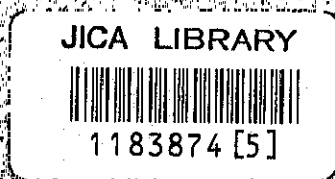


カンボジア国
公共事業運輸省

カンボジア国
全国道路網調査



最終報告書

別冊
道路盛土材料調査

平成 18 年 10 月
(2006 年)

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社

株式会社 片平エンジニアリング インターナショナル

カン事
JR
06-007

カンボジア国
公共事業運輸省

カンボジア国
全国道路網調査

最終報告書

別冊
道路盛土材料調査

平成 18 年 10 月
(2006 年)

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社

株式会社 片平エンジニアリング インターナショナル



1183874 [5]

要 旨

1 背景

カンボジアの主要国道（国道1号線、2号線、5号線、6号線、7号線など）は、プノンペンから各地域に放射状に展開しており、メコン河の氾濫原を横断する区間における道路は盛土構造により構築されている。

また、氾濫原に位置する道路盛土は、毎年の特に雨季における水位変動の影響にさらされ、かつ、盛土法面保護が施されていないために、盛土に侵食による被害が生じ、重大な機能損傷を与えたケースも報告されている。

メコン川流域には分散性粘土が広く分布散在していることが報告されており、流域各国における道路盛土法面侵食の原因は、経験的に、分散性粘土ではないかといわれている。

特に、国道1号線～5号線、6号線～7号線は、カンボジアのみならず周辺国との物流の根幹をなす大動脈であり、道路への被害は、交通の遮断のみならずカンボジア経済の停滞・損失に直結するカンボジアならびに周辺国にとっても解消すべき大きな問題である。

2 調査の目的

本調査では、盛土被害に対する調査の第一段階として、盛土被害の原因とされている分散性土の特性把握を目的とした室内土質試験を行い、盛土被害の発生状況と土質特性の関連性について検証し、購入材を用いない現地発生土混合による分散性の低減可能性について検討を行った。

3 試験結果

土の特性を把握するための一般的な土質試験と、土の分散性を判定するための土質試験を行った結果、以下のようなことが分かった。なお、土の分散性を判定するための試験としては、クラム試験、ダブルハイドロメータ試験、ピンホール試験、化学分析試験の4種の試験を実施した。

試験結果からは以下のことが分かった。

- ・ プノンペン周辺には分散性土が広い範囲で分布している
- ・ 分散性土の分布状況と侵食被害の発生状況に明確な相関性は認められず、分散性土の存在だけが盛土被害発生の原因ではない
- ・ 近隣地区でも材料のバラツキが大きく、盛土品質の確保が難しい可能性がある
- ・ 非分散性土を添加することによる分散性低減は、十分な対策工にはなり得ない
- ・ 締固め度を高くしても、分散性土の水への溶出は防げない

4 今後の課題

本調査は分散性土に対す調査の第一歩である。本調査結果を基に、今後は以下のような調査検討が必要であると考えられる。

- ・ セメント改良による対策工を目的としたセメント配合試験の実施
- ・ 対策工の効果を検証するための試験施工とモニタリング
- ・ 試験施工とモニタリングの結果を基にした対策工の提案

SUMMARY OF ROAD EMBANKMENT MATERIAL SURVEY

1 Background

In Cambodia, earth fill works are mainly adopted as the road structure even in the flood area of the Mekong river. Due to the invasion of the high water level during flood into the fill structure of the road, effects of the frequent water level change, especially in rainy season, and insufficient slope protections, serious functional disorder occurred in the road system with the erosion damage.

Past reports indicated that dispersive clay are widely distributed in the flow region of Mekong river, and the above mentioned invasion was empirically attributed to the dispersive clay.

In particular, NR.1 to 5, and 6, 7 in an important traffic network to form the basis of goods distribution for not only Cambodia but also the neighbor counties. Erosion damage and destruction to the road embankment during flood became a serious problem to be solved for Cambodia and also the neighbor countries.

2 Objectives of the Investigation

In this investigation, the laboratory test program was operated to identify the characteristics of the problematical soil as the first step. Together with the inspection on the relationship between the characteristics of dispersive soils and the situation of damage to the road embankment, the possibility to reduce dispersivity of soils by adding low dispersive soils we can get from field was discussed.

3 Test Results

In this investigation, general tests to understand the characteristics of soil sample and tests to identify the dispersivity of soils were operated. The tests we operated to identify the dispersivity of soils are Crumb Test, Double Hydrometer Test, Pinhole Test and Chemical Analysis.

We understood from these tests results are as follows:

- Dispersive soils exist in almost all surrounding area of Phnom Penh
- There are no clear relationships between the situation of distribution of dispersive soils and situation of caused erosion damages. So we can say distribution of dispersive soils is not only factor to cause damages.
- It may be difficult to keep construction quality of road embankment because of the unevenness of soil materials even though in nearby areas.
- It is not sufficient countermeasure that to add low dispersive soils to dispersive soils.
- We cannot prevent to dissolve dispersive soils into water even if we compact soil materials at high degree of compaction.

4 Future Problem

This study was the first step to identify and understand dispersive soils that had used to construct road embankment. On the basis of this study, in the future, we think it necessary to make investigation and discussion as follows:

- Laboratory tests to establish the additional rate of cement against dispersive soils.
- Trial construction and monitoring to estimate effect of countermeasure.
- Suggestion to the countermeasure on the basis of the trial construction and monitoring.

目次

1 はじめに	1
2 本調査の目的	3
3 試験概要	4
3.1 一般的な土質試験	5
3.2 土の分散性判別試験	5
3.3 試験条件	12
3.4 現地発生土添加による分散性低減効果の把握	12
3.5 試料採取位置	13
4 試験結果	19
4.1 一般土質試験	19
4.1.1 物理・透水試験結果	19
4.1.2 締固め試験結果	25
4.2 分散性判定試験	28
4.2.1 クラム試験結果	28
4.2.2 ダブルハイドロメータ試験結果	30
4.2.3 ピンホール試験結果	32
4.2.4 化学分析試験結果	34
4.3 分散性の判定	39
5 混合土による分散性低減効果検証試験	41
5.1 試験条件	41
5.2 試験結果	42
5.2.1 一般土質試験結果	42
5.2.2 分散性判定試験結果	44
6 まとめ	48
6.1 総括	48
6.2 対策手法の検討および今後の課題	49

図表リスト

図 1-1	氾濫源区間の道路盛土の変状状況例	1
図 3-1	供試体作成状況	5
図 3-2	ダブルハイドロメータ試験結果の模式図	7
図 3-3	化学分析試験による TDS-PS 関係	8
図 3-4	試験装置概略図	9
図 3-5	ピンホール試験状況写真	10
図 3-6	ピンホール試験のフローチャート	11
図 3-7	試料採取位置全体図	13
図 3-8	試料採取位置詳細図（①地区）	14
図 3-9	試料採取位置詳細図（②地区）	15
図 3-10	試料採取位置詳細図（③地区）	16
図 3-11	試料採取位置詳細図（④地区）	17
図 4-1	粒径加積曲線（①地区）	22
図 4-2	粒径加積曲線（②地区）	22
図 4-3	粒径加積曲線（③地区）	23
図 4-4	粒径加積曲線（④地区）	23
図 4-5	三角座標表記による粒度分布	24
図 4-6	細粒分含有率-塑性限界の関係	24
図 4-7	締固め曲線（①地区）	26
図 4-8	締固め曲線（②地区）	26
図 4-9	締固め曲線（③地区）	27
図 4-10	締固め曲線（④地区）	27
図 4-11	化学分析試験による TDS-PS 関係（①地区）	37
図 4-12	化学分析試験による TDS-PS 関係（②地区）	37
図 4-13	化学分析試験による TDS-PS 関係（③地区）	38
図 4-14	化学分析試験による TDS-PS 関係（④地区）	38
図 5-1	混合土の粒径加積曲線	43
図 5-2	三角座標表記による粒度分布	43
図 5-3	混合土の化学分析試験結果	46
図 6-1	ドラゴンホールの状況	49
表 3-1	試験数量一覧表	4
表 3-2	クラム試験判定基準表	6
表 3-3	採取試料一覧表	18
表 4-1	物理・透水試験結果一覧（①、②地区）	20
表 4-2	物理・透水試験結果一覧（③、④地区）	21

表 4-3 締固め試験結果一覧	25
表 4-4 クラム試験結果一覧	29
表 4-5 ダブルハイドロメータ試験結果一覧	31
表 4-6 ピンホール試験結果一覧	33
表 4-7 化学分析試験結果一覧	35
表 4-8 日本における化学分析試験結果例	36
表 4-9 化学分析試験結果の(mg/g)表記	36
表 4-10 分散性の総合判定	40
表 5-1 混合土の試験ケース一覧	41
表 5-2 混合土の物理・透水試験結果	42
表 5-3 混合土の締固め試験結果	42
表 5-4 混合土のクラム試験結果	45
表 5-5 混合土のダブルハイドロメータ試験結果	45
表 5-6 混合土のピンホール試験結果	45
表 5-7 混合土の化学分析試験結果	46
表 5-8 混合土の分散性の総合判定	47
表 6-1 対策工の特徴	50

1 はじめに

カンボジア (以下「カンボジア」とする) の主要国道 (国道1号線、2号線、5号線、6号線、7号線など) は、プンペンから各地域に放射状に展開しており、メコン河の氾濫原を横断する区間における道路は盛土構造により構築されている。

氾濫原に位置する道路盛土は、毎年の特に雨季における水位変動の影響にさらされ、かつ、盛土法面保護が施されていないために、氾濫水位による法面侵食も受けている。近年、内戦後の復旧事業を行った区間においても、道路変状が生じている箇所が存在する脆弱な状態となっている (図 1-1 参照)。カンボジアをはじめとしたメコン河流域の各国では、道路、河川堤防、灌漑水路などの土構造物に対する侵食作用が激しく、盛土に多数の穴 (現地における通称「ドラゴンホール」)。なお、海外の文献ではドラゴンホールと類似した穴のことを「Sink-hole」としているものが見られる。) 等が生じ、機能的な損傷を与えたケースも報告されている。

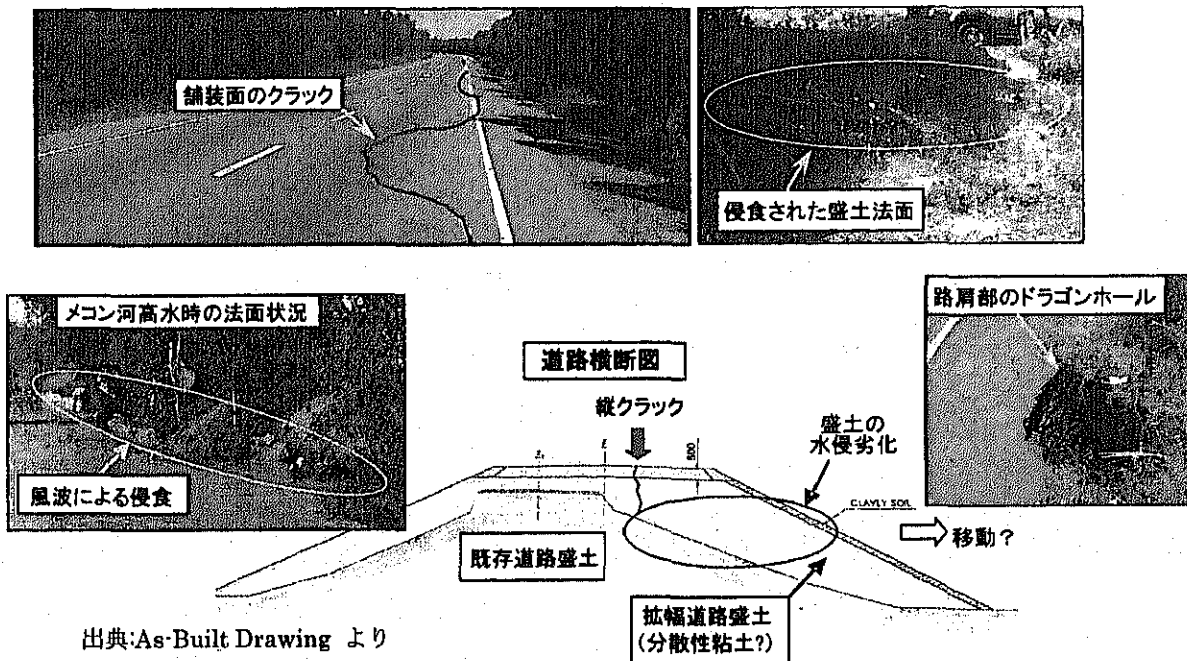


図 1-1 氾濫源区間の道路盛土の変状状況例

メコン河流域には分散性粘土が広く分布散在していることが報告されており、流域各国における道路盛土法面侵食の原因は、経験的に、分散性粘土ではないかといわれている。分散性粘土とは、「通常の粘土に比べ、土中の間隙水中に溶け込んでいるナトリウムイオンの含有量が多く、個々のコロイド粒子が、ほとんど静止した水中に浮遊していくことによって浸食されるような土」¹と定義付けられる。

このように、メコン河流域では分布する土質材料の特異性に起因していると考えられる盛土被害が報告されており、カンボジアにおける主要国道においても至る所で同様な被害 (ドラゴンホ

¹ Sherard, J.L., Dunnngian, L.P. and Decker, R. S. : "Identification and Nature of Dispersive Soils, Proc. ASCA., Vol.102 GT4, pp.287~301, 1976" より

ールの発生等）が確認されている。

特に、国道1号線～5号線、6号線～7号線は、カンボジアのみならず周辺国との物流の根幹をなす大動脈であり、道路盛土の被害は、交通の遮断のみならずカンボジア経済の停滞・損失に直結するカンボジアならびに周辺国にとっても解消すべき大きな問題である。

このような実状から、氾濫原上の主要幹線道路における脆弱区間の道路構造強化は、見過ごしてはならない課題であり、メコン河氾濫水により侵食を受けている盛土材の土質特性とその侵食・劣化メカニズムの把握、道路法面の侵食・劣化対応策のコストや施工性に留意した道路構造強化策の検討が必要な課題である。

本調査では、盛土被害に対する調査の第一段階として、盛土被害（ドラゴンホールやガリー侵食）の原因とされている分散性土の特性把握を目的とした室内土質試験を行い、盛土被害の発生状況と土質特性の関連性について検証し、購入材を用いない現地発生土混合による分散性の低減可能性について検討を行った。

2 本調査の目的

本調査は、先に記した土質特性（土の分散性）を確認するための試験を実施し、ドラゴンホール生成要因と考えられる分散性粘土についての調査を行うとともに、現地発生材添加による分散性の低減が可能であるかなどを確認するものである。

調査の内容は大きく以下のもので構成される。

- ①分散性粘土の室内土質試験による判定および試験の現地技術指導
- ②土質特性と盛土被害の関連性検証と被害の発生機構の推定
- ③対策工（現地発生土混合）の検討と今後への提案

3 試験概要

メコン河流域では分散性粘土の存在が認められており、この材料特性がドラゴンホール発生の要因と考えられている。

本調査では、国道沿線で確認した既存のドラゴンホール発生場所およびその周辺、さらにドラゴンホールが発生していない場所からも試料を採取し、その材料が分散性粘土であるかどうかを室内試験により確認すると共に、低分散性粘土添加による分散性の低減可能性について検討した。

なお、試験はすべてカンボジア内で実施することとし、特に、カンボジア内では実施されていないピンホール試験については、試験装置を日本国内で作製し、カンボジアへ搬入した。

本調査で実施した室内試験数量は表 3-1 に示す通りである。

なお、限られた期間内での調査であり、分散性の判定には影響せず、試験時間を要する透水試験については半数の試料に対してのみ実施した。

表 3-1 試験数量一覧表

試験項目	試料条件		合計	備考
	自然土	混合土		
含水比試験	32 試験	8 試験	40 試験	
密度試験	32 試験	8 試験	40 試験	
粒度試験	32 試験	8 試験	40 試験	ふるい分析、沈降分析
液・塑性限界試験	32 試験	8 試験	40 試験	
締固め試験	32 試験	8 試験	40 試験	
透水試験	16 試験	4 試験	20 試験	密度条件: 締固め度90%、含水比条件: 塑性限界
ピンホール試験	32 試験	8 試験	40 試験	密度条件: 締固め度90%、含水比条件: 塑性限界
クラム試験	32 試験	8 試験	40 試験	密度条件: 締固め度90%、含水比条件: 塑性限界
ダブルハイトロマト試験	32 試験	8 試験	40 試験	
化学分析試験	32 試験	8 試験	40 試験	

3.1 一般的な土質試験

以下の試験は、採取した試料の一般的な土質特性の把握を目的として実施した試験である。

- ・土粒子の密度試験（British Standard）
- ・土の含水比試験（British Standard）
- ・土の粒度試験（British Standard）
- ・土の液性限界・塑性限界試験（British Standard）
- ・突固めによる土の締固め試験（British Standard）
- ・土の透水試験（JIS）

3.2 土の分散性判別試験

以下の試験は、採取した試料の分散性を判定することを目的として実施する試験である。

なお、現時点では土の分散性を確実に判定できる試験法が存在しないため、以下に示す4種の試験・分析結果から総合的に判断する必要がある。

また、分散性判定試験には蒸留水の使用が望ましいが、現地での蒸留水の入手が困難であったため、分散性判定試験法（クラムテスト試験法など）にある試薬水の基準(pH 5.0～8.0、抵抗値0.2以下等)を満たす飲料水を使用した。

①クラム試験（ASTM D 6572）

当試験は、一辺15mm程度の立方体試料を水浸させ、一定時間毎(2分、1時間、6時間)に試料の溶解度を観察することで試料の分散性を判定する試験である。

試料の分散性は、表3-2に示す試験規準に照会して判定を行った。

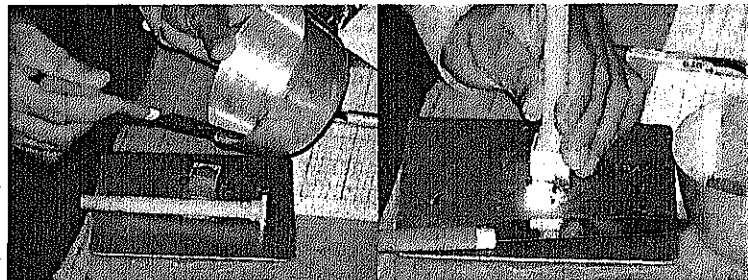
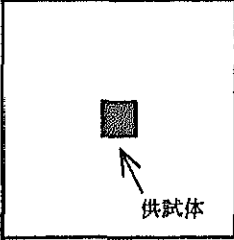
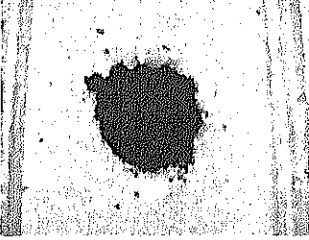
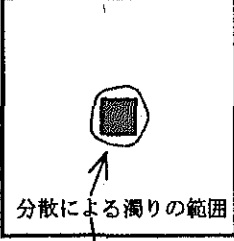
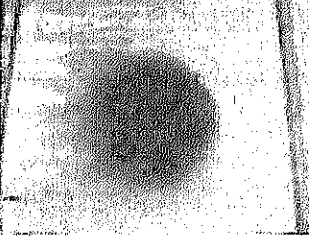
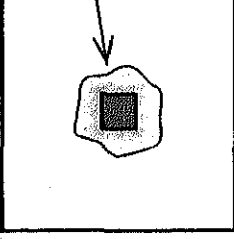
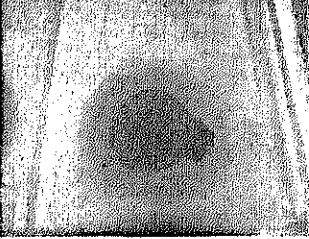
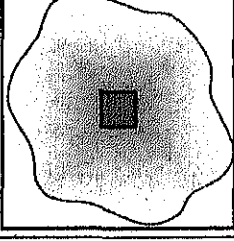
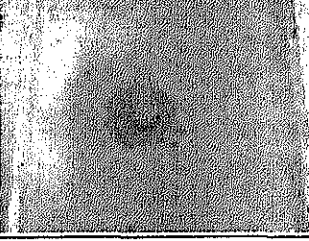


図 3-1 供試体作成状況

表 3-2 クラム試験判定基準表

分散性判定	模式図	参考写真
<p>Grade1 : 非分散性 ほとんど反応を示さない</p>		
<p>Grade2 : 中性 僅かに反応するが、試料の分散範囲が非常に狭い</p>		
<p>Grade3 : 分散性 試料周辺に 1cm 以上の分散範囲が認められる</p>		
<p>Grade4 : 高分散性 分散の範囲が広く、容器全体に広がる</p>		

②ダブルヒドロメータ試験 (ASTM D 4221)

当試験は、同一試料に対して、分散剤を添加して行う標準的な沈降分析法による粒度試験と、分散剤の添加を行わずに行う沈降分析法より得られる粒度分布の内、粒径5μ以下の粘土試料含有率を比較することで試料の分散性を判定する試験である。

試料の分散性は、試験より得られる分散度 (D_p: Percentage Dispersion) を Sherard らにより提案された以下の基準に照会することで判定を行った。

- D_p ≤ 30% …… 非分散性 (Nondispersive)
- 30% < D_p < 50% …… 中性 (Intermediate)
- D_p ≥ 50% …… 分散性 (Dispersive)

なお、分散度 D_p は以下の計算式にて算出される値である。

$$\text{分散率 Percentage Dispersion}(D_p) = \frac{A \times 100}{B}$$

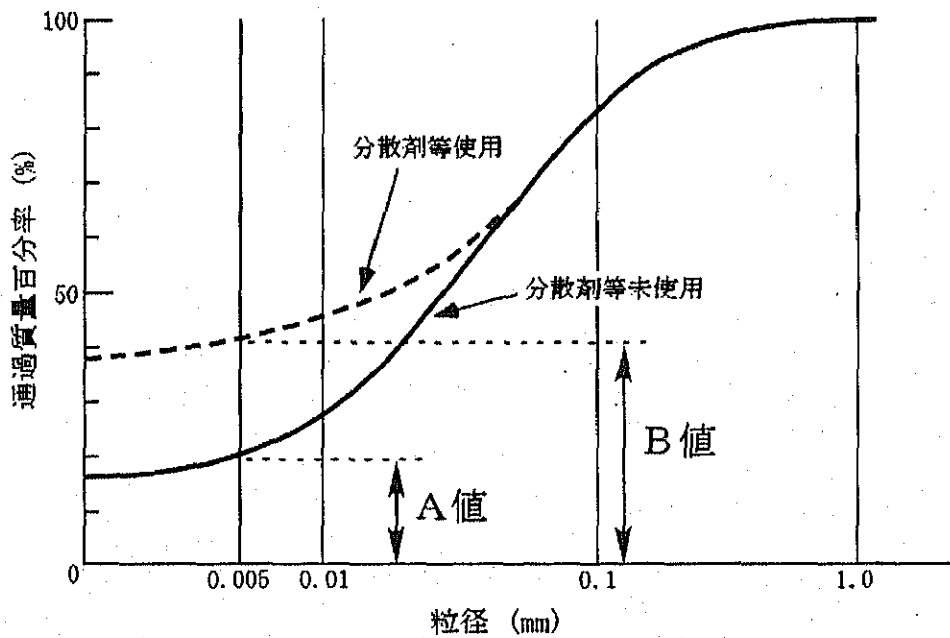


図 3-2 ダブルヒドロメータ試験結果の模式図

③化学試験 (溶解塩試験) (ASTM D 6919)

間隙水中に含有されるナトリウムイオン量が分散性に影響を及ぼすことが報告されている²。当試験は、試料土の間隙水中に含まれる陽イオン (Ca²⁺、Mg²⁺、Na⁺、K⁺) の量(単位は mg/L)を測定し、ナトリウムイオン (Na⁺) の全イオンに対する比率を求めることで試料の分散性を判定する試験である。

試料の分散性は、以下の式により算出されるナトリウムイオン度 (PS : Percentage Sodium) および塩基類総量 (Total Dissolved Salts : TDS) を図 3-3 上にプロットすることで判定を行った。

$$\text{ナトリウムイオン度 Percentage Sodium(PS)} = \frac{\text{Na}^+ \times 100}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+}$$

$$\text{塩基類総量 Total Dissolved Salts(TDS)} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+$$

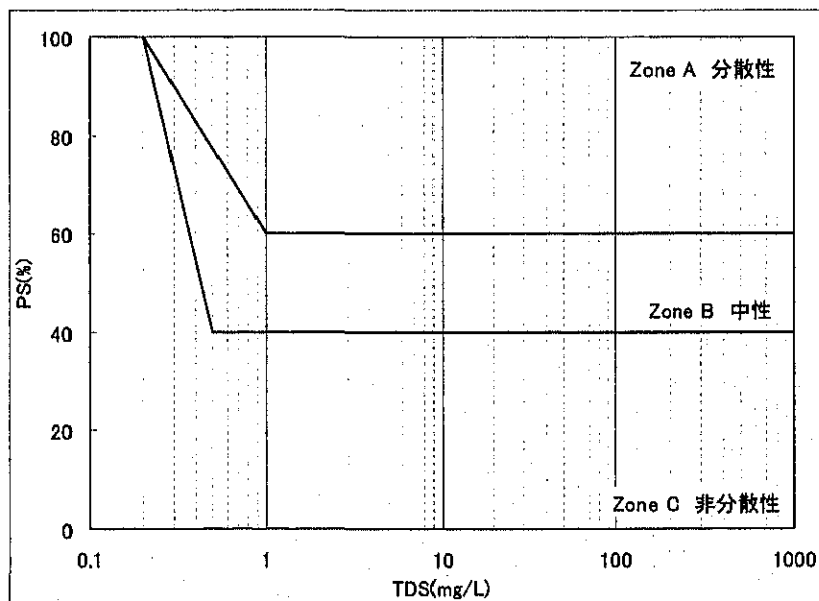


図 3-3 化学分析試験による TDS-PS 関係

² Sherard, J.L., Dunnngian, L.P. and Decker, R. S. : "Identification and Nature of Dispersive Soils, Proc. ASCA., Vol.102 GT4, pp.287~301, 1976" より

④ピンホール試験 (ASTM D 4647)

当試験は、直径 50mm、長さ 38mm に突固めた円柱形供試体の中心部に開けた直径 1mm のピンホールに、水頭差を数段階変化させながら水を通し、流出水の流速や濁りから試料の分散性を判定する試験である。

ピンホール試験装置はカンボジアには保有していなかったため、試験の効率や万が一の故障に備え、試験装置を日本国内で 2 組作製し、現地に運搬した。

ピンホール試験装置の模式図を図 3-4 に示す。

試料の分散性は、図 3-6 に示すフローチャートに従い試験を実施することで判定した。

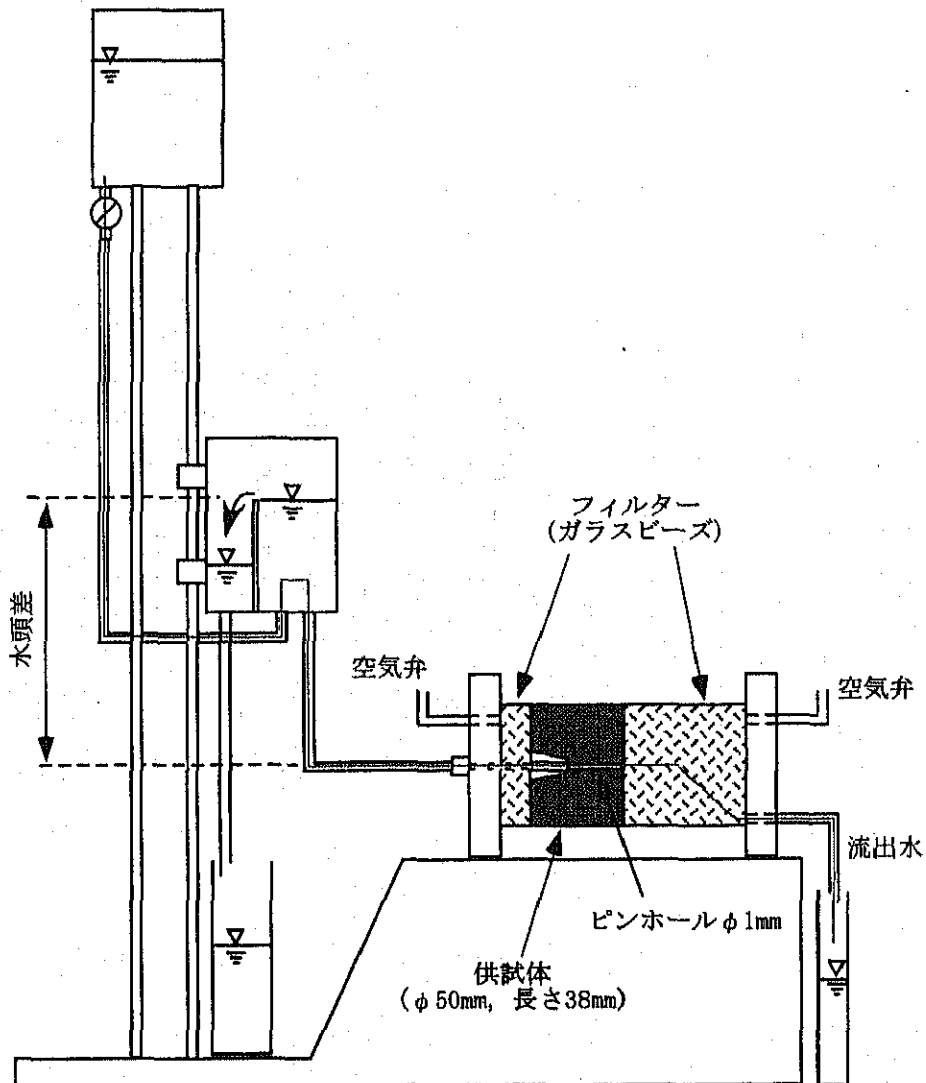


図 3-4 試験装置概略図

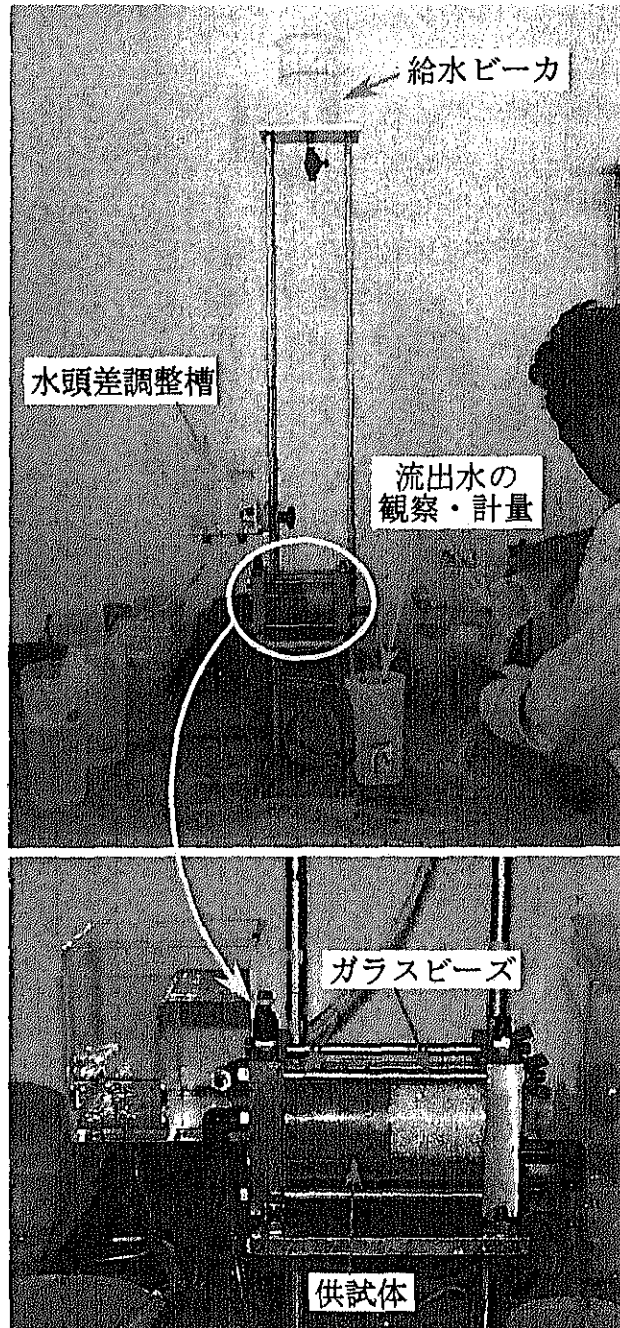


図 3-5 ピンホール試験状況写真

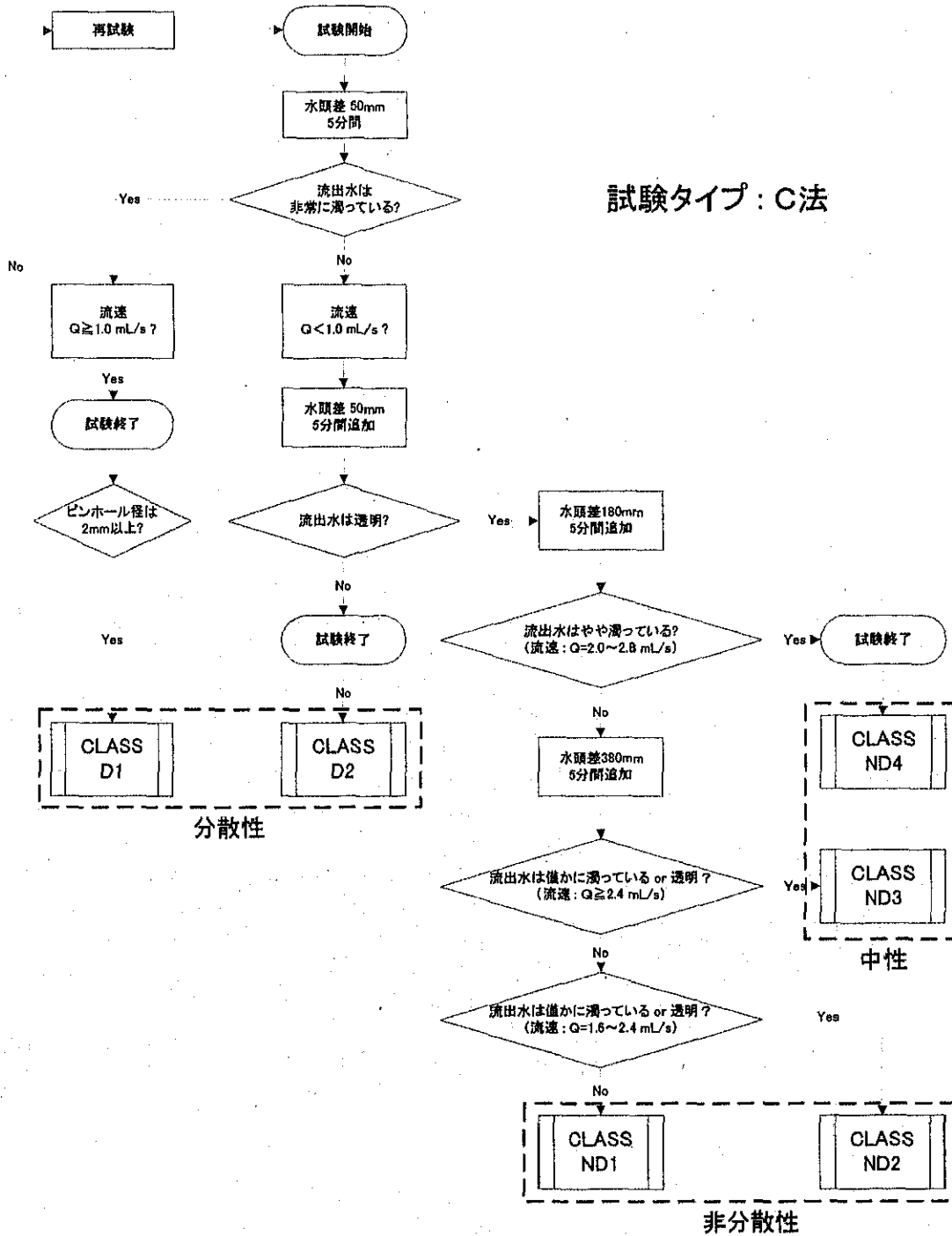


図 3-6 ピンホール試験のフローチャート

3.3 試験条件

試験を実施するにあたり、透水試験、ピンホール試験、クラム試験においては供試体密度および含水比条件を設定する必要がある。

条件設定に当たってはカンボジアの道路設計指針を参考とし、締固め度 90% (盛土・路体の管理基準値) とした。

また、含水比条件については、Sherard ら³の「多くの研究者は塑性限界付近の含水比で作成した供試体にて試験を行っている。」とする報告を参考に、塑性限界条件とした。なお、Sherard らは「ナトリウムを多く含有した高分散性粘土は、密度、含水比によらず急速に溶解することが分かった」とも付け足している。

供試体密度・・・締固め度 90%

含水比条件・・・塑性限界

3.4 現地発生土添加による分散性低減効果の把握

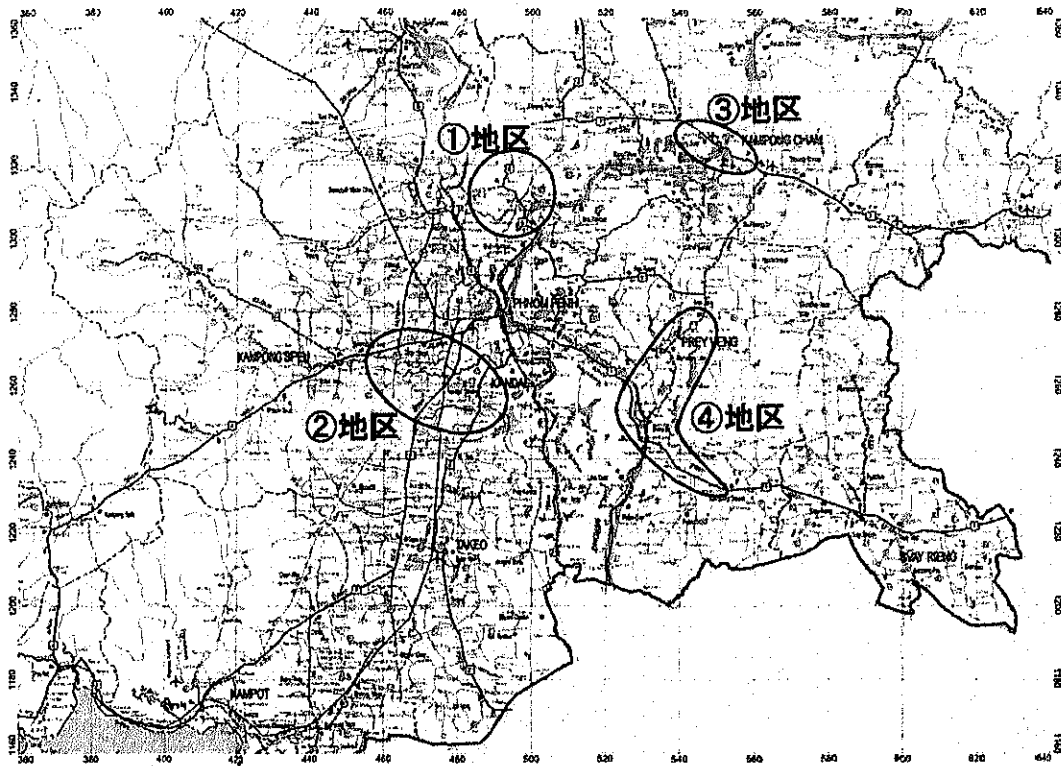
本調査においては、分散性土に対する対策として実績があり、最も有効であると考えられる添加材(セメント、石灰等)の添加による土質改良ではなく、有効性が確認されれば材料費が安価となる低分散性土添加による分散性低減可能性についての確認試験を行った。

なお、混合土の配合割合は、試料の重量比で分散性土 1 に対して低分散性土を 1/2 添加する配合とした。その他の試験条件(密度、含水比)については、現状土の試験と同様とした。

³ Sherard, J.L., Dunngian, L.P. and Decker, R. S. : "Pinhole Tst for Identifying Dispersive Soils, Proc. ASCA., Vol.102 GT4, pp.69~85, 1976" より

3.5 試料採取位置

本調査では、プノンペン周辺の国道沿線のドラゴンホールやガリー侵食の被害を受けた盛土、被害を受けていない盛土などから 32 の試料を採取し、各試料について室内試験を実施した。試料採取位置は以下の図に示す通りである。



①、③、④地区は 2000 年の大洪水時に水浸被害を受けた地区

図 3-7 試料採取位置全体図

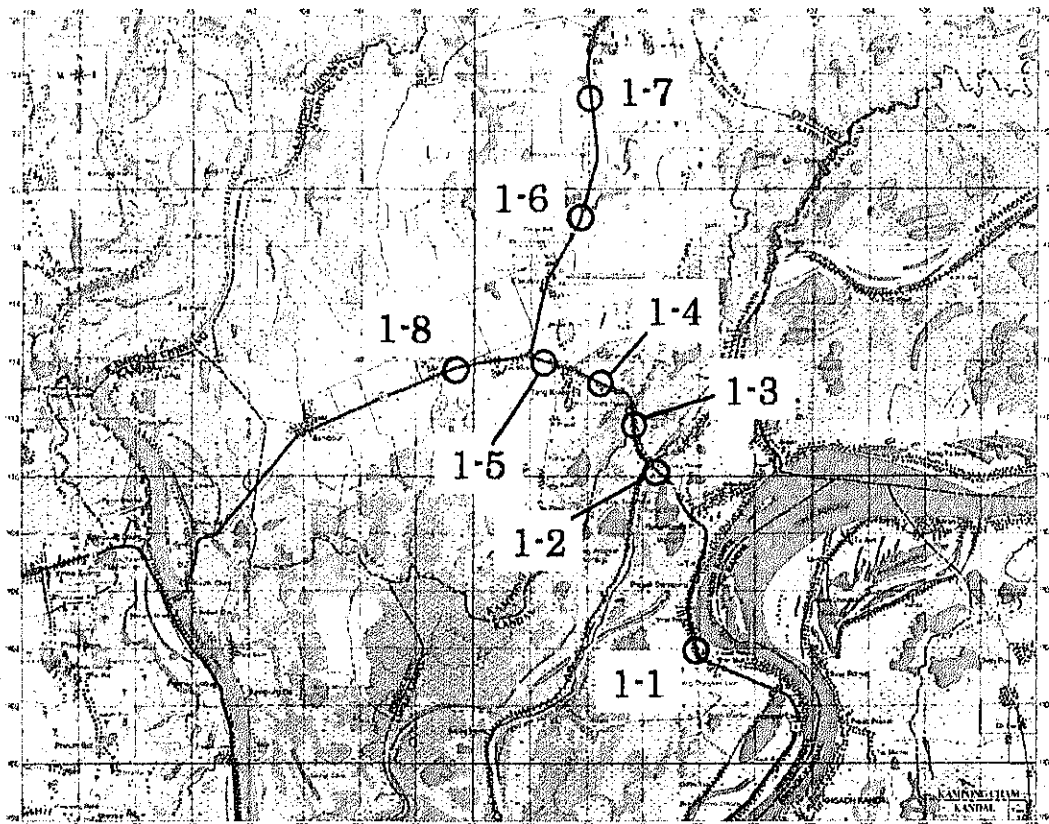


図 3-8 試料採取位置詳細図 (①地区)

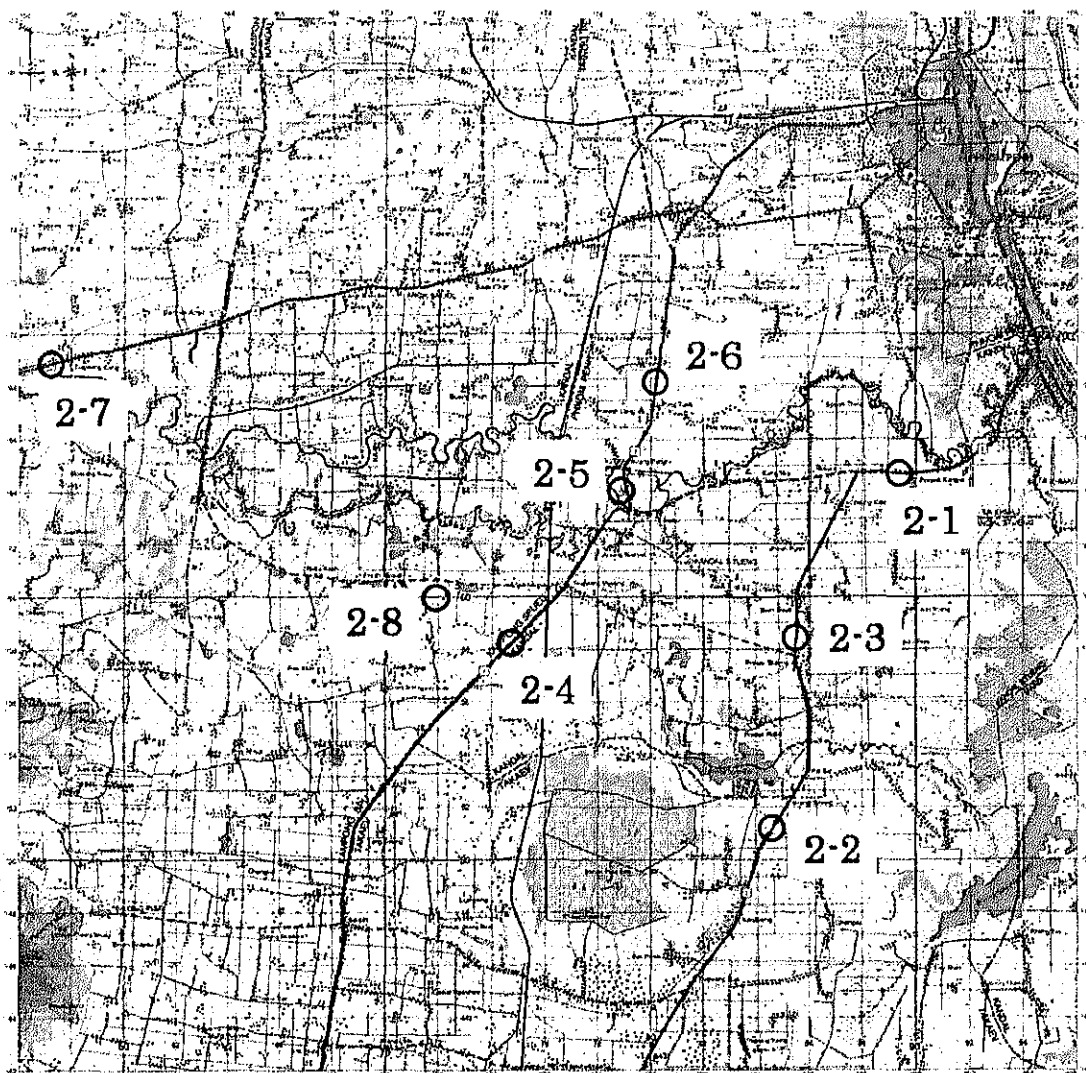


図 3-9 試料採取位置詳細図 (②地区)

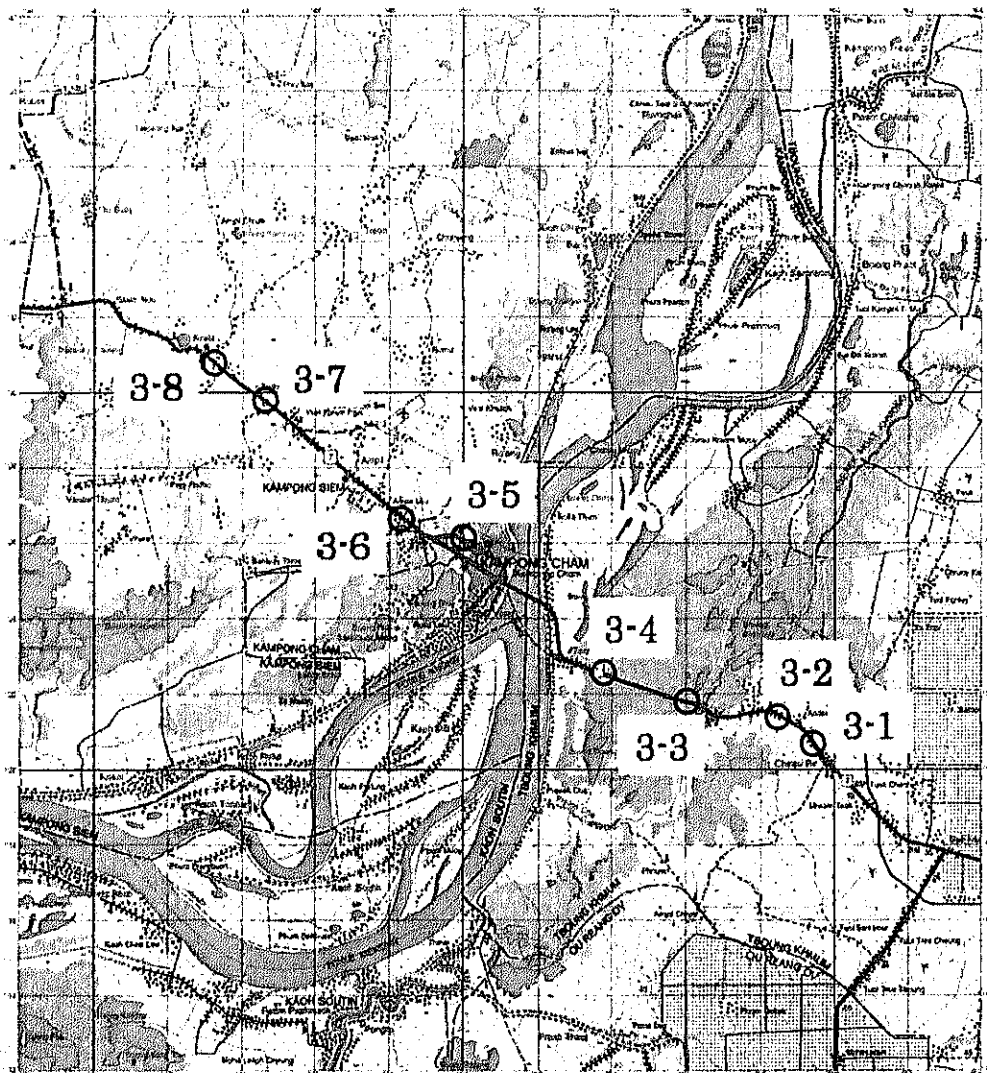


図 3-10 試料採取位置詳細図 (③地区)

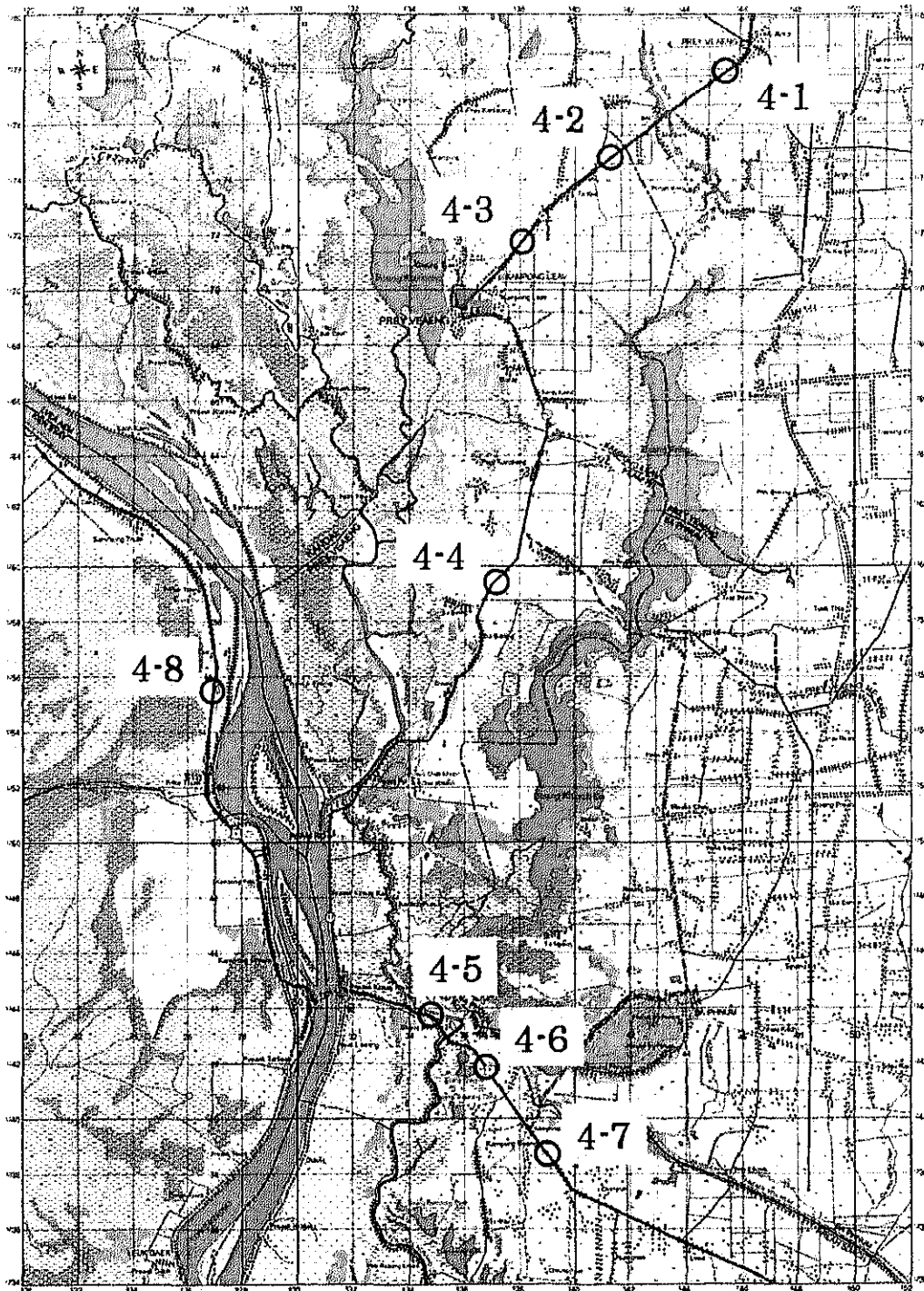


図 3-11 試料採取位置詳細図 (④地区)

表 3-3 採取試料一覧表

地区	試料No.	変状の有無	盛土高さ	備 考
①	1-1	○	—	盛土外のドラゴンホール付近から採取
	1-2	○	1.5m	ドラゴンホール
	1-3	○	1.5m	ドラゴンホール
	1-4	○	2.0m	ドラゴンホール、ガリー
	1-5	○	1.5m	樹木周辺にドラゴンホール
	1-6	○	3.0m	補修済みであるが、旧盛土法面にドラゴンホールあり
	1-7	×	1.5m	盛土補修材を採取。変状なし
	1-8	○	2.0m	ドラゴンホール、ガリー
②	2-1	○	3.0m	ガリー侵食あり
	2-2	×	1.5m	変状なし
	2-3	△	1.5~2.0m	ガリー少し。住民による植樹の形跡あり。
	2-4	×	0.5~1.0m	変状なし
	2-5	○	5.0m	ドラゴンホール、ガリーあり。下にも穴、滲み出しあり。
	2-6	×	1.5~2.0m	変状なし。砂っぽい感じ。
	2-7	△	3.0m	若干のガリーはあるものの、ほとんど変状なし。
	2-8	—	—	国道外の平野部から採取した。
③	3-1	○	3.0~5.0m	小さいドラゴンホール
	3-2	○	3.0~5.0m	小さいドラゴンホール
	3-3	○	1.5m	ドラゴンホールあり
	3-4	○	1.5m	樹木周辺にドラゴンホール
	3-5	○	3.0m	法面ガリー侵食
	3-6	×	0.5m	変状なし
	3-7	×	0.5~1.0m	変状なし
	3-8	△	1.5~2.0m	ガリー少しあり
④	4-1	○	2.0m	ドラゴンホール多数あり。勾配が緩い盛土
	4-2	○	1.5m	小段にドラゴンホール。勾配は緩い。ガリー侵食もあり
	4-3	○	5.0m	ドラゴンホール多数。盛土下に茶色の滲み出しが認められる
	4-4	○	1.5m	路肩が崩壊。勾配は緩い
	4-5	○	1.5m	ドラゴンホール多数あり
	4-6	○	1.5m	ドラゴンホール
	4-7	○	1.5m	ドラゴンホール
	4-8	○	1.5m	ドラゴンホール。下部にも穴あり

①③④地区は2000年の大洪水時に水浸被害を受けた地区

4 試験結果

4.1 一般土質試験

4.1.1 物理・透水試験結果

物理・透水試験結果は以下の図表に示す通りである。なお、表中の網掛けは試料採取時に被害がほとんど確認されなかった地点を示しており、試料番号を太字・斜体にて示したものは砂礫が約50%以上であった試料を示している。（以降の試験結果でも同様に表記する）

試験結果からは、ドラゴンホールやガリー侵食の被害がある地点とない地点とで明確な相違は認められなかった。

図 4-5 に示す三角座標からも被災の有無と粒度構成に明確な相違がないことが分かる。

その他物理試験、透水試験結果からは以下のことが言える。

- ・ 被災の有無と粒度構成に明確な相違は認められないものの、被害の認められなかった地点の試料に砂礫が約50%以上を占めるようなものが多かったことから、砂礫を多く含有した試料では被害が発生しにくい可能性がうかがわれる
- ・ ただし、「砂礫を多く含有していると被害が少ない」ということは言えない
- ・ サンプル数は少ないが特に細粒分が25%程度を下回るような砂質土では変状が認められなかった（図 4-6 参照）
- ・ 液・塑性限界試験結果と被災の有無にも明確な相関は認められない
- ・ 透水試験は各地区における細粒側から粗粒側までの4試料を選定して実施したが、砂礫の多い試料であっても 10^{-4} ～ 10^{-7} オーダーの比較的透水性の悪い試料であることが分かったが、これは砂礫の多い試料であっても比較的多くの細粒分を含有していたことによるものと考えられる

クラム試験、ピンホール試験、ダブルハイドロメータ試験の分散性判定試験法には試験適用外となる試料の目安が記載されており、物理試験結果からNo.1-7はクラム試験のみ試験対象外と判定されるが、当地点は被災の確認されなかった地点であり、分散性判定試験も初の試みであったことから当該試料に対してもクラム試験を実施した。

なお、各試験における適用外となる目安は以下の通りである。

- ・ クラム試験・・・粘土分が12%未満かつ塑性指数8以下
- ・ ピンホール試験、ダブルハイドロメータ試験・・・粘土分が12%未満かつ塑性指数4以下

表 4-1 物理・透水試験結果一覧(①、②地区)

試料No.		1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8
初期含水比 (%)		6.55	6.81	2.91	5.73	4.84	7.53	4.41	5.16
土粒子密度 (g/cm ³)		2.70	2.63	2.61	2.62	2.71	2.75	2.78	2.64
通過質量 百分率 (%)	礫分	0.0	33.5	8.3	1.5	16.6	5.1	62.5	3.4
	砂分	6.1	33.4	24.2	8.8	11.2	16.8	24.2	8.8
	シルト分	58.3	20.6	37.2	47.5	30.7	32.1	6.2	45.9
	粘土分	35.6	12.5	30.3	42.2	41.5	46.0	7.1	41.9
液性限界 (%)		31.70	36.05	22.70	23.50	29.20	28.50	19.40	26.76
塑性限界 (%)		18.89	23.14	15.08	13.54	14.83	11.26	12.67	13.32
塑性指数		12.81	12.91	7.62	9.96	14.37	17.24	6.73	13.44
透水係数 (cm/s)		3.0E-06	3.3E-04	-	-	8.0E-06	9.0E-06	-	-

試料No.		2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8
初期含水比 (%)		4.6	5.6	4.3	2.4	5.6	3.5	4.9	7.7
土粒子密度 (g/cm ³)		2.643	2.647	2.610	2.600	2.596	2.643	2.849	2.700
通過質量 百分率 (%)	礫分	13.8	15.9	18.0	3.5	2.3	33.3	33.5	0.5
	砂分	56.5	26.5	30.8	62.1	20.5	41.6	51.7	28.7
	シルト分	10.3	21.8	21.8	17.2	17.2	12.5	7.6	35.8
	粘土分	19.4	35.8	29.4	17.2	60.0	12.6	7.2	35.0
液性限界 (%)		22.5	26.6	26.5	15.6	35.5	19.1	23.6	35.8
塑性限界 (%)		13.3	11.9	11.1	12.8	12.0	10.3	10.9	12.5
塑性指数		9.2	14.7	15.4	2.8	23.5	8.8	12.7	23.3
透水係数 (cm/s)		-	-	7.3E-05	1.5E-04	-	-	1.4E-05	2.2E-05

網掛け: 変状のなかった地点

太字・斜体: 砂礫 50%程度以上含有

表 4-2 物理・透水試験結果一覧(③、④地区)

試料No.		3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6	3-7	3-8
初期含水比 (%)		25.3	23.3	8.3	7.9	8.4	7.5	9.5	12.8
土粒子密度 (g/cm ³)		2.732	2.657	2.738	2.713	2.852	2.661	2.591	2.727
通過質量百分率 (%)	礫分	2.0	1.8	3.8	1.9	25.6	37.7	17.4	5.7
	砂分	11.5	6.6	27.9	5.5	45.3	39.0	48.3	58.9
	シルト分	19.5	21.5	28.3	28.6	12.1	13.0	19.0	17.4
	粘土分	67.0	70.1	40.0	64.0	17.0	10.3	15.3	18.0
液性限界 (%)		68.3	79.5	35.8	46.0	30.0	29.0	32.8	30.8
塑性限界 (%)		19.6	21.9	14.7	23.1	13.4	16.2	19.0	13.7
塑性指数		48.6	57.6	21.1	22.9	16.6	12.8	13.7	17.0
透水係数 (cm/s)		-	-	2.6E-05	1.2E-05	-	3.0E-06	-	4.6E-05

試料No.		4-1	4-2	4-3	4-4	4-5	4-6	4-7	4-8
初期含水比 (%)		6.0	5.8	9.2	4.2	7.9	3.3	4.1	3.8
土粒子密度 (g/cm ³)		2.643	2.662	2.742	2.651	2.628	2.683	2.619	2.706
通過質量百分率 (%)	礫分	6.8	12.4	36.3	11.7	8.7	4.2	12.0	1.6
	砂分	20.8	25.5	27.6	36.1	10.4	38.8	47.4	22.2
	シルト分	44.4	40.4	10.9	25.6	23.9	23.0	16.6	22.7
	粘土分	28.0	21.7	25.2	26.6	57.0	34.0	24.0	53.5
液性限界 (%)		25.5	22.0	48.8	23.5	46.5	31.0	28.0	41.5
塑性限界 (%)		13.3	14.2	20.7	11.8	16.1	14.9	11.7	16.1
塑性指数		12.2	7.8	28.1	11.7	30.4	16.1	16.4	25.4
透水係数 (cm/s)		-	2.0E-07	5.0E-06	2.0E-07	4.0E-06	-	-	-

網掛け: 変状のなかった地点

太字・斜体: 砂礫 50%程度以上含有

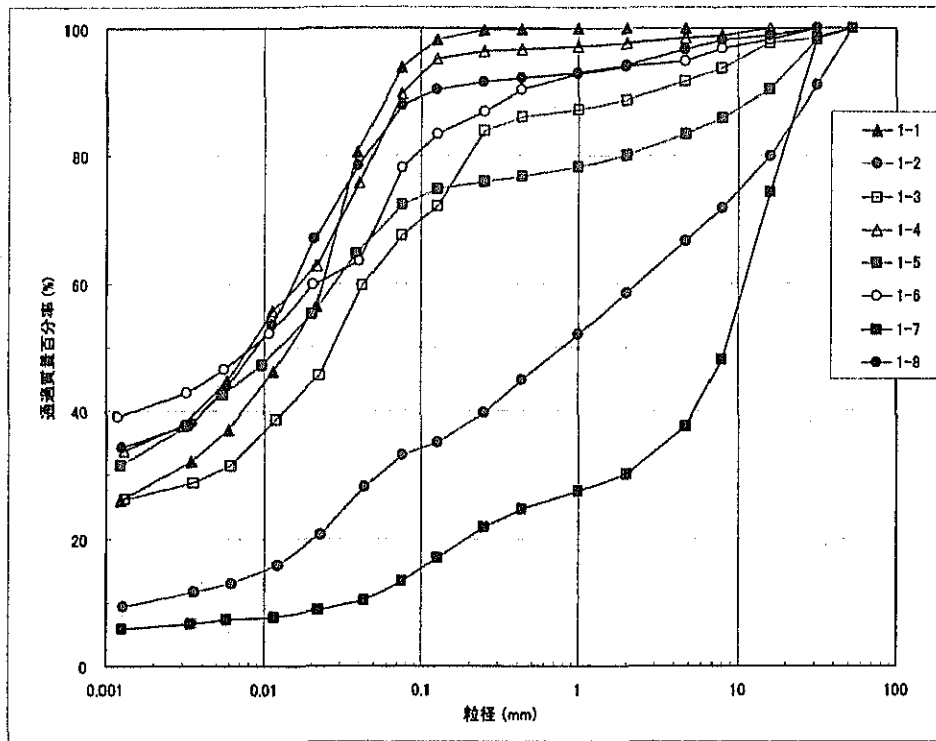


図 4-1 粒径加積曲線(①地区)

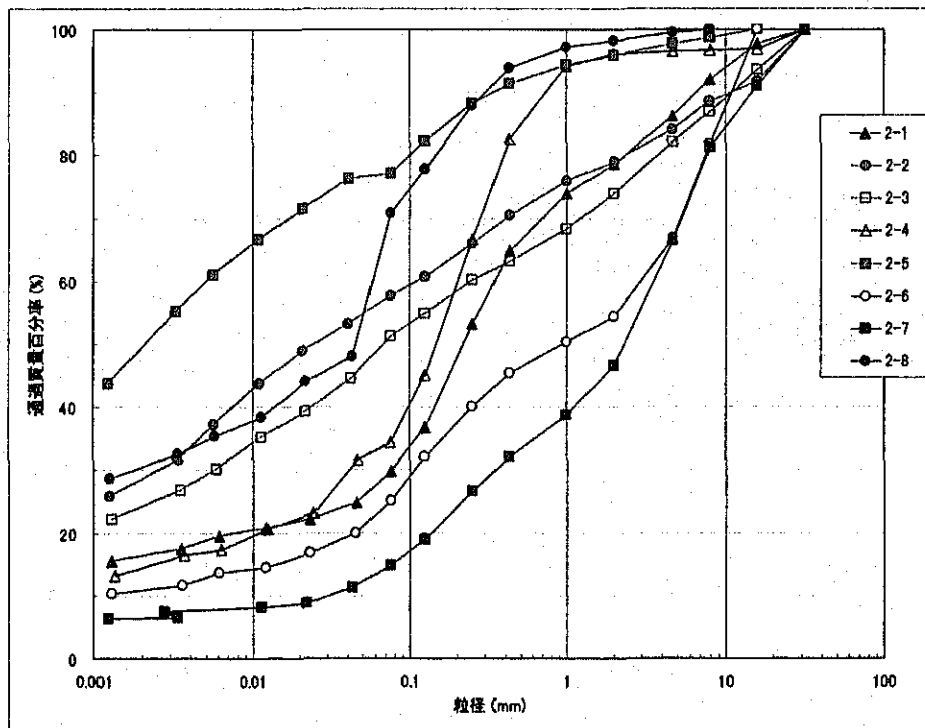


図 4-2 粒径加積曲線(②地区)

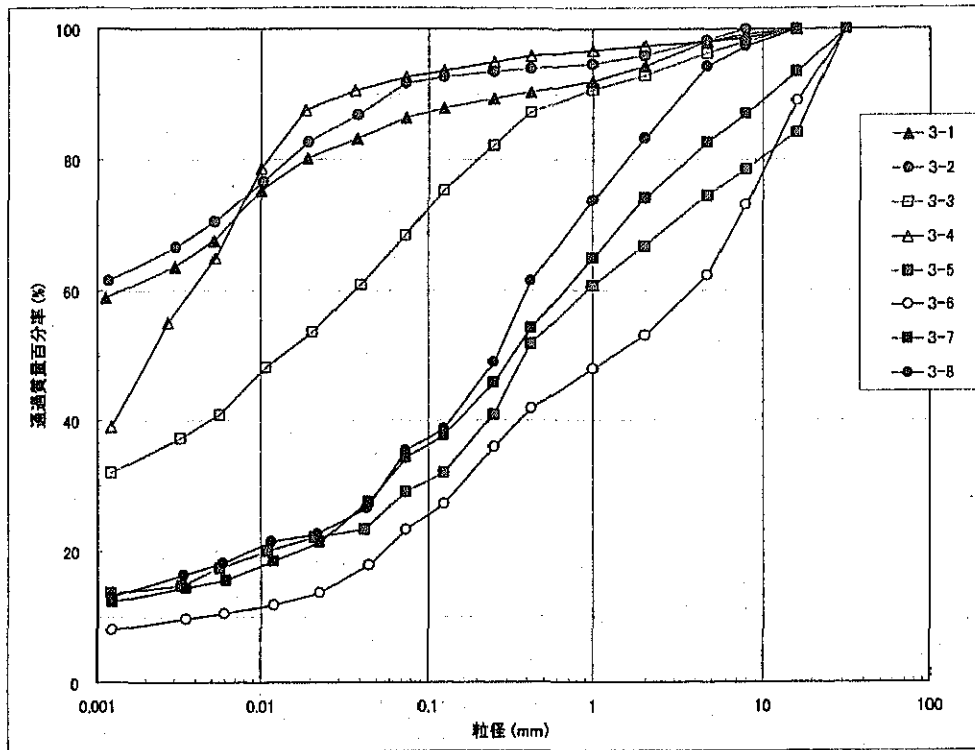


図 4-3 粒径加積曲線(③地区)

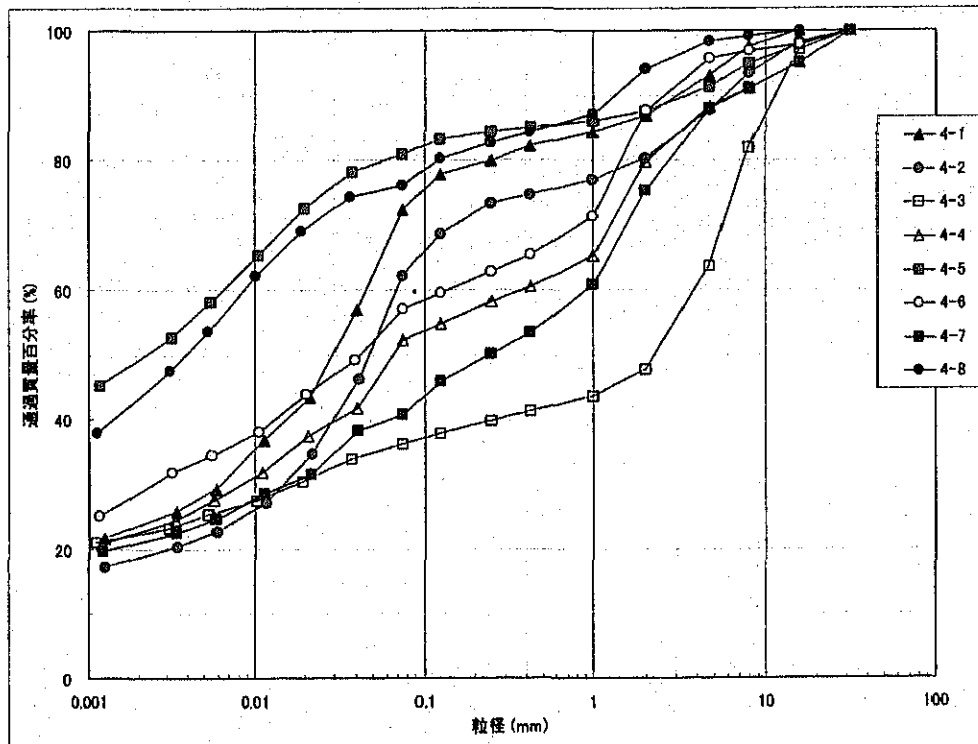


図 4-4 粒径加積曲線(④地区)

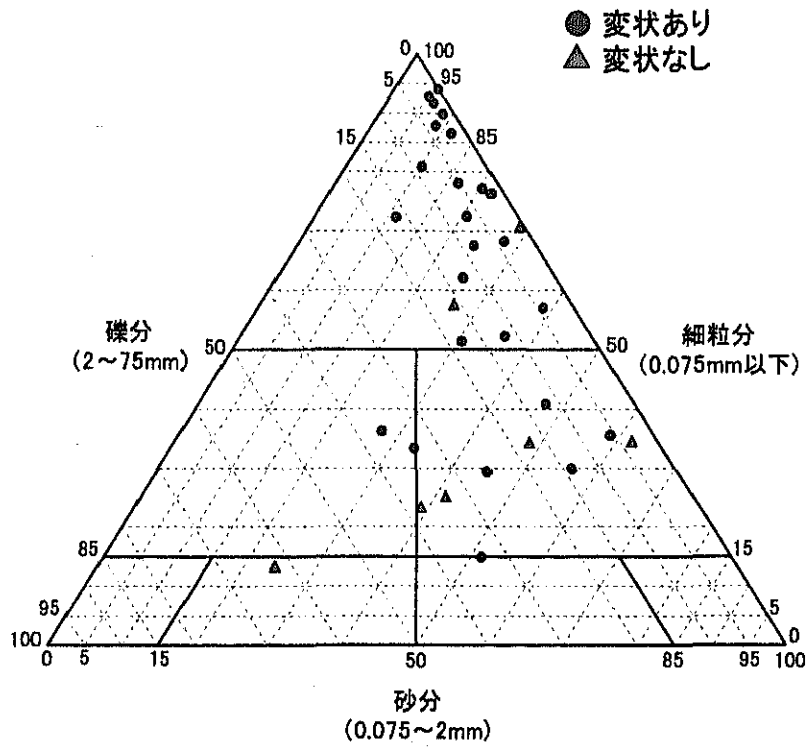


図 4-5 三角座標表記による粒度分布

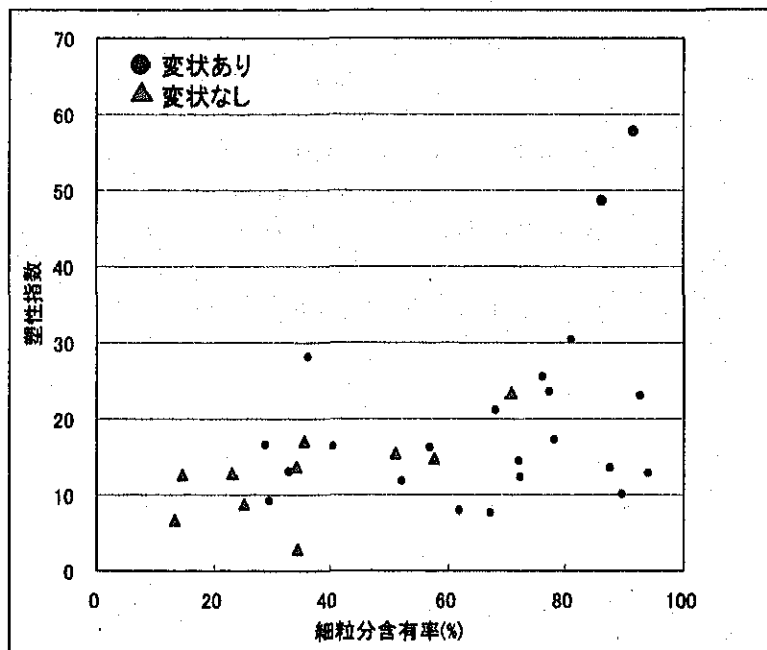


図 4-6 細粒分含有率-塑性限界の関係

4.1.2 締固め試験結果

締固め試験結果は表 4-3 に示す通りである。

締固め試験においては、最大乾燥密度、最適含水比共に試料によりかなり異なった数値を示す結果であった。粒度試験結果においても、細粒分含有率が 20%以下から 80%以上までとかなり異なった試料が分布していたことから、締固め試験結果がこのように開きのある結果になったと考えられる。

例えば、Areal だけにおいても最大乾燥密度が 1.657~2.083 とかなりの相違があるように、近隣の沿線であっても締固め特性がかなり異なっていることから、施工時の厳密な品質管理（締固め密度管理）が困難であると考えられる。

このような材料の相違が盛土品質のばらつきを発生させている可能性が考えられるが、試料採取時に確認した被災状況と比較すると、施工時の締固め密度が低くなる可能性のある最大乾燥密度の高い位置に被災が集中している状況は認められない。

しかし、被災のなかった箇所の大半には、被害の発生しにくい可能性がある砂礫質の試料(最大乾燥密度の高い)が分布している。そこで、細粒分が多い表中の太字・斜体以外の地点にのみ注目してみると、どの地区においても最大乾燥密度に 0.15~0.2 程度の格差を生じており、場合によっては締固め度に 10%程度の相違が生じる可能性があることが分かった。

以上のことから、試料の分散性の他にも、施工時の密度にばらつきが生じている可能性と、そのばらつきによる被災の可能性も考えなければいけないと判断する。

表 4-3 締固め試験結果一覧

試料 No.	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8
最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.683	1.745	1.804	1.760	1.774	1.657	2.083	1.754
最適含水比 (%)	16.3	15.0	11.2	13.2	12.8	18.7	9.5	14.8
試料 No.	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8
最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.959	1.777	1.862	1.982	1.680	2.083	2.145	1.817
最適含水比 (%)	10.1	14.5	10.3	8.1	16.6	9.5	8.5	12.8
試料 No.	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6	3-7	3-8
最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.573	1.543	1.703	1.558	1.789	1.852	1.686	1.705
最適含水比 (%)	22.1	27.4	15.0	16.7	15.8	12.3	16.1	15.0
試料 No.	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5	4-6	4-7	4-8
最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.800	1.816	1.675	1.953	1.730	1.912	2.021	1.764
最適含水比 (%)	13.3	13.0	19.0	12.1	15.6	10.5	9.8	13.3

網掛け: 変状のなかった地点

太字・斜体: 砂礫 50%程度以上含有

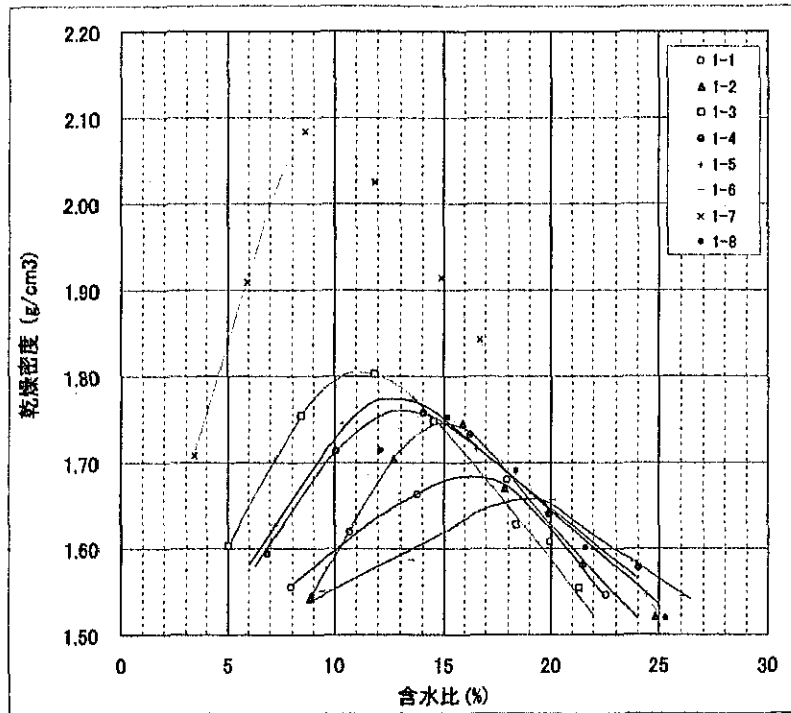


図 4-7 締固め曲線(①地区)

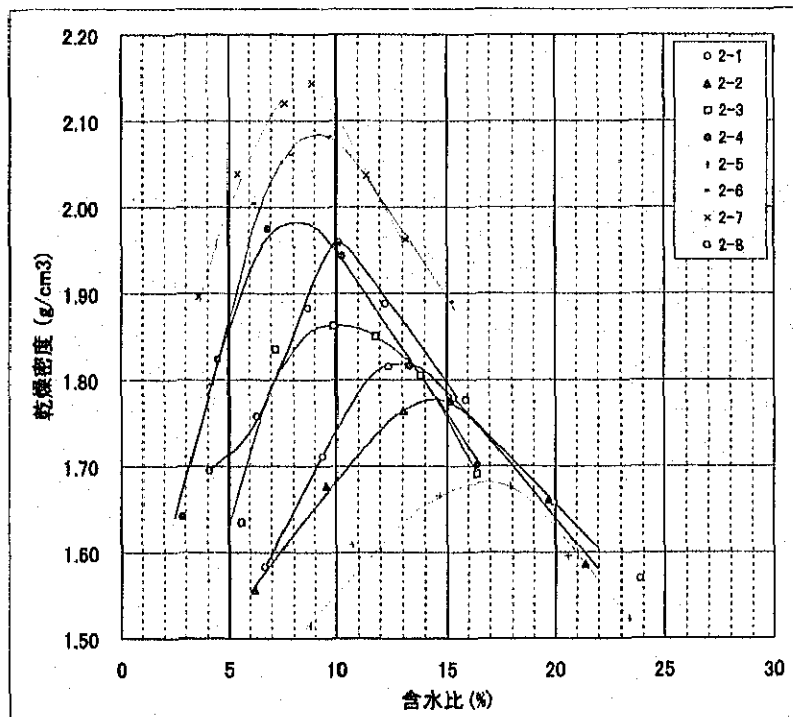


図 4-8 締固め曲線(②地区)

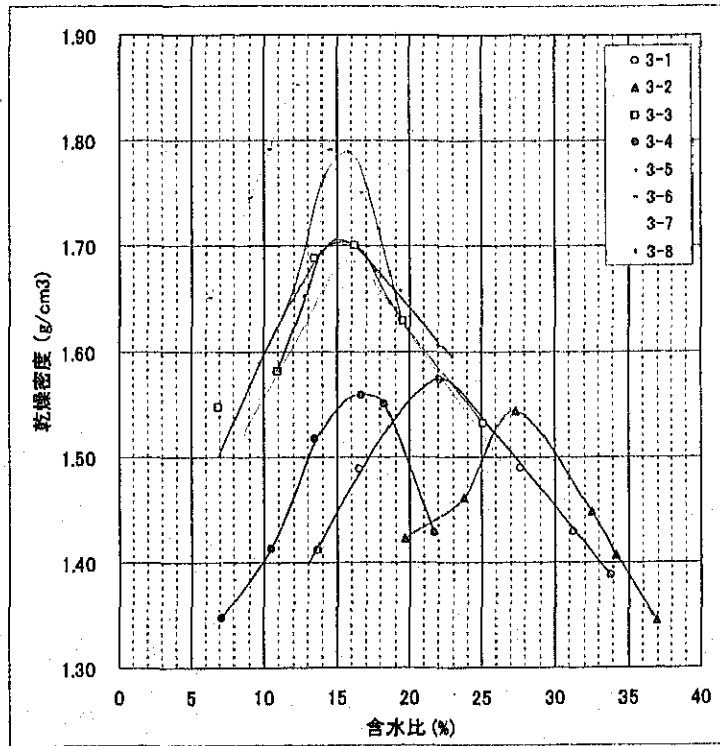


図 4-9 締固め曲線 (③地区)

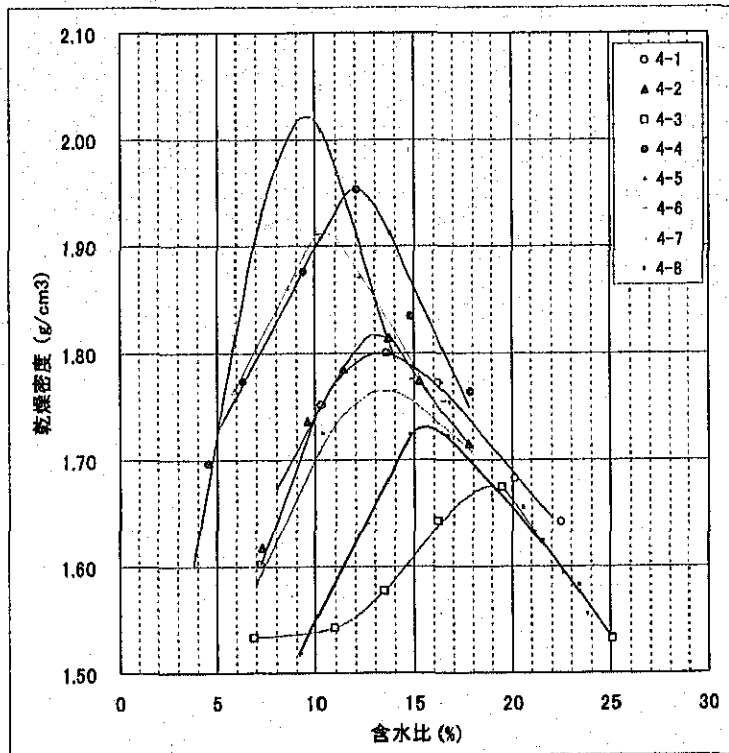


図 4-10 締固め曲線 (④地区)

4.2 分散性判定試験

4.2.1 クラム試験結果

クラム試験結果は表 4-4 に示す通りである。

試験結果からは被災の有無とクラム試験による分散性判定結果に明確な相関性は認められなかった。

なお、物理試験結果から試験適用外と判定されたNo.1・7 は分散性と判定されたが、粘土分が少なく塑性指数も低かったことから適用外と判定されたものの、含有されている粘土分自体は分散性があるものと考えられる。したがって、No.1・7 は分散性土の含有量が少ないことで被災が認められなかったものと考えられる。

また、試験法には「クラム試験で分散性を判定できない土はあるが、クラム試験で分散性と判定された土はほぼ分散性土である」と記載があり、試験結果においても、変状の認められた地点で非分散性と判定されたものが多く認められることから、クラム試験は万能ではないものの、非常に簡単な試験であるため、分散性の指標を得る第一段階の試験として有効な試験法であると考ええる。

このように、他の分散性判定試験もそれぞれに万能ではないことから、数種の分散性判定試験結果を参考に最終的な判定を下す必要があることが分かる。

表 4-4 クラム試験結果一覧

地区	試料No.	高分散性 Grade 4	分散性 Grade 3	中性 Grade 2	非分散性 Grade 1
①	1-1				○
	1-2				○
	1-3		○		
	1-4	○			
	1-5	○			
	1-6				○
	1-7		○		
	1-8	○			
②	2-1		○		
	2-2				○
	2-3	○			
	2-4				○
	2-5	○			
	2-6			○	
	2-7				○
	2-8	○			
③	3-1				○
	3-2				○
	3-3				○
	3-4			○	
	3-5				○
	3-6				○
	3-7				○
	3-8				○
④	4-1	○			
	4-2		○		
	4-3				○
	4-4			○	
	4-5				○
	4-6				○
	4-7			○	
	4-8				○

網掛け: 変状のなかった地点

太字・斜体: 砂礫 50%程度以上含有

4.2.2 ダブルハイドロメータ試験結果

ダブルハイドロメータ試験結果は表 4-5 に示す通りである。

試験結果より、変状が確認されなかった地点から採取された 10 試料の内、6 試料は非分散性と判定されたが、4 試料は分散性と判定される結果となった。一方、被災が確認された地点から採取された 22 試料の内、16 試料が分散性、2 試料が中性、2 試料が非分散性と判定され、分散性、中性を併せるとやく割に相当する 18 試料が「非分散性ではない」と判定されたことになる。

ただし、変状が確認されなかった地点の内、②地区は 2000 年の大洪水被害を受けていない地区であり、他の地区に比較して、分散性土であっても被災が認められない可能性が高い。

したがって、①、③、④地区での判定に注目すると、ダブルハイドロメータ試験は被災を受ける可能性のある分散性試料の判定には比較的有効な指標を得ることのできる試験であると考えられる。

ただし、当試験は沈降分析試験において、分散剤を添加するかしないかで検出される粘土分に応じてどれだけの相違が生じるかに着目した試験であるため、分散性土でなくても団粒化し難い試料であれば分散性と判定されてしまうという危険性は含んでいる。

表 4-5 ダブルハイドロメータ試験結果一覧

地区	試料No.	A値	B値	分散率 D _p (%)	分散性 [D _p ≥50%]	中性 [50%>D _p >30%]	非分散性 [D _p ≤30%]	備 考
①	1-1	20.0	34.0	58.8	○			
	1-2	0.0	-	0.0			○	5μm以下のA値が計測されなかったため
	1-3	18.0	30.0	60.0	○			
	1-4	38.0	42.0	90.5	○			
	1-5	37.5	40.0	93.8	○			
	1-6	34.0	45.0	75.6	○			
	1-7	0.0	-	0.0			○	5μm以下のA値が計測されなかったため
	1-8	43.0	42.0	102.4	○			
②	2-1	0.0	-	0.0			○	5μm以下のA値が計測されなかったため
	2-2	42.0	35.0	120.0	○			
	2-3	19.0	28.0	67.9	○			
	2-4	0.0	-	0.0			○	5μm以下のA値が計測されなかったため
	2-5	32.0	58.0	55.2	○			
	2-6	0.0	-	0.0			○	5μm以下のA値が計測されなかったため
	2-7	0.0	-	0.0			○	5μm以下のA値が計測されなかったため
	2-8	43.0	34.0	126.5	○			
③	3-1	30.0	66.0	45.5		○		
	3-2	36.0	69.0	52.2	○			
	3-3	0.0	-	0.0			○	5μm以下のA値が計測されなかったため
	3-4	36.0	60.0	60.0	○			
	3-5	12.0	16.0	75.0	○			
	3-6	0.0	-	0.0			○	5μm以下のA値が計測されなかったため
	3-7	0.0	-	0.0			○	5μm以下のA値が計測されなかったため
	3-8	13.5	17.5	77.1	○			
④	4-1	30.0	27.5	109.1	○			
	4-2	19.5	22.0	88.6	○			
	4-3	9.5	24.0	39.6		○		
	4-4	22.5	26.0	86.5	○			
	4-5	0.0	-	0.0			○	5μm以下のA値が計測されなかったため
	4-6	24.5	34.0	72.1	○			
	4-7	22.0	24.0	91.7	○			
	4-8	50.0	51.0	98.0	○			

網掛け: 変状のなかった地点

太字・斜体: 砂礫 50%程度以上含有

4.2.3 ピンホール試験結果

ピンホール試験結果を表 4-6 に示す通りである。

試験結果からは被災の有無とピンホール試験による分散性判定結果に明確な相関性は認められなかった。

全 32 試料中僅かに 6 試料のみが分散性と判定される結果となったが、ピンホール試験は供試体に開けた直径 1mm のピンホールに、水頭差を変化させながら数分間（最短 5 分、最長 20 分）通水する過程で、初期の 10 分以内に濁りのある排出水が観察された場合に分散性と判定されるため、かなり流出しやすい試料のみが分散性と判定されるものと考ええる。

したがって、本調査で対象とした地区の土は、分散性を有していたとしても即時的に流出するものではなく、洪水時のある程度恒常的に水浸するような状況においてのみ流出するのではないかと考える。

これまでに記したクラム試験やダブルハイドロメータ試験による分散性判定のように、被災が確認されなかった地点の試料を分散性と判定する結果がなかったことから、ピンホール試験で分散性と判定された試料は高い分散性を有しているのではないかと考える。

表 4-6 ピンホール試験結果一覧

地区	試料No.	分散性		中性		非分散性	
		D1	D2	ND4	ND3	ND2	ND1
①	1-1		○				
	1-2						○
	1-3		○				
	1-4		○				
	1-5		○				
	1-6						○
	1-7			○			
	1-8						○
②	2-1						○
	2-2					○	
	2-3						○
	2-4					○	
	2-5						○
	2-6						○
	2-7					○	
	2-8		○				
③	3-1						○
	3-2						○
	3-3						○
	3-4						○
	3-5						○
	3-6						○
	3-7						○
	3-8						○
④	4-1		○				
	4-2		○				
	4-3						○
	4-4						○
	4-5						○
	4-6						○
	4-7						○
	4-8						○

網掛け: 変状のなかった地点

太字・斜体: 砂礫 50%程度以上含有

4.2.4 化学分析試験結果

土中間隙水に含有される陽イオン量を計測した結果は表 4-7、図 4-11～図 4-14 に示す通りである。

試験結果からは被災の有無とピンホール試験による分散性判定結果に明確な相関性は認められなかった。

なお、化学分析試験結果からは、全ての試料が非分散性と判定される結果となったことから、化学分析試験から分散性の判定を行うことはかなり困難であると考えられる。

参考として日本国内の試料における化学分析試験結果の例を表 4-8 に、比較用に表 4-7 における単位を「meq/L」から「mg/g」へ変換したものを

表 4-9 に示す。

これらの数値を比較すると、カンボジアと日本の土壌では、今回試験を行った 4 つの陽イオンの内、Ca²⁺以外の陽イオンについては、平均的にカンボジアの土の方が多く含有していることが分かる。

表 4-7 化学分析試験結果一覧

地区	試料No.	陽イオン量 (meq/L)				TDS (meq/L)	PS (%)	分散性 Zone A	中性 Zone B	非分散性 Zone C
		Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺					
①	1-1	0.035	0.088	0.080	0.024	0.204	16.9			○
	1-2	0.059	0.078	0.053	0.025	0.214	27.7			○
	1-3	0.048	0.071	0.017	0.020	0.156	30.9			○
	1-4	0.112	0.065	0.014	0.021	0.212	52.8			○
	1-5	0.111	0.068	0.045	0.023	0.247	44.9			○
	1-6	0.164	0.061	0.019	0.017	0.261	62.7			○
	1-7	0.093	0.042	0.015	0.024	0.174	53.4			○
	1-8	0.109	0.093	0.036	0.023	0.261	42.0			○
②	2-1	0.027	0.075	0.018	0.022	0.142	19.0			○
	2-2	0.026	0.028	0.021	0.011	0.085	30.0			○
	2-3	0.100	0.032	0.031	0.020	0.182	54.8			○
	2-4	0.010	0.006	0.023	0.005	0.045	23.0			○
	2-5	0.100	0.046	0.021	0.018	0.185	53.9			○
	2-6	0.030	0.019	0.019	0.016	0.084	35.9			○
	2-7	0.113	0.019	0.018	0.016	0.166	68.0			○
	2-8	0.103	0.013	0.015	0.019	0.150	68.4			○
③	3-1	0.107	0.060	0.084	0.026	0.277	38.7			○
	3-2	0.111	0.053	0.131	0.025	0.320	34.6			○
	3-3	0.121	0.031	0.030	0.024	0.206	58.8			○
	3-4	0.037	0.043	0.037	0.024	0.141	25.9			○
	3-5	0.116	0.037	0.048	0.025	0.226	51.2			○
	3-6	0.122	0.034	0.134	0.003	0.292	41.6			○
	3-7	0.086	0.054	0.057	0.025	0.222	39.0			○
	3-8	0.088	0.045	0.079	0.027	0.238	36.9			○
④	4-1	0.093	0.050	0.017	0.022	0.182	51.2			○
	4-2	0.143	0.041	0.018	0.021	0.223	64.4			○
	4-3	0.088	0.024	0.015	0.017	0.145	60.5			○
	4-4	0.130	0.038	0.013	0.019	0.197	65.8			○
	4-5	0.086	0.026	0.011	0.013	0.135	63.5			○
	4-6	0.130	0.019	0.019	0.020	0.188	69.3			○
	4-7	0.102	0.041	0.013	0.018	0.174	58.7			○
	4-8	0.104	0.071	0.019	0.023	0.217	47.8			○

網掛け: 変状のなかった地点

太字・斜体: 砂礫 50%程度以上含有

$$\text{Percentage Sodium(PS)} = \frac{\text{Na}^+ \times 100}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+}$$

$$\text{Total Dissolved Salts(TDS)} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+$$

表 4-8 日本における化学分析試験結果例

試料名	採取場所	陽イオン量 (mg/g)			
		Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
ローム	日立市	0.052	0.013	0.059	0.008
ローム	千代田区	0.012	0.013	0.180	0.030
腐植土	彦根市	0.110	0.019	0.009	0.001
泥岩	大磯町	0.620	0.130	0.029	0.010
まさ土	大津市	0.010	0.001	0.002	0.000
黒ぼく	清瀬市	0.008	0.010	0.053	0.022
水底土	中海	16.000	0.880	0.420	1.400
沖積粘土	倉吉市	0.037	0.022	0.019	0.002
沖積粘土	品川区	0.540	0.140	0.031	0.023
沖積粘土	大阪湾	6.600	0.630	0.090	0.260
泥岩	東京都	0.099	0.028	0.860	1.600
有機質粘土	横浜市	0.076	0.006	0.082	0.038

土質試験の方法と解説【地盤工学会】より

表 4-9 化学分析試験結果の(mg/g)表記

地区	試料No.	陽イオン量 (mg/g)			
		Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
①	1-1	0.079	0.334	0.120	0.144
	1-2	0.136	0.298	0.106	0.153
	1-3	0.111	0.279	0.033	0.119
	1-4	0.514	0.253	0.028	0.129
	1-5	0.510	0.266	0.090	0.139
	1-6	0.376	0.240	0.039	0.102
	1-7	0.214	0.164	0.031	0.145
	1-8	0.503	0.362	0.071	0.140
②	2-1	0.082	0.292	0.036	0.135
	2-2	0.059	0.109	0.041	0.067
	2-3	0.459	0.123	0.063	0.119
	2-4	0.024	0.025	0.047	0.031
	2-5	0.230	0.182	0.041	0.111
	2-6	0.070	0.073	0.039	0.098
	2-7	0.259	0.074	0.036	0.098
	2-8	0.473	0.051	0.031	0.118
③	3-1	0.493	0.233	0.843	0.159
	3-2	0.508	0.207	0.263	0.152
	3-3	0.279	0.122	0.080	0.145
	3-4	0.084	0.170	0.074	0.148
	3-5	0.266	0.146	0.096	0.154
	3-6	0.280	0.133	0.269	0.156
	3-7	0.397	0.209	0.114	0.150
	3-8	0.404	0.177	0.158	0.162
④	4-1	0.428	0.197	0.033	0.131
	4-2	0.659	0.159	0.036	0.126
	4-3	0.202	0.096	0.031	0.106
	4-4	0.299	0.140	0.025	0.116
	4-5	0.395	0.101	0.022	0.076
	4-6	0.299	0.073	0.039	0.119
	4-7	0.234	0.162	0.025	0.108
	4-8	0.477	0.276	0.039	0.143

網掛け: 変状のなかった地点

太字・斜体: 砂礫 50%程度以上含有

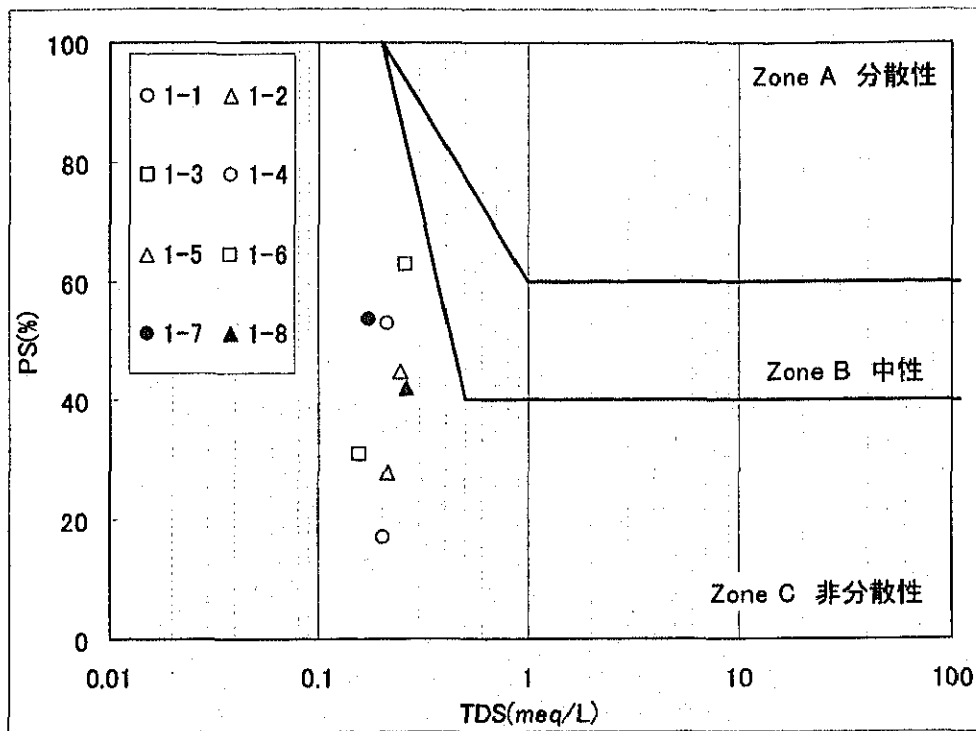


図 4-11 化学分析試験による TDS-PS 関係 (①地区)

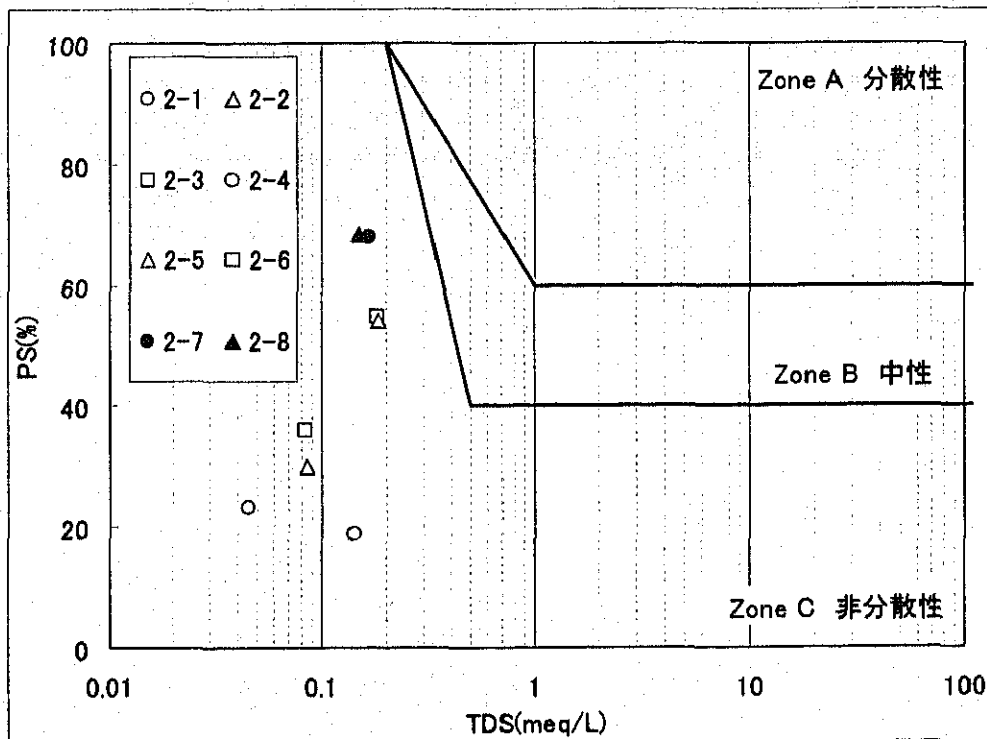


図 4-12 化学分析試験による TDS-PS 関係 (②地区)

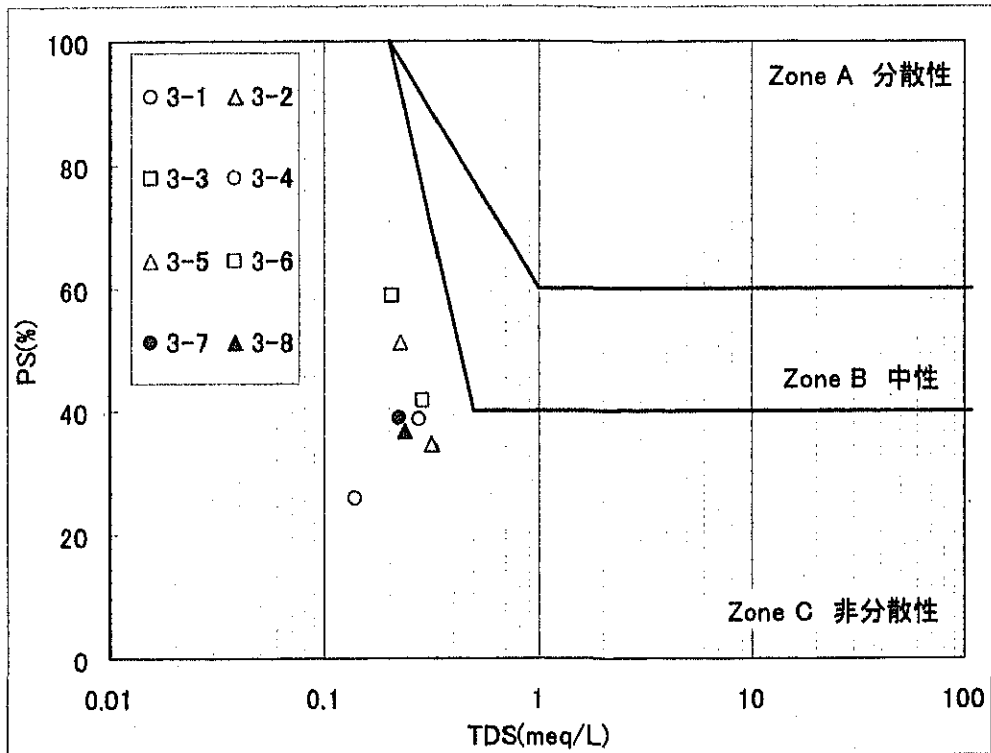


図 4-13 化学分析試験による TDS-PS 関係 (③地区)

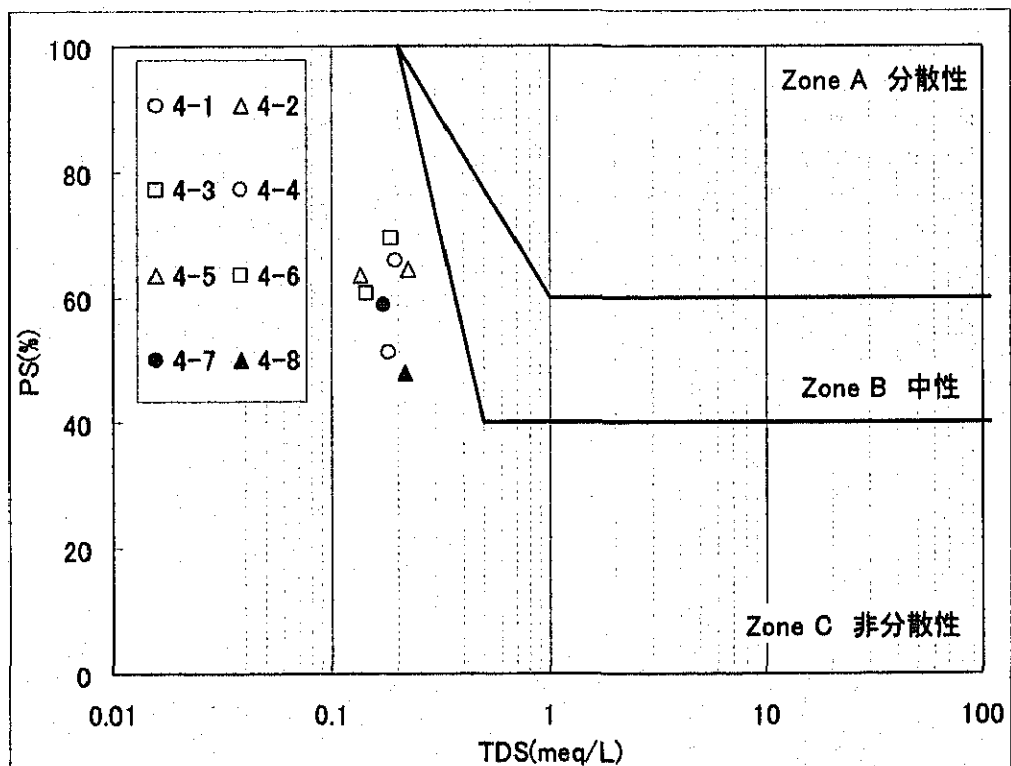


図 4-14 化学分析試験による TDS-PS 関係 (④地区)

4.3 分散性の判定

ここでは、分散性判定のために実施した4種の試験結果から総合的に分散性を判定する。
なお、最終的な分散性の判定は以下の基準で行った。

- ・ どれか1つの試験でも分散性と判定された試料は分散性とする
- ・ 全ての試験で非分散性と判定されたものは非分散性とする
- ・ 2つ以上の試験で中性、残りの試験で非分散性と判定されたものは中性とする
- ・ 1つの試験で中性、残りの3試験で非分散性と判定されたものは非分散性とする

上記の基準に従い試料の分散性判定を行った結果を表 4-10 に示す。

判定結果と試料採取時の被災の有無との相関性を見てみると、被災が確認されなかった地点の試料が分散性である場合、被災が確認された地点の試料が非分散性である場合の双方のケースあり、「分散性土が分布していれば被災を受ける」というような明確な相関性を確認することはできない。

ただし、試料採取時に被災が確認された22試料の内19試料が「分散性」もしくは「中性」と判定されたように、被災が確認された地点には分散可能性のある土が分布している可能性が高いことが確認できた。

また、2000年の大洪水による冠水の影響がほとんどなかった②地区の試料の内、被災が確認されなかった地点にも分散性土が分布していることが明らかとなったため、今後の災害で冠水するようなことがあった場合には、②地区においても被災する可能性があると考えられる。

表 4-10 分散性の総合判定

地区	試料No.	コラム試験				ダブルハンドロメータ試験			ピンホール試験				化学分析			判定		試料No.	地区		
		高分散性 Grade 4	分散性 Grade 3	中性 Grade 2	非分散性 Grade 1	分散性 ($D_{15} \geq 50\%$)	中性 ($50\% > D_{15} > 30\%$)	非分散性 ($D_{15} \leq 30\%$)	分散性 D1	D2	ND4	ND3	ND2	ND1	分散性 Zone A	中性 Zone B	非分散性 Zone C			分散性	中性
①	1-1				○				○									●		1-1	①
	1-2				○				○									●		1-2	
	1-3																			1-3	
	1-4																			1-4	
	1-5		○																	1-5	
	1-6		○																	1-6	
	1-7				○					○										1-7	
	1-8		○																	1-8	
②	2-1			○																2-1	②
	2-2				○						○									2-2	
	2-3		○																	2-3	
	2-4										○									2-4	
	2-5		○																	2-5	
	2-6																			2-6	
	2-7				○							○								2-7	
	2-8		○																	2-8	
③	3-1																			3-1	③
	3-2																			3-2	
	3-3																			3-3	
	3-4																			3-4	
	3-5																			3-5	
	3-6																			3-6	
	3-7																			3-7	
	3-8																			3-8	
④	4-1		○																	4-1	④
	4-2			○																4-2	
	4-3																			4-3	
	4-4																			4-4	
	4-5																			4-5	
	4-6																			4-6	
	4-7																			4-7	
	4-8																			4-8	

網掛け: 変状のなかつた地点
太字・斜体: 砂礫50%程度以上含有