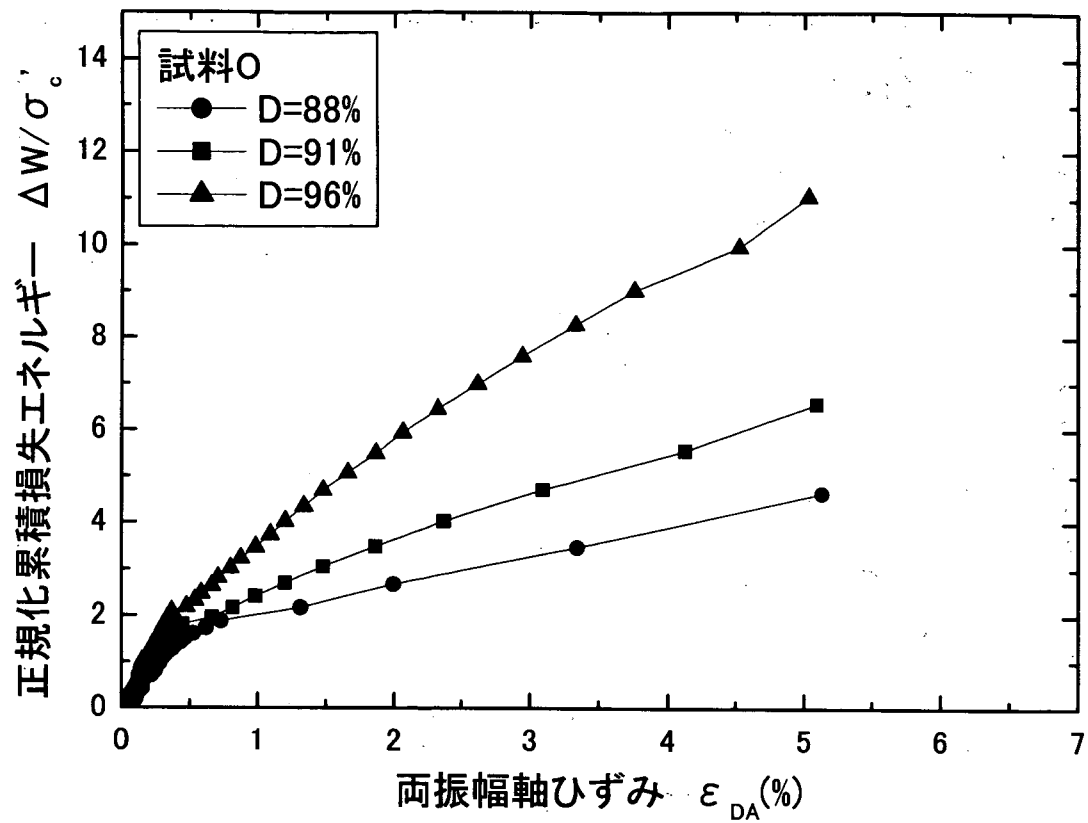


(c) 試料K

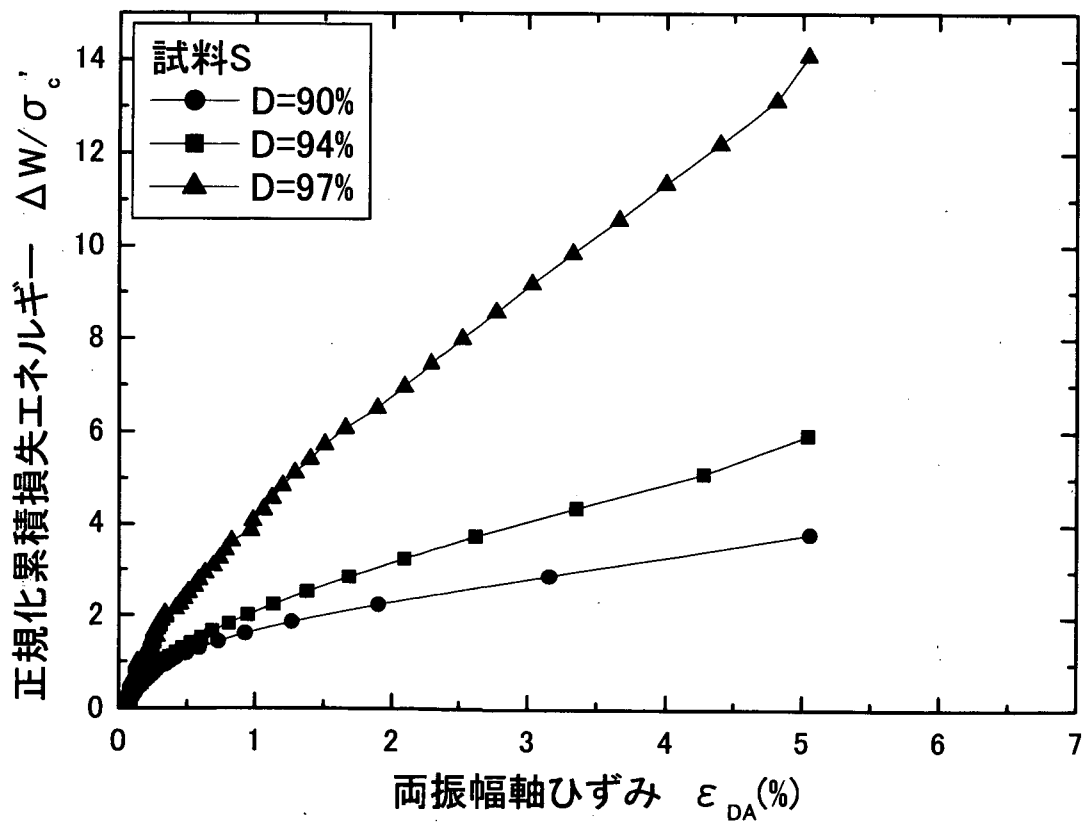


(d) 試料L

図-8.13 両振幅軸ひずみと累積損失エネルギーの関係

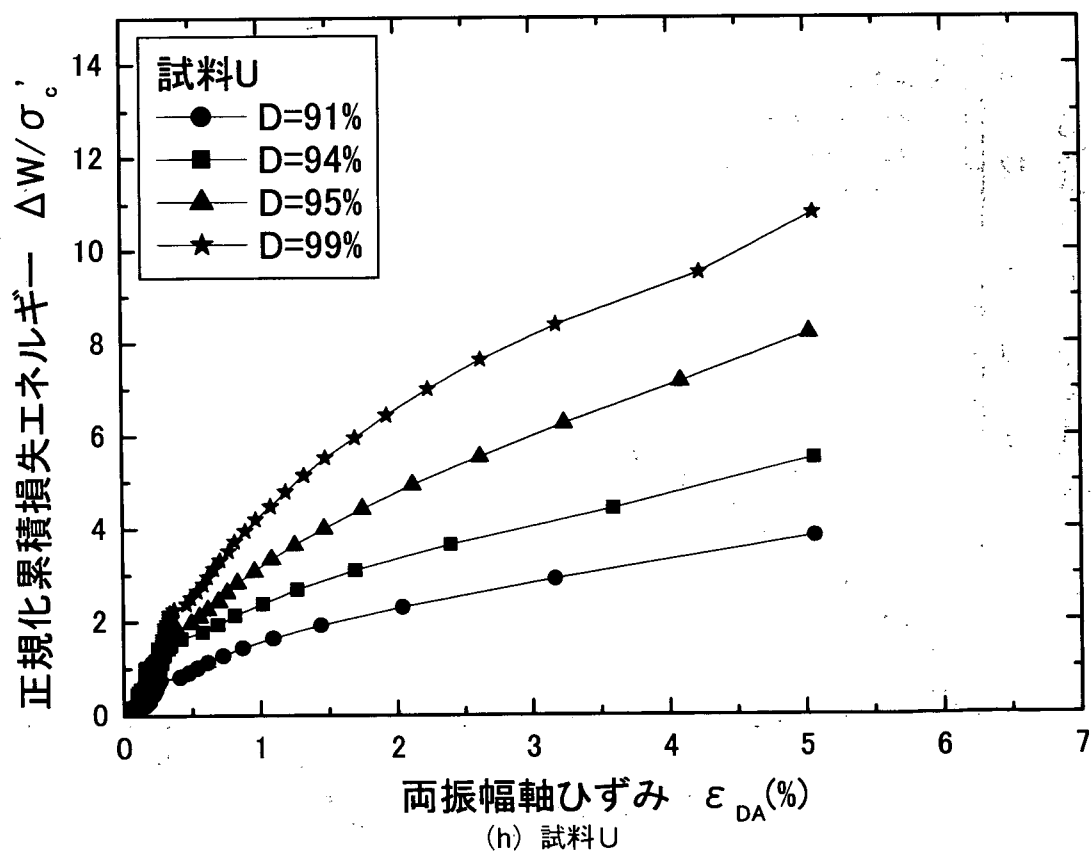
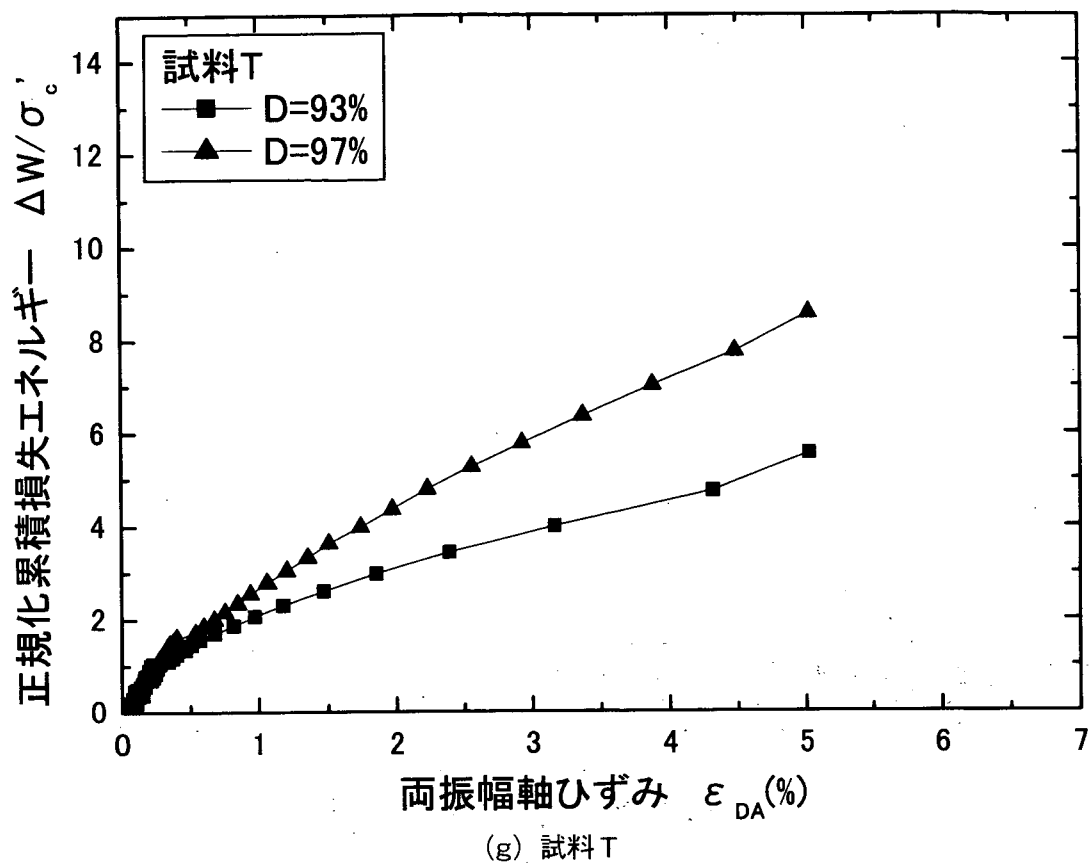


(e) 試料O



(f) 試料S

図-8.13 両振幅軸ひずみと累積損失エネルギーの関係



図一8.13 両振幅軸ひずみと累積損失エネルギーの関係

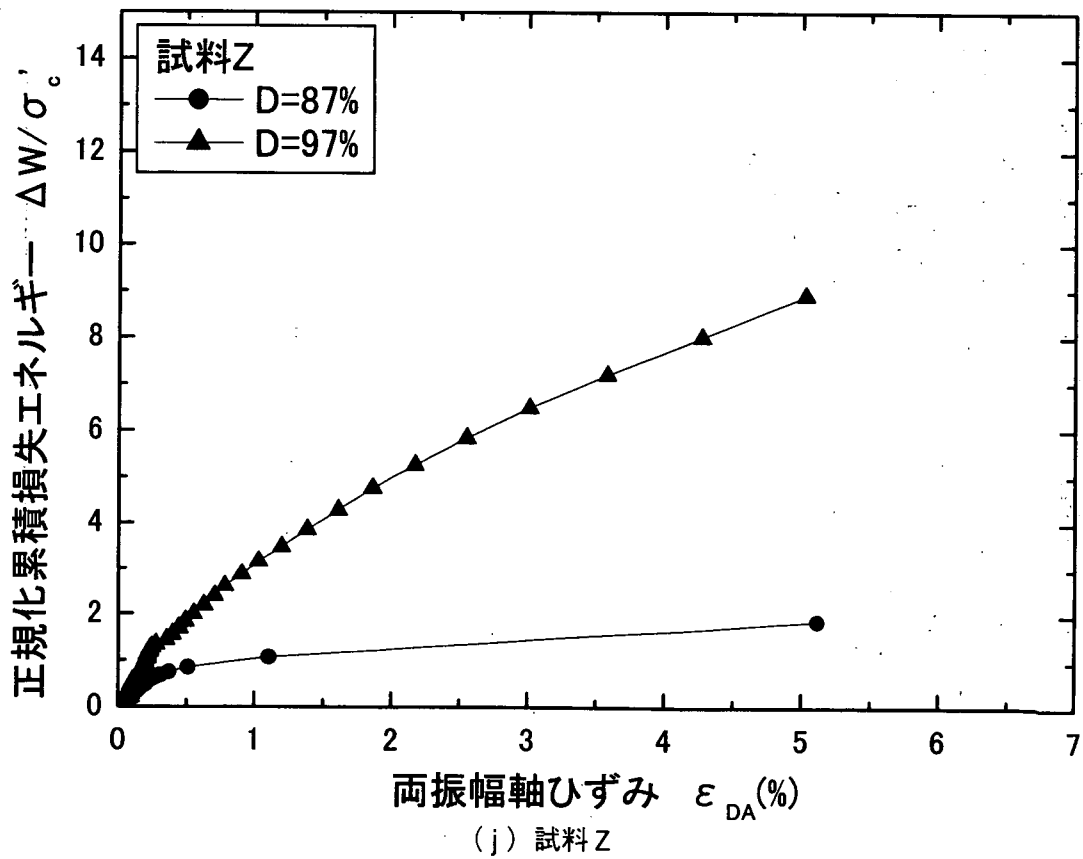
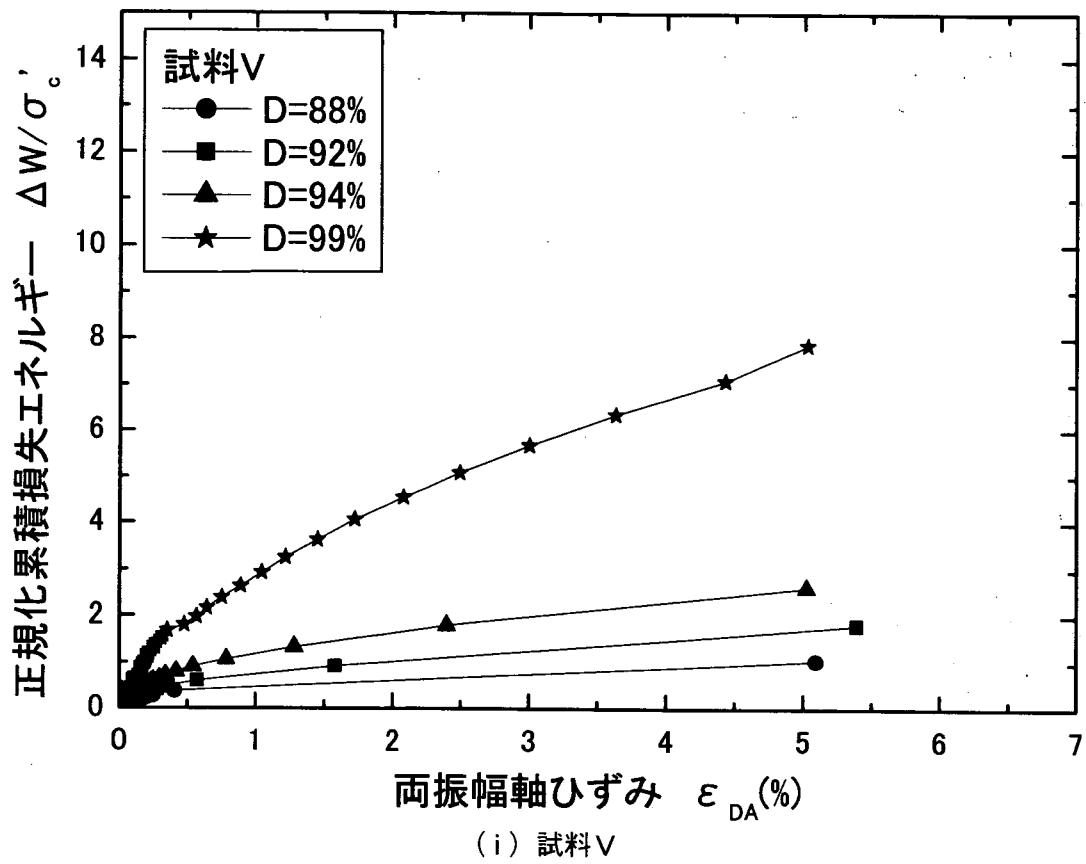


図- 8.13 両振幅軸ひずみと累積損失エネルギーの関係

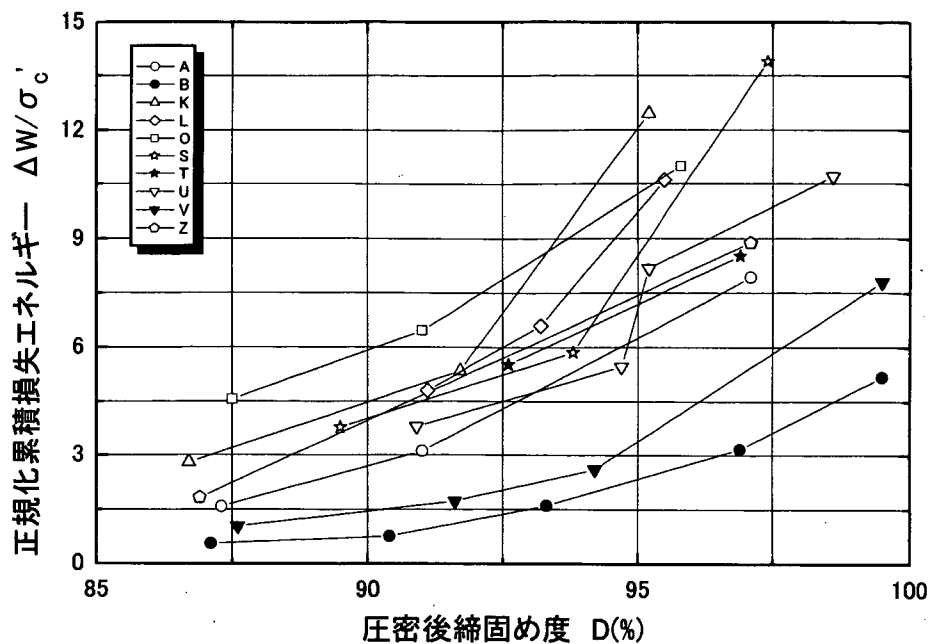


図-8.14 圧密後締固め度と累積損失エネルギーの関係

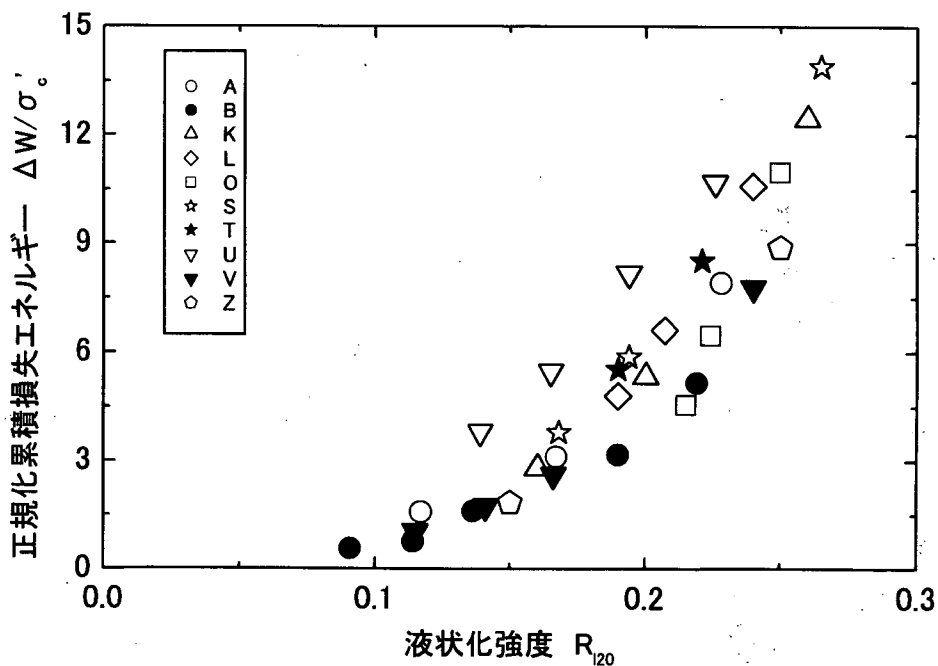


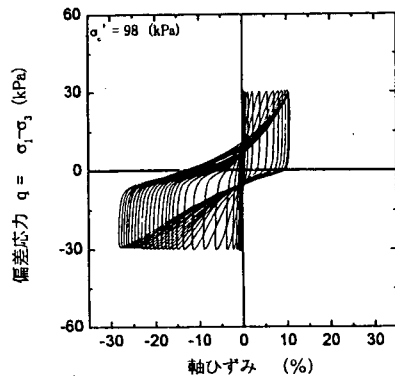
図-8.15 液状化強度と累積損失エネルギーの関係

の土質材料があったとき、累積損失エネルギーが大きい材料の方が地震時の被害程度が小さいことが期待される。

最後に、それぞれの試料を締固め度 $D = 95\%$ に締め固めたとき、ひずみ 5% を生じさせるのに要する累積エネルギーを図-8.16から読みとり、その値と各種材料特性の関係をプロットした結果を図-8.19に示す。図-8.7の場合と同じく、明瞭な相関は見られないが、おおよその傾向として、平均粒径が大きい試料、礫分含有率や細粒分含有率が高い試料、あるいは均等係数の大きい試料の方がより大きなエネルギーを要するようである。これを割り切って言い換えれば、平均粒径が粗く、かつ粒度配合の良い試料は液状化しても大変形を生じにくい、ということであろうと考えられる。

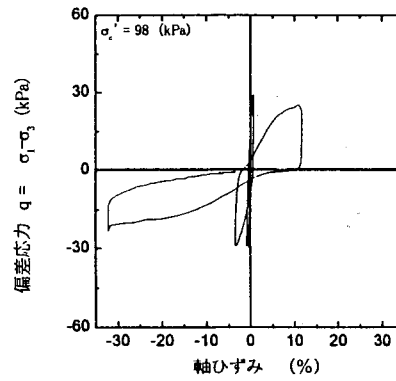
試料 U

Dc=91%

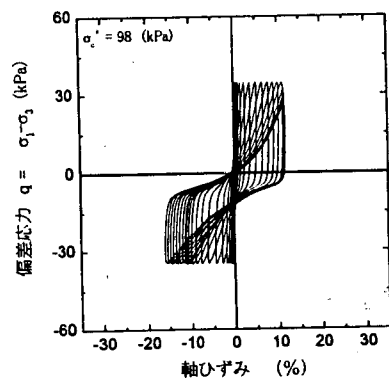


試料 V

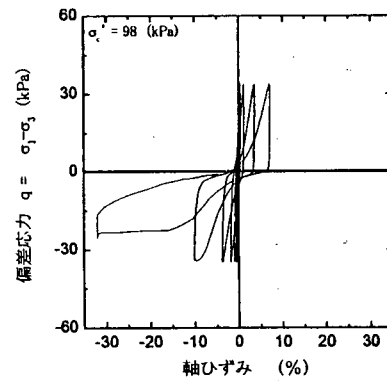
Dc=92%



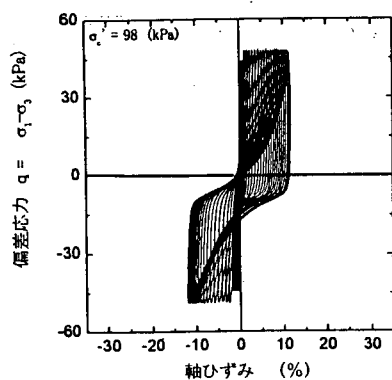
Dc=94%



Dc=94%



Dc=99%



Dc=99%

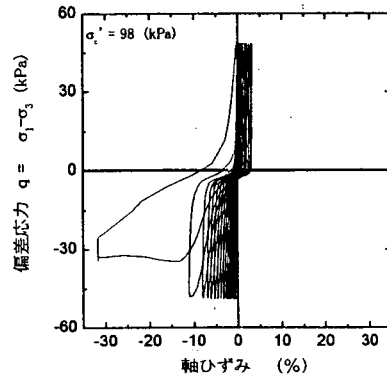
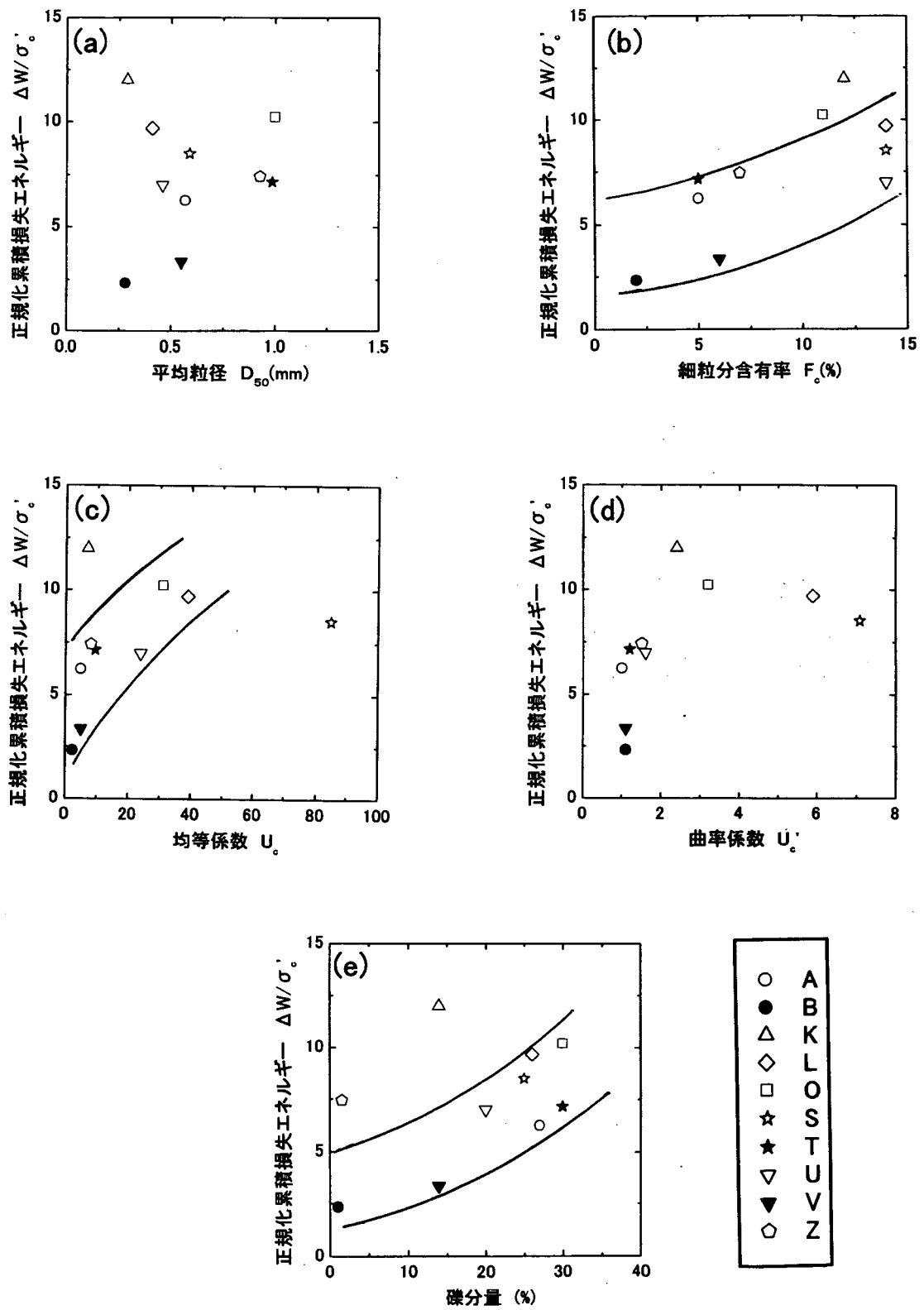


図-8.16 締固め度一液状化関係がほぼ等しい2つの試料 (UとV) の応力-ひずみ関係の比較



図一 8.17 締固め度 $D = 95\%$ における累積損失エネルギーと物理特性の関係

9. まとめ

下水道管路が地震時液状化により浮上り被害が生じるのを防止するためには、埋戻し土が液状化しないしはそれに伴う流動変位が生じないように十分に締め固めることが効果的である。本調査では、このような観点からの埋戻し施工管理基準を見出すことを目的として、実際に用いられている埋戻し材料の締め固め度を変化させた液状化試験により調べた結果、以下のことが明らかとなった。

- ①締め固め度が高くなると液状化強度は大きくなり、同じ締め固め度で比較すると材料によって液状化強度は異なる。
- ②一定の締め固め度の下では、材料特性に関するそれぞれのパラメータが小さいものの液状化強度は小さい傾向があることがわかる。
- ③間隙比と液状化強度の関係は乾燥密度と液状化強度の関係よりもばらつきが大きい。
- ④締め固め試験における最大乾燥密度が高いほど、液状化強度も高くなる傾向が見られる。
- ⑤液状化強度の大小関係と累積損失エネルギーの大小関係の対応がとれており、締め固め度一定の下、同じ液状化強度でも累積損失エネルギーでは違いが見られる。

今後の課題としては、本研究で行った一連の液状化試験について試験データの更なる蓄積、液状化抵抗の大きさと浮き上がり被害の有無の関係について別途実験的に検討することが挙げられる。

謝 辞

下水道管路の埋戻し施工実態に関する調査において、その実施段階で御助力いただいた建設省都市局下水道部公共下水道課の関係各位、ならびに調査に対する回答及び埋戻し材料の提供にご協力いただいた各自治体の関係各位に厚く感謝の意を表する。

<参考文献>

- 1) 建設省土木研究所：新潟地震調査報告、土木研究所報告第125号、1965.
- 2) 谷口栄一、森下義：1983年日本海中部地震による地中構造物の浮上り被害、土木研究所資料第2235号、1985.
- 3) 建設省土木研究所：平成5年（1993年）北海道南西沖地震災害調査報告、土木研究所報告第194号、1999.
- 4) (社)土質工学会：1993年釧路沖地震・能登半島沖地震災害調査報告書、1994.
- 5) 建設省土木研究所：平成5年（1993年）釧路沖地震災害調査報告、土木研究所報告第193号、1994.
- 6) 田中修司、塩路勝久、大塚久哲、二宮嘉郎、松尾修、古関潤一：釧路沖地震により浮上した下水道マンホールの調査、土木研究所資料第3275号、1994.
- 7) 松尾修、古関潤一、佐々木哲也、林裕士：1993年釧路沖地震・1994年北海道東方沖地震及び1994年三陸はるか沖地震による下水道管路施設の被災調査、土木研究所資料第3498号、1998.
- 8) 松尾修、古関潤一、佐々木哲也、近藤浩市、林裕士：管路施設の地震時浮上りに関する模型振動実験、土木研究所資料第3486号、1997.
- 9) 田村敬一、東拓生、小林寛：埋戻し部の締固めに着目した下水道管渠の浮上り特性、土木学会第52回年次学術講演会、pp.314-315、1997.9.
- 10) 島村一訓、濱田政則、安田進、小島清嗣、藤田裕介、菊池敏男：実大実験による埋設管路の液化化時の浮上に関する研究、第10回日本地震工学シンポジウム、pp.1399-1404、1998.11.
- 11) 清水恵助、永瀬英夫、廣岡明彦、新井章太、橋本裕二郎：締固め工と矢板による締切り工を併用した地中構造物の液化化時浮上り抑制工に関する重力場振動台実験、第34回地盤工学研究発表会、pp.1723-1724、1999.7.
- 12) (財)土木研究センター：建設発生土利用技術マニュアル（第2版）、1997.10.
- 13) (社)日本下水道協会：下水道施設の耐震対策指針と解説、1997.
- 14) (社)日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説、1997.
- 15) (社)土質工学会：土質試験の方法と解説、1990.
- 16) Kayen, R.E. and J.K. Mitchell: Assessment of liquefaction potential during earthquakes by Arias intensity, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 123, No. 12, pp. 1162-1174, December 1997.
- 17) 佐藤正行、安田進、吉田望、増田民夫：地盤の地震時せん断応力の簡易推定法、土木学会論文集、No.610/Ⅲ-45、pp.83-96、1998.
- 18) Housner, G. W. and Jennings, P. C.: Generation of Artificial Earthquakes, J.EMD, ASCE, Vol.93, No.EM1, pp.113-150, 1963.
- 19) Law, K.T., Y.L. Cao and G.N. He: An energy approach for assessing seismic liquefaction potential, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 27, pp. 320-329, 1990.
- 20) Figueroa, J.L.: A method for evaluating soil liquefaction by energy principles, Proc. 4th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Earthquake Engineering Research Institute, 1990.
- 21) Figueroa, J.L., A.S. Saada, L. Liang and M.N. Dahisaria: Evaluation of soil liquefaction by energy prin-

- principles, Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 120, No. 9, pp. 1554-1569, 1994.
- 22) Liang, L., J.L. Figueroa and A.S. Saada: Liquefaction under random loading, Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 121, No. 11, pp. 776-781, 1995.
- 23) Figueroa, J.L., A.S. Saada, M.D. Rokoff and L. Liang: Influence of grain-size characteristics in determining the liquefaction potential of a soil deposit by the energy method, Physics and Mechanics of Soil Liquefaction, Proc. of the International Workshop on the Physics and Mechanics of Soil Liquefaction/ Baltimore/Maryland/USA/10-11 September 1998, pp. 237-245.
- 24) 風間基樹、柳澤英司、増田昌昭：定ひずみ制御繰返し三軸試験による液状化強度評価の可能性、土と基礎、Vol.46、No.4、pp.21～24、1998.
- 25) 風間基樹、鈴木崇弘、柳澤栄司：地盤に入力された累積損失エネルギーの評価法と液状化予測への適用、土木学会論文集、No.631/Ⅲ-48、pp.161-177、1999.
- 26) Kazama, M., T. Kagatani and E. Yanagisawa : Liquefaction characteristics of decomposed granite soils at Kobe artificial island, Proc. International Conference on Problematic Soils/Yanagisawa, Moroto & Mitachi (eds), Balkema, pp. 411-415, 1998.
- 27) Kazama, M., A. Yamaguchi and E. Yanagisawa : Seismic behavior of an underlying alluvial clay on man-made islands during the 1995 Hyogoken-nanbu earthquake, Special Issue of Soils and Foundations, pp. 23-32, September 1998.

< 卷 末 資 料 1 >

下水道管路の埋戻し施工に関する実態調査要領及び記入例

下水道管路の埋戻し施工に関する実態調査要領

1. 調査目的

地震時の地盤の液状化による被害として、下水道管路施設の管渠およびマンホールの浮上がりがある。新潟地震、日本海中部地震、釧路沖地震、東方沖地震、三陸はるか沖地震等の過去の地震において、下水道管路施設に浮上がりによる被害が報告されている（p6 参照）。兵庫県南部地震以降、下水道管渠についても液状化対策の強化が求められているところである。

建設省土木研究所で行われた下水道管渠の地震時液状化対策に関する被害事例調査・模型実験等の研究より得た知見によると、下水道管渠の浮上がり被害の主たる要因は埋戻し土の液状化であること、管渠の埋戻し施工において、締固めを適切に行い埋戻し土の液状化抵抗を高めることにより、浮上がり被害を軽減できる可能性があること等がわかっている。

そこで、下水道管渠の埋戻しについて、液状化被害を防止するために必要な施工管理基準のあり方を見いだすため、下水道管渠の現行の埋戻し施工における工事規定・施工実態等に関する情報の収集を行う。併せて、埋戻し材の液状化抵抗を調べるために、各機関で実際の埋戻し施工に用いられている埋戻し材の収集を行う。

2. 調査対象機関

下水道事業実施自治体

3. 調査対象地点

各自治体の管理している下水道管渠のうち、以下の項目に該当する下水道管渠本管工事箇所より、3箇所選定し、各工事箇所の1スパンを対象に調査票の記入を行う。

- ・開削工法で施工したもの。
- ・過去2年間に施工したもの。
- ・対象地点の選定に際し、可能な限り以下の項目に配慮する。
- ・管渠上方の道路種別（国道、都道府県道、市町村道）が異なるものを含むようにする。
- ・管種（鉄筋コンクリート管、塩化ビニール管等）が異なるものを含むようにする。
- ・所轄管内において施工された管渠のうち、比較的管径が大きいものを選定する。

4. 調査項目

以下の項目に関し、5. の記入要領に従い調査票を作成する。なお、調査票様式1は3. で選定した各地点についてそれぞれ1組の調査票を作成し、調査票様式2および3については各機関で1組の調査票を作成する。

（1）埋戻し施工実態に関する調査（様式1）

- ・地点情報
- ・工事概要
- ・埋戻し施工に関する調査
- ・発生土の利用について

（2）管渠の液状化対策事例について（様式2）

・管渠の液状化対策事例

(3) 下水道管渠の埋戻し施工法及び下水道管渠の地震対策について(様式3)

・下水道管渠の埋戻し施工・液状化対策に関する問題点・意見

(4) 埋戻し材料の送付

・調査票を作成した地点で用いられた埋戻し材料と同種の埋戻し材を7.の提出先に送付する。

5. 調査票記入要領

調査票の記入にあたっては下記事項に従うものとし、既存の資料を活用して記入するものとする。また、既存資料で把握できない項目については、実際に施工を行った業者等に問い合わせるなどして、データの収集に努められたい。なお、データが得られない項目については記入欄に「不明」と明記する。

なお、以下において、「既存試料のコピーを貼付する」としている調査項目(右肩に“*)”を付したものについては、縮小コピーをすることにより見ずらくなる可能性のある場合には、原寸コピーを別途貼付する(その資料には調査項目番号を付ける)。その他の項目においても、調査票の記入欄に入りきらない場合は、適宜別紙とすること。

(1) 埋戻し施工実態に関する調査(様式1)

1) 記入者

調査票記入者の氏名、所属、連絡先を記入する。

① 地点情報

地点情報を記入する。

2) 調査地点名

〇〇県〇〇市〇〇町〇〇と記す。

3) 路線名

調査対象とする下水道管渠の路線名を記入する。

4) 管渠埋設位置

埋設位置については、管渠上方の道路種別を国道、都道府県道、市町村道、その他より選択し、車線数(片側〇車線、両側〇車線)を記入する。また、管渠直上の利用形態を車道、歩道より選択する。

② 工事概要

5) 工事名

対象とした工事名を記入する。

6) 施工年度

施工年度を記入する。

7) 工期

工期を記入する。

8) 施工延長

対象とした工事により施工した管渠の全敷設延長を記入する。

9) 掘削幅および掘削深

対象スパンにおいて、管渠敷設時に開削した掘削幅および掘削深を記入する。

10) 地下水位

対象としたスパンにおける地下水位を記入する。

11)土被り

対象スパンの管渠頂部から路面までの距離を記入する。

12)管径

対象スパンにおける管渠の内径を記入する。

13)管種

下水道管渠の管種を、鉄筋コンクリート管、硬化塩化ビニル管、強化プラスチック管、およびその他から選択する。

14)管渠の基礎の種類

管渠敷設時に施工した基礎の形式を、無し、砂基礎、砂利または碎石基礎、コンクリート基礎、鉄筋コンクリート基礎、まくら胴木基礎、その他より選択する。

15)人孔の種類

対象としたスパンで用いた人孔の形式を選択する。

16)人孔の基礎の種類

人孔敷設時に施工した基礎の形式を、無し、砂基礎、砂利または碎石基礎、コンクリート基礎、鉄筋コンクリート基礎、まくら胴木基礎、その他より選択する。

17)*周辺地盤の主な土質

周辺地盤の主要な土質を、砂礫、砂質土、シルト、粘性土、その他より選択する。また、施工区間周辺の地盤柱状図があれば貼付する。

18)施工を行うにあたっての制約事項

施工を行うにあたり、制約事項（夜間工事、交通量大、軟弱地盤など）があれば具体的に記入する。

19)*調査地点位置図

該当地点の調査位置図を調査票にコピーを貼付する。

20)*工事設計図面

工事設計平面図、縦断図、横断図のコピーを調査票に貼付する。

③埋戻し施工に関する調査

21)埋戻し材料の種類

埋戻し材料の種類を購入土、発生土から選択する。購入土である場合はその土質名、産地を記入し、その土を埋戻し材として用いた判断基準を記入する。なお、埋戻し位置により埋戻し材が異なる場合はそれぞれについて記入する。

22)*埋戻し材料の物理データ

埋戻し施工で用いた埋戻し材料（購入度あるいは発生土）の粒度試験・物理試験を行っていればその試験項目を記入し、データを貼付する。なお、埋戻し位置により埋戻し材が異なる場合はそれぞれについて記入する。

23)*管渠回りの埋戻し施工法

管渠回りの埋戻しにおける、埋戻し材料、締固め施工法を、管渠下部、管渠回り、管渠上方、路盤付近等の各部分毎に記入する。なお、記入に際し、適宜図面等を貼付しても良い。

24)*人孔回りの埋戻し施工法

23)と同様に、人孔回りの埋戻し材料、締固め施工法を記入する。

25) 埋戻し施工を行うに当たって根拠あるいは参考とした指針・基準類等

埋戻し材料の選定、埋戻し施工法・管理を行うに当たって、根拠あるいは参考とした指針・基準類名を記入する。また、該当する部分の記述を記入または該当部分のコピーを貼付する。

26) 埋戻し施工法に関する仕様書での記述について

各工事での仕様書（共通仕様書、特記仕様書）での埋戻し材料、埋戻し施工法・管理方法についての記述を記入または仕様書のコピーを貼付する。

27) 締固め管理について

管渠の埋戻し施工管理、土の締固め管理等について、管理項目、基準値（目標値）および試験頻度を記入または記述（図表等）のコピーを添付する。また、道路管理者から指示があった場合はその指示内容を記入する。上記の管理データが存在する場合は、データのコピーを貼付する。なお、埋戻し位置あるいは埋戻し材の種類により管理項目が異なる場合は、それぞれについて記入する。

28) 陥没・沈下等の有無について

対象工事区間において、施工後から現在まで、路面の陥没・沈下等が生じた事例があれば、その具体的内容、対応を記入する。

④発生土の利用について

29) 事前調査の有無

工事計画段階で、発生土の土質について事前調査を行ったかどうか選択し、調査を行った場合は、調査・試験項目を記入する。

30) 発生土利用の判断の有無

工事開始後（掘削開始後）、発生土を埋戻し材料としての利用の可否を判断したかどうかを選択し、調査を行った場合は、調査・試験項目を記入する。

31) 発生土利用の判断基準

上記 29)、30) で発生土の利用の可否を判断した場合、判断基準を記入し、指針・基準類に従った場合には、その指針・基準類名も記入する。特に、判断基準については、指針・基準類で明確な判断がつかない場合（たとえば、「良質な砂質土を用いる」とのみ規定されているような場合）、実際どのように判断したかを記入する。また、道路管理者からの指示があった場合、その指示内容を記入する。

32) 発生土の土質データの有無

発生土の粒度・物理試験等の土質データの有無を選択する。データがある場合は、試験項目を記入し、データのコピーを貼付する。

（２）管渠の液状化対策事例について（様式２）

平成 7 年の兵庫県南部地震以降、各種構造物の耐震基準の見直しが進められ、下水道に関しても、「下水道施設の耐震対策指針と解説」（平成 9 年 8 月、（社）日本下水道協会）が改訂され、地震時液状化対策の強化が謳われたところであるが、所轄管内において、安定処理土、碎石埋戻し、杭基礎等の液状化対策を行った事例があれば、その地点について以下の項目を記入する。

1) 地点名

地点名を記入する。

2)路線名

路線名を記入する。

3)対策工法の種類

対策工法の種類を記入する。また、可能であれば標準断面図を貼付する。

4)比較検討した他の工法

上記の対策工法を選定するに当たり比較対象とした他の工法を記入する。なお、複数あれば全て記入する。

5)工法選定理由

対策工法選定の理由を記入する。

6)準拠した指針類

対策工を行う必要性の判定、対策工の選定、対策工の設計を行うに当たり、準拠ないしは参考にした基準・指針類があれば記入する。

7)想定した地震動

対策工の必要性の判定、対策工設計に当たり、想定した地震動（設計水平震度など）を記入する。

(3) 下水道管渠の埋戻し施工法及び下水道管渠の地震対策について（様式3）

下水道管渠の埋戻し施工法について問題と考えていること、改善すべき点等、あれば自由に記入する。

同様に、下水道管渠の地震対策についての意見（疑問等）を自由に記入する。

なお、この項目は、担当者の個人的な意見をお聞かせいただくものであり、他への流用はしません。

6. 埋戻し材料の提供

調査票に記入を行った対象各地点で用いられた埋戻し材料と同種の材料が入手可能であれば、それぞれの地点の埋戻し材料約 30kg を 7. に示した提出先に送付する。なお、埋戻し試料は工事現場から採取する必要はなく、施工で用いた埋戻し材の土取り場が特定可能であれば、そこから入手するものとする。また、調査票に記入した地点の埋戻し土の入手が困難である場合は、各機関で現在下水道管渠施設の開削工法の埋戻し施工に一般的に用いられている埋戻し土を提出することとする。その場合、その旨を明記すること。

7. 問い合わせ・調査票提出先

〒305-0804 つくば市旭 1

建設省土木研究所耐震技術研究センター動土質研究室

担当 佐々木哲也

Tel 0298-64-4969 / Fax 0298-64-2576 / E-mail t-sasaki@pwri.go.jp

8. 提出期限

平成 11 年 1 月 22 日（金）郵送にて必着

以上

1) 埋戻し施工実態に関する調査

1) 記入者	氏 名	〇〇〇〇〇			17) 周辺地盤の主な土質 ☐ 砂礫、 ☐ 砂質土、 ☐ シルト、 ☐ 粘性土、 ☐ その他 (<u>泥炭</u>)
	所 属	〇〇〇市 〇〇課〇〇係			
	Tel	〇-〇〇-〇〇〇	Fax	〇-〇〇-〇〇〇	
①地点情報					
2) 調査地点名		〇〇市〇〇町〇〇〇			
3) 幹線名		〇〇幹線			
4) 管渠埋設位置 道路種別 車線数 管渠上方の利用形態		☐ 国道、 ☐ 都道府県道、 ☐ 市町村道、 ☐ その他 () 片側 1 車線、両側 2 車線 ☐ 車道、 ☐ 歩道			
②工事概要					
5) 工事名		〇〇〇〇公共下水道築造工事			
6) 施工年度		平成〇〇 年度	7) 工期	~ 〇年〇月〇日 〇年〇月〇日	
8) 施工延長		〇〇 m	9) 掘削幅 深さ	〇〇 m 〇〇 m	
10) 地下水位		G.L. - 〇〇 m	11) 土被り	〇〇 m	
12) 管径		φ〇〇 mm			
13) 管種		☐ 鉄筋コンクリート管、 ☐ 硬化塩化ビニル管、 ☐ 強化プラスチック管 ☐ その他 ()			
14) 管渠の基礎の種類		☐ 無し、 ☐ 砂基礎、 ☐ 砂利または碎石基礎、 ☐ コンクリート基礎、 ☐ 鉄筋コンクリート基礎、 ☐ まくら胴木基礎、 ☐ その他 (<u>はしご胴木基礎</u>)			
15) 人孔の種類		☐ 1号、 ☐ 2号、 ☐ 3号、 ☐ 4号、 ☐ その他 ()			
16) 人孔の基礎の種類		☐ 無し、 ☐ 砂基礎、 ☐ 砂利または碎石基礎、 ☐ コンクリート基礎、 ☐ 鉄筋コンクリート基礎、 ☐ まくら胴木基礎、 ☐ その他 ()			
18) 施工を行うにあたっての制約事項			・現場付近の交通量が多く施工は夜間に限定した。 ・付近に民家が隣接しており騒音対策が必要とされた。 ・工期の制約から施工は緊急に行われた。		

様式1 (その2) 記入例

19) 調査地点位置図 コピーを貼付 (原寸コピーを別途添付しても可)

別途添付

20) 工事標準断面図 コピーを貼付 (原寸コピーを別途添付しても可)

別途添付

様式1（その3）記入例

③埋戻し施工に関する調査

21)埋戻し材料の種類	☐ 購入土、 ☐ 発生土 管渠周りは購入土、その他は発生土を用いた。	23)管渠回りの埋戻し施工法 必要に応じて図面を貼付（原寸コピーを別途添付しても可）
購入土の場合	土質名 山砂 産地 〇〇市〇〇町〇〇	
22)埋戻し材料の物理データ 試験項目 土粒子の密度試験、粒度試験、突固めによる締固め試験 粒度試験・物理試験データ等を貼付 （原寸コピーを別途添付しても可） 別途添付		24)人孔回りの埋戻し施工法 必要に応じて図面を貼付（原寸コピーを別途添付しても可） 別途添付

様式 1 (その 4) 記入例

25) 埋戻し施工を行うに当たって根拠あるいは参考とした指針・基準類 記述を記入または該当部分のコピーを貼付 (原寸コピーを別途添付しても可) 土木共通仕様書による (別途添付)	27) 締固め管理について 管理項目、基準値 (目標値)、および試験頻度 しゃ断用砂および埋戻し用砂 ・土研式円錐貫入試験、0.1mの貫入に要する打撃回数16回以上、1工事につき5カ所 管渠付近の良質土 ・締固め度、90%以上、1工事につき5カ所 データのコピーを貼付 (原寸コピーを別途添付しても可) 別途添付
26) 埋戻し施工法に関する仕様書での記述について 記述を記入またはコピーを貼付 (原寸コピーを別途添付しても可) 土木共通仕様書・特記仕様書による (別途添付)	28) 陥没・沈下等の有無 施工後約1ヶ月で3cm程度の路面の沈下が見られた。

様式1 (その5) 記入例

④発生土の利用について

29) 事前調査の有無 事前調査 ☐有り・☐無し 調査・試験項目 標準貫入試験、粒度試験、突固め試験、CBR試験	30) 発生土利用の判断の有無 ☐有り・☐無し 調査・試験項目 粒度試験、突固め試験、CBR試験
31) 発生土利用の判断基準 ・土木共通仕様書には良質な砂質土を用いると記入されているが、条件に関する明確な規定がないため、土質試験データより現場担当者および道路管理者の判断により、良質土と認められなかったため、当現場では購入土を用いることとした。 ・土質試験データより、標準仕様書で定めている埋戻し土の基準（土質区分、75μ通過重量%、CBR値等）を満たしていることを確認し、道路管理者の許可を得た上で発生土を用いた。ただし、管渠廻りについて埋戻し施工のしやすさを考慮し、購入土を用いた。 準拠した指針・基準類名 ・土木工事共通仕様書、建設発生土利用技術マニュアル	
32) 発生土の土質データの有無 ☐有り・☐無し データの種類 ・粒度試験、土粒子の密度試験、突固め試験 データのコピーを貼付（原寸コピーを別途添付しても可） 別途添付	

様式2 記入例

記入年月日 平成 年 月 日

(2) 管渠の液状化対策事例について

1) 地点名 〇〇市〇〇町〇〇〇	3) 対策工法の種類 砕石埋戻し 標準断面図を貼付（原寸コピーを別途添付しても可）
2) 路線名 〇〇幹線	
4) 比較検討した他の工法 流動化処理土による埋戻し、杭基礎	
5) 工法選定理由 当該地域周辺では地下水の利用がされており、流動化処理土を用いた場合、地下水環境への影響が懸念された。また、付近は住宅が密集しており、杭基礎を用いる場合、施工時の振動・騒音等に問題があった。以上と工費の比較により砕石埋戻しを選定した	
6) 準拠した指針類 対策工の必要性については「下水道施設の耐震対策指針と解説」を参考とした。 対策工の設計については過去の事例を参考に設計業者と相談し決定した。	
7) 想定した地震動 対策工の必要性の判定には「下水道施設の耐震対策指針と解説」で規定されているⅡ2地震動の設計震度(Ⅲ種地盤0.6)を用いた	

様式3 記入例

記入年月日 平成 年 月 日

(3) 下水道管渠の埋戻し施工法及び下水道管渠の地震対策について

1) 埋戻し施工法について問題・改善すべき点等

2) 下水道管渠の地震対策についての意見（疑問）

< 巻 末 資 料 2 >

下水道管路埋戻し施工管理基準に関する調査結果

下水道管路埋戻し施工管理基準に関する調査結果

本資料は、「下水道管路の埋戻し施工実態に関する調査」を実施する以前に、埋戻し施工管理基準の実態に関しての基礎的な知見を得るため筆者らが入手し得た仕様書、通達、指針等及び「下水道管路の埋戻し施工実態に関する調査」により提出された仕様書等を整理したものである（順不同）。

以下に、これらの施工管理基準を埋戻し材料、埋戻し方法、転圧機械の観点から要約し、最後に技術的課題を述べる。

1. 埋戻し材料

埋戻しに用いる材料は基本的に良質土（発生土）又は購入土（砂）を使用することになっている。材料特性に関する規定はないものが多いが、良土質（発生土）について東京都配水管標準仕様書では土質区分・粒度特性・CBRで、道路土工指針では粒度特性・塑性指数で、建築工事施工監理指針では均等係数で規定している。

東京国道工事事務所、（社）日本ガス協会、東京都、横浜市が道路下の地中構造物に対して埋め戻し材に改良土を使用してもよいことになっている。ただし、改良土の使用判断に関する規定はどの仕様書、基準にもない。流動化処理土については、東京国道工事事務所が担当者と協議して使用することになっている。流動化処理土についても使用判断に関する規定はない。

2. 埋戻し方法

各締固め基準に関する記述は、「土砂の撒きだし厚が30cmで十分に締固めること」、または「仕上がり厚が30cm以下となること」であり、左記のような記述しかされていない。

東京都では締固め基準をD=90%に設定し必ず土研式貫入試験等の試験を実施するよう規定されている。また、日本ガス協会では平板載荷試験等の試験を行い確認することと規定している。

集めた資料では埋戻しに関する部分しかないため埋戻しの施工管理に関する提出書類についてはまとめることができないが、共通仕様書や特記仕様書には必ず試験を実施した際には品質管理資料として試験結果の提出は義務づけられていると思われる。

埋戻しの施工方法は、集めた資料では基本的に埋戻し土砂の投入については人力または機械により投入する。締固めは埋設物周辺が水締め、人力、タンパで行い、それ以外については、小型転圧機械で行うこととしている。

3. 転圧機械

2. でも述べたが、埋設物周辺はタンパ、それ以外は小型転圧機械で例えばタンパ、振動コンパクター、ランマー、小型振動ローラーである。機械に関する規定を行っているのは、建設省土木工事標準仕様書で各地方自治体はこの仕様書の内容に準拠している。建築では建築工事施工監理指針が機械に関する規定を行っている。

4. 技術的課題

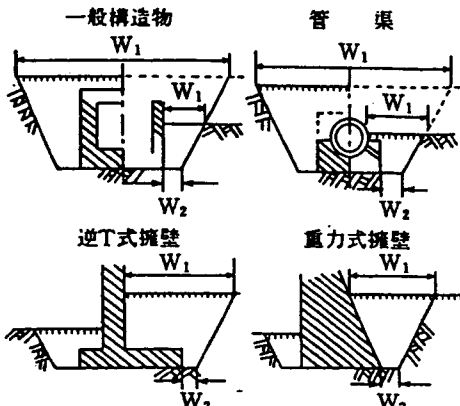
a) 埋戻し材料について

- ・埋戻しに用いる良質土（発生土）の材料特性に関する地中埋設物すべてに適用できるような横断的な規定の設定。

- ・改良土、流動化処理土に関する資料の収集、整理。そして、埋戻し基準の設定。

b) 埋戻しの方法及び転圧機械について

- ・地震時浮上がり防止に資するような締固め基準及び施工管理方法の設定。

仕様書	埋戻し材料	埋戻し方法	埋戻し締固め機械												
「建設省関東地方建設局土木工事標準仕様書」 土木工事必携 平成8年版	第1編共通編 第2章材料 第3節土 2-3-1一般事項 工事に使用する土は、設計図書における各工種の施工に適合するものとする。	第4章土工 1. 本章は、河川土工、海岸土工、砂防土工、道路土工その他これらに類する工種について適用するものとする。 (締固め方法) 4-3-3盛土工 1. 2. 省略 3. 請負者は、築堤の盛土工の施工において、一層の仕上り厚さを30cm以下とし、平坦に締め固めなければならない。 4. 請負者は、構造物の隣接箇所や狭い箇所の盛土工について、タンパ・振動ローラ等の小型締固め機械により締め固めなければならない。 5. 6. 省略 7. 請負者は、締固め作業の実施にあたり、適切な含水比の状態で行う施工しなければならない。	「土木工事積算基準マニュアル平成8年度版」より 第5編2.土工④土の敷き均し締固め工 ①埋戻し 埋戻し機械は、バックホウ(0.6m ³ 又は0.35m ³ 級)を標準とする。 ②省略 ③締固め 1. 1m≦W1<4m、W2<1mの場合 締固め機械-振動ローラ(0.8～1.1t) -1台 タンパ (60～100kg) -1台 2. W1<1m、W2<1mの場合 締固め機械-タンパ (60～100kg) -1台												
「東京都土木工事標準仕様書」 (平成9年4月)	3.2.5埋戻し工 (1)請負者は、監督員が指示する構造物の埋戻し材料については、この仕様書における関係各項に定めた土質のものを使用しなければならない。	3.2.5埋戻し工 (2)請負者は、埋戻し箇所の残材、廃物、木くず等を撤去し、一層の仕上がり厚を30cm以下を基本として、設計図書に示す高さまで埋め戻さなければならない。 (3)省略 (4)請負者は、構造物の隣接箇所や狭い場所において埋戻しを行う場合は、小型締固め機械を使用し均一になるように仕上げなければならない。 (5)請負者は、埋戻し箇所に埋設構造物がある場合は、偏土圧が作用しないように埋め戻さなければならない。 第7章硬質塩化ビニル管布設工及び第8章強化プラスチック複合管布設工 7.6管の基礎 管の基礎は、図面及び特記仕様書に定めるところのほかに、次より施工すること。 1. しゃ断層用砂又は改良土は15cmごとに締固め、空隙が生じないように仕上げること。 2. 砂の投入は、管が移動しないように管の左右に交互に投入することとし、管の芯出し及び管の移動防止用あて木は取り除き、石、がら等の固形物を混入させてはならない。	埋戻し種別B～Cの場合 												
「東京都配水管標準仕様書」 (平成9年4月)	第2章材料 第3節請負者持材料 2.3.7材料の規格等 9.敷砂、埋戻し等に用いる土砂 (1)敷砂、埋戻し等に用いる砂は、天然の砂で、ごみ、どろ、有機不純物を多量に含まないものとする。 (2)敷砂、しゃ断層用砂、埋戻し用砂の粒度は、土木材料仕様書によるものとする。 (3)省略 (4)道路の埋戻しに用いる良質土は、地盤の掘削等から発生する未改良の土砂で自然含水比の状態において、次の規定に適合したものとする。 ア. ごみ、ガラ、有機物、産業廃棄物等の異物を含まない。 イ. 最大粒径40mm以下の礫又は碎石を若干含んでもよい。 ウ. 団塊の径が、100mm以上のものを含まない。 エ. 品質等は、表-2.1のとおりとする。 <table><tr><th>試験項目</th><th>基準値</th><th>試験頻度</th></tr><tr><td>土質区分</td><td>砂又は砂質土</td><td>同一土質について3個以上</td></tr><tr><td>75μmふるい通過質量百分率</td><td>25%以下</td><td></td></tr><tr><td>CBR</td><td>3%以上</td><td></td></tr></table>	試験項目	基準値	試験頻度	土質区分	砂又は砂質土	同一土質について3個以上	75μmふるい通過質量百分率	25%以下		CBR	3%以上		第3章一般工事 第2節土工 3.2.3埋戻し 1. 請負者は、1層の仕上がり厚を30cm(路床部にあっては20cm)以下となるように締め固め、将来、陥没、沈下等を起こさないように埋め戻さなければならない。 なお、管等埋設物の周囲とその上端10cmまでは、その保護等を考慮し、突き棒や電動式振動締固め機械等を併用して締固めを行わなければならない。 2. 省略 3. 請負者は、埋設管が多数埋設されている箇所、防護工の下に当る部分で締固めが困難な箇所、又は、地下水位が高くポンプで揚水しても締固めができない箇所は、しゃ断用砂で埋め戻さなければならない。 4. 埋戻し復旧跡の強度試験 (1)しゃ断層用砂及び埋戻し用砂 ア. イ 省略 ウ. 請負者は、土研式円錐貫入試験を行う場合、打撃回数法により路床面から行い、10cmの貫入に要する打撃回数を16回以上としなければならない。 (2)良質土及び改良土 ア. イ 省略 ウ. 請負者は、締固め度を90%以上としなければならない。 なお、締固め度を求めるための基準密度は同一土質について3個以上のCBR試験の水浸前における乾燥密度の平均値とする。	
試験項目	基準値	試験頻度													
土質区分	砂又は砂質土	同一土質について3個以上													
75μmふるい通過質量百分率	25%以下														
CBR	3%以上														
「東京都下水道局土木工事標準仕様書」	第5章土工 5.2埋戻し 1. 埋戻し又は盛土に使用する土は、設計図書に指定されたものとし、塵芥その他の有機物は用いないこと。	第5章土工 5.2埋戻し 3. 埋戻しは、必ず排水した後に実施し、水中埋戻しは、行わないこと。 4. 埋戻しは、指定された埋戻し用の砂、改良土又は良質土を使用し、設計図書で指定しない限り一層厚30cm以下、路床部(路盤下1.0m)にあっては20cm以下に敷き広げて、十分締固めを行い、沈下が生じないように施工すること。 なお、埋設物の周辺は特に念入りに締固めを行うこと。 5. 埋戻しの際には管渠、その他の構造物等に損傷、管の移動等が生じないように施工すること。													

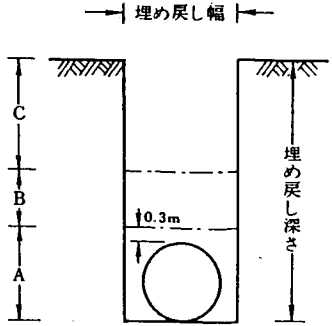
※各地方自治体も、土木工事標準仕様書制定されているが、その内容は建設省土木工事標準仕様書に準拠している。

仕様書	埋戻し材料	埋戻し方法	埋戻し締固め機械
「横浜市道路局横浜市道路掘さく跡復旧工事標準仕様書」(昭和58年4月1日)	第3章埋戻し (埋戻しの方法) 2.埋戻しは、別途指定した路線にあつては、山砂、改良土、またはこれと同程度の良質土で埋め戻すこと。また指定路線以外は発生土で埋め戻すこと。なお、指定路線以外であっても、埋戻し土砂が路床土として適当でないときは、他の良質な土砂と入換え、または補充を行う等の措置をして埋め戻すものとする。	第3章埋戻し (埋戻しの方法) 3.埋戻しの転圧については、各層(層厚は原則として30cm以下・・・)。	
「東京国道工事事務所道路占用の取扱いについて(申請～施工)」(平成9年4月)	東京国道道路占用工事施工要領 第2章埋戻し(埋戻し材料及び方法) 第6条 埋戻し材料は、下記を標準とする。 ①0.074mmフルイ通過10%以下($W < 0.9$水締) ②0.074mmフルイ通過25%以下 (土留め覆工方式) 注1 施工区分②の埋戻し施工高さは、50cmを標準とする。 注2 流動化処理土・改良土等の使用にあたっては、事前に協議を行うこと。	第1章総則 (工事の施工) 第3条 工事の施工は「建設工事公衆災害防止対策要綱」に準拠しなければならない。	
「建設工事公衆災害防止対策要綱の解説土木工事編」		第11章埋戻し 第79一般部の埋戻し方法 第79 施工者は、道路敷における埋戻しに当たっては、道路管理者の承諾を受け、又はその指示に従い、指定された土砂を用いて、原則として、厚さ30センチメートル、路床部にあつては厚さ20センチメートルを越えない層ごとに十分締め固め、将来、陥没、沈下等を起こさないようにし、道路敷以外における埋戻しに当たっては、当該土地の管理者の承諾を得て、良質の土砂を用い、原則として厚さ30センチメートル以下の層ごとに十分締め固めを行わなければならない。ただし、施工上やむを得ない場合は、道路管理者又は当該土地の管理者の承諾を受け、他の締め固め方法を用いることができる。 第81埋設物周りの埋戻し方法 第81 施工者は、埋設物周りの埋戻しに当たっては、関係管理者の承諾を受け、又はその指示に従い、良質な砂等を用いて、十分締め固めなければならない。また、埋設物に偏圧や損傷等を与えないように施工しなければならない。 また、埋設物が輻輳する等により、締め固めが十分できない場合には、施工者は、起業者及び関係管理者と協議を行い、エアモルタル充填等の措置を講じなければならない。 —第81の解説— 省略 埋設物が輻輳(埋設防護復旧用の受台が輻輳)している箇所の埋戻しは、埋戻し材を層別に敷き均し転圧機械により転圧することが難しい場合があり、このような場合には、水締めにより充填する方法も検討する必要がある。 埋戻し砂の坑内への投入は埋設物を避け、埋戻し箇所の近くに仮置きし、人力又はベルトコンベア等により埋設物周りに投入し、水締めあるいは小型機械等による転圧を行わなければならない。 また、エアモルタル等の充填による埋戻しは、強度管理を十分に行う必要があり、かつ工事費も大きいものとなるが、確実な充填及び強度を期待できるため、特に埋設物が輻輳し、砂の水締めさえも難しい箇所の埋戻し方法としては有効である。	
「(社)日本道路協会道路維持修繕要綱」(昭和53年7月)	1.9.4埋戻し省略 i)埋戻しは、砂、切込砂利、良質土等によるものとし、これら材料にはごみ、泥、有機不純物等を含んではない。	1.9.4埋戻し省略 ii)埋戻しは1層の厚さ20cm以下としランマ等により入念に締め固めを行う。 iii)くい、矢板等の引抜きにあたっては、地盤を破損しないように徐々に引く抜く。また、やむを得ず埋め殺す場合は、原則として車道部は路面から2.5m以上、歩道部は1.5m以上の深さで切断する。	

仕様書	埋戻し材料	埋戻し方法	埋戻し締固め機械
「開削工法による下水道管きょ布設工事に伴う埋戻し工について」 昭和53年11月16日建設省都下公発第58号建設省都市局下水道部公共下水道課長から各都道府県・指定都市下水道担当部局長あて		標記については、埋め戻しの際、衝撃により埋設管の亀裂、横ずれ、継手のゆるみ等を生じることがあるほか、それらに起因する地下水や土砂の管内への流入、堆積等を防止するため、従来、人力による埋戻しを原則として来たが、近年、管の継手部の改良等が進み、機械施工によっても支障のない事例が増えていることにかんがみ、来たる12月1日以降においては、埋設管に支障を与えない範囲において、下記のように機械施工を併用することができることとしたので、設計積算に遺憾の内容にされたい。以降、省略 記 1. 管きよの天端から30cmまでの埋戻しについては、埋戻し土砂の投入、敷均し、突き固めは、人力（タンバーを含む。）によることとする。 2. 管きよの天端から30cmを越える部分の埋戻しについては、原則として埋め戻しの一層の厚さを30cm以下として、人力又は機械により投入、敷均し、突き固めを行うこととする。 なお、人力施工によるか機械施工によるかのほか、機械施工による場合の機種を選定については現場作業条件等によって決定するものとする。 3. 掘削溝内に下水道以外の地下埋設物がある場合は、地下埋設物の管理者（必要な場合には道路管理者を含む。）との協議により、埋め戻しの方法を決定するものとする。 4. 以上により難しい場合は、適宜現場条件に応じた埋め戻し方法を用いるものとする。	標記については昭和53年11月16日付建設省都下公発第58号によって通知されたところであるが、その細部については当面下記によって運用されたい。 なお、このことについては昭和52年度事業の会計実施検査の指摘（国会報告予定）に基づきとられた措置であり、かねてから要望しているとおりこの種のことは、下水道関係者で解決すべきものと思料されるので、現場監督の強化等により下水道工事が実態体に即した設計積算で施工できるよう執行体制の整備を図られたい。 記 1 埋め戻しを人力によるか機械によるかの判断基準 現場の作業条件と埋設管（商付管を含む）への影響の程度に応じて別紙基準によって決定すること。ここで「現場作業条件」とは、道路幅員、交通状態及び道路管理者の許可条件、基礎の種類、地下埋設物の状況、埋め戻し幅、作業幅、切梁間隔等をいう。 2 その他 (1) 投入工に機械を用いる場合は、当該機種の作業効率を考慮し、人力投入より工事費が低い場合に限るものとする。 (2) 埋戻し工に関する仕様書は、別添例を参考として適宜作成すること。 (別表) 埋め戻し区分の設定と施工方法の選定基準 埋め戻しの方法を定める基準として、埋め戻しの全深さを下図のように次の3つに区分し、それぞれの区分における施工方法は次表の基準によるものとする。 (1) 埋設管の防護のため人力によるていねいな施工を要する部分を区分Aとし、埋め戻し底面より管の天端から上部30cmまでの害間とする突き固めにタンバーを使用する場合の条件は、埋め戻し幅が比較的広く埋設管に影響がないときとする。 (2) 現場作業条件により異なるが施工に十分な注意を払うことにより、その上部を機械によって埋め戻しても埋設管（取付管を含む）への影響が及ばない区間を区分Bとする。投入に機械を用いる場合には、その落下高を0.5m以下として施工すること。 (3) 条件によっては全面的に機械施工を行うことが可能な部分を区分Cとする。投入を人力で行う場合は、戻し幅及び路上の作業幅が狭く機械投入が不可能な場合とする。機械による投入は、落下高を1.5m以下として施工すること。また、埋め戻し幅が広く（11tブルドーザー使用の場合3.8m以上）かつ支保工を撤去しても土砂の崩壊のおそれがなく、投入・敷均し・突き固めの各工程が一連作業として可能な場合にはブルドーザーによるものとする。

埋め戻し工選定基準

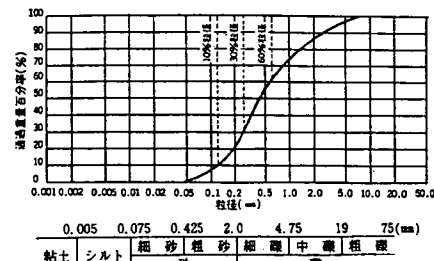
埋め戻し区分	埋め戻し方法				備 考
	投 入	敷均し	突 き 固 め		
A	人 力	人 力	人 力 (タンバー含)		
B	人力又は機械	人 力	タ ン バ ー		(投入機種) クラムシェル、バックホウ
C	人力又は機械	人 力	タ ン バ ー		(投入機種) クラムシェル、バックホウ、トラクターショベル、ブルドーザー



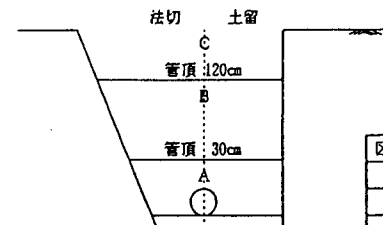
仕様書	埋戻し材料	埋戻し方法	埋戻し締固め機械																		
「開削工法による下水道管きょ布設工事に伴う埋戻し工について」 昭和53年11月16日建設省都下公発第58号建設省都市局下水道部公共下水道課長から各都道府県・指定都市下水道担当部局長あて参考 「埋め戻し工に関する仕様書」	埋め戻しの施工にあたっては、次の点に留意すること。 1 埋め戻しの土砂は、別に定める購入土又は発生土のうち良質なものとし、埋め戻しに適した含水比で使用する。	2 管の天端又は暗きょのスラブ天端から30cmまでは、暗きょに衝撃を与えないよう注意しながら、人力により両側同時に埋め戻し、一層の厚さが30cmを超えないよう注意しながら、人力により両側同時に埋め戻し、一層の厚さが30cmを超えない範囲で一層ごとに木蛸の類により十分に締め固め等を行って、管の下端へ十分に砂がまわり込むようにすること。 3 前項の埋め戻しが完了した後、人力又は掘削機械等により管きょに影響を与えないよう土砂を投入し、これを人力により敷均し、一層の厚さが30cmを超えない範囲で一層ごとにタンパー等を用いて十分締め固めること。なお、機械による埋め戻しについて、管の天端より30cmを超え〇〇m（B区分）までは、投入高を50cm以下とし、それを超える部分（区分C）の投入高は、150cm以下とする。 4 掘削溝内に埋設物がある場合には、埋設物管理者との協議にもとづく防護を施し、埋設物付近の埋め戻し工が将来沈下しないようにすること。 5 掘削幅が広く、支保工に支障がなく、掘削溝に露出した埋設物を損傷する恐れがない場合には、ブルドーザーにより転圧することができる。この場合においても、一層の厚さが30cmを超えない範囲で一層毎に転圧すること。																			
開削工法による下水道管渠布設工事における埋戻しについて（平成8. 11. 13都下公発第39号）		標記については、埋戻しの際の衝撃により管渠の亀裂、横ずれ、継手のゆるみ等を生ずるおそれがあることなどから、従来、土砂の埋戻しにあたっては埋戻し底面より管の天端から上部30cmまでの部分については人力投入とし、それより上の部分については現場条件等により機械投入または人力投入としてきたが、近年、機械性能の向上等により機械投入によっても管渠に支障を与えない施工が可能となってきたところである。したがって、平成8年11月25日以降において、埋戻しに係る下水道用設計標準歩掛表の適用にあたっては、現場条件等により機械投入できない場合を除き、埋戻し底面より管の天端から上部30cmまでの部分も含めて機械投入とすることとしたので、積算にあたっては遺憾のないようにされたい。 なお、現場条件等により機械投入できない場合については、従来どおり人力投入とする。 また、「開削工法による下水道管きょ布設工事に伴う埋め戻し工について」（昭和53年11月16日付け都下公発第58号）は廃止する。																			
社団法人日本ガス協会 本支管指針（工事編）JGA指-2 02-86	4. 4 埋戻し (1)省略 (2)埋戻しは、良質の土砂を用い、路面の陥没、沈下をおこさないよう入念に締固める。＊2 [関連条項] 道路法施行令第17条（道路の復旧方法） 道路法施行規則第4条の4の6(掘削土砂の埋戻しの方法) 建設工事公衆災害防止対策要綱第11章（埋戻し） [解説] ＊1. 省略 ＊2. (1)埋戻し材料としては、現地掘り上げ土、山砂、川砂、改良土等がある。使用に際しては道路管理者の指示に従う。 なお改良土を製造するための再生利用技術については付録7を参照のこと。	[解説] (2)埋戻しは層毎に行うとともにランマー、振動コンパクターや水締等により確実に締固める。 解図4-9に示す路体部分は厚さ30cm以下の層毎に、また路床部は厚さ20cm以下の層毎に十分締固めを行う。できあがり品質は平板載荷試験、路床土支持力比試験、土研式貫入試験等により必要に応じて確認する。 (3)埋戻しに際しては以下の点に留意する。 (a)管周辺の土砂の投入は、管に偏圧がかからないよう土砂の敷均しを入念に行う。また、石塊等により管の塗覆装を損傷することのないよう注意して埋戻しを行う。 (b)湧水のある場合は、溜水を排除しながら埋戻す。 (c)省略 (d)埋設物、構造物の周辺は入念に締固める。特に露出した埋設物は必要に応じて埋設物管理者の立会を求め点検した後埋戻す。 (e)省略																			
東京都 道路占用工事要綱 昭和54年4月2日告示第426号 平成3年4月1日告示第393号	道路占用工事要綱（第16条関係） 第3 復旧工事 (四)埋戻し材料及び使用部分 ア 埋戻し材料の種類 埋戻し材料は、埋戻し位置によってしゃ断層用砂、埋戻し用砂、良質土又は改良土を使用するものとする。 イ 埋戻し材料の使用部分 (7)車道部の路面下1.2メートルから上の舗装を除いた部分にあつては、しゃ断層用砂を使用するものとする。 (4)車道部の路面下1.2メートルから占用物件の上端0.1メートルまでの部分にあつては、埋戻し用砂、良質土又は改良土のいずれかを使用するものとする。 (9)車道部の占用物件の周囲とその上端0.1メートルまでの部分にあつては、しゃ断層用砂を使用するものとする。 (エ)歩道部の路床面から占用物件の上端0.1メートルまでの部分にあつては、埋戻し用砂、良質土または改良土のいずれかを使用するものとする。 (オ)歩道部の占用物件の周囲とその上端0.1メートルまでの部分にあつては、しゃ断層用砂を使用するものとする。 ウ 埋戻しに使用する砂（しゃ断層用及び埋戻し用）の材料規格は、土木材料仕様書（東京都建設局）による。 エ 埋め戻しに使用する良質土及び改良土の品質及び品質管理基準は、道路管理者が別途定める。	第3 復旧工事 (三)埋戻しの施行方法及び施工管理 ア 施行方法 埋戻しは、ランマー等の締固め機械を使用し、敷きならし厚0.3メートルごとに十分な締固めを行うものとする。 なお、占用物件の周囲とその上端0.1メートルまでは、占用物件の保護等を考慮し、突き棒や電動式振動締固め機械等を併用して十分締固めを行うものとする。 イ 施工管理 施工管理は、原則として、次の試験及び確認によって行うものとする。ただし、道路管理者の指示により、小規模工事（家庭引込み供給管及び污水管等）については、試験を省略することができる。 なお、占用物件の保護等を考慮し、占用物件の周囲とその上端0.1メートルまでについては、試験を省略する。 (7) 試験 A 試験項目、目標値及び試験頻度 a しゃ断層用砂及び埋戻し用砂 <table><tr><th>試験項目</th><th>目 標 値</th><th>試 験 頻 度</th></tr><tr><td>土 研 式</td><td>0.1メートルの貫入に要する打撃回数</td><td>一工事につき5箇所以上。ただし、工事が5日以上にまたがるときは、1日1箇所以上</td></tr></table> b 良質土 <table><tr><th>試験項目</th><th>目 標 値</th><th>試 験 頻 度</th></tr><tr><td>締固め度</td><td>90パーセント以上</td><td>1箇所当たり敷きならし厚0.3メートルごと 一工事につき5箇所以上。ただし、工事が5日以上にまたがるときは、1日1箇所以上</td></tr></table> (注) 締固め度を求めるための基準密度は、同一土質について3箇以上のCBR試験の水浸前における乾燥密度の平均値とする。	試験項目	目 標 値	試 験 頻 度	土 研 式	0.1メートルの貫入に要する打撃回数	一工事につき5箇所以上。ただし、工事が5日以上にまたがるときは、1日1箇所以上	試験項目	目 標 値	試 験 頻 度	締固め度	90パーセント以上	1箇所当たり敷きならし厚0.3メートルごと 一工事につき5箇所以上。ただし、工事が5日以上にまたがるときは、1日1箇所以上	c 改良土 <table><tr><th>試験項目</th><th>目 標 値</th><th>試 験 頻 度</th></tr><tr><td>締固め度</td><td>90パーセント以上</td><td>1箇所当たり敷きならし厚0.3メートルごと 一工事につき5箇所以上。ただし、工事が5日以上にまたがるときは、1日1箇所以上</td></tr></table> (注) 締固め度を求めるための基準密度は、最近10週間（試験頻度は週1回以上）の品質管理データを用いて、それらの最大乾燥密度の平均値からその標準偏差を減じた値（ $\bar{X}-\sigma_{\dots}$ ）とする。	試験項目	目 標 値	試 験 頻 度	締固め度	90パーセント以上	1箇所当たり敷きならし厚0.3メートルごと 一工事につき5箇所以上。ただし、工事が5日以上にまたがるときは、1日1箇所以上
試験項目	目 標 値	試 験 頻 度																			
土 研 式	0.1メートルの貫入に要する打撃回数	一工事につき5箇所以上。ただし、工事が5日以上にまたがるときは、1日1箇所以上																			
試験項目	目 標 値	試 験 頻 度																			
締固め度	90パーセント以上	1箇所当たり敷きならし厚0.3メートルごと 一工事につき5箇所以上。ただし、工事が5日以上にまたがるときは、1日1箇所以上																			
試験項目	目 標 値	試 験 頻 度																			
締固め度	90パーセント以上	1箇所当たり敷きならし厚0.3メートルごと 一工事につき5箇所以上。ただし、工事が5日以上にまたがるときは、1日1箇所以上																			

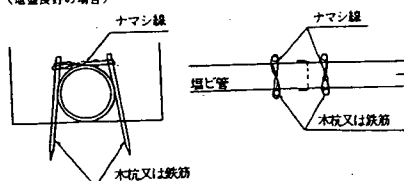
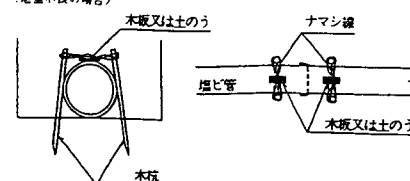
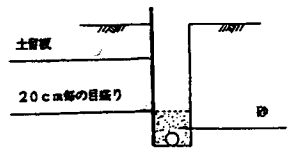
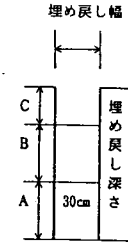
仕様書	埋戻し材料	埋戻し方法	埋戻し締固め機械										
(社)日本道路協会 「道路土工 施工指針」 昭和61年11月	4-5-2 裏込めおよび埋戻し 盛土における構造物の裏込め部、あるいは切土における構造物の埋戻し部には、良質の材料を使用し、十分に排水を考慮して入念な施工を行わねばならない。 (1)裏込めおよび埋戻しの材料 構造物の裏込め部や埋戻し部では、 ①供用開始後に構造物との間に段差が生じないよう、圧縮性の小さい材料を用いること。 ②雨水などの浸透による土圧増加を防ぐために透水性のよい材料を用いること。 などが大切である。このような点から、裏込めおよび埋戻しの材料には粒度分布の良い粗粒土を用いることが望ましい。また、裏込め部に粗粒土を用いた方が地震による沈下の被害が少ないことも報告されており、地震対策上の観点からも粗粒土を用いることが望ましい。 表4-26は裏込めおよび埋め戻しに適する材料の粒度を示したものである。この表では細粒分の少ない粗粒土を用いることを基本としており、さらに、細粒分（74μ以下）の含有量が25%以下であっても圧縮性、透水性の観点から粘土分含有量を低く抑えるために塑性指数の規定を設けている。なお、このような良質材を大量に使用することが工事費の面などから困難な場合には、大形の締固め機械を使用して十分な締固めが可能ならば、特にこのような良質材に限ることなく入手できる盛土材料のうちから粒度分布のよい材料を使用してよい。 表4-26 裏込めおよび埋戻しに適する材料の粒度と性質 <table><tr><th>項 目</th><th>範 囲</th></tr><tr><td>最 大 粒 径</td><td>100mm 以下</td></tr><tr><td>4,760μ（No.4）フルイ通過量</td><td>25～100%</td></tr><tr><td>74μ（No.200）フルイ通過量</td><td>0～ 25%</td></tr><tr><td>塑性指数 （420μフルイ通過分について）</td><td>10以下</td></tr></table>	項 目	範 囲	最 大 粒 径	100mm 以下	4,760μ（No.4）フルイ通過量	25～100%	74μ（No.200）フルイ通過量	0～ 25%	塑性指数 （420μフルイ通過分について）	10以下	4-5-2 裏込めおよび埋戻し (3)裏込めおよび埋め戻しの施工 (i) 裏込め、埋戻しの敷ならしは仕上り厚20cm以下とし、締固めは路床と同程度に行う。 (ii) 省略 (iii) 締固めはできるだけ大形の締固め機械を使用し、構造物縁部および翼壁部などについても小形締固め機械により入念に締固めなければならない。 (iv) 一部省略 埋戻し部分など、地下排水が不可能な箇所のたん水は埋戻し施工時にはポンプなどで完全に排水しなければならない。 (v) 省略 (vi) 省略	
項 目	範 囲												
最 大 粒 径	100mm 以下												
4,760μ（No.4）フルイ通過量	25～100%												
74μ（No.200）フルイ通過量	0～ 25%												
塑性指数 （420μフルイ通過分について）	10以下												

仕様書	埋戻し材料	埋戻し方法	埋戻し締固め機械															
建設省土木研究所 工事仕様書 「構内埋設配管改修 工事（その1）」 (平成9年10月16日)	●土工 ・B種（建3.2.3）（表3.2.1） ・根切土の中の良質土（ただし、ヒューム管以外の管周囲及び道路掘削部分の埋戻しは、山砂とする。） ●アスファルト舗装・取壊し ①しゃ断層及び凍上抑制層用材料 しゃ断層 山砂（建19.2.2） 凍上抑制層 省略 ②省略 ③路床土の支持力比試験 行わない(建19.2.5) ④路床締固度の試験 行わない(建19.2.5) 以下、省略	●配管設置 ①省略 ②省略 ③省略 ④管の埋設深さ 1)一般敷地内 600mm以上(機2.7.2) 2)車両通路 1,200mm以上 以下、省略																
建設大臣官房官庁 営繕部監修 「建築工事共通仕様 書」(平成9年版)	3章 土工 3.2.3埋戻し及び盛土 (a)省略 (b)埋戻し及び盛土の材料及び工法は表3.2.1により、種別は特記による。 表3.2.1 埋戻し及び盛土の種別 <table><tr><th>種別</th><th>材 料</th><th>工 法</th></tr><tr><td>A種</td><td>山砂の類</td><td>水締め、機器による締固め</td></tr><tr><td>B種</td><td>根切り土の中の良質土</td><td>機器による締固め</td></tr><tr><td>C種</td><td>他現場の建設発生土の中の良質土</td><td>機器による締固め</td></tr><tr><td>D種</td><td>再生コンクリート砂</td><td>水締め、機器による締固め</td></tr></table> (注) 埋戻し及び盛土の工法は、19.2.4[工法](c)に準ずる。 (c)埋戻し及び盛土の種別がB種又はC種で、土質が埋戻し及び盛土に適さない場合は、監督職員と協議する。 (d)省略	種別	材 料	工 法	A種	山砂の類	水締め、機器による締固め	B種	根切り土の中の良質土	機器による締固め	C種	他現場の建設発生土の中の良質土	機器による締固め	D種	再生コンクリート砂	水締め、機器による締固め	19章 舗装工事 19.2.5工法 (a)路床に不適当な部分がある場合及び路床面に障害物が発見された場合は、路正面から300mm程度までは取り除き、周囲と同じ材料で埋め戻して締め固める。 なお、予想外の障害物が発見された場合は、監督職員と協議する。 (b)省略 (c)盛土をして路床とする場合は、一層の仕上り厚さ200mm程度ごとに締め固めながら、所定の高さ及び形状に仕上げる。締固めは、土質及び使用機械に応じ、散水等により締固めに適した含水状態で行う。 (d)遮断層は、厚さが均等になるように材料を敷き均し、遮断層を乱さない程度の小型の締固め機械で締め固める。 以下、省略	
種別	材 料	工 法																
A種	山砂の類	水締め、機器による締固め																
B種	根切り土の中の良質土	機器による締固め																
C種	他現場の建設発生土の中の良質土	機器による締固め																
D種	再生コンクリート砂	水締め、機器による締固め																
建設大臣官房官庁 営繕部監修 「機械設備工事施工管理指針」(平成5年版)	第2節 土工 5.2.1 一般事項 (a)根切りに先立ち、処置する必要がある事項は概ね下記のとおりである。 (1)地中埋設物（給水管、配水管、ガス管、地中配線ケーブル等）の調査及びその処置、並びに根切りにかかる周辺にあるものの移設、養生等の処置。 (2)地盤調査の結果による地層及び地下水の状況把握 <table><tr><th>種別</th><th>材 料</th><th>工 法</th></tr><tr><td>A種</td><td>山砂の類</td><td>水締め、機器による締固め</td></tr><tr><td>B種</td><td>根切土の中の良質土</td><td>機器による締固め</td></tr></table> (2)土の現場的見分け方 埋戻し土B種（根切土の土の中の良質土）は次による。 (i)玉石、碎石、コンクリート片、木材等の混入がなく、配管等を敷設したものに一次的あるいは二次的に折損、腐食等を発生させるおそれのないもの。	種別	材 料	工 法	A種	山砂の類	水締め、機器による締固め	B種	根切土の中の良質土	機器による締固め								
種別	材 料	工 法																
A種	山砂の類	水締め、機器による締固め																
B種	根切土の中の良質土	機器による締固め																

仕様書	埋戻し材料	埋戻し方法	埋戻し締固め機械																																																																													
建設大臣官房官庁 営繕部監修 「機械設備工事施 工管理指針」(平成 5年版)	(ii)ランマーその他で突き固めることにより、十分な締 めが可能なもの。 (3)根切土が埋戻しに適さない場合は、監督員と協議する。 なお、締固めは、山砂、川砂等の砂質土の場合は、水 締めとし、粘土質の場合は、機器(ランマー、ローラ ー等)を用いて締固めながら埋め戻すのが原則である。 (4)土は、ある程度の含水比のとき最も締め固まり、締固 めの密度を最大にすることができる。このような含水 比を最適含水比という。 (5)埋戻しは、土質による沈みしろを見込んで余盛りを行 う。 (6)上記のほか、詳細は「建監指」3章を参照。																																																																															
建設大臣官房官庁 営繕部監修 「機械設備工事共 通仕様書」(平成9 年版)		第2編 共通工事 第7節 埋設配管 2.7.1 一般事項 (e)コンクリート管以外の管を土中埋設とする場合は、管及び被覆樹脂を傷めぬよう山砂の類で 管の周囲を埋戻した後、掘削土の良質土で埋め戻す。 (f)排水管として、コンクリート管又はビニル管を埋設する場合は、根切り底を、管の下端より 呼径300以下の場合は100mm程度、呼径300を超える場合は150mm程度深く根切りをし、切込み砕 石、込み砂利又は山砂の類をやりかたにない敷き込み、突き固めた後、管をなじみ良く布設 する。 なお、継手箇所は必要に応じ増し掘りをする。 埋戻しは、管が移動しないように管の中心線程度まで埋戻し、十分充てんした後、所定の埋 戻しを行う。 (i)管を埋め戻す場合は、地表から150mm程度の深さに埋設表示用アルミ又はビニル等のテープを 埋設する。ただし、排水管は除く。 (j)根切り、埋戻し等は、5.2.1(一般事項)の当該事項による。 2.7.2 埋設深さ 管の地中埋設深さは、車両道路では管の上端より600mm以上、それ以外では300mm以上とする。 ただし、寒冷地では凍結深度以上とする。																																																																														
建設大臣官房官庁 営繕部監修 「建築工事施工監 理指針」 平成5年版(上巻)	(d)埋戻し土 (1)埋戻し土には腐植土や粘性土の含有量が少なく、透水 性のよい砂質土を用いるのがよい。また、均等係数 ($U_c=D_{60}/D_{10}$)が大きいものを選ぶ。均等係数の算 定は土の粒度試験結果の片対数用紙の対数目盛に粒径 を、算術目盛りに通過重量百分率をとって図3.2.10の ような粒径加積曲線として描く。そしてその性質を定 量的に示す係数として、均等係数 U_c と曲率係数 U_c' を次式から求める。 $U_c=D_{60}/D_{10}$ $U_c'=\frac{(D_{30})^2}{D_{10}\times D_{60}}$ D_{10} :10%粒径(mm)、 D_{30} :30%粒径(mm)、 D_{60} :60%粒径(mm) (2)山砂、川砂及び海砂の粒度組成の一般的な比較は表3. 2.4のようになり、埋戻し土には山砂が最も適して いる。これは埋戻し土としては、分離作用を強く受 けて均一粒子となっている砂(海砂等)よりも砂に 適度に礫やシルトが混入された方が大きい締固め密度 が得られるからである。 また、使用する埋戻し土については、必要に応じて 粒度試験等を実施するのが望ましい。 (3)「共仕」3.2.3(b)で埋戻し土及び盛土の種別が定めら れているが、A種は、山砂で一般的には水締めのきく 砂質土を想定している。B種は、根切り土の中で有機 物、コンクリート塊等を含まない良質土を想定してい るが、根切り土に多量の有機物、コンクリート塊等が 含まれている場合は、設計担当者と協議し、必要な場 合は設計変更を行う。	3.2.4 埋戻し及び盛土 (a)土質と締固め方法 締固めは、川砂及び透水性のよい山砂の類の場合は水締めとし、透水性の悪い山砂の類及び 粘土質の場合はまき出し厚さ約30cm程度ごとにローラー、ランマー等で締固めながら埋め戻す のが原則である。建築物周囲の深い根切りの部分は、機械で締め固めるのは困難なことが多い ので、整地後の地盤沈下を防止するには、川砂又は透水性の良い山砂の類を使用し、水締めを する必要がある。設計図書の特記内容が適当でない場合は、設計担当者と協議する。 (b)土の含水比と締固め 土は、ある適当な含水比のとき最もよく締め固まり、締固め密度を最大にすることができる。 このような含水比を最適含水比という。 (c)余盛り 埋戻し及び盛土には、土質による沈みしろを見込んで余盛りを行う。余盛りの適切な標準値 はなく、表3.2.3は一つの参考値であるが、これにより推定することは容易でない。通常の埋 戻し(地下2階で幅1m程度)において、砂を用い十分な水締めを行う場合5~10cm、粘性土を 用い十分な締固めを行う場合10~15cm程度が余盛りの目安と考えられるが、重要な盛土では、 試験により余盛りを決めるのがよい。  図3.2.10 粒径加積曲線 表3.2.4 山砂、川砂及び海砂の一般的な粒度特性 (第2回土質工学研究発表、新内地より) <table><tr><th>種類</th><th>粒 度 組 成</th><th>均等係数 ($U_c=D_{60}/D_{10}$)</th><th>備 考</th></tr><tr><td>山砂</td><td>粗砂が主体で、細砂よりなり、シルト及び 粘土の混入は微量である。</td><td>5~10</td><td rowspan="3">砂に礫やシルトが混入された 場合、U_cが20となるような 配合が最も大きい締固め密度 が得られる。</td></tr><tr><td>川砂</td><td>粗砂あるいは細砂が主体で、山砂に比べて がかなり少なく、シルト及び粘土の混入は微 量である。</td><td>3~5</td></tr><tr><td>海砂</td><td>細砂が主体で、あと粗砂よりなり、礫、粘土 及びシルトはほとんど含まれない。</td><td>1~2</td></tr></table> 表3.2.3 <table><tr><th rowspan="2">土 質</th><th colspan="2">地 山 に 対 す る 容 積 比</th></tr><tr><th>掘 削 後 の 土 質</th><th>締 固 め た 土 質</th></tr><tr><td>ロ ー ム</td><td>1.25 ~ 1.35</td><td>0.85 ~ 0.95</td></tr><tr><td>粘 土</td><td>1.20 ~ 1.30</td><td>0.85 ~ 0.95</td></tr><tr><td>粘 土</td><td>1.20 ~ 1.45</td><td>0.90 ~ 1.00</td></tr><tr><td>砂</td><td>1.10 ~ 1.20</td><td>0.95 ~ 1.00</td></tr><tr><td>砂 混 じ り 砂 利</td><td>1.15 ~ 1.20</td><td>1.00 ~ 1.10</td></tr><tr><td>砂 利</td><td>1.15 ~ 1.20</td><td>1.00 ~ 1.05</td></tr><tr><td>固 結 し た 砂 利</td><td>1.25 ~ 1.45</td><td>1.10 ~ 1.30</td></tr><tr><td>軟 岩</td><td>1.30 ~ 1.70</td><td>1.20 ~ 1.30</td></tr><tr><td>中 硬 岩</td><td>1.55 ~ 1.70</td><td>1.20 ~ 1.40</td></tr><tr><td>硬 岩</td><td>1.70 ~ 2.00</td><td>1.30 ~ 1.50</td></tr></table>	種類	粒 度 組 成	均等係数 ($U_c=D_{60}/D_{10}$)	備 考	山砂	粗砂が主体で、細砂よりなり、シルト及び 粘土の混入は微量である。	5~10	砂に礫やシルトが混入された 場合、 U_c が20となるような 配合が最も大きい締固め密度 が得られる。	川砂	粗砂あるいは細砂が主体で、山砂に比べて がかなり少なく、シルト及び粘土の混入は微 量である。	3~5	海砂	細砂が主体で、あと粗砂よりなり、礫、粘土 及びシルトはほとんど含まれない。	1~2	土 質	地 山 に 対 す る 容 積 比		掘 削 後 の 土 質	締 固 め た 土 質	ロ ー ム	1.25 ~ 1.35	0.85 ~ 0.95	粘 土	1.20 ~ 1.30	0.85 ~ 0.95	粘 土	1.20 ~ 1.45	0.90 ~ 1.00	砂	1.10 ~ 1.20	0.95 ~ 1.00	砂 混 じ り 砂 利	1.15 ~ 1.20	1.00 ~ 1.10	砂 利	1.15 ~ 1.20	1.00 ~ 1.05	固 結 し た 砂 利	1.25 ~ 1.45	1.10 ~ 1.30	軟 岩	1.30 ~ 1.70	1.20 ~ 1.30	中 硬 岩	1.55 ~ 1.70	1.20 ~ 1.40	硬 岩	1.70 ~ 2.00	1.30 ~ 1.50	表3.2.2 土工事業と主な使用機械 <table><tr><th>工 事</th><th>作 業</th><th>使 用 機 械</th><th>備 考</th></tr><tr><td rowspan="3">整 地</td><td>すき取り、 盛土、 敷ならし</td><td>ブルドーザー</td><td>・ 運土距離が50~100m位の場合に有効</td></tr><tr><td rowspan="2">締 固</td><td>平滑鋼ローラー (ロードローラー) (マカダムローラー) タンデムローラー タイヤローラー 振動式ローラー(大型) タンピングローラー</td><td>・ 締圧力:30~80kgf/cm (29.4~78.4 kN/m) ・ 締圧力:30~70kgf/cm (29.4~68.6 kN/m) ・ 接地圧:2~6 kgf/cm² (0.196~0.588 MPa) ・ 締圧力:10~30kgf/cm (9.8~29.4 kN/m) ・ 接地圧:10~30kgf/cm² (0.98~2.94 MPa)</td></tr><tr><td>狭い 場所用</td><td>振動コンパクター(小型) (ソイルコンパクター) ランマー タンパー 振動ローラー(小型)</td><td>・ 自重:40~400kg ・ 自重:50~120kg ・ 締圧力:5~10kg/cm (4.9~9.8 kN/m)</td></tr><tr><td rowspan="3">根 切 土 掘 削</td><td>ローディングショベル パワーショベル ドラッグライン クラムシェル バックホー</td><td>・ 0.5~1.5m³容量/回 ・ 運土も可能 ・ 0.3~1.2m³容量/回 ・ 機体位置より上方(5m位)の掘削に適する ・ 0.4~1.5m³容量/回 ・ 機体位置より低位(10m位)の掘削に適する ・ 最大掘削深さ:40m位 ・ 軟弱地盤に適する ・ 最大掘削深さ:6m位 ・ 固い地盤に適する</td></tr><tr><td>補 助</td><td>ブルドーザー</td><td>・ キャタピラ幅の広い湿地用もある</td></tr><tr><td>排 水</td><td>排水</td><td>水中ポンプ 自吸式ポンプ</td><td></td></tr><tr><td>運 搬</td><td>ダンプトラック ベルトコンベヤー</td><td>・ 積載能力:2~11t(公道仕様車) ・ 傾斜角度:15~25°</td><td></td></tr></table> 注 一粒の機械の数値を示す	工 事	作 業	使 用 機 械	備 考	整 地	すき取り、 盛土、 敷ならし	ブルドーザー	・ 運土距離が50~100m位の場合に有効	締 固	平滑鋼ローラー (ロードローラー) (マカダムローラー) タンデムローラー タイヤローラー 振動式ローラー(大型) タンピングローラー	・ 締圧力:30~80kgf/cm (29.4~78.4 kN/m) ・ 締圧力:30~70kgf/cm (29.4~68.6 kN/m) ・ 接地圧:2~6 kgf/cm ² (0.196~0.588 MPa) ・ 締圧力:10~30kgf/cm (9.8~29.4 kN/m) ・ 接地圧:10~30kgf/cm ² (0.98~2.94 MPa)	狭い 場所用	振動コンパクター(小型) (ソイルコンパクター) ランマー タンパー 振動ローラー(小型)	・ 自重:40~400kg ・ 自重:50~120kg ・ 締圧力:5~10kg/cm (4.9~9.8 kN/m)	根 切 土 掘 削	ローディングショベル パワーショベル ドラッグライン クラムシェル バックホー	・ 0.5~1.5m ³ 容量/回 ・ 運土も可能 ・ 0.3~1.2m ³ 容量/回 ・ 機体位置より上方(5m位)の掘削に適する ・ 0.4~1.5m ³ 容量/回 ・ 機体位置より低位(10m位)の掘削に適する ・ 最大掘削深さ:40m位 ・ 軟弱地盤に適する ・ 最大掘削深さ:6m位 ・ 固い地盤に適する	補 助	ブルドーザー	・ キャタピラ幅の広い湿地用もある	排 水	排水	水中ポンプ 自吸式ポンプ		運 搬	ダンプトラック ベルトコンベヤー	・ 積載能力:2~11t(公道仕様車) ・ 傾斜角度:15~25°	
種類	粒 度 組 成	均等係数 ($U_c=D_{60}/D_{10}$)	備 考																																																																													
山砂	粗砂が主体で、細砂よりなり、シルト及び 粘土の混入は微量である。	5~10	砂に礫やシルトが混入された 場合、 U_c が20となるような 配合が最も大きい締固め密度 が得られる。																																																																													
川砂	粗砂あるいは細砂が主体で、山砂に比べて がかなり少なく、シルト及び粘土の混入は微 量である。	3~5																																																																														
海砂	細砂が主体で、あと粗砂よりなり、礫、粘土 及びシルトはほとんど含まれない。	1~2																																																																														
土 質	地 山 に 対 す る 容 積 比																																																																															
	掘 削 後 の 土 質	締 固 め た 土 質																																																																														
ロ ー ム	1.25 ~ 1.35	0.85 ~ 0.95																																																																														
粘 土	1.20 ~ 1.30	0.85 ~ 0.95																																																																														
粘 土	1.20 ~ 1.45	0.90 ~ 1.00																																																																														
砂	1.10 ~ 1.20	0.95 ~ 1.00																																																																														
砂 混 じ り 砂 利	1.15 ~ 1.20	1.00 ~ 1.10																																																																														
砂 利	1.15 ~ 1.20	1.00 ~ 1.05																																																																														
固 結 し た 砂 利	1.25 ~ 1.45	1.10 ~ 1.30																																																																														
軟 岩	1.30 ~ 1.70	1.20 ~ 1.30																																																																														
中 硬 岩	1.55 ~ 1.70	1.20 ~ 1.40																																																																														
硬 岩	1.70 ~ 2.00	1.30 ~ 1.50																																																																														
工 事	作 業	使 用 機 械	備 考																																																																													
整 地	すき取り、 盛土、 敷ならし	ブルドーザー	・ 運土距離が50~100m位の場合に有効																																																																													
	締 固	平滑鋼ローラー (ロードローラー) (マカダムローラー) タンデムローラー タイヤローラー 振動式ローラー(大型) タンピングローラー	・ 締圧力:30~80kgf/cm (29.4~78.4 kN/m) ・ 締圧力:30~70kgf/cm (29.4~68.6 kN/m) ・ 接地圧:2~6 kgf/cm ² (0.196~0.588 MPa) ・ 締圧力:10~30kgf/cm (9.8~29.4 kN/m) ・ 接地圧:10~30kgf/cm ² (0.98~2.94 MPa)																																																																													
		狭い 場所用	振動コンパクター(小型) (ソイルコンパクター) ランマー タンパー 振動ローラー(小型)	・ 自重:40~400kg ・ 自重:50~120kg ・ 締圧力:5~10kg/cm (4.9~9.8 kN/m)																																																																												
根 切 土 掘 削	ローディングショベル パワーショベル ドラッグライン クラムシェル バックホー	・ 0.5~1.5m ³ 容量/回 ・ 運土も可能 ・ 0.3~1.2m ³ 容量/回 ・ 機体位置より上方(5m位)の掘削に適する ・ 0.4~1.5m ³ 容量/回 ・ 機体位置より低位(10m位)の掘削に適する ・ 最大掘削深さ:40m位 ・ 軟弱地盤に適する ・ 最大掘削深さ:6m位 ・ 固い地盤に適する																																																																														
	補 助	ブルドーザー	・ キャタピラ幅の広い湿地用もある																																																																													
	排 水	排水	水中ポンプ 自吸式ポンプ																																																																													
運 搬	ダンプトラック ベルトコンベヤー	・ 積載能力:2~11t(公道仕様車) ・ 傾斜角度:15~25°																																																																														

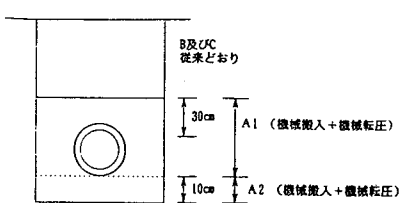
仕様書	埋戻し材料	埋戻し方法	埋戻し締固め機械
建設大臣官房官庁 営繕部監修 「建築工事施工管 理指針」 (下巻) 平成5年		20.3.6 埋戻し (a)埋戻しは、原則として根切り土の良質土とする。 ただし、車等の通行する部分は、コンクリートで保護するか、川砂又は透水性のよい山砂の 類とし、水締めとするのが望ましい。 (b)土かぶりまでの埋戻しは、管の耐力の範囲内でタンパー、ランマー等で締固め、重機械を用 いてはならない。 (c)その他の埋戻しについては、3章土工事を参照する。	

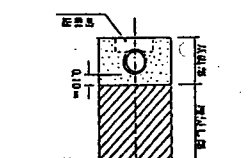
仕様書	埋戻し材料	埋戻し方法	埋戻し締固め機械																		
建設大臣官房官庁 営繕部監修 「建築工事施工管 理指針」 (下巻) 平成5年		20.3.6 埋戻し (a)埋戻しは、原則として根切り土の良質土とする。 ただし、車等の通行する部分は、コンクリートで保護するか、川砂又は透水性のよい山砂の 類とし、水締めとするのが望ましい。 (b)土かぶりまでの埋戻しは、管の耐力の範囲内でタンパー、ランマー等で締固め、重機械を用 いてはならない。 (c)その他の埋戻しについては、3章土工事を参照する。																			
下水道管渠工事仕 様書 貯蔵材料(支給品) 製品製作及び検査 仕様書 下水道用資器材製 品製作及び検査仕 様書 平成9年4月 札幌市下水道局	4-2-2 埋戻し 1 埋戻し工は、特に指定のない限り、発生土埋戻しによ らなければならない。この場合、草根、木片、冰雪、凍 上、有機不純物などの容積変化を生ずるものを使用して はならない。また、転石、玉石等を構造物(管渠等)に 直接埋戻ししてはならない。	4-2-2 2 埋戻し及び締固めの際、構造物に片寄った荷重、変圧を与えないように注意し、埋戻し箇所 に滞りのある場合は、排水した後、埋戻ししなければならない。 3 下図A部分の埋戻しにあたっては、構造物へ衝撃を与えないよう構造物上への機械での直接 投入をさけ、一層の厚さが30cmを越えない範囲で締固めを行わなければならない。この際、人 力によるはねつけ、かきならし等により1層ごとに適当な道具及び方法で締固め、構造物の周 り(特に管下端)に空隙のできぬよう、また沈下を生じないように施工しなければならない。 4 B部分及びC部分の埋戻しにあたっては、構造物に影響を与えないよう下表の機械投入時の 落下高に注意し、1層の厚さが30cmを超えない範囲で機械等により十分締固めを行わなければ いけない。 4-2-3 改良度埋戻し 1 施工に必要な量のみ搬入し、搬入した材料は速やかに使用すること。 2 現場までの運搬に際して、降雨や日照等による品質の低下が予想されるものについては、事 前に対策を講ずること。 3 埋戻しにあたっては、4-2-2に準じて施工すること。特に改良土は、十分な締固めによりその 強度を期待するものでもあるので、入念な締固めを行わなければならない。 4 地下水位の高い現場において使用する場合、改良土がある程度凝結するまで地下水位を下げ ておかなければ、所定の強度を確保できないため、この処理について十分対策を講ずること。  <table data-bbox="1629 1026 1837 1131"><tr><th>区分</th><th>機械投入時の落下高</th></tr><tr><td>C</td><td>150cm以下</td></tr><tr><td>B</td><td>50cm以下</td></tr><tr><td>A</td><td>管径への埋戻し高さ</td></tr></table>	区分	機械投入時の落下高	C	150cm以下	B	50cm以下	A	管径への埋戻し高さ	4-2-2 5 締固め機械は、下表を参考にして掘削幅、支 保工の有無等現場条件を勘案して決定すること。 なお、ブルドーザー及び振動ローラーについ ては、構造物の直上60cmを超える部分で、かつ、 構造物に損傷を与える恐れのない場合につい てのみ使用することができる。 <table data-bbox="2074 1005 2757 1150"><tr><th>掘削幅</th><th>投入方法</th><th>締固め機械</th></tr><tr><td>4.00m以上</td><td rowspan="3">機械及び 人力</td><td>タンパー、振動ローラー、ブルドーザー</td></tr><tr><td>1.00m以上～4.00m未満</td><td>人力、タンパー及び振動ローラー</td></tr><tr><td>1.00m未満</td><td>人力及びタンパー</td></tr></table>	掘削幅	投入方法	締固め機械	4.00m以上	機械及び 人力	タンパー、振動ローラー、ブルドーザー	1.00m以上～4.00m未満	人力、タンパー及び振動ローラー	1.00m未満	人力及びタンパー
区分	機械投入時の落下高																				
C	150cm以下																				
B	50cm以下																				
A	管径への埋戻し高さ																				
掘削幅	投入方法	締固め機械																			
4.00m以上	機械及び 人力	タンパー、振動ローラー、ブルドーザー																			
1.00m以上～4.00m未満		人力、タンパー及び振動ローラー																			
1.00m未満		人力及びタンパー																			
監修 北海道建設 部 土木工事共通仕様 書 平成9年改訂版 (社)北海道土木 協会	3-3-3 作業土工(床掘り、埋戻し) 7.請負者は、工事監督員が指示する構造物の埋戻し材料 については、この仕様書における関係各項に定めた土 質のものをを用いなければならない。	3-3-3 作業土工(床掘り・埋戻し) 8.請負者は、埋戻しにあたり、埋戻し箇所の残材、廃物、木くず等を撤去し、一層の仕上がり厚 を30cm以下を基本とし埋戻さなければならない。 11.請負者は、埋戻しを行うにあたり埋設構造物がある場合は、偏土圧が作用しないように、埋 め戻さなければならない。 12.請負者は、河川構造物付近のように水密性を確保しなければならない箇所の埋戻しにあたり、 埋戻し材に含まれる石等が一ヶ所に集中しないように施工しなければならない。 13.請負者は、埋戻しの施工にあたり、適切な含水比の状態で行わなければならない。																			
8.下水道工事共通 仕様書	1-5-2 埋戻し 1.埋戻し工と掘削硬派、予定図等により、確実に連けい を保ち、埋戻し土は、指定されたものをを用いなければ ならない。 2.埋戻しは埋戻しに適した含水比の材料を使用しなけれ ばならない。又、転石、玉石等を構造物(管等)に直 接埋戻ししてはならない。	1-5-2 埋戻し 3.埋戻しおよび締固めの際、構造物(管等)に片寄った荷重、偏圧を与えないように注意し、埋 戻しヶ所に滞りのある場合は、排水した後、埋戻ししなければならない。 4.埋戻し土の転圧は掘削床面より構造物(管等)の直上30cmまでは人力または機械投入とし、土 塊を切り砕き、構造物(管等)の周り等に空隙のできぬよう敷均し、一層の厚さが30cmを超え ない範囲で、一層ごとにダンパーもしくは木屑(40kg以上)等により入念に締固め、沈下を生 じないように施工しなければならない。 5.前項の埋戻しが完了した後、人力又は掘削機械等により構造物(管等)に影響を与えないよう 土砂を投入し、敷均し後、一層の厚さが30cmを超えない範囲で、一層ごとにダンパーもしく は、木屑(40kg以上)等を用い十分締固めを行わなければならない。なお、機械で投入する場 合の落下高は、構造物(管等)の直上30cmを超え、120cmまでは、50cm以下とし、それを超え る部分は、150cmまでとする。 6.構造物(管等)の直上60cmを超える部分は、掘削幅が広く、かつ支保工を撤去しても支障が なく、地下埋蔵物を損傷する恐れがない場合には、ブルドーザーにより施工することができる。 この場合においても、一層の厚さが30cmを超えない範囲で一層ごとに転圧しなければならない。 7.掘削溝内に埋設物がある場合には、埋設物管理者との協議にもとづく防護を施し、埋設物付近 へ埋戻しが将来沈下しないようにすること。 8.埋戻し後は、交通解放前といえども即時復旧までの期間、常時、埋戻し路床面の維持補修を施 さなければならない。 9.埋戻し路床仕上面は、均一な支持力が得られるよう施工しなければならない。 10.前項の支持力については、道路占用許可条件にもとづく工事監督員の指示に従わなければな らない。なお、工事監督員が必要と認めたときは、所要の試験を行うものとする。																			

仕様書	埋戻し材料	埋戻し方法	埋戻し締め機械																				
青森県土木部 共通仕様書（土木工事編 I） 平成9年度以降 平成9年4月 青森県土木部		1-1-5 埋戻し 1. 請負者は、埋戻しの施工にあたって、次の各項によらなければならない。 （1）管の天端から 30cm までは、管に衝撃を与えないよう注意しながら、人力又は掘削機械等により両側同時に埋戻し、一層の厚さが 20cm を超えない範囲で一層ごとにタンパ又は木屑により締め固めること。砂を用いる場合には、良質の砂を用い、管の荷担へ砂がまわり込むようにすること。 （2）前項埋戻しが完了した後、人力又は掘削機械等により管に影響を与えないよう土砂を投入し、これを人力により敷均し、一層の厚さ 20cm を超えない範囲で一層毎にタンパ等を用いて締め固めること。 （3）埋戻しの際、による投入を行う場合は管頂より 30cm を超え 20cm までは落下高を 50cm 以内に、それを超える場合は、落下高を 150cm 以内におさえること。 （4）取付管についても前項(1)、(2)、(3)に準ずる。 2. 請負者は、埋戻し後は交通解放前といえども常時埋戻し仕上がり面の維持補修をしなければならない。 3. 請負者は、埋戻し仕上がり面は、均一な支持力が得られるよう施工しなければならない。																					
下水道工事の手引 十和田市下水道部 下水道課	（5）管頂部の砂埋戻し（水締め） (イ)埋戻し用砂は、監督職員の承認を得たものを使用する。 （注：土場は採取前に1開、土場が変わった場合はその都度確認を受ける）	（5）管頂部の砂埋戻し（水締め） (ロ)砂埋戻し後の水締めは、矢板を引き上げてから空隙のないよう十分に行い管頂検査及び、砂の厚さの確認を受ける。（注：一般に矢板を引き上げないで見ず締めをし、設計値 H=30cm に対し H=45 ～ 50cm 位になっているがあくまでも矢板を引き上げてから実測する。） (ハ)管頂検査は、原則として砂埋戻し（水締め）後、行う。 (ニ)地下水がある場合及び冬期間については、水締めしないで人力により十分締め固める。 (ホ)管おさえや丁張りを砂埋戻し後はそのままにしないで必ず撤去する。また、その作業状況がわかる写真を撮る（下図参照） (6)埋戻し及び転圧 (イ)発生土埋戻しは、突き固め試験を行い、監督職員の承認を受けて施工する。 (ロ)発生土又は山砂利埋戻し一層毎の厚さがわかるように、スタッフ又は、土留板にスプレー等で各層を明示し、写真にもわかるようにする。 (ハ)砂・発生土又は山砂利埋戻しを行う転圧方法は、下表のとおりである。 (ニ)転圧（タンパー）作業は、有資格労働者（振動工具取扱作業講習修了者）にて行う。 (ホ)発生土が不良で山砂利を埋戻し材料として使用する場合、砂同様監督職員の承認を受けてから使用する。 (ヘ)発生土又は山砂利埋戻しについて、1層の厚さを 20cm とし、タンパー転圧とする。 埋戻し工事 ＜地盤良好の場合＞  ※ 砂埋め戻し後、木杭・ナマシ線等は必ず撤去する。 ＜地盤不良の場合＞  ※ 砂埋め戻し後、木杭・ナマシ線及び木板等は撤去しないでそのままとする。 ※ 砂子調木基礎工の場合は、木杭も砂子調木にナマシ線で結束する。	埋め戻し時の目盛り尺について  ※ 目盛りは、非スプレーで写真にわかるように標示する。 ※ 各スパン毎に必ず使用する。 【埋め戻し工適定基準】 <table><tr><th rowspan="2">埋め戻し区分</th><th colspan="3">埋め戻し方法</th><th rowspan="2">概要</th></tr><tr><th>投入</th><th>敷均し</th><th>突き固め</th></tr><tr><td>A</td><td>人力</td><td>人力</td><td>木杭又は人力</td></tr><tr><td>B</td><td>人力又は機械</td><td>人力</td><td>タンパー</td></tr><tr><td>C</td><td>人力又は機械</td><td>人力</td><td>タンパー</td></tr></table> 埋め戻し幅 	埋め戻し区分	埋め戻し方法			概要	投入	敷均し	突き固め	A	人力	人力	木杭又は人力	B	人力又は機械	人力	タンパー	C	人力又は機械	人力	タンパー
埋め戻し区分	埋め戻し方法				概要																		
	投入	敷均し	突き固め																				
A	人力	人力	木杭又は人力																				
B	人力又は機械	人力	タンパー																				
C	人力又は機械	人力	タンパー																				
青森県土木部 共通仕様書（土木工事編 I） 平成9年度以降 平成9年4月	3-3-3 作業土工（床掘り・埋戻し） 7. 請負者は、監督職員が支持する構造物の埋戻し材料については、この仕様書における関係各項に定めた土質のものをいなければならない。	3-3-3 作業土工（床掘り・埋戻し） 8. 請負者は、埋戻しにあたり、埋戻し箇所の残材、廃物、木くず等を撤去し、一層の仕上がり圧を 30cm 以下を基本とし埋め戻さなければならない。 9. 請負者は、埋戻し箇所が水中の場合には、施工前に排水しなければならない。 10. 請負者は、構造物の隣接箇所や狭い箇所において埋戻しを行う場合は、小型締め固め機械を使用し均一になるように仕上げなければならない。 11. 請負者は、埋戻しを行うにあたり埋設構造物がある場合は、偏土圧が作用しないように、埋め戻さなければならない。 12. 請負者は、河川構造物付近のように水密性を確保しなければならない箇所の埋戻しにあたり、埋戻し材に含まれる石等が一ヶ所に集中しないようにせなければならない。 13. 請負者は、埋戻しの施工にあたり、適切な含水比の状態で行わなければならない。 1-1-5 埋戻し 1. 請負者は、埋戻しの施工にあたって、次の各項によらなければならない。 （1）管の天端から 30cm までは、管に衝撃を与えないよう注意しながら、人力又は掘削機械等により両側同時に埋戻し、一層の厚さが 20cm を超えない範囲で一層ごとにタンパ又は木屑により締め固めること。砂を用いる場合には、良質の砂を用い、管の下端へ砂がまわり込むようにすること。 （2）前項埋戻しが完了した後、人力又は掘削機械等により管に影響を与えないよう土砂を投入し、これを人力により敷均し、一層の厚さ 20cm を超えない範囲で一層ごとにタンパ等を用いて締め固めること。 （4）取付管についても前項(1)、(2)、(3)に準ずる。 2. 請負者は、埋戻し後は交通解放前といえども常時埋戻し仕上面の維持補修をしなければならない。 3. 請負者は、埋戻し仕上面は、均一な支持力が得られるよう施工しなければならない。																					

仕様書	埋戻し材料	埋戻し方法	埋戻し締固め機械																																				
仙台市下水道局 土木工事共通仕様書 平成元年 6 月	2 埋戻し 1)埋戻しまたは盛土に使用する土は、設計図書に指定されたものとし、塵芥その他の有害物は用いないこと。ただし、使用する土の材質を指定していない場合は、掘削土のうち良好な土を転用すること。	2 埋戻し 3)埋戻しは、必ず排水したのちに実施し、水中埋戻しは、行わないこと。 4)埋戻しは、指定された埋戻し用の砂または良質土を使用し、設計図書で指定しない限り一層厚 30cm 以下に敷き広げて、十分締固めを行い、沈下が生じないように施工すること。 5)埋戻しの際には管きよ、その他の構造物に損傷を与えないよう、管頂より 30cm は人力で埋戻し、締固めを行い、また管の移動等が生じないように施工すること。 6)埋戻しの際、重機による投入を行う場合は、管頂より 30cm を超え 200cm までは、落下高を 50cm 以内におさえること。 7)埋戻し後は、防塵処理を行い復旧までの期間常時埋戻し路面の維持補修に努めること。 8)埋戻し路床仕上面は、均一な支持力が得られるよう施工すること。																																					
宮城県土木部 共通仕様書（土木工事編 Ⅰ） 平成 8 年度以降 平成 8 年 5 月		7-2-2 埋戻し 1. 請負者は、第 302 条により埋戻しを行い、沈下・移動の生じないようにしなければならない。 2. 請負者は、管渠等 K 天端から 30cm までは、管渠等に衝撃を与えないよう人力により両側同時に搬入・敷均しを行い、一層の厚さが 30cm を超えない範囲で設計図書に従い、一層毎に木蛸の類により締固め等を行って、管の下端へ十分埋戻し材がまわり混み空けが生じないようにしなければならない。 3. 請負者は、前項の埋戻しが完了した後、人力又は掘削機械等により管渠に影響を与えないように土砂を投入し、これを人力により敷均し、一層の厚さが 30cm を超えない範囲で一層毎にタンパー等を用いて十分締め固めなければならない。なお、土砂投入に掘削機械を用いる場合には、投入高を 0.5cm 以下とする。																																					
（財）東京都新都市建設公社 下水道工事標準仕様書 平成 7 年 4 月	5.2 埋戻し 1. 埋戻し又は盛土に使用する土は、設計図書に指定されたものとし、塵芥その他の有害物は用いないこと。	5.2 埋戻し 3. 埋戻しは、必ず排水したのちに実施し、水中埋戻しは、行わないこと。 4. 埋戻しは、指定された埋戻し用の砂、改良土又は良質土を使用し、設計図書で指定しない限り一層の仕上がり厚 30cm 以下を標準に敷均し、十分締固めを行い沈下が生じないように施工すること。路床部（路盤下約 1.0m）にあつては、一層の仕上がり厚で 20cm 以下を目安とする。なお、埋設物の周辺は特に念入りに締固めを行うこと。 5. 埋戻しの際には管渠、その他の構造物等に損傷、管の移動等が生じないように施工すること。 6. 埋戻し後は、防塵処理を行い、復旧までの期間常時埋戻し路面の維持補修に努めること。 7. 埋戻し路床仕上面は、均一な支持力が得られるよう施工すること。 8. 前項の支持力については、道路占用許可条件によること。 9. 支持力については、所要の試験を行い、その結果を監督員に提出すること。																																					
名古屋下水道局 下水道工事共通仕様書 平成 9 年 8 月 1 日	5.5.4.1 埋戻し材料の品質管理方法 1. 品質管理試験と品質検査試験の目的は次のとおり。 <table><tr><td>試験項目</td><td>目的</td></tr><tr><td>品質管理試験</td><td>使用予定土が土質基準適合土であることを証明 埋戻し土の適切な品質・施工管理</td></tr><tr><td>品質検査試験</td><td>監督員の指示に基づく品質の検査</td></tr></table> 2. 品質管理試験及び品質検査試験の実施機関は次のとおりとする。 <table><tr><td>試験項目</td><td>実施機関</td></tr><tr><td>品質管理試験</td><td>請負人の試験室又は民間試験所</td></tr><tr><td>品質検査試験</td><td>公的試験機関</td></tr></table> 3. 品質管理試験及び品質検査試験の試験種類、試験方法は次のとおり。 <table><tr><th>試験種類</th><th>試験方法</th></tr><tr><td>土のフルイ分け試験</td><td>JIS A 1204 に準ずる。 ただし、測定は0.075mm 通過分までとする。</td></tr><tr><td>修正 CBR 試験</td><td>アスファルト舗装型構</td></tr><tr><td>塊土 CBR 試験</td><td>自然含水比状態の試料土を、3層67回突き固め、4日間水浸後のCBRとする。なお、調査地点の現地盤が2以上の異なる土質から構成される場合の試料土は、現状の構成比に見合った混合土とする。</td></tr><tr><td>標準 CBR 試験</td><td>標準CBRとは、改良土を安定させた後3層42回突き固め6日間室内養生後4日間水浸したもののCBRとする。</td></tr><tr><td>水締め CBR 試験</td><td>コシ紙を敷いたCBR用のモールドに水を湛せて飽和させた試料を高さ15cmにゆすって入れ、その上に自重5kgの吸水器試験用軸付有孔板を乗せモールドの周囲を木づちでたたいて落ちさせ、空中に15分間放置してから測定したCBRとする。 <table><tr><th>貫入量（mm）</th><th>荷重100kg当りのCBR（％）</th></tr><tr><td>2.5</td><td>7.30</td></tr><tr><td>5.0</td><td>4.94</td></tr><tr><td>7.5</td><td>3.80</td></tr></table></td></tr><tr><td>含水比試験</td><td>JIS A 1203</td></tr><tr><td>締固め度試験</td><td>アスファルト舗装型構又はJIS A 1214</td></tr></table> (注) 締固め度試験を行う資料は、埋戻し土の最上部で採取した資料を用いる。	試験項目	目的	品質管理試験	使用予定土が土質基準適合土であることを証明 埋戻し土の適切な品質・施工管理	品質検査試験	監督員の指示に基づく品質の検査	試験項目	実施機関	品質管理試験	請負人の試験室又は民間試験所	品質検査試験	公的試験機関	試験種類	試験方法	土のフルイ分け試験	JIS A 1204 に準ずる。 ただし、測定は0.075mm 通過分までとする。	修正 CBR 試験	アスファルト舗装型構	塊土 CBR 試験	自然含水比状態の試料土を、3層67回突き固め、4日間水浸後のCBRとする。なお、調査地点の現地盤が2以上の異なる土質から構成される場合の試料土は、現状の構成比に見合った混合土とする。	標準 CBR 試験	標準CBRとは、改良土を安定させた後3層42回突き固め6日間室内養生後4日間水浸したもののCBRとする。	水締め CBR 試験	コシ紙を敷いたCBR用のモールドに水を湛せて飽和させた試料を高さ15cmにゆすって入れ、その上に自重5kgの吸水器試験用軸付有孔板を乗せモールドの周囲を木づちでたたいて落ちさせ、空中に15分間放置してから測定したCBRとする。 <table><tr><th>貫入量（mm）</th><th>荷重100kg当りのCBR（％）</th></tr><tr><td>2.5</td><td>7.30</td></tr><tr><td>5.0</td><td>4.94</td></tr><tr><td>7.5</td><td>3.80</td></tr></table>	貫入量（mm）	荷重100kg当りのCBR（％）	2.5	7.30	5.0	4.94	7.5	3.80	含水比試験	JIS A 1203	締固め度試験	アスファルト舗装型構又はJIS A 1214	6.4.2 埋戻し 1. 埋戻し材料は、45.11.2 に規定する土質基準に適合するものを用いること。 2. 砂利道について埋戻し工事を施工するときは、前項の規定にかかわらず掘削土砂が埋戻し用の土砂として不適当である場合をのぞき、その土砂を用いること。ただし、掘削底面より管の天端又は暗きよのスラブ天端の上方 30cm まで（以下『埋戻しBの範囲』という）および掘削杭内の地下埋蔵物又は構造物の周囲は、前項に規定する埋戻し材料を使用して埋め戻すこと。 3. 埋戻しの土砂をつき固める場合は構造物に変化を与えないように注意すること。 4. 埋戻しの土砂は埋戻しに適した含水比で使用する。また、埋戻し箇所は必ず排水し、水中埋戻しは絶対してはならない。 5. 埋戻しBの範囲は、管渠に衝撃を与えないよう注意しながら人力又は掘削機械等により両側同時に埋戻し、一層の厚さが 20cm を超えない範囲で一層ごとに木蛸の類により十分に締め固めること。 6. 前項の範囲を購入材（砂系）を用いて行う場合は、水締め等を行い管の下端に十分砂が回り込むようにするとともに、木蛸等もちいて入念に締め固めること。 7. 管の天端又は暗きよのスラブ天端の上方 30cm から G. L. までの範囲（以下『埋戻しAの範囲』という）については、人力又は掘削機械等により管渠に影響を与えないよう土砂を投入し、これを人力により敷き均し、一層の厚さが 20cm を超えない範囲で一層ごとにタンパー等を用いて十分締め固める。なお、機械による埋戻しについては、管渠に衝撃を与えない投入高（150cm 以下）で十分注意し施工する。また、埋戻し後の仕上面は、平坦性を確保すること。 8. 掘削構内に埋設物がある場合は、埋設物管理者との協議にもとづく防護を施し、埋設物付近の埋戻し土が将来沈下しないようにすること。 9. 掘削幅が広く（原則として 2.5m 以上）また支保工に支障がなく（原則として GL-1.5m の部分とする）、掘削溝に露出した埋設物を損傷する恐れがない場合にはブルドーザーにより敷き均し、締固めをすることが出来る。この場合においても一層の厚さが 20 cm を超えない範囲で一層ごとに十分転圧すること。 10. 原則として 40m 毎または 250m ² 毎に出来形の計測を行うこと。 11. 原則として 250m ² 毎に締固め度を測定すること。 6.4.3 埋戻し工における施工管理 1. 埋戻し工を施工する場合は、埋め戻す場所及び埋戻し材料の種類により次に定める施工管理を実施すること。	
試験項目	目的																																						
品質管理試験	使用予定土が土質基準適合土であることを証明 埋戻し土の適切な品質・施工管理																																						
品質検査試験	監督員の指示に基づく品質の検査																																						
試験項目	実施機関																																						
品質管理試験	請負人の試験室又は民間試験所																																						
品質検査試験	公的試験機関																																						
試験種類	試験方法																																						
土のフルイ分け試験	JIS A 1204 に準ずる。 ただし、測定は0.075mm 通過分までとする。																																						
修正 CBR 試験	アスファルト舗装型構																																						
塊土 CBR 試験	自然含水比状態の試料土を、3層67回突き固め、4日間水浸後のCBRとする。なお、調査地点の現地盤が2以上の異なる土質から構成される場合の試料土は、現状の構成比に見合った混合土とする。																																						
標準 CBR 試験	標準CBRとは、改良土を安定させた後3層42回突き固め6日間室内養生後4日間水浸したもののCBRとする。																																						
水締め CBR 試験	コシ紙を敷いたCBR用のモールドに水を湛せて飽和させた試料を高さ15cmにゆすって入れ、その上に自重5kgの吸水器試験用軸付有孔板を乗せモールドの周囲を木づちでたたいて落ちさせ、空中に15分間放置してから測定したCBRとする。 <table><tr><th>貫入量（mm）</th><th>荷重100kg当りのCBR（％）</th></tr><tr><td>2.5</td><td>7.30</td></tr><tr><td>5.0</td><td>4.94</td></tr><tr><td>7.5</td><td>3.80</td></tr></table>	貫入量（mm）	荷重100kg当りのCBR（％）	2.5	7.30	5.0	4.94	7.5	3.80																														
貫入量（mm）	荷重100kg当りのCBR（％）																																						
2.5	7.30																																						
5.0	4.94																																						
7.5	3.80																																						
含水比試験	JIS A 1203																																						
締固め度試験	アスファルト舗装型構又はJIS A 1214																																						

仕様書		埋戻し材料		埋戻し方法		埋戻し締固め機械																																																																																																																															
名古屋市下水道局 下水道工事共通仕様書 平成9年8月1日		5.5.4.2 埋戻し材料の品質管		5.5.4.3 埋戻し材料の品質検査試験		(1)埋戻し A の範囲																																																																																																																															
注		1. 材料種別区分毎の品質管理試験は次のとおり。		1. 材料種別区分毎の品質検査試験は次のとおり。		注) 1.土質基準を満足する残土をストクヤード等に仮置きした後使用する場合は、使用時の含水比は残土 CBR を測定したときに比べ同等若しくはそれ以下とする。 2.改良土に関して PH 等必要なものについては別に定める。																																																																																																																															
		<table><tr><th>材料種別</th><th>残 土</th><th>改良土</th><th colspan="2">購入材</th><th>備 考</th></tr><tr><th>項 目</th><th></th><th></th><th>(砂系)</th><th>(土系)</th><th></th></tr><tr><td>試 験 頻 度</td><td>当初及び250㎡毎ただし、1000㎡を超えてからは1000㎡毎</td><td>当初及び500㎡毎ただし、1000㎡を超えてからは1000㎡毎</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>省 略 限 度</td><td>100㎡ただし、省略する場合は近接データ又は納入業者の品質管理記録により確認する。</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>土のフルイ分け試験</td><td>◎</td><td>◎</td><td>◎</td><td>◎</td><td></td></tr><tr><td>修正 C B R 試験</td><td>—</td><td>—</td><td>◎</td><td>◎</td><td>購入材（砂系）は、埋戻しAに適用</td></tr><tr><td>残土 C B R 試験</td><td>◎</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td></td></tr><tr><td>標準 C B R 試験</td><td>—</td><td>◎</td><td>—</td><td>—</td><td></td></tr><tr><td>水締 C B R 試験</td><td>—</td><td>—</td><td>◎</td><td>—</td><td>埋戻しBに適用</td></tr><tr><td>含 水 比 試 験</td><td>◎</td><td>—</td><td>—</td><td>◎</td><td></td></tr><tr><td>締 固 め 度 試 験</td><td>◎</td><td>◎</td><td>◎</td><td>◎</td><td>埋戻しAに適用</td></tr></table>		材料種別	残 土	改良土	購入材		備 考	項 目			(砂系)	(土系)		試 験 頻 度	当初及び250㎡毎ただし、1000㎡を超えてからは1000㎡毎	当初及び500㎡毎ただし、1000㎡を超えてからは1000㎡毎				省 略 限 度	100㎡ただし、省略する場合は近接データ又は納入業者の品質管理記録により確認する。					土のフルイ分け試験	◎	◎	◎	◎		修正 C B R 試験	—	—	◎	◎	購入材（砂系）は、埋戻しAに適用	残土 C B R 試験	◎	—	—	—		標準 C B R 試験	—	◎	—	—		水締 C B R 試験	—	—	◎	—	埋戻しBに適用	含 水 比 試 験	◎	—	—	◎		締 固 め 度 試 験	◎	◎	◎	◎	埋戻しAに適用	<table><tr><th>材料種別</th><th>残 土</th><th>改良土</th><th colspan="2">購入材</th><th>備 考</th></tr><tr><th>項 目</th><th></th><th></th><th>(砂系)</th><th>(土系)</th><th></th></tr><tr><td>試 験 頻 度</td><td colspan="4">当初及び2000㎡毎。</td><td></td></tr><tr><td>省 略 限 度</td><td colspan="4">100㎡</td><td></td></tr><tr><td>土のフルイ分け試験</td><td>—</td><td>—</td><td>◎</td><td>◎</td><td></td></tr><tr><td>修正 C B R 試験</td><td>—</td><td>—</td><td>◎</td><td>◎</td><td>購入材（砂系）は、埋戻しAに適用</td></tr><tr><td>残土 C B R 試験</td><td>◎</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td></td></tr><tr><td>標準 C B R 試験</td><td>—</td><td>◎</td><td>—</td><td>—</td><td></td></tr><tr><td>水締 C B R 試験</td><td>—</td><td>—</td><td>◎</td><td>—</td><td>埋戻しBに適用</td></tr><tr><td>含 水 比 試 験</td><td>◎</td><td>—</td><td>—</td><td>◎</td><td></td></tr></table>		材料種別	残 土	改良土	購入材		備 考	項 目			(砂系)	(土系)		試 験 頻 度	当初及び2000㎡毎。					省 略 限 度	100㎡					土のフルイ分け試験	—	—	◎	◎		修正 C B R 試験	—	—	◎	◎	購入材（砂系）は、埋戻しAに適用	残土 C B R 試験	◎	—	—	—		標準 C B R 試験	—	◎	—	—		水締 C B R 試験	—	—	◎	—	埋戻しBに適用	含 水 比 試 験	◎	—	—	◎		(2)埋戻し B の範囲	
材料種別	残 土	改良土	購入材		備 考																																																																																																																																
項 目			(砂系)	(土系)																																																																																																																																	
試 験 頻 度	当初及び250㎡毎ただし、1000㎡を超えてからは1000㎡毎	当初及び500㎡毎ただし、1000㎡を超えてからは1000㎡毎																																																																																																																																			
省 略 限 度	100㎡ただし、省略する場合は近接データ又は納入業者の品質管理記録により確認する。																																																																																																																																				
土のフルイ分け試験	◎	◎	◎	◎																																																																																																																																	
修正 C B R 試験	—	—	◎	◎	購入材（砂系）は、埋戻しAに適用																																																																																																																																
残土 C B R 試験	◎	—	—	—																																																																																																																																	
標準 C B R 試験	—	◎	—	—																																																																																																																																	
水締 C B R 試験	—	—	◎	—	埋戻しBに適用																																																																																																																																
含 水 比 試 験	◎	—	—	◎																																																																																																																																	
締 固 め 度 試 験	◎	◎	◎	◎	埋戻しAに適用																																																																																																																																
材料種別	残 土	改良土	購入材		備 考																																																																																																																																
項 目			(砂系)	(土系)																																																																																																																																	
試 験 頻 度	当初及び2000㎡毎。																																																																																																																																				
省 略 限 度	100㎡																																																																																																																																				
土のフルイ分け試験	—	—	◎	◎																																																																																																																																	
修正 C B R 試験	—	—	◎	◎	購入材（砂系）は、埋戻しAに適用																																																																																																																																
残土 C B R 試験	◎	—	—	—																																																																																																																																	
標準 C B R 試験	—	◎	—	—																																																																																																																																	
水締 C B R 試験	—	—	◎	—	埋戻しBに適用																																																																																																																																
含 水 比 試 験	◎	—	—	◎																																																																																																																																	
						<table><tr><th>材料名</th><th>交通区分</th><th>締 固 め 度</th><th>含 水 比</th><th>一層の仕上げ厚</th></tr><tr><td rowspan="2">残 土</td><td>車 道</td><td>発生土CBR測定値の乾燥密度90%以上</td><td>—</td><td rowspan="4">20cm以下</td></tr><tr><td>歩 道</td><td>発生土CBR測定値の乾燥密度85%以上</td><td>—</td></tr><tr><td rowspan="2">改良土（石灰系）</td><td>車 道</td><td>標準CBRによる</td><td>—</td></tr><tr><td>歩 道</td><td>密度90%以上</td><td>—</td></tr><tr><td rowspan="2">購入材（砂系）</td><td>車 道</td><td>最大乾燥密度の90%以上</td><td>—</td><td rowspan="4">最適含水比付近の臨値</td></tr><tr><td>歩 道</td><td>最大乾燥密度の85%以上</td><td>—</td></tr><tr><td rowspan="2">購入材（土系）</td><td>車 道</td><td>最大乾燥密度の90%以上</td><td>—</td></tr><tr><td>歩 道</td><td>最大乾燥密度の85%以上</td><td>—</td></tr></table>		材料名	交通区分	締 固 め 度	含 水 比	一層の仕上げ厚	残 土	車 道	発生土CBR測定値の乾燥密度90%以上	—	20cm以下	歩 道	発生土CBR測定値の乾燥密度85%以上	—	改良土（石灰系）	車 道	標準CBRによる	—	歩 道	密度90%以上	—	購入材（砂系）	車 道	最大乾燥密度の90%以上	—	最適含水比付近の臨値	歩 道	最大乾燥密度の85%以上	—	購入材（土系）	車 道	最大乾燥密度の90%以上	—	歩 道	最大乾燥密度の85%以上	—																																																																																											
材料名	交通区分	締 固 め 度	含 水 比	一層の仕上げ厚																																																																																																																																	
残 土	車 道	発生土CBR測定値の乾燥密度90%以上	—	20cm以下																																																																																																																																	
	歩 道	発生土CBR測定値の乾燥密度85%以上	—																																																																																																																																		
改良土（石灰系）	車 道	標準CBRによる	—																																																																																																																																		
	歩 道	密度90%以上	—																																																																																																																																		
購入材（砂系）	車 道	最大乾燥密度の90%以上	—	最適含水比付近の臨値																																																																																																																																	
	歩 道	最大乾燥密度の85%以上	—																																																																																																																																		
購入材（土系）	車 道	最大乾燥密度の90%以上	—																																																																																																																																		
	歩 道	最大乾燥密度の85%以上	—																																																																																																																																		
埋戻し材料の品質管理試験及び品質検査試験の取扱について		標記の件、共通仕様書内(P33-36)の品質試験の取り扱いについて今後は、以下のとおりに改訂します。 1 品質管理試験及び品質検査試験の目的 ①.使用予定が、土質基準適合土であることの証明 ②.埋戻し土の適切な品質・施工管理 2 埋戻し材料の品質管理試験		3.埋戻し材料の品質検査試験																																																																																																																																	
		<table><tr><th>材料種別</th><th>発生土</th><th>改良土</th><th colspan="2">購入材</th><th>備 考</th></tr><tr><th>項 目</th><th></th><th>噴流 名目</th><th>砂系</th><th>土系</th><th></th></tr><tr><td>試 験 頻 度</td><td colspan="4">当初及び1000㎡ 毎</td><td></td></tr><tr><td>省 略 限 度</td><td colspan="4">100㎡</td><td>品質管理記録により確認</td></tr><tr><td>土のフルイ分け試験</td><td>◎</td><td>—</td><td>◎</td><td>◎</td><td>発生土、改良土は自選</td></tr><tr><td>修正 CBR試験</td><td>—</td><td>—</td><td>◎</td><td>◎</td><td>砂系は埋戻しAに適用</td></tr><tr><td>発生土 CBR試験</td><td>◎</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td></td></tr><tr><td>標準 CBR試験</td><td>—</td><td>◎</td><td>—</td><td>—</td><td></td></tr><tr><td>水 締 CBR試験</td><td>—</td><td>—</td><td>◎</td><td>—</td><td>埋戻しBに適用</td></tr><tr><td>含 水 比 試 験</td><td>◎</td><td>—</td><td>—</td><td>◎</td><td></td></tr><tr><td>締固め度 試 験</td><td>◎</td><td>◎</td><td>◎</td><td>◎</td><td>改良しAに適用</td></tr></table> 品質管理試験は、公的機関による場合のみ品質検査試験と兼ねることができる。		材料種別	発生土	改良土	購入材		備 考	項 目		噴流 名目	砂系	土系		試 験 頻 度	当初及び1000㎡ 毎					省 略 限 度	100㎡				品質管理記録により確認	土のフルイ分け試験	◎	—	◎	◎	発生土、改良土は自選	修正 CBR試験	—	—	◎	◎	砂系は埋戻しAに適用	発生土 CBR試験	◎	—	—	—		標準 CBR試験	—	◎	—	—		水 締 CBR試験	—	—	◎	—	埋戻しBに適用	含 水 比 試 験	◎	—	—	◎		締固め度 試 験	◎	◎	◎	◎	改良しAに適用	<table><tr><th>材料種別</th><th>発生土</th><th>改良土</th><th colspan="2">購入材</th><th>備 考</th></tr><tr><th>項 目</th><th></th><th>噴流 名目</th><th>砂系</th><th>土系</th><th></th></tr><tr><td>試 験 頻 度</td><td colspan="4">当初及び2000㎡ 毎</td><td></td></tr><tr><td>省 略 限 度</td><td colspan="4">100㎡</td><td></td></tr><tr><td>土のフルイ分け試験</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>◎</td><td>◎</td></tr><tr><td>修正 CBR試験</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>◎</td><td>◎</td></tr><tr><td>発生土 CBR試験</td><td>◎</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td></td></tr><tr><td>標準 CBR試験</td><td>—</td><td>◎</td><td>◎</td><td>—</td><td></td></tr><tr><td>水 締 CBR試験</td><td>—</td><td>—</td><td>◎</td><td>—</td><td>埋戻しBに適用</td></tr><tr><td>含 水 比 試 験</td><td>◎</td><td>—</td><td>—</td><td>◎</td><td></td></tr></table> 仕掛面内の「残土」の改良をすべて「発生土」に読み替えるものとする。 この記載内容以外の事項については、仕様書のとおりとする。 適用は、平成10年4月から施工する工事とする。		材料種別	発生土	改良土	購入材		備 考	項 目		噴流 名目	砂系	土系		試 験 頻 度	当初及び2000㎡ 毎					省 略 限 度	100㎡					土のフルイ分け試験	—	—	—	◎	◎	修正 CBR試験	—	—	—	◎	◎	発生土 CBR試験	◎	—	—	—		標準 CBR試験	—	◎	◎	—		水 締 CBR試験	—	—	◎	—	埋戻しBに適用	含 水 比 試 験	◎	—	—	◎			
材料種別	発生土	改良土	購入材		備 考																																																																																																																																
項 目		噴流 名目	砂系	土系																																																																																																																																	
試 験 頻 度	当初及び1000㎡ 毎																																																																																																																																				
省 略 限 度	100㎡				品質管理記録により確認																																																																																																																																
土のフルイ分け試験	◎	—	◎	◎	発生土、改良土は自選																																																																																																																																
修正 CBR試験	—	—	◎	◎	砂系は埋戻しAに適用																																																																																																																																
発生土 CBR試験	◎	—	—	—																																																																																																																																	
標準 CBR試験	—	◎	—	—																																																																																																																																	
水 締 CBR試験	—	—	◎	—	埋戻しBに適用																																																																																																																																
含 水 比 試 験	◎	—	—	◎																																																																																																																																	
締固め度 試 験	◎	◎	◎	◎	改良しAに適用																																																																																																																																
材料種別	発生土	改良土	購入材		備 考																																																																																																																																
項 目		噴流 名目	砂系	土系																																																																																																																																	
試 験 頻 度	当初及び2000㎡ 毎																																																																																																																																				
省 略 限 度	100㎡																																																																																																																																				
土のフルイ分け試験	—	—	—	◎	◎																																																																																																																																
修正 CBR試験	—	—	—	◎	◎																																																																																																																																
発生土 CBR試験	◎	—	—	—																																																																																																																																	
標準 CBR試験	—	◎	◎	—																																																																																																																																	
水 締 CBR試験	—	—	◎	—	埋戻しBに適用																																																																																																																																
含 水 比 試 験	◎	—	—	◎																																																																																																																																	

仕様書	埋戻し材料	埋戻し方法	埋戻し締固め機械
愛知県土木部下水道課監修 下水道積算の手引 (案)(9-9) 平成10年度 財団法人 愛知県 下水道公社		4. 埋戻し工 4-1 下水道工事の埋戻し工 〈基本事項〉 管渠の埋戻しを考えると、構造物本体の沈下防止、路面の沈下防止等を考慮して、十分な転圧が必要であるため原則として機械転圧とする。 新A区分については、管に影響(衝撃など)を与えないよう十分注意をして、木だこ、振動コンパクター(プレート)、突き棒、サンドランマーまたはタンピングランマー(タンパ)などで締め固める。積算については、タンパを代表させて計上する。 (道路土工指針 カルバート p178、p183～p187) ①開削工法による下水道管きょ布設工事に伴う区分による埋戻し工について H8手引 p.262 	
堺市下水道部 下水道施設 土木工事標準仕様書		3-20 埋戻し (1)埋戻しにあたっては、管渠等に衝撃を与えないよう注意し、一度にまたは片側のみ埋め戻すことなく両側同時にかつ均等に埋め戻さなければならない。特に管の下端まで十分埋戻し土がまわり込むように入念に突き固めを行うこと。 (2)埋戻しは、一層の厚さを30cm以内にとどめて、各層毎にランマ、木蛸の類で十分突き固めること。突き固め不可能な箇所は水締め等によって締め固めるものとする。 (3)埋戻し土に掘削土を使用するときは、掘削土のうち良質なものを選別して使用しなければならない。 (4)埋戻しは、土砂の最適含水比付近で行い、掘削前の地盤と同等程度以上に施工するものとする。 (5)特に埋設物付近においては、将来沈下をきたさないよう十分入念に突き固めなければならない。 (6)機械埋戻しを行うときは管渠に影響を与えないよう土砂を投入しこれを人力により敷均し一層の厚さが30cmを超えない範囲で一層ごとにタンパ等を用いて十分締め固めること。 なお機械による埋戻しについては投入高50cm以下とする。 (7)ブルドーザーにより転圧する場合においても一層の厚さが30cmを超えない範囲で一層毎に転圧すること。 (8)必要に応じて下記の試験を行うこと i)土の突き固め試験(JIS A1210) ii)現場 CBR 試験	
特記仕様書		16.管きょの天端から30cmまでの埋戻しについては機械投入とし、敷き均し締固めについては人力(タンパを含む)とする。砂基礎についても同様とする。なお、現場条件等により機械投入できない場合については人力投入とする。 17.下水道施設土木工事標準仕様書14ページ 3-20埋戻し(2)(7)中の「一層の厚さ」を「一層の巻き出し厚さ」とする。また、20ページ 3-35基礎(2)中の「仕上がり」を削除する。	
下水道設計指針	備考1. 原則として、埋戻しに使用する投入機械掘削使用機械とする。 2. バックホウの最大投入深さは、6.5mとする。 3. 開削にはクラムシェル投入を原則として適用しない。下水道用設計標準歩掛表第1巻路「管路施設(開削)編」p5～6参照。 4. 平成8年11月13日付建設省都下公発第39号通知		
特記仕様書	第9条 埋戻し工 埋戻し工は、原則として購入土とする。	第9条 埋戻し工 2. 埋戻し方法 (1)管の下端10cm、天端から10cmまでは購入砂で、管に衝撃を与えないようにバックホウで投入し、人力で両側同時に埋戻し、一層の厚さが30cmを超えない範囲で、一層毎に人力及び、タンパで十分締め固めなければならない。 また、水締め等を行って、管の天端に十分に砂が回り込むようにしなければならない。 (2)前項の埋戻しが完了した後、人力又は掘削機械等により管渠に影響を与えないよう土砂を投入し、これを人力で敷均し、一層の厚さが30cmを超えない範囲で一層毎にタンパ等を用いて十分締め固めなければならない。	

仕様書	埋戻し材料	埋戻し方法	埋戻し締固め機械								
下水道施設工事 標準仕様書 平成9年4月1日 改正 西宮市土木局下水道 建設部・下水道 管理部	2.1-2 埋戻し 1. 埋戻し工の施工にあたっては、別表1を参考し、の 点に留意しなければならない。 (1)埋戻しの土砂は、別に定める購入土又は発生土農地良 質なものとし、埋戻しに適した含水比で使用しなけれ ない。また発生土が不良な場合は市監督員と協議のう え良質土にて埋め戻さなければならない。	(2)管の天端から30cmまで(A区分)は、管渠に衝撃を与えないよう注意しながら機械により 両側同時に埋戻し、一層の厚さが20cmを超えない範囲で一層ごとに木蛸の類により十分に締 め固めること。砂を用いる場合には良質の砂を用い、水締め等を行って、管の下端へ十分に砂 がまわり込むようにしなければならない。 (3)前項の埋戻しが完了した後、人力又は掘削機械等により管渠に影響を与えないよう土砂を投 入し、これを人力により敷均し、一層の厚さが20cmを超えない範囲で一層ごとにタンパー等 を用いて十分締め固めること(3回以上)。なお、機械による埋戻しについては、管の天端よ り30cmを超え1.00m(B区分)までは投入高を50cm以下とし、それを超える部分(C区分 の投入高は、1.50m以下とする。 (4)掘削溝内に埋設物がある場合には、埋設物管理者との協議にもとづく防護を施し、埋設物付 近の埋戻し土が将来沈下しないようにしなければならない。 (5)掘削幅が広く、支保工に支障がなく掘削溝に露出した埋設物を損傷する恐れがない場合には ブルドーザにより転圧することができる。この場合においても、一層の厚さが20cmを超え い範囲で一層毎に転圧しなければならない。									
建設工事講習災害 防止対策要綱		(一般部の埋戻し方法) 第79 施工者は、道路敷における埋戻しに当たっては、道路管理者の承諾を受け、又はその指 示に従い、指定された土砂を用いて、原則として、厚さ30センチメートル、路床部にあたっ ては厚さ20センチメートルを超えないそうごとに十分締固め、将来、陥没、沈下等を起こさ ないようにし、道路敷以外における埋戻しに当たっては、当該土地の管理者の承諾を得て、良 質土砂を用い、原則として、厚さ30センチメートル以下の層ごとに十分締固めを行わなけれ ばならない。 ただし、施工上やむを得ない場合は、道路管理者又は当該土地の管理者の承諾をうけ、他の締 固め方法を用いることができる。									
下水道用設計指針 (広島市下水道局)	イについて 埋戻しは、下図に示すように、管の「基礎」部の埋戻 しとその上部の「埋戻し」部の埋戻しに区分される。 図-2-2-20  なお、基礎部の埋戻しを、「砂中詰」と呼ぶこともある。 (7)埋戻し部の埋戻し材料 原則として現場から発生した土砂を使用する。 ただし、不適切な土質(粘性土、岩石、転石交り土等 の時は、他工事からの流用土、又は購入土(真砂土) とする。なお、道路管理者から条件が付いた時は、別 途考慮する。 (4)基礎部の埋戻し材料 原則として、現場から派生した良質の土砂とする。良 質の土砂とは、耐久性があり、ごみや有機性不純物な どを含まない砂、又は細粒分の少ない砂質土をいう。 従って、土質が不適切なときは、購入砂とする。特に 塩ビ管の時は、埋戻し材料に含まれる礫の大きさは、 最大粒径20mm以下とする(「下水道用硬質塩化ビニ ル管道路埋設指針」より)必要があるため、購入砂又 は同等品以上とする。 なお、強化プラスチック混合管では、次表のとおり、 内径400mm以上は切り込み碎石とすることもあるが 内径2,000mmいかについては、塩ビ管と同様な砂基礎 を基準とする。 <table border="1"> <tr> <td>内径(mm)</td> <td>400～500</td> <td>600～900</td> <td>1,000～3,000</td> </tr> <tr> <td>最大粒径(mm)</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>40</td> </tr> </table>	内径(mm)	400～500	600～900	1,000～3,000	最大粒径(mm)	20	30	40	ウについて 埋戻し方法は、「開削工法による下水管管渠布設工事における埋戻し工について」により、次 のとおりとする。	
内径(mm)	400～500	600～900	1,000～3,000								
最大粒径(mm)	20	30	40								
特記仕様書(広島 市)	2 建設発生土の利用について (1)埋戻しに使用する土は、本工事からの建設発生土を利 用するものとする。なお、やむを得ない事情により利 用が困難な場合は、監督職員と協議すること。										

仕様書	埋戻し材料	埋戻し方法	埋戻し締固め機械															
広島市土木工事共通仕様書（一般土木）	第302条 埋戻し 1. 請負者は、埋め戻し材料については、設計図書に示す内容によるものとする。ただし、監督職員が支持する構造物の埋め戻し材料については、この仕様書における関係各項に定めた土質でなければならない。	第302条 埋戻し 2. 請負者は、埋め戻しにあたっては、埋め戻し箇所の残材、廃物、木くず等を撤去し、一層の仕上がり厚を30cm以下として、第911条又は第918条に準じて締固めなければならない。また、埋め戻しによって構造物に破損等を生じないようにしなければならない。 3. 請負者は、埋め戻し箇所が水中の場合には、施工前に排水しなければならない。また、請負者は、やむを得ず水中埋め戻しを行う場合には、施工方法について監督職員と協議しなければならない。 第2507条 埋め戻し 1. 埋め戻しは、設計図書に基づき、木片、コンクリート塊等が混入しない工事に適合した土砂を用い、特に入念に施工しなければならない。 2. 管きよの天端から30cmまでの埋め戻しは、管きよに衝撃を与えないように注意しながら、土砂の投入、敷均し及び締固めは人力により施工しなければならない。 また、管きよの天端から30cmを超える部分の埋め戻しは、機械等で土砂の投入、敷均し及び締固めを入念に行い、路面に不陸がないように仕上げなければならない。 3. 埋め戻しの一層の仕上がり厚は、20cm以下とする。																
土木工事共通仕様書（広島県）		3-3-2 作業土工（床掘り・埋め戻し） 7. 請負者は、監督員が指示する構造物の埋め戻し材料については、この仕様書における関係各項に定めた土質のものを用いなければならない。 8. 請負者は、埋戻しにあたり、埋戻し箇所の残材、廃物、木くず等を撤去し、一層の仕上がり厚を30cm以下を基本とし設計図書に示す高さまで埋め戻さなければならない。 9. 請負者は埋め戻し箇所が水中の場合には、施工前に排水しなければならない。 10. 請負者は、構造物の隣接箇所や狭い箇所において埋め戻しを行う場合は、小型締固め機械を使用し均一になるように仕上げなければならない。 11. 請負者は、埋め戻しを行うにあたり埋設構造物がある場合は、偏土圧が作用しないように、埋め戻さなければならない。 12. 請負者は、河川構造物付近の用に水密性を確保しなければならない箇所の埋め戻しにあたり、埋め戻し材に含まれる石等が1ヶ所に集中しないように施工しなければならない。 13. 請負者は、埋め戻しの施工にあたり、適切な含水比の状態で行わなければならない。																
土木工事共通仕様書 平成10年版 福岡県土木部	第3章 土工 第9条 1. 埋戻しAは、埋戻用砂（混合海砂）を使用する。 第10条 1. 埋戻しBは、国県道では埋戻用砂（混合海砂）、その他の道路では真砂土を使用する。	第3章 土工 第9条 2. 管側部は埋戻材料が回り込みにくく締固め不足が生じやすい為、管の底部に盛りつけし足突き又は突き棒等で突き固める。 3. 管底部の埋戻は材料を一層20cm以下に敷き均し、木蛸または足踏みにより管側部の左右に不均衡を生じさせないように入念に締め固める。 4. 配管の際、管接合部を継ぎ手掘りした箇所は締固め不足が生じやすいため埋戻材料を十分に充填し突き棒等でよく締め固める。 5. 埋戻材料の投入は管の移動や材料による偏圧を生じさせないように機械で行う。 第10条 2. 埋戻しBは機械等で投入し、20cm毎に敷き均しタンパー等で3回以上締め固める。既設埋設物との錯綜配管においてタンパー等が使用出来ない場合は足踏み、突き棒等で入念に締め固める。																
下水道設計指針 大阪府土木部 下水道課		第3節 埋戻し工 1.円形管布の埋戻し工 原則として、図-3を基準とする。	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">埋め戻し区分</th><th colspan="3">埋め戻し方法</th></tr> <tr> <th>投入</th><th>敷均し</th><th>突き固め</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td><td>機械</td><td>人力</td><td>人力（タンパー含）</td></tr> <tr> <td>B</td><td>機械</td><td>人力</td><td>タンパー</td></tr> </tbody> </table> ブルドーザー 備考 1.原則として、埋戻しに使用する投入機械掘削使用機械とする。 2.バックホウの最大投入深さは、6.5mとする。 3.開削にはクラムシェル投入を原則として適用しない。 下水道用設計標準歩掛表第1巻管路「管路施設（開削）編」P5-6参照。 4.平成8年度11月13日付建設省都下公発第39号通知	埋め戻し区分	埋め戻し方法			投入	敷均し	突き固め	A	機械	人力	人力（タンパー含）	B	機械	人力	タンパー
埋め戻し区分	埋め戻し方法																	
	投入	敷均し	突き固め															
A	機械	人力	人力（タンパー含）															
B	機械	人力	タンパー															
忠岡町企業部 下水道課 特記仕様書	第9条 埋戻し工 埋戻し土は、原則として購入土とする。	2.埋戻し方法 (1)管の下端10cm、天端から10cmまでは購入砂で、管に衝撃を与えないようにバックホウで投入し、人力で両側同時に埋戻し、一層の厚さが30cmをこえない範囲で、一層毎に人力及び、タンバで十分締固めなければならない。また、水締め等を行って、かんの下端に十分に砂がまわり込むようにしなければならない。 (2)前項の埋戻しが完了した後、人力又は掘削機械等により管渠に影響を与えないよう土砂を投入し、これを人力で敷均し、一層の厚さが30cmをこえない範囲で一層毎にタンバ等を用いて十分締固めなければならない。																

< 卷 末 資 料 3 >

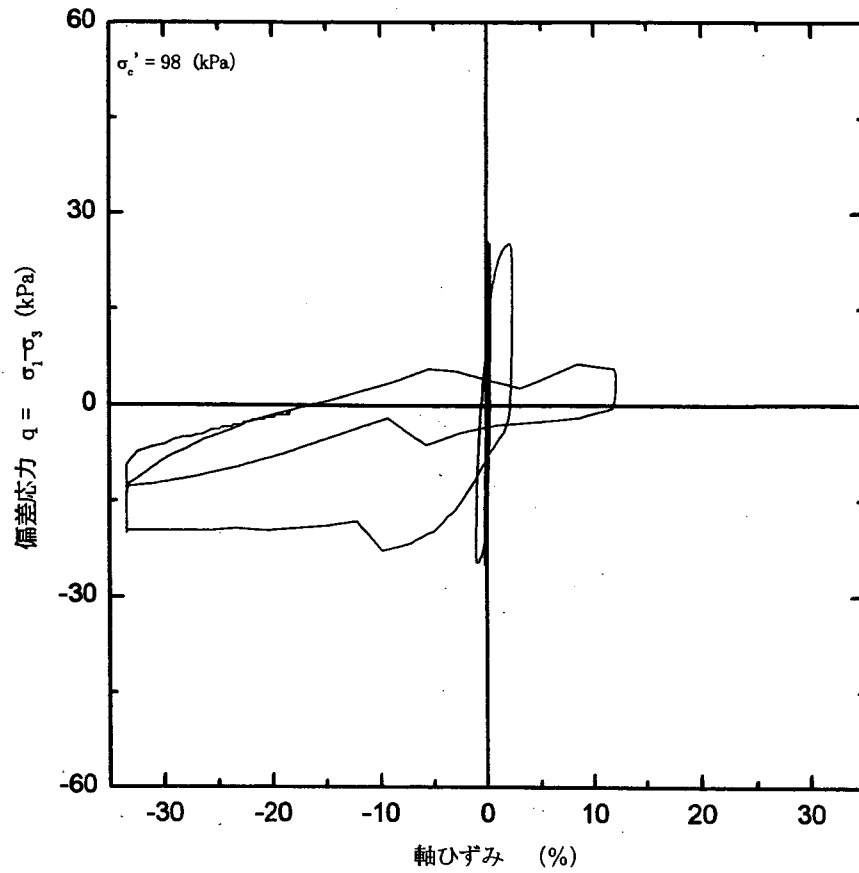
本 試 験 結 果

- 本文表－7.3 (p.32) に示す各々の試験について
応力－ひずみ関係、有効応力経路を掲載した。
- 表－7.3の順序に従って掲載した。

試料名:A

圧密後締固め度 87(%)

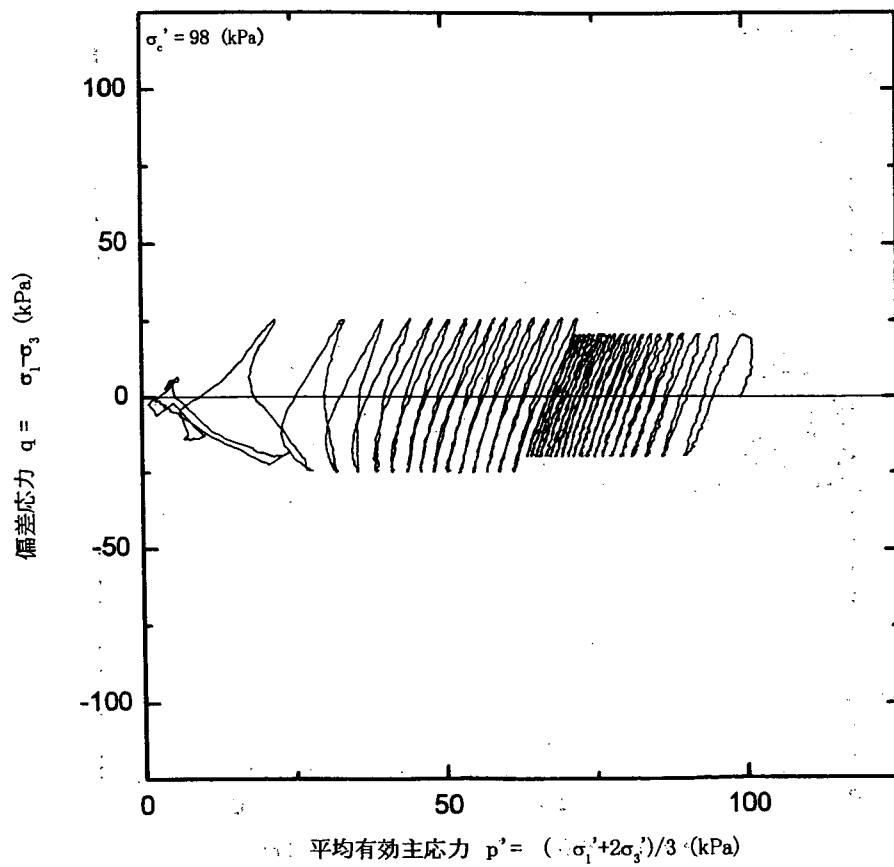
供試体 No.1



試料名:A

圧密後締固め度 87(%)

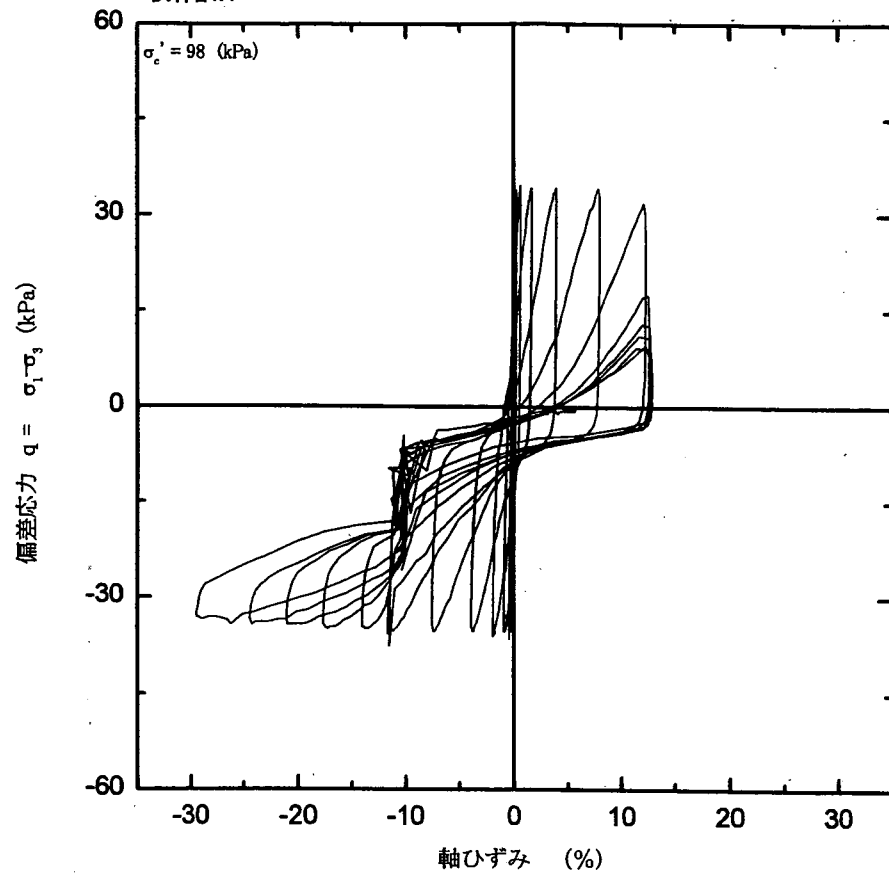
供試体 No.1



試料名:A

圧密後締固め度 91(%)

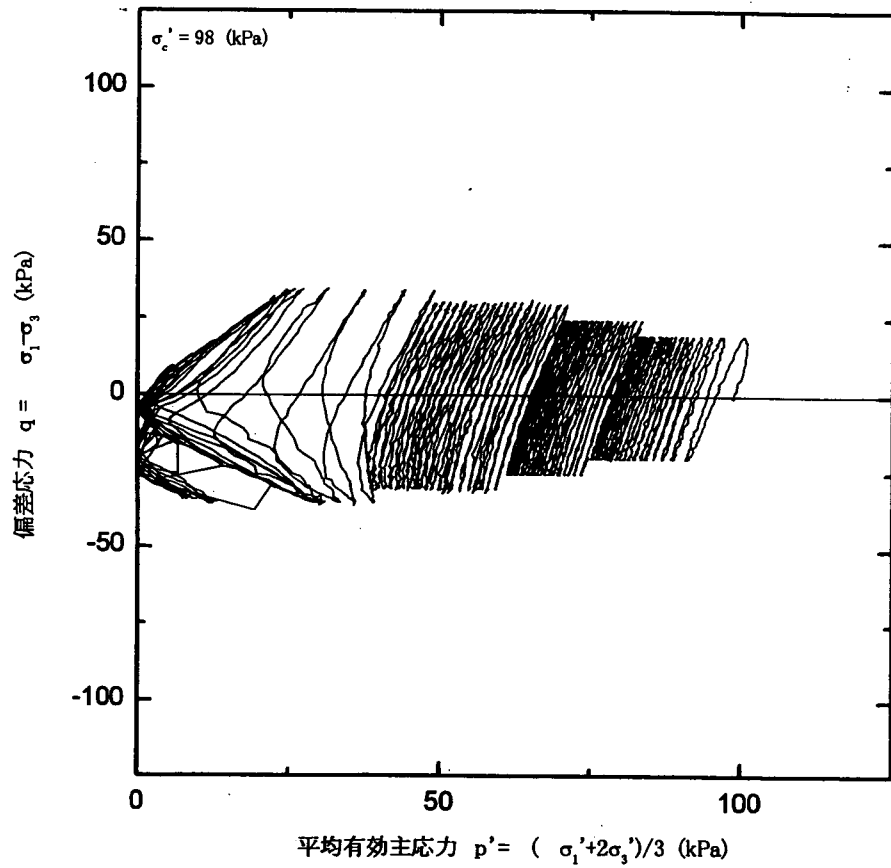
供試体 No.2



試料名:A

圧密後締固め度 91(%)

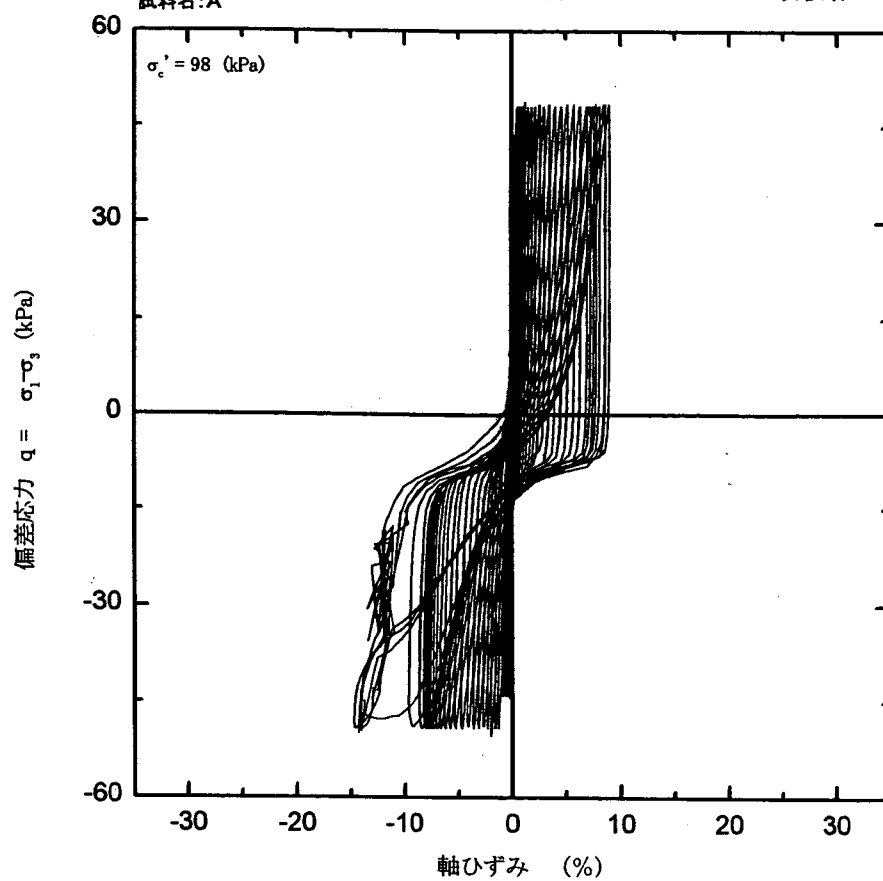
供試体 No.2



試料名:A

圧密後締固め度 97(%)

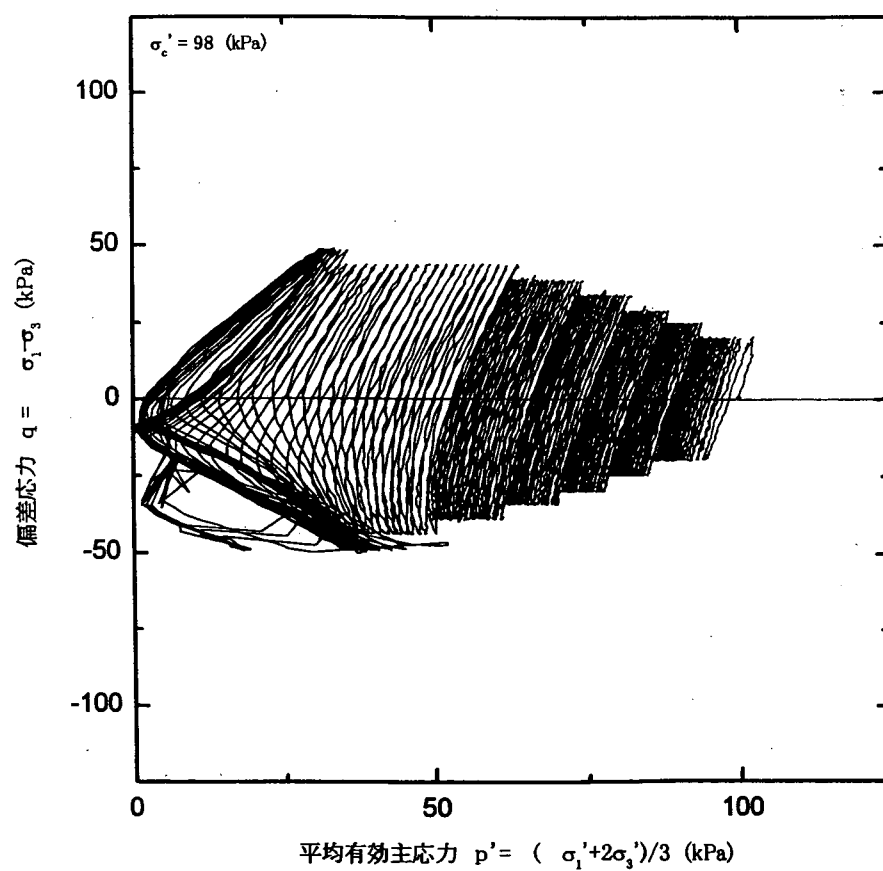
供試体 No.3



試料名:A

圧密後締固め度 97(%)

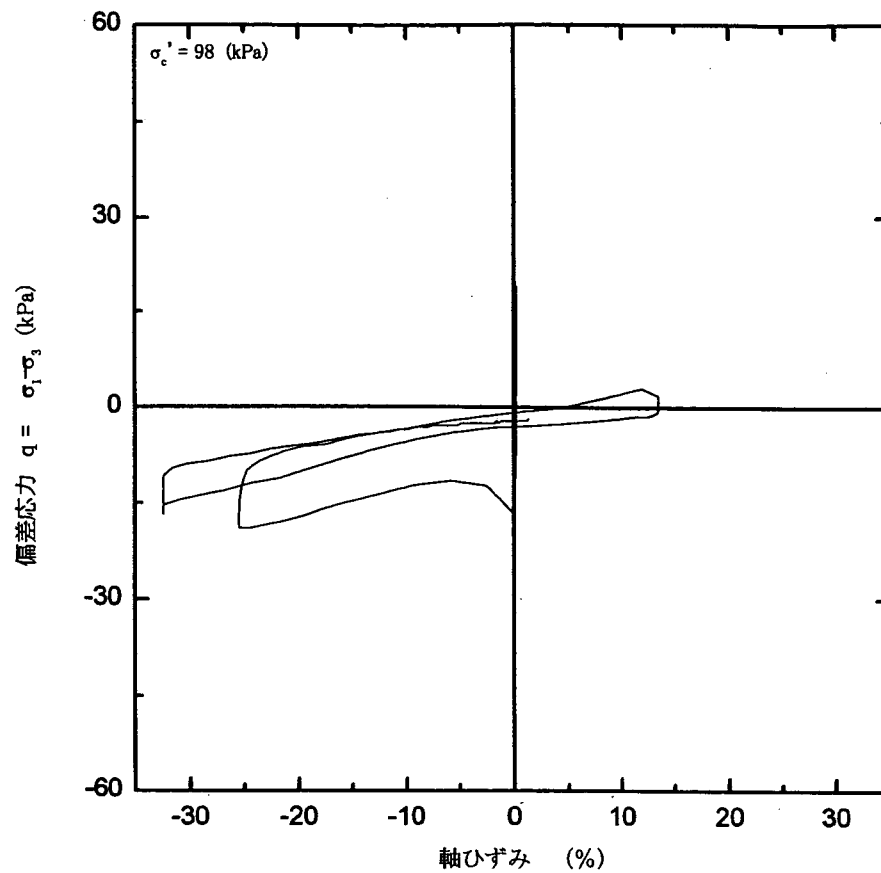
供試体 No.3



試料名: B

圧密後締固め度 87(%)

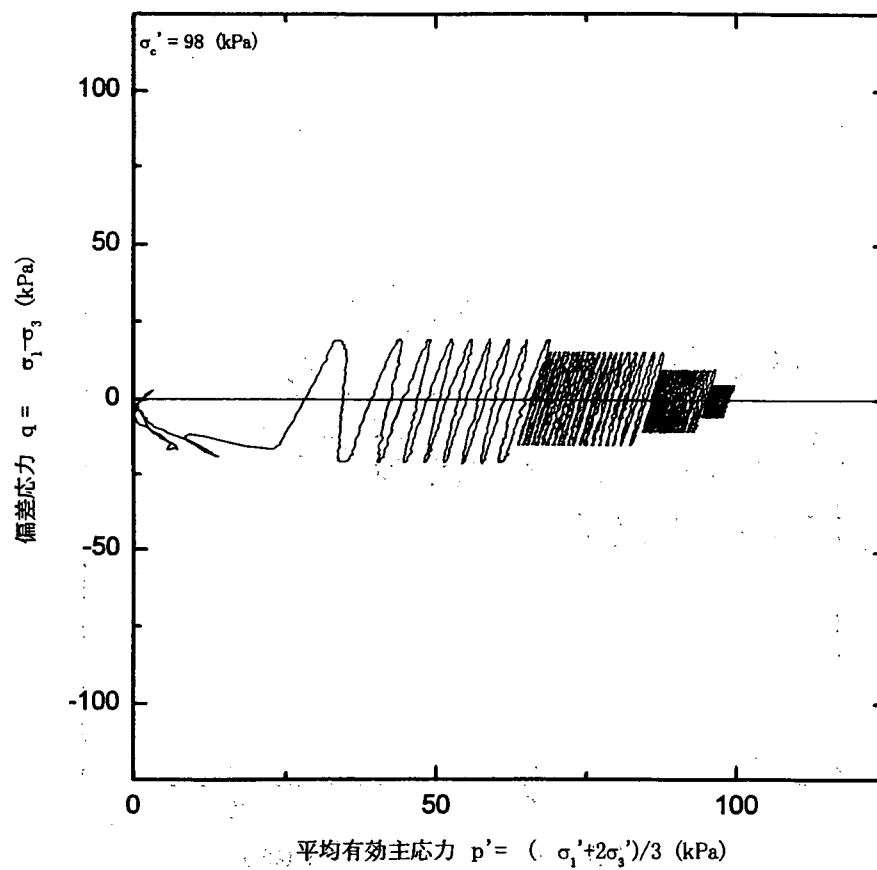
供試体 No. 1



試料名: B

圧密後締固め度 87(%)

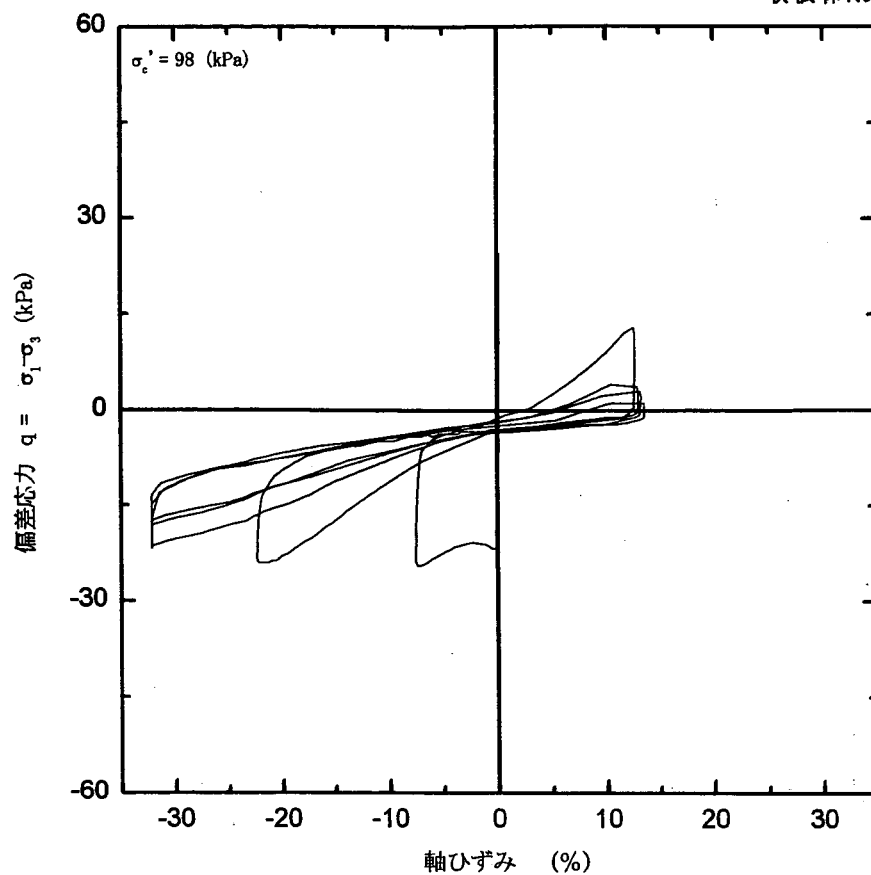
供試体 No. 1



試料名: B

圧密後締固め度 90(%)

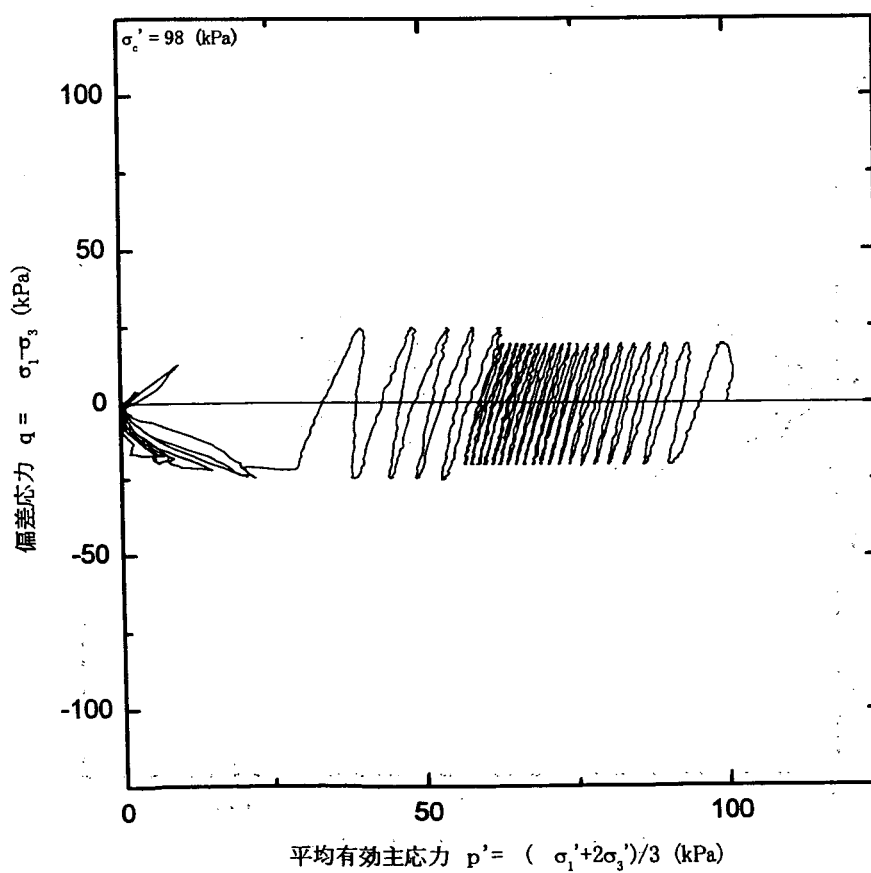
供試体 No. 2



試料名: B

圧密後締固め度 90(%)

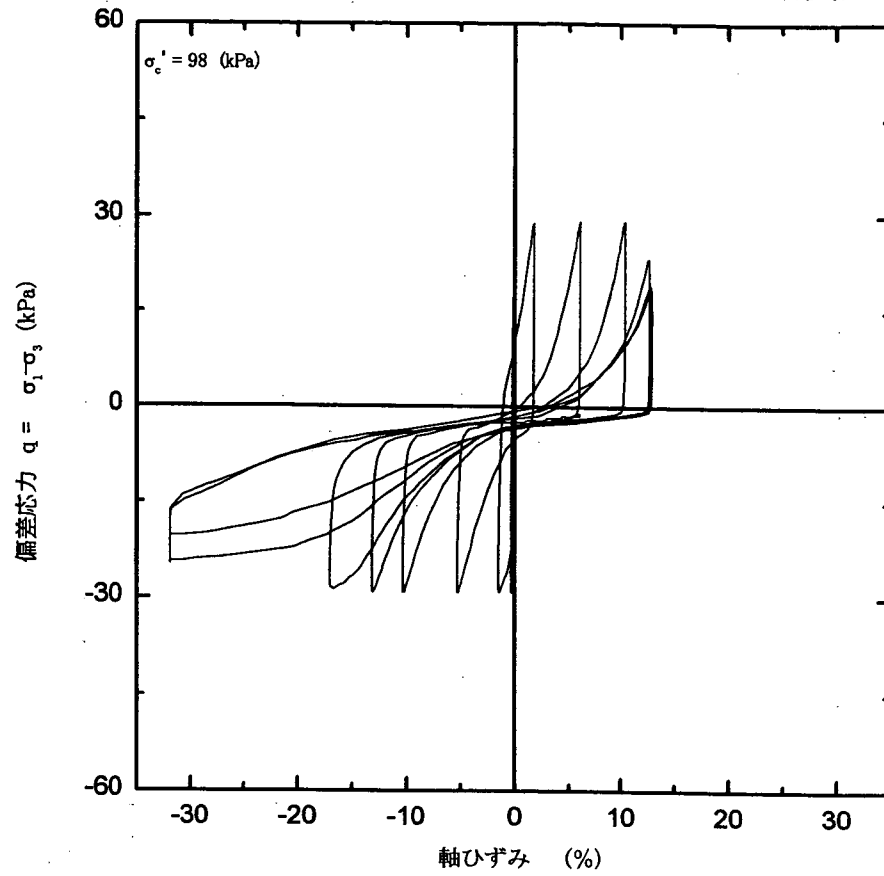
供試体 No. 2



試料名: B

圧密後締固め度 94(%)

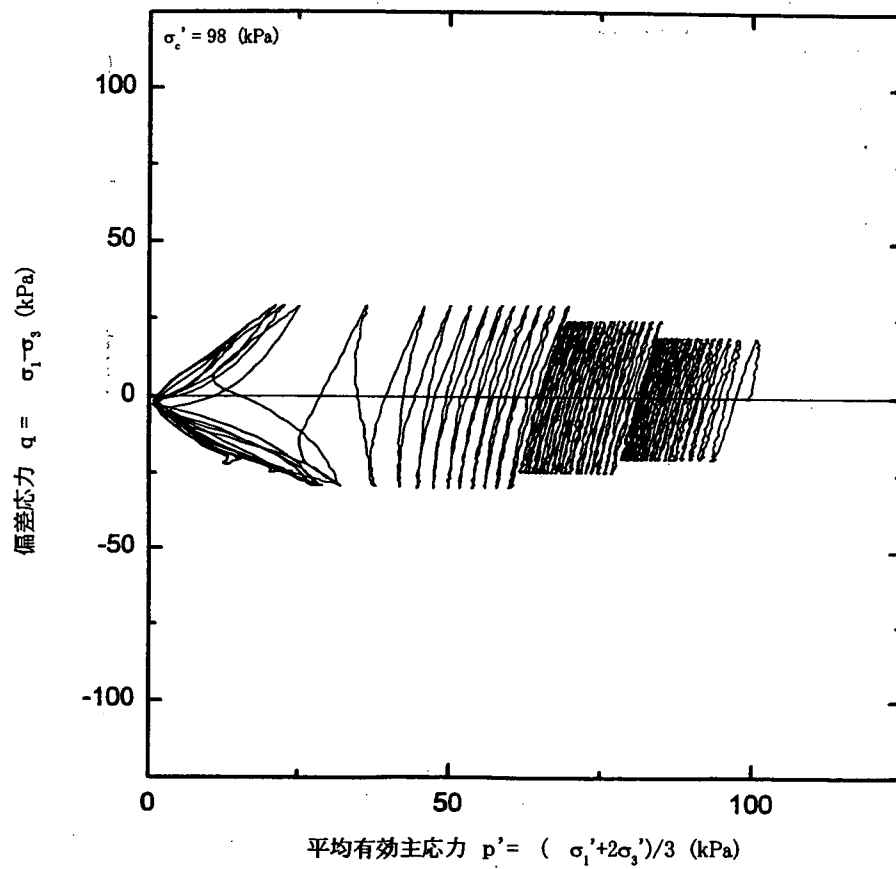
供試体 No. 3



試料名: B

圧密後締固め度 94(%)

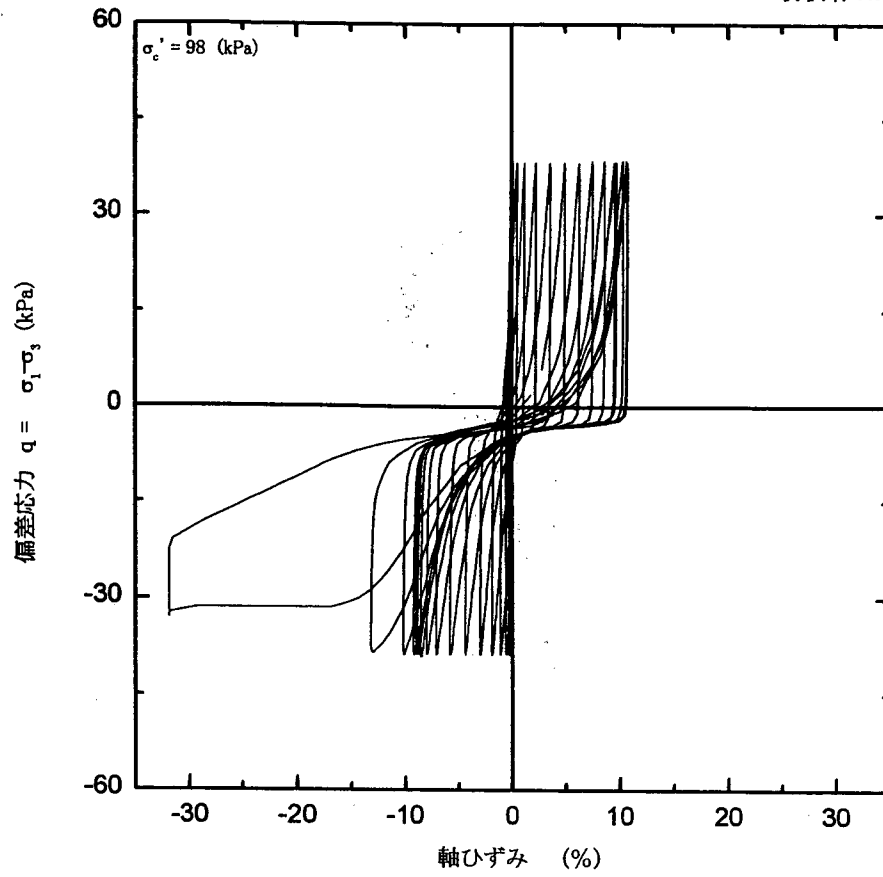
供試体 No. 3



試料名:B

圧密後締固め度 97(%)

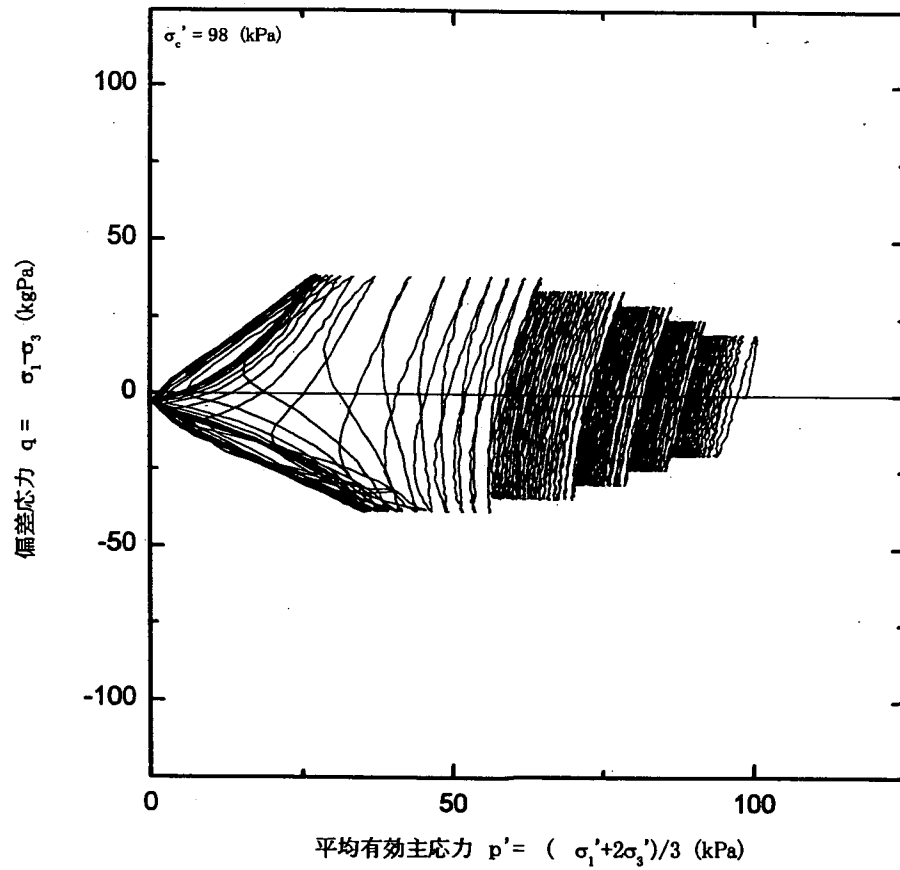
供試体 No.4



試料名:B

圧密後締固め度 97(%)

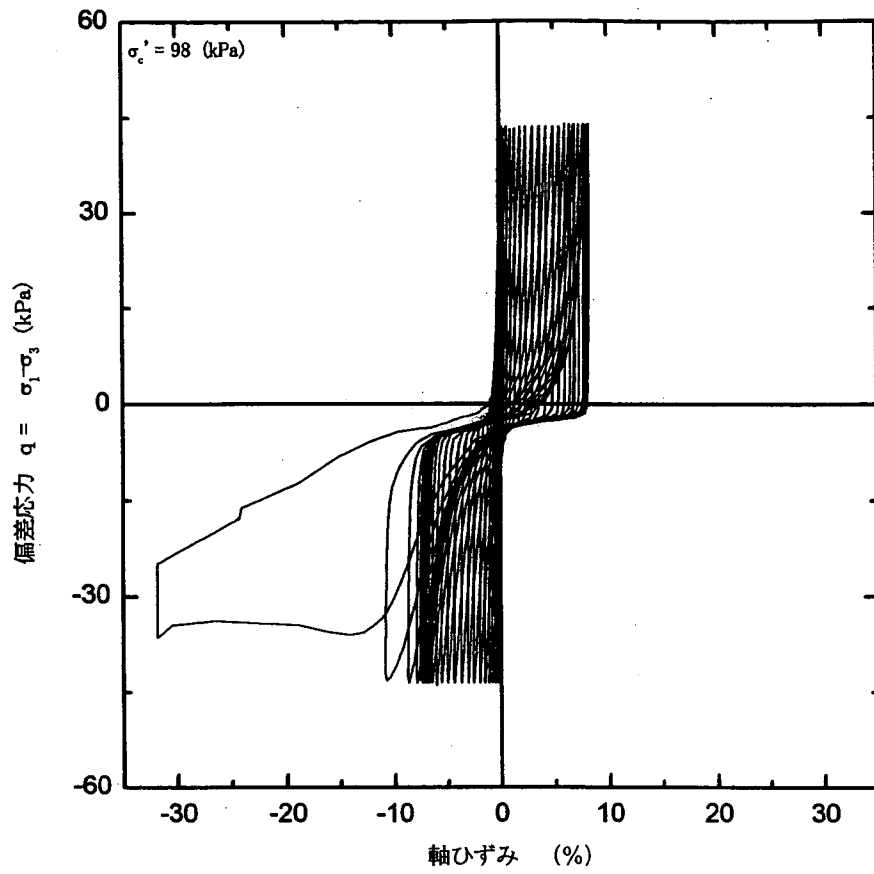
供試体 No.4



試料名: B

圧密後締固め度 99(%)

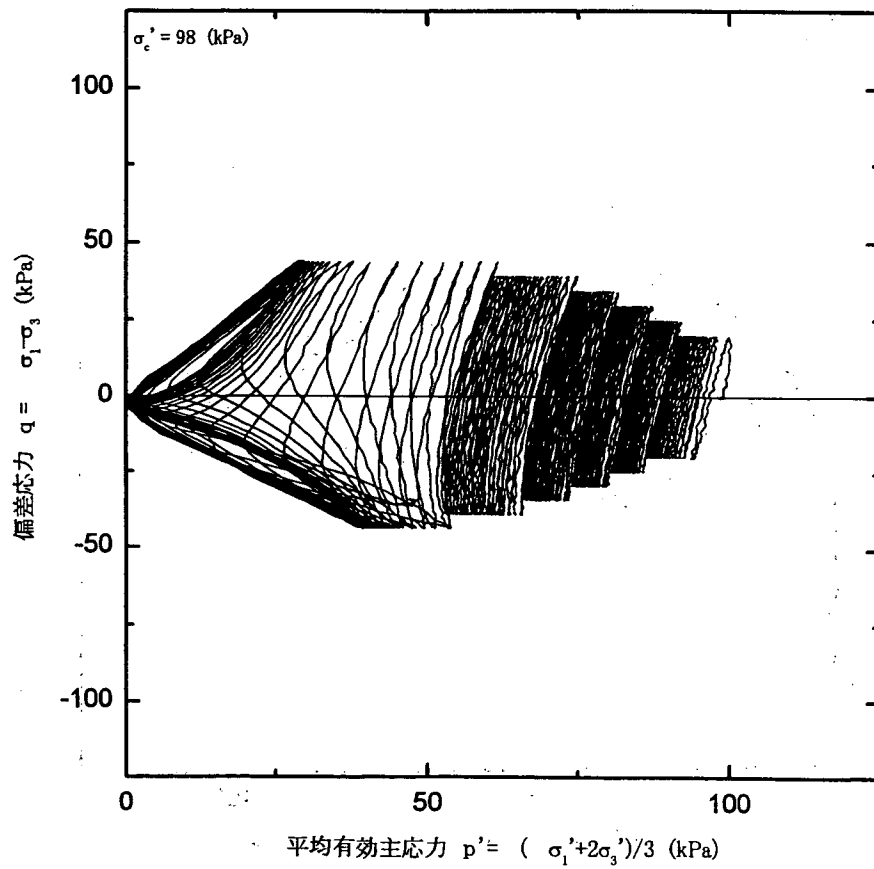
供試体 No. 5



試料名: B

圧密後締固め度 99(%)

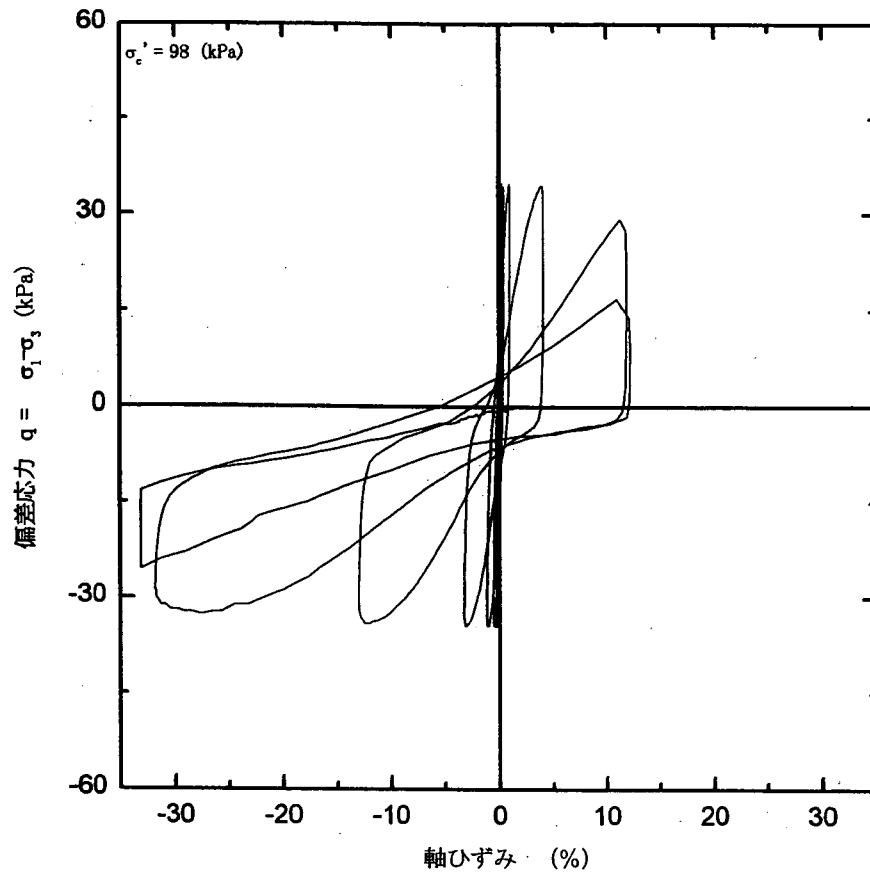
供試体 No. 5



試料名:K

圧密後締固め度 87(%)

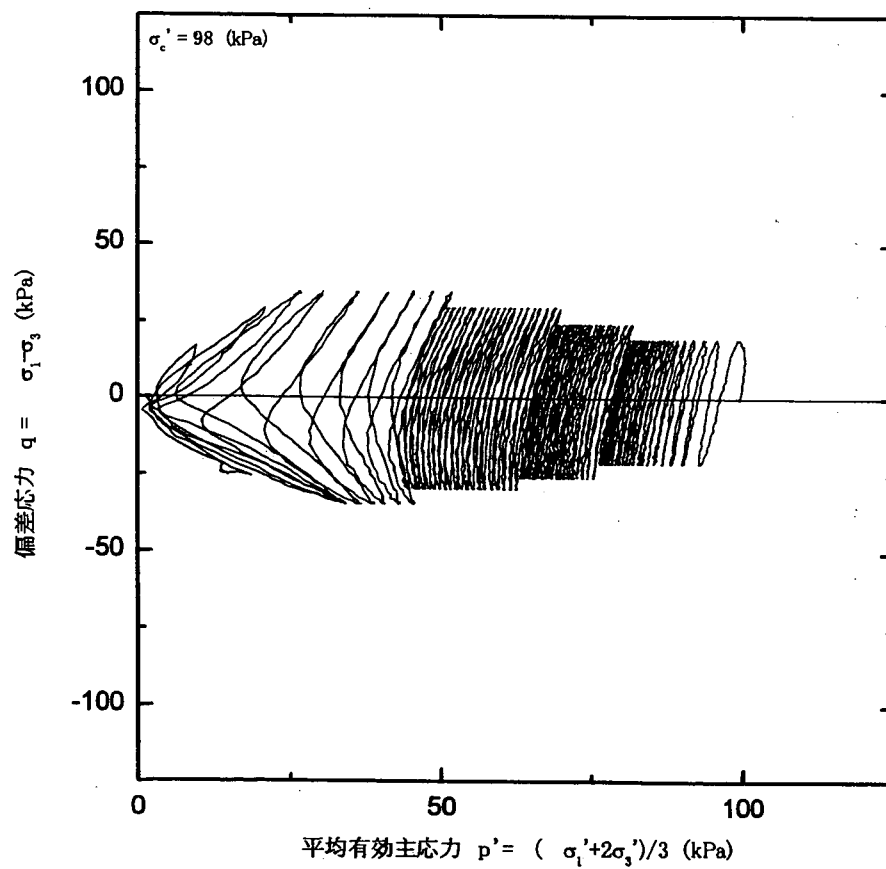
供試体 No.1



試料名:K

圧密後締固め度 87(%)

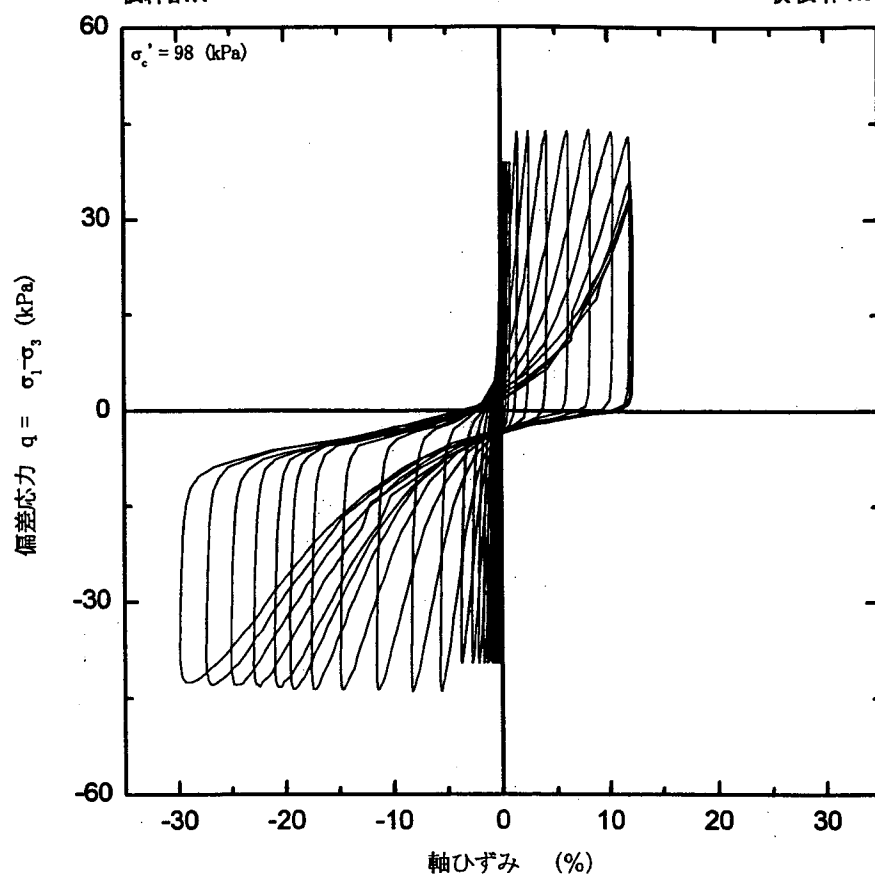
供試体 No.1



試料名:K

圧密後締固め度 92(%)

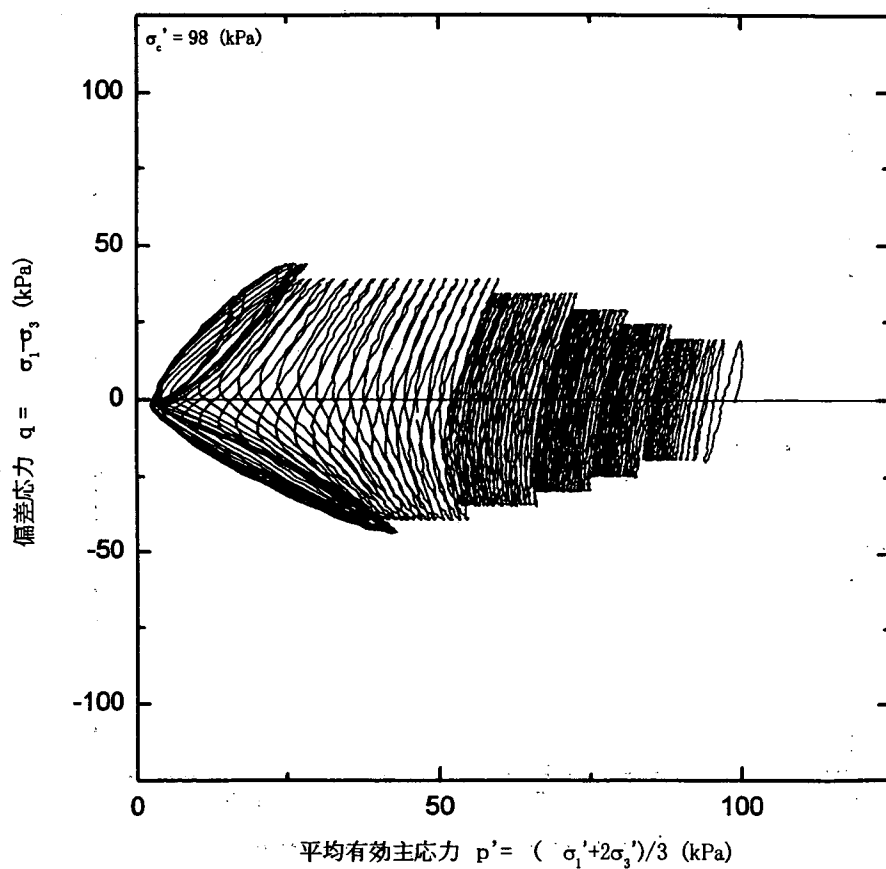
供試体 No.2

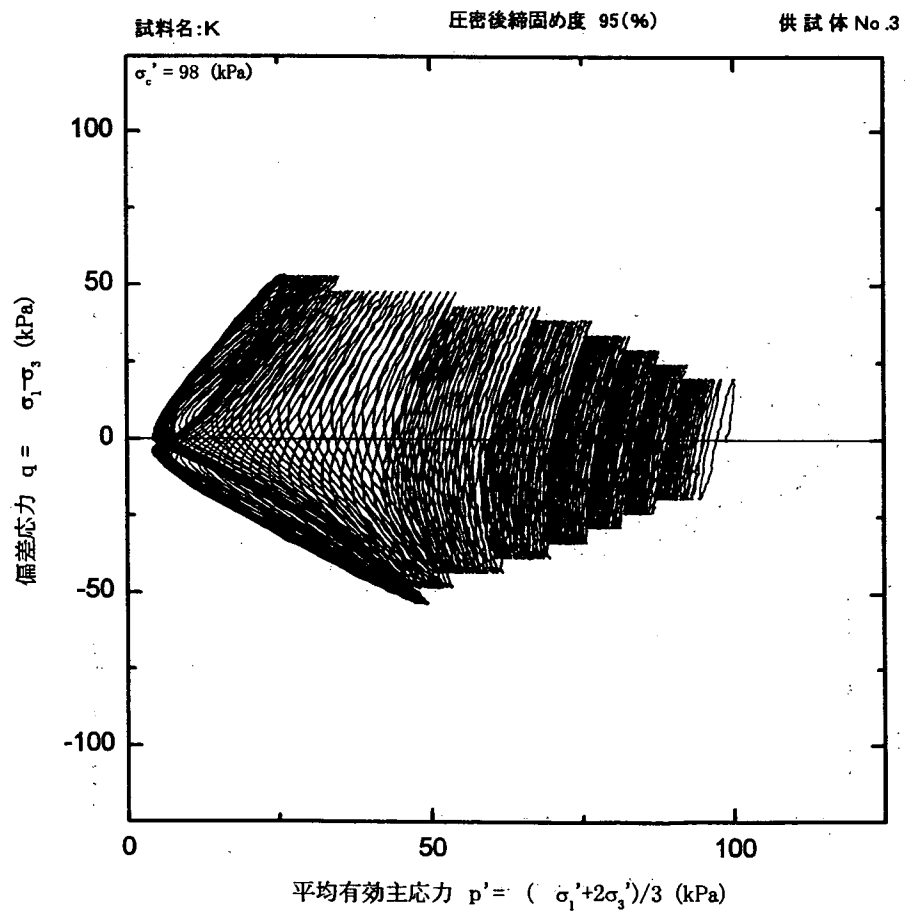
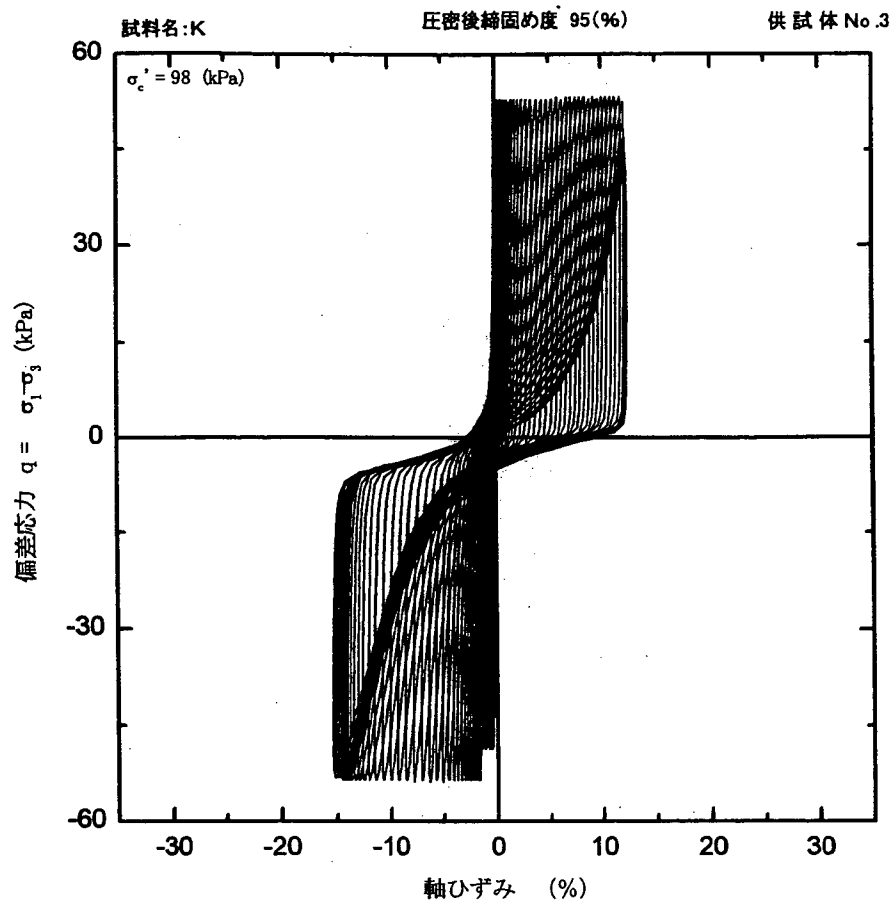


試料名:K

圧密後締固め度 92(%)

供試体 No.2

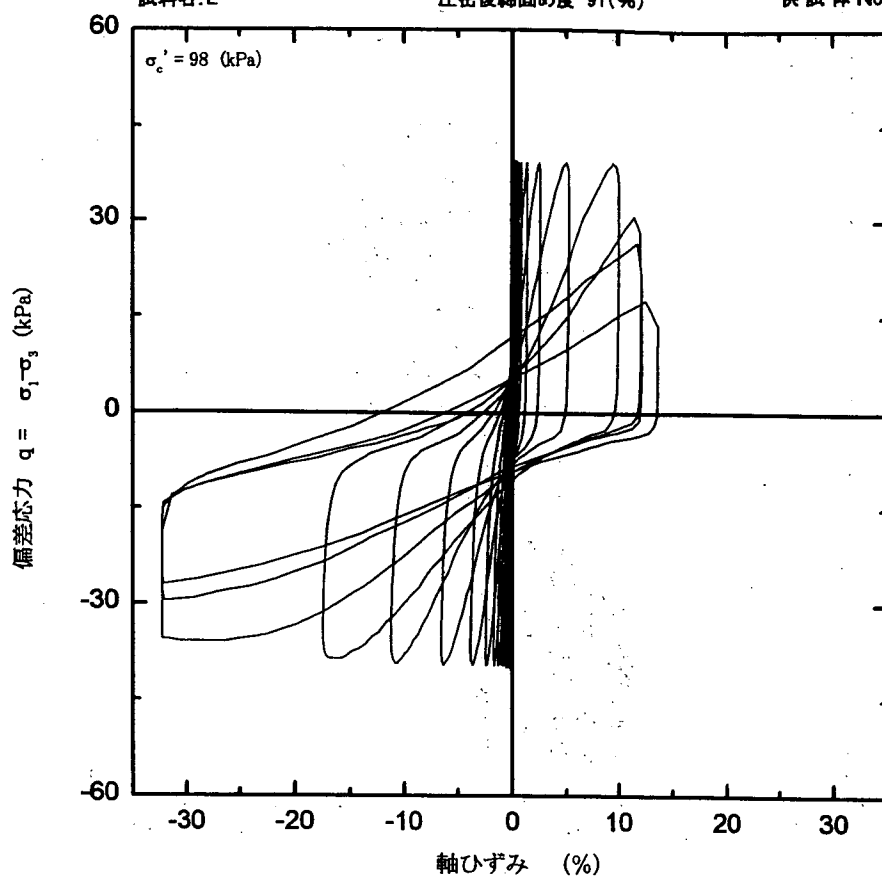




試料名:L

圧密後締固め度 91(%)

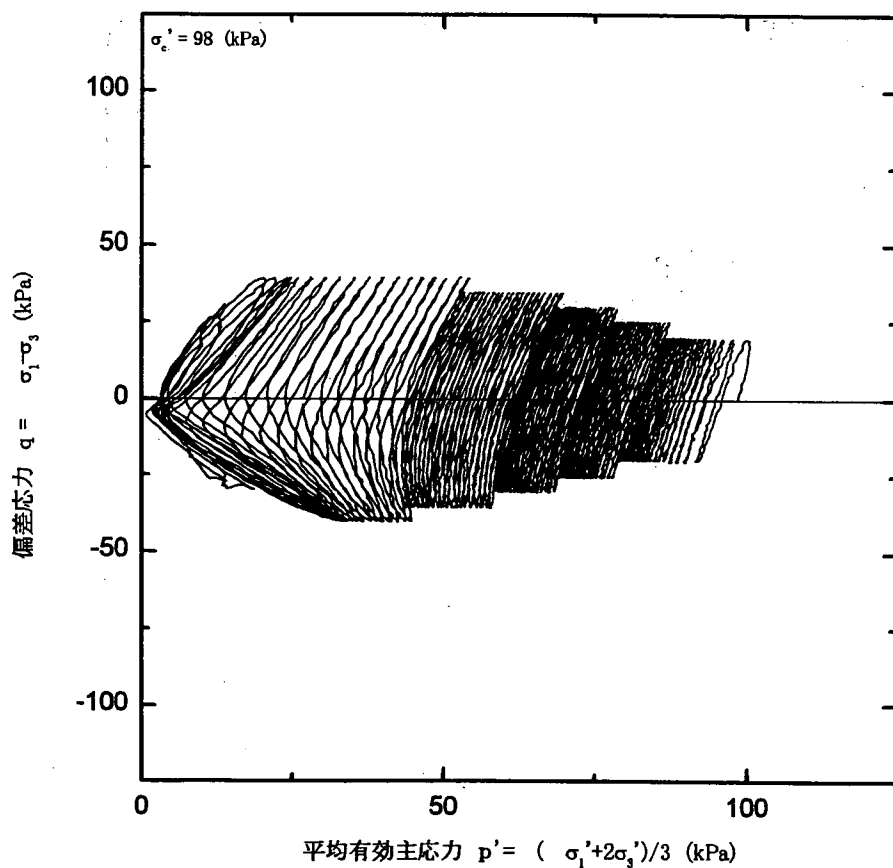
供試体 No.1



試料名:L

圧密後締固め度 91(%)

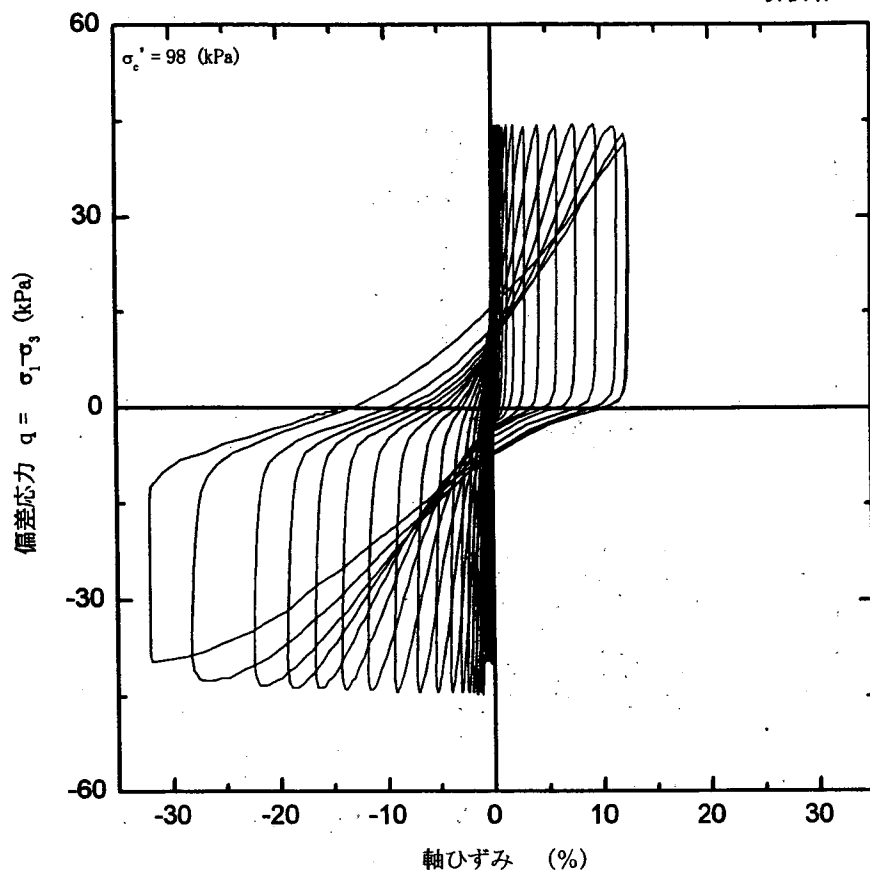
供試体 No.1



試料名:L

圧密後締固め度 93(%)

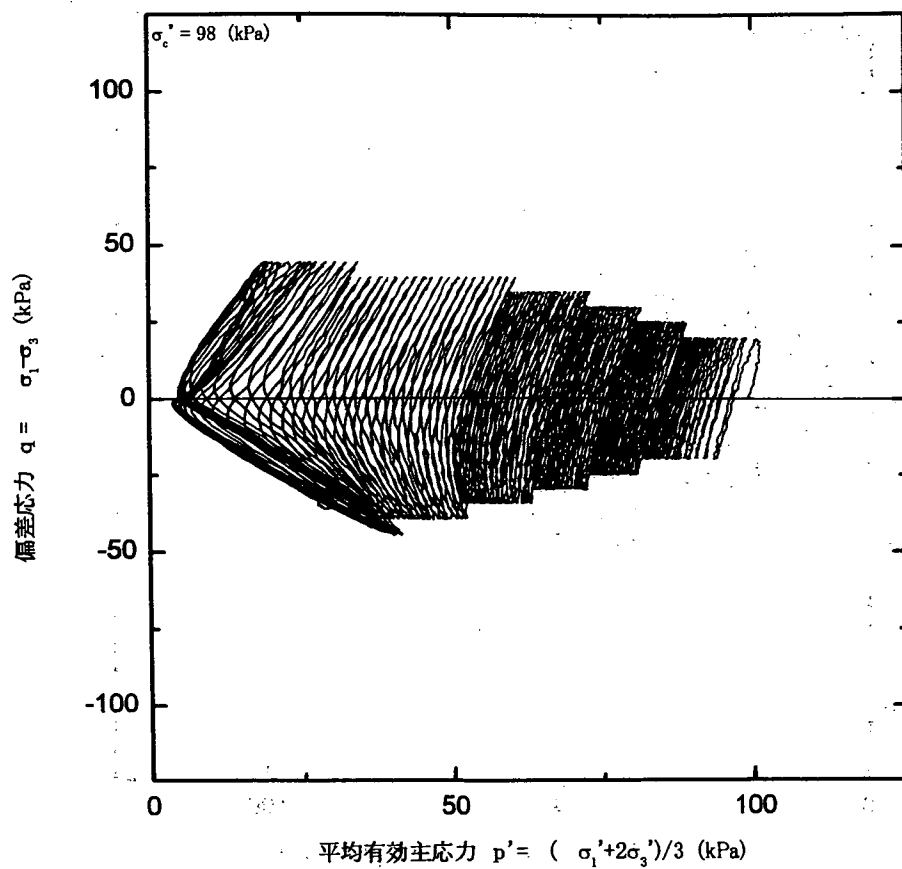
供試体 No.2



試料名:L

圧密後締固め度 93(%)

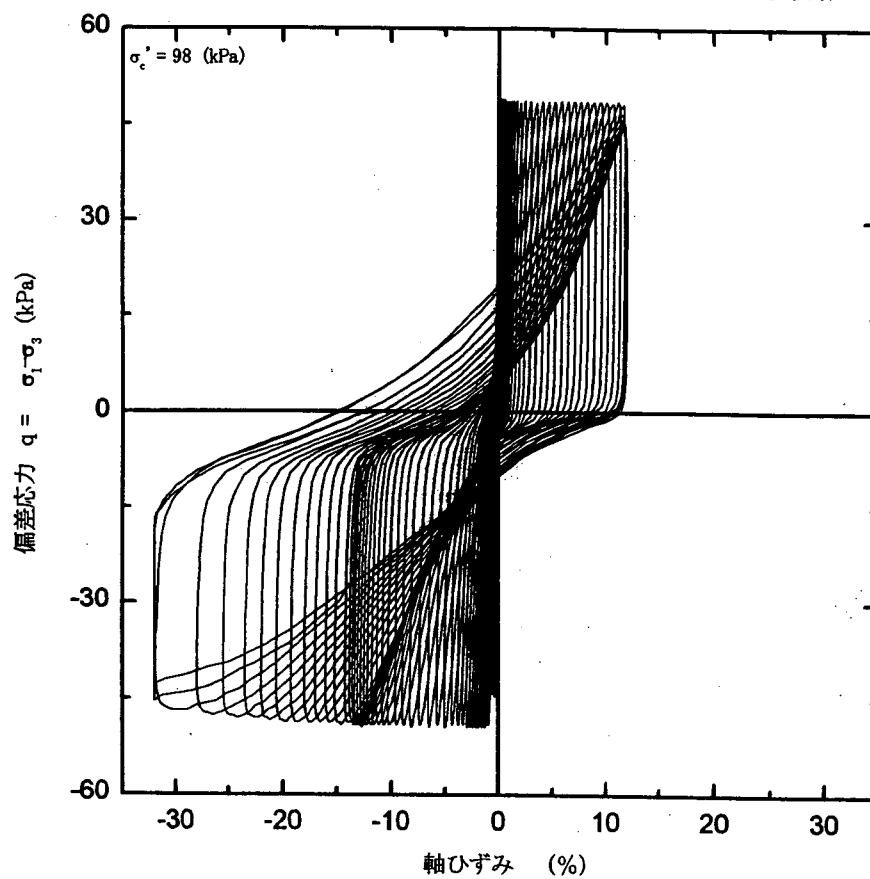
供試体 No.2



試料名:L

圧密後締固め度 96(%)

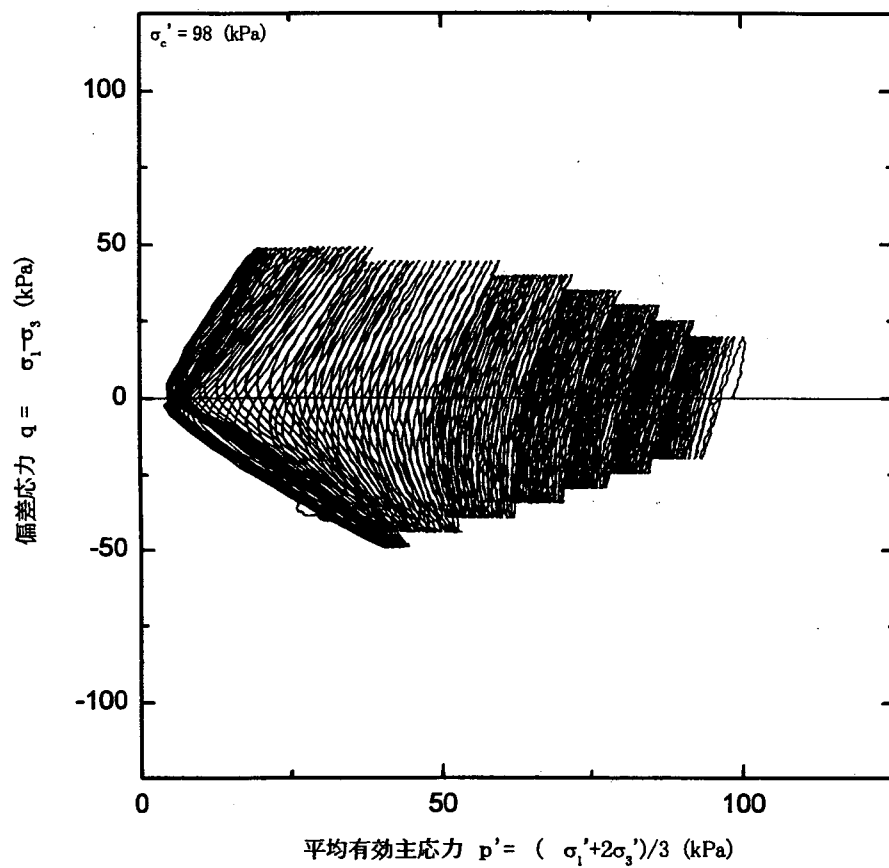
供試体 No.3



試料名:L

圧密後締固め度 96(%)

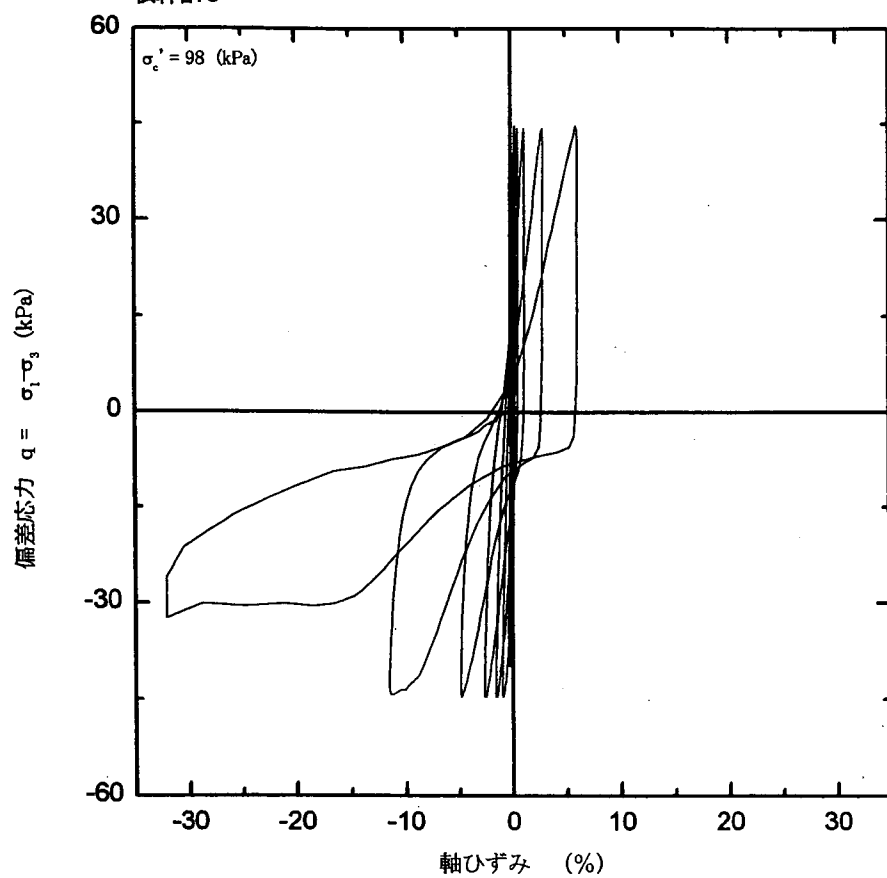
供試体 No.3



試料名: O

圧密後締固め度 88(%)

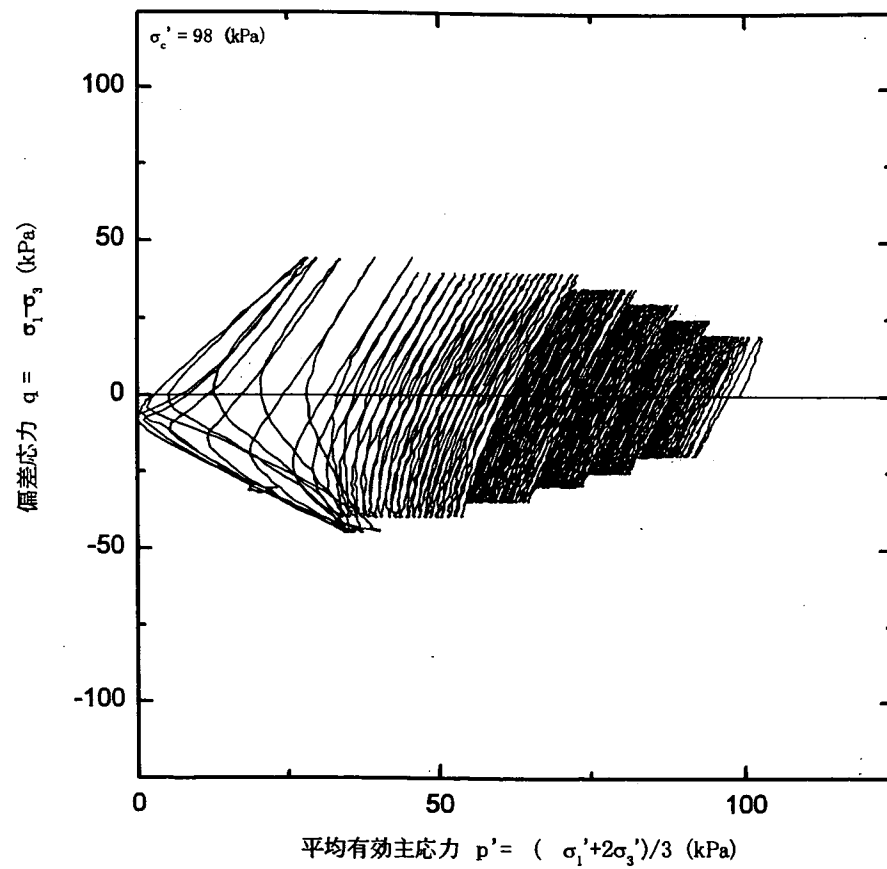
供試体 No. 1



試料名: O

圧密後締固め度 88(%)

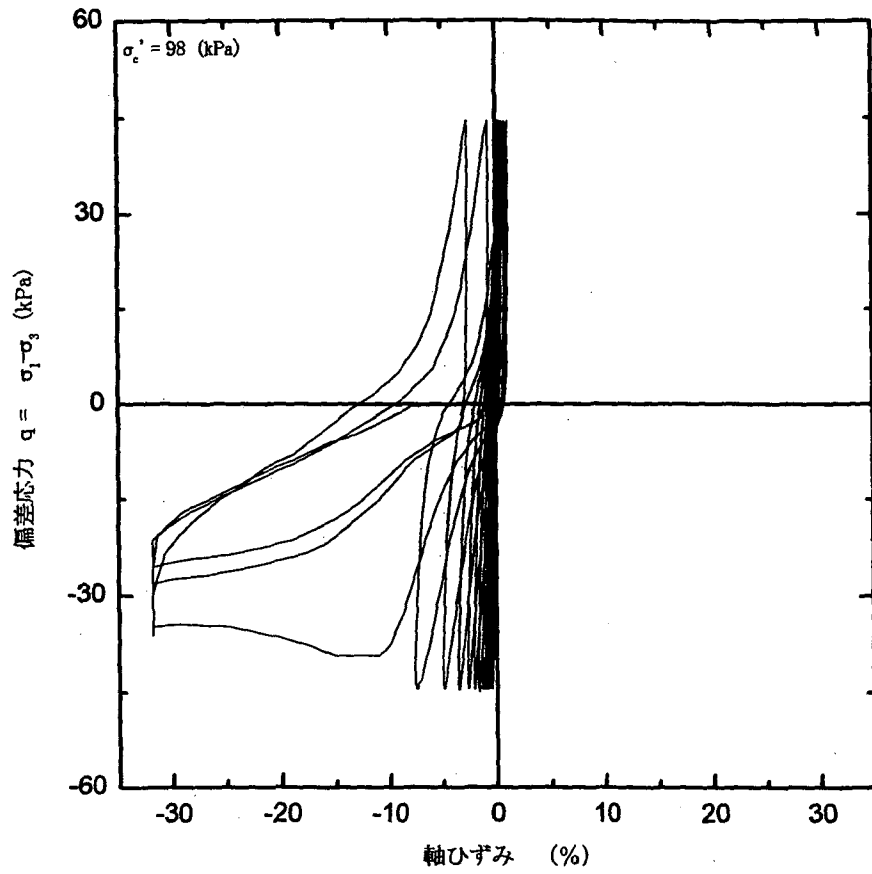
供試体 No. 1



試料名: O

圧密後締固め度 91(%)

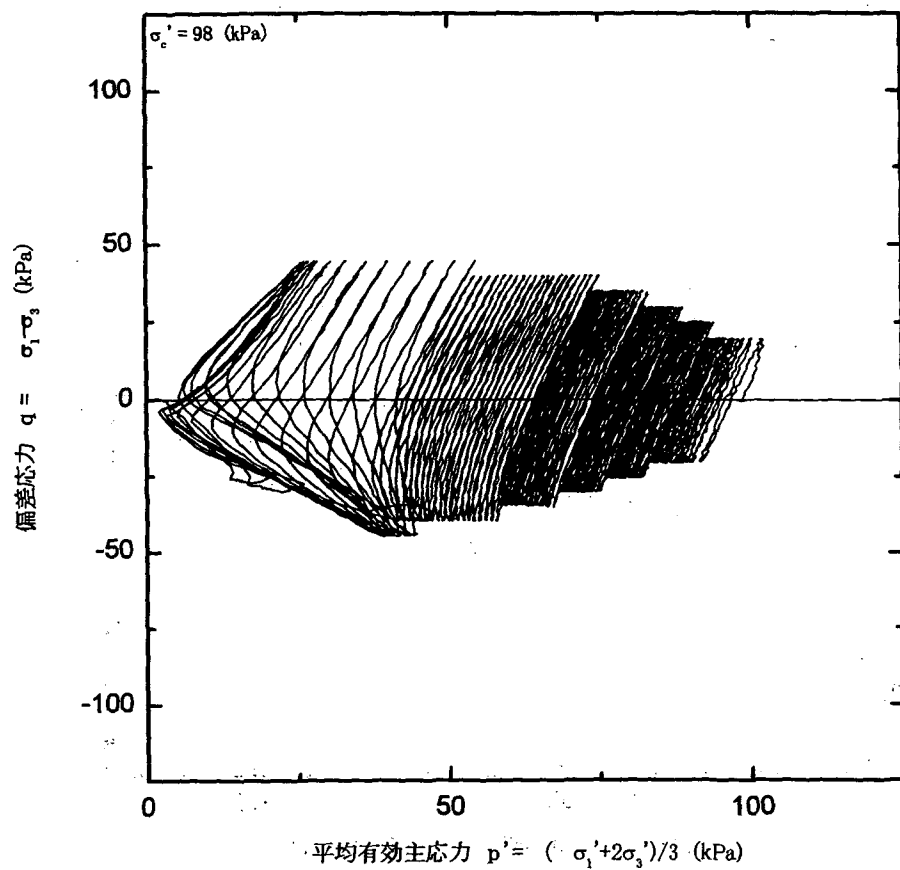
供試体 No. 2



試料名: O

圧密後締固め度 91(%)

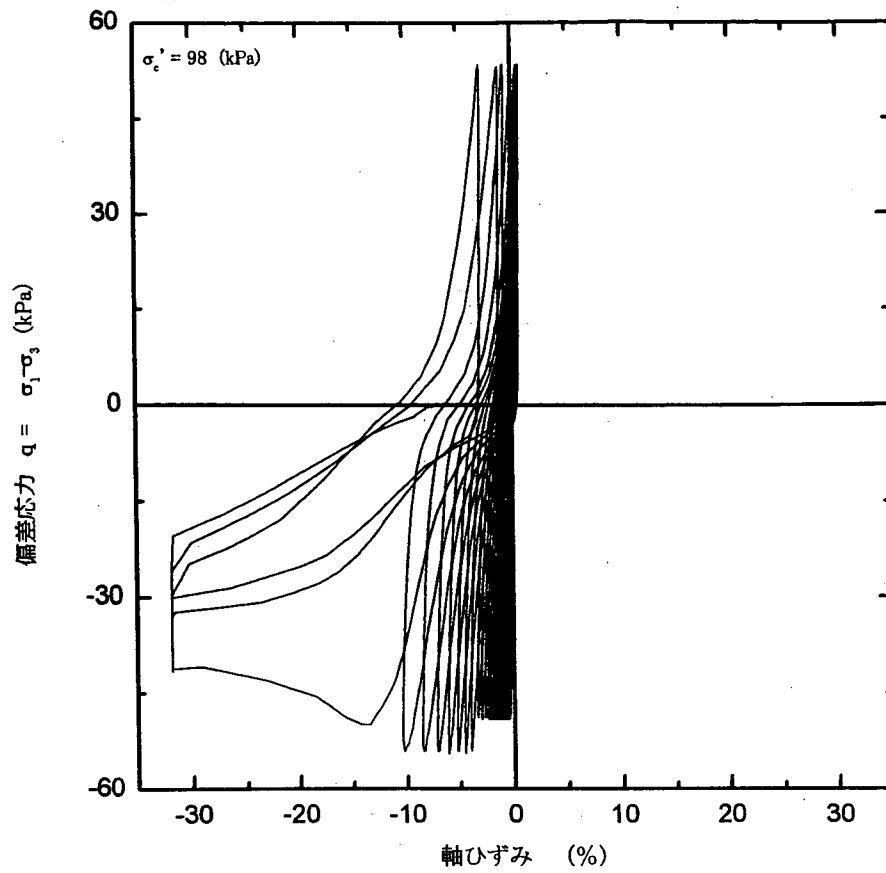
供試体 No. 2



試料名: O

圧密後締固め度 96(%)

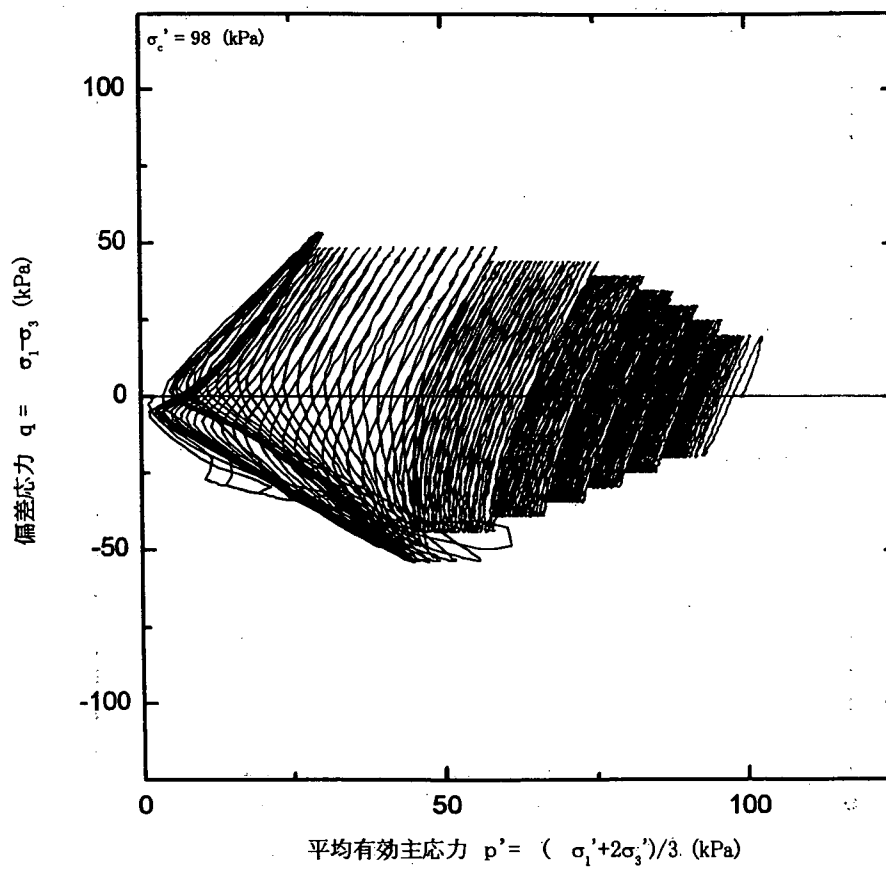
供試体 No. 3



試料名: O

圧密後締固め度 96(%)

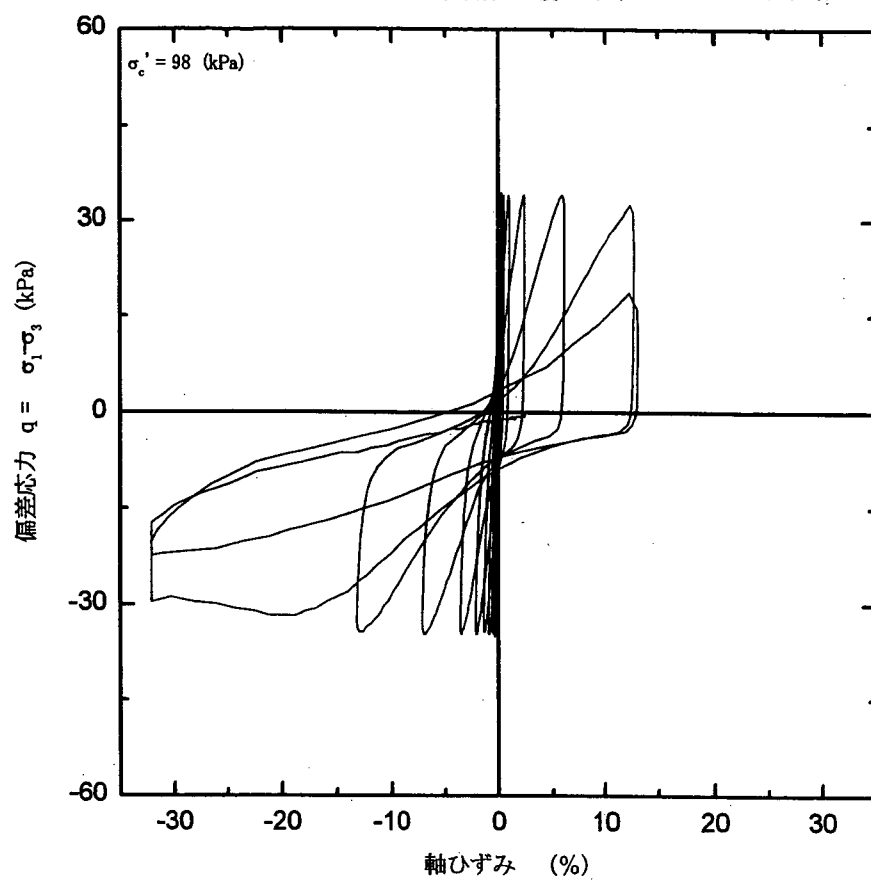
供試体 No. 3



試料名: S

圧密後締固め度 90(%)

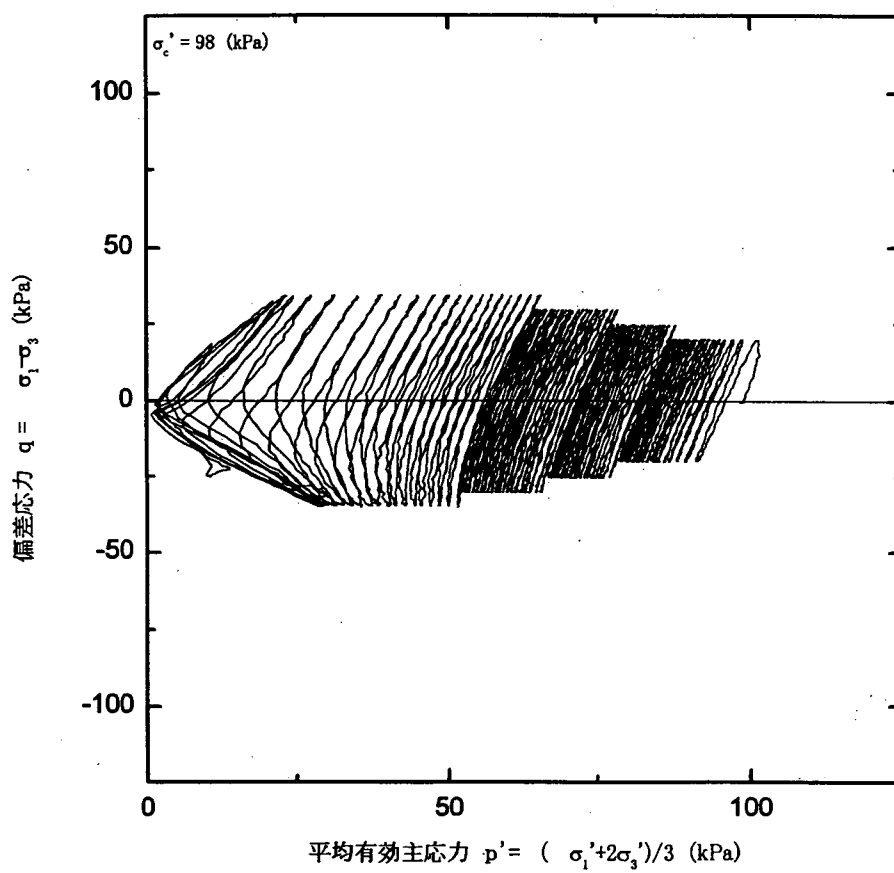
供試体 No. 1



試料名: S

圧密後締固め度 90(%)

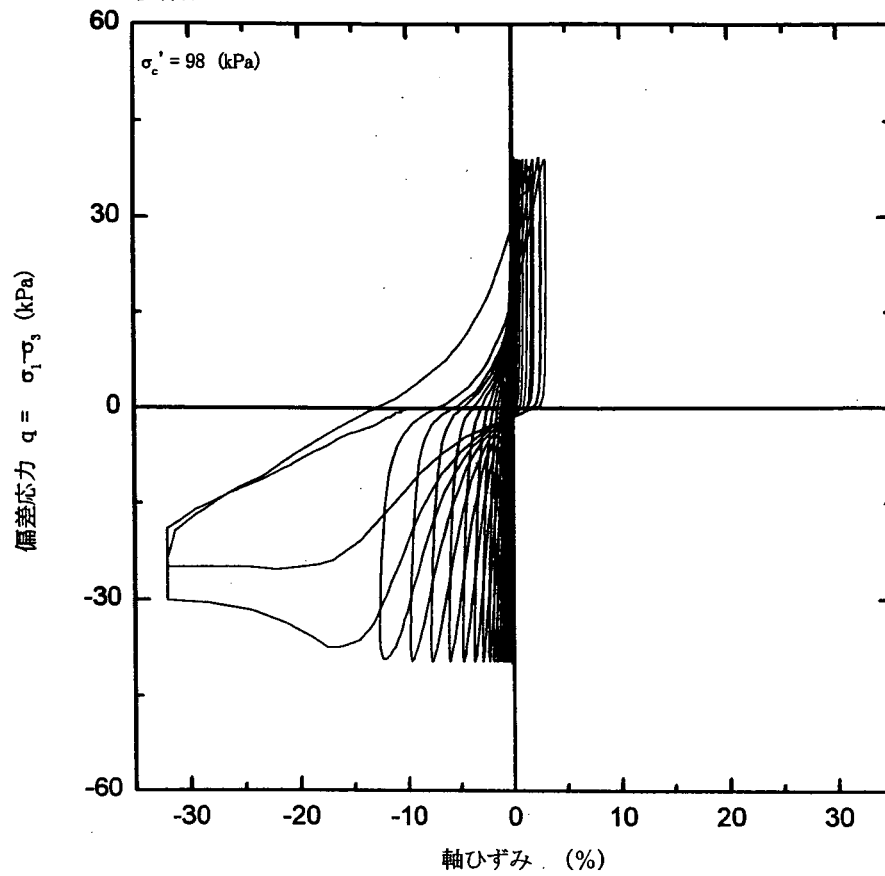
供試体 No. 1



試料名:S

圧密後締固め度 94(%)

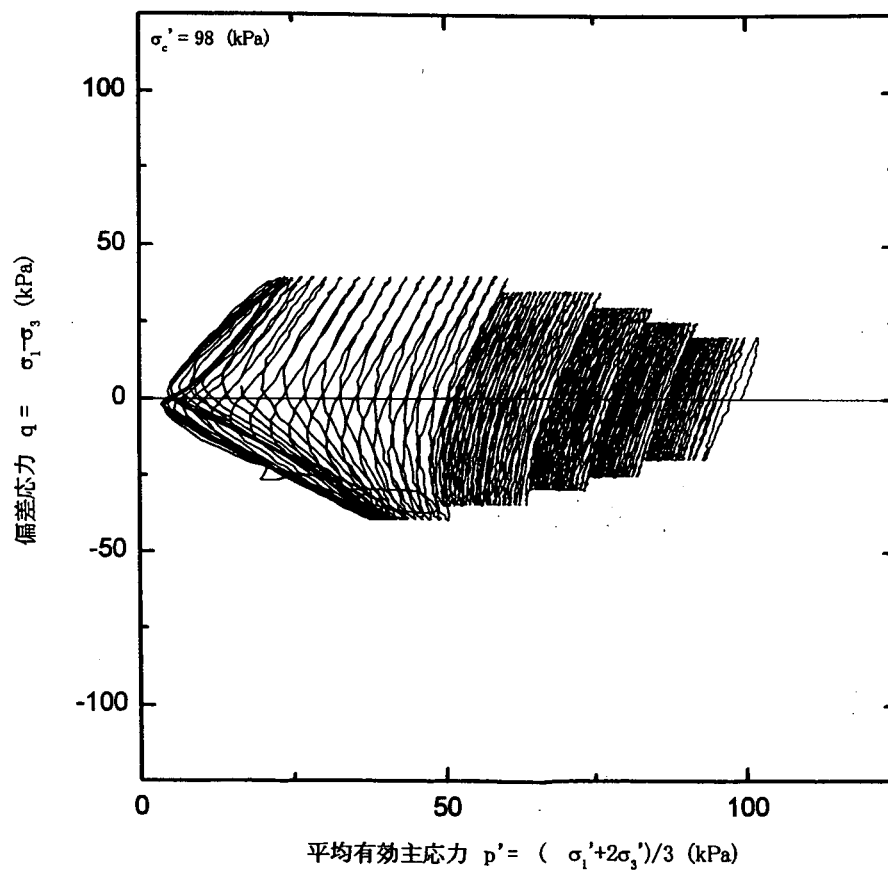
供試体 No.2

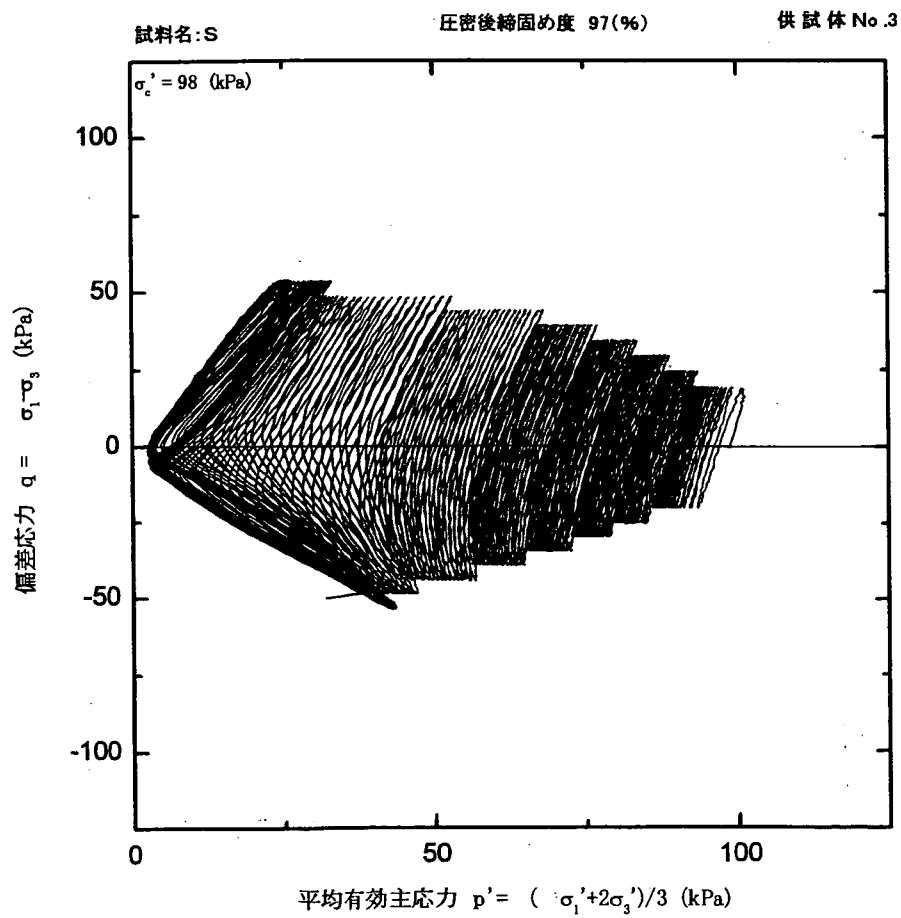
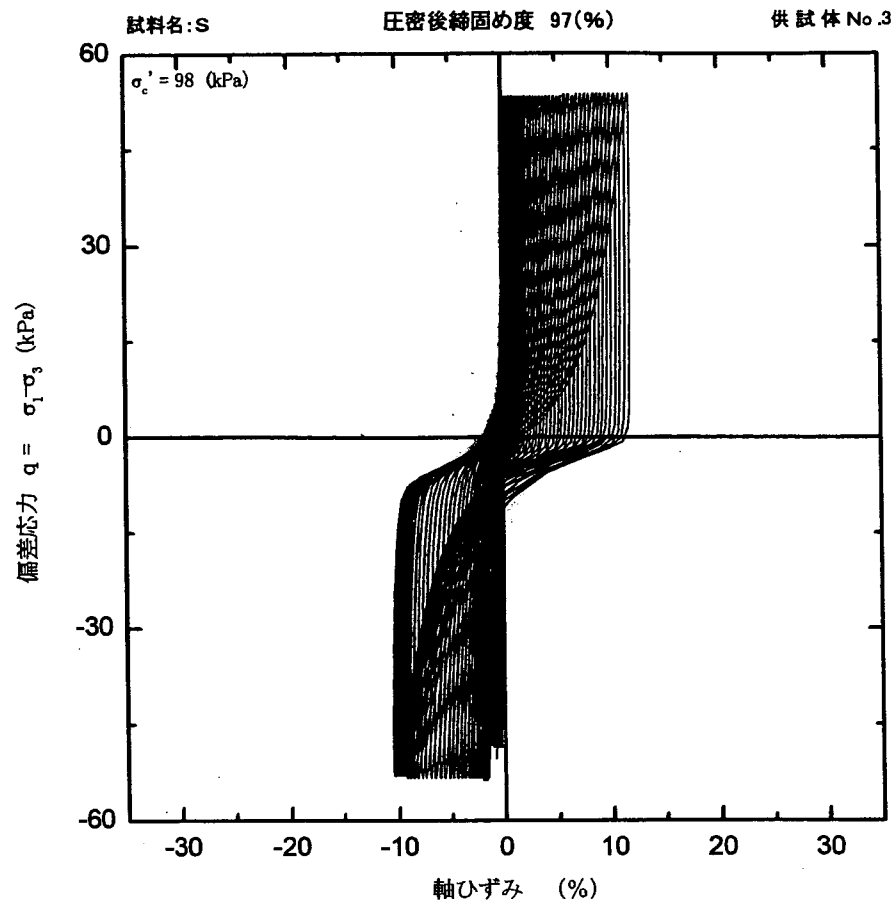


試料名:S

圧密後締固め度 94(%)

供試体 No.2

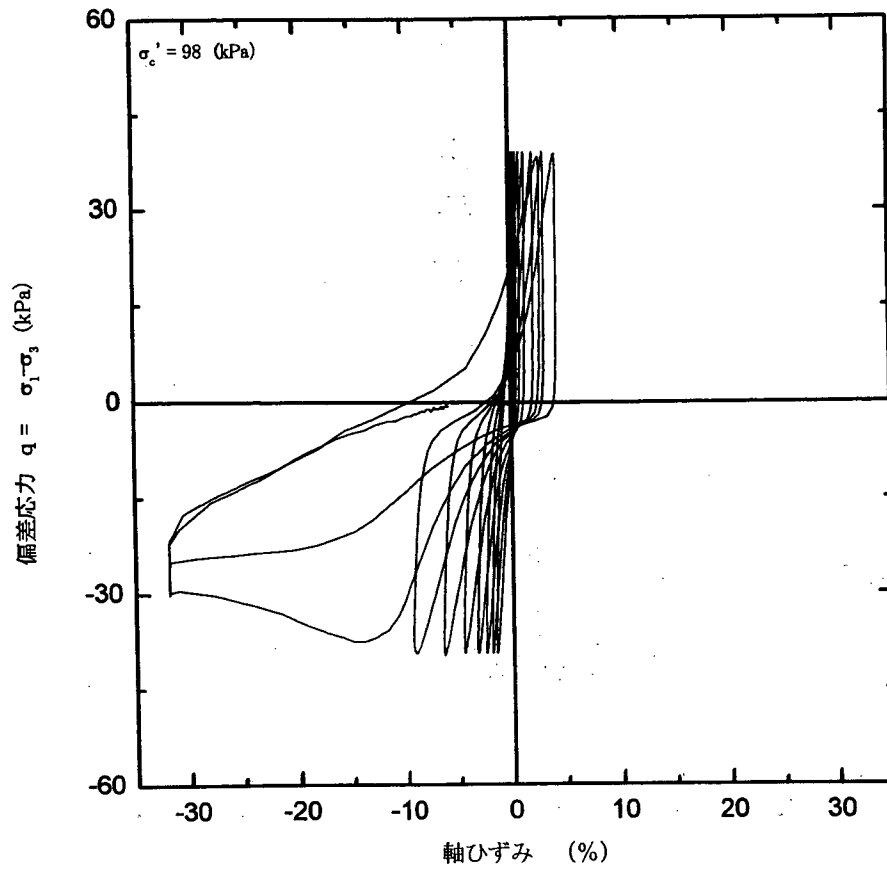




試料名:T

圧密後締固め度 93(%)

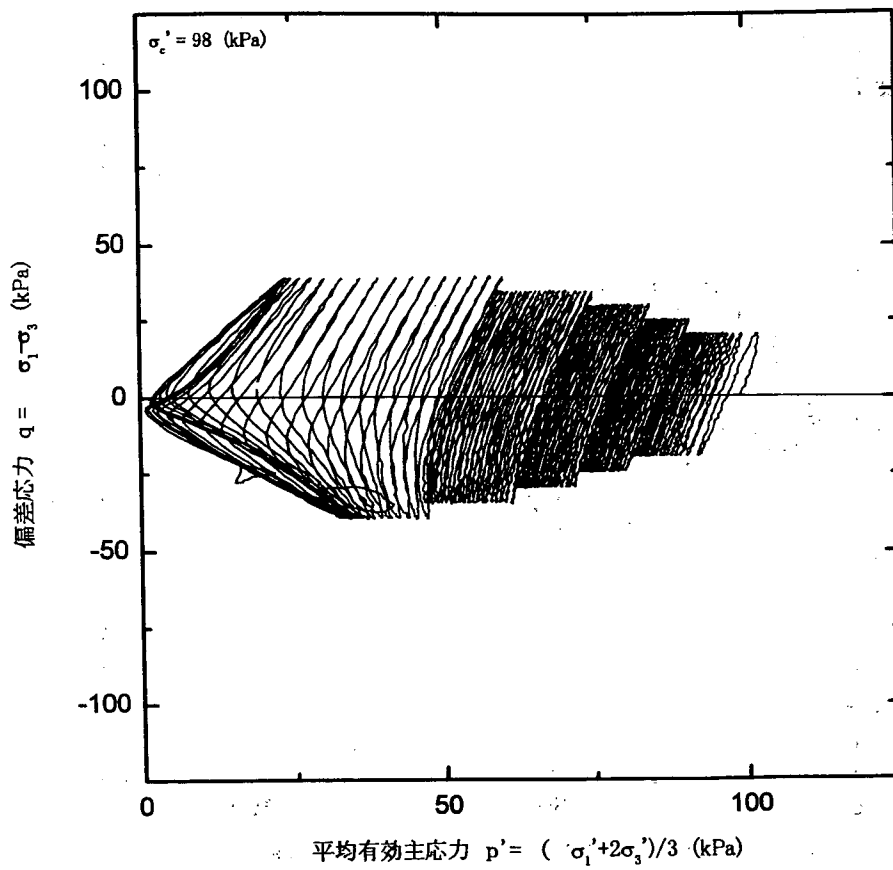
供試体 No.1



試料名:T

圧密後締固め度 93(%)

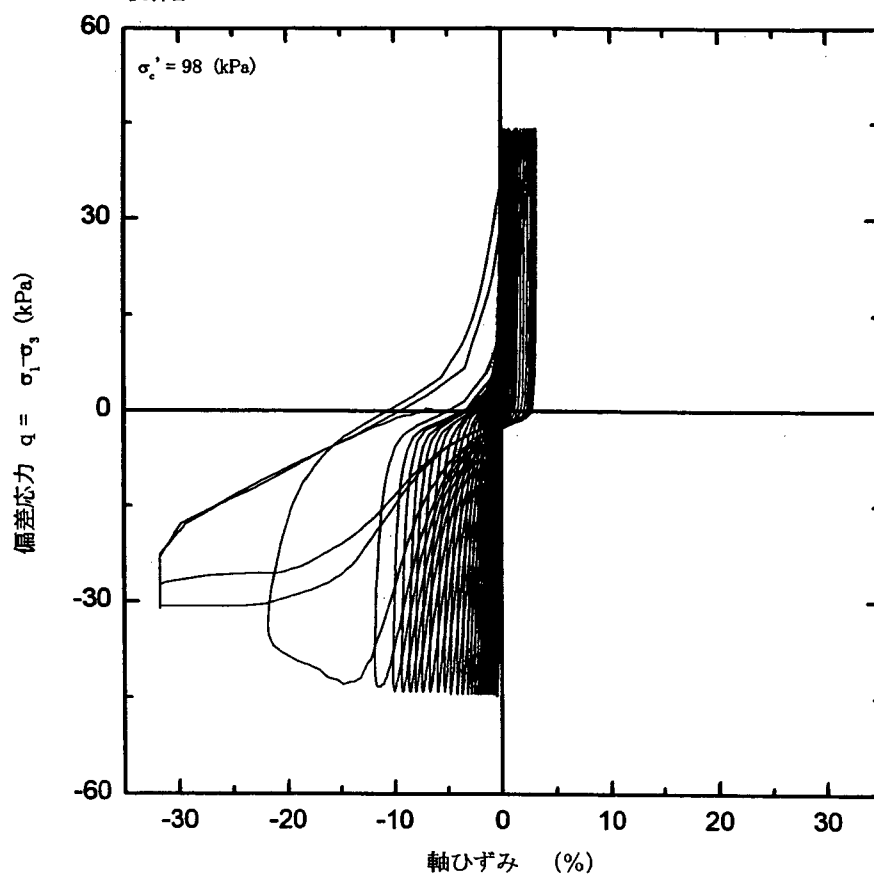
供試体 No.1



試料名:T

圧密後締固め度 97(%)

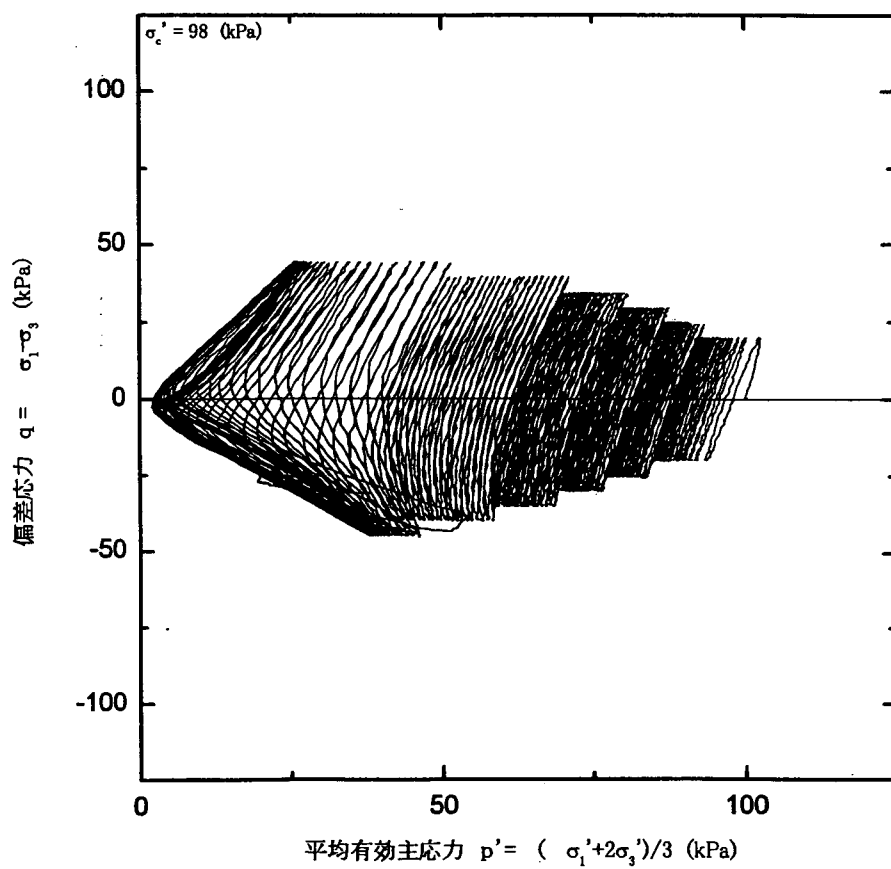
供試体 No.2



試料名:T

圧密後締固め度 97(%)

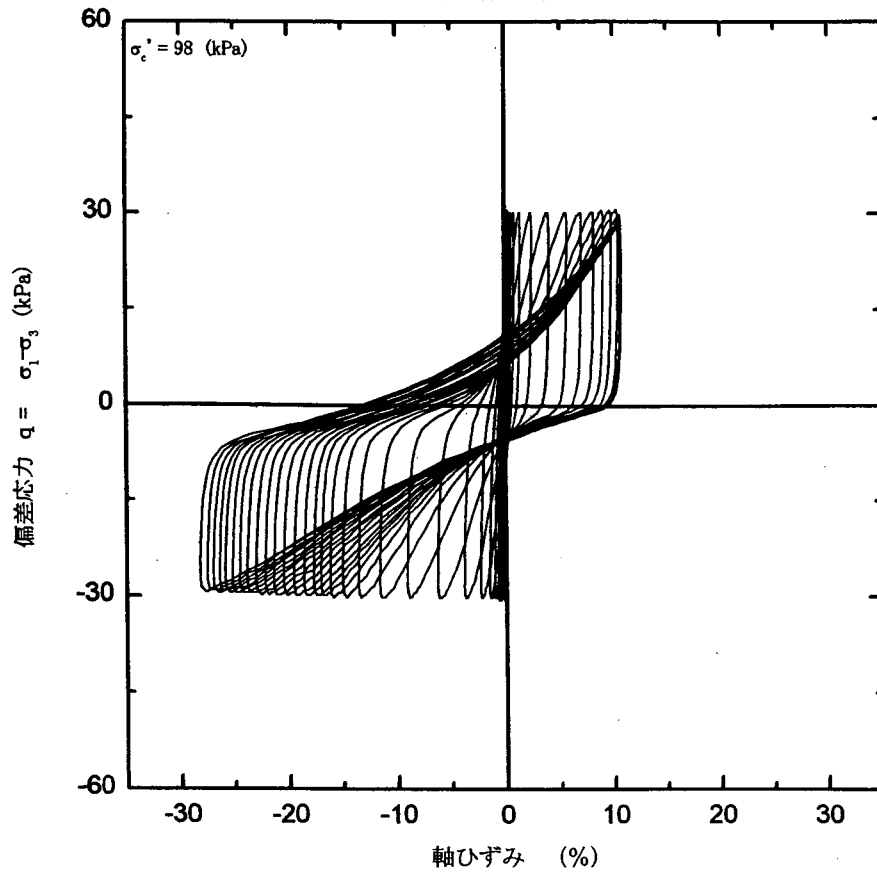
供試体 No.2



試料名:U

圧密後締固め度 91(%)

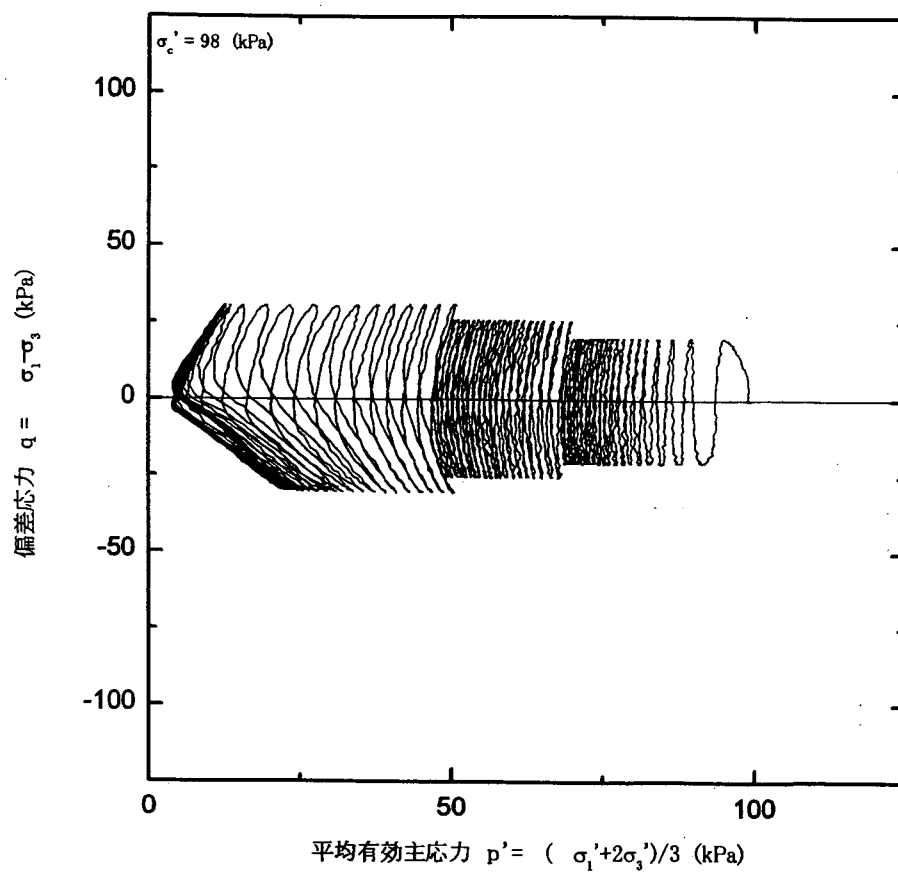
供試体 No.1



試料名:U

圧密後締固め度 91(%)

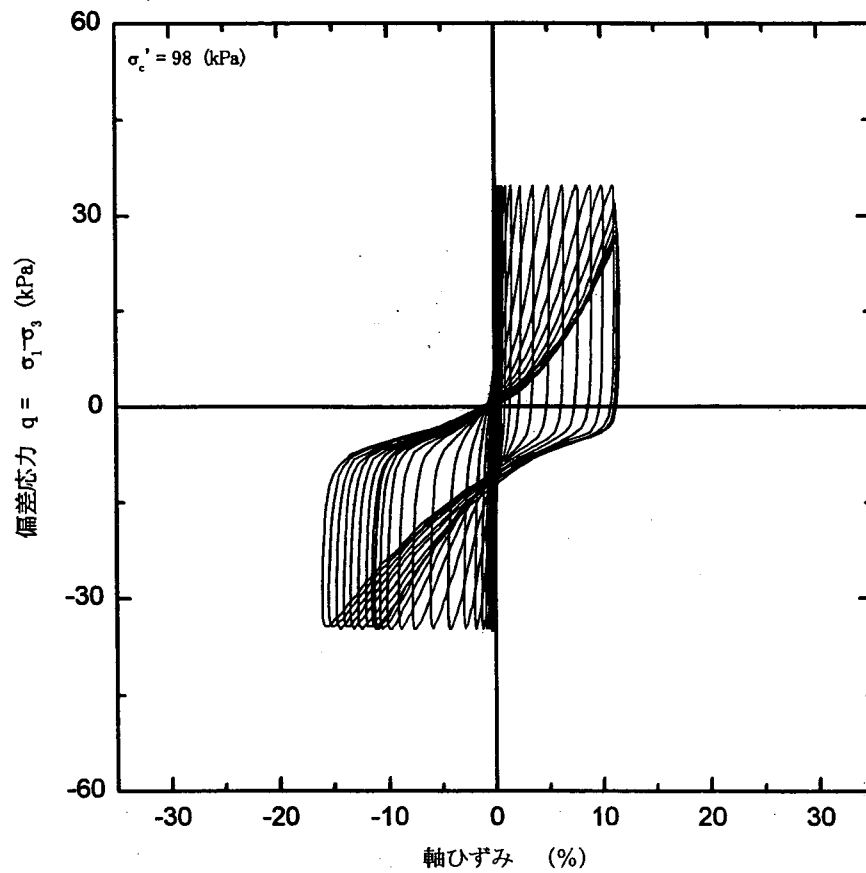
供試体 No.1



試料名:U

圧密後締固め度 94(%)

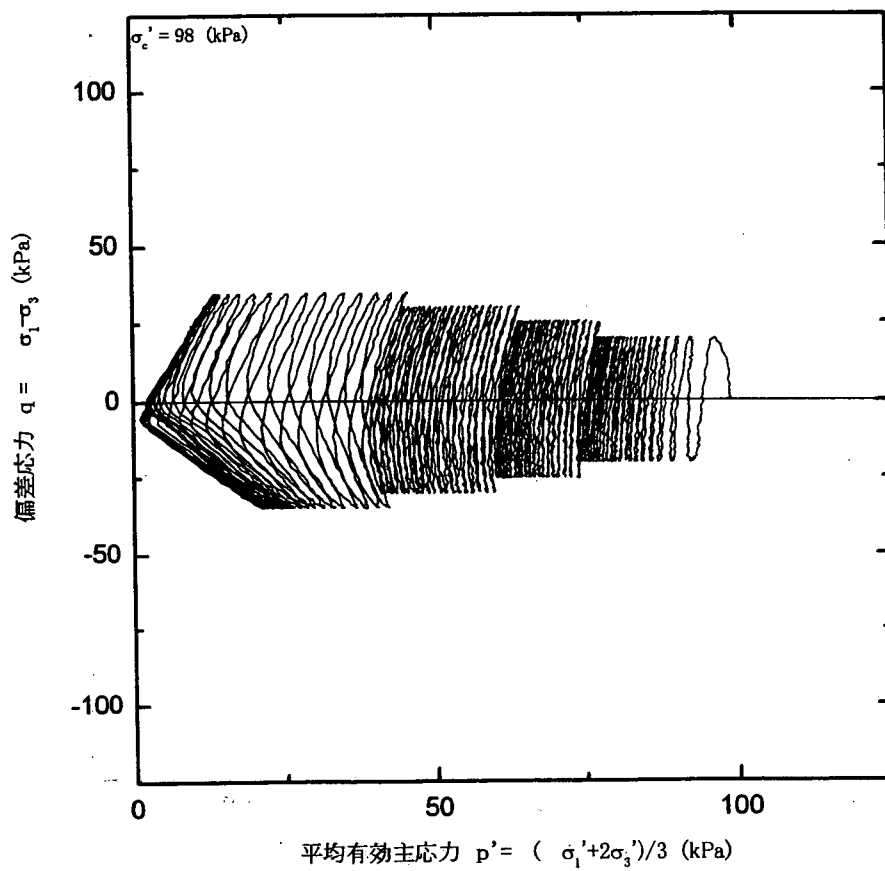
供試体 No.2



試料名:U

圧密後締固め度 94(%)

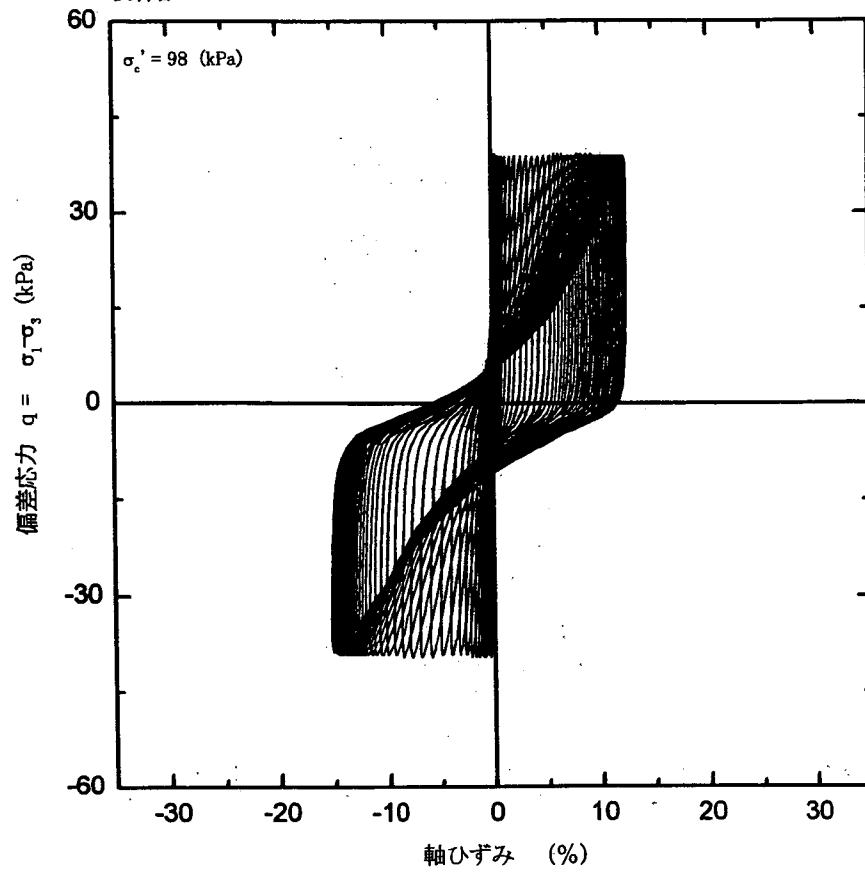
供試体 No.2



試料名:U

圧密後締固め度 95(%)

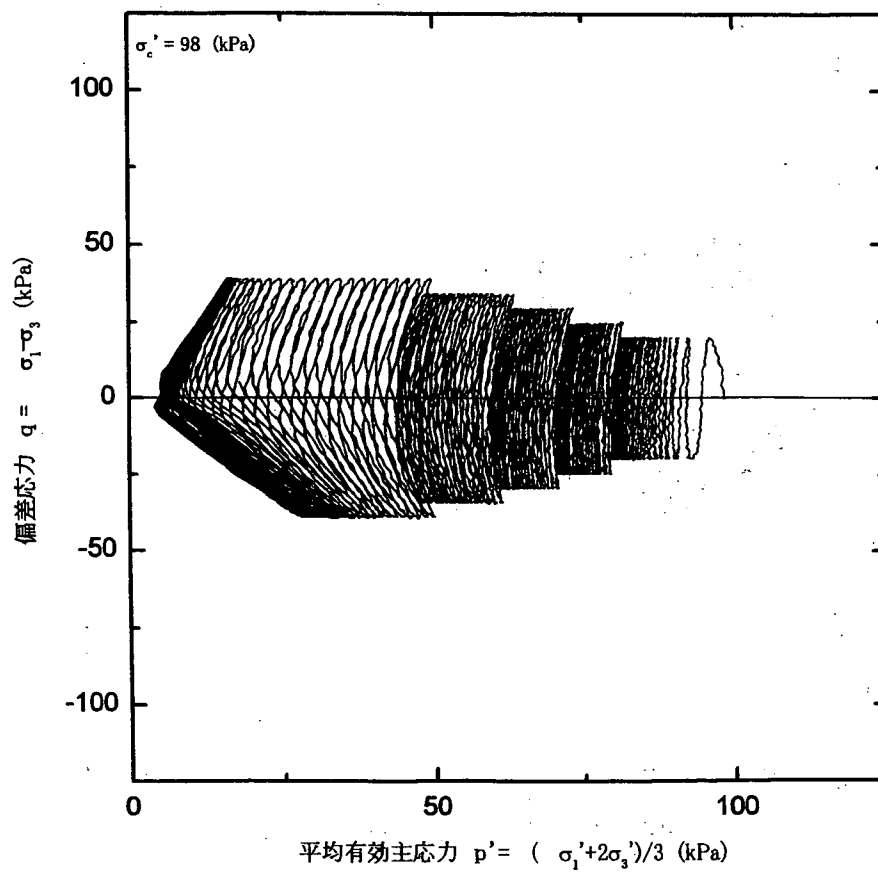
供試体 No.3

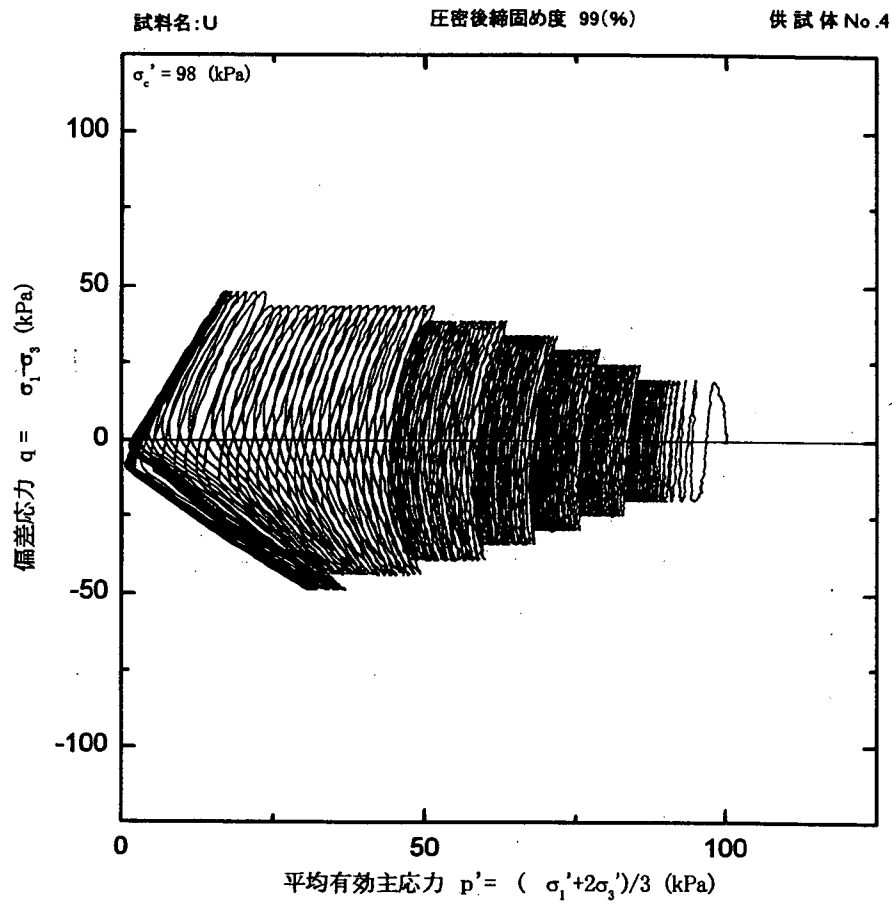
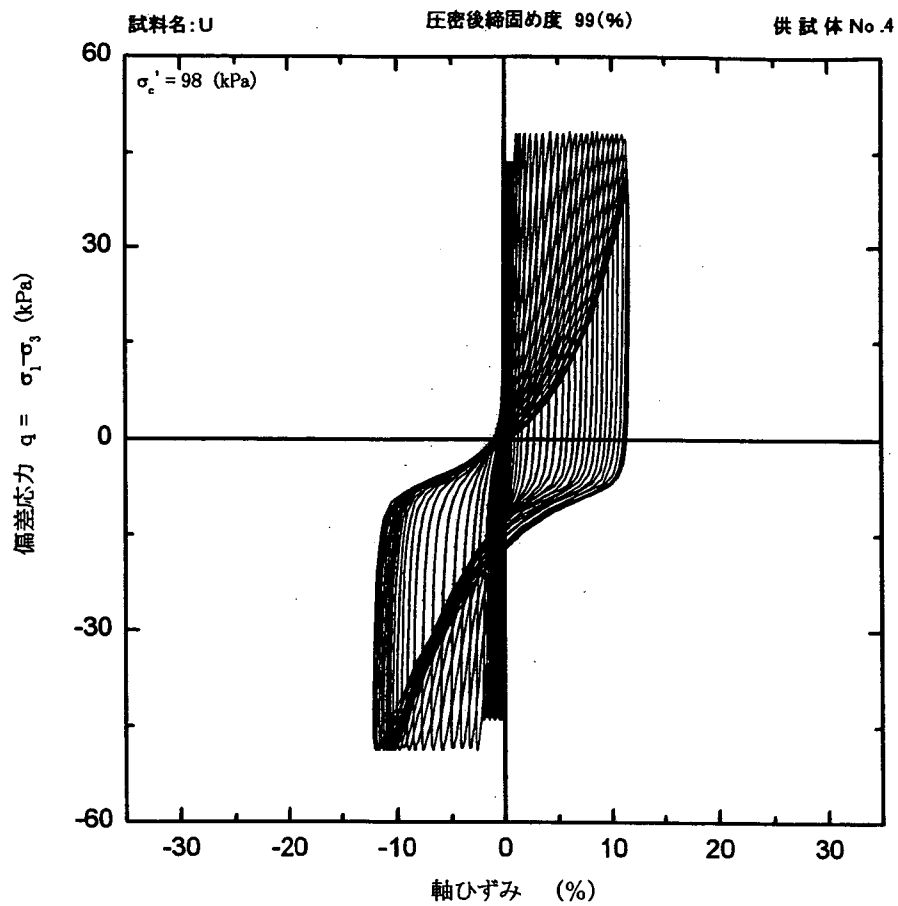


試料名:U

圧密後締固め度 95(%)

供試体 No.3

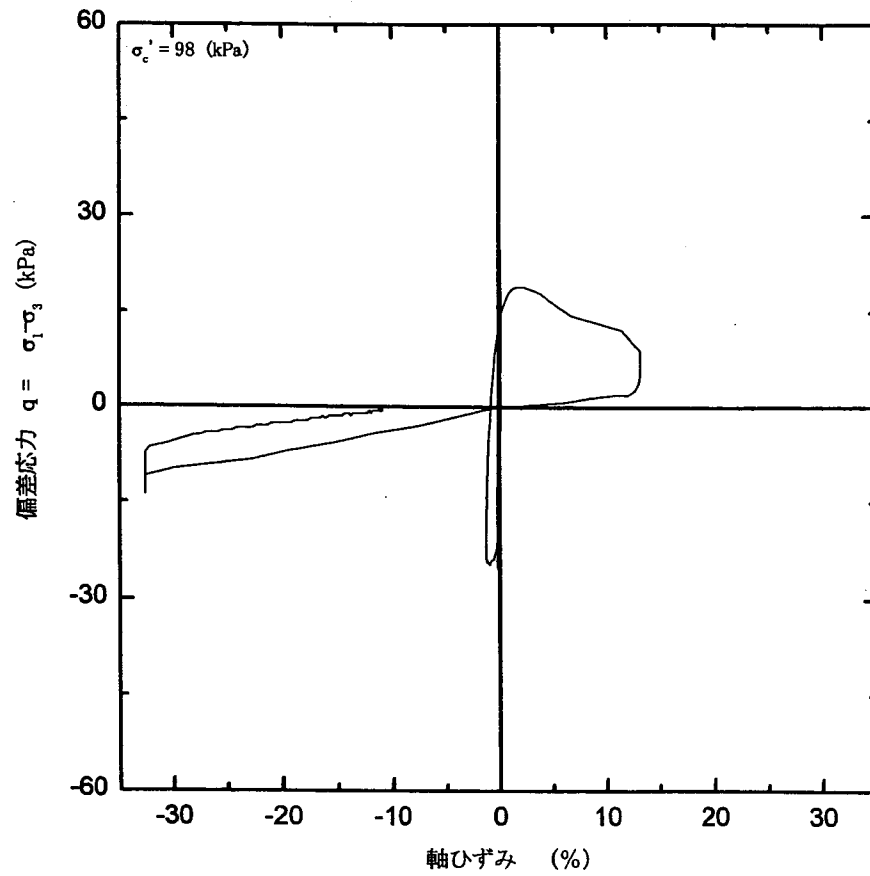




試料名: V

圧密後締固め度 88(%)

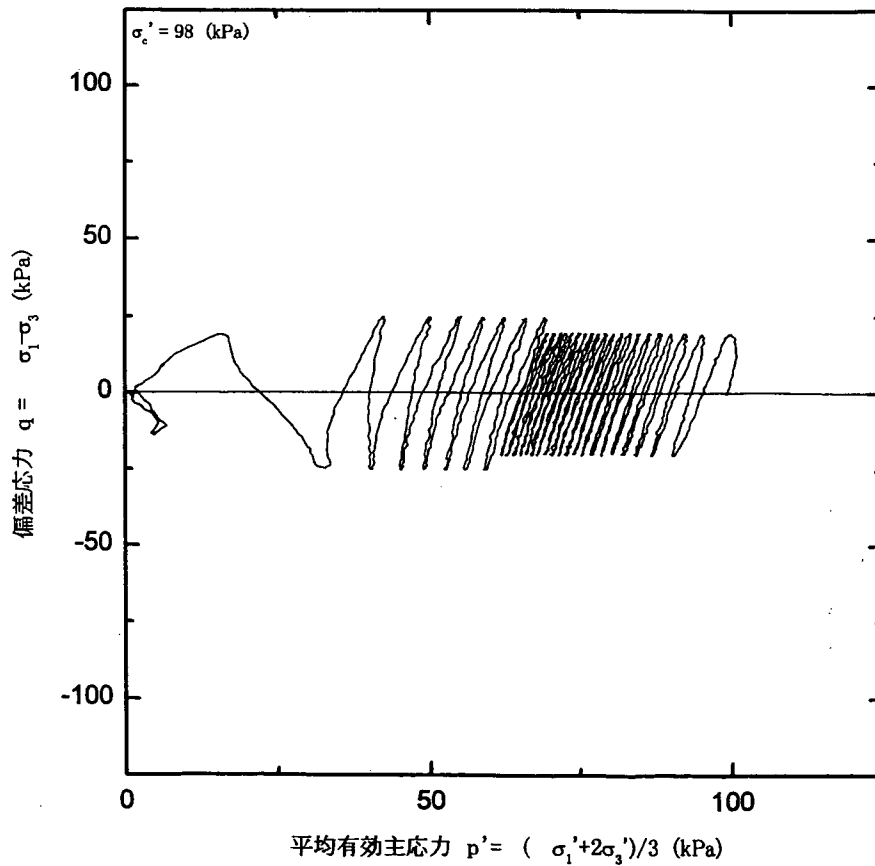
供試体 No. 1



試料名: V

圧密後締固め度 88(%)

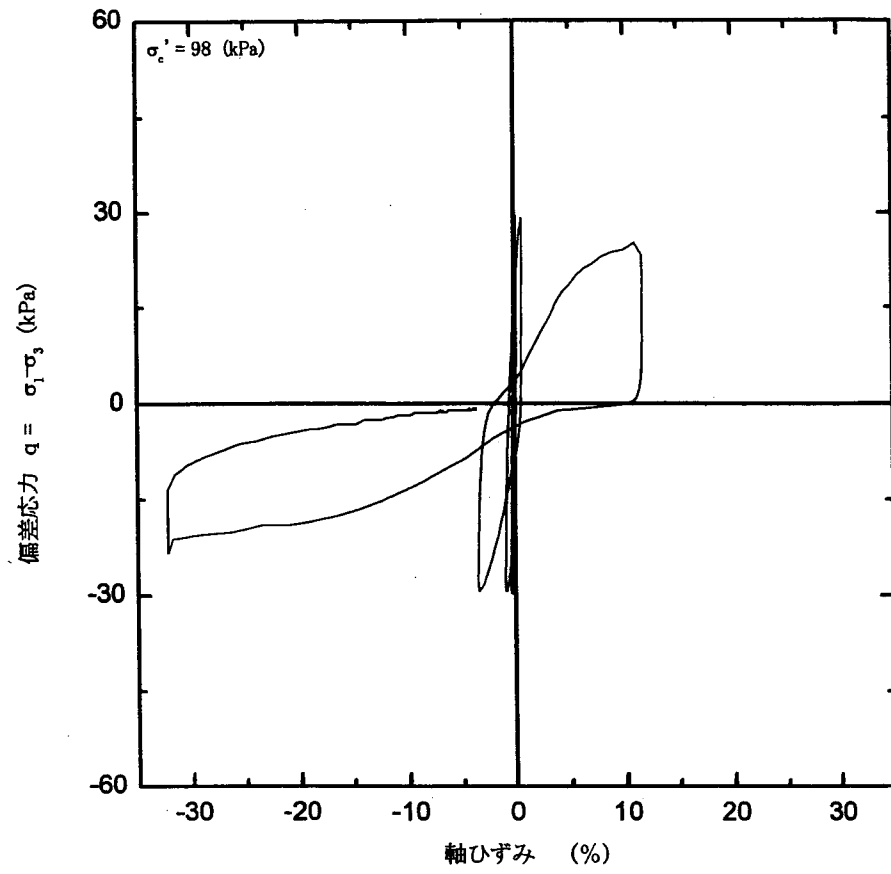
供試体 No. 1



試料名: V

圧密後締固め度 92(%)

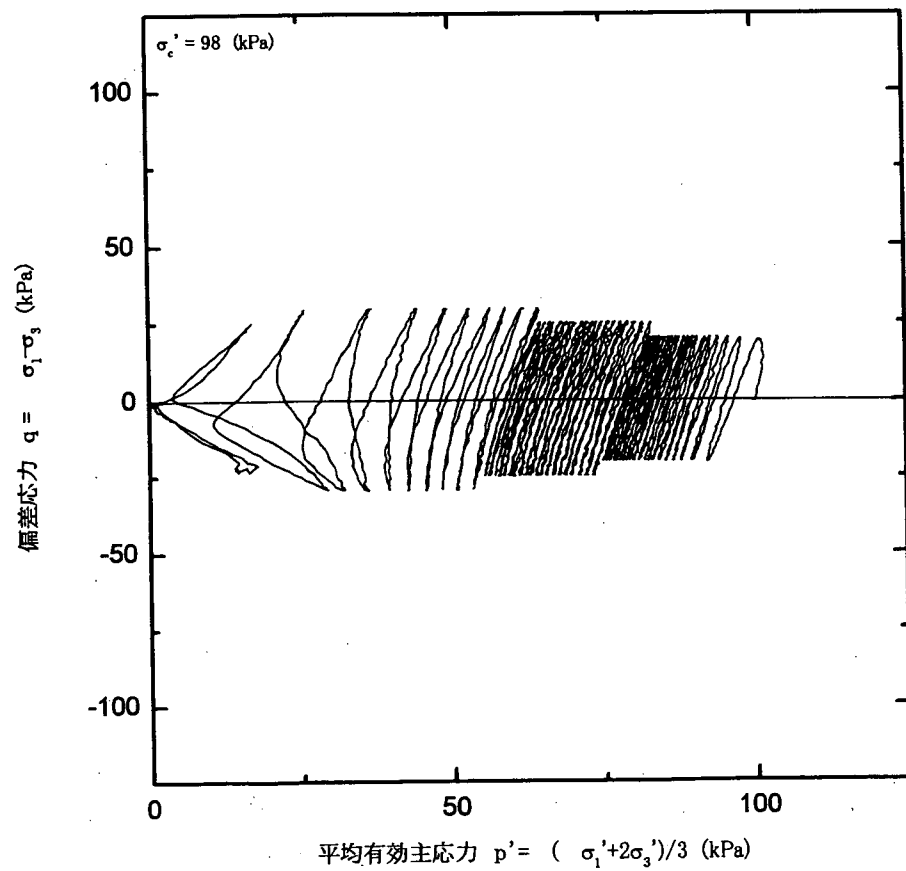
供試体 No. 2



試料名: V

圧密後締固め度 92(%)

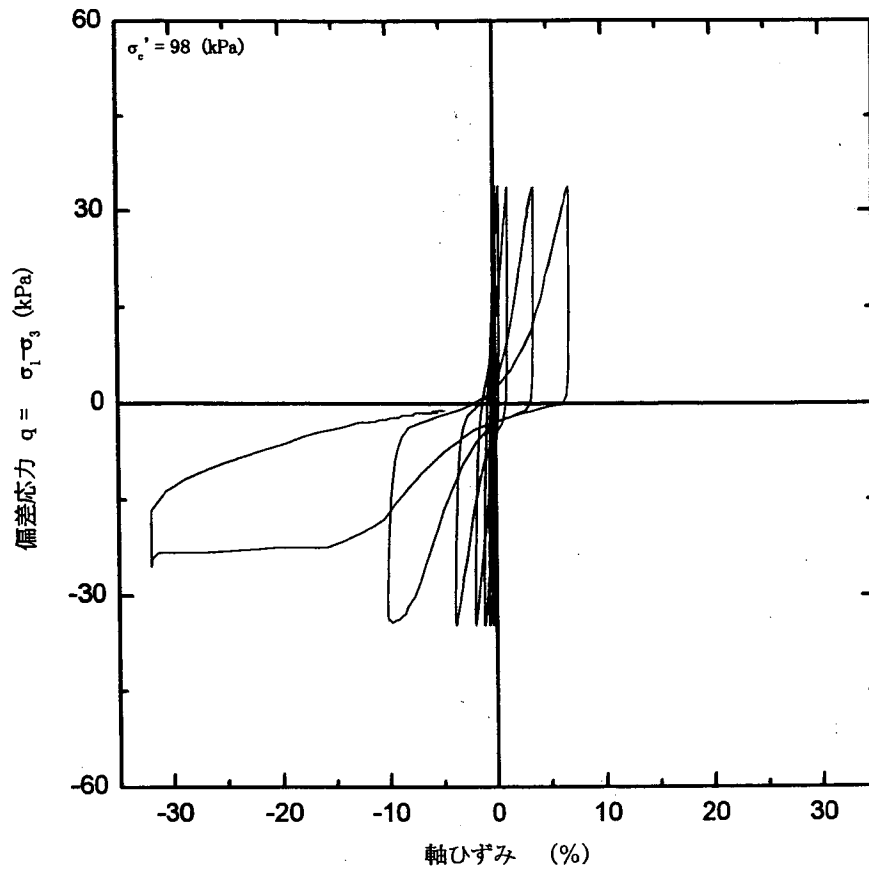
供試体 No. 2



試料名: V

圧密後締固め度 94(%)

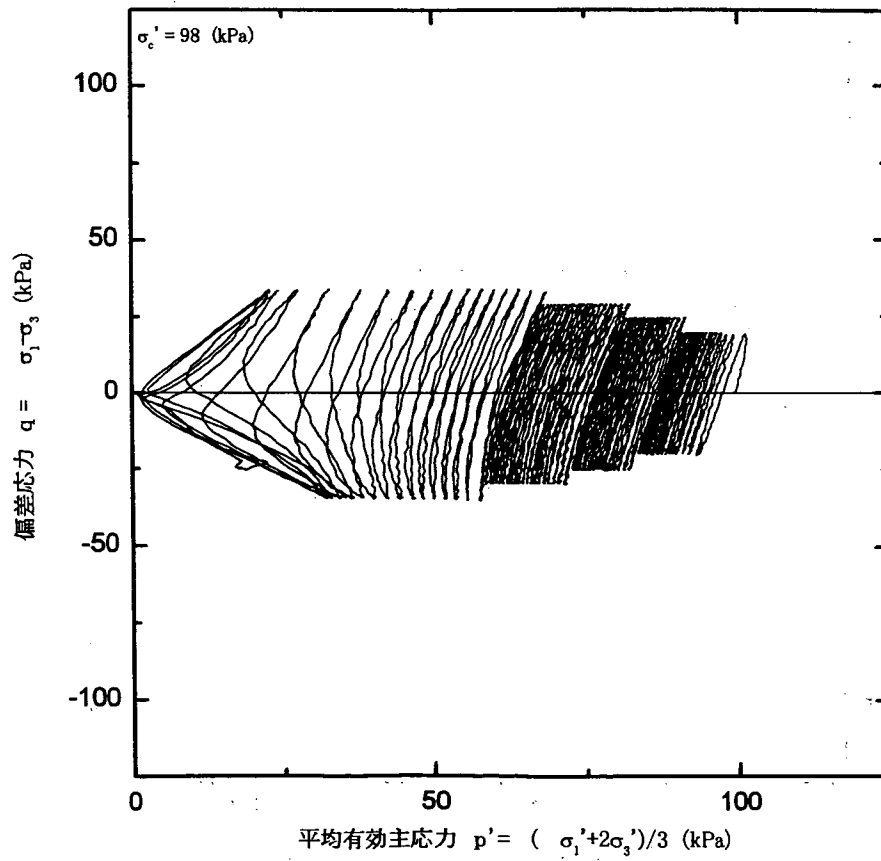
供試体 No. 3



試料名: V

圧密後締固め度 94(%)

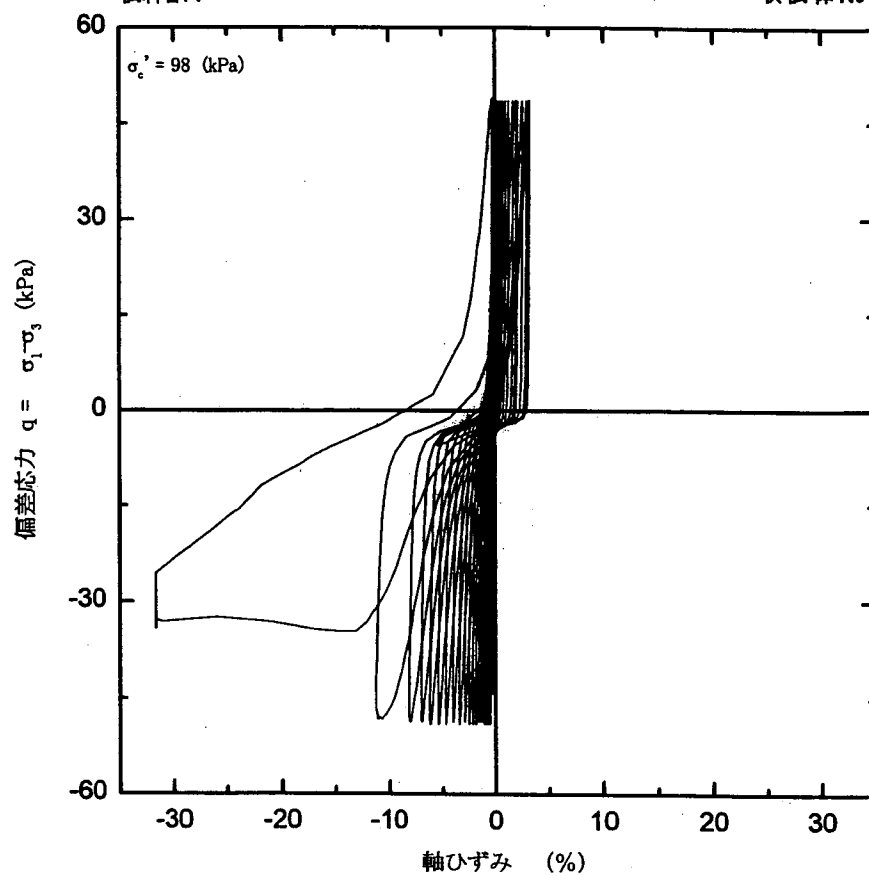
供試体 No. 3



試料名: V

圧密後締固め度 99(%)

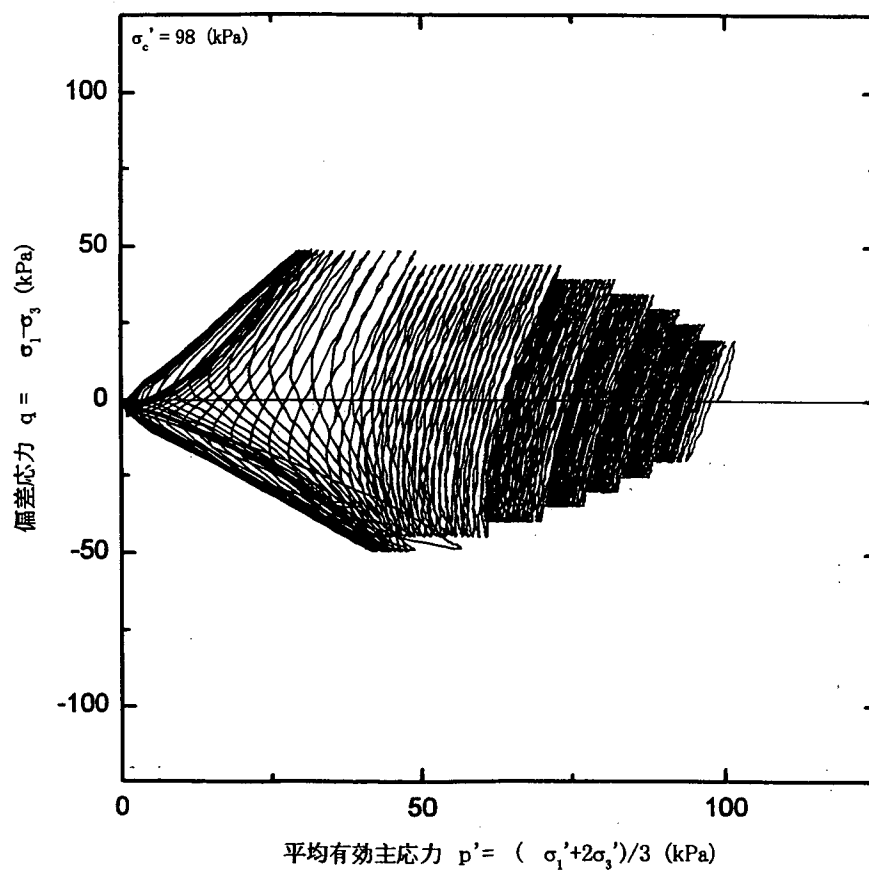
供試体 No. 4



試料名: V

圧密後締固め度 99(%)

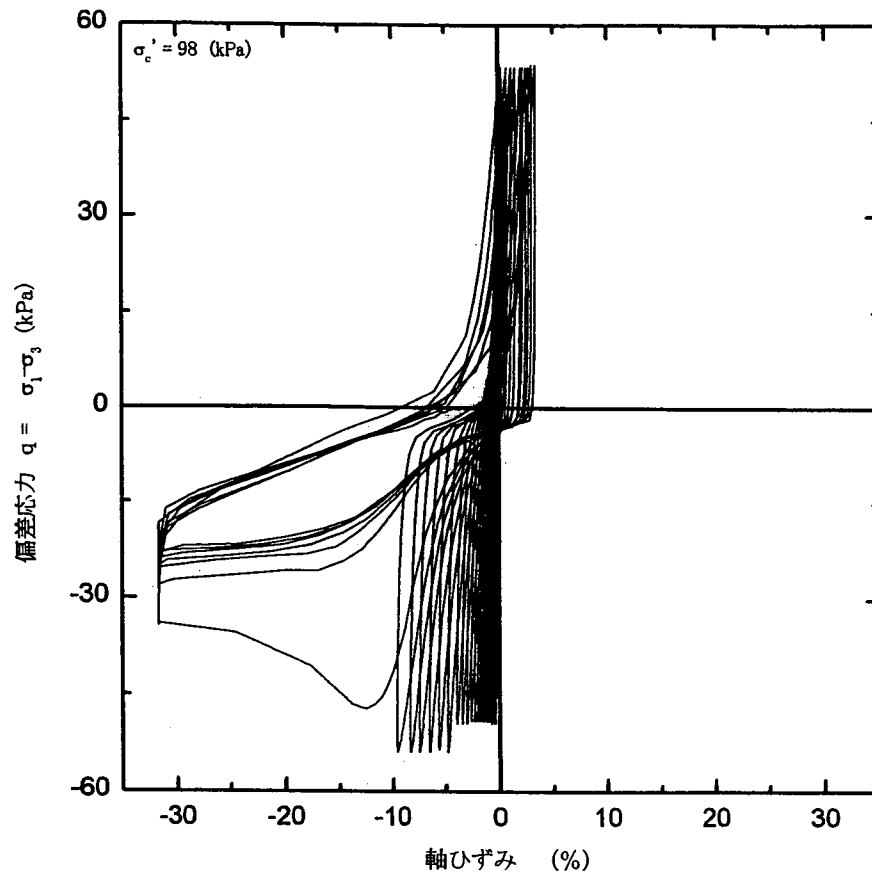
供試体 No. 4



試料名: Z

圧密後締固め度 87(%)

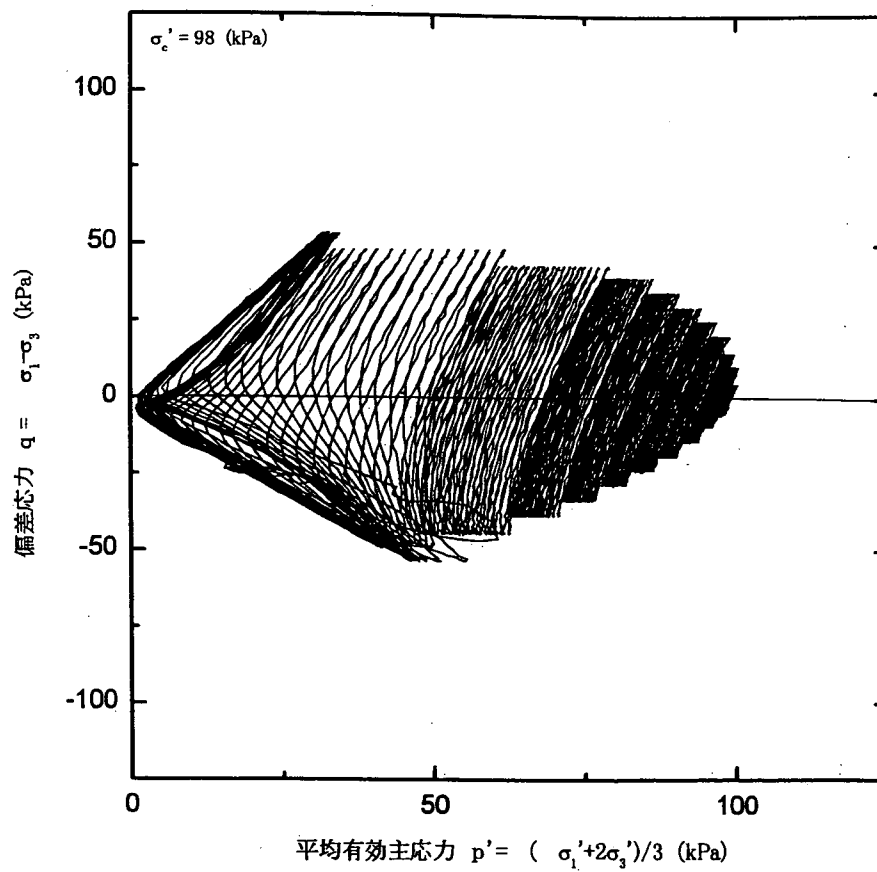
供試体 No. 1



試料名: Z

圧密後締固め度 87(%)

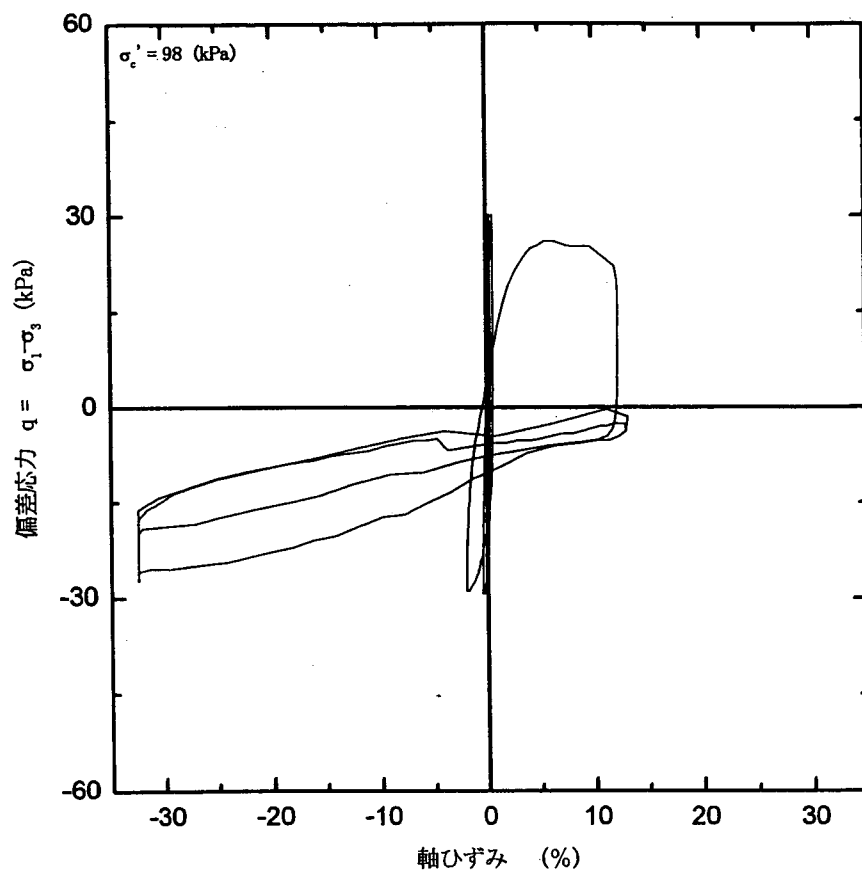
供試体 No. 1



試料名: Z

圧密後締固め度 97(%)

供試体 No. 4



試料名: Z

圧密後締固め度 97(%)

供試体 No. 4

