

土 木 研 究 所 資 料

発泡スチロールを用いた軽量盛土の 設計・施工マニュアル

平成4年3月

建設省土木研究所
土 質 研 究 室
動 土 質 研 究 室

Copyright ©(1992) by P. W. R. I.

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

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

発泡スチロールを用いた軽量盛土の 設計・施工マニュアル

機械施工部	部 長	久 楽 勝 行
機械施工部土質研究室	室 長	三 木 博 史
	研究員	青 山 憲 明
機械施工部動土質研究室	室 長	古 賀 泰 之
	研究員	古 関 潤 一

要 旨

本マニュアルは、盛土用新材料として注目されている発泡スチロールを軟弱地盤や地すべり地での盛土、橋台や擁壁の裏込めに利用するための設計、施工法の技術的な標準を示したものである。

キーワード：軽量盛土，発泡スチロール，軟弱地盤対策，地すべり対策，作用土圧低減

ま え が き

発泡スチロールは密度が $0.02 \sim 0.04 \text{ t/m}^3$ と土に比べて $1/50 \sim 1/100$ と超軽量で、強度、耐性、施工法にも優れた材料であり、盛土用新材料として注目されている。このような大型の発泡スチロールブロックを盛土本体に用いると、盛土の自重を軽くすることができ、通常の盛土に比べて地盤へ与える影響を極力少なくすることができる。また、擁壁や橋台の背面の裏込め材として用いると、構造物に作用する荷重の低減や壁面に作用する土圧の低減にも役立つものである。

一方、我が国では軟弱層の厚い超軟弱地盤、地すべり地あるいは山岳地などの急峻な地形に道路盛土を築造したり、あるいは都市内で用地幅が制限され、しかも既設構造が近接している箇所で盛土を築造することが多くなっており、以前にも増して土構造物の安定性の向上や、周辺地盤への影響を少なくすることが重要な問題となってきた。

このため、発泡スチロールによる超軽量盛土法が多いに注目されているものの、その利用技術は十分確立されているとはいえない。そこで、発泡スチロールの工学的性質を解明して、合理的な設計、施工法を行うためのマニュアルの整備が望まれる。

本報告書は、これまで実施した研究成果や試験施工、施工実績をふまえて、発泡スチロールによる軽量盛土工法の現段階で判明した技術的な事項をまとめて、設計・施工マニュアルとしたものである。

なお、本報告書は昭和63年度から平成4年度にかけて実施している建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業への新素材・新材料の利用技術の開発」のうち、「新材料の超軽量盛土材料への利用技術の開発」について実施したものの成果である。

最後に本設計・施工マニュアルを一つのよりどころに、発泡スチロールによる軽量盛土工法が一層普及していくことを期待するものである。

目 次

まえがき

第1章 総 則	1
1-1 発泡スチロールによる超軽量盛土工法（EPS工法）の定義	1
1-2 利用技術指針の適用範囲	1
1-3 用語の定義	1
1-4 発泡スチロールの利用方法	2
第2章 調 査	5
2-1 一 般	5
2-2 設置箇所の地形、地質、土質調査	5
2-3 発泡スチロール背面の埋戻し材料	5
2-4 周辺条件	5
2-5 施工条件	6
第3章 材 料	7
3-1 一 般	7
3-2 発泡スチロール	7
3-2-1 種類および形状	7
3-2-2 単位体積重量	7
3-2-3 圧縮特性	7
3-2-4 耐熱性、耐火性	14
3-2-5 耐 久 性	15
3-3 その他の部材	17
第4章 設 計	19
4-1 荷 重	19
4-1-1 荷重の種類	19
4-1-2 土圧および水圧	19
4-1-3 上載荷重	19
4-1-4 自 重	20
4-1-5 発泡スチロールの側圧	20
4-1-6 浮 力	20

4-1-7	地震力	20
4-2	軟弱地盤上の盛土におけるEPS工法	22
4-2-1	概説	22
4-2-2	設計手順	22
4-2-3	設計荷重	24
4-2-4	地盤の沈下検討	25
4-2-5	地盤の安定検討	26
4-2-6	浮き上がりの検討	27
4-2-7	舗装	28
4-2-8	発泡スチロール部材の応力の検討	29
4-3	擁壁、橋台背面の裏込め材としてのEPS工法	31
4-3-1	概説	31
4-3-2	設計手順	31
4-3-3	設計荷重	31
4-3-4	安定計算	35
4-4	地すべり地の盛土におけるEPS工法	36
4-4-1	概説	36
4-4-2	設計手順	37
4-4-3	設計荷重	37
4-4-4	安定検討	37
第5章	耐震設計	40
5-1	一般	40
5-2	応答加速度の予測	41
5-3	安定性の照査	42
5-4	発泡スチロール盛土の留意点	43
第6章	施工法	47
6-1	一般	47
6-2	準備工	48
6-3	掘削工	48
6-4	排水工	50
6-5	基礎工	50
6-6	発泡スチロールの搬入・仮置き	53
6-7	発泡スチロール設置工	55

6-8	コンクリート床版工	59
6-9	壁面工	60
6-10	のり面工	63
6-11	付帯工	65
第7章	設計計算例	67
7-1	軟弱地盤上の軽量盛土1（交通荷重の影響がない場合）	67
7-2	軟弱地盤上の軽量盛土2（低盛土で交通相当荷重を考慮する場合）	70
7-3	地すべり地の軽量盛土	74
7-4	擁壁背面の裏込め材としての軽量盛土	77
第8章	設計・施工例	85

1-1 発泡スチロールによる軽量盛土工法の定義

発泡スチロールによる軽量盛土工法とは、大型の発泡スチロール（Expanded Poly-Styrol）ブロックを、盛土材料や裏込め材料として土構造物の材料として適用する工法で、材料の超軽量性、耐圧縮性、耐水性およびブロックを積み重ねた時の自立性などの特徴を有効に利用する工法の総称である。

1-2 設計・施工マニュアルの適用範囲

この設計・施工マニュアルは、超軽量材としての発泡スチロール材を盛土（主に軟弱地盤対策や地すべり対策）、擁壁や橋台などの杭土圧構造物の裏込め（作用土圧軽減、軟弱地盤対策）などに使用する場合の設計に必要な事項を取りまとめたものである。

本マニュアルは、以下に示す指針、基準に準拠するものであるので、本マニュアルに規定されていない事項については、その用途に応じて以下の指針、基準に応じて設計するものとする。

- ・道路土工—擁壁・カルバート・仮設構造物工指針（昭和61年11月）
- ・道路土工—のり面工・斜面安定工指針（昭和61年11月）
- ・道路土工—軟弱地盤対策工指針（昭和61年11月）
- ・道路橋示方書・同解説Ⅰ 共通編Ⅳ 下部構造編（平成2年2月）

1-3 用語の定義

本マニュアルの中の用語は、以下のように定義する。

・発泡スチロール材

発泡スチロール材は、ポリスチレン樹脂に発泡材を加えたものを加熱軟化させると同時に、気体を発生させて発泡樹脂とさせたものである。緩衝材、保温材、断熱材として一般的に用いられているが、本マニュアルでは土木材料として使用するブロックあるいはブロック状に加工したものをいう。

・型内発泡法

発泡スチロールの製造法の一つで、予備発泡させたポリスチレンビーズを定められた金型内に入れ、加熱および冷却することにより所定密度の製品とする方法をいう。

・押出發泡法

発泡スチロールの製造法の一つで、高圧下で熔融ポリスチレンに発泡材を注入混合して流動性のゲルを作り、これを大気中に押し出して急速に膨張させ製品とする方法をいう。

・緊結金具

発泡スチロールブロック相互を結合して、ずれないようにする金具。

・基盤層

発泡スチロールブロックの敷設に先だち、ブロック間の隙間の発生を防止し、基礎地盤に荷重を

均一に伝達することを目的として、発泡スチロールブロックと基礎地盤の間に設ける層。一般に粗粒土、ソイルセメント、碎石等を転圧して施工する。

- レベリング層

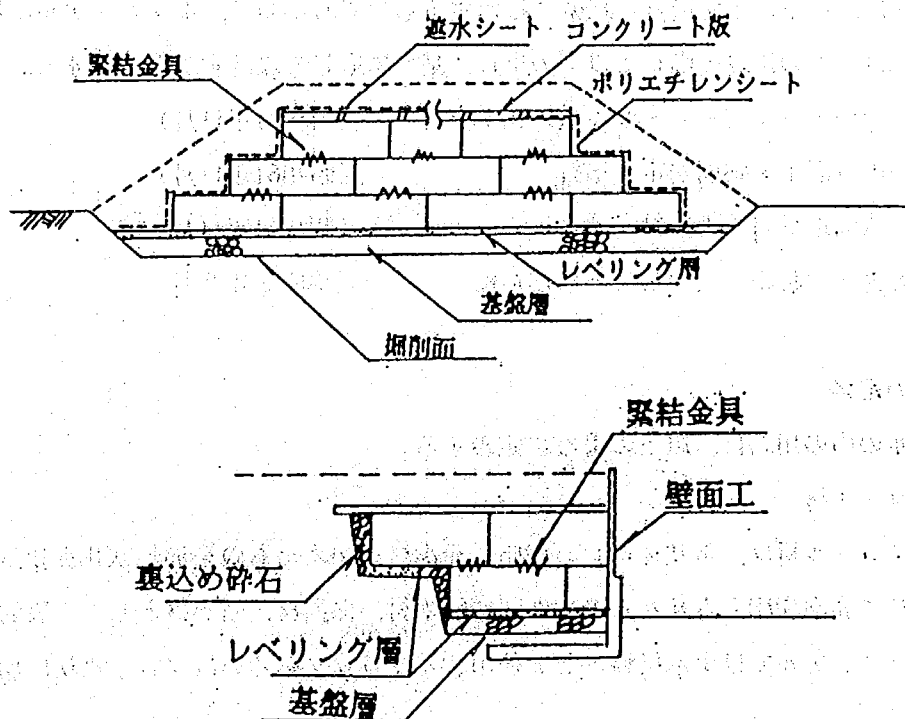
基盤層の最上面あるいは段切り時の裏込め部上面など発泡スチロールブロック設置面の水平度を確保する層で、一般に敷砂によって不陸整正を行う。

- 保護層（材）

発泡スチロールブロックをガソリン、紫外線などから保護するために設けるもので、コンクリート、ポリエチレンシート、遮水シート、鋼板などが使用される。

- 壁面工

壁面工とは、発泡スチロールブロックの自立面を外部からの障害に対して保護する目的で設置する保護壁を示す。



1-4 工法の利用分野

発泡スチロールブロックを盛土材料として用いた工法は、盛土荷重低減および作用土圧の軽減を目的とした土構造物、さらには自立壁や埋設管の基礎など、各種構造物としての適用が可能である。

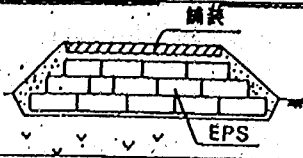
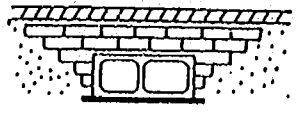
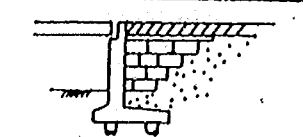
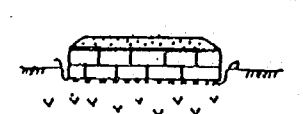
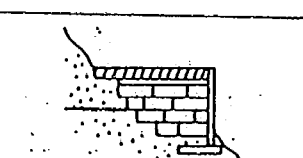
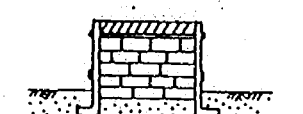
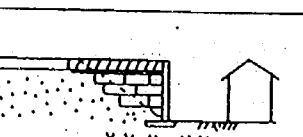
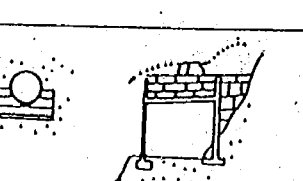
主な適用分野について、表1-1に示す。

〔解説〕

発泡スチロールブロックは軽量性、自立性に優れており、軟弱地盤上の盛土、橋台や擁壁の裏込め、自立壁等に使った場合に発泡スチロールブロックの有効性が発揮される。また、施工の際に大型建設機械が必要としないことから、建設機械の支持力が確保できない場合、重要構造物の近接施工を必

発泡スチロールの主な適用分野を、表 1-1 に示す。これらの用途に対して、本利用マニュアルで対象とするものは、直轄事業での利用頻度が多いと考えられる軟弱地盤上の盛土、橋台や擁壁の裏込め、地すべり地の盛土などであるが、これらの設計は従来から土構造物に対して行われる一般的な設計手法を準用してよいと考えられる。

表1-1 発泡スチロールによる軽量盛土工法の適用分野

用途	模式図	特 長			工法のメリット
		軽量性	自立性	施工性	
軟弱地盤上の盛土		○		○	・沈下の軽減 ・地盤対策の低減 ・維持管理の低減
構造物の埋戻し		○	○		・上載荷重、土圧の軽減 ・構造物部材断面の低減 ・不同沈下の防止
橋台・擁壁の裏込め		○	○		・アバット背面側圧の軽減 ・側方流動圧の軽減 ・段差の防止
仮設道路		○		○	・施工性の向上（工期の短縮） ・地盤処理の低減 ・撤去、復旧の簡易化
急傾斜地の盛土		○	○	○	・すべりに対する安全率の確保 ・すべり対策工の低減 ・用地の減少
自立壁		○	○	○	・最小限の用地の確保 ・壁面構造の簡易化
盛土・造成地の拡幅		○	○	○	・既設構造物への影響緩和 ・引き込み沈下の防止 ・用地の減少
地すべり地の頭部盛土		○		○	・荷重軽減による抑止力の低減 ・すべりに対する安全率の確保
災害復旧盛土		○		○	・盛土の早期復旧 ・仮復旧、本復旧として適用可能
埋設管基礎落石対策		・緩衝性 ・基礎の一体化 ・荷重軽減			・埋設管不同沈下の防止 ・既設構造物への荷重軽減

第 2 章 調 査

2-1 一 般

発泡スチロールを用いた盛土、擁壁や橋台の裏込めなどの発泡スチロールを用いた軽量盛土工法の計画・設計にあたって、次の事項について調査することを原則とする。なお、調査内容および方法については、工事の種類、規模、重要性に応じて決定する。

- ・設置箇所の地形、地質、土質
- ・発泡スチロール背面の埋戻し材料
- ・周辺条件
- ・施工条件

〔解 説〕

調査は対象としている工事の計画、施工さらにはできあがった構造物の維持管理が安全で経済的かつ合理的に行われることを目的として、これらの要件を明らかにするために行うものである。

2-2 設置箇所の地形、地質、土質調査

設置箇所の地盤については、以下の項目を調査する。

- ・表層の性状、傾斜
- ・地盤の土質、支持力、強度
- ・地盤の地下水の有無、水位、浸透水量
- ・地盤の沈下検討に必要な事項（圧密沈下、地震による液状化）

〔解 説〕

設置箇所の地形、地質、土質調査項目は、①基礎支持力の計算に必要な設計定数、②安定の検討に必要な設計定数、③圧密沈下の検討に必要な設計定数、④浮力の計算に必要な設計定数などである。

2-3 発泡スチロール背面の埋戻し材料

埋戻し材料については、以下の項目で調査する。

- ・土圧に影響を及ぼす土の性質（土の分類、単位体積重量、内部摩擦角、粘着力など）

なお、上記項目は、土質試験結果に基づいて定めることを原則とする。

2-4 周辺条件

発泡スチロールを用いた盛土や擁壁の設計にあたっては、施工箇所の地形、地質、土質調査の他に、周辺環境に与える影響や、逆に周辺環境から受ける影響を、完成後ばかりでなく施工中の各種条件も併せて検討しなければならない。

〔解 説〕

発泡スチロールは超軽量であるので、常に浮力に対する検討が必要である。このため、調査は地下水状態はもとより、季節的な降雨・洪水の有無などについても調査が必要であり、洪水により内水が生じる箇所では、発泡スチロールの適用にあたって十分注意する必要がある。また、排水系統についてはよく調査し、発泡スチロールブロックが浮き上がらないような検討を行う必要がある。さらに、周辺構造物の関係については、基礎の状態、荷重に対する影響などについて調査するが、発泡スチロールはガソリンなどの溶液に弱いことから、発泡スチロールに影響を及ぼす施設の有無などについても調査する。

2-5 施工条件

施工にあたっては、作業足場としての地盤、作業空間、埋設物の状況をよく調査して、施工中の安全性の検討、周辺に及ぼす影響の検討を行う。また、施工中に周辺に及ぼす騒音、振動、汚水、粉塵などに対する処置についても検討しておかなければならない。

第 3 章 材 料

3-1 一 般

発泡スチロールによる軽量盛土工法の主要な材料としては、本体となる発泡スチロールブロック、ブロック相互を結合する緊結金具、保護材、基盤材、被覆材、壁体、アンカー材などがある。

3-2 発泡スチロール

3-2-1 種類および形状

発泡スチロールは、製造法により型内発泡法と押出發泡法の2種類があり、これらの標準的なブロックの寸法は以下の通りである。

型内発泡法 長さ 2,000 × 幅 1,000 × 厚さ 500

押出發泡法 長さ 2,000 × 幅 1,000 × 厚さ 100 (単位: mm)

〔解 説〕

ここに示す発泡スチロールブロックの寸法は、現在、国内で土木用に使用されている標準的なものである。発泡スチロールブロックは、製造法によって厚さが異なり、押出發泡法の製品は、厚さが10cmなので、数枚を重ね、結合したブロック体として使用することが多い。

3-2-2 単位体積重量

発泡スチロールの単位体積重量は表3-1に示すとおりである。

表 3-1 発泡スチロールの単位体積重量 (標準値)

項 目	単 位	製 造 法					
		型 内 発 泡 法					押出發泡法
種 別		D-30	D-25	D-20	D-16	D-12	DX-29
単位体積重量	kgf/m ³	30±2	25±1.5	20 ^{+1.5} _{-1.0}	16±1.0	12±1.0	29±2.0
発 泡 倍 率	倍	33.3	40.0	50.0	62.5	83.3	34.5

〔解 説〕

発泡スチロールの単位体積重量は、JIS K 7222に規定されている密度試験に準じて測定することができる。発泡スチロールの単位体積重量は最も基本的な物性で、製造時の発泡倍率によって異なる。すなわち、単位体積当たりの発泡倍率が大きくなれば軽くなり、小さければ重くなる。

3-2-3 圧縮特性

発泡スチロールの圧縮特性は、下記に示すことを考慮して決定する。

① 試験方法

発泡スチロールの圧縮強さの試験方法は、発泡スチロールを主に工業材料としてとらえた場合、日本工業規格に試験法が規定されている。また、土木分野では、発泡スチロールを盛土材料（盛

土、基礎地盤材料)としてとらえる場合、土質工学会基準の土の一軸圧縮試験などが適用されることがある。各試験方法の内容と、試験条件を表3-2に示す。

表3-2 試験方法の比較

項 目	JIS K 7220 (硬質発泡スチロールの圧縮試験方法)	土 質 工 学 会 (土の一軸圧縮試験法)
試験片の形状 および寸法	高 さ (h) = 50 ± 1 mm 幅および長さ = 100 ± 1 mm	直径 : 3.5 cm 又は 5 cm 高さ : 直径の2倍
試 験 速 度	$V = a \cdot h$ (mm/min) h : 試験片の高さ (mm) a : 0.1 min ⁻¹	1 % / min
(参 考)	JIS A 9511 (ポリスチレンフォーム保温材) 試 験 片 : 100 ± 1 mm 又は 50 ± 1 mm の正方形 試 験 速 度 : 10 mm/min 規定ひずみ : 0.05	

② 圧縮速度

発泡スチロールの圧縮強度は、JIS K 7220 または土質工学会基準の土の一軸圧縮試験を適用した方法で試験を実施して設定する。

表3-3に発泡スチロールの種別に応じた圧縮特性を示している。

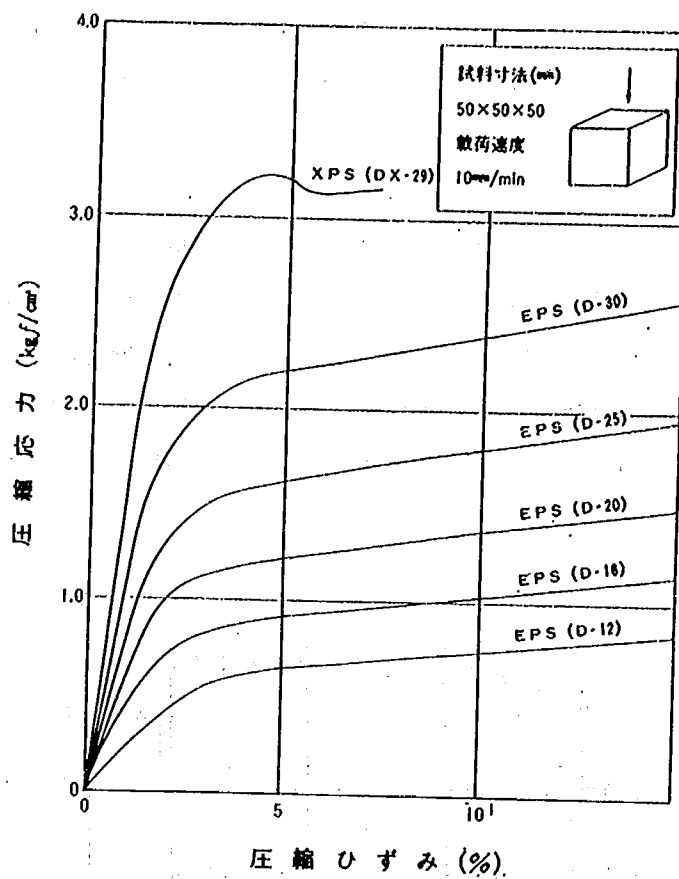
表3-3 発泡スチロールの圧縮特性 (JIS K 7220)

項 目	単 位	製 造 法						備 考
		型 内 発 泡 法					押出発泡法	
種 別	—	D-30	D-25	D-20	D-16	D-12	DX-29	
1%ひずみ時圧縮応力	tf/m ²	9.0	7.0	5.0	3.5	2.0	14.0	弾性領域
5%ひずみ時圧縮応力	tf/m ²	18.0	14.0	10.0	7.0	4.0	28.0	

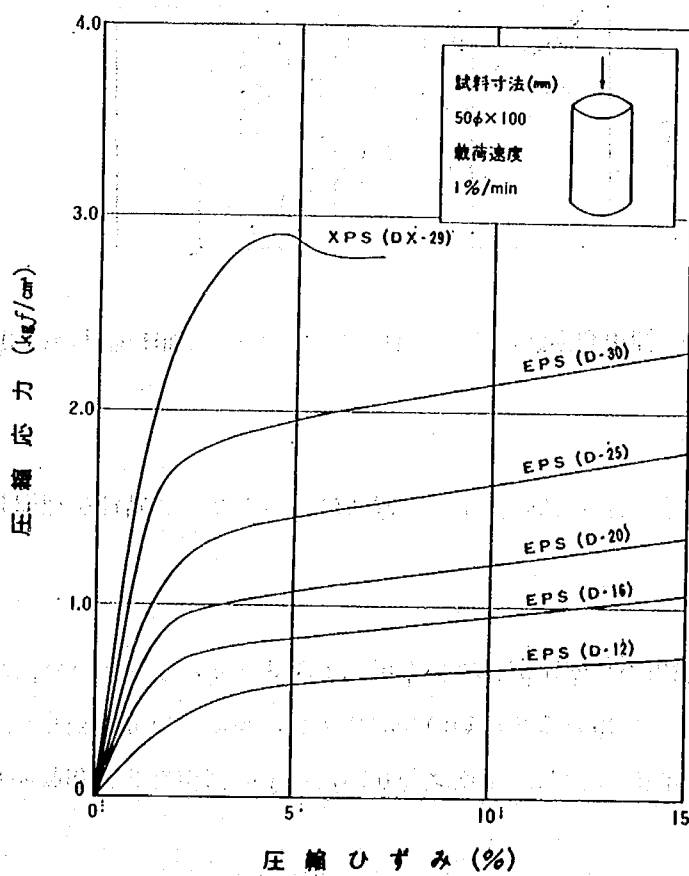
〔解 説〕

発泡スチロールの一軸圧縮試験における応力-ひずみ関係は、図3-1(a), (b)に示すように弾塑性的である。押出発泡法の場合、曲線の立ち上がりは急でピーク時のひずみも小さい。型内発泡法の場合、単位体積重量が増すにつれて曲線の立ち上がりは急になり圧縮応力も大きくなるが、明確なピークは見られず、圧縮応力は穏やかに増加する。

図の(a), (b)は試験方法の違いであり、(a)は日本工業規格JIS K 7220 (試験寸法50×50×50mm, 載荷速度10mm/min) による試験結果であり、(b)は土質試験法の土の一軸圧縮試験 (試験寸法50φ×100mm, 載荷速度1%/min) による結果である。同図より、土質試験法の土の一軸圧縮試験による方法の結果の方が数%応力が小さくなっているが、これは試験片の形状、寸法の違いや載荷速



① JIS K 7220 による圧縮試験結果



② 土質試験法による圧縮試験結果

図3-1 圧縮応力とひずみの関係

度の違いによるものである。土木材料としての試験方法として、これらの試験方法による規定が十分であるかどうかは今後の検討課題であるが、載荷速度の影響が大きいため、載荷速度を遅くするほうが望ましい。

発泡スチロールの圧縮強さは、日本工業規格では5%圧縮ひずみ時の圧縮応力で規定しているが、5%ひずみ時ではすでに塑性変形が生じ始めており、この荷重での繰り返し載荷では変形も残留するため、後述するクリープ特性などにも留意して設計に用いる圧縮応力を設定する必要がある。

また、押出發泡法の発泡スチロールブロックでは、圧縮応力に異方性が認められる。面に垂直方向では圧縮応力が3kgf/cm²程度あるが、面に平行方向では圧縮応力が1kgf/cm²程度である。通常使用する範囲では、面に垂直方向の荷重が卓越するので、垂直方向に対する圧縮応力が用いられる。

(図3-2参照)

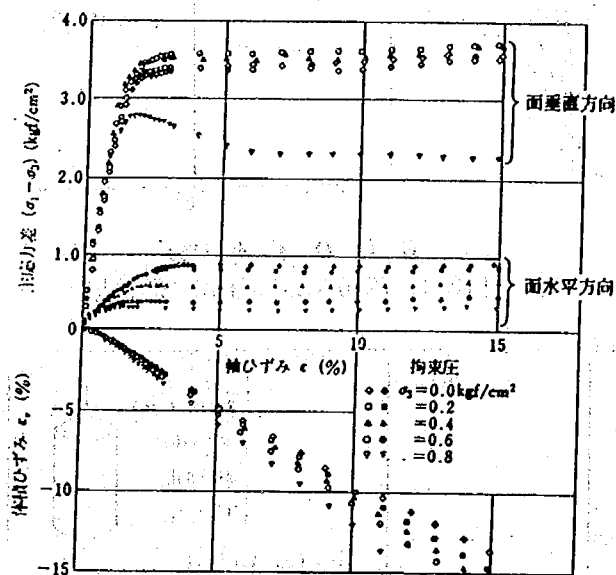


図3-2 押出發泡法による発泡スチロールの三軸圧縮試験結果

③ クリープ特性

発泡スチロールの長期安定性のなかで、載荷によるクリープ特性を把握しておくことは重要なことである。

〔解説〕

実験は、土質試験用の標準圧密試験機を用いて表3-4に示すように、発泡スチロールを用いた軽量盛土工法として用いる2種類の発泡スチロールについて実施した。試験は発泡スチロールを成形して圧密器内に設置し、予備載荷0.1kgf/cm²の荷重を2日間載荷した後、設定した荷重を載荷した。

表 3-4 クリープ試験の実験ケース

ケース	発泡スチロールの種類	載荷荷重 (kgf/cm ²)	備 考
1	型内発泡法	0.5	型内発泡法 密度: 20 kgf/m ³ 5%圧縮強度: 1.1 kgf/cm ²
2	型内発泡法	0.7	
3	押出し発泡法	2.0	押出し発泡法 密度: 29 kgf/m ³ 5%圧縮強度: 3.0 kgf/cm ²
4	押出し発泡法	2.5	

5%圧縮強度: 5%ひずみ時の圧縮強度

試験結果として60日経過までの載荷時間と圧縮変形量(圧縮ひずみ)の関係を図3-3に示す。図より、型内発泡法の材料5%圧縮強度の約5割に相当する $p = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ の載荷重では、60日 ($9 \times 10^4 \text{ min}$) 経過しても圧縮変形量が急激に増大することはない。しかし、5%圧縮強度の約7割に相当する $p = 0.7 \text{ kgf/cm}^2$ では、7日 ($1 \times 10^4 \text{ min}$) 以降圧縮変形量が多少増大し、ひずみ速度が増加する傾向にある。また、押出発泡法による材料では、5%圧縮強度の6割に相当する $p = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ の荷重で、ケース2と

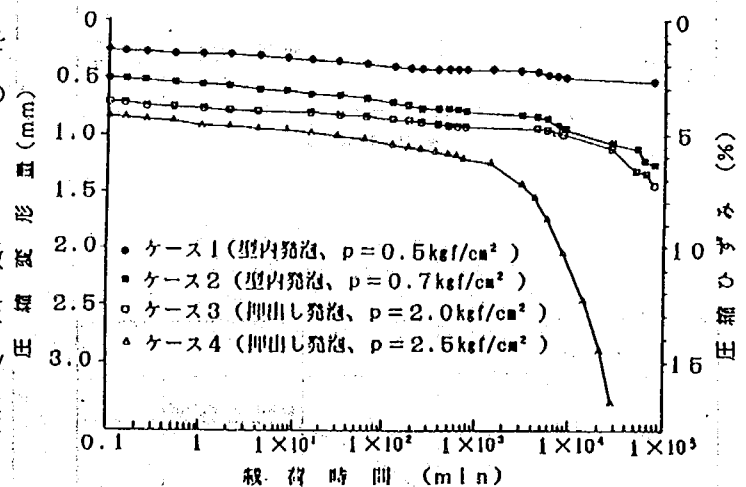


図 3-3 発泡スチロールのクリープ特性
(時間-圧縮変形量関係)

と同様に7日以降に多少圧縮変形量が増大する。以上の結果から、載荷期間60日と短いデータではあるが、5%圧縮強度の5割以上の荷重では発泡スチロールのクリープ変形が生じるが、それ以下の荷重ではクリープ変形は生じないことが判明した。

図3-4は、発泡スチロール土木工法開発機構が実施した発泡スチロールの種別毎の実験データである。5%圧縮応力の1/2相当荷重以下の載荷に対しては、圧縮ひずみの経時的増加はなく、安定した状態を示しているといえる。

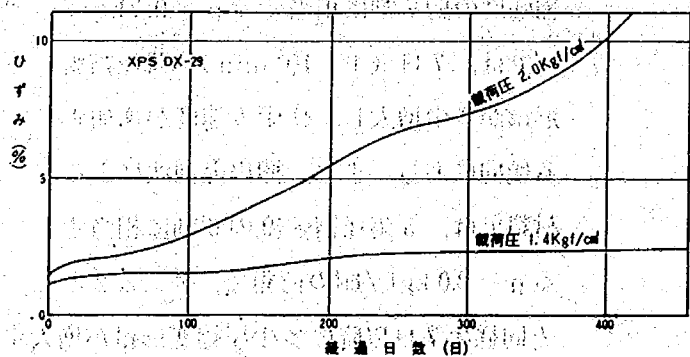
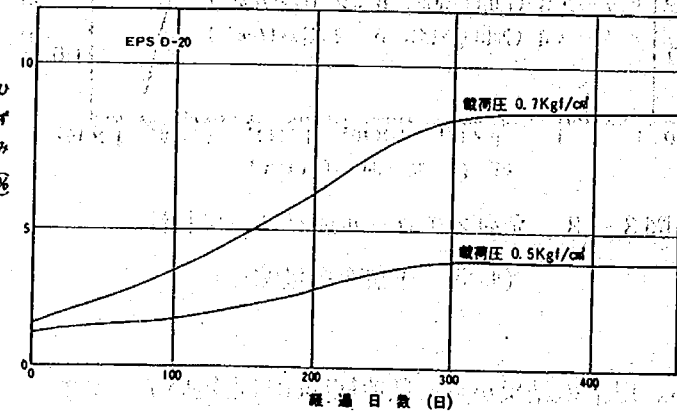
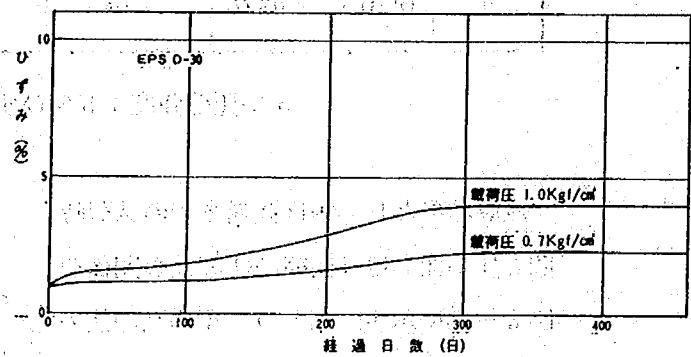
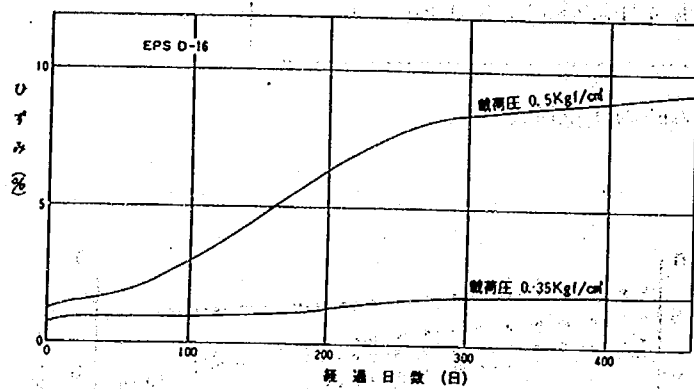
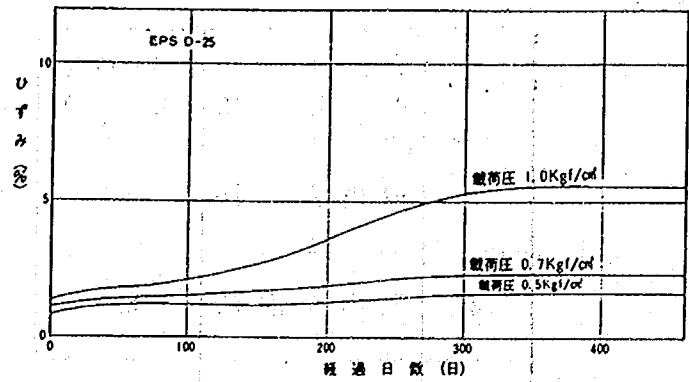
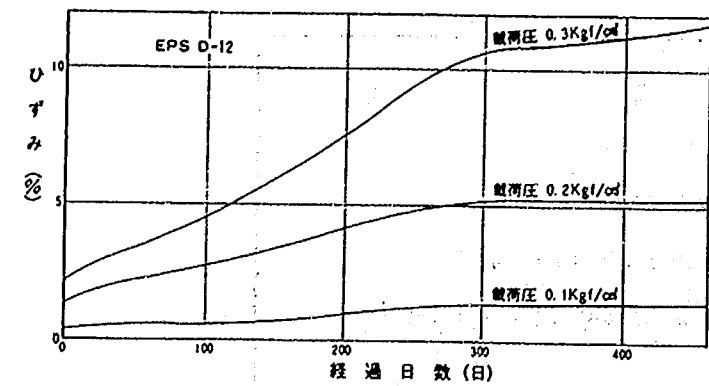


図 3-4 クリープ試験結果¹⁾

④ 許容圧縮応力

発泡スチロールの力学特性は、ポリスチレンの発泡倍率すなわち単位体積重量により変化し、その圧縮特性は弾塑性的である。日本工業規格では、発泡スチロールの圧縮強さは5%圧縮ひずみ時の圧縮応力としているが、5%ひずみ時にはすでに塑性変形が生じ始めており、この荷重での繰り返し載荷は変形も残留する。一方、繰り返し荷重に対して弾性的挙動を示す領域は、圧縮ひずみ1%程度以下で、図3-4に示す圧縮応力とひずみの関係模式図で示した、圧縮比例限と一致している。

さらに静荷重に対するクリープ特性においても、圧縮比例限の荷重以下に対するクリープひずみは小さくほぼ安定した状態にある。以上のことより設計時の圧縮応力の許容値は、圧縮比例限すなわち、圧縮弾性限界ひずみに対応する圧縮応力とする。

なお、発泡スチロールの品質管理は、当面はJIS K 7220試験法に準拠して行い、その管理値は5%ひずみ時の値を用いて規定するものとする。表3-5は、発泡スチロールの許容圧縮応力と品質管理圧縮応力の標準値を示したものである。

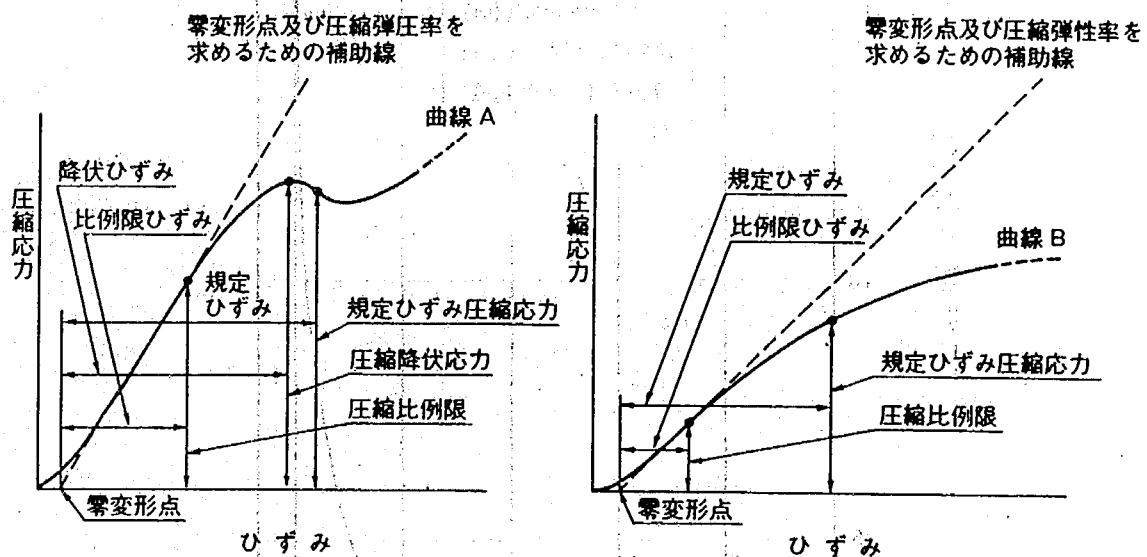


図3-5 圧縮応力とひずみの関係模式図

表3-5 発泡スチロールの許容圧縮応力と品質管理圧縮応力の標準値

項 目	単 位	製 造 法						備 考
		型 内 発 泡 法					押出発泡法	
種 別	—	D-30	D-25	D-20	D-16	D-12	DX-29	
単位体積重量	kgf/m ³	30	25	20	16	12	29	
許容圧縮応力	tf/m ²	9.0	7.0	5.0	3.5	2.0	14.0	圧縮弾性限界
品質管理 圧 縮 応 力	tf/m ²	18.0 以上	14.0 以上	10.0 以上	7.0 以上	4.0 以上	28.0 以上	5%ひずみ時

3-2-4 耐熱性, 耐火性

発泡スチロールの耐熱性, 耐火性については, 下記に示すようなことを考慮するとよい。

① 耐熱性

発泡スチロールの原材料であるポリスチレン樹脂は, 熱可塑性樹脂であるために, 高温に接すると樹脂自体が軟化して膨張もしくは収縮などの変形を起こす。発泡スチロールの耐熱温度は70℃程度であり, 発泡スチロールの使用にあたっては熱塑性の起こらない温度(70℃以下)で使用する必要がある。

〔解 説〕

図3-6は, 耐熱性試験において, 温度と寸法収縮量の関係を示したものである。耐熱性試験は, 寸法10×10×10cmの試験片を熱風中に24時間放置後, 収縮量を測定するものである。図より, 温度70℃以上になると寸法収縮量が増大して, 熱塑性変形が生じている。

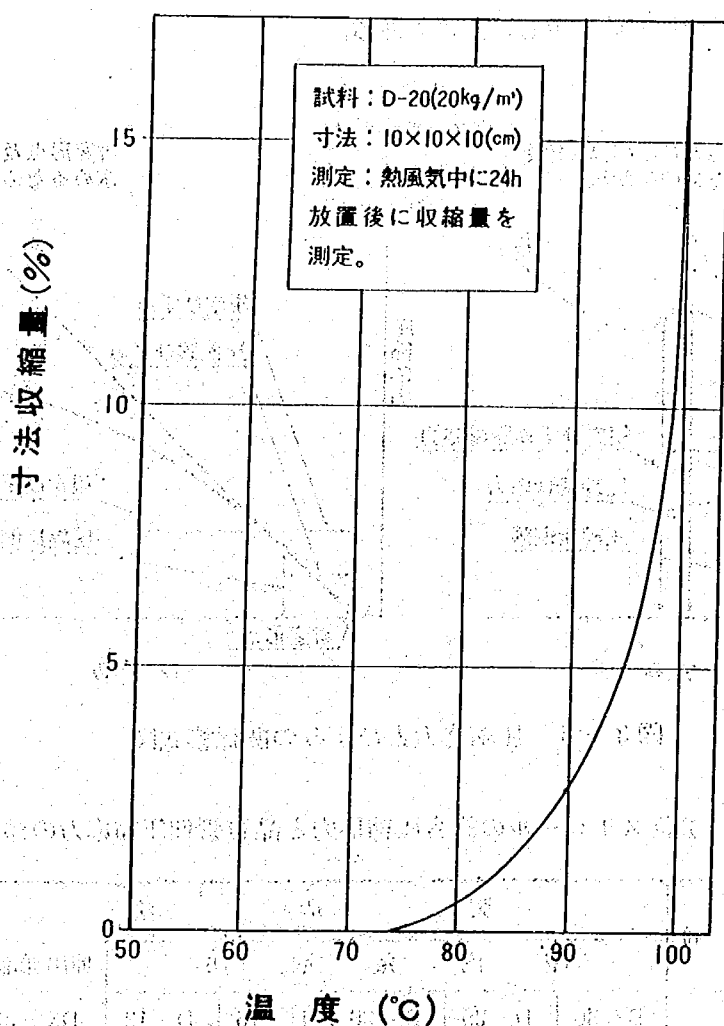


図3-6 温度と寸法収縮量の関係¹⁾

② 耐火性

発泡スチロールは、難燃性を保証する製品を使用することを原則とする。

〔解説〕

発泡スチロールには、可燃性と難燃性の2種類の製品がある。可燃性は、一旦着火すると火元を離しても燃え続けるもので、梱包材などとして使用されている場合が多い。難燃性とは、消火剤が添加されているので着火しても火元を離せば、3秒以内に自ら消火する性質を有しているものをいう。

発泡スチロールを土木材料として使用した場合、かなり多量に敷設するので、一旦燃焼すると被害が広がるおそれがある。したがって、土木用に使用する発泡スチロールは難燃性を保証する製品を用いることを原則とする。

3-2-5 耐久性

発泡スチロールの耐久性については、未解明の点もあるが、下記に示すようなことを考慮するとよい。

① 耐候性

発泡スチロールは紫外線の影響により発泡スチロールの表面が黄色に変色するために、直接表面に露出することを避け、土や壁面材で発泡スチロール表面を保護する。また、施工中においても出来るだけ短期間（1週間以内）に使用することが望ましい。長期間現場に保存する場合にはシート等で保護する必要がある。

② 土中環境、耐微生物

発泡スチロールは湿気と酸素の作用する土中環境の中でも、ポリスチレンを原料とする発泡スチロールは腐食しないといわれている。

また、発泡スチロールはいかなる有機体にも栄養を与えない物質であるために、微生物や細菌などに侵されることは少ない。また、シロアリに関しても、シロアリの栄養分は木製品などに含まれるセルロースが栄養分であるために、セルロースを含まない発泡スチロールがシロアリに侵されることはないといえる。

③ 耐薬品性

発泡スチロールの耐薬品性は、本質的にはその原料であるポリスチレン樹脂の性質と同じである。一般に、酸、アルカリ、動植物油に優れた抵抗性を持つが、芳香族炭火水素、ハロゲン炭火水素、ケトン類、エステル類等の鉱油系薬品については溶解しやすい性質を持っている。したがって、ガソリン、アスファルトなどとの接触は避けることが必要であり、接触のおそれのある場合は、シート等で覆う方法もある。

④ 吸水性

発泡スチロールを地下水位近傍あるいは地下水位以下に設置したときの吸水特性は、発泡スチロールの設計単位体積重量の設定と深く関連している。発泡スチロールは、原料のプラスチックが耐水性の優れたものであり、また、独立気泡を持つ構造は一般的に耐水性は優れている。図3-7～

3-9は、各種条件のもとで水浸させたときの吸水量の測定結果である。

注) Vol % : 発泡スチロール 1 m³に対する水の占める体積率。

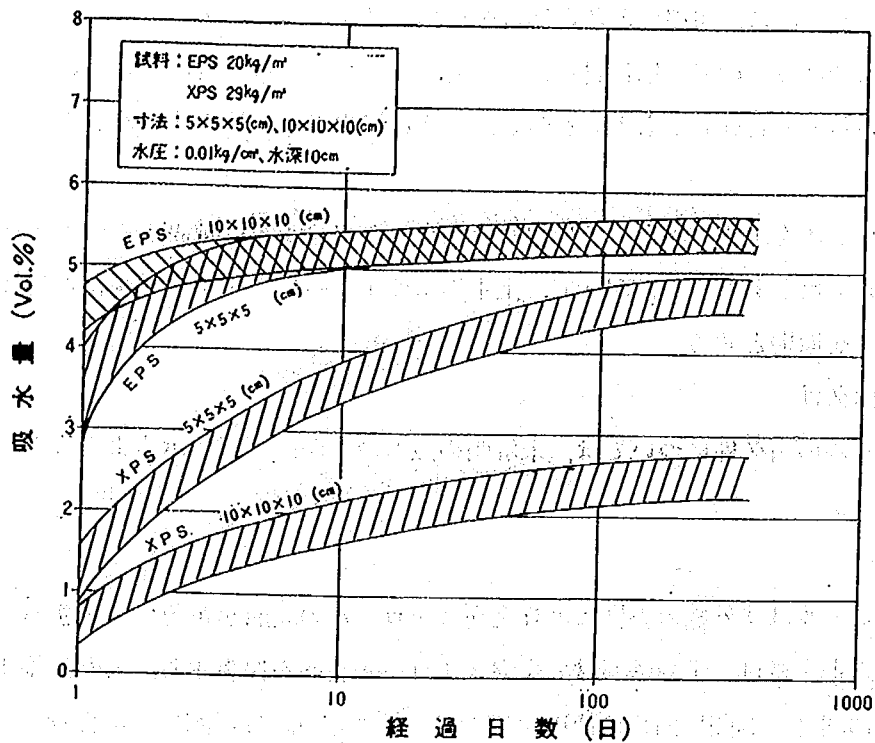


図3-7 吸水率 (水圧 0.01kg/cm²)

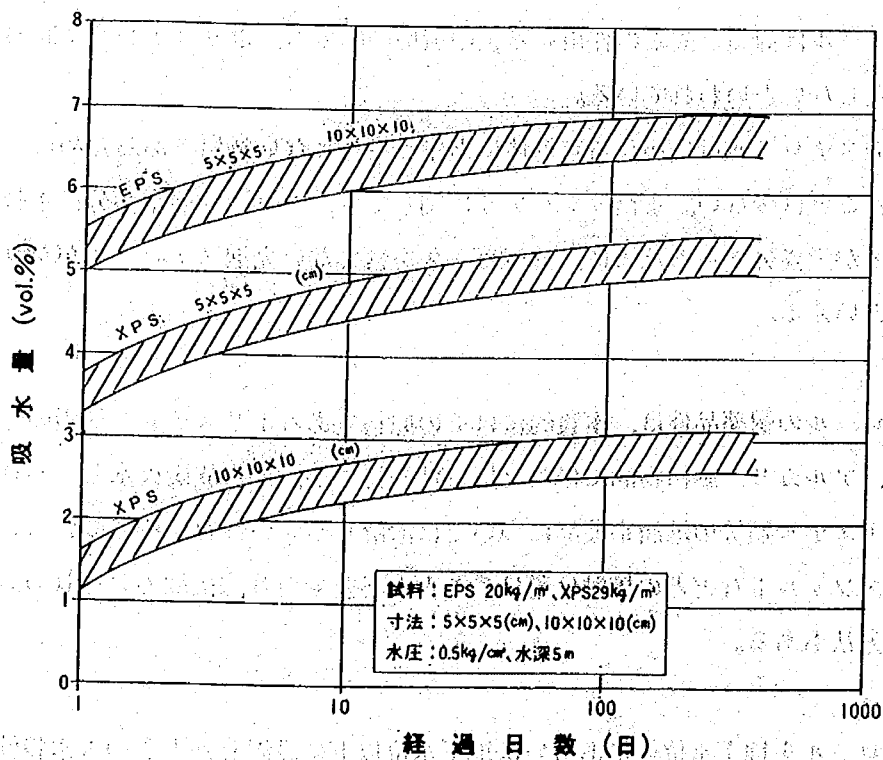


図3-8 吸水率 (水圧 0.1kg/cm²)

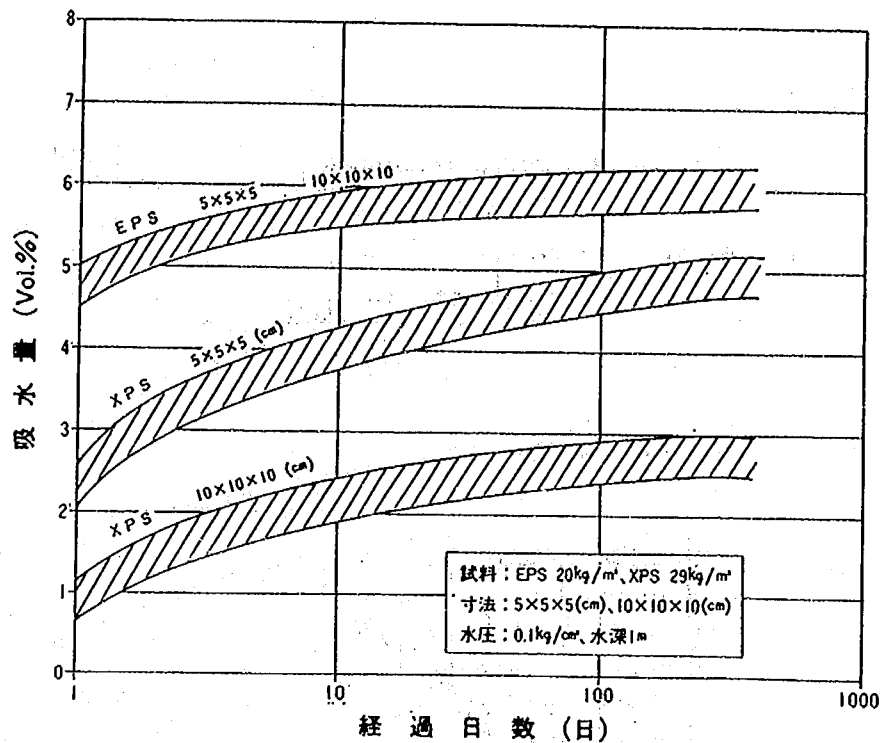


図 3-9 吸水率 (水圧 0.5kg/cm²)

3-3 その他の部材 (図 3-10)

発泡スチロールによる軽量盛土工法の施工に当たっては、下記に示すような部材を必要に応じて用いる。

① 緊結金具

施工時での発泡スチロールブロックのずれや積み上げ精度を確保するために 1 ブロックあたり 1 個以上設置して、発泡スチロールブロックを互いに固定することを原則とする。

② コンクリート床版

積み上げた発泡スチロールブロック上端面および発泡スチロールブロック 4～6 段ごとに、不陸整正、荷重分散、発泡スチロールブロックの固定および浮力対策のために設置することを原則とする。

③ 被覆土、シート類

積み上げた発泡スチロールブロックは、被覆土、被覆壁、被覆シート等により被覆保護しなければならない。

④ アンカー材

傾斜地で発泡スチロールブロックを積み上げる場合には、構造体全体を地山に固定して安定化するためのアンカーなどを使用する。

⑤ 基盤材

発泡スチロールブロック間の隙間をなくし積み上げ精度を上げることおよび、発泡スチロールブロックから地盤への応力伝達が均等にされるために、碎石、ソイルセメント、粗粒材などの基盤層を設ける。

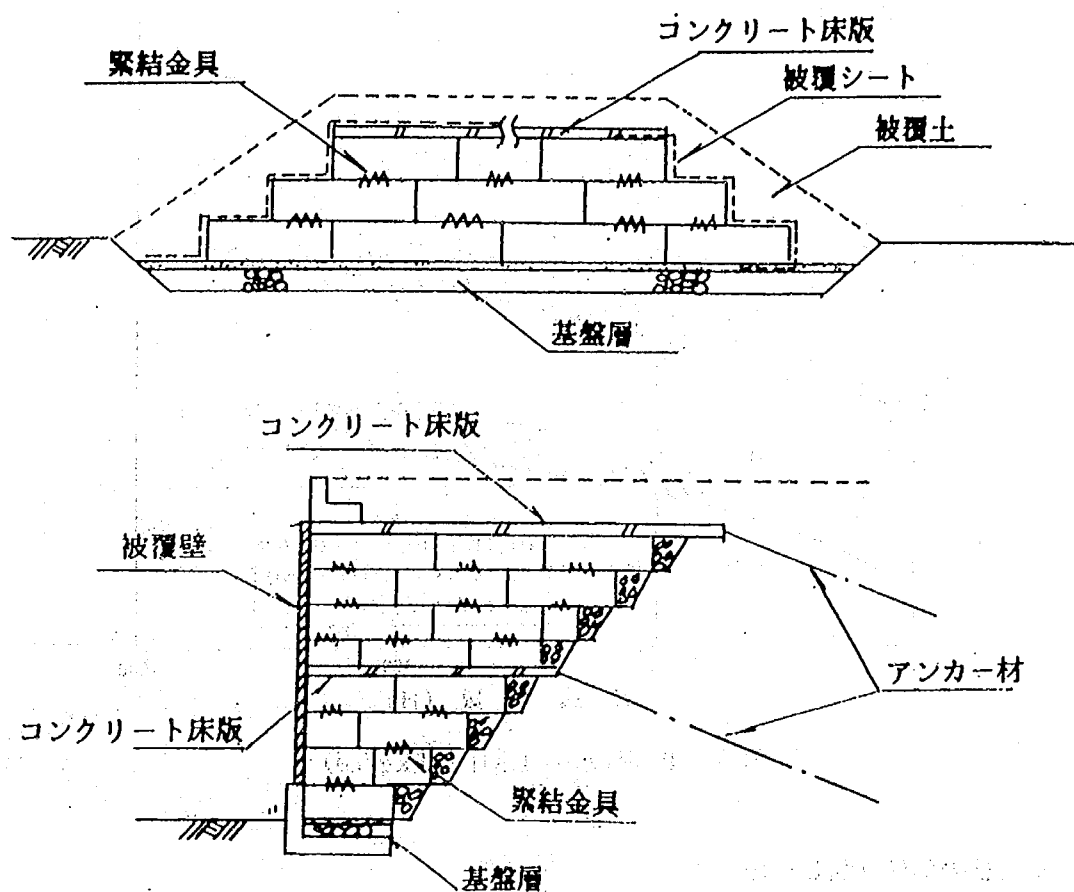


図3-10 発泡スチロールの軽量盛土に用いる部材

第 4 章 設 計

4-1 荷 重

4-1-1 荷重の種類

発泡スチロールによる軽量盛土工法の設計にあたっては、次の荷重を考慮する。

- ① 土圧および水圧
- ② 自 重
- ③ 上載荷重
- ④ 発泡スチロールブロックの側圧
- ⑤ 浮 力
- ⑥ 地震荷重
- ⑦ その他（衝撃荷重、制動荷重）

〔解 説〕

発泡スチロールによる軽量盛土工法を採用するときに考慮すべき荷重の種類を列挙したものである。構造物の種類や施工条件によって必要なものを選定する。

4-1-2 土圧および水圧

積み上げた発泡スチロールブロック背面の土砂が自立しない場合や、水位上昇が考えられる場合は、土圧および水圧を考慮する。背面土砂による土圧算定は、試行くさび法等で行うものとする。また、水圧は静水圧分布として算定するものとする。

〔解 説〕

発泡スチロールの背面地盤の勾配は安定勾配以下であることが望ましく、それを満足しない場合には土圧を考慮する必要がある。土圧の算定は、「道路土工 擁壁・カルバート・仮設構造物工指針：日本道路協会」等の基準書に示されている方法に準じて行う。

4-1-3 上載荷重

設計に用いる上載荷重としては、舗装・道路など発泡スチロール上部構造の自重、活荷重などを考慮する。活荷重は等分布荷重として $q = 1 \text{ tf/m}^2$ とし、また、各材料の単位体積重量は次の値とする。

＜材 料＞

＜単位体積重量＞

鉄筋コンクリート 2.50 tf/m^3

アスファルトコンクリート 2.30 tf/m^3

礫、礫質土 2.00 tf/m^3

砂、砂質土 1.90 tf/m^3

シルト、粘性土 ($w_L \leq 50\%$) 1.80 tf/m^3

〔解 説〕

本項で示した荷重は、橋台および擁壁などの抗土圧構造物の設計に使用されている上載荷重として一般的なものである。

4-1-4 自重

発泡スチロール自体の自重は、乾燥状態の条件下にある場合（地下水位以下）は、発泡スチロール自体の単位体積重量（表3-1参照）とする。また、地下水位以下や地下水位近傍の条件下にある場合は、吸水による単位体積重量の増加を考慮せねばならない。吸水による重量の増加は、 $50\sim 70\text{ kgf/m}^3$ 程度を見込むとよい。

〔解説〕

設計の際の発泡スチロール自重の取り扱いを示したものである。乾燥状態の発泡スチロールの重量は、ポリスチレン樹脂の発泡倍率に応じた単位体積重量を用いる。浸水状態の重量は、空隙部に一部水が吸水し、乾燥状態と異なる重量となる。浸水状態での重量は、浸水環境・時間によって変化する。吸水試験の結果によると、密度 20 kg/m^3 程度の発泡スチロールで浸水により $50\sim 70\text{ kgf/m}^3$ 重量が増加する結果（図3-7～3-9）が得られている。

4-1-5 発泡スチロールの側圧

積み上げた発泡スチロールの側圧は、使用目的に応じて考慮する必要がある。発泡スチロールの側圧の発生は、発泡スチロールに対する上載荷重によって発泡スチロールが弾性変形する際に、横方向に膨らんで生じるものである。通常側圧は、上載荷重の0.1倍の値を深度方向に一様に分布させて作用しているものとする。

〔解説〕

擁壁や橋台などの抗土圧構造物の背面に発泡スチロールを用いる場合は、側圧を考慮する。土木研究所で実施した大型実験の結果によると、上載荷重の0.1倍程度の側圧が計測されている。また実物大規模の発泡スチロール直立盛土によるダンプトラック載荷試験でも、上載荷重の0.1倍以下の側圧が計測されている。

4-1-6 浮力

地下水位等が発泡スチロールブロック設置部まで及ぶ場合には、発泡スチロールブロックに働く浮力を考慮しなければならない。浮力は水浸した発泡スチロール設置部に作用するものとし、設計対象としている構造物に最も不利になるように働かせるものとする。

〔解説〕

発泡スチロールは超軽量であるために、地下水の影響による浮き上がりが問題となる。このため、発泡スチロールは地下水位以下に設置しないことを原則としている。しかし、地形的にあるいは使用条件によって発泡スチロールを地下水位以下に設置する場合には、発泡スチロールに働く浮力を考慮しなければならない。この場合、構造物の安定に最も不利になるように転倒や滑動等の検討では浮力を考慮し、支持力では浮力を無視する。

4-1-7 地震力

地震時の安定計算は、原則としては修正震度法によるものとする。計震度は「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編：日本道路協会」に準じる。

〔解 説〕

発泡スチロールおよび上載物の設計震度は、構造物の地震時応答特性を考慮する。この特性は、構造物の規模、形状によって異なり、構造物の幅に対して高さが大きくなるいわゆる“トップヘビー”な状態では、通常と異なる応答を示す可能性がある。そのため、有限要素法による応答解析を行って設計震度を設定した事例もある。

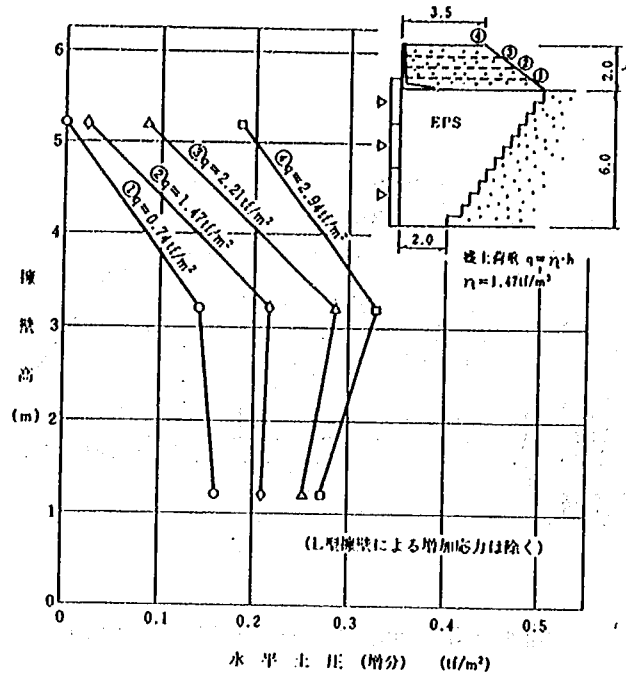


図 4 - 1 大型実験による側圧

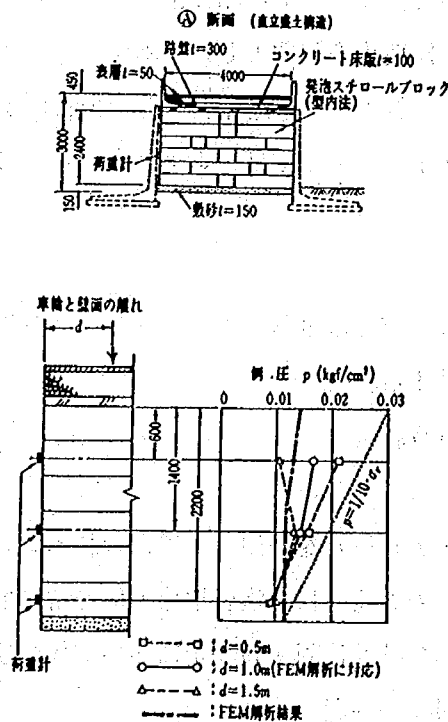


図 4 - 2 ダンプトラック載荷試験による側圧

4-2 軟弱地盤上の盛土における発泡スチロールによる軽量盛土工法

4-2-1 概 説

ここでは、軟弱地盤の安定と沈下および変形の防止のために、発泡スチロールを盛土材料として盛土本体に用いる場合に適用する。発泡スチロールを用いた軟弱地盤上の盛土とは、図4-3に示すような構造のものをいう。なお、ここでは主にのり面を持つ盛土本体について述べるが、壁体をもつ構造（擁壁、土留め構造）については、4-3で述べる。

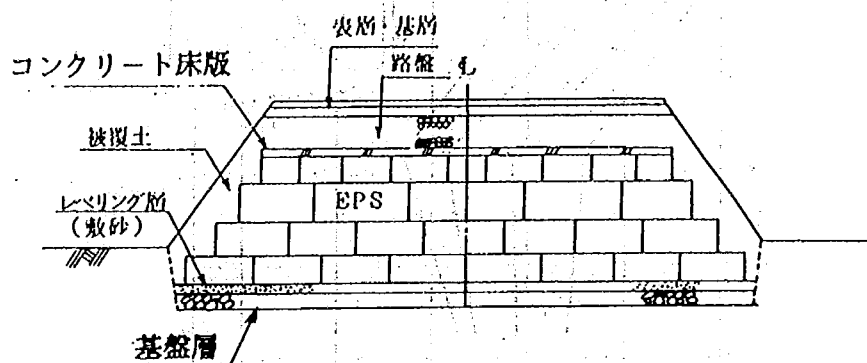


図4-3 発泡スチロールによる軽量盛土

〔解 説〕

軟弱地盤上の盛土への適用は、これまで道路盛土を対象とすることが殆どであるために、本マニュアルでの盛土体の構造は道路盛土を対象とした。本マニュアルに記載されない事項については、「道路土工・軟弱地盤対策工指針：日本道路協会」等の指針によって設計するものとする。

また、これ以外の盛土の使用にあたっては、本マニュアルを参考にして十分技術的検討を加えて行うものとする。

4-2-2 設計手順

発泡スチロールによる盛土は、有害な地盤沈下やすべりによる破壊がなく、浮力による浮き上がりに対して安定であるように設計する。

設計は、図4-4の手順で行う。

〔解 説〕

軟弱地盤上の盛土に発泡スチロールを適用する場合の基本的考え方は、現地盤に対する盛土荷重を低減することにある。設計の考え方は、軟弱地盤上に通常の盛土を行う場合と基本的には同じであり、圧密沈下と地盤のすべり破壊に対する安定について検討する。さらに、発泡スチロールは超軽量であるために、浮力に対する検討を行う。

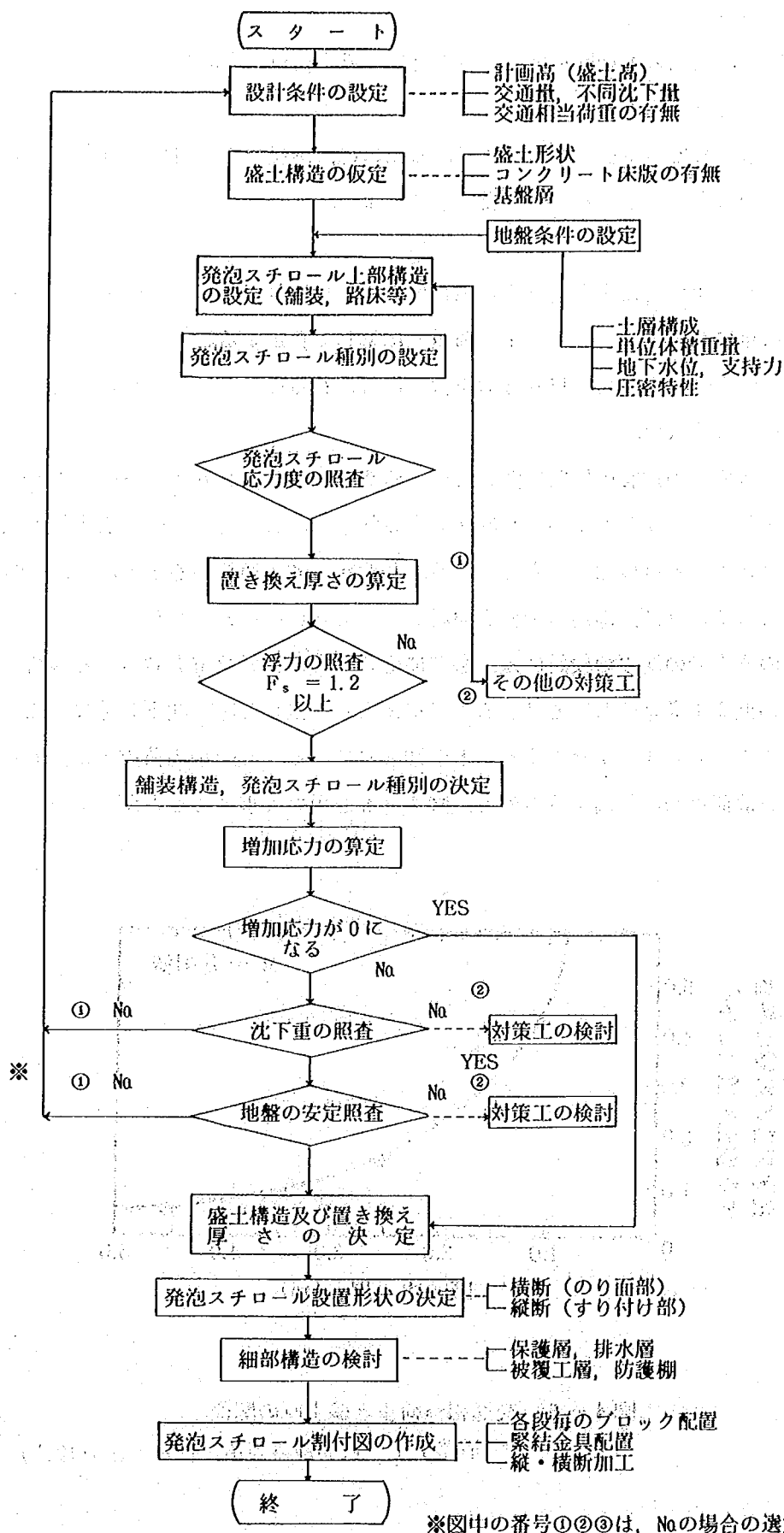


図4-4 軟弱地盤上の発泡スチロール盛土の設計フロー

4-2-3 設計荷重

軟弱地盤上の盛土に発泡スチロールを用いる設計は、盛土荷重（発泡スチロール自重、舗装、床版等）、活荷重、浮力を考慮する。

なお、ここで対象にしている構造は盛土体であるために、地震時の検討は、盛土高さが高い場合や、一度壊れれば影響が大きい場合を除いては省略してもよい。

〔解 説〕

発泡スチロールを用いた盛土を設計する場合に考慮しなければならない荷重の種類を示すものである。各種の荷重については、「4-1 荷重」に準じて算定する。

盛土体が偏土圧を受ける場合や特殊な荷重状態に置かれる場合には、これらの荷重や外力も加えて設計しなければならない。

発泡スチロール盛土の地震の影響に関しては、研究中である。しかし、基礎地盤が地震に安定（液状化など生じることがなく支持力が確保できる状態にある）であれば、盛土体の機能を損なうほどの破損にいたることは少ないと考えられる。したがって、通常の盛土と同様、常時での設計、施工を綿密に行っておけば、地震の影響を検討しなくても良いこととした。

軟弱地盤上の盛土での沈下の検討には、必要に応じて交通相当荷重を考慮する場合もある。特に、軟弱地盤上での低盛土道路においては、盛土自重によって生じる圧密沈下の他に、繰り返し載荷される交通荷重によっても沈下が発生することが知られている。交通相当荷重とは、繰り返し載荷される交通荷重を静荷重的に評価するもので、図4-5を用いて求めることができる。

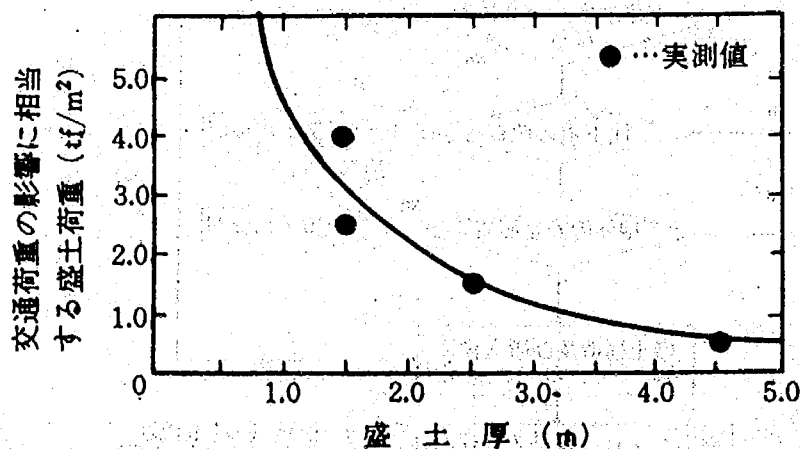


図4-5 交通相当荷重と盛土厚の関係
（「道路土工－軟弱地盤対策工指針」より抜粋）

4-2-4 地盤の沈下検討

発泡スチロール盛土による軟弱地盤の沈下の検討は、発泡スチロール盛土の底面部での増加応力による圧密沈下量を算定し、許容沈下量を満足しなければならない。

① 増加応力

発泡スチロール盛土底面での増加応力は、次式により求める。(図4-6)

$$\Delta \sigma = P_1 - P_0$$

$$P_1 = \gamma_{t1} \cdot h_1 + \gamma_{t2} \cdot (h_2 + D) + W_L$$

$$P_0 = \gamma_t \cdot D$$

ここで、

P_1 : 発泡スチロール盛土底面部での発泡スチロール盛土による応力(交通荷重の影響による荷重を含む)

P_0 : 施工前地盤掘削面(A面)での応力(掘削地盤の重量)

γ_{t1} : 舗装・路盤、土砂等の単位体積重量

h_1 : 舗装・路盤、土砂等の厚さ

γ_{t2} : 発泡スチロールの単位体積重量

h_2 : 発泡スチロールの地盤面上の厚さ

W_L : 交通荷重の影響に相当する荷重(低盛土でかつ交通量の多い場合に考慮することもある)

γ_t : 現地盤の単位体積重量

D : 掘削深さ(置換厚)

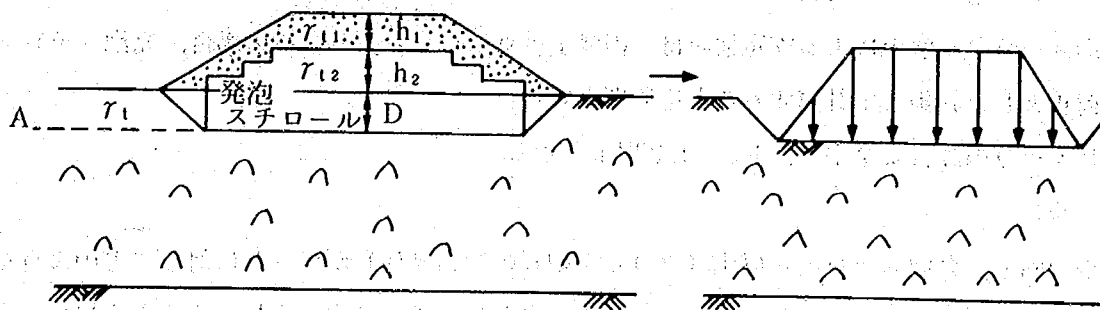


図4-6 発泡スチロール置換厚による増加応力

② 圧密沈下量

発泡スチロール盛土による沈下量の算定は、圧密沈下量の検討を行う。盛土中央部の沈下量は次式で算定する。

$$S = m_v \cdot \Delta P \cdot H$$

または、

ここに

ΔP : 盛土による地盤内増加応力 (kgf/cm²)

H : 軟弱層厚 (cm)

m_v : 軟弱層の体積圧縮係数 (cm³/kgf)

e_0 : 圧密層の初期間隙比

e_1 : 試験による e -log P 曲線から求めた e_1

$$S = \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} \cdot H$$

または,

$$S = \frac{C_c}{1 + e_0} \cdot \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \cdot H$$

ここで, ΔP は盛土底面での増加応力による地盤内応力の増分である。発泡スチロール盛土の底面部の $\Delta \sigma$ を台形分布荷重とみなして Osterberg の図表により ΔP を求める。

〔解 説〕

圧密沈下量の計算は, 発泡スチロール盛土の底面部に着目して行う。沈下抑制を主目的で発泡スチロールを用いる場合には, 増加応力が零となるような掘削深さにすることが望ましい。この場合, 地盤の沈下および安定の検討は省略できる。しかし, 地下水位の高い箇所での施工は, 浮力対策や施工性などの問題から必ずしも増加応力が零とはならず, 地盤内に発泡スチロール盛土による増加応力が発生するような設計になる場合もある。この場合, 本マニュアルにしたがって地盤の圧密沈下量を算出した後, 沈下対策を十分行う必要がある。残留沈下量は, 路面および周辺構造物に及ぼす影響を十分考慮して定めるものとするが, 発泡スチロールブロック相互に有害なずれが生じないようにするためには, 不同沈下量を 10cm 以下にすることが望ましい。

4-2-5 地盤の安定検討

発泡スチロール盛土による安定検討は, 円弧すべり法により行う。この場合, 発泡スチロール盛土部は荷重として評価して計算することを原則とする。

円弧すべりの許容安全率は, $F_s = 1.2$ 以上とする。

〔解 説〕

現段階で, 発泡スチロール盛土 (ブロック相互の組合せ体) がすべりに対してどのような挙動を示すか解明されていない。したがって, 盛土を含む軟弱地盤の安定を検討するときには, 発泡スチロール盛土を荷重として評価することとした。計算は, 発泡スチロール中にすべり面を設定するのではなく, 発泡スチロール盛土の外を通るすべり面に対して, 円弧すべりによる安定検討を行えばよい。(図 4-7 参照)

なお, 発泡スチロール盛土の増加応力 $\Delta \sigma$ が零であれば, 安定計算は省略してもよい。

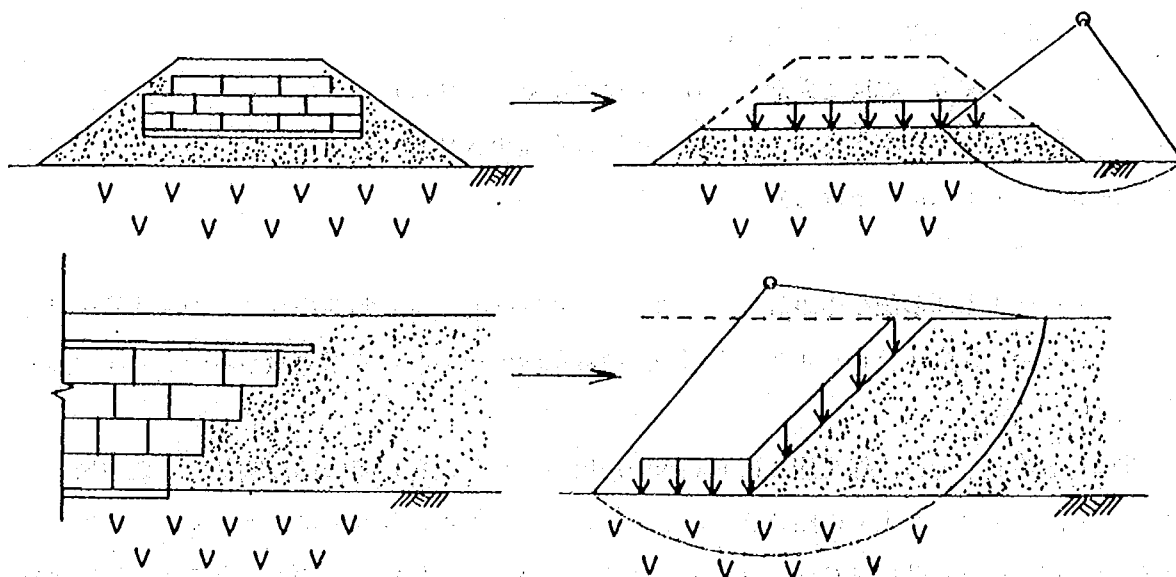


図4-7 地盤の安定

4-2-6 浮き上がりの検討

発泡スチロールは超軽量であるため、浮き上がりに対しては細心の注意が必要である。特に、内水のおそれのある箇所では、原則として発泡スチロールによる盛土を用いてはならない。また、地下水位による浮力の検討は、想定される水位の高水位にて行う。浮き上がりに対する安全率は、次式にて求める。発泡スチロールの自重および地盤との摩擦力は安全側の仮定として無視する。

$$F_s = P / U$$

ここで、

U : 浮力 $U = \gamma_w \cdot H'_{eps}$

γ_w : 水の単位体積重量

H'_{eps} : 地下水位以下の発泡スチロールの厚さ

P : 載荷重 $P = \sum \gamma_i \cdot H$

γ_i : 地下水位より上の各層の単位体積重量

H : 各層の厚さ

設計安全率は、 $F_s = 1.2$ 以上とする。

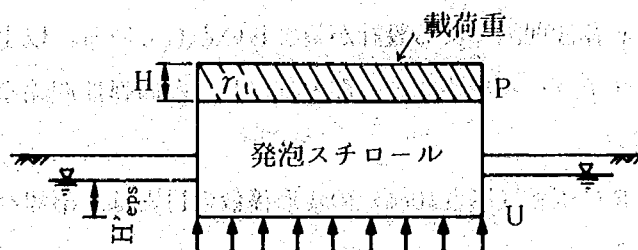


図4-8 浮き上がりに対する安定

〔解 説〕

浮き上がりに対する安全率が設計安全率を満足しない場合には、次のような適切な処置を講じ、安全率が設計安全率以上になるようにする。

- i. 掘削深さの減少（置換え発泡スチロール厚さを減少させる）
- ii. 盛土荷重の増加（上部発泡スチロールの厚さを減少させる）
- iii. 排水工（地下水位を下げる）

4-2-7 舗 装

発泡スチロール上部の舗装の設計は、交通荷重、路床強度、気象条件を基にその構造等を決定しなければならない。発泡スチロール及び上部保護層は路床の一部として取り扱うものとする。（図4-9）

〔解 説〕

通常の道路盛土では、保護層にはRC床版が用いられる。RC床版の役割は、支持力増強よりはむしろ発泡スチロール上での路盤施工のワーキングテーブルの確保にあると考えるべきである。それは厚さ10cm程度と薄いRC床版は、発泡スチロールのような変形しやすいものの上に置かれたとき、ひび割れの発生はさけられず、舗装構成の一つとして組み入れることは問題が多いと考えられる。このため、RC床版は路床の一部とみなすことが工学的には安全と考えられる。

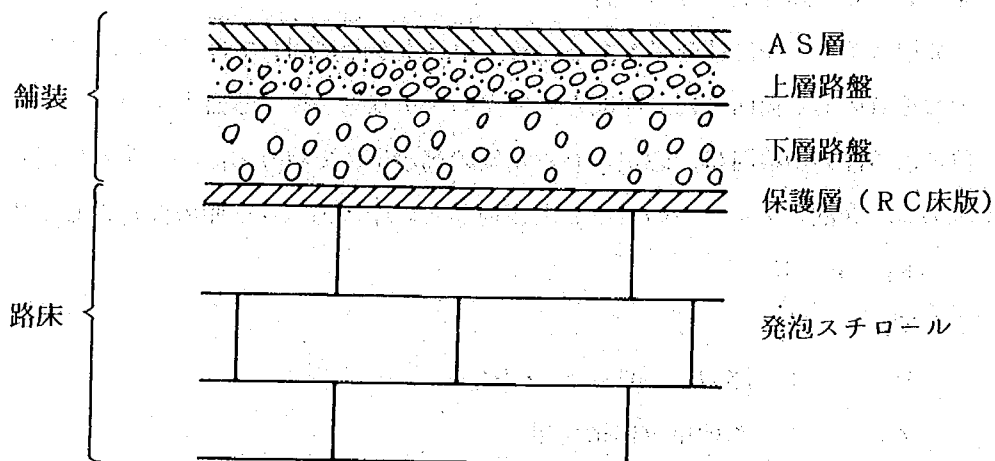


図4-9 発泡スチロール盛土の舗装構成

この考え方に基づいて舗装を設計する場合、従来の土とは全く性質の異なる人工材料を用いるとき、従来の土と同様のCBRによる支持力評価は問題が多いと考えられる。舗装要綱でもこのような舗装の設計は、多層弾性理論による設計が望ましいとしている。以上の理由により本マニュアルではRC床版と発泡スチロールを路床の一部とみなし、多層弾性理論を用いて舗装の設計を行なうことを提案する。

発泡スチロール+RC床版（厚さ10cm）の変形係数の目安は、沼津バイパスでのFWD計測の結果から次のようになる。

- （発泡スチロール+RC床版10cm厚）の合成路床

型内発泡法18 kg / m ³ の変形係数	E = 150 ~ 200 kg / cm ²
型内発泡法20 kg / m ³ の変形係数	E = 350 ~ 500 kg / cm ²
押出發泡法29 kg / m ³ の変形係数	E = 600 ~ 800 kg / cm ²

なお（発泡スチロール+RC床版）の設計CBRを以下に示すが、これはあくまで路床評価の目安を得るためと理解されたい。

○（発泡スチロール+RC床版10cm）の合成路床

型内発泡法18 kg / m³の設計CBR：6%以下

型内発泡法20 kg / m³の設計CBR：8%以下

押出發泡法29 kg / m³の設計CBR：8~12%程度

4-2-8 発泡スチロール部材の応力の検討

発泡スチロール部材の応力の検討は、発泡スチロール上面（コンクリート床版下面）の位置で行う。発泡スチロール部材に作用する応力は、舗装・路盤等による土圧 σ_{z1} および活荷重 σ_{z2} である。

土圧の算定は、「4-1 荷重」の各材料の単位体積重量から算定するものとし、活荷重による発泡スチロール層への応力伝達は、簡易的に次式で算定する。

$$\sigma_{z2} = \frac{P(1+i)}{(B+2z \tan \theta)(L+2z \tan \theta)}$$

ここで、

σ_{z2} : 発泡スチロール上面での応力度

P : 輪荷重（T-20荷重の場合、P = 8,000 kgf）

i : 衝撃係数（i = 0.3）

z : 路面から発泡スチロール上部までの厚さ

（表層、路盤、コンクリート床版等を含む）

B, L : 輪荷重（B = 20cm, L = 50cm）

θ : 荷重分散角度（コンクリート床版を使用する場合、 $\theta = 45$ 度としてよい）

発泡スチロールの許容圧縮応力度は、表3-5に示す値を用いて、発泡スチロール部材上面での応力との照査を行う。

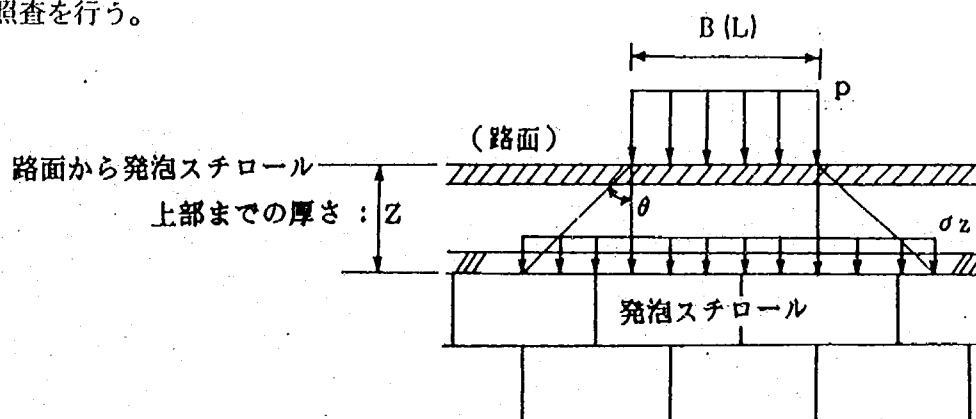


図4-10 伝達応力の近似計算

〔解 説〕

活荷重の応力伝達を算定する方法として、ここでは荷重を分散角 θ で分散させる式を採用することにした。発泡スチロールの最上部にRC床版を使用した場合、当式による算定値は安全側の値を示すことが実験的に確認されている¹⁾。当式による発泡スチロール応力度照査の結果、発泡スチロールの許容圧縮応力を満足しない場合は、1) 路盤下に盛土して、舗装表面から発泡スチロールまでの距離を多くとる、2) 発泡スチロールの種別を変更する、3) コンクリート床版を厚くするなどの方法がある。また、厳密な応力照査を行うには、多層弾性解析や有限要素法解析を適用するなどの技術的検討を加えて照査することが望ましい。

4-3 擁壁、橋台背面の裏込め材としての発泡スチロール工法

4-3-1 概 説

ここでは、主に擁壁、橋台などの抗土圧構造物の安定ならびに土圧軽減を目的として、構造物背面に発泡スチロールを裏込め材として用いる場合に適用する。

〔解 説〕

従来、軟弱な地盤上での擁壁、橋台などでの抗土圧構造物の施工に際して、安定、沈下対策としては各種地盤改良や基礎補強工が行われてきた。これに対して、発泡スチロールを抗土圧構造物の裏込め材として使用することで、土圧や荷重の軽減が図られ躯体や基礎あるいは地盤処理工の規模の縮小が可能となる。

本マニュアルでは、裏込めに発泡スチロール工法を適用する場合に、特に留意検討しなければならない特有な事項についてのみ説明を加えている。躯体構造それ自体の設計については「道路土工 擁壁、カルバート・仮設構造物工指針：日本道路協会」、「道路橋示方書・同解説（下部構造編）」などの関連資料に示される方法に準じるものとする。

4-3-2 設計手順

発泡スチロール工法を擁壁、橋台などの抗土圧構造物の裏込めに用いる場合の設計は、図4-10の手順で行うものとする。

4-3-3 設計荷重

発泡スチロール工法を構造物背面の裏込めに採用する場合には、土圧および水圧、躯体自重、発泡スチロール自重、上載荷重、発泡スチロールの側圧、浮力ならびに地震力を考慮する。

発泡スチロール工法を橋台の裏込めに採用する場合には、土圧および水圧、躯体自重（上部工荷重を含む）、発泡スチロール自重、上載荷重、発泡スチロールの側圧、浮力、衝撃荷重ならびに地震力を考慮する。

荷重の組み合わせは、対象としている構造物の使用状態を考慮して適宜選定する。

〔解 説〕

荷重は「4-1 荷重」に準じて算定する。その他、構造物に特別な外力や偏圧が作用する場合には、これらを考慮しなければならない。

図4-11に示すように、発泡スチロールを逆台形形状に設置した場合、発泡スチロール背面に作用する土圧は発泡スチロール背面の勾配によって左右される。すなわち、背面勾配 i が安定勾配であるか、それ以下である場合には背面土圧は零となる。安定勾配より急な場合には背面土圧が作用することになるが、この場合の土圧は試行くさび法等によって求めることができる。なお、標準的な安定勾配は表4-1、表4-2に示す値が参考になる。

また、図4-12に示すように、発泡スチロールを台形形状に設置した場合、土圧合力の作用位置が発泡スチロールのつま先点より背面側にあり、滑動や転倒に安定であれば発泡スチロールは自立し、構造物に土圧は作用しないと考えられる。

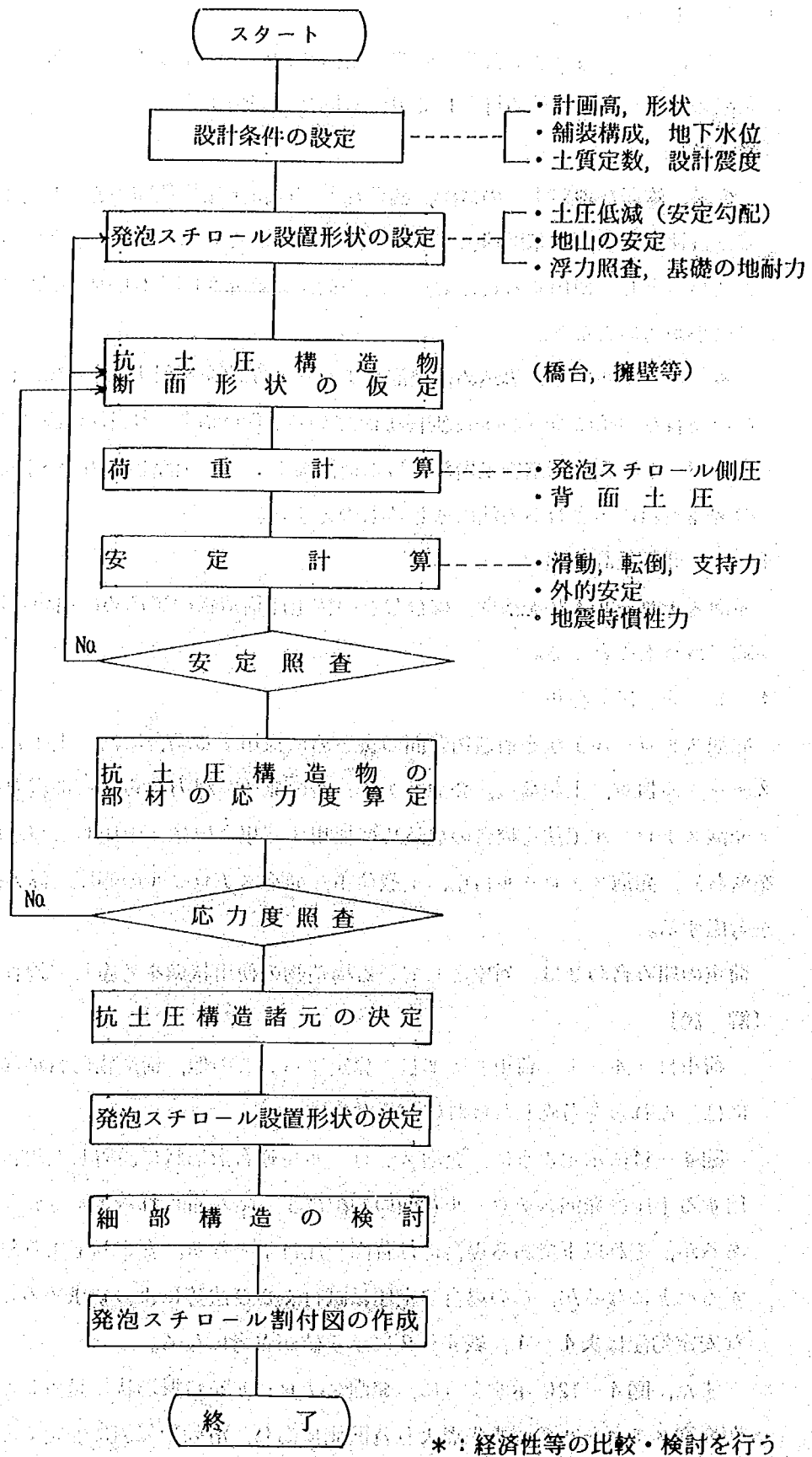


図4-10 構造物裏込め材としての発泡スチロール工法設計フロー

発泡スチロールの側圧は、深さ方向に一樣な分布とし、発泡スチロールの上載荷重の $1/10$ とする。

浮力に関しては、それが作用しないように排水工を設ける。しかし、地形的あるいは構造物の使用目的によって浮力が作用する場合には、これを設計に取り入れて検討しなければならない。

地震の影響は、構造物の重要性や規模に応じて考慮するものとする。

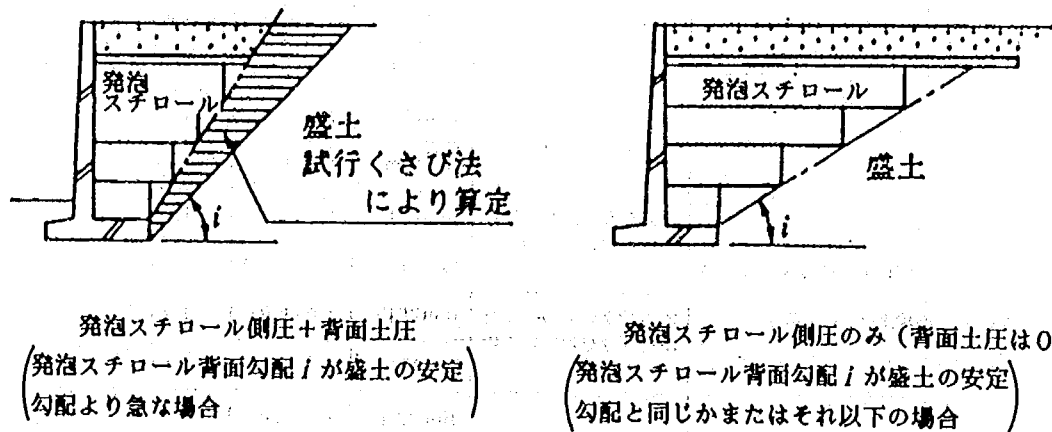


図4-11 背面勾配と背面土圧(逆台形形状)

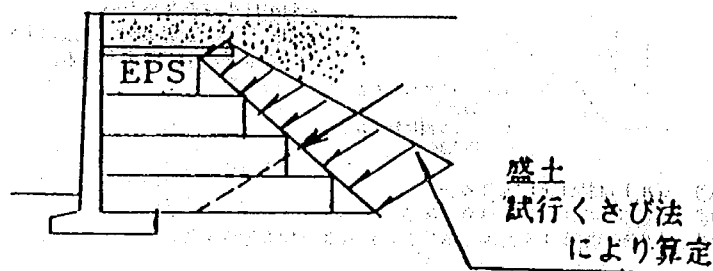
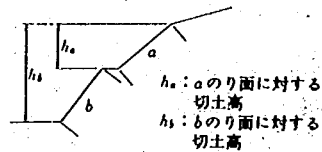


図4-12 背面土圧とその作用位置(台形形状)

表4-1 切土に対する標準のり面勾配

地山の土質		切土高	勾配
硬岩			1 : 0.3 ~ 1 : 0.8
軟岩			1 : 0.5 ~ 1 : 1.2
砂	密実でない粒度分布の悪いもの		1 : 1.5 ~
砂質土	密実なもの	5m以下	1 : 0.8 ~ 1 : 1.0
		5 ~ 10m	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
	密実でないもの	5m以下	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		5 ~ 10m	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5
砂利または岩塊まじり砂質土	密実なもの、または粒度分布のよいもの	10m以下	1 : 0.8 ~ 1 : 1.0
		10 ~ 15m	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
	密実でないもの、または粒度分布の悪いもの	10m以下	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		10 ~ 15m	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5
粘性土		10m以下	1 : 0.8 ~ 1 : 1.2
岩塊または玉石まじりの粘性土		5m以下	1 : 1.0 ~ 1 : 1.2
		5 ~ 10m	1 : 1.2 ~ 1 : 1.5

注) ① 土質構成などにより単一勾配としないときの切土高および勾配の考え方は下図のようにする。



- ・勾配は小段を含めない。
- ・勾配に対する切土高は当該切土のり面から上部の全切土高とする。

- ② シルトは粘性土に入れる。
 ③ 土表以外の土質は別途考慮する。
 ④ のり面の植生工を計画する場合には表3-10も考慮する。

表4-2 盛土材料および盛土高に対する標準のり面勾配

盛土材料	盛土高(m)	勾配	摘 要
粒度の良い砂 (SW), 礫および細粒分混じり礫 (GM) (GC) (GW) (GP)	5m以下	1 : 1.5 ~ 1 : 1.8	基礎地盤の支持力が十分にあり、浸水の影響のない盛土に適用する。 () の統一分類は代表的なものを参考に示す。
	5 ~ 15m	1 : 1.8 ~ 1 : 2.0	
粒度の悪い砂 (SP)	10m以下	1 : 1.8 ~ 1 : 2.0	
岩塊 (ずりを含む)	10m以下	1 : 1.5 ~ 1 : 1.8	
	10 ~ 20m	1 : 1.8 ~ 1 : 2.0	
砂質土 (SM) (SC), 硬い粘質土, 硬い粘土 (洪積層の硬い粘質土, 粘土, 関東ロームなど)	5m以下	1 : 1.5 ~ 1 : 1.8	
	5 ~ 10m	1 : 1.8 ~ 1 : 2.0	
火山灰質粘性土 (VH ₂)	5m以下	1 : 1.8 ~ 1 : 2.0	

注) 盛土高とは、のり面とのり尻の高低差をいう (図3-12参照)。

(「道路土工—のり面工・斜面安定工指針」より抜粋)

4-3-4 安定計算

発泡スチロールを裏込め材として用いた擁壁・橋台などの抗土圧構造物は、滑動、転倒、支持力および全体としての安定が確保できるように設計しなければならない。

〔解 説〕

滑動、転倒、支持力に関しての安定計算は、下記に示す方法により行うことができる。また、発泡スチロールの置き換え部を含む全体についての安定検討は円弧すべり法により行うものとし、その方法は「4-2-5 地盤の安定計算」に準じて行うものとする。

① 滑動に対する安定

滑動に対する安全率は、次式を満足しなければならない。

$$F_s = \frac{\text{滑動に対する抵抗力}}{\text{滑動力}} = \frac{\sum V \cdot \tan \delta + c \cdot B}{\sum H}$$
$$= \frac{(W + P_v) \tan \delta + c \cdot B}{P_H} \geq 1.5$$

ここに、 $\sum V$: 底版下面における全鉛直荷重

$\sum H$: 底版下面における全水平荷重

W : 躯体自重

P_v : 土圧合力の鉛直成分

P_H : 土圧合力の水平成分

$\tan \delta$: 底版と基礎地盤の間の摩擦係数

c : 底版と基礎地盤の間の粘着力

B : 底版幅

② 転倒に対する安定

つま先から合力の作用点までの距離 d は次式で表される。

$$d = \frac{\sum M_r - \sum M_o}{\sum V} = \frac{W \cdot a + P_v \cdot b - P_H \cdot h}{W + P_v}$$

ここに、 $\sum M_r$: つま先まわりの抵抗モーメント

$\sum M_o$: つま先まわりの転倒モーメント

a : つま先と W の重心との水平距離

b : つま先と P_v の作用点との水平距離

h : かかとと P_v の作用点との鉛直距離

合力 R の作用点の底版中央からの偏心距離 e は次式で表される。

$$e = \frac{B}{2} - d$$

転倒に対する安定条件として、合力 R の作用位置は底版幅 B の中央の $1/3$ 以内でなければならない。すなわち、偏心距離 e は次式を満足しなければならない。

$$|e| \leq \frac{B}{6}$$

③ 基礎地盤の支持力に対する安定

地盤反力度は次式により求める。

$$\left. \begin{matrix} q_1 \\ q_2 \end{matrix} \right\} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right) = \frac{P_v + W}{B} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right)$$

荷重の作用位置が底版の
核内にある場合（台形分
布）

$$q_1 = \frac{2(P_v + W)}{3d}$$

荷重の作用位置が底版の
核外にある場合（三角形
分布）

この q_1 , q_2 は次式を満足しなければならない。

$$\left. \begin{matrix} q_1 \\ q_2 \end{matrix} \right\} \leq q_a = \frac{q_u}{F_s}$$

ここに, q_a : 地盤の許容応力度

q_u : 地盤の極限支持力

F_s : 地盤の支持力に対する安全率 (= 3)

④ 地震時における安定

地震時における擁壁の安定を検討する場合には、常時の土圧の代わりに地震時土圧を用い、さらに地震時慣性力を考慮して、前述の①～③の方法に準じて行う。

なお、地震時安定計算における安全率は次のものを用いる。

・滑動に対する安全率 $F_s \geq 1.2$

・転倒に対する安定 $|e| \leq \frac{B}{3}$

4-4 地すべり地の盛土における発泡スチロール工法

4-4-1 概 説

ここで対象とする発泡スチロール工法は、地すべり地に盛土を行なう際の荷重軽減ならびに地すべり抑制工を目的として、発泡スチロールブロックを盛土材料として盛土本体に用いる場合に適用する。なお、設計の考え方（置換盛土厚、浮き上がりの検討等）については、4-2 軟弱地盤上の盛土の設計と同様であり、そちらを参照されたい。

【解 説】

地すべり地帯に道路盛土を建設する場合は、盛土場所によっては盛土荷重が滑動力の増大につな

がり、地すべりが誘発されるおそれがある。このため、盛土築造に際しては、地すべりが誘発しないように排水工（集水井、水抜ボーリング等）、抑止工（抑止杭、アンカー工など）、抑さえ盛土工、盛土荷重の低減などの地すべり対策工が必要となる場合がある。これらの対策工の中で、超軽量盛土材である発泡スチロールを用いた盛土荷重低減工法が最近利用されるようになってきている。

本マニュアルでは、地すべり地の盛土に発泡スチロール工法を適用する場合に、特に留意検討しなければならない特有な事項についてのみ説明を加えている。

本マニュアルに記載されない事項については、「道路土工 のり面工・斜面安定工指針：日本道路協会」等の指針によって設計するものとする。

4-4-2 設計手順

地すべり地での発泡スチロールによる軽量盛土の設計の基本的な考え方は、図4-13のように整理される。盛土荷重の増加で地すべりが誘発しないように、盛土荷重の増分と同等以上の土砂を掘削して盛土を築造する。これにより、すべりに対する安定は盛土築造前と同程度となる。さらに、目標安全率を確保するため、排水工や抑止工を併用する場合もある。また、地下水位や地表水による発泡スチロールの浮き上がりには、十分配慮することが重要である。

ここで、上記のように地山を掘削して盛土を築造することから、施工時の背面土砂による二次すべりに対しての安定検討も必要となることに留意する必要がある。

〔解 説〕

地すべりの盛土に発泡スチロールを適用する場合の基本的考え方は、地すべり土塊に対する荷重軽減を行うことにより地すべりを抑制することにある。設計の考え方は、通常の地すべり抑制工の場合と基本的には同じであり、所定の計画安全率を確保できるようにすべり破壊に対する安定について検討する。さらに、発泡スチロールは超軽量であるために、浮力に対する検討を行う。

4-4-3 設計荷重

地すべり地の盛土に発泡スチロールを用いる設計は、盛土荷重（発泡スチロール自重、舗装、床版等）、浮力を考慮する。

なお、ここで対象にしている構造は盛土体であるために、地震時の検討は、盛土高さが高い場合や一度壊れれば影響が大きい場合を除いては省略してもよい。

4-4-4 安定検討

発泡スチロール盛土による安定検討は、地すべりブロックの主測線上で設定したすべり面に最も近いすべり形状を定め、地すべり土塊の断面を図4-14に示すようにいくつかのスライスに分割して、次式にて求める。

計画安全率は、地すべり現象とその規模、保全対象の重要度、地すべりによって生じることが想定される被害の程度を総合的に考慮して決定する。なお、詳細については「道路土工指針、のり面工、斜面安定工指針」や「建設省河川砂防技術基準」等を参考にされたい。

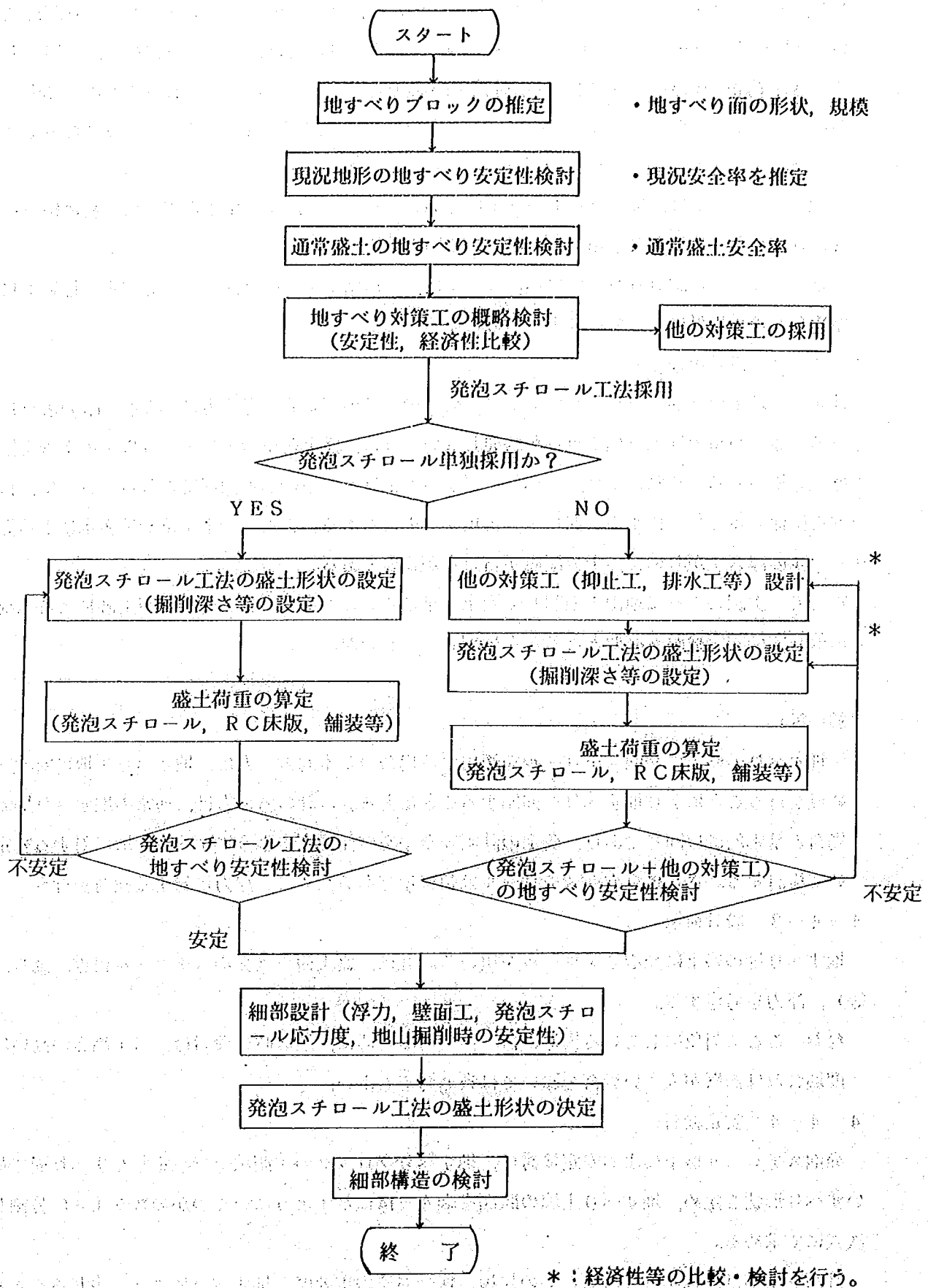


図4-13 地すべり地の軽量盛土の設計手順⁶⁾

$$F_s = \frac{\sum \{ c \cdot \ell + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot \ell) \tan \phi \}}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

F_s : 安全率

c : 粘着力 (tf/m²)

ϕ : せん断抵抗角 (度)

ℓ : 各分割片で切られたすべり面の弧長 (m)

W : 分割片の重量 (tf/m)

α : 分割片で切られたすべり面の中心とすべり円の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角(度)

u : 間隙水圧 (tf/m²)

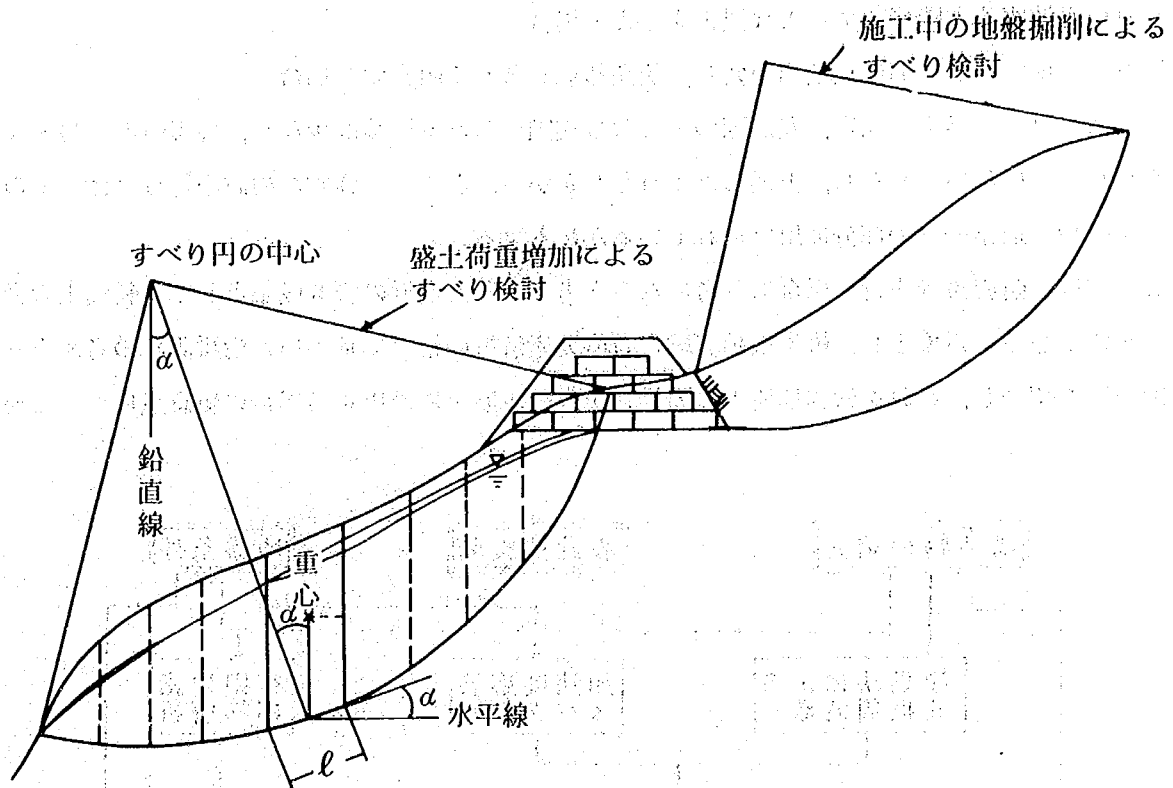


図4-14 地すべり安定計算に用いるスライス分割の例

第5章 耐震設計

5-1 一般

道路盛土の耐震設計についての考え方は、以上のように整理することができる。

- 1) 風雨などに耐えた多年の経験から求めた標準のり面勾配を適用した盛土のり面では、ある程度の安定が確保されていると考えられる。
- 2) 他の構造物に比べて復旧が比較的容易である。

一方、近年の傾向として、以下のような場合には、地震に対する検討が必要とされるようになってきた。

- 1) 万一崩壊すると隣接物に重大な損害を与える場合
- 2) 万一崩壊すると復旧に長期間を要し、道路機能を著しく阻害する場合

発泡スチロール盛土の場合、我が国のような地震国における経験は少なく、地震時の挙動・安定度はよくわかっていない。しかし、上述したようなことから、どこまで詳細な検討を行うかは、その道路のある場所や、道路のどの部分に用いられているかにもよる。

ここでは、耐震設計を行う場合に参考になると考えられる最近の研究成果として、斜面上の発泡スチロール盛土を主な対象とした模型振動実験と有限要素解析の結果に基づいた耐震設計の考え方（図5-1参照）を紹介し、これを軟弱地盤上の発泡スチロール盛土に適用する場合の留意点について述べる。

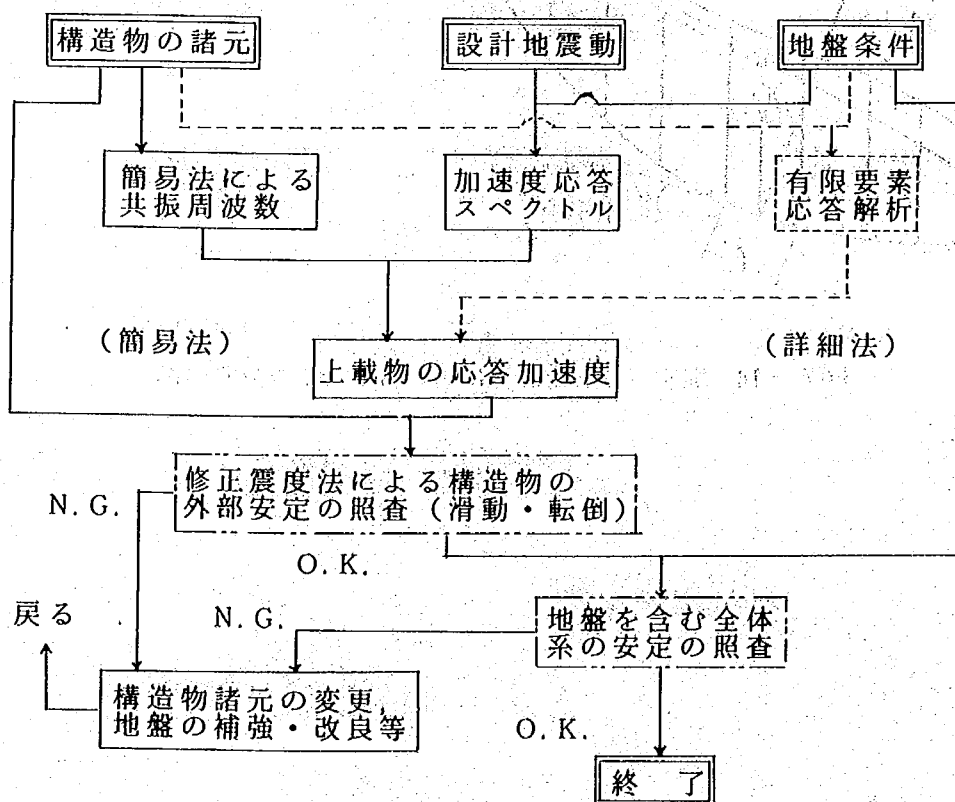


図5-1 発泡スチロールの耐震設計フロー

5-2 応答加速度の予測

舗装等の上載物の応答加速度を次のような方法により求める。

1) 簡易法

発泡スチロール部の質量は、舗装およびコンクリート床版等の上載物と比べるとはるかに小さい。そこで、発泡スチロール部分を質量の無視できる弾性梁に置き換えて、共振周波数を計算する。発泡スチロールの背面が斜面あるいは段切り部となっている場合には、図5-2のような斜面部分の等価化を行う。実大規模の発泡スチロール盛土にこの方法を適用した結果を図5-3に示す。

地震時の応答加速度は、この方法による共振周波数と、地震動の加速度応答スペクトル、および図5-4のような発泡スチロール盛土全体の減衰特性から簡易的に推定することができる。

2) 詳細法

有限要素応答解析により発泡スチロール盛土各部の応答加速度を求める。発泡スチロールは一定の減衰を持つ線形弾性として扱うが、発泡スチロールブロック間の摩擦に起因する減衰を考慮して、材料自体の減衰よりも大きい、2.5～5%程度の値を見かけの減衰として用いることができる。解析方法として、地震動の加速度応答スペクトルを入力する応答スペクトル法と、地震波形を入力する時刻歴応答解析法の2通りがある。

背面に地山がある場合には、発泡スチロールと地山の境界部に極めて小さいせん断剛性と大きめの減衰定数を持つ薄片状のダミー要素を入れて、境界部の特性を考慮することが必要である。

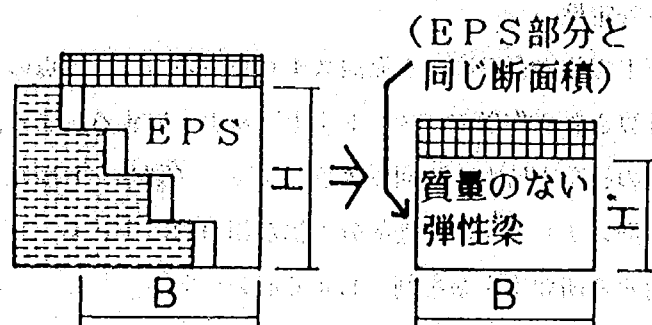


図5-2 簡易法による斜面部分の等価化

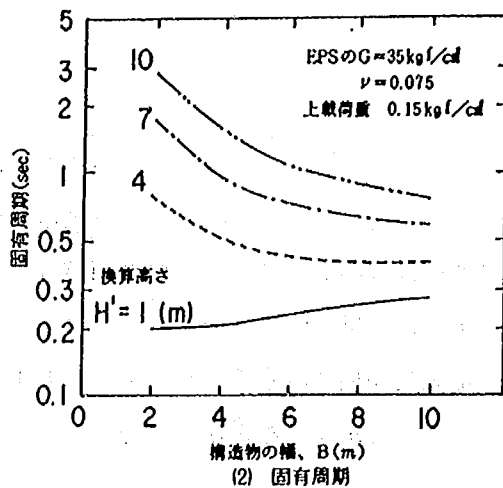


図5-3 簡易法による実大規模の発泡スチロール盛土の固有周期

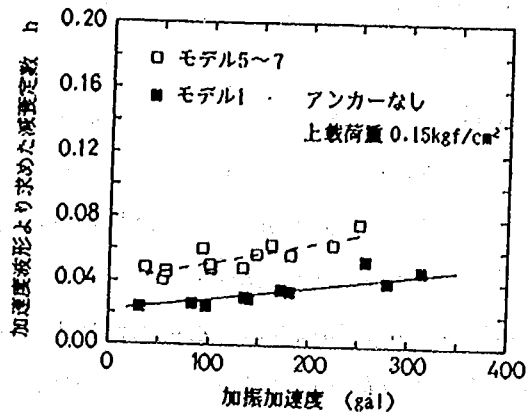


図5-4 発泡スチロール盛土の減衰定数

5-3 安定性の照査

予測した応答加速度を震度に換算して各部に作用させ、修正震度法により発泡スチロール盛土の滑動、転倒、支持力に対する安定の照査を行う。

1) 滑動に対する安定性

発泡スチロール底面での摩擦による抵抗力が、各部の慣性力から計算される水平作用力を上回るようにする。(図5-5参照)ただし、高さに対して発泡スチロールの接地部分の幅が相対的に小さく、ロッキングが生じやすい場合には、摩擦係数を低減させるか、あるいは滑動に対する所要安全率を割増しする必要がある。

2) 転倒・支持力に対する安定性

発泡スチロールおよび上載物の自重による発泡スチロールのつまさき点のまわりの抵抗モーメントが、各部の慣性力から計算される作用モーメントを上回るようにする。また、これらの力と釣り合うような地盤反力が、地盤の極限支持力を下回るようにする。(図5-6参照)ただし、滑動の場合と同様に、高さに対して発泡スチロールの接地部分の幅が相対的に小さく、ロッキングが生じ易い場合には、転倒・支持力に対する所要安全率を割しする必要がある。

3) 裏込材からの土圧

上記の安定計算に用いる裏込材からの土圧は、各段の裏込材の幅が高さに対して比較的小さい場合には、裏込材の慣性力として計算する。

4) 緊結金具の効果

緊結金具は、発泡スチロールブロック間のずれや不等沈下を防止するために用いられるが、これは強振時にもブロック間のすべりを防止する効果がある。緊結金具がある場合には、ブロックの幅が極端に小さい場合を除いて、発泡スチロールブロック全体が一体的な挙動をするものとして設計を行ってよい。

5) アンカーの効果

上載部にアンカーを取り付けて地山と結合すれば、アンカー張力により滑動および転倒に対する抵抗が増加し、発泡スチロール盛土の耐震性が向上する。アンカー定着部での引抜け、あるいはアンカーの破断が生じない限り、発泡スチロール盛土は安定に保たれる。設計では、安全側のため上載物の慣性力が100%すべてアンカーに作用するものとして取り扱う必要がある。(図5-7参照)

6) 前面に擁壁等がある場合の設計

発泡スチロール部分の変形に対して前面の擁壁部分(鋼矢板、くい等を含む)が抵抗力を発揮する構造の場合には、発泡スチロール部分から擁壁に作用する力を考慮して擁壁の設計を行う。水平力に関しては、極限状態を仮定し、擁壁がないとしたときの各部の慣性力から計算される作用力と、発泡スチロール底面での摩擦による抵抗力との差が擁壁に作用するものとする。曲げモーメントについても同様に考え、これらに加えて擁壁自身に作用する慣性力を考慮して擁壁の滑動、転倒、支持力に対する安定、部材強度および変形量に関する照査を行う。(図5-8参照)

なお、擁壁がないとしたときの抵抗力が作用力を上回っている場合には、計算上は擁壁に外力が作用しないことになるが、この場合でも、上載物の慣性力が作用して発泡スチロール部分に変形することによる水平力が擁壁に作用する。このような水平力は、常時においても上載物の自重が作用して発泡スチロール部分に変形することにより生じており、その大きさは上載荷重の1/10程度であることが模型実験で示されている。これは、発泡スチロールをポアソン比0.1程度の弾性体とし、擁壁が変位しないものとして求めた計算値とほぼ一致する。上載物の慣性力が作用することによる水平力も、同様な計算により求めることができる。擁壁の剛性が高い場合には、これを考慮して部材強度の照査を行う必要がある。ただし、このような水平力は擁壁の変形が比較的小さい状態においてのみ作用するため、極限状態での釣合を考える擁壁の滑動、転倒、支持力に対する安定の照査と、擁壁の変形量の照査の際には考慮する必要はない。

アンカーと擁壁を併用する場合には、上載物と擁壁を直接には結合しない構造として、上載物の慣性力をすべてアンカーに負担させるほうが、力の分担が明確となり設計を行いやすい。また、スキンプレートや吹付けコンクリートのように擁壁部分の抵抗を期待しない場合には、擁壁に発泡スチロール部分から不必要な力が作用しないような構造とする必要がある。

5-4 発泡スチロール盛土の留意点

軟弱地盤上の発泡スチロール盛土も、基本的には上記の方法に基づいて耐震設計を行うことができるが、以下の点に留意する必要がある。(図5-9参照)

1) 地震動の増幅

埋め立て地盤やベイマッド等の軟質地盤上では、良好な地盤に比べて地震時の地盤の加速度が3倍以上大きかったことが報告されている。このような軟弱地盤中における地震動の増幅を考慮する必要がある。各種地盤上での強震記録をもとに地盤種別毎に設定した加速度応答スペクトルや入力地震動を用いれば、軟弱地盤における地震動の増幅を考慮したことになる。しかし、極めて軟弱な地盤にお

ける地震動の増幅については、今のところ十分な情報が得られていない。

発泡スチロール盛土に比べて軟弱地盤の規模が小さい場合、あるいは発泡スチロール盛土が大規模な構造物に隣接している場合には、構造物と地盤の相互作用により地震動の特性が変化して、構造物がない場合とは異なるものになる可能性がある。このような場合には、有限要素応答解析において地盤と構造物をモデル化し、基盤面に地盤入力を行うことにより相互作用の影響を考慮することができる。

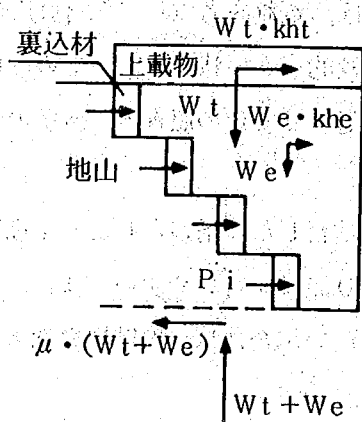
2) 地盤を含むすべり破壊に対する安定

軟弱地盤では、掘削面における発生応力が発泡スチロール盛土の築造前後で等しくなるように掘削深さを設定する場合が多い。この場合には、地盤中の応力に変化がじないため、強度の小さい地盤であっても常時は安定に保たれる。しかし、地震時には慣性力が作用することにより、地盤を含む破壊が生じる可能性がある。そこで、慣性力を考慮した円弧すべり安定解析を行い、地盤を含むすべり破壊に対する安定性を照査する必要がある。

特に、ゆるい飽和砂質土で液状化が予想される場合、およびやわらかい粘性土層あるいはシルト質土層で鋭敏比が高い場合には、地震時の地盤強度の低下を考慮しなければならない。

3) 浮力に対する安定

発泡スチロール盛土の底面が、液状化が予想されるゆるい飽和砂質土中にある場合には、過剰間隙水圧の発生による浮上がりに対する安定性の照査を行う必要がある。



W_t : 上載物の重量

W_e : 発泡スチロールの重量

k_{ht} : 上載物の修正震度

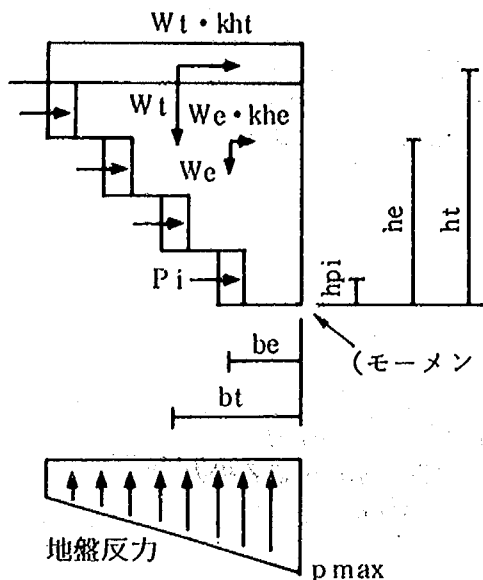
k_{he} : 発泡スチロールの修正震度

P_i : i 段目の裏込め材からの水平土圧合力

μ : 発泡スチロール底面における摩擦係数

$$F_s = \frac{\mu \cdot (W_t + W_e)}{W_t \cdot k_{ht} + W_e \cdot k_{he} + \sum P_i} \geq \text{許容値}$$

図 5-5 滑動に対する安定



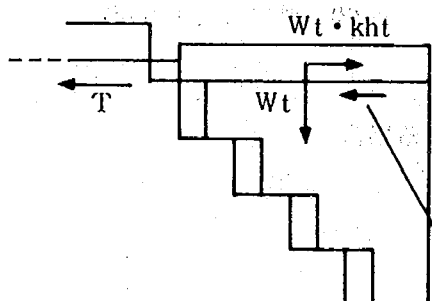
- h_t : 上載物の重心の高さ
 h_e : 発泡スチロールの重心の高さ
 h_{pi} : i 段目の裏込め材からの水平土圧合力の作用高さ
 b_t : 上載物の重心の発泡スチロールつまさき点からの水平距離
 b_e : 発泡スチロールの重心の発泡スチロールつまさき点からの水平距離
 P_{max} : 最大鉛直地盤反力

(モーメントの中心位置)

$$F_s = \frac{W_t + b_t + W_e \cdot b_e}{W_t \cdot k_{ht} \cdot h_t + W_e \cdot k_{he} \cdot h_e + \sum P_i \cdot h_{pi}} \geq \text{許容値}$$

$$P_{max} \leq \text{地盤の極限支持力の安全率}$$

図5-6 転倒、支持力に対する安定



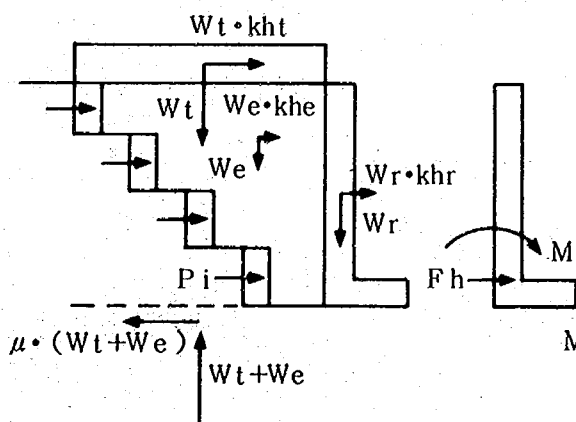
T : アンカー張力

$$T = W_t \cdot k_{ht}$$

- $\left\{ \begin{array}{l} \leq \text{アンカーの付着力/安全率} \\ \leq \text{アンカーの強度/安全率} \end{array} \right.$

(上載物と発泡スチロール間の摩擦はゼロとする)

図5-7 アンカーのある場合

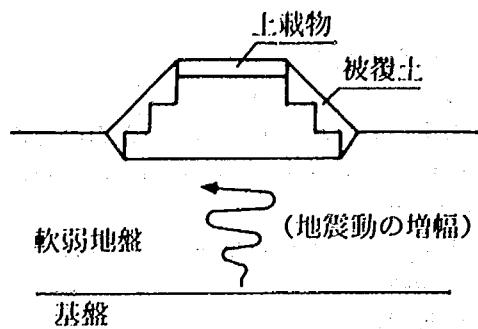


- k_{hr} : 前面の擁壁部分の修正震度
 W_r : 前面の擁壁部分の重量
 h_r : 前面の擁壁部分の重心の高さ
 M : 擁壁に作用する曲げモーメント
 F_h : 擁壁に作用する水平力

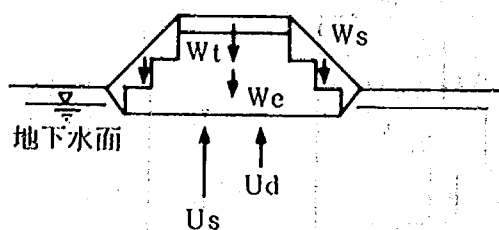
$$M = W_t \cdot k_{ht} \cdot h_t + W_e \cdot k_{he} \cdot h_e + \sum P_i \cdot h_{pi} + W_r \cdot k_{hr} \cdot h_r - W_t \cdot b_t - W_e \cdot b_e$$

$$F_h = W_t \cdot k_{ht} + W_e \cdot k_{he} + \sum P_i + W_r \cdot k_{hr} - \mu \cdot (W_t + W_e)$$

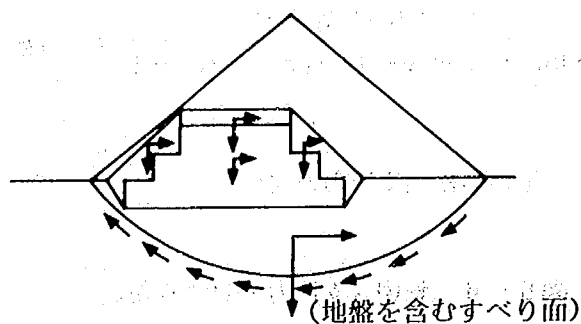
図5-8 擁壁等のある場合



(1) 地震動の増幅



- W_s : 被覆土の重量
 U_s : 静水圧による浮力
 U_d : 過剰間隙水圧による揚力
 F_u : 浮上がり安全率



(2) 地盤を含むすべり破壊

$$F_u = \frac{W_t + W_e + W_s}{U_s + U_d} \geq \text{許容値}$$

(3) 浮力に対する安定

図 5-9 軟弱地盤上にある場合

第 6 章 施 工 法

6-1 一 般

ここでは、発泡スチロール工法を施工する際の基本的な考え方と標準的な施工方法を示し、実施工の参考とすることを目的としている。

また、ここでの内容は、発泡スチロール工法を実施するにあたっての施工方法についてこれまでの施工実績に基づいて記述している。

適用にあたっては、以下の事項を十分理解された上で利用されたい。

- (1) 本工法の実施に直接あるいは間接的に関係する地盤調査、土工（盛土工、斜面安定工、軟弱地盤対策工、排水工、のり面工など）、構造物工、仮設工などについては各種の機関によって指針等が作成されているため、それらを十分に遵守したうえで利用するものとする。
- (2) ここでの内容、図面等は現段階における標準的な施工方法あるいはこれまで実施されてきた事例を基に記述している。したがって、実施工の際は本工法の適用の背景、工事内容、規模、周辺条件など関連する要件を十分考慮したうえで、本マニュアルの基本的な考え方を適用することが重要である。

図 6-1 に発泡スチロール工法の標準的な施工手順を示す。

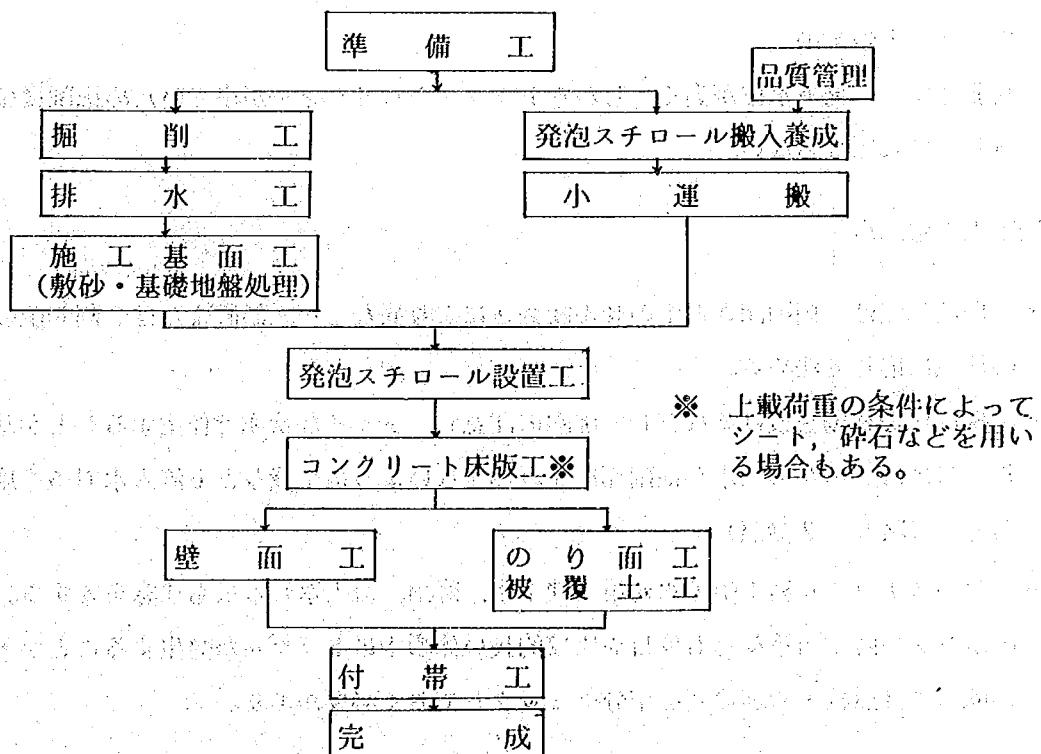


図 6-1 発泡スチロール工法施工手順

6-2 準備工

準備工は、工事の進捗、出来形の良否に与える影響が大きいため、工事の内容を十分に検討して最も適した方法を採用しなければならない。以下に主な項目を示す。

1) 工事準備測量

(仮水準点の設置、中心ぐいと控えぐいの設置、用地ぐいの点検、縦・横断面の点検、丁張り等)

2) 工事用道路

場内工事用道路(小運搬路)、場外工事用道路、迂回路

3) 安全施設、仮設備等

発泡スチロール工法では、上記のうち特に留意しておく事項は以下のようである。

- ・発泡スチロール搬入トラックの運搬路
- ・発泡スチロールの材料置場
- ・発泡スチロールの場内小運搬路

6-3 掘削工

掘削工は、発泡スチロール工法を軟弱地盤上に適用する場合の基礎地盤掘削あるいは拡幅盛土に代表される傾斜地盤上の斜面掘削などに適用される。

1) 軟弱地盤上の掘削

軟弱地盤では地下水位が高く、しかもトラフィカビリティが小さいため掘削機械の選定には十分留意しなければならない。

施工上の留意点

- ◆ 掘削勾配は、掘削深さと土のせん断強さにより異なるが、鉛直または2割勾配の範囲内から現地の状況に応じて決める。
- ◆ 掘削部は釜場を設けるなどして排水に注意し、ドライな状態で作業することが基本である。また、降雨時には周辺から雨水が掘削部に流れ込まないように土嚢などで流入水対策を施しておく必要がある。(図6-2参照)
- ◆ 発泡スチロール施工中の水対策(地下水、降雨、流入水)は最も注意を要する。釜場排水用の水中ポンプや降雨対策なども休日や比較的長い休暇中にトラブルが発生することが多いため、それらの前日には点検・管理体制を十分チェックしておく必要がある。

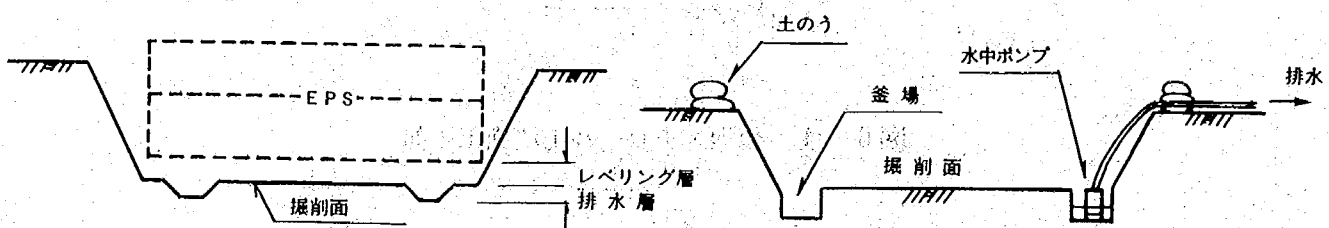


図6-2 施工中の排水対策⁹⁾

2) 傾斜地盤上の掘削

斜面上の掘削は図6-3に示すように段切りを行い、発泡スチロールを斜面にきい込ませて滑動を防ぐようにしなければならない。斜面が岩盤のときは地形の状況によって段切りの幅および高さは適宜縮小することができる。

施工上の留意点

- ◆ 段切り部と発泡スチロールとの境界部は湧水や浸透水の排水を考慮した良質な材料で埋め戻し十分に転圧を行う。また湧水が多い場合などは、段切り面に沿って排水用ジオテキスタイルなどを設置する必要がある。
- ◆ 段切り高さが大きくなる場合は、傾斜地盤の特性に応じて適宜掘削勾配を考慮する必要がある。
- ◆ 岩盤などにすり付ける場合は、発泡スチロールと岩盤の境界部が潜在的なすべり面とならないように留意しておく必要がある。(図6-4参照)

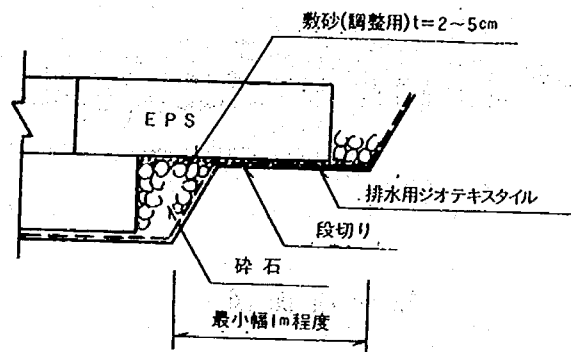
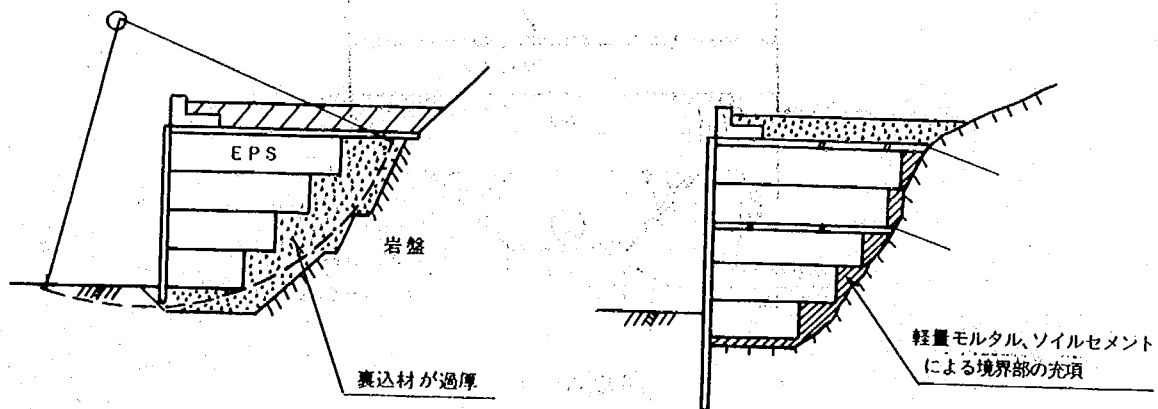


図6-3 傾斜地盤上の段切り



- ノルウェーの施工例では発泡スチロールと岩盤との境界部に軽量モルタルなどを施工して地山部と一体化している例がある。

(境界部潜在すべりの発生例)

(軽量モルタルなどによる境界部の充填)

図6-4 岩壁斜面へのすり付け⁹⁾

6-4 排水工

発泡スチロール工法では、施工中あるいは完成時を通して排水対策に極めて慎重に対応する必要がある。また、本工法に対するトラブルは殆どが排水対策の不備に起因するといっても過言ではない。

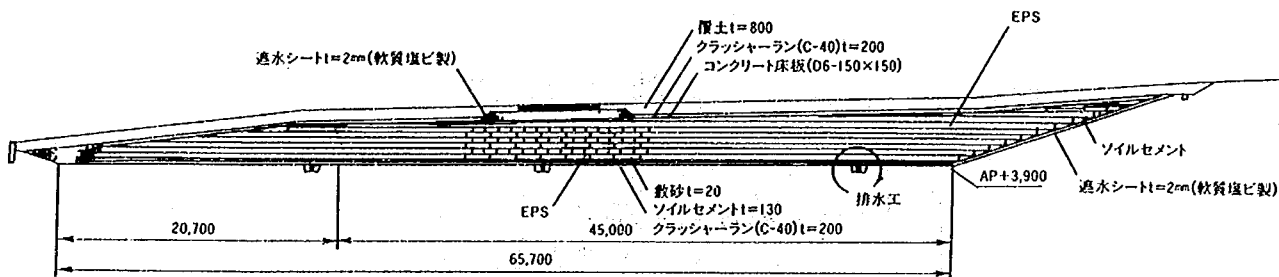
排水工の目的は、

- ① 地下水の上昇を避け、発泡スチロール部まで水位を上昇させない。
- ② 浸透水あるいは不測の流入水をすみやかに排水する。

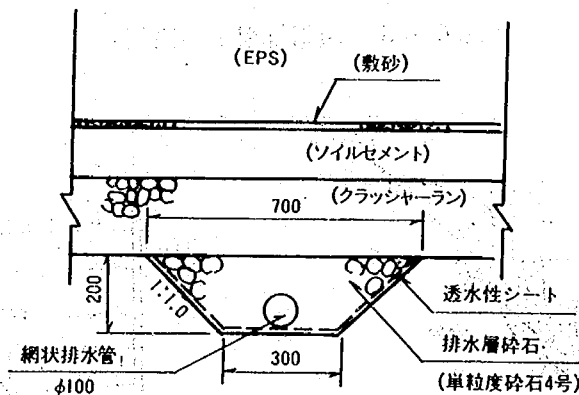
ことであるが、いずれも流末処理に留意しておく必要がある。

ここでは、これまでに施工された代表的な事例を紹介する。

＜軟弱地盤上の排水工施工例＞



標準断面図



参考図-1

6-5 基盤工

基盤工とは、発泡スチロールを設置する施工基面および発泡スチロール設置基盤を施工することを示す。

発泡スチロールは原則として水平面に設置するためこの基面となる層のうち最上層をレベリング層と呼称する。

水平面の調整は一般に敷砂で行うが、軟弱地盤上などでは敷砂層の下部に碎石層あるいは簡易な安定処理を用いて基盤を施工することもあるため、これらを含めて基盤工とする。

発泡スチロールを設置する基盤には次のような形態がある。

- ① 基礎地盤の掘削面に施工する場合
(軟弱地盤、覆土あるいは現道の掘削)
- ② 現地盤または盛土上に施工する場合
(地下水位などの関係から、発泡スチロール施工基面を高くする場合)
- ③ 斜面上の段切りに施工する場合
- ④ 構造物上に施工する場合

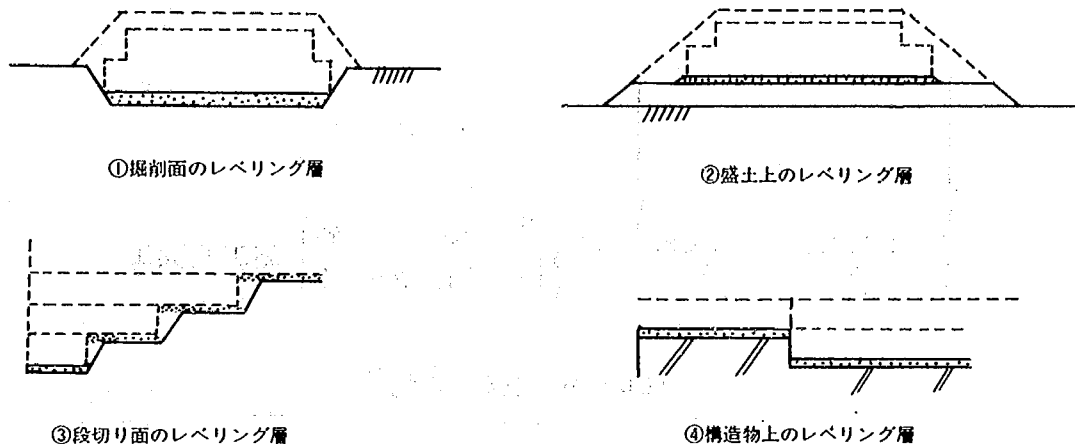


図 6-5 基盤工の形態⁹⁾

施工上の留意点

<軟弱地盤上の施工基面>

- ◆ 発泡スチロール工法は超軽量盛土工法であるが、それゆえに軟弱地盤に与える荷重配分(分散)に注意する必要がある。

このため、基盤工として単に掘削面を敷砂で整正するのではなく荷重分散を考慮した対策が必要となる場合もある。以下にこれまでの施工例を示す。

上記の他に、掘削面が軟弱な場合は、ジオテキスタイル、ジオグリッドなどの敷設材を併用することも有効であり、埋立地盤などの極めて軟弱な地盤においては表層混合処理工法などとの併用も必要である。

<現地盤あるいは段切り部のベアリング層>

- ◆ 掘削面の状況にもよるが敷砂はあくまでレベリングの最終調整層として用いることとし、必要最小限の厚さとする。(t = 2 ~ 5 cm程度)

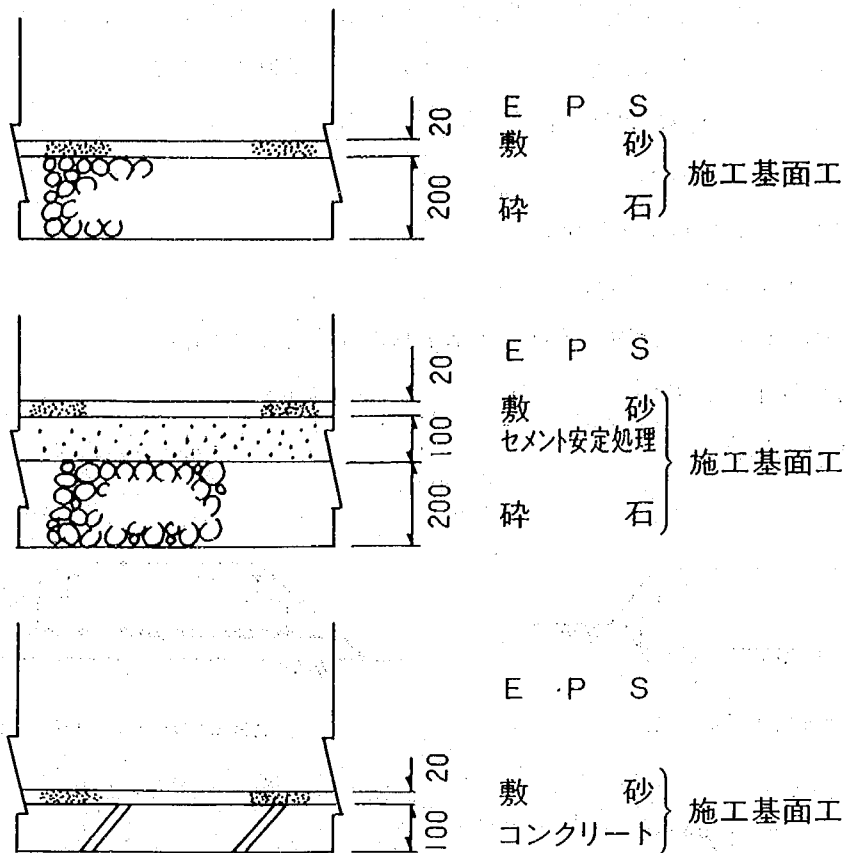


図6-6 基盤工の例⁹⁾

- ◆ 敷砂は、ビブロプレート、タンパーあるいは小型振動ローラーによって締固めを行うが厚い砂層は締固めが不十分となる場合が多い。また、厚い敷砂は発泡スチロールの第1層施工時に人力施工による乱れが生じ、不陸整正に手間を要する。
- ◆ 砂層は施工中の降雨、流入水などによって流出する場合もある。状況によっては均しコンクリートなどを施工のうえ敷砂で整正する方法もある。

<構造物上のレベリング層>

- ◆ 発泡スチロール設置面の勾配、不陸などを調整する目的で必要最小限の厚さを設ける。調整材としては、敷砂、空練りモルタル、碎石、均しコンクリート、ソイルセメントなどがあるが、現地の状況に応じて決める必要がある。

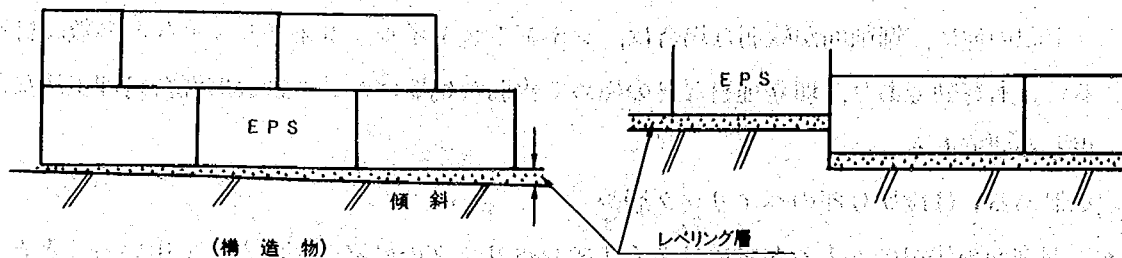


図6-7 構造物上のレベリング層⁹⁾

6-6 発泡スチロール搬入・仮置き

1) 発泡スチロール搬入

発泡スチロールの搬入にあたっては事前に以下の事項を十分に打合せておく必要がある。

① 発泡スチロールブロック割付図の確認

ブロックの形状は通常2m(縦)×1m(横)×0.5m(厚さ)を標準形状としているが、施工高さの調整部、曲線部、構造物との接続部などは加工した形状を用いることになる。

なお、加工はあらかじめ工場で行う場合と現地で行う場合がある。

② 発泡スチロール搬入路

発泡スチロールの搬入は、通常4tロングボディートラック(約40㎡積載)で搬入する場合が多い。

発泡スチロール搬入路の計画は、材料置場あるいは小運搬路も短縮も含めて全体工期に影響する要素が大きいため、出来る限り発泡スチロール設置箇所付近まで運搬車を誘導できる搬入路の計画が重要となる。

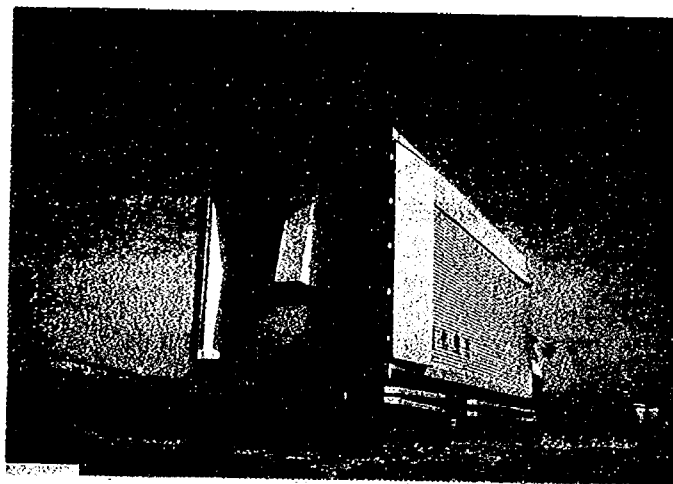


写真6-1 発泡スチロール運搬トラック⁹⁾

2) 発泡スチロール仮置き

発泡スチロールの仮置きにあたっては以下の事項に十分留意する必要がある。

仮置きの留意点

- ◆ 発泡スチロールは容積を占めるため、工事の進捗状況、保管管理体制を十分考慮して現場ストック量を定めることが重要である。
- ◆ スtockヤードにおける注意点は以下のようである。
 - i) 火気、石油類を近づけない。喫煙は所定の決められた場合とする。
 - ii) 消火整備は表6-2を参考に設置する。

表 6 - 2 消火器の設置 (参考)

設 置 箇 所	設 置 個 数
ストックヤード	1 ケ / 発泡スチロール 50 m ³
施 工 箇 所	1 ケ / 施工延長 100 m

iii) 風による飛散防止対策としてネットなどで被っておく。

iv) 発泡スチロールは紫外線によって変色するため明らかに一週間以上太陽光線に曝されると予測される場合はシートなどで被覆しておくこと。

v) 仮置きといえども平滑な場所とし、雨水などが滞留しないように足場板などで嵩上げしておく。

なお、発泡スチロールそのものは雨水によって材質が変化するものではない。

vi) 関係者以外 (特に子供) の立ち入り禁止措置を厳重に行っておく。

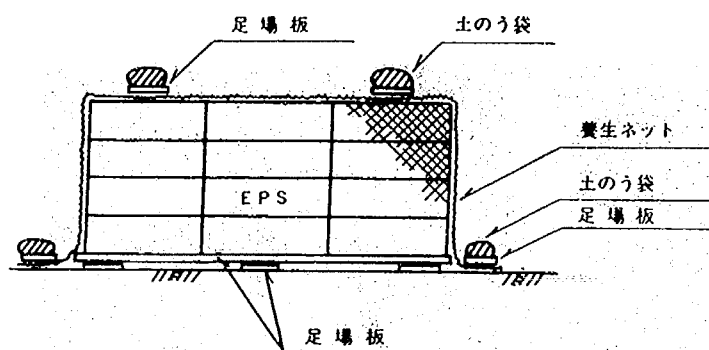


図 6 - 8 発泡スチロールの仮置き例⁹⁾

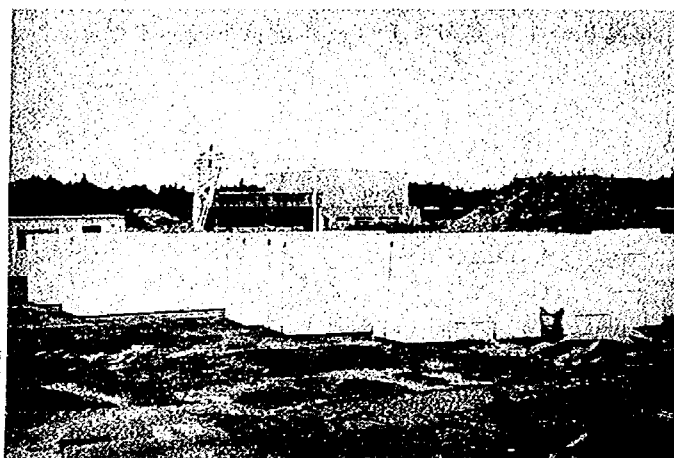


写真 6 - 2 発泡スチロールの仮置き⁹⁾

6-7 発泡スチロール設置工

1) 施 工

発泡スチロールの設置は、ブロック各層毎に人力で施工する。

設置にあたっては、全体の施工精度に影響する第1層（最下層）の施工精度に最も注意する必要がある。

発泡スチロール設置工の具体的な施工手順は以下のようである。

発泡スチロール設置基準（点）線の設置	—————	〔ブロック割付図を参考〕
基 準 （ 点 ） 線 の 設 置	—————	〔水系などによる指示〕
レベリング層（敷砂）の不陸再整正	—————	〔面 木 等〕
第 1 層 発 泡 ス チ ロ ール 設 置	—————	〔高さ、位置確認〕
隣 接 発 泡 ス チ ロ ール の 設 置	—————	〔段差、目地確認〕
緊 結 金 具 の 設 置		
第 2 層 発 泡 ス チ ロ ール の 設 置		

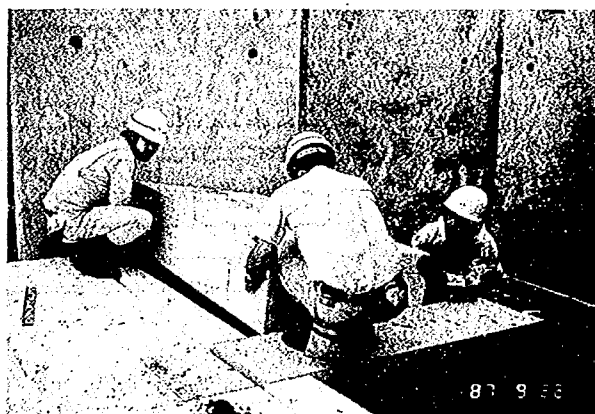
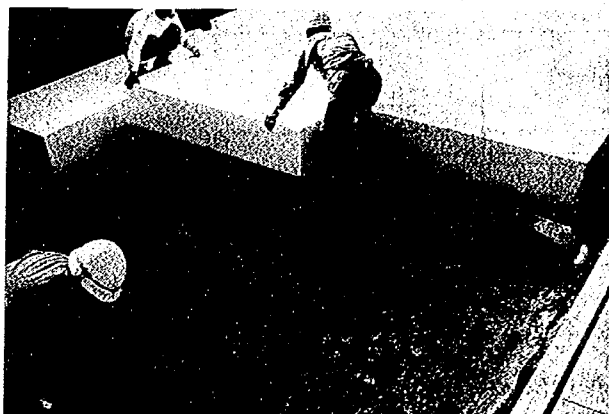


写真 6-3 発泡スチロールの施工状況⁹⁾

施工上の留意点

- ◆ 発泡スチロール工法の施工誤差は最下層のブロック設置精度に大きく左右される。したがって、最下層ブロックの設置にあたっては特に段差が発生しないように留意して施工することが重要である。
- ◆ 曲線区間などで標準値以上の値になる場合は、砂、空練りモルタル、モルタル、軽量骨材などで

間詰を行うものとする。

- ◆ 発泡スチロールの最下層設置面（レベリング層）は必ずドライな状態に保つ必要がある。
- ◆ 発泡スチロールの最下層設置時にブロックのガタツキを認めた場合は、砂等で微調整を行うか、再度レベリング層の不陸整正を行う。
- ◆ 発泡スチロールの目地は3層以上連続して重ならないように設置すること。
- ◆ 発泡スチロール設置時に途中で大幅な段差が生じてしまった時は、空練りモルタル等で設置面の整正を行うこと。

【盛土部との接続】

発泡スチロールと一般盛土との接続部は、一定のすり付け区間を設ける。（図6-18参照）

なお、発泡スチロール上部に設置するコンクリート床版は発泡スチロールの設置形態に係わらず1～2m程度盛土部に延長しておくものとする。また、発泡スチロールと盛土とのすり付け区間については、盛土部の沈下量などそれぞれの設計条件に応じて急激な変化が生じないように設定する必要がある。

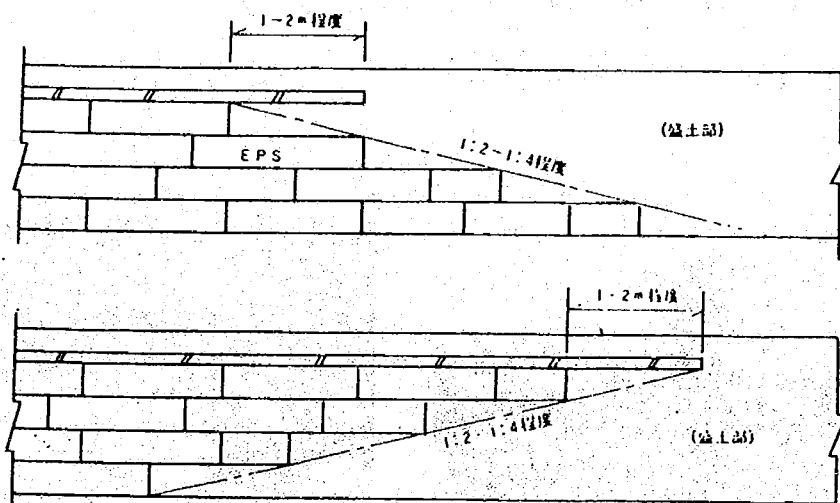


図6-9 盛土部の接続例⁹⁾

2) 緊結金具

ブロック相互は下図に示す緊結金具で固定する。

緊結金具は両爪型と片爪とがあるが、その設置方法は以下のようなものである。

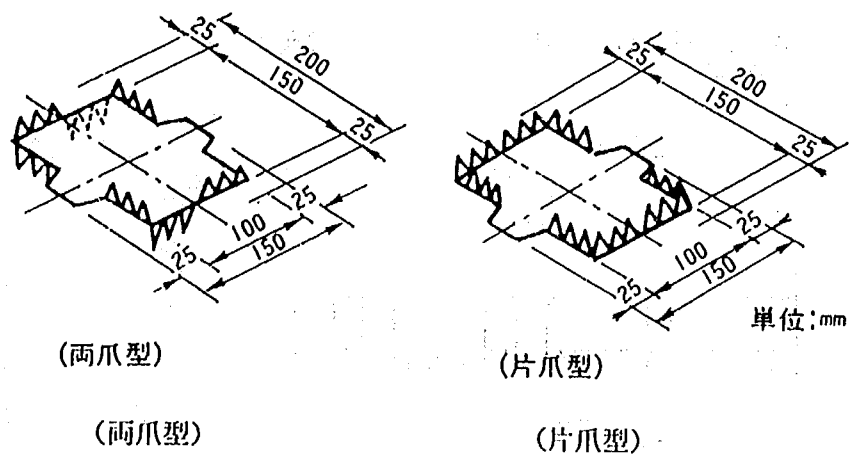


図6-10 緊結金具⁹⁾

緊結金具の標準的な設置数量は以下のようである。

表6-3 緊結金具の設置数

条 件	個数	ブロックサイズ
発泡スチロール1㎡当り	2ヶ	2m×1m×0.5m
発泡スチロール1㎡当り	1ヶ	—
加工ブロックは、1ブロック当り1ヶ使用する。		

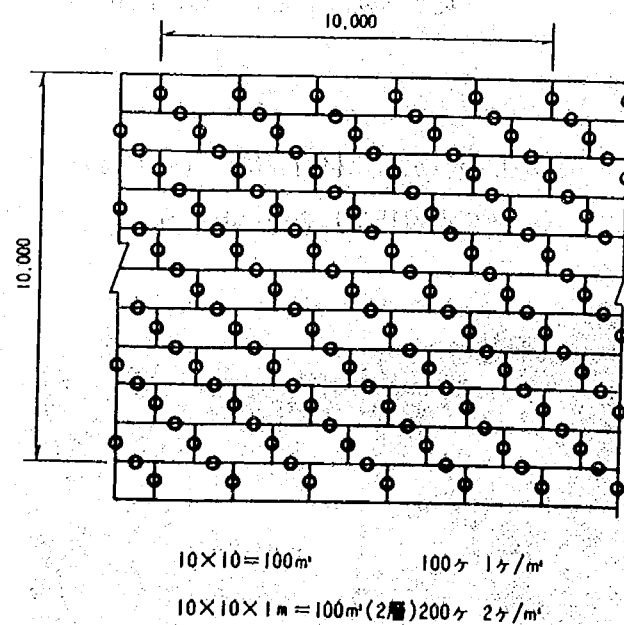
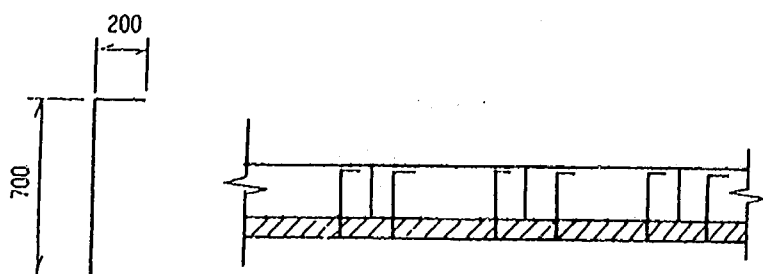


図6-11 緊結金具の設置例⁹⁾

また、第一段目（施工基面直上）あるいは斜面段切部などでは発泡スチロールにL型ピンを打ち込み地盤に固定する方法もある。



$\phi 9 \quad \ell = 900 \text{ mm}$

$n = 2 \text{ 本/1ブロック}$

L型ピン

図6-12 L型ピンの設置例

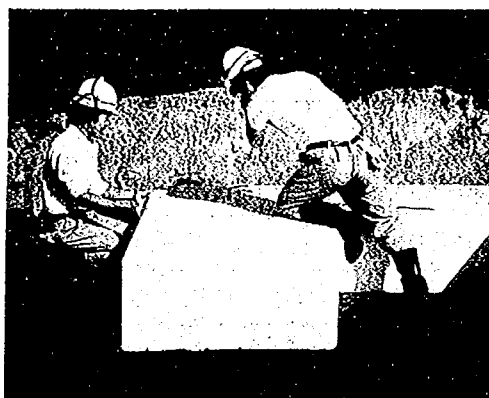
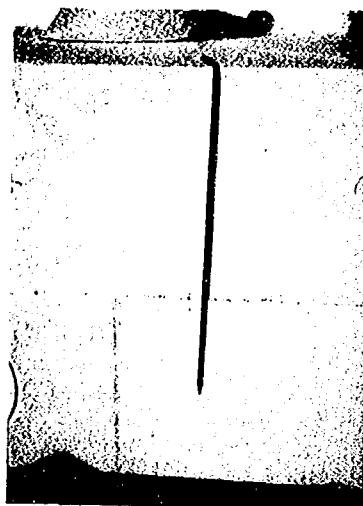


写真6-4 L型ピンの設置状況⁹⁾

3) 加工・切断

発泡スチロールの加工は、あらかじめ設定した材料表に従って工場での加工を原則とする。

現場での加工は熱線ワイヤー（ニクロム線15V）を用いて行う。



写真6-5 熱線ワイヤーによる切断⁹⁾

その他の留意事項

- ◆ 発泡スチロール施工中は、トラックその他の重機は直接発泡スチロール上を走行してはならない。
- ◆ 転落防止のため積み上げ高さが2.0 m以上になる場合、転落防止の処置をする。
- ◆ 火気厳禁
- ◆ 未完成箇所は、風で散乱しない様に土嚢等で処理する。
- ◆ 緊結金具は発泡スチロール設置直前に取り付けることを原則とする。
- ◆ 日照が強い夏期に平面的に広いヤードを長期にわたって作業する場合、照り返しが強いので、サングラスを使用した方が望ましい。
- ◆ 発泡スチロールの運搬・据え付け・切断加工作業は、決められた作業指揮者の指示により、所定の決められた編成要員で行う。

6-8 コンクリート床版工

コンクリート床版は、設置完了した発泡スチロールの天端および設置高さに応じた中間部に以下に示す目的のために設けるコンクリート層である。

<コンクリート床版の目的>

- (1) 交通荷重、上載荷重に均等に分散させる。
- (2) 発泡スチロール設置時に発生する不陸、段差を修正し、発泡スチロール相互を床版荷重によって押さえ馴染ませる。
- (3) 個々のブロックを一定の設置高さ毎に一体化する。
- (4) 発泡スチロールに有害な物質の浸透防止層とする。
- (5) 地山アンカー、壁面工、タイバーなどの固定箇所とする。
- (6) 発泡スチロール上に施工する覆工、路盤材等の施工基盤とする。

施工上の留意点

- ◆ 発泡スチロール工法は、施工中の浮力対策に最も留意しておく必要がある。
すなわち、コンクリート床版施工後、すみやかに路盤工、覆土工を施工することが重要であるためコンクリートは早強セメントが望ましい。
- ◆ コンクリート床版工は、荷重分散層として設けるものであるが、地覆部との一体化など構造上の配慮が必要な場合は、厚さ、鉄筋を別途考慮する必要がある。
- ◆ 発泡スチロールは、施工時各層毎に1～2 mm程度の不陸が生じている場合がある。コンクリート床版打設によってこれらの不陸はある程度収まるが、打設完了後に高さをチェックしておくことが必要である。
- ◆ 打設は原則としてコンクリートポンプ打ちとする。表面仕上げは木ゴテ仕上げとする。
- ◆ 中間コンクリート床版は、原則として発泡スチロール設置層4～6層毎に1箇所設けるものとす

る。なお、アンカー等の設置形態によって適宜変更することができる。

- ◆ コンクリート床版は、通常、溶接金網（ $\phi 6$ ， 150×150 ）を中間に配筋してクラックの発生を防止している。
- ◆ 切・盛土部と縦横断方向の接続部はすり付け区間を設けて路床、路体としての支持力の不連続を避けるようにする。すり付けは図6-13に示すように1：4程度を目安とする。

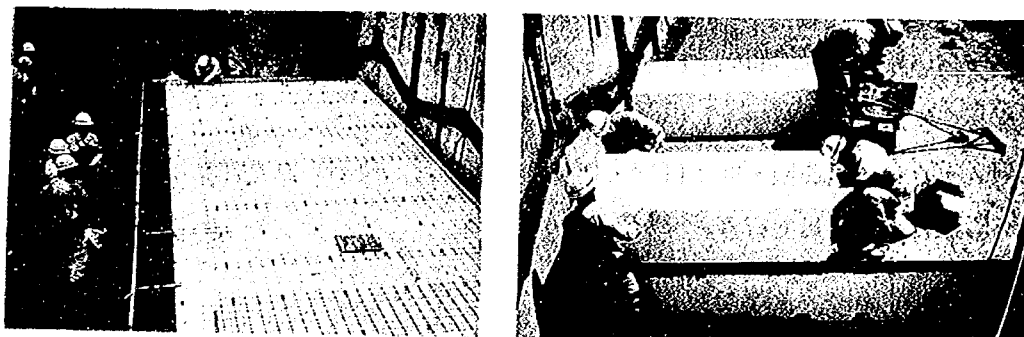


写真6-6 中間コンクリート床版の施工⁹⁾

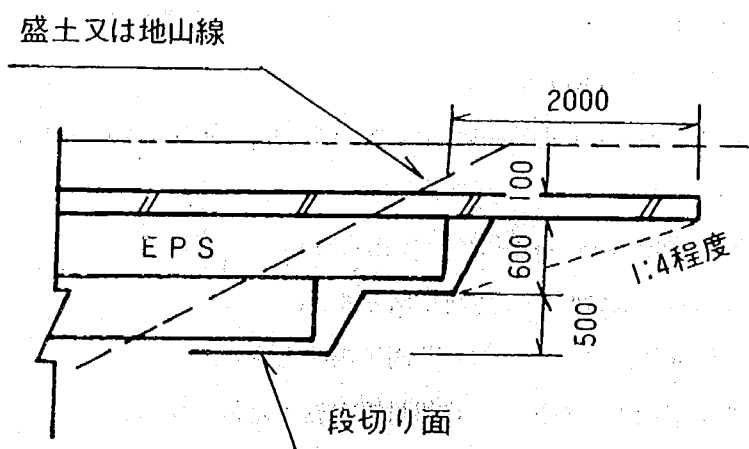


図6-13 すり付け部⁹⁾

6-9 壁面工

壁面工とは、発泡スチロールの自立面を外部からの障害に対して保護する目的で設置する保護壁を示す。保護壁の目的は以下のである。

- 1) 太陽光線（紫外線）による発泡スチロールの変色防止
- 2) 沿線火災からの燃焼防護
- 3) 衝撃などによる破損防止

なお、発泡スチロール自立面に発生する側圧あるいは背面地山からの土圧に対する構造壁としての壁体は別途構造計画を行って設計を行うものとする。

ここでは、これまで実施されてきた施工例を以下に示す。

＜現場打ちコンクリートによる壁面工の例＞

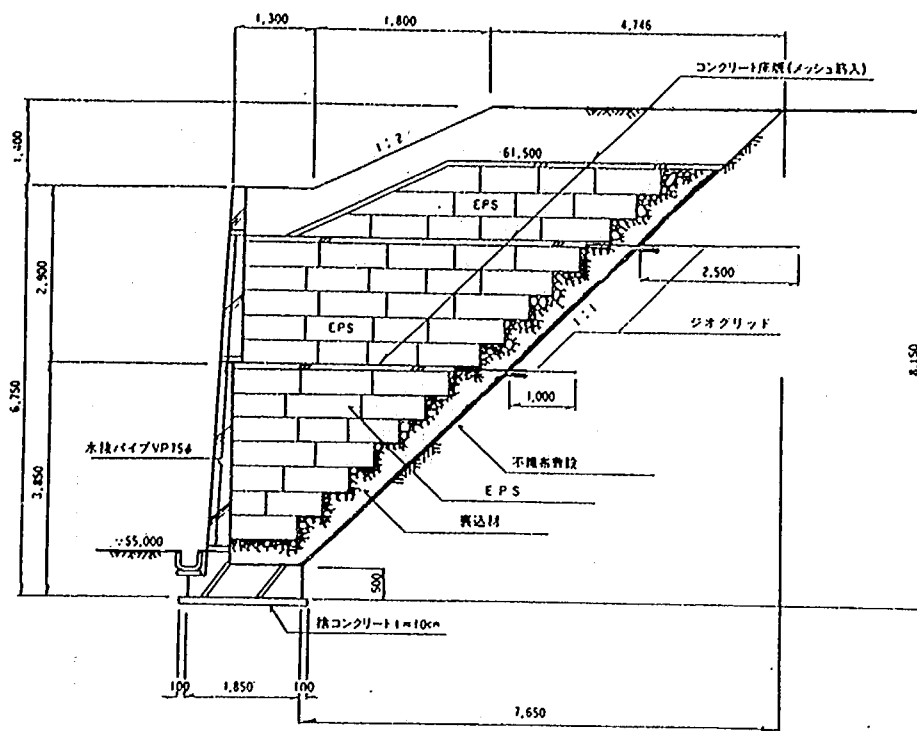


図 6 - 14 擁壁タイプの施工例⁹⁾

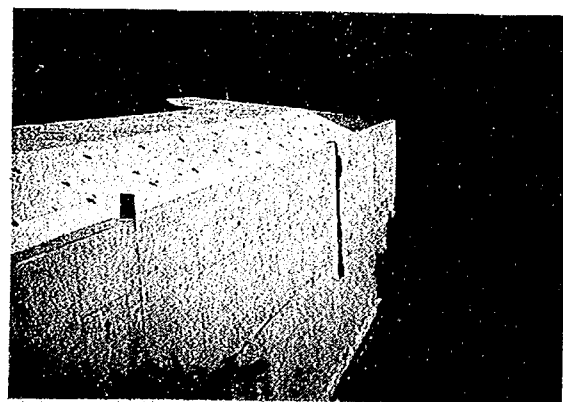
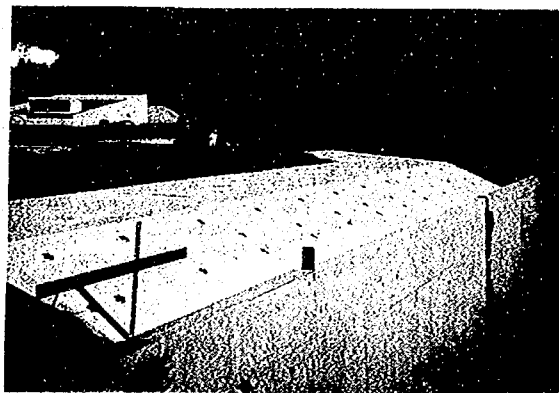


写真 6 - 7 施工状況⁹⁾

<H鋼とパネルによる壁面工の例>

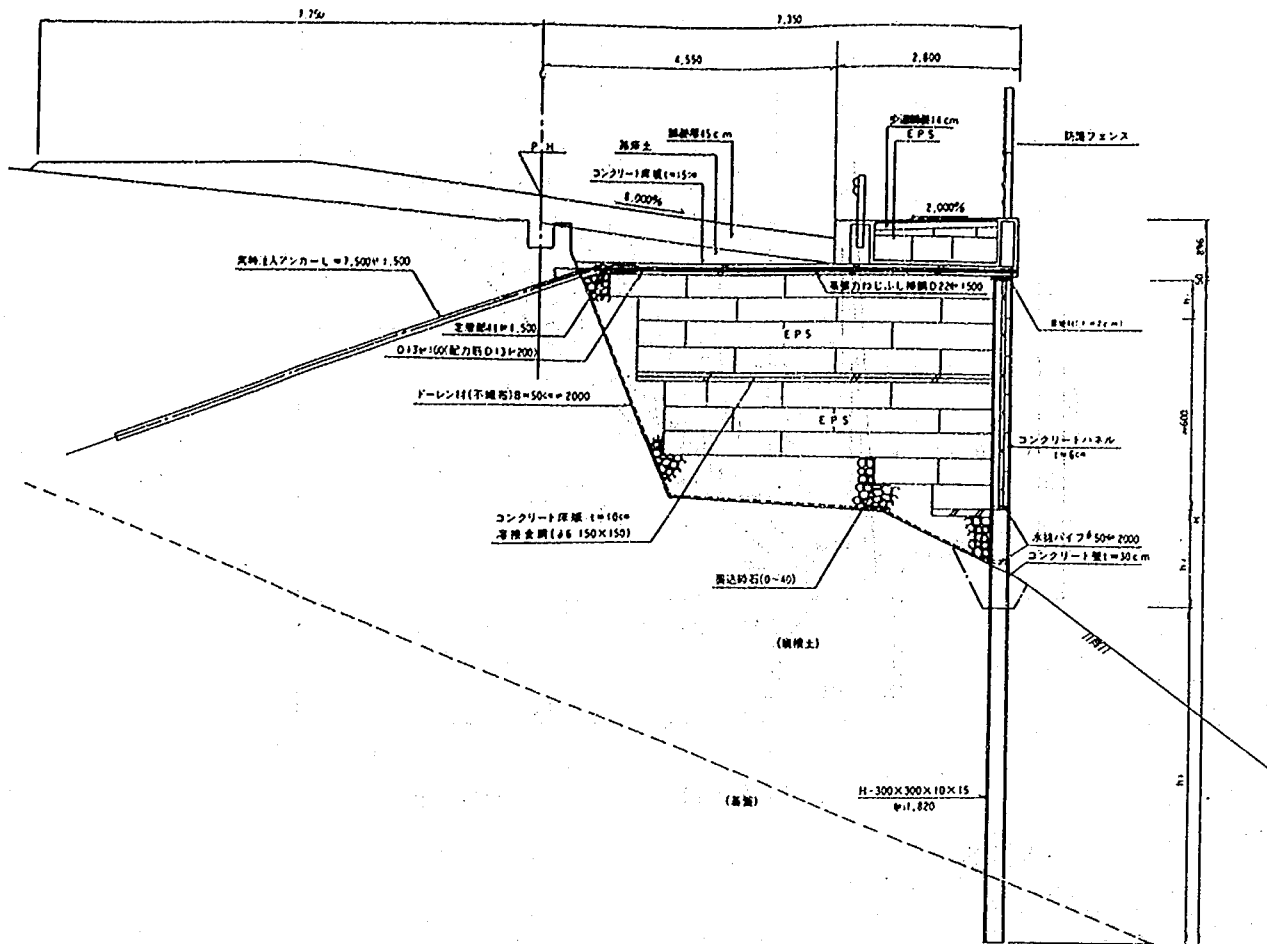


図6-15 H鋼+パネルタイプの施工例⁹⁾

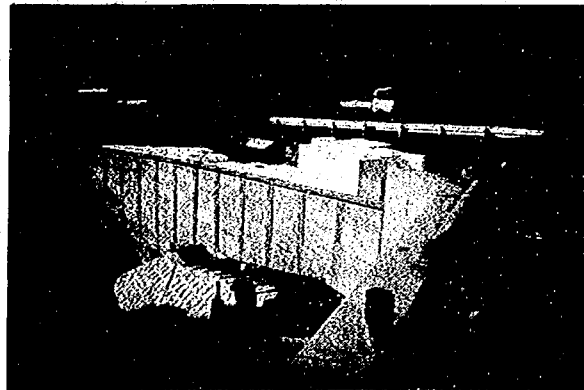
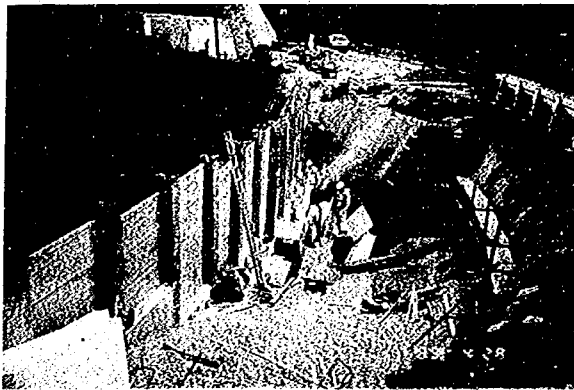


写真6-8 施工状況⁹⁾

＜キーストンプレートによる壁面工の例＞

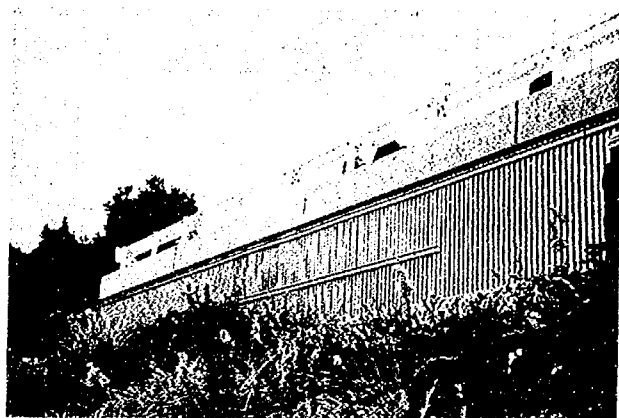


写真 6－9 完成状況（上記）

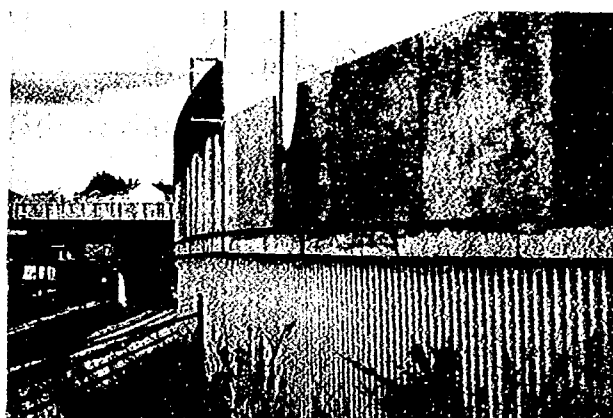


写真 6－10 完成状況（ノルウェー）



写真 6－11 施工状況（実物大実験）

6－10 のり面工

発泡スチロール盛土ののり面に覆土工を施工する場合は、以下の図を参考に実施する。

＜覆土の目的＞

1) 発泡スチロールのり面部の保護

（有害な浸透物質，沿線火災からの防護，紫外線遮断など）

2) 発泡スチロールのり面部の押さえ荷重効果

3) のり面部の植生基盤

なお，覆土による発泡スチロール防護対策とは別にポリエチレンシート，コンクリートなどによる防護対策を行う場合もある。（図 6－16 参照）

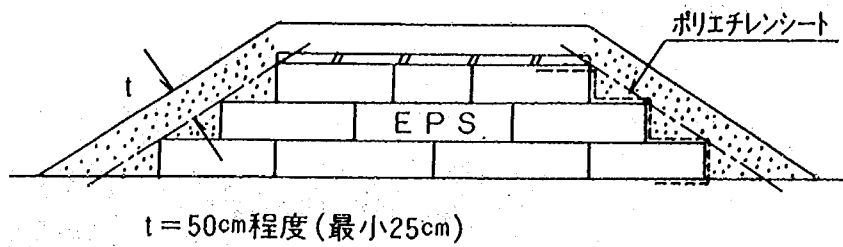


図6-16 のり面の被覆

施工上の留意点

- ◆ 覆土は、バックホウなどによる盛りこぼし施工後、土羽バケットなどで十分に転圧を行う。覆土厚さは最低25cm以上とするが、これまでの施工例では50cm程度が多い。
- ◆ 覆土は、発泡スチロール盛土全体に均等な荷重として作用するように厚さなどに留意すること。軟弱地盤などで被覆土が厚い場合は、覆土部の沈下が生じるため注意を要する。



写真6-12 被覆土の施工

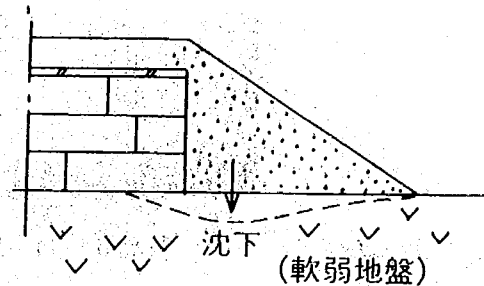


図6-17 覆土部の沈下

6-11 付 帯 工

拡幅盛土などに見られる発泡スチロール盛土上の地覆部について設計・施工例を示す。

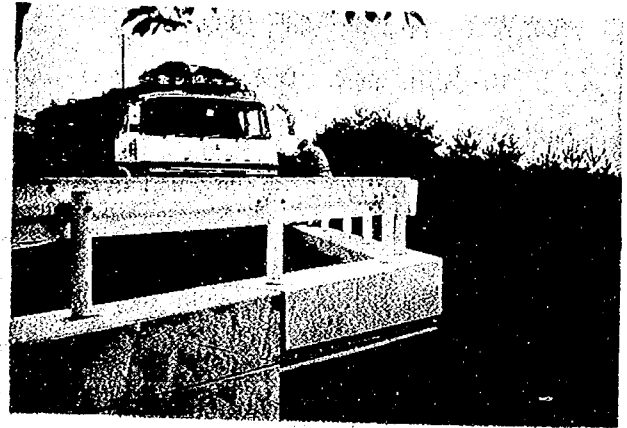
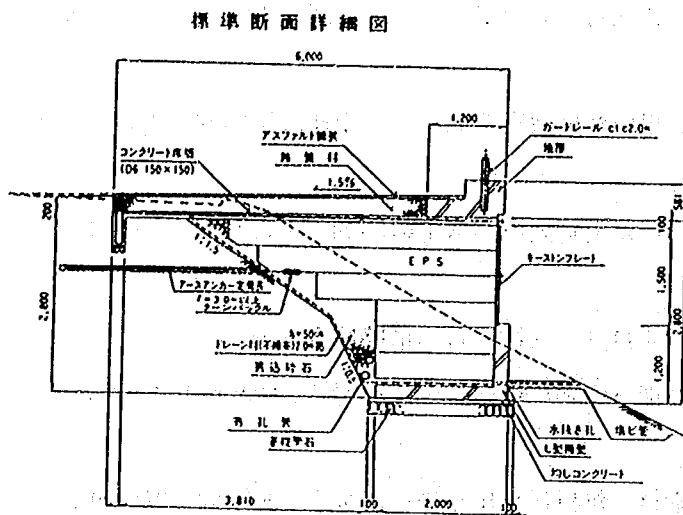


図 6-18 地覆部位置図

写真 6-13 完成状況

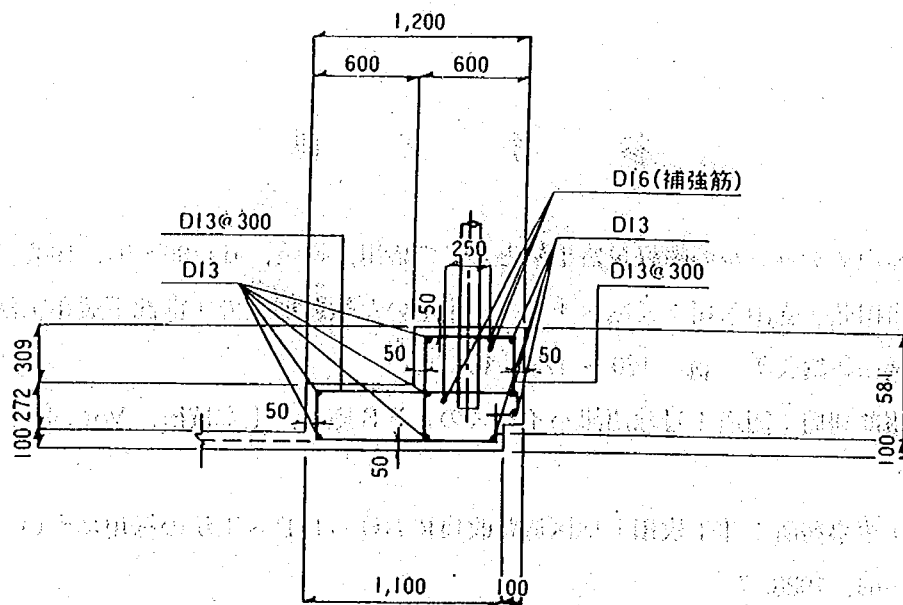


図 6-19 地覆部詳細図

引用文献

- 1) 発泡スチロール土木工法開発機構：材料マニュアル 第2版 平成2年12月
- 2) 久楽，青山，竹内，武智：発泡スチロールの破壊機構とその異方性 第23回 土質工学研究発表会 pp. 1971～1972, (1988)
- 3) 久楽，青山，竹内：裏込めに発泡スチロールを用いた構造物背面の水平土圧，第24回 土質工学研究発表会 pp. 65～68, 1989.
- 4) 三木，佐川，高木，塚本：発泡スチロールを用いた実物大道路盛土の挙動，土と基礎 Vol. 37, No 2, pp. 55～60.
- 5) 道路土工，のり面工・斜面安定工指針，昭和61年11月 (社) 日本道路協会
- 6) 久楽，青山，竹内：発泡スチロールの地すべり地への利用技術に関する研究，昭和63年度道路事業調査費Ⅱ(部内資料)，建設省土木研究所
- 7) 総合技術開発プロジェクト「建設事業への新素材，新材料利用技術の開発」，昭和63年度，平成元年度，平成2年度研究開発概要報告書，建設省
- 8) 古賀，古関，島津，E P S盛土の耐震性に関する検討，土木研究所資料第2946号，平成3年3月
- 9) 発泡スチロール土木工法開発機構：施工・積算マニュアル 第1版 平成2年11月

参考文献

- 1) 久楽勝行：発泡スチロールの超軽量盛土材としての応用，道路，pp. 90～94, 1987. 10.
- 2) 大石久和・吉田弘・森山幸司：発泡スチロールを用いた軟弱地盤の圧密沈下緩和工法の施工，第17回日本道路会議一般論文集，pp. 120～123, 1987.
- 3) 谷口博昭・服部利周：国道1号線沼津バイパスのE P S施工，土木技術，Vol. 43, No. 10, pp. 65～71, 1988. 10.
- 4) 石川県輪島工事事務所：「千枚田」地区道路改良におけるE P S工法の採用について，北陸技報第44号，pp. 58～64, 1988. 7.
- 5) 久楽勝行・青山憲明：地すべり地帯の盛土に発泡スチロールを利用する，土木技術資料，Vol. 232, No. 8, 1990. 8.
- 6) 岩崎忠光：道路拡幅のためのE P S工法による土留壁の施工例，土木技術，Vol. 45, No. 2, pp. 125～132, 1990. 2.

第 7 章 設 計 計 算 例

7-1 軟弱地盤上の軽量盛土 1 (交通荷重の影響がない場合)

① 設計条件

盛土形状及び地盤条件は、図 7-1 に示す。

盛土高さ：4 m

地盤条件：軟弱層の厚さ 6 m

単位体積重量 $\gamma_t = 1.6 \text{ tf/m}^3$

含水比 $W_n = 80 \%$

地下水位 $GL = -1 \text{ m}$

圧密特性 図 7-2 の $e - \log p$ 曲線

交通量の区分：B 交通

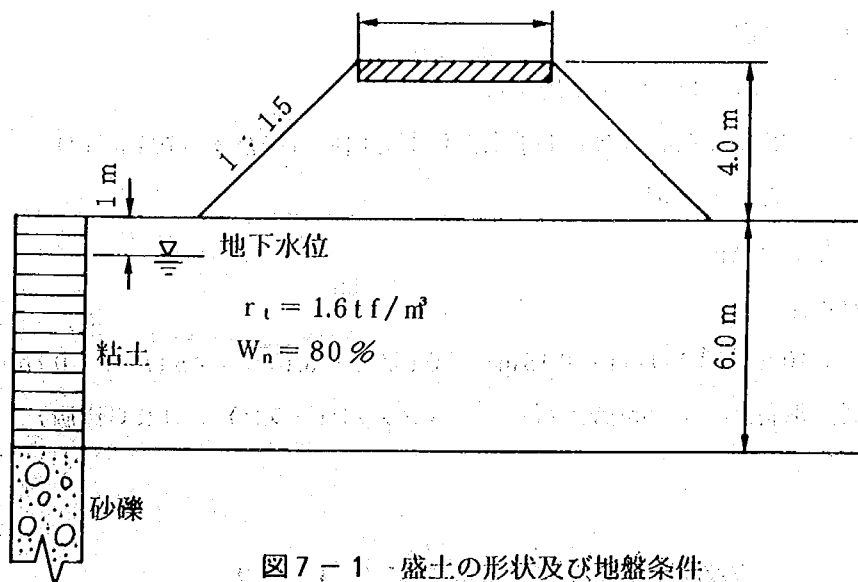


図 7-1 盛土の形状及び地盤条件

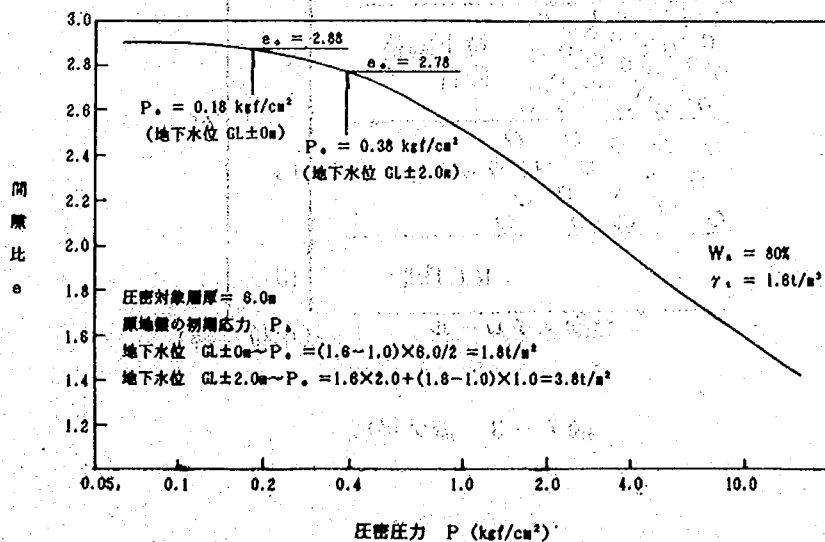


図 7-2 $e - \log p$ 曲線

② 舗装構成

発泡スチロールは型内発泡法D-20を用いることにし、発泡スチロール上部保護層にRC床版10cm打設するものとする。これは、設計CBR=8%目安の路床支持力と考えられるので、交通量の区分がB交通でCBR=8%の舗装構成を想定する(図7-3)。この舗装構成で多層弾性解析を適用して舗装のたわみ量を解析する。

表層	5 cm
基層	5 cm
粒度調整碎石	15 cm
クラッシャーラン	15 cm
RC床版	10 cm

設計値 合計厚=40cm

$T_A = 19\text{cm}$

③ 発泡スチロール種別の設定

発泡スチロールは型内発泡法D-20を使用する。

単位体積重量 $\gamma = 20 \text{ kgf/m}^3$ (なお地下水より下で用いる場合 $\gamma = 70 \text{ kgf/m}^3$)

許容圧縮応力 $\sigma_a = 5.0 \text{ tf/m}^2$

④ 発泡スチロール応力度の照査

死荷重による応力 σ_{z1}

$$\begin{aligned} \sigma_{z1} &= 2.3 \text{ tf/m}^2 \times 0.10 \text{ m} + 2.0 \text{ tf/m}^2 \times 0.15 \text{ m} + 2.0 \text{ tf/m}^2 \times 0.15 \text{ m} \times 2.5 \text{ tf/m}^2 \times 0.1 \text{ m} \\ &\quad \text{(表層, 基層)} \quad \quad \quad \text{(粒調碎石)} \quad \quad \quad \text{(クラッシャーラン)} \quad \quad \quad \text{(RC床版)} \\ &= 1.08 \text{ tf/m}^2 \end{aligned}$$

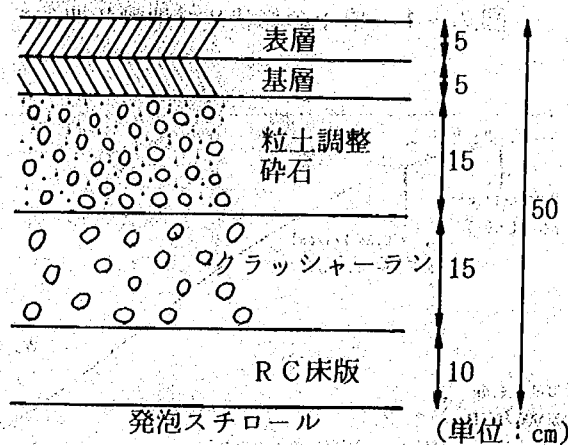


図7-3 舗装構成

交通荷重による応力 σ_{z2}

$$\begin{aligned}\sigma_{z2} &= \frac{8 \times (1 + 0.3)}{(0.2 + 2 \times z)(0.5 + 2 \times z)} \\ &= \frac{8 \times (1 + 0.3)}{(0.2 + 2 \times 0.50)(0.5 + 2 \times 0.50)} = 5.78 \text{ tf/m}^2\end{aligned}$$

発泡スチロール上部での応力 σ_z

$$\begin{aligned}\sigma_z &= \sigma_{z1} + \sigma_{z2} \\ &= 1.08 + 5.78 = 6.86 \text{ tf/m}^2 < 5.0 \text{ tf/m}^2 = \text{発泡スチロール許容応力度} \quad \text{NO}\end{aligned}$$

よって、舗装厚40cmでは交通荷重の分散が不十分で発泡スチロール応力度照査を満足しないので、クラッシャーランとRC床版の間に厚さ20cmの盛土を施工するものとする。この上部構造で再度発泡スチロール応力度照査を実施する。

死荷重による応力 σ_{z1}

$$\sigma_{z1} = 1.08 \text{ tf/m}^2 + 1.9 \text{ tf/m}^2 \times 0.2 \text{ m} = 1.46 \text{ tf/m}^2$$

交通荷重による応力 σ_{z2}

$$\begin{aligned}\sigma_{z2} &= \frac{8 \times (1 + 0.3)}{(0.2 + 2 \times z)(0.5 + 2 \times z)} \\ &= \frac{8 \times (1 + 0.3)}{(0.2 + 2 \times 0.70)(0.5 + 2 \times 0.70)} = 3.42 \text{ tf/m}^2\end{aligned}$$

発泡スチロール上部での応力 σ_z

$$\begin{aligned}\sigma_z &= \sigma_{z1} + \sigma_{z2} \\ &= 1.08 + 3.42 = 4.88 \text{ tf/m}^2 < 5.0 \text{ tf/m}^2 = \text{発泡スチロール許容応力度} \quad \text{OK}\end{aligned}$$

⑤ 置換厚さDの決定

ここでは、増加応力がゼロになるように、置換厚さ盛土工Dを求めるものとし、後に行う浮き上がりの検討により、再度置換盛土厚を検討しなおすものとする。(図7-4)

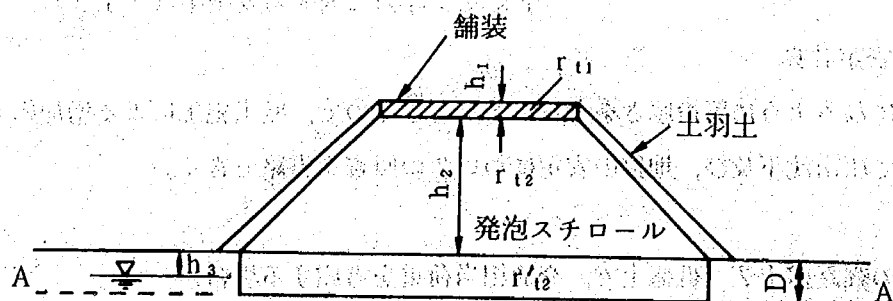


図7-4 置換厚さDの算定

施工後の $\Delta\Delta'$ における応力 = 施工前の $\Delta\Delta'$ における応力

$$r_{11} \cdot h_1 + r_{12} \cdot h_2 + r_{12}' \cdot D = r_1 h_3 + (D - h_3)(r_1 - r_w)$$

$$D = \frac{r_{11} \cdot h_1 + r_{12} \cdot h_2 - r_w \cdot h_3}{(r_1 - r_w) - r_{12}'} = \frac{1.46 \text{ tf/m}^2 + 0.02 \text{ tf/m}^2 \times 3.30 \text{ m} - 1 \text{ tf/m}^2 \times 1 \text{ m}}{1.6 \text{ tf/m}^2 - 1 \text{ tf/m}^2 - 0.07 \text{ tf/m}^2} = 0.99 \text{ m}$$

ここで、

D : 置換厚さ (m)

$r_{11} \cdot h_1$: 舗装等の重量 (tf/m²)

r_{12} : 発泡スチロールの単位体積重量 (tf/m³)

r_{12}' : 吸水による重量増加を考慮した発泡スチロールの単位体積重量 (tf/m³)

h_2 : GLより上の発泡スチロールの高さ (m)

r_w : 水の単位体積重量 (tf/m³)

h_3 : GLより地下水面までの距離 (m)

r_1 : 地盤の単位体積重量 (tf/m³)

⑥ 浮き上がりの検討

地下水位は、想定される水位の高水位にて行うことになっており、すべてGL = 0 m (地表面)にあるものとする。また、発泡スチロール材の自重および地盤との摩擦力は安全側の仮定として無視する。

$$F_s = P / U$$

U : 浮力 (= $r_w \cdot H_{\text{eps}}'$)

$$P = 1.46 \text{ tf/m}^2$$

r_w : 水の単位体積重量

$$U = 1 \text{ tf/m}^3 \times 0.99 \text{ m} = 0.99 \text{ tf/m}^2$$

H_{eps}' : 地下水以下の発泡スチロールの厚さ

$$F_s = 1.46 / 0.99 = 1.47 \quad \text{OK}$$

P : 載荷重 (= $\Sigma r_i H = 1.46 \text{ tf/m}^2$)

r_i : 地下水より上の各層の単位体積重量

H : 各層の厚さ

F_s : 浮力に対する安全率 (= 1.2)

⑦ 増加応力、沈下安定計算

増加応力がゼロになるように置換厚さをとることができるので、盛土施工による増加応力 $\Delta\sigma = 0$ となる。したがって圧密沈下及び、地盤の安定についての照査を省略できる。

7-2 軟弱地盤上の軽量盛土2 (低盛土で、交通相当荷重を考慮する場合)

① 設計条件

盛土形状及び地盤条件を図7-5に示す。

盛土高さ $h = 2 \text{ m}$

地盤条件 軟弱層の厚さ10m

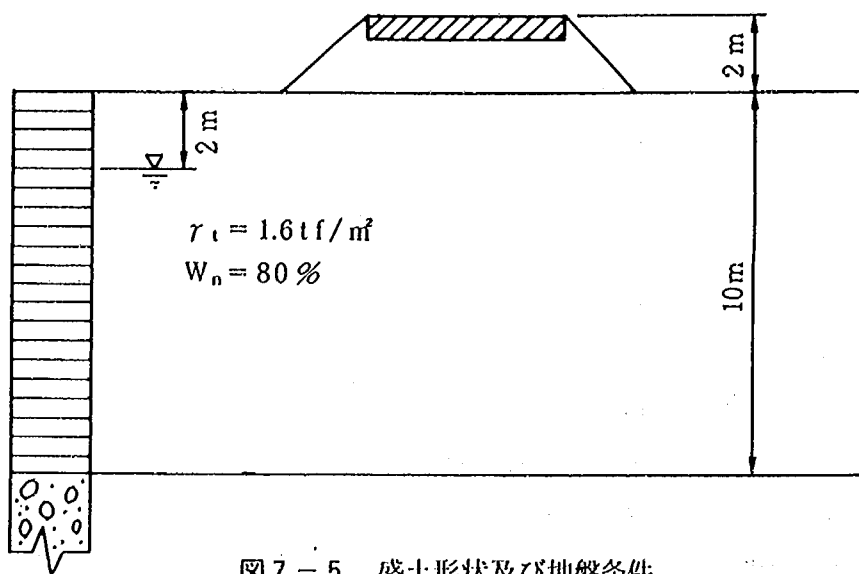


図 7 - 5 盛土形状及び地盤条件

単位体積重量	$\gamma_t = 1.6 \text{ tf/m}^3$
含水比	$W_n = 80\%$
地下水位	GL = 2 m
圧密特性	図 7 - 2 の $1 - \log p$

交通量の区分：D交通

② 舗装構成の設定

発泡スチロールは型内発泡法D-20を用いることにし、発泡スチロール上部保護層にRC床版10cm打設するものとする。これは設計CBR=8%目安の路床支持力と考えられるので、交通量の区分がD交通でCBR=8%の舗装構成を想定する(図7-6)。この舗装構成で多層弾性解析を適用して舗装のたわみ量を解析する。

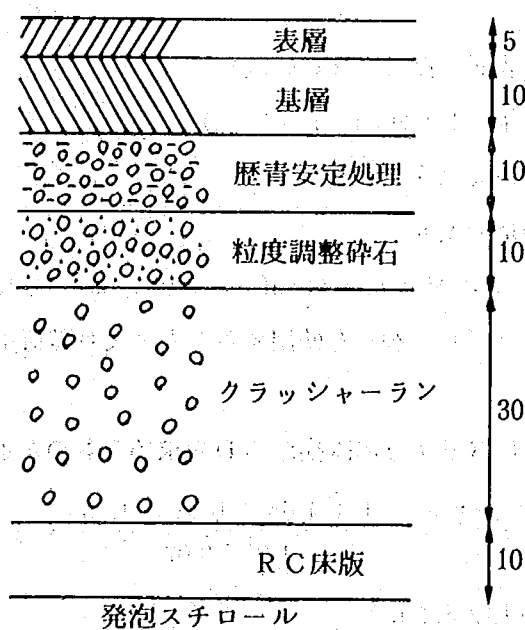


図 7 - 6 舗装構成

表層	5 cm
基礎	10cm
歴青安定処理	10cm
粒度調整碎石	10cm
クラッシャーラン	30cm
(RC床版)	10cm

③ 発泡スチロール種別

発泡スチロール材は、型内発泡法 (D-20) の使用を設定する。

単位体積重量 $\gamma = 20 \text{ kgf/m}^3$

許容圧縮応力 $\sigma_a = 5 \text{ tf/m}^2$

④ 発泡スチロールの応力度照査

死荷重による応力 σ_{z1}

$$\sigma_{z1} = 2.3 \times 0.15 + 2.3 \times 0.10 + 2.0 \times 0.1 + 2.0 \times 0.3 + 2.5 \times 0.1$$

(表層, 基層)(歴青安定処理)(粒度調整碎石)(クラッシャーラン)(RC床版)

$$= 1.63 \text{ tf/m}^2$$

交通荷重による応力 σ_{z2}

$$\sigma_{z2} = \frac{P(1+i)}{(B+2z \tan \theta)(L+2z \tan \theta)}$$

$$= \frac{8 \times (1+0.3)}{(0.2+2 \times 0.75) \times (0.5+2 \times 0.75)} = 3.06 \text{ tf/m}^2$$

σ_{z2} : 発泡スチロール上面での応力度

P : 輪荷重 (P = 8000 kgf)

i : 衝撃係数

z : 舗装厚 (表層, 路盤, RC床版)

B, L : 輪荷重の幅 (B = 20cm, L = 50cm)

θ : 荷重分散角度 ($\theta = 45^\circ$)

発泡スチロール上部での応力度 σ_z

$$\sigma_z = \sigma_{z1} + \sigma_{z2} = 1.63 + 3.06 = 4.69 \text{ tf/m}^2 < 5.0 \text{ tf/m}^2 \quad \text{OK}$$

よって、発泡スチロール材 (D-20) を使用することにより載荷重に対する応力度は問題ない。

⑤ 置換厚さDの算定

ここでは増加応力がゼロになるように置換厚さDを求めるものとする。

$$D = \frac{W_L + \gamma t_1 \cdot h_1 + \gamma_{ep} \cdot h_2}{\gamma t - \gamma_{eps}} = \frac{1 + 1.63 + 0.02 \times 1.25}{1.6 - 0.07} = 1.74 \text{ m}$$

$W_L = 1.0 \text{ tf/m}$ (盛土厚 3.5 m)

⑥ 浮き上がりの検討

地下水位は、想定される水位の高水位にて行うことになっており、すべて $GL = \pm 0 \text{ m}$ (地表面) にあるものとする。また、発泡スチロール材の自重及び地盤との摩擦力は安全側の仮定として無視する。

$$F_s = P / U \quad U : \text{浮力} (\gamma_w \cdot H_{eps} = 1 \times 1.04 = 1.74 \text{ tf/m}^2)$$

$$= 1.63 / 1.74 = 0.94 < 1.2 \quad P : \text{載荷重} (1.63 \text{ tf/m}^2)$$

$$F_s : \text{浮き上がりの安全率} (1.2)$$

従って、浮き上がりに対する設計安全率 $F_s = 1.2$ を確保するためには、

$$U \leq P / F_s = 1.63 / 1.20 = 1.35 \text{ tf/m}^2$$

が必要となり、最大置換え厚さは $D = 1.35 \text{ m}$ となる。

⑦ 圧密沈下量の照査

1) 増加応力の算定

発泡スチロール盛土底面での増加応力 $\Delta \sigma$ は、次式により求める。

$$\Delta \sigma = P_1 - P_0$$

$$= 2.68 - 2.16 = 0.52 \text{ tf/m}^2$$

$$P_1 = \gamma t_1 + h_1 + \gamma_{eps} (h_2 + D) + W_L$$

$$= 1.63 + 0.02 (1.25 + 1.35) + 1 = 2.68 \text{ tf/m}^2$$

$$P_0 = \gamma_i \cdot D = 1.6 \times 1.35 = 2.16 \text{ tf/m}^2$$

P_1 : 発泡スチロール盛土底部での荷重 (交通荷重の影響による荷重を含む)

P_0 : 地盤掘削の重量

2) 圧密沈下量の検討

$$S = \frac{e_0 - e}{1 - e_0} H$$

H : 圧密対象厚 ($10 \text{ m} - 1.35 \text{ m} = 8.65 \text{ m}$)

P_0 : 盛土前土かぶり圧

ΔP : 盛土による地盤内応力の増分

ここで圧密量は次式により求める。

$$P_0 = 1.60 \text{ tf/m}^2 \times 2.0 \text{ m} + (1.60 \text{ tf/m}^2 - 1.0 \text{ tf/m}^2) \times 2.33 \text{ m} = 4.60 \text{ tf/m}^2$$

盛土による地盤内応力の増分は osterbarg の図表により求める。

$$\Delta P = 0.92 \times 0.52 = 0.48 \text{ tf/m}^2$$

$$P_0 = 4.60 \text{ tf/m}^2$$

$$P = \Delta P + P_0 = 0.48 + 4.60 = 5.08 \text{ tf/m}^2$$

$e - \log p$ 曲線より

$$e_0 = 2.72$$

$$e = 2.70$$

$$S = \frac{2.72 - 2.70}{1 + 2.72} \times 865 \text{ cm} = 4.7 \text{ cm} < 10 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

⑧ 細部構造の検討

基盤工 砕石20cm (施工基面工として)

敷砂2cm (レベリン層として)

発泡スチロール設置 (W100 cm × L200 cm × H50cm) の発泡スチロールブロックを5段に重ねる。

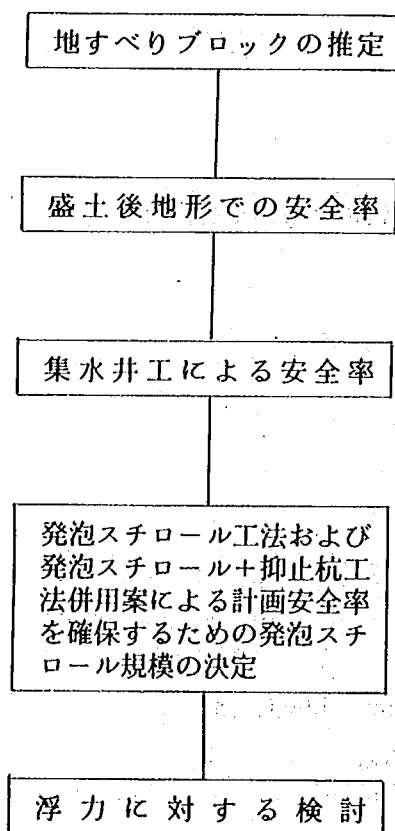
コンクリート床版 発泡スチロール上部に厚さ10cmのコンクリート床版を設置
(容接金網 $\phi = 6$ 150 × 150)

のり面工 覆土厚50cm

発泡スチロール防護対策 — ポリエチレンシート

7-3 地すべり地の軽量盛土

① 検討の流れ



① 地すべり面, 形状の推定

② 現況地況の安全率

(現在活動中 $\sim F_s = 0.95 \sim 1.00$)

(現在は停止中 $\sim F_s = 1.05 \sim 1.15$)

ここでは $F_s = 1.00$ とする。

計画安全率 $F_s = 1.20$ とするための規模を求める。

② 安定解析

上記(1)の流れにより安定解析を行った結果を発泡スチロール工法単独案について示す。

安定計算は次式による。

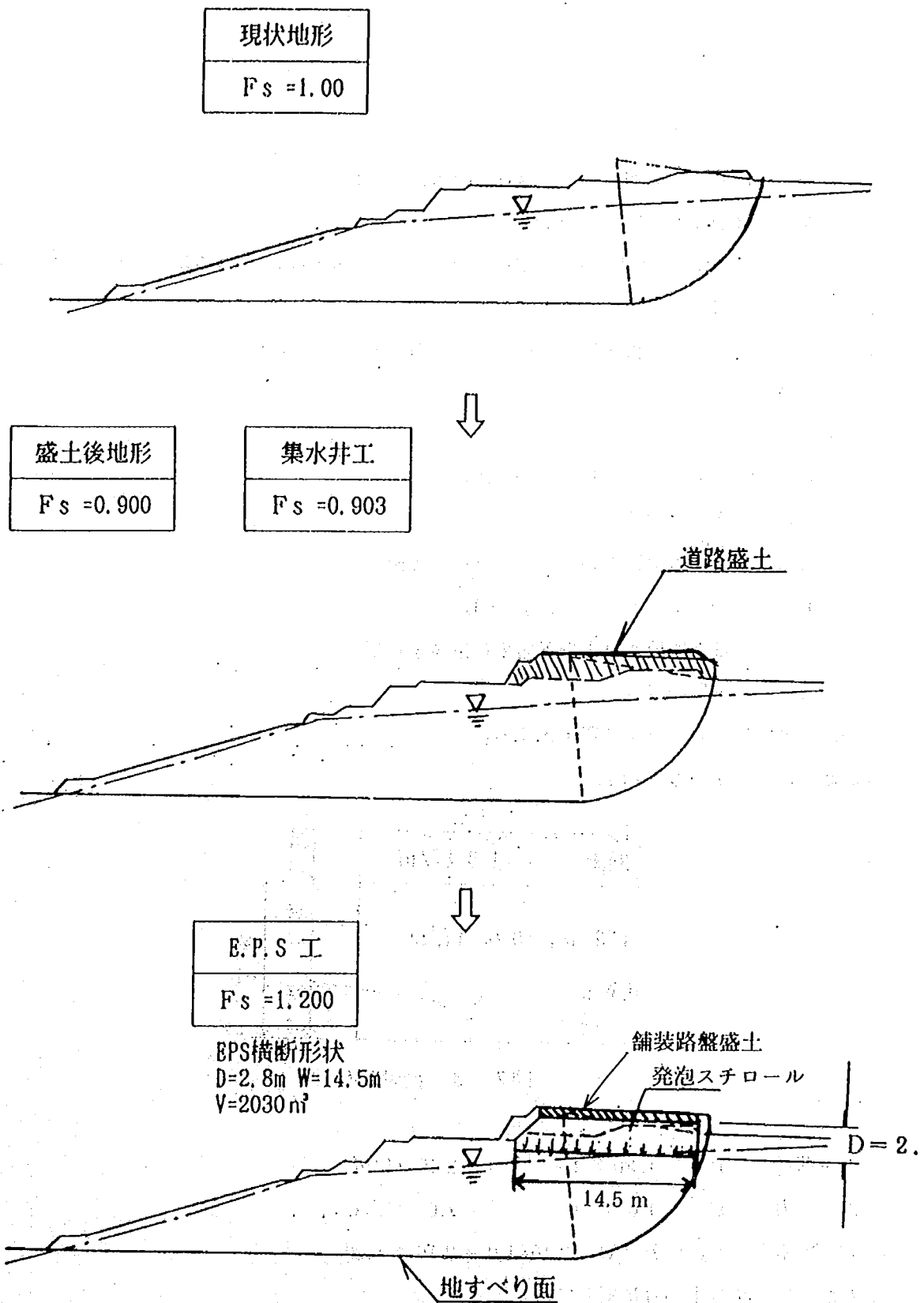


図7-7 発泡スチロール工法単独案による安定解析

$$F_s = \frac{\sum \{ c \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \tan \phi \}}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

F_s : 安全率

c : 粘着力 (tf/m²)

ϕ : せん断抵抗角 (度)

l : 各分割片で切られたすべり面の弧長 (m)

W : 分割片の重量 (tf/m)

α : 分割片で切られたすべり面の midpoint とすべり円の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角 (度)

③ 浮き上がりの検討

4-2-6 浮き上がりの検討にしたがって、浮力の検討を行う。

$$F_s = P / U$$

ここで、

$$U : \text{浮力} \quad U = r_w \cdot H'_{\text{eps}}$$

r_w : 水の単位体積重量

H'_{eps} : 地下水位以下の発泡スチロールの厚さ

$$P : \text{載荷重} \quad P = \sum r_i \cdot H_i$$

r_i : 地下水位より上の各層の単位体積重量

H_i : 各層の厚さ

設計安全率は、 $F_s = 1.2$ 以上とする。

検討断面は、図 7-8 に示す。

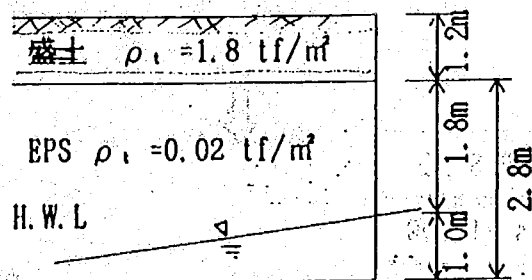


図 7-8 検討断面

$$\text{上載荷重} \quad P = 1.80 \times 1.2 = 2.16 \text{ tf/m}^2$$

$$\text{浮力} \quad U = 1.0 \times 1.0 = 1.0 \text{ tf/m}^2$$

$$\text{安全率} \quad F_s = P / U = 2.16 / 1.0 = 2.16 > 1.20$$

したがって、浮き上がりに対しては安定である。

① 設計条件

- ② 設計荷重（奥行1 m当り）（図7-10参照）

- 1) <体自重

- a) 琴壁

作用位置 $x = 0.836 \text{ m}$

- b) 底盤

作用位置 $x = 1.500 \text{ m}$

- ## 2) 背込め自重

- a) 上載土

作用位置 $x = 2.050 \text{ m}$

- b) RC床板

作用位置 $x = 2.050 \text{ m}$

- c) 発泡スチロール

作用位置 $x = 2.050 \text{ m}$

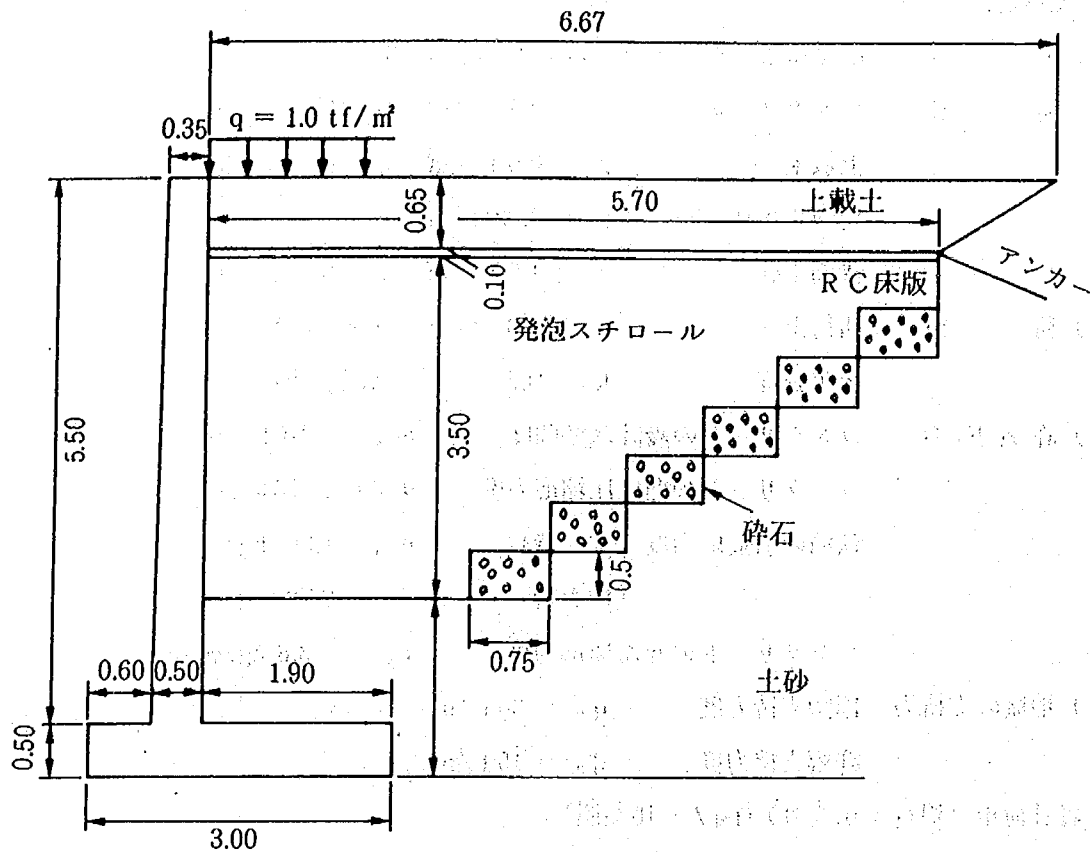


図 7 - 9 擁壁及び軽量盛土の構造

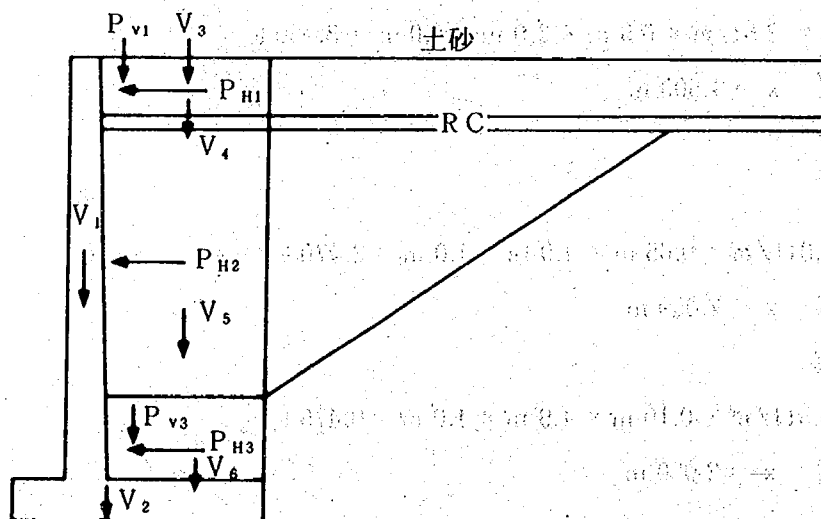


図 7 - 10 自重及び外力の作用状況

d) 土砂自重

$$V_6 = 1.9 \text{ t/m}^3 \times 1.25 \text{ m} \times 1.9 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} = 4.513 \text{ t}$$

$$\text{作用位置 } x = 2.050 \text{ m}$$

3) 活荷重

$$V_7 = 1.0 \text{ t/m}^2 \times 1.9 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} = 1.900 \text{ t}$$

$$\text{作用位置 } x = 2.050 \text{ m}$$

4) 常時主働土圧水平成分

土と土の土圧係数 (クローン土圧)

$$\text{内部摩擦角 } \phi = 30^\circ$$

$$\text{壁背面と土との間の摩擦角 } \delta = \phi / 2 = 15^\circ$$

$$\text{盛土勾配 } \alpha = 0^\circ \text{ (水平)}$$

$$\text{壁背面と鉛直とのなす角 } \theta_0 = \arctan(k_n)$$

$$\arctan 0.2 = 11.31^\circ$$

$$\begin{aligned} K_a &= \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2 \theta \cdot \cos(\theta + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\theta + \delta) \cdot \sin(\theta - \delta)}{\cos(\theta + \delta) \cdot \cos(\theta - \delta)}} \right]^2} \\ &= \frac{\cos^2(30 - 0)}{\cos^2 \theta \cdot \cos(0 + 30) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(30 + 30) \cdot \sin(30 - 0)}{\cos(0 + 30) \cdot \cos(0 - 0)}} \right]^2} \\ &= 0.2972 \end{aligned}$$

a) 上載土

$$P_{H1} = 1/2 \times 0.2972 \times 2.0 \times 0.65^2 \times \cos 30^\circ \times 1.0 = 0.1087 \text{ t}$$

$$\text{作用位置 } x = 5.567 \text{ m}$$

b) 発泡スチロール側圧 (発泡スチロールには背面盛土が安定勾配になるように発泡スチロールを積んでいるので背面盛土による土圧は作用せず、発泡スチロール側方のみが作用する)

$$P_{H2} = 1/10 \times (2.0 \times 0.65 + 2.5 \times 0.10 + 0.02 \times 3.5/2) \times 3.5 \times 1.0 = 0.5548$$

$$\text{作用位置 } x = 3.500 \text{ m}$$

c) 土砂自重

$$P_{H3} = 1/2 \times 0.2972 \times 1.9 \times (6.0^2 - 4.25^2) \times \cos 30^\circ \times 1.0 = 4.386 \text{ t}$$

$$\text{作用位置 } x = 0.825 \text{ m}$$

5) 地震時主働土圧水平成分

土と土の土圧係数 (クローン土圧)

$$\text{内部摩擦角 } \phi = 30^\circ$$

$$\text{壁背面と土との間の摩擦角 } \delta = \phi / 2 = 15^\circ$$

盛土勾配

$$\alpha = 0^\circ$$

壁背面と鉛直とのなす角

$$\theta_0 = \arctan(k_n)$$

$$\arctan 0.2 = 11.31^\circ$$

$$X_a = \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \alpha - \theta_0)}{\cos(\theta + \theta_0 + \delta) \cdot \cos(\theta - \alpha)}} = 0.5028$$

$$K_{ea} = \frac{\cos^2(\phi - \theta_0 - \theta)}{\cos \theta_0 \cdot \cos^2 \theta \cdot \cos(\theta + \theta_0 + \delta)(1 + x_a)^2} = 0.4520$$

a) 上載土

$$P_{H1} = 1/2 \times 0.4520 \times 2.0 \times 0.65^2 \times \cos 15^\circ \times 1.0 = 0.1845 \text{ t}$$

作用位置 $x = 5.567 \text{ m}$

b) 発泡スチロール側圧

$$P_{H2} = 0.5548 \text{ t}$$

作用位置 $x = 3.500 \text{ m}$

c) 土砂

$$P_{H3} = 1/2 \times 0.452 \times 1.9 \times (6.0^2 - 4.25^2) \times \cos 15^\circ \times 1.0 = 7.4399 \text{ t}$$

作用位置 $x = 0.825 \text{ m}$

6) 常時主働土圧鉛直成分

a) 上載土

$$P_{v1} = 1/2 \times 0.2972 \times 2.0 \times 0.65^2 \times \sin 30^\circ \times 1.0 = 0.0625 \text{ t}$$

作用位置 $x = 3.000 \text{ m}$

b) 発泡スチロール

$$P_{v2} = 0 \text{ t}$$

c) 土砂

$$P_{v3} = 1/2 \times 0.2972 \times 1.9 \times (6.0^2 - 4.25^2) \times \sin 30^\circ \times 1.0 = 2.532 \text{ t}$$

作用位置 $x = 3.000 \text{ m}$

7) 地震時土圧鉛直成分

a) 上載土

$$P_{v1} = 1/2 \times 0.452 \times 2.0 \times 0.65^2 \times \sin 15^\circ \times 1.0 = 0.0470 \text{ t}$$

作用位置 $x = 3.000 \text{ m}$

b) 発泡スチロール

$$P_{v2} = 0 \text{ t}$$

c) 土砂

$$P_{v3} = 1/2 \times 0.452 \times 1.9 \times (6.0^2 - 4.25^2) \times \sin 15^\circ \times 1.0 = 2.438 \text{ t}$$

作用位置 $x = 3.000 \text{ m}$

8) 載荷重(活荷重)による主働土圧水平成分

a) 上載土

$$P_{H1} = 0.2972 \times 1.0 \times 0.65 \times \cos 30^\circ \times 1.0 = 0.1644 \text{ t}$$

作用位置 $y = 5.675 \text{ m}$

b) 発泡スチロール(発泡スチロールには背面盛土の土圧は作用しない。)

$$P_{H2} = 1/10 \times 1.0 \times 3.5 = 0.530 \text{ t}$$

c) 土砂

$$P_{H3} = 0.2972 \times 1.0 \times (6.0 \times 4.25) \times \cos 30^\circ \times 1.0 = 0.4504 \text{ t}$$

作用位置 $x = 0.875 \text{ m}$

9) 載荷重(活荷重)による主働土圧鉛直成分

a) 上載土

$$P_{V1} = 0.2972 \times 1.0 \times 0.65 \times \sin 30^\circ \times 1.0 = 0.0966 \text{ t}$$

作用位置 $x = 3.000 \text{ m}$

b) 発泡スチロール

$$P_{V2} = 0 \text{ t}$$

c) 土砂

$$P_{V3} = 0.2972 \times 1.0 \times (6.0 - 4.25) \times \sin 30^\circ \times 1.0 = 0.2601 \text{ t}$$

作用位置 $x = 3.000 \text{ m}$

10) く体慣性力(地震時)

a) こと壁

地震時の水平震度は耐震検討の結果 $K_n = 0.20$ とする。

$$H_1 = 2.5 \times (0.35 + 0.50) \times 1/2 \times 5.50 \times 1.0 \times 0.2 = 1.169 \text{ t}$$

作用位置 $x = 3.000 \text{ m}$

b) 底盤

$$H_2 = 2.5 \times 0.5 \times 3.0 \times 1.0 \times 0.2 = 0.7500 \text{ t}$$

11) 背込め土慣性力(地震時)

a) 上載土

$$H_3 = 2.0 \times 0.65 \times (6.67 + 5.70) / 2 \times 1.0 \times 0.2 = 1.608 \text{ t}$$

作用位置 $y = 5.783 \text{ m}$

b) RC床版

$$H_4 = 2.5 \times 0.1 \times 5.70 \times 1.0 \times 0.2 = 0.285 \text{ t}$$

作用位置 $y = 5.300 \text{ m}$

c) 発泡スチロール

$$H_5 = 0.02 \times 3.5 \times (4.9 + 5.7) / 2 \times 1.0 \times 0.2 = 0.053 \text{ t}$$

作用位置 $y = 2.042 \text{ m}$

d) 碎石

$$H_6 = 2.0 \times 0.5 \times 0.75 \times 6 \times 1.0 \times 0.2 = 0.900 \text{ t}$$

作用位置 $y = 3.250 \text{ m}$

③ 安定計算

1) 常時安定

a) モーメント計算

		鉛直荷重 (t)	アーム (m)	抵抗モーメント(tm)	水平荷重 (t)	アーム (m)	滑動モーメント(tm)
自重	琴壁	5.844	0.836	4.886			
	底盤	3.750	1.500	5.625			
裏込め土自重	上載土	2.470	2.050	5.064			
	R C床版	0.475	2.050	0.974			
	発泡スチロール	0.133	2.050	0.273			
	土砂	4.513	2.050	9.252			
圧水平成分	上載土				0.109	5.567	0.607
	発泡スチロール側圧				0.555	3.500	1.943
	土砂				4.386	0.825	3.618
鉛直成分	上載土	0.063	3.000	0.189			
	土砂	2.532	3.000	7.596			
る水平成分	上載土				0.164	5.675	0.931
	発泡スチロール側圧				0.350	3.500	1.225
	土砂				0.450	0.875	0.394
鉛直成分	上載土	0.097	3.000	0.291			
	土砂	0.260	3.000	0.780			
合 計		$\Sigma V = 20.137$	$\Sigma M_r = 34.930$	$\Sigma H = 6.014$	$\Sigma M_b = 8.718$		

b) 安定計算

転倒に帯する検討

合力の作用位置

$$d = \frac{\Sigma M_r - \Sigma M_b}{\Sigma V} = \frac{34.930 - 8.718}{20.137} = 1.302$$

偏心距離

$$e = \frac{B}{Z} - d = \frac{3.0}{2} - 1.302 = 0.198 \text{ m}$$

$$|e| = 0.198 < \frac{B}{6} = 0.5$$

∴合力の作用位置は底盤の中央の1/3に入っている。

滑動に対する検討

$$F_s = \frac{\sum V \cdot \mu + C \cdot B}{\sum H} = \frac{20.137 \times 0.6}{6.014} = 2.01 > F_a = 1.5$$

∴滑動に対して安全である。

基礎地盤の支持力に対する検討

$$\left. \begin{matrix} q_1 \\ q_2 \end{matrix} \right\} = \frac{\sum V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) = \frac{20.137}{3.0} \left(1 \pm \frac{0.198}{3.0} \right) = \begin{cases} 7.155 \text{ t/m}^2 \\ 6.269 \text{ t/m}^2 \end{cases} < q_a = 15 \text{ t/m}^2$$

∴基礎地盤の支持力に対して安全である。

2) 地震時安定

a) モーメント計算

		鉛直荷重 (t)	アーム (m)	抵抗モーメント(tm)	水平荷重 (t)	アーム (m)	滑動モーメント(tm)
自重	こと壁	5.844	0.836	4.886			
	底盤	3.750	1.500	5.625			
裏込め土自重	上載土	2.470	2.050	5.064			
	R C床版	0.475	2.050	0.974			
	発泡スチロール	0.133	2.050	0.273			
	土砂	4.513	2.050	9.252			
直土地震成分鉛時	上載土	0.047	3.000	0.141			
	土砂	2.438	3.000	7.314			
水平地震成分土圧	上載土				0.186	5.567	1.035
	発泡スチロール側圧				0.555	3.500	1.943
	土砂				7.440	0.825	6.138
慣性力	こと壁				1.169	3.250	3.799
	底盤				0.750	0.250	0.188
裏込め土慣性力	上載土				(1.608)	5.783	(9.299)
	R C床版				(0.285)	5.300	(1.511)
	発泡スチロール				0.053	2.042	0.108
	砕石				0.900	3.250	2.925
合 計		$\sum V = 19.670$	$\sum M_r = 33.529$	$\sum H = 12.946$ (注)	$\sum M_o = 26.946$ (注)		

(注) 上載土とR C床版の慣性力を含む。

ただし、上載土、RC床版の慣性力は、RC床版のアンカーが受けもつ構造とする。

∴アンカーが受けもつ水平力 = 1.893t

く体が受けもつ水平力 = 11.053t

く体が受けもつ滑動モーメント = 16.136tm

b) 安定計算

○転倒に対する検討

合力の作用位置

アンカーを用いる場合

$$d' = \frac{\sum M_r - \sum M_b}{\sum V} = \frac{33.529 - 16.136}{19.670} = 0.884 \text{ m}$$

偏心距離

アンカーを用いる場合

$$e = \frac{B}{2} - d' = \frac{3.0}{2} - 0.884 = 0.616$$

$$|e| = 0.616 < \frac{B}{3} = 1.0$$

∴合力の作用位置は底盤の中央 1 / 1.5 に入っている。

○滑動に対する検討

$$F_s = \frac{\sum V \cdot \mu + C \cdot B}{\sum H} = \frac{19.670 \times 0.6}{11.053} = 1.067 < 1.2 = F_a$$

したがって、滑動に対しては、地震時の許容安全率を満足しないために、突起を設ける必要がある。

○支持力に対する検討

$$q_1 = \frac{\sum V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right)$$

$$= \frac{19.670}{3.0} \left(1 \pm \frac{6 \times 0.616}{3.0} \right) = \begin{matrix} 14.63 \text{ t/m}^2 \\ -1.52 \text{ t/m}^2 \end{matrix} < q_a = 22.5 \text{ t/m}^2$$

したがって、地震時の許容支持力を満足する。

第 8 章 設 計 ・ 施 工 例

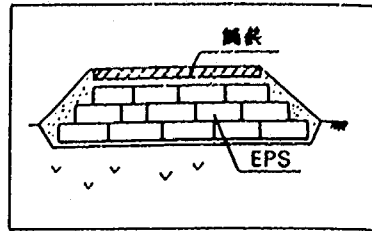
軽量性、自立性を有する発泡スチロール材は、盛土荷重低減および作成土圧の軽減を目的とした土構造物、さらには自立壁や埋設管の基礎など、各種構造物として適用が可能である（表 1-1 発泡スチロール工法の適用分野参照）。本章では、軟弱地盤上の盛土および橋台背面盛土、急傾斜地の盛土、擁壁背面の裏込め、地すべり地での盛土等に発泡スチロール工法を適用した主な設計・施工事例を紹介する。

事例-1	……	拡幅道路盛土	(軟弱地盤)
事例-2	……	新設 "	(")
事例-3	……	新設公園のマウンド造成	(")
事例-4	……	仮設道路盛土	(")
事例-5	……	橋台取付盛土	(")
事例-6	……	"	(")
事例-7	……	拡幅道路盛土	(急傾斜地)
事例-8	……	擁壁背面の裏込め	
事例-9	……	自立壁	
事例-10	……	道路改良盛土	(地すべり地)

1. *Chlorophyll a* (Chl *a*)
 2. *Chlorophyll b* (Chl *b*)
 3. *Chlorophyll c* (Chl *c*)
 4. *Chlorophyll d* (Chl *d*)
 5. *Chlorophyll e* (Chl *e*)
 6. *Chlorophyll f* (Chl *f*)
 7. *Chlorophyll g* (Chl *g*)
 8. *Chlorophyll h* (Chl *h*)
 9. *Chlorophyll i* (Chl *i*)
 10. *Chlorophyll j* (Chl *j*)
 11. *Chlorophyll k* (Chl *k*)
 12. *Chlorophyll l* (Chl *l*)
 13. *Chlorophyll m* (Chl *m*)
 14. *Chlorophyll n* (Chl *n*)
 15. *Chlorophyll o* (Chl *o*)
 16. *Chlorophyll p* (Chl *p*)
 17. *Chlorophyll q* (Chl *q*)
 18. *Chlorophyll r* (Chl *r*)
 19. *Chlorophyll s* (Chl *s*)
 20. *Chlorophyll t* (Chl *t*)
 21. *Chlorophyll u* (Chl *u*)
 22. *Chlorophyll v* (Chl *v*)
 23. *Chlorophyll w* (Chl *w*)
 24. *Chlorophyll x* (Chl *x*)
 25. *Chlorophyll y* (Chl *y*)
 26. *Chlorophyll z* (Chl *z*)
 27. *Chlorophyll aa* (Chl *aa*)
 28. *Chlorophyll ab* (Chl *ab*)
 29. *Chlorophyll ac* (Chl *ac*)
 30. *Chlorophyll ad* (Chl *ad*)
 31. *Chlorophyll ae* (Chl *ae*)
 32. *Chlorophyll af* (Chl *af*)
 33. *Chlorophyll ag* (Chl *ag*)
 34. *Chlorophyll ah* (Chl *ah*)
 35. *Chlorophyll ai* (Chl *ai*)
 36. *Chlorophyll aj* (Chl *aj*)
 37. *Chlorophyll ak* (Chl *ak*)
 38. *Chlorophyll al* (Chl *al*)
 39. *Chlorophyll am* (Chl *am*)
 40. *Chlorophyll an* (Chl *an*)
 41. *Chlorophyll ao* (Chl *ao*)
 42. *Chlorophyll ap* (Chl *ap*)
 43. *Chlorophyll aq* (Chl *aq*)
 44. *Chlorophyll ar* (Chl *ar*)
 45. *Chlorophyll as* (Chl *as*)
 46. *Chlorophyll at* (Chl *at*)
 47. *Chlorophyll au* (Chl *au*)
 48. *Chlorophyll av* (Chl *av*)
 49. *Chlorophyll aw* (Chl *aw*)
 50. *Chlorophyll ax* (Chl *ax*)
 51. *Chlorophyll ay* (Chl *ay*)
 52. *Chlorophyll az* (Chl *az*)
 53. *Chlorophyll aza* (Chl *aza*)
 54. *Chlorophyll abz* (Chl *abz*)
 55. *Chlorophyll acz* (Chl *acz*)
 56. *Chlorophyll adz* (Chl *adz*)
 57. *Chlorophyll aez* (Chl *aez*)
 58. *Chlorophyll afz* (Chl *afz*)
 59. *Chlorophyll agz* (Chl *agz*)
 60. *Chlorophyll ahz* (Chl *ahz*)
 61. *Chlorophyll aiz* (Chl *aiz*)
 62. *Chlorophyll ajz* (Chl *ajz*)
 63. *Chlorophyll akz* (Chl *akz*)
 64. *Chlorophyll alz* (Chl *alz*)
 65. *Chlorophyll amz* (Chl *amz*)
 66. *Chlorophyll anz* (Chl *anz*)
 67. *Chlorophyll aoz* (Chl *aoz*)
 68. *Chlorophyll apz* (Chl *apz*)
 69. *Chlorophyll aqz* (Chl *aqz*)
 70. *Chlorophyll arz* (Chl *arz*)
 71. *Chlorophyll asz* (Chl *asz*)
 72. *Chlorophyll atz* (Chl *atz*)
 73. *Chlorophyll auz* (Chl *auz*)
 74. *Chlorophyll avz* (Chl *avz*)
 75. *Chlorophyll awz* (Chl *awz*)
 76. *Chlorophyll axz* (Chl *axz*)
 77. *Chlorophyll ayz* (Chl *ayz*)
 78. *Chlorophyll azz* (Chl *azz*)
 79. *Chlorophyll azaa* (Chl *aza*_{aa})
 80. *Chlorophyll abz* (Chl *abz*)
 81. *Chlorophyll acz* (Chl *acz*)
 82. *Chlorophyll adz* (Chl *adz*)
 83. *Chlorophyll aez* (Chl *aez*)
 84. *Chlorophyll afz* (Chl *afz*)
 85. *Chlorophyll agz* (Chl *agz*)
 86. *Chlorophyll ahz* (Chl *ahz*)
 87. *Chlorophyll aiz* (Chl *aiz*)
 88. *Chlorophyll ajz* (Chl *ajz*)
 89. *Chlorophyll akz* (Chl *akz*)
 90. *Chlorophyll alz* (Chl *alz*)
 91. *Chlorophyll amz* (Chl *amz*)
 92. *Chlorophyll anz* (Chl *anz*)
 93. *Chlorophyll aoz* (Chl *aoz*)
 94. *Chlorophyll apz* (Chl *apz*)
 95. *Chlorophyll aqz* (Chl *aqz*)
 96. *Chlorophyll arz* (Chl *arz*)
 97. *Chlorophyll asz* (Chl *asz*)
 98. *Chlorophyll atz* (Chl *atz*)
 99. *Chlorophyll auz* (Chl *auz*)
 100. *Chlorophyll avz* (Chl *avz*)
 101. *Chlorophyll awz* (Chl *awz*)
 102. *Chlorophyll axz* (Chl *axz*)
 103. *Chlorophyll ayz* (Chl *ayz*)
 104. *Chlorophyll azz* (Chl *azz*)
 105. *Chlorophyll azaa* (Chl *aza*_{aa})
 106. *Chlorophyll abz* (Chl *abz*)
 107. *Chlorophyll acz* (Chl *acz*)
 108. *Chlorophyll adz* (Chl *adz*)
 109. *Chlorophyll aez* (Chl *aez*)
 110. *Chlorophyll afz* (Chl *afz*)
 111. *Chlorophyll agz* (Chl *agz*)
 112. *Chlorophyll ahz* (Chl *ahz*)
 113. *Chlorophyll aiz* (Chl *aiz*)
 114. *Chlorophyll ajz* (Chl *ajz*)
 115. *Chlorophyll akz* (Chl *akz*)
 116. *Chlorophyll alz* (Chl *alz*)
 117. *Chlorophyll amz* (Chl *amz*)
 118. *Chlorophyll anz* (Chl *anz*)
 119. *Chlorophyll aoz* (Chl *aoz*)
 120. *Chlorophyll apz* (Chl *apz*)
 121. *Chlorophyll aqz* (Chl *aqz*)
 122. *Chlorophyll arz* (Chl *arz*)
 123. *Chlorophyll asz* (Chl *asz*)
 124. *Chlorophyll atz* (Chl *atz*)
 125. *Chlorophyll auz* (Chl *auz*)
 126. *Chlorophyll avz* (Chl *avz*)
 127. *Chlorophyll awz* (Chl *awz*)
 128. *Chlorophyll axz* (Chl *axz*)
 129. *Chlorophyll ayz* (Chl *ayz*)
 130. *Chlorophyll azz* (Chl *azz*)
 131. *Chlorophyll azaa* (Chl *aza*_{aa})
 132. *Chlorophyll abz* (Chl

拡幅道路盛土

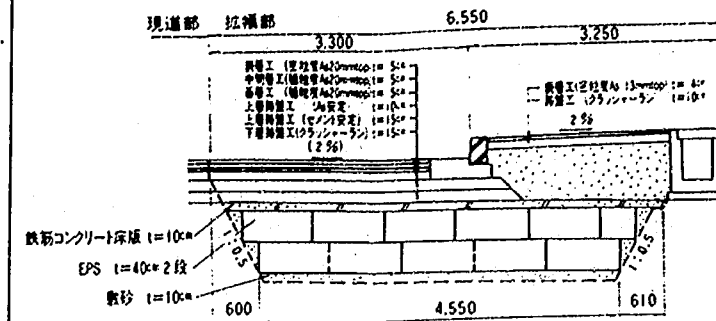
(車欠引地盤盛)



工法採用の経緯

供用中の4車線を6車線に拡幅し、歩道部盛土を新設したもので、軟弱地盤地帯のうえ、民家連担地区のため周辺に与える影響を緩和する対策としてEPS工法が作用された。

標準断面

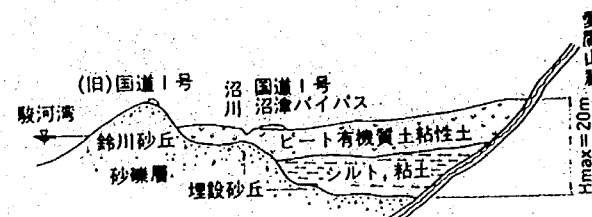


EPS 工事内容

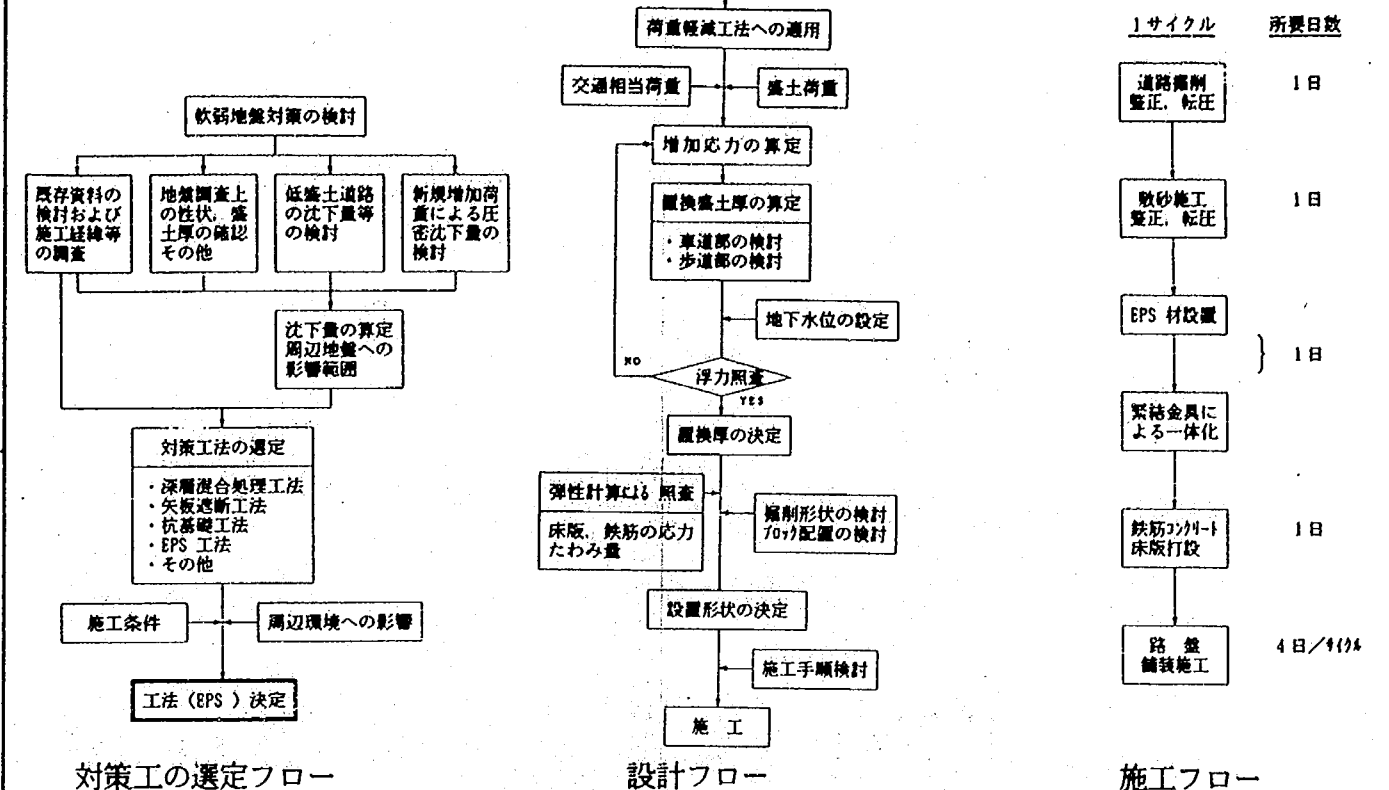
項目	数量	項目	数量
BPS種別	D-20 (20kg / m³)	BPS高さ	0.8 m
BPS数量	615 m³	平均設置幅	下層 4.55m , 上層 5.00m
延長	180 m	保護工 (カバー工)	鉄筋コンクリート床版 t=10cm (D6 150 × 150 mm, 早強ポルトランド)

地形・地質概要

当バイパスは、静岡県沼津市の西に位置する愛鷹山麓と駿河湾に挟まれた低湿地帯の浮島ヶ原を縦断している。この浮島ヶ原には、PEAT有機質土および粘性土層と、その下部にシルトおよび粘土層とがあり、その厚さは2～20mに達している。その土質特性は、概ね一軸圧縮強度が0.1～0.6 kgf/cm²で、自然含水比が100～1,000 %を示す超軟弱地盤地帯である。



設計・施工フロー

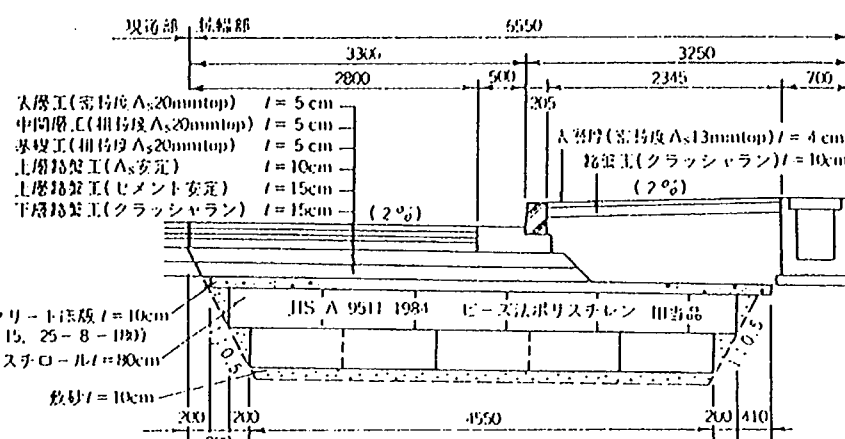


関連工事概要

施工基面工	敷砂 (10) cm, 碎石 (-) cm, その他 (-) (-) cm		
舗装構成	表層 (5) cm	中間層 (5) cm	基層 (5) cm
	上層路盤工 A, 安定 (10) cm	上層路盤工 セメント安定 (15) cm	
	下層路盤工 グラッサラン (15) cm	下層路盤工 (-) cm	
保護壁, 被覆土等	保護壁部材	-	
	擁壁構造	-	
	被覆土	-	
	その他	-	

参考文献

- 谷口, 服部 : 国道1号沼津バイパスのBPS工法, 土木技術 43 巻10号
- 宮下, 片山 : 発泡スチロールを用いた軽量盛土工法の施工例, 舗装, Vol 22, 8
- 大石, 吉田, 森山 : 発泡スチロールを用いた軟弱地盤の圧密沈下緩和工法の施工, 第17回日本道路会議論文集, PP. 120～122



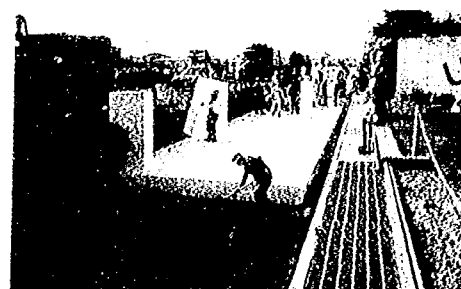
施 工 状 况



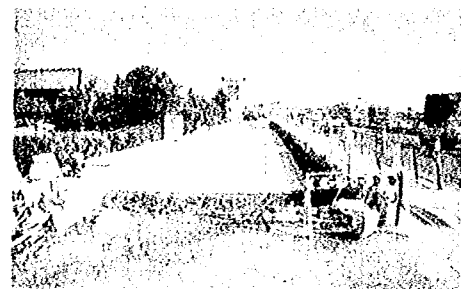
▲ 拆帳丁事全舞



▲基礎地盤掘削



▲EPS100

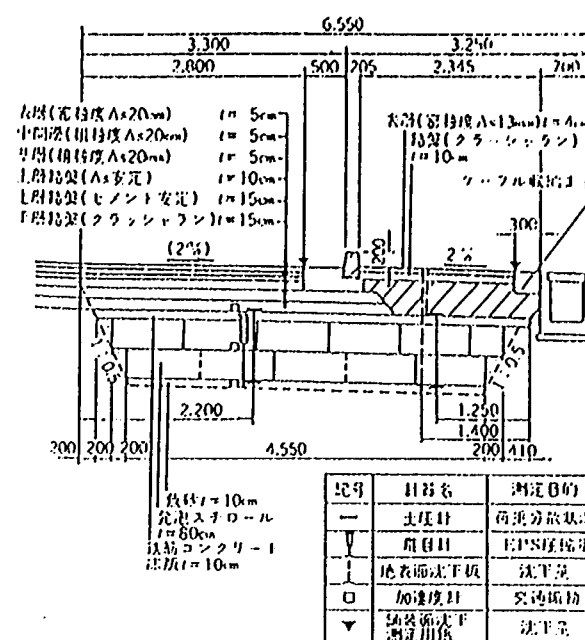


▲コンクリート床版の配筋

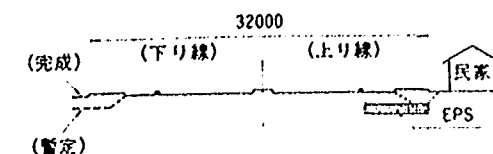


▲コンクリート床版打粉

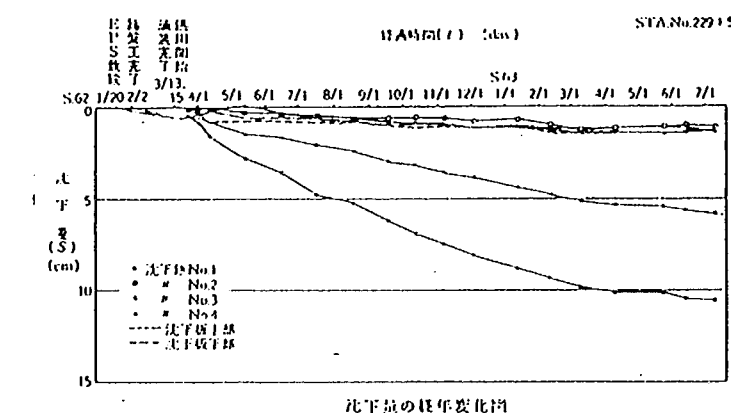
動態観測



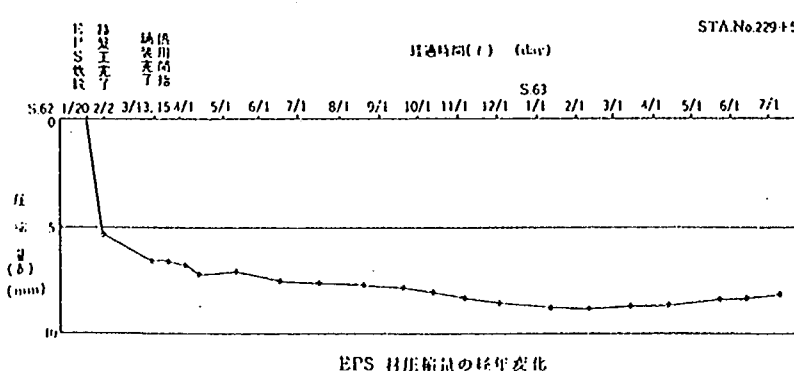
完成断面图



計器配置図



注下量の経年変化図



EPS 材圧縮量の経年変化

観測結果図

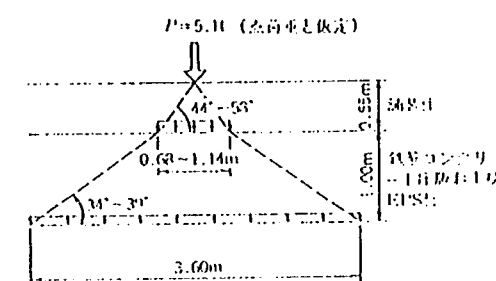
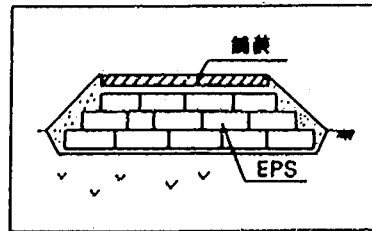


Figure 1: Schematic diagram of the load distribution. The diagram shows a cross-section of a roof structure. The total width of the roof is 4.70m. The height of the roof is 1.65m. The roof slope is indicated as 27° to 30°. A central rectangular area is defined with dimensions 0.78m and 1.25m, labeled 'm'. Above this area, a smaller triangle is defined with angles 41° and 55°. A vertical arrow labeled 'P=8.7t (点荷重と仮定)' points down to the center of the roof. To the right, a vertical dimension line indicates a height of 1.65m, with a note '56.6t' and '仮定コンクリート柱熱負荷のEPS目'.

新設道路盛土

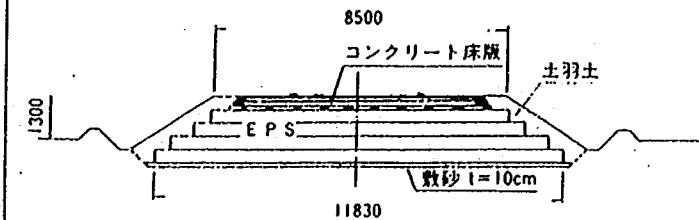
(車欠弓弓地盤)



工法採用の経緯

当地区は、層厚5～6の粘性土、腐食土および砂層で構成され、N値が0～1の軟弱地盤である。道路延長322mのうち中央区間の100mが沈下対策としてEPS盛土で施工された。

標準断面

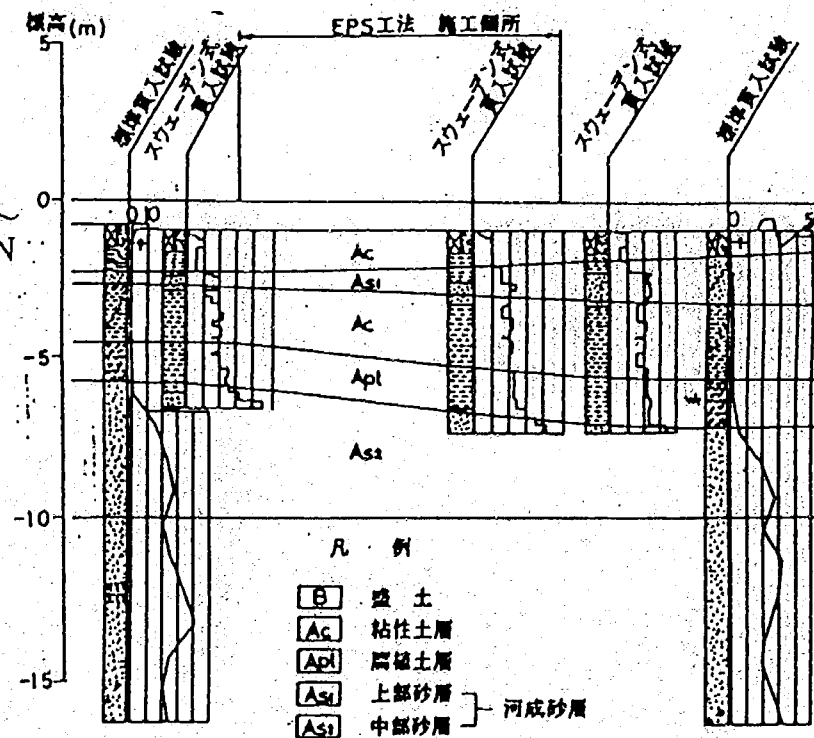


EPS 工事内容

項目	数量	項目	数量
BPS種別	D-20 (20kg/m³)	BPS高さ	1.6 m
BPS数量	1,500 m³	平均設置幅	10.2 m
延長	100 m	保護工 (カバー工)	コンクリート床版 t=10cm

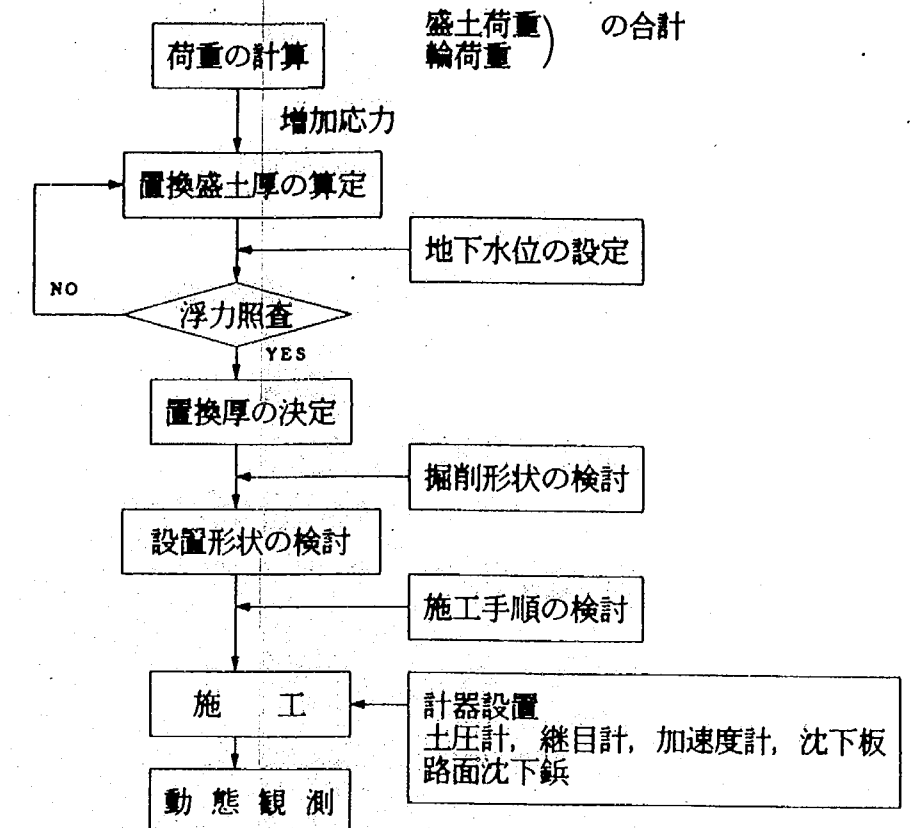
地形・地質概要

当地区は、平野部であり、その地質は層厚5～6mの粘性土、腐植土および砂層で構成され、N値が0～1の軟弱地盤である。



地質断面図

設計・施工フロー



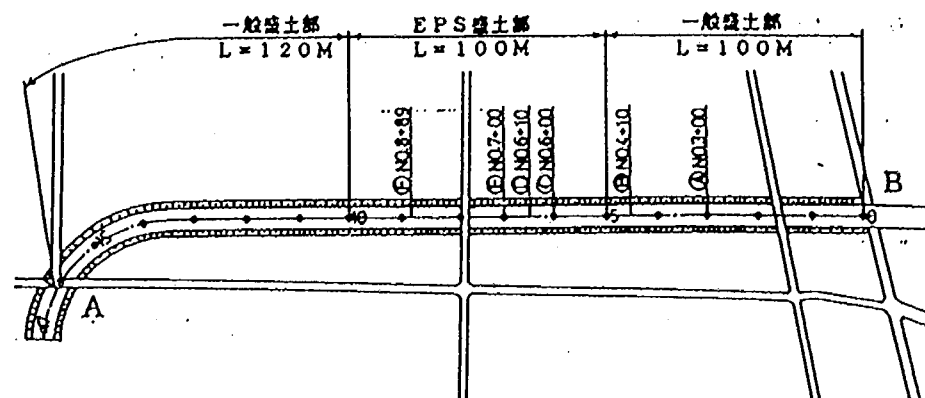
関連工事概要

施工基面工	敷砂 (10) cm, 碎石 (-) cm, その他 (-) (-) cm		
舗装構成	表層 (5) cm	中間層 (-) cm	基層 (-) cm
	上層路盤工 粒調碎石 (10) cm	上層路盤工 (-) cm	下層路盤工 (-) cm
保護壁, 被覆土等	下層路盤工 φ40クラックラフ (15) cm	下層路盤工 (-) cm	下層路盤工 (-) cm
	保護壁部材	-	-
	擁壁構造	-	-
	被覆土	土羽土	-
その他	-	-	-
	-	-	-

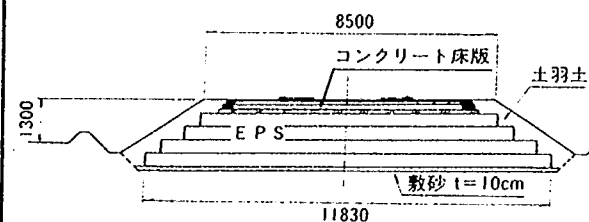
参考文献

- 原, 小川 他 : 発泡スチロールを用いた軽量盛土の挙動について, 第24回土質工学研究発表会 PP. 1821 ~1824

設計図

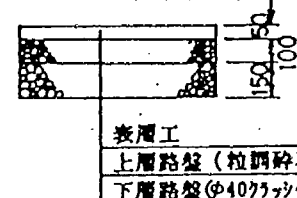


盛土平面図



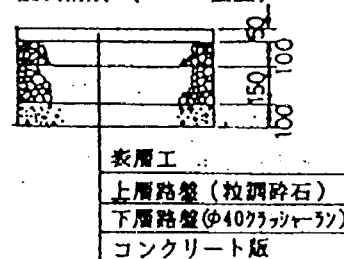
標準横断面図

舗装構成 (一般盛土)



舗装構成図

舗装構成 (EPS盛土)



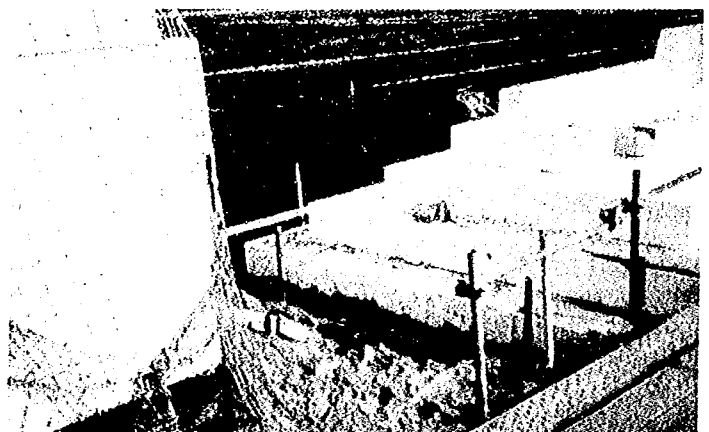
施工状況



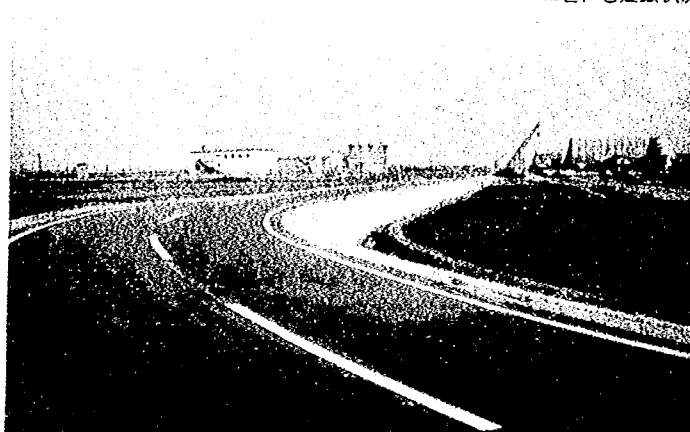
▲工事着手前



▲EPS運搬状況

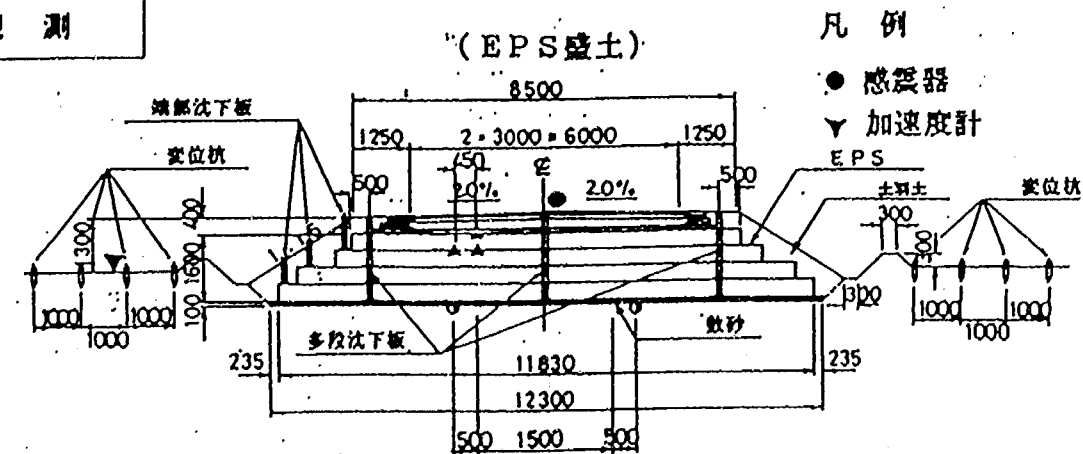


▲EPS設置

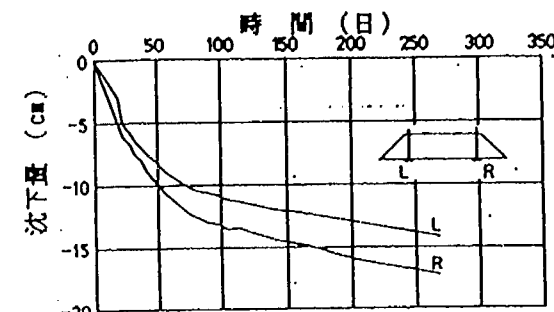


▲完成状況

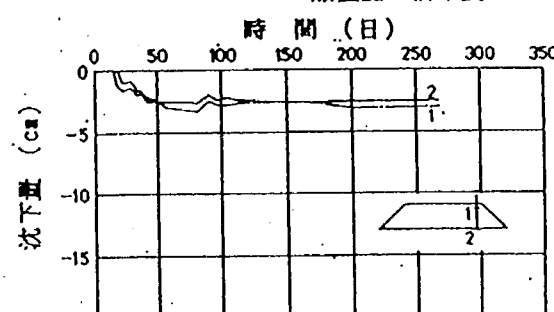
動態観測



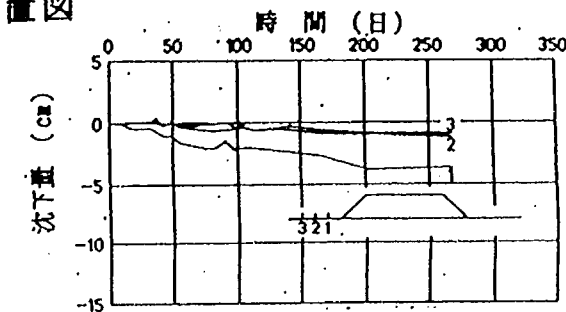
計器配置図



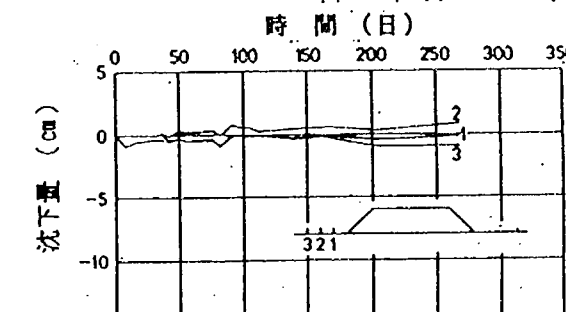
一般盛土の沈下量



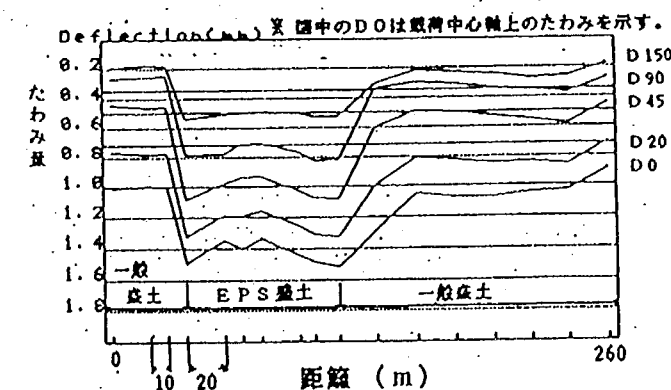
EPS盛土の沈下量



一般盛土周辺地盤の沈下の経時変化



EPS盛土周辺地盤の沈下の経時変化



FWD試験によるたわみ縦断面図

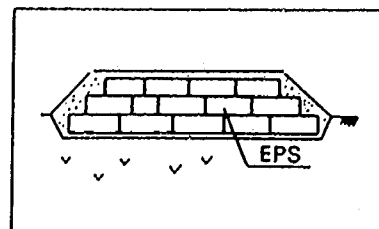
観測結果図

盛土の種類	測定項目	単位	段差路面		平坦路面	
			20km/h	50km/h	20km/h	50km/h
一般盛土	路面垂直加速度	gal	24.40	35.80	6.00	11.80
	路面垂直変位	mm	0.36	0.58	0.23	0.45
	路面水平変位	mm	0.27	0.21	0.23	0.17
	地盤垂直加速度	gal	4.80	5.60	0.90	1.90
EPS盛土	路面垂直加速度	gal	136.30	207.90	10.30	22.70
	路面垂直変位	mm	0.93	1.61	0.67	1.27
	路面水平変位	mm	20.80	30.40	3.90	9.10
	地盤垂直加速度	gal	18.50	25.80	1.50	2.90

最大加速度と最大変位

新設公園のマウンド造成

(軟弱地盤)

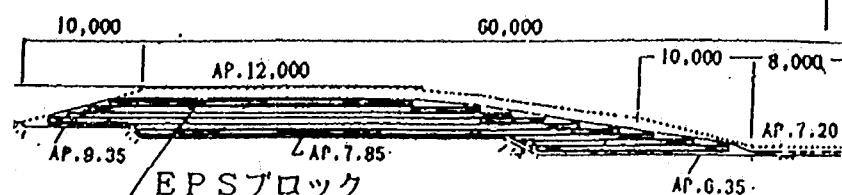


工法採用の経緯

当工事区域内はほぼ全域が埋立て間もない厚さ数十mの軟弱地盤である。ここに、建物の基礎杭に軟弱地盤の側方流動の影響を与えずに、起伏のある緑豊かな公園を造成するため、種々の対策が考えられた。

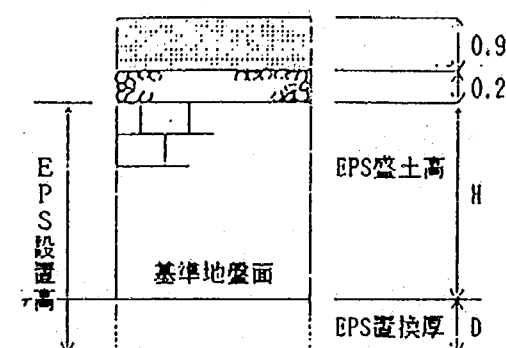
EPS工法は荷重増加がないという対策工の効果はもちろんのこと、竣工間近の短い工期を十分満足するものであった。

標準断面



設計・施工フロー

設計の基本的考え方は、下図に示したように、覆土荷重+EPS 荷重により荷重の増加が生じないように置換厚を求めるものである。



設計断面の例

盛土高さは、0～4.5mであり、覆土は建屋から18m 以遠は高木植栽を考慮して厚さ0.9mとし、スロープから建屋周辺までは0.3mとする。いずれも覆土の下部 (EPS 上面) に0.2mの排水層 (クラッシャーラン) を設ける。

なお、覆土と排水層の境界には目詰まり防止対策として珪藻土 (不織布) を設置する。

準備工	(基本測量等)
仮設工	(仮設道路施工等)
土工	(掘削工等)
排水工	(排水施工, 集水管布設等)
EPS工	(クラッシャーラン・敷砂施工, EPS工等)
上部排水工	(クラッシャーラン施工等)
不織布工	(珪藻土の敷設)
覆土工	

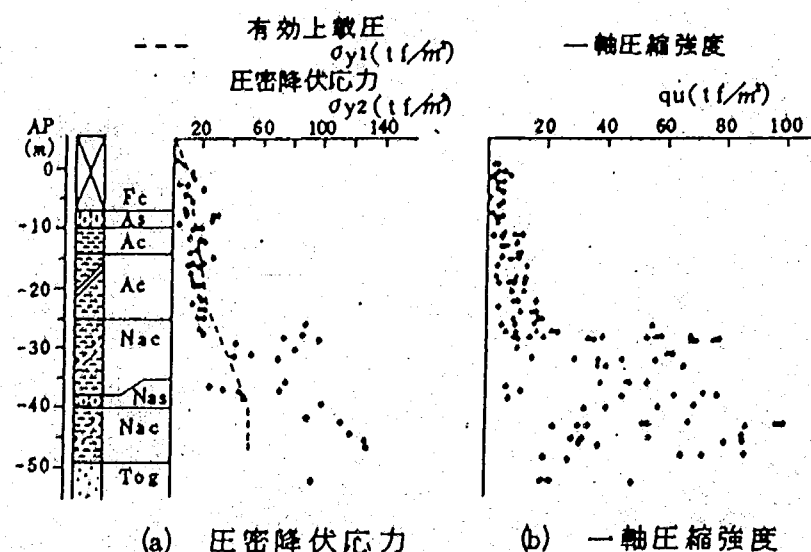
施工フロー

EPS 工事内容

項目	数量	項目	数量
BPS種別	D-18 (18kg/m ³)	BPS高さ	0.5 m ~ 3.0 m
BPS数量	10,905 m ³	平均設置幅	約 60 m
延長	- m	保護工 (カバー工)	砕石 (C-40~0) t=20cm, 不織布

地形・地質概要

当現場は、荒川・旧江戸川によって形成された三角州を埋め立てたものである。埋め立ては1978年から開始され、1981年にかけて AP.5.5mまで造成されている。地盤構成は上から盛土層 (Fc₁)、埋土層 (Fc₂)、沖積の上部有楽町層 (Yuc)、下部有楽町層 (Yls, Ylc)、七号地層、洪積の東京れき層 (Tog) からなる。



(a) 圧密降伏応力

(b) 一軸圧縮強度

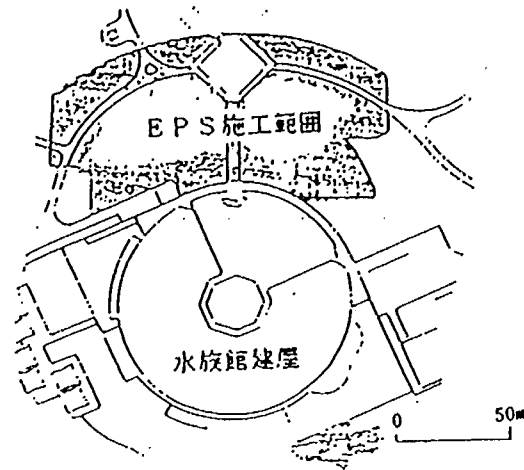
関連工事概要

施工基面工	敷砂 (5) cm, 砕石 (30) cm, その他 (不織布, 盲排水) (-) cm		
舗装構成	表層 (-) cm	中間層 (-) cm	基層 (-) cm
	上層路盤工 (-) cm	上層路盤工 (-) cm	上層路盤工 (-) cm
	下層路盤工 (-) cm	下層路盤工 (-) cm	下層路盤工 (-) cm
保護壁, 被覆土等	保護壁部材	-	
	擁壁構造	-	
	被覆土	盛土 (90cm)	
	その他		

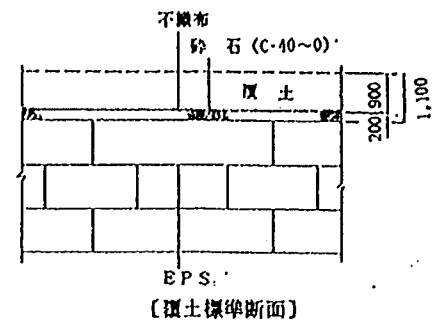
参考文献

- 加藤, 石原 : 側方流動対策としての発泡スチロール (EPS) 軽量盛土工法, 土木学会, 「最新の施工技術」講習会テキスト, 1989, 11

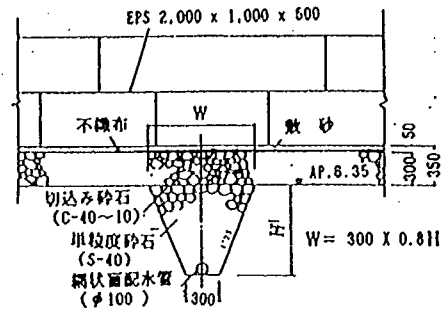
設計図



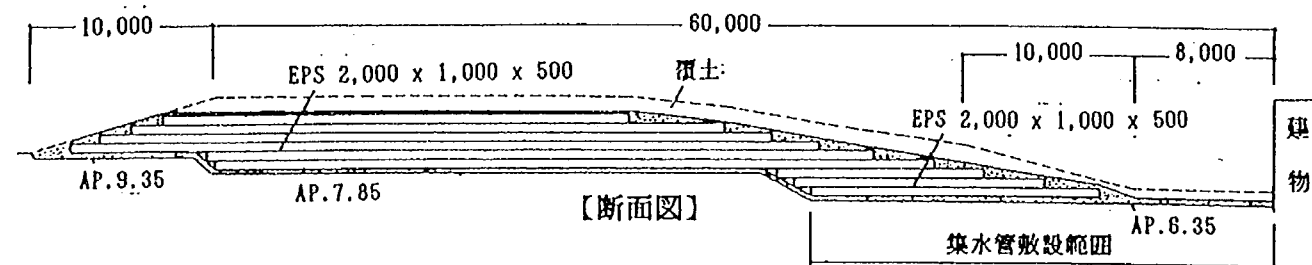
【平面図】



【覆土標準断面】



【下面排水標準断面】

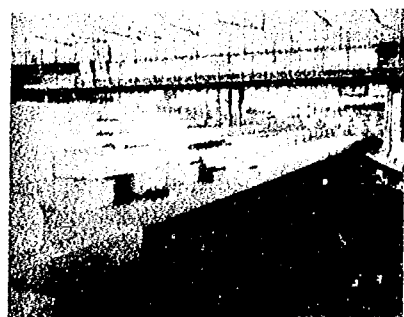


【断面図】

動態観測

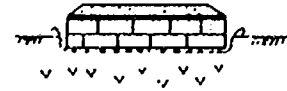
計画盛土高まで立ち上がったが、引き続き行っている観測では、新たな変位は認められていない。

施工状況



仮設道路盛土

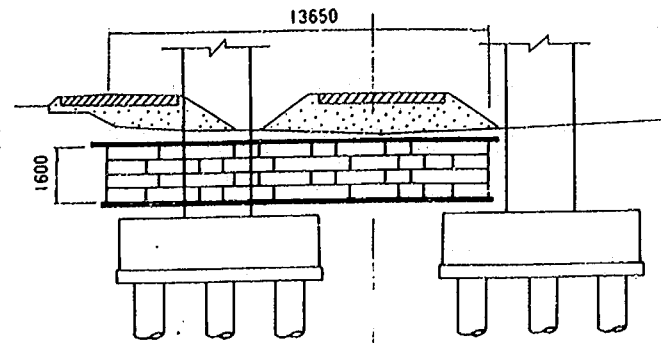
(車欠弓地盤)



工法採用の経緯

都市計画道路と中央環状線の立体交差工事に伴い、工事用道路架橋下に仮設道路が計画された。当地区は、沖積粘土が10数mの厚さで堆積しており盛土により圧密沈下が発生する。また、仮設道路は橋脚の間に位置するため基礎杭に相対変位が発生する。これらの対策としてEPS工法が採用された。

標準断面

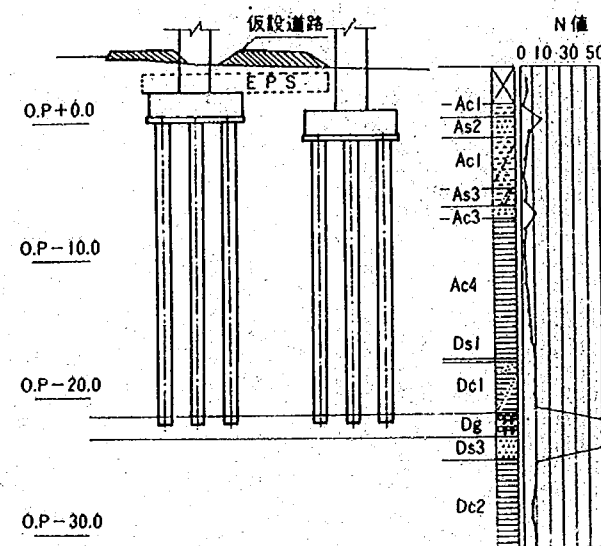


EPS工事内容

項目	数量	項目	数量
BPS種別	D-20 (20kg/m³)	BPS高さ	0.8 m ~ 1.6 m
BPS数量	592 m³	平均設置幅	13.65 m
延長	8.2 m × 4ヶ所	保護工 (カーリング工)	鉄筋コンクリート床版 t=10cm

地形・地質概要

当地区の地盤は、東大阪の軟弱な沖積粘土が10数mの厚さで堆積し、その下に洪積の粘土、砂、および礫層が互層している。



地質縦断面図

設計・施工フロー

表に示す3種の対策工法について比較検討を行った。その結果、EPSによる軽量盛土工法が、安定性、施工性および経済性において他の工法より優れており、最適な対策工法として採用された。

EPS工法による鉛直荷重の設計は、「交通荷重、舗装荷重、路体ならびにEPS盛土荷重の総荷重」と「掘削した土砂の荷重」の差がフーチングに加わると考え、橋脚基礎杭の支持力に対する検討を行った。

施工は、①掘削、②敷砂 (t=15cm)、③EPSブロック組立、④鉄筋コンクリート床版 (t=10cm, φ=5mm, etc150mm)、⑤路体、路盤 (43cm)、⑥アスファルト舗装 (15cm) の手順で行った。

対策工の比較検討

	第1案	第2案	第3案
模式図	コルゲートパイプ	地盤改良	発泡スチロール
工法概要	コルゲートパイプで載荷重を減少させる。	仮橋で荷重をかけないようにする。現地地盤は地盤改良の必要あり。	盛土材料を軽量の発泡スチロールに置き換えることにより、仮設道路荷重を軽減する。
評価	均一に盛土荷重を減少することができるが、偏圧によりパイプは変形し、路床としては問題がある。	荷重が集中し、沈下する可能性がある。	大型施工機械が不用で施工性がある。また、実施例もある。
	×	×	○

関連工事概要

施工基面工	敷砂 (15) cm, 碎石 () cm, その他 () () () cm		
舗装構成	表層 (15) cm	中間層 () cm	基層 () cm
	上層路盤工 () cm	(43) cm	上層路盤工 () cm
	下層路盤工 () cm	() cm	下層路盤工 () cm
保護壁、被覆土等	保護壁部材	-	
	擁壁構造	-	
	被覆土	-	
	その他	-	

参考文献

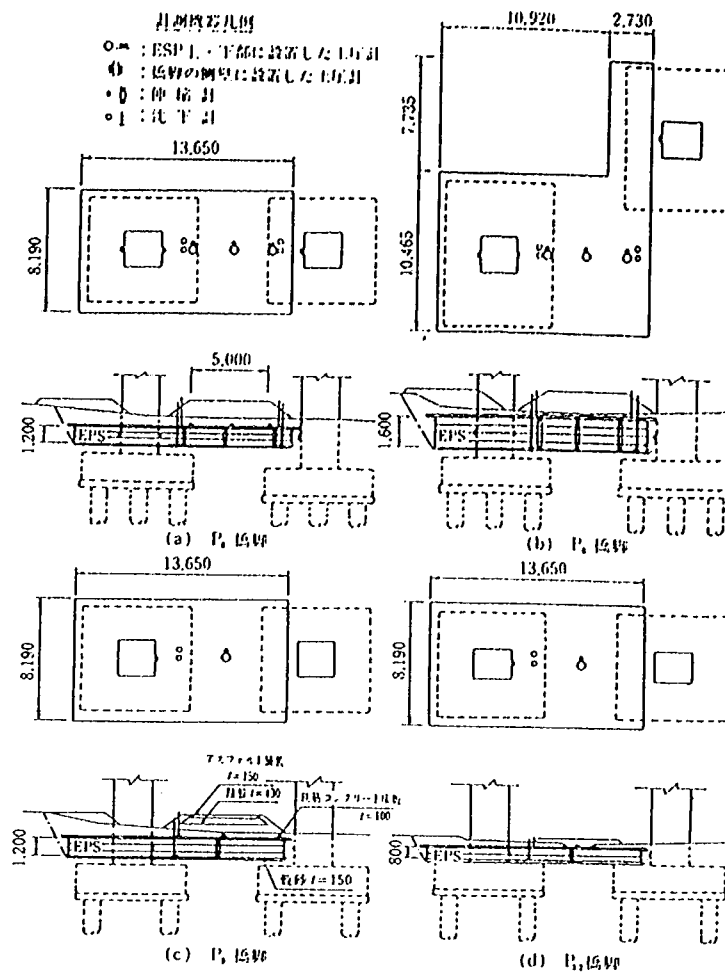
- 松井, 京田, 篠崎, 白石, 丸井:

発泡スチロールを用いた軽量盛土工法の動態観測結果, 基礎工, Vol.16 No.12, PP.97 ~103, 1988

設 計 図

盛土の形状寸法

材料	単位体積重量 γ (t/m ³)	厚 さ (m)	備 考
アスファルト	2.3	0.15	P_{11} , P_{12} , P_{13} アスファルト
路盤	1.9	0.43	P_{11} 路盤
路体	1.8	0.45, 0.70, 0.60, 0.35, 0	P_{11} 路体
鉄筋コンクリート床版	2.5	0.10	鉄筋コンクリート床版

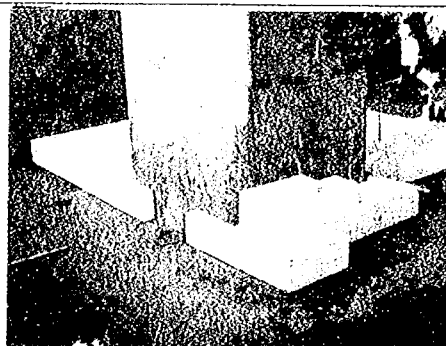


EPSの施工および計測機器配置図

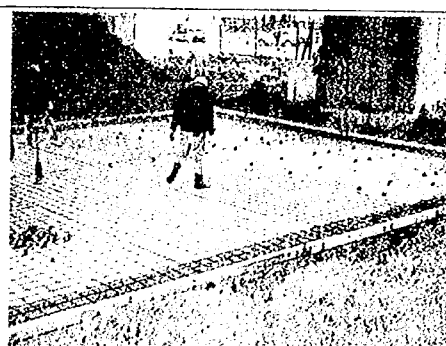
施 工 状 況



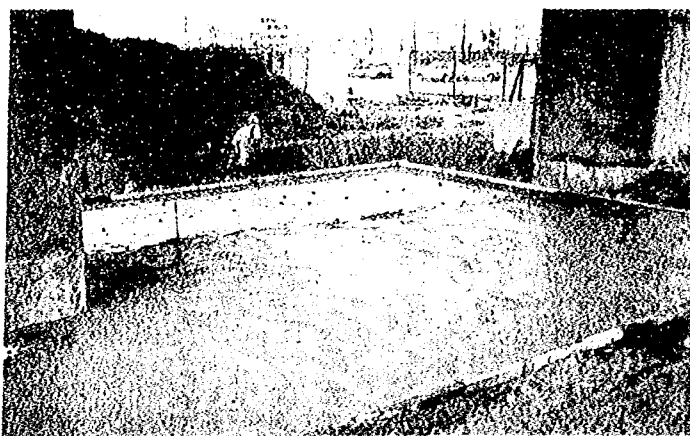
▲機脚部掘削



▲EPS設置



▲上部コンクリート床版配筋

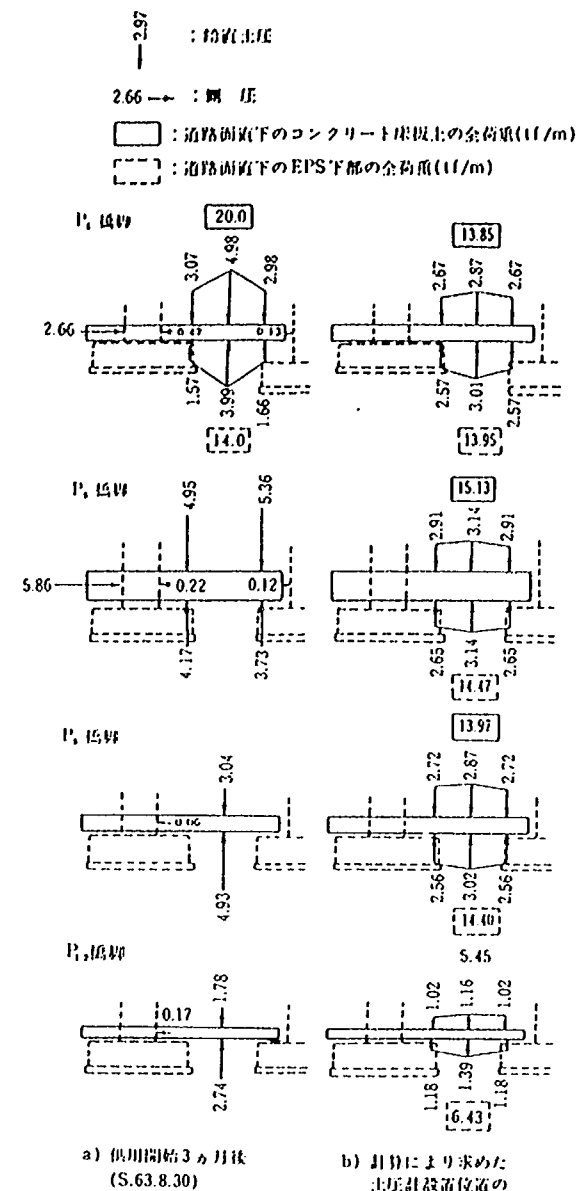


▲コンクリート打設

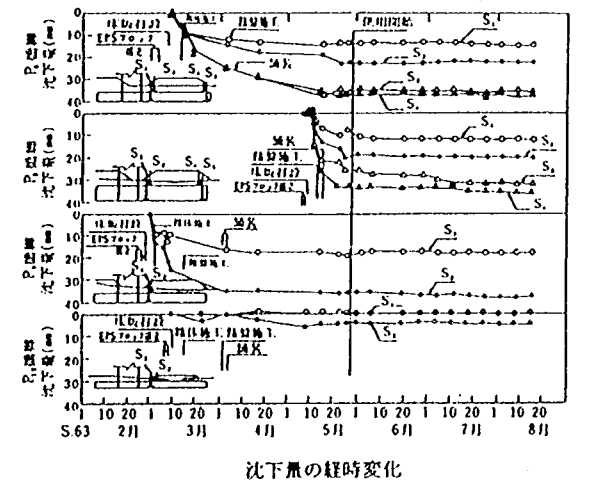
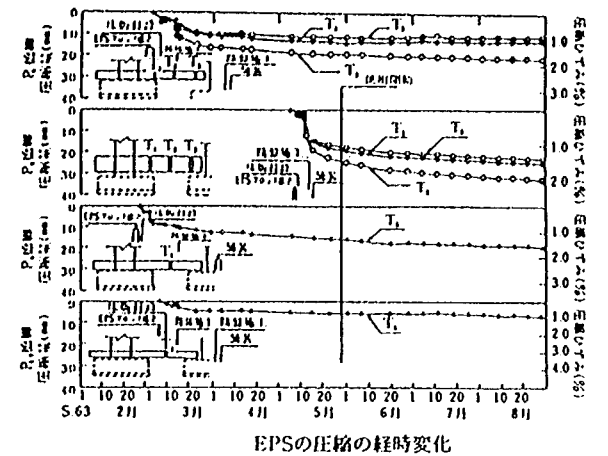


▲機装

動 態 観 測

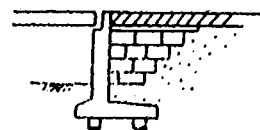


土圧分布



橋台取付盛土

(車欠弓形地盤)



工法採用の経緯

軟弱地盤上に施工された橋台取付盛土が、経年による圧密沈下を生じ、特に橋台背面では大きな段差が発生していた。そのため、アスファルト舗装による高上げによる補修が頻繁に実施されており、今後も年数回程度実施する必要がある、それに伴い、交通規制と補修費が増大するため抜本的な解決策が求められた。

このような背景から、以下に示す利点、経済性によりEPS工法が採用された。

- ① 交通遮断の期間が短く、他の工法に比べて非常に経済的である。
- ② 残留沈下を大幅に低減できる。

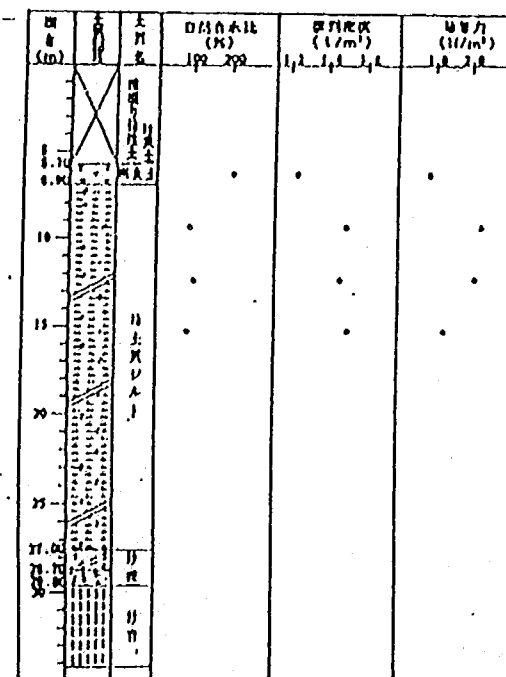
EPS 工事内容

項目	数量	項目	数量
EPS種別	D-20 (20kg/m³)	EPS高さ	1.4 m ~ 2.8 m
EPS数量	574 m³	平均設置幅	11 m
延長	28.8 m	保護工 (ガリガ工)	鉄筋コンクリート床版 t=10cm ($\sigma_{ck}=210-8-25$) (D-6-15 × 15cm)

地形・地質概要

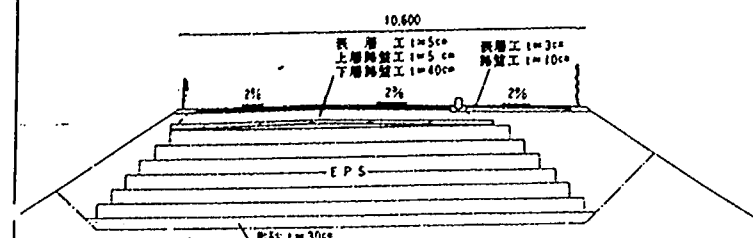
当地区の地盤は、軟弱層厚が約21mであり、その地層構成は、約1mの腐植土および約20mの粘土質シルトである。その物理特性および力学特性は、以下に示す様である。

- ① 自然含水比は78%~200%の高含水比である。
- ② 粒度組成は砂分20%程度のところもあるが、概ね粘土、シルトで構成されている。
- ③ 湿潤密度 (ρ_s) は1.22~1.51g/cm³である。
- ④ 一軸圧縮強度 q_u は0.12~0.48kg/cm²で深さ方向に増加の傾向はあるが、全層にわたりきわめて低い値である。
- ⑤ 圧密降伏応力 (P_v) は、土被り圧とほぼ等しく正規圧密値といえる。
- ⑥ 圧密指数が一般に大きく、高圧縮性土層といえる。



地盤構成

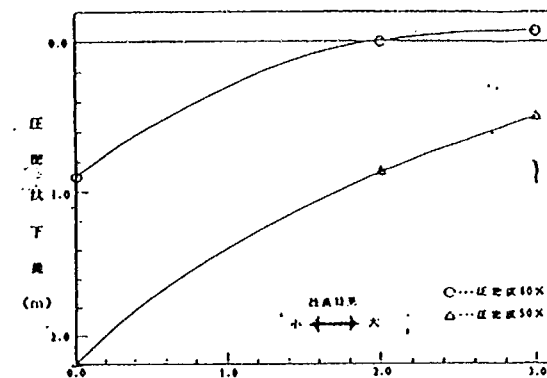
標準断面



設計・施工フロー

(設計の基本的な考え方)

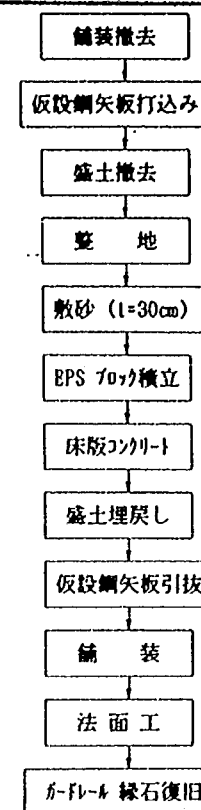
- ① 盛土の大部分をEPSブロックに置き換える。
- ② 概設盛土によって進行した圧密度を考慮する。
- ③ EPSブロック据付基面高さは、ブロックが長期にわたり浸水状態にならないよう河川のH.W.L. KP+1.700m以上とし、さらに、10年確立洪水水位に対して浮上りやすの安全性が確保できる断面とする。



EPS工法における盛土改良効果

表-1 EPS工法による改良効果

圧密度	未改良での残留沈下量 (m)	EPSブロックによる改良後の沈下量 (m)
50%	2.2	0.6
80%	0.9	0.0



施工フロー

関連工事概要

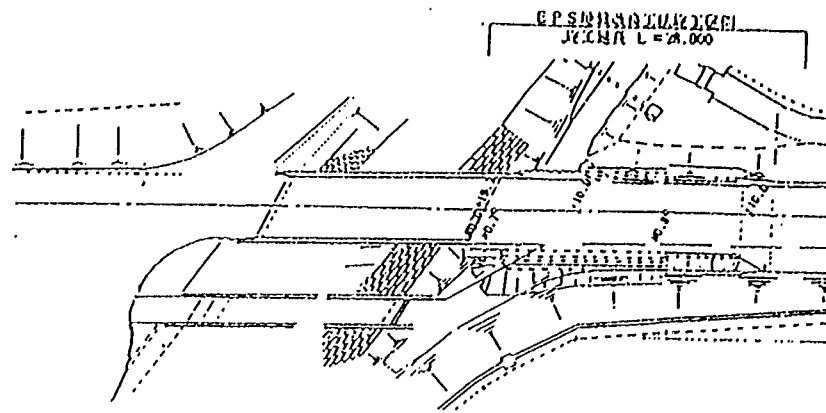
施工基面工	敷砂 (30) cm, 碎石 () cm, その他 () () cm		
舗装構成	表層 (5) cm	中間層 () cm	基層 () cm
	上層路盤工 A. 安定処理 (5) cm	上層路盤工 () cm	() cm
	下層路盤工 75mm径φ40 (40) cm	下層路盤工 () cm	() cm
保護壁、被覆土等	保護壁部材	—	
	擁壁構造	—	
	被覆土	—	
	その他	ブロック天端および側面をビニールシートで被覆した。	

参考文献

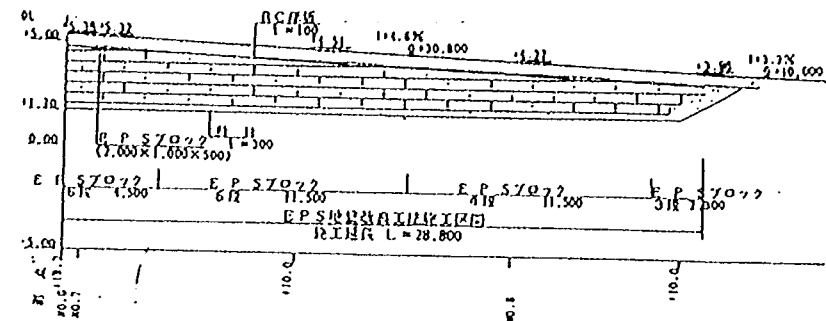
- 佐藤, 岡部, 高橋: 新築川橋におけるBPS工法の概要, はちのへ土シンポジウム'89 「市民生活と土」 技術研究発表会発表論文集, PP. 37 ~ 42, 1989

設計図

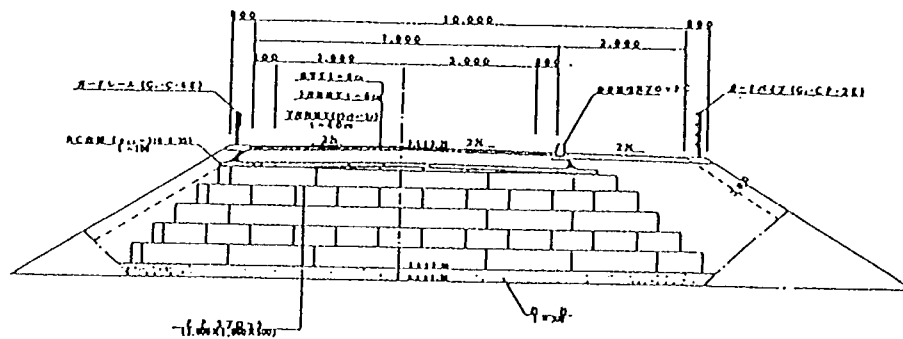
平面図



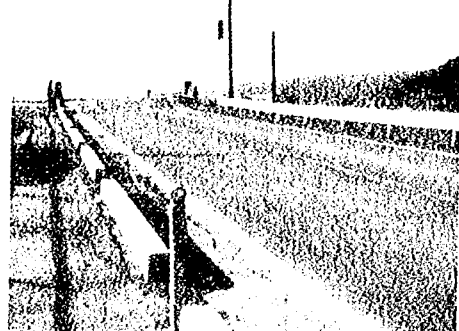
縦断面図



標準横断面図



施工状況



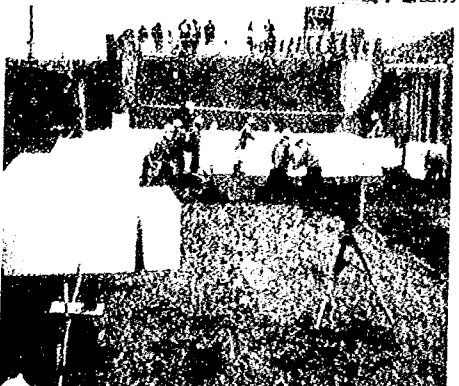
▲工事着手前



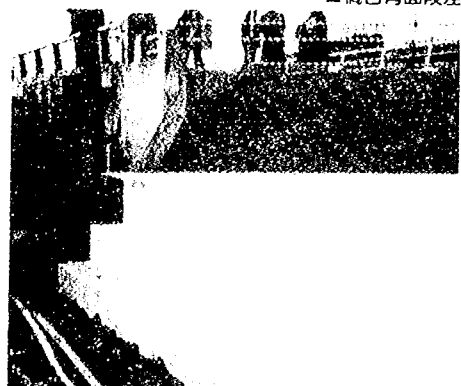
▲橋台背面段差



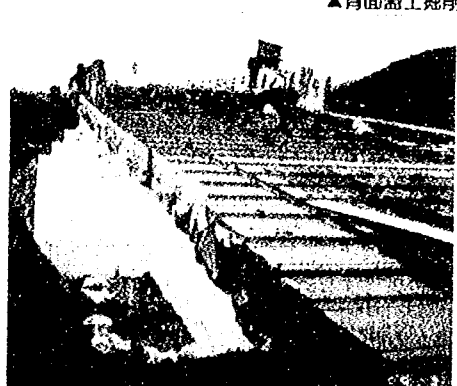
▲背面腐土掘削



▲EPS設置

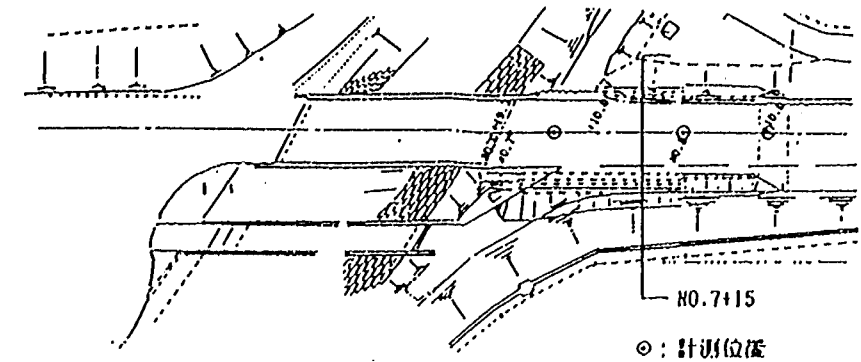


▲橋台背面EPS設置



▲コンクリート床版施工

動態観測



計測位置図

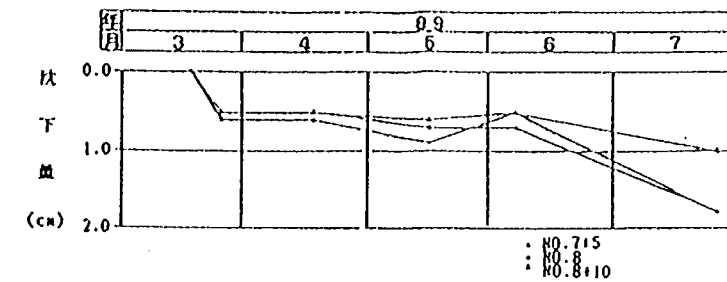
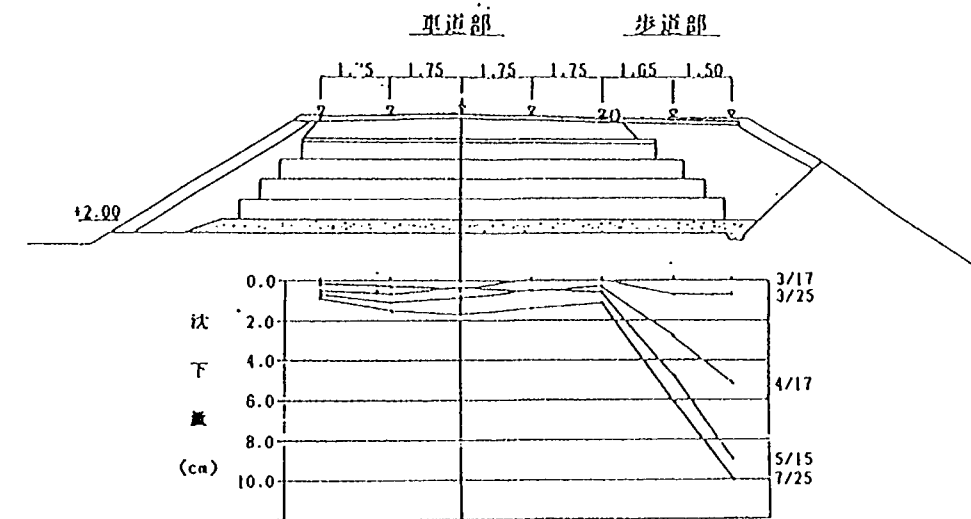
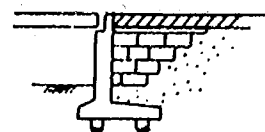


図-9 車道センターでの沈下の経時変化



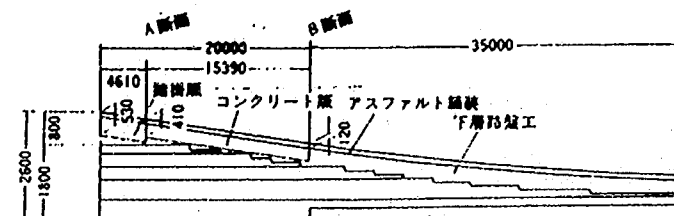
道路横断における沈下の経時変化 (NO. 7+15)

舗装完成後の天端高をレベルにより沈下計測を行った。沈下傾向は、車道部では2cm程度の沈下であり、不等沈下、段差等の交通障害となる状況もなく、ほぼ安定しており、歩道部では、EPS厚さの減少に伴い沈下が増加し、車道部の5倍程度(10cm)沈下しているが、収束傾向にある。



標準断面

これらの条件下で種々の対策工が検討され、最終的に、盛土荷重による地盤の沈下を極力回避することを目的として超軽量材である発泡スチロールを盛土材として用いることが決定された。



設計・施工フロー

(設計の考え方)

発泡スチロールによる盛土工法の設計の基本的な考え方は、盛土荷重によって生ずる地盤内増加応力を制御し、極力沈下を抑制することである。当該力所では、盛土および舗装荷重に相当する土被り圧の分だけ地盤を掘削することとし、盛土高さに応じて深さ0.6~0.9mを掘削している。

(施工方法)

使用したEPSの量は470㎡で、これを5人の人間が3日間で積み上げた。作業は全く問題なく終了し、工事現場でありがちな振動その他についての付近住民からの苦情はなかった。

EPS 工事内容

項 目	数 量	項 目	数 量
EPS種別	DX-29 (28kg /m³)	EPS高 さ	0.3 m ～ 1.8 m
EPS数量	470 m³	平均設置幅	8.7 m
延 長	55 m	保 護 工 (カーリング工)	アスファルトシート, 砂層 t=5cm

地形・地質概要

当地区は、自然含水比 650%の泥炭が約2.5m厚で堆積し、さらにその下に約7.5m厚で粘土が堆積する軟弱地盤である。

（工事個所の地盤構成

標尺 (m)	柱状図	層厚 (m)	土質	自含水比 天然 (%)	間隙比 e ₀	單位体積 g/cm ³
1		1.30	盛土	—	—	2.0
2		2.50	泥炭	650	12.0	1.01
3						
4						
5		1.00	砂	—	—	1.7
10		7.50	粘性土	85	2.0	1.55
12						
13						
14						
14			砂の互層 粘性土と			

地盤構成

関連工事概要

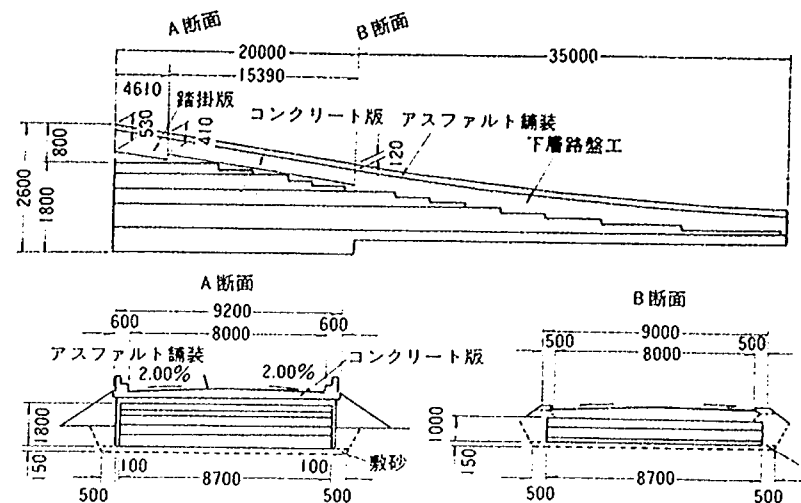
施工基面工	敷砂 (15) cm, 碎石 (-) cm, その他 (-) (-) cm	
舗装構成	表層 (8~12) cm 中間層 (-) cm 基層 (-) cm	
	上層路盤工 33) cm	上層路盤工 (-) cm
	下層路盤工 クラッシャーランφ40(~38) cm	下層路盤工 (-) cm
保護壁, 被覆土等	保護壁部材	-
	擁壁構造	-
	被覆土	-
	その他	橋台背面~コンクリート踏掛板 橋から延長約15m ~ガードル固定のためにコンクリートスラブ (t=33 cm) 打設

参考文献

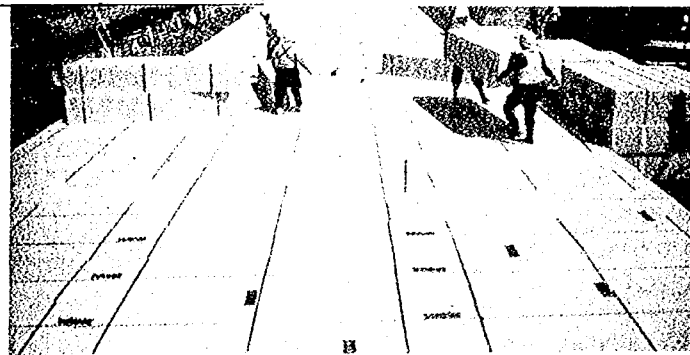
- 能登 繁幸 : 発泡スチロールを用いた盛土施工例, 舗装, Vol.22, No.8, PP.9 ~13, 1987
- 能登 後藤 : 発泡スチロール盛土(ライフル)の挙動と評価, 第17回日本道路会議論文集, PP.123~125

設計図

標準断面図



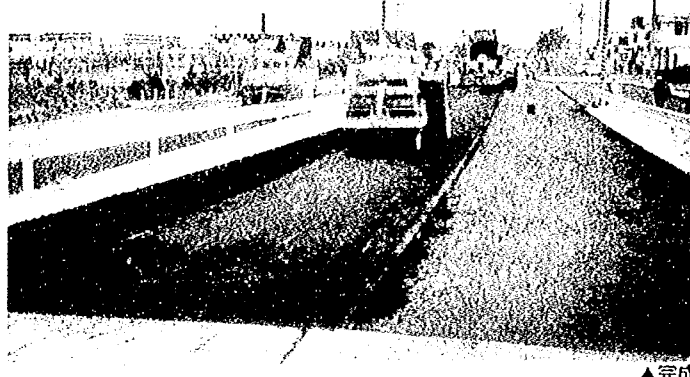
施工状況



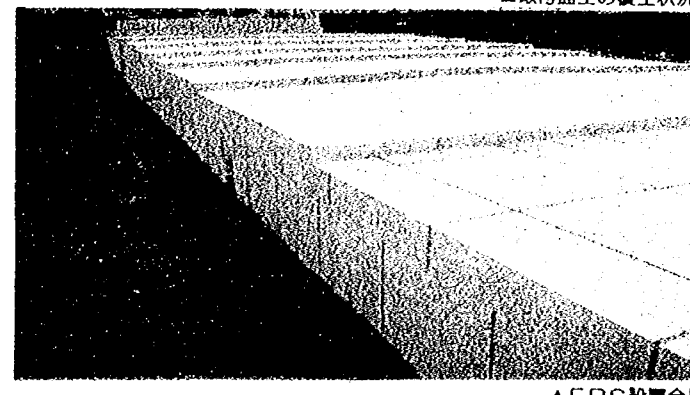
▲押出発泡法によるブロックをバンド掛けして運搬



▲取付盛土の覆土状況



▲完成



▲EPS設置全景

動態観測

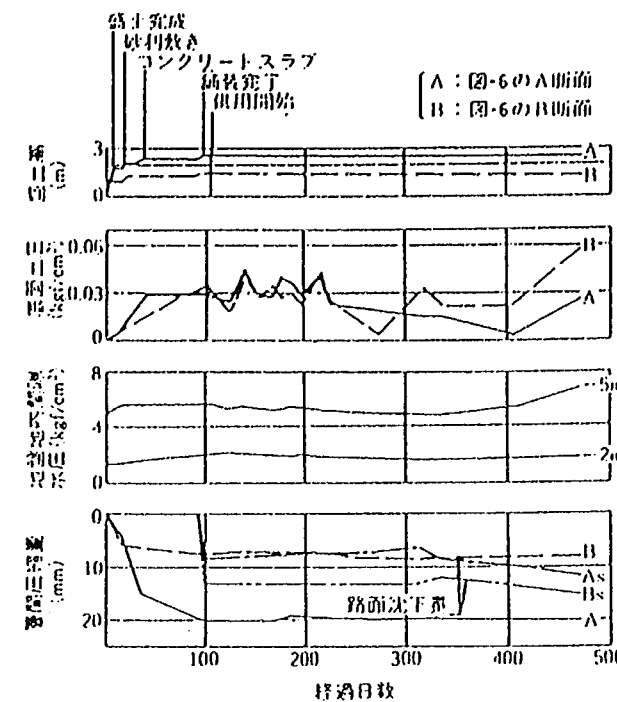
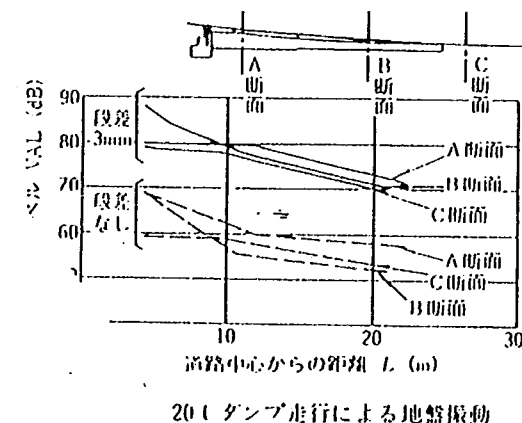
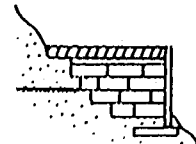


図-5 発泡スチロール盛土の挙動



20t ダンプ走行による地盤振動

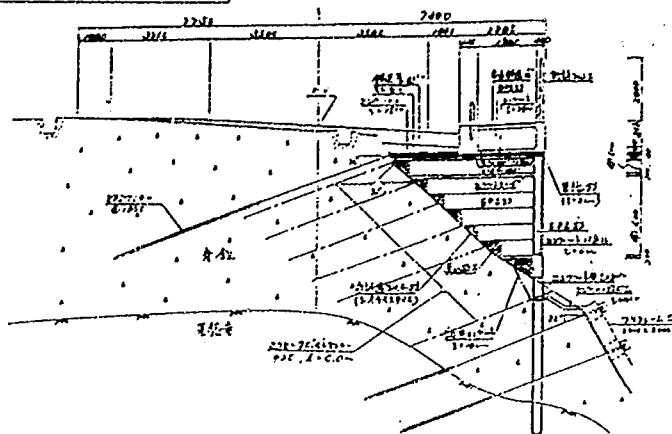
- ① 各施工段階で盛土本体は圧縮を生じており、全圧縮量は層厚のほぼ1%程度となっている。これは発泡スチロール自体の圧縮のほか、敷設時の不整合が原因でもある。
- ② 供用開始後は、交通荷重によるとみられる地盤沈下量が6~10mm程度生じているが、発泡スチロール盛土そのものの圧縮は認められない。
- ③ 供用後500日経過した現在、コンクリート版を設けた所と設けない所の境界付近にわずかの段差が生じているが、その他に特段の変状は見られない。
- ④ 発泡スチロール盛土底面の土圧は、若干の変動はあるが、計算値(A断面=0.1 kgf/cm², B断面=0.08 kgf/cm²)よりはるかに低い値となっている。
- ⑤ 走行車両による地盤振動の測定結果によれば、路肩部分では段差のない場合に発泡スチロール盛土における振動が一般部(C断面)よりも大きく生じている。高さ1~3mmの人工段差を設けた場合には、A断面とC断面は同じ程度の地盤振動を発生しているが、B断面はかなり大きな値となっている。いずれの場合も道路中心から10m程度離れると大差がない。



工法採用の経緯

本区間は、近年の交通量の増加、特に大型車両の増加による走行速度の低下による交通渋滞が著しい。これらの交通渋滞をできるだけ解消するため、現在2車線の現道を1車線と歩道部を設置するための拡幅工事を行うにあたり、急峻な沢地形部に軽量で自立性のある発泡スチロール (Expanded Polystyrol, 略してEPS) を用いた直立土留壁を採用した。

標準断面



EPS 工事内容

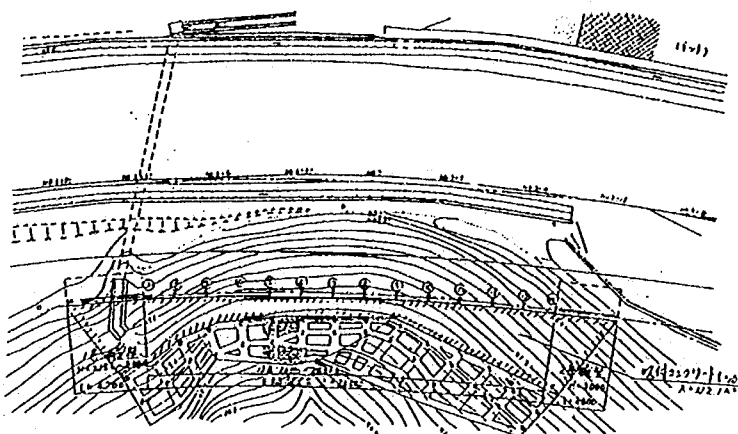
項目	数量	項目	数量
EPS種別	D-20 (20kg / m ³)	EPS高さ	0 m ~ 4.4 m
EPS数量	- m ³	平均設置幅	3 m程度
延長	- m	保護工 (ガリング工)	コンクリート床版 t=15 cm

地形・地質概要

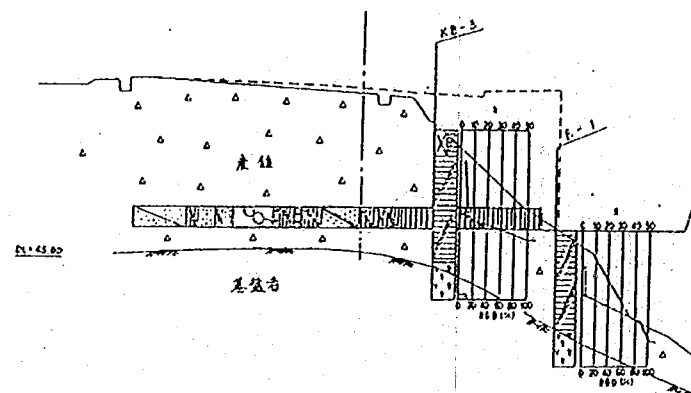
当地区は、標高 100~200m の比較的急峻な起伏を呈する丘陵地と開析された沢筋により形成されている。

地質は、新第三紀鮮新世に属する鉢伏山板状安山岩類を基岩とし、基岩は節理が発達しているものの岩塊は堅硬である。基岩の上位には崖錐性堆積物が覆っている。

下図は、施工箇所の子の最深部にあたる地質断面である。崖錐性堆積物は礫混り粘性土に分類され、礫径はφ20~50mmの安山岩の角礫よりなり、N値は平均N=5となっている。



施工断面



地質断面

設計・施工フロー

工法比較

工法	EPS 工法案	擁壁案
断面図		
① 大径の建設機械の使用に必要ない。	① 擁壁施工時の振動に大規模な影響が及ぶ。	① 擁壁施工時の振動に大規模な影響が及ぶ。
② H鋼杭の施工時に現道への影響が生じない。	② 擁壁施工時の振動に大規模な影響が及ぶ。	② 擁壁施工時の振動に大規模な影響が及ぶ。
③ 擁壁案に比べ工期が短縮される。	③ 擁壁案に比べ工期が短縮される。	③ 擁壁案に比べ工期が短縮される。
	○	×

H鋼に作用する荷重モデル

常時		g: EPS材の側圧がH鋼に作用する側圧 (t) g1: コンクリート路面の土圧 (t) g2: コンクリート路面に作用する土圧 (t) h: 充てり部のバネ係数 (t/m)
地震時		H1: H鋼の自重の慣性力 (t/m) H2: EPS材の慣性力 (t/m) H3: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H4: 表土の慣性力 (t/m) H5: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H6: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H7: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H8: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H9: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H10: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H11: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H12: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H13: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H14: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H15: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H16: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H17: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H18: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H19: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H20: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H21: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H22: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H23: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H24: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H25: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H26: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H27: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H28: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H29: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H30: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H31: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H32: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H33: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H34: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H35: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H36: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H37: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H38: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H39: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H40: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H41: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H42: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H43: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H44: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H45: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H46: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H47: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H48: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H49: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H50: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H51: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H52: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H53: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H54: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H55: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H56: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H57: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H58: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H59: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H60: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H61: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H62: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H63: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H64: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H65: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H66: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H67: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H68: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H69: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H70: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H71: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H72: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H73: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H74: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H75: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H76: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H77: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H78: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H79: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H80: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H81: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H82: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H83: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H84: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H85: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H86: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H87: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H88: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H89: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H90: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H91: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H92: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H93: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H94: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H95: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H96: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H97: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H98: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H99: コンクリート路面の慣性力 (t/m) H100: コンクリート路面の慣性力 (t/m)

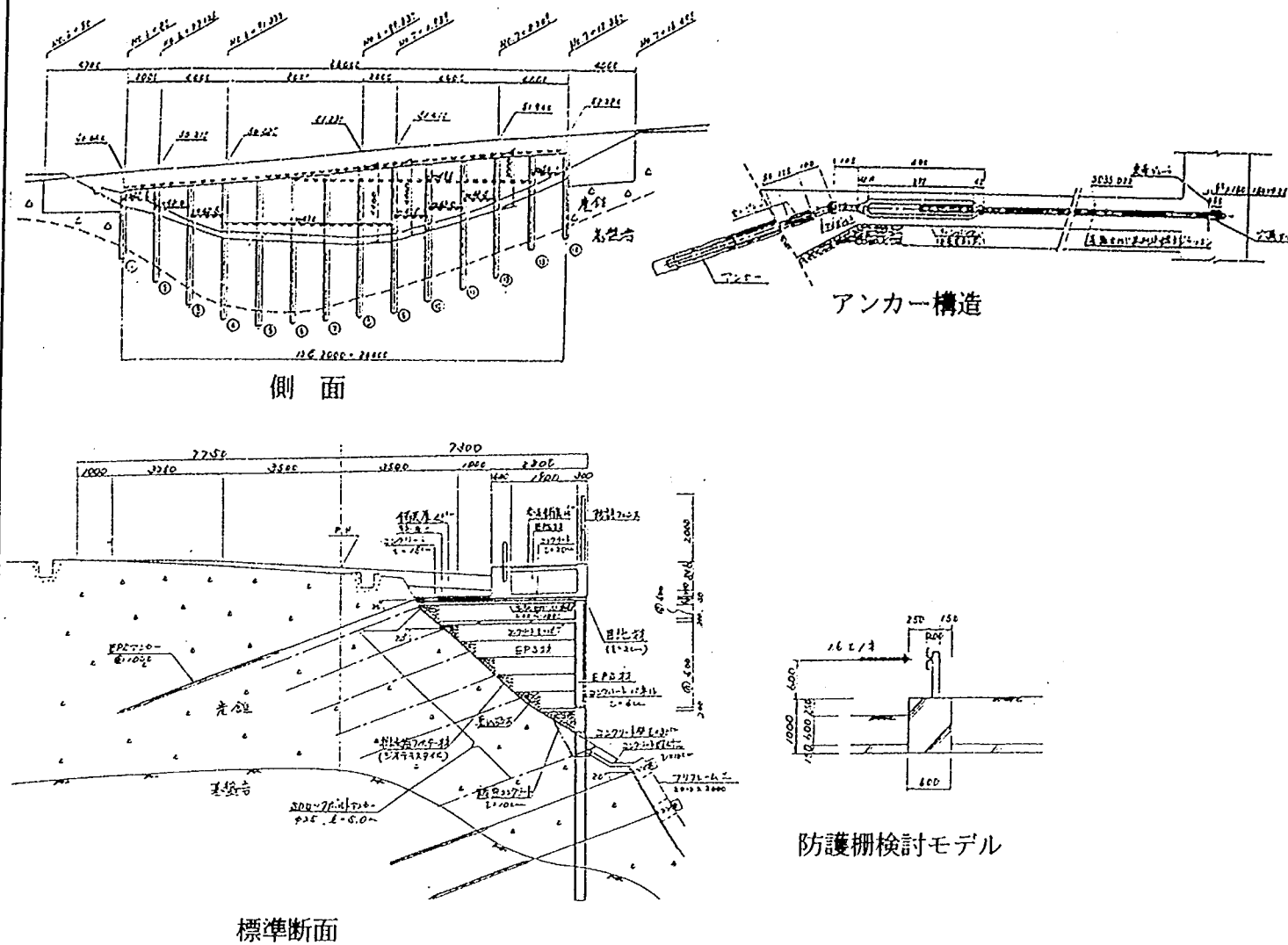
関連工事概要

施工基面工	敷砂 (-) cm, 砕石 (-) cm, その他 (調整コンクリート) (10 -) cm
舗装構成	表層 (-) cm 中間層 (-) cm 基層 (-) cm 舗装厚 45 cm 上層路盤工 (-) cm 上層路盤工 (-) cm 下層路盤工 (-) cm 下層路盤工 (-) cm
保護壁、被覆土等	保護壁部材 H鋼杭 (H-300 × 300 × 10 × 15, 2m ピッチ), コンクリートパイル (t=6 cm) 擁壁構造 - 被覆土 - その他 裏込砕石, 排水用フィルター材 (ジオテキスタイル), EPS アンカー, SDロックリットアンカー (φ25, ℓ=5.0 m) 等

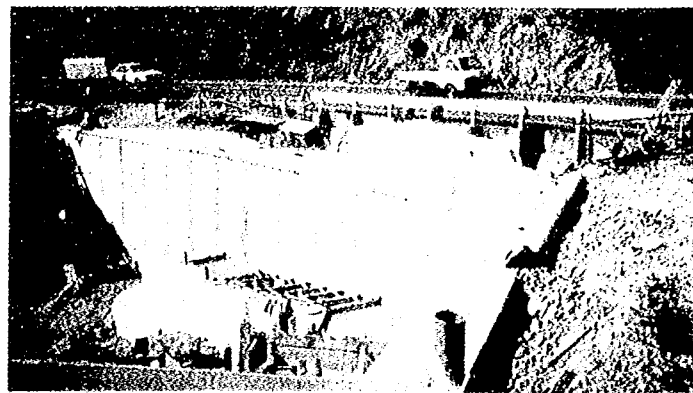
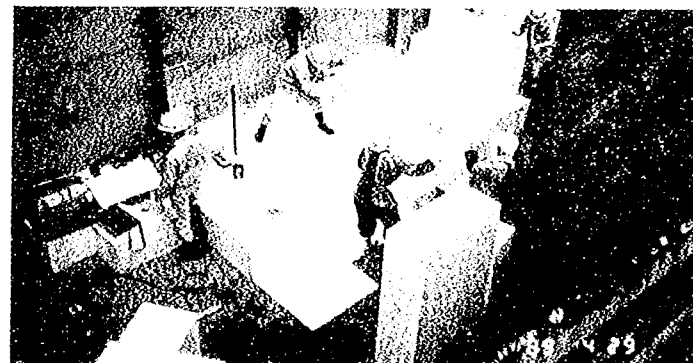
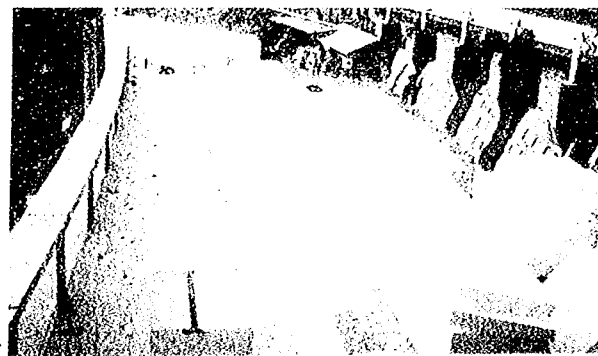
参考文献

- 岩崎 忠光 : 道路拡幅のためのEPS 工法による土留壁の施工例, 土木技術, Vol.45, No.2, PP.125~132, 1990

設計図



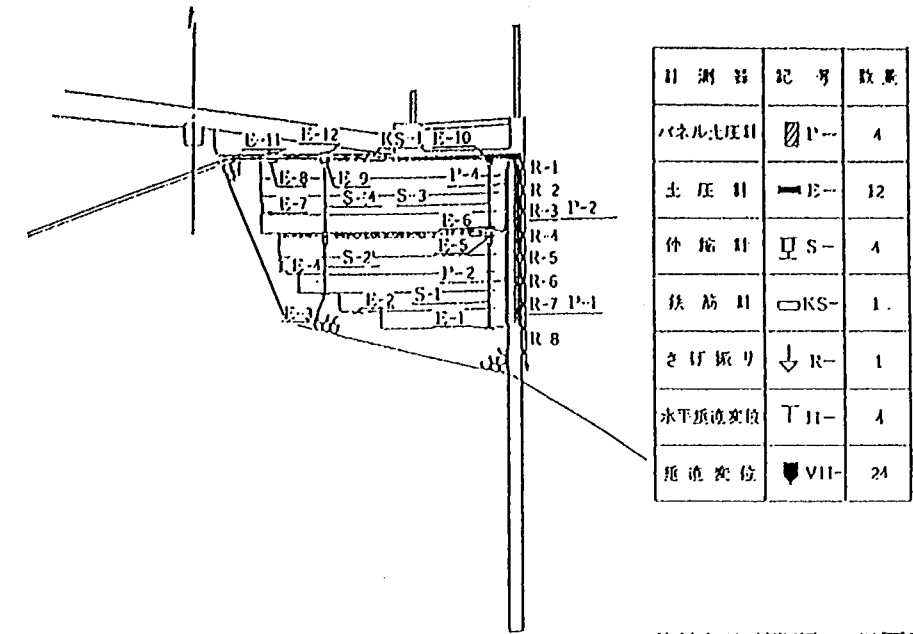
施工状況



動態観測

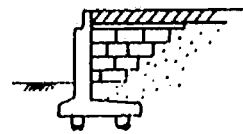
当施工箇所の近傍において、同規模のEPS 直立壁の施工がされており、そこでの動態観測について示す。

下図に示す観測機器を設置して、施工中から施工後の経時的な動態観測をするとともに、ダンプトラックによる載荷試験を実施した。



動態観測機器の配置図

- 鉛直応力 …………… 舗装、路床土の重量が大きいので、EPS の車道側に応力が集中している。
- EPS の圧縮量 ……… 4～5 mm程度の圧縮量であり、計算値と良く一致している。
- 裏込め土の土圧 …… 負の値を示したが、実際にも非常に小さいと考えられる。
- 壁面に作用する …… 鉛直土圧の 1/3～1/10程度であり、値としては 0.2 t/m²以下でかなり小さい。
水平土圧
- 輪荷重載荷試験 …… コンクリート床版の応力分散効果が発揮されたためか、上面に比べて下面では小さくなっている。

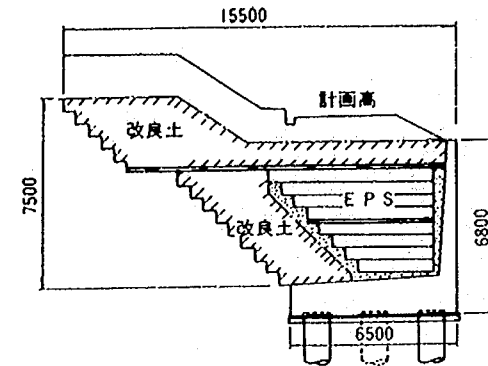


工法採用の経緯

バイパスランプ部のL型擁壁裏込め部施工中に擁壁が前面に最大50mm変位した。この対策として裏込め土を撤去し、EPSを裏込め材として用いる土圧低減工法として適用された。

標準断面

●EPS施工断面



設計・施工フロー

擁壁の変状の原因を以下の4種類について推察したところ、地盤の支持力不足によるものと判断した。

- ① コンクリートの強度不足
- ② 杭下端のD層の圧密沈下
- ③ 杭の施工不良
- ④ 地盤の支持力不足 → 原因

擁壁の形状はL型擁壁(h=6.8m)であり、基礎は場所打ち杭φ1,000, ℓ=13.0mである。対策工としては、セメントミルク等の注入による杭周辺の地盤改良工法と軽量盛土工法を比較した結果、経済性および工期短縮の面で有利なEPS工法を採用した。

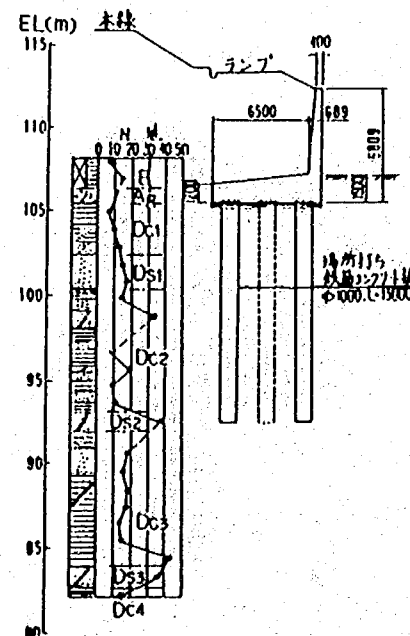
BPSの天端高さは、地下埋設物が布設されることを考慮して決定した。また、鉄筋コンクリート床版は、上載荷重の分散を考慮して計画した。BPSの背面土圧は壁面に作用しないように地盤改良(セメント)を行った。(円弧すべりによるFs>1となるような強度とした。)

EPS工事内容

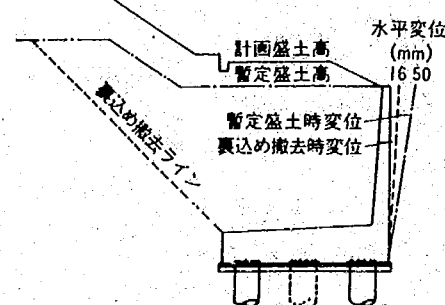
項目	数量	項目	数量
EPS種別	D-20 (20kg/m³)	EPS高さ	4.0 m
BPS数量	225 m³	平均設置幅	5.5 m
延長	12 m	保護工(カリング工)	鉄筋コンクリート床版(φ6) t=10 cm

地形・地質概要

右図に、示すように、底盤面より下方は、N値10以上の洪積粘土と砂質土の互層になっており、明確な支持地盤が存在しない。
洪積粘性土の一軸圧縮強度 $q_u = 1.4 \sim 3.0 \text{ kgf/cm}^2$ である。



●施工時の水平変位



凡例

- 暫定盛土時(5/22)
(施工開始4日後)
- 暫定盛土時(5/29)
- 背面撤去時(6/1)

擁壁断面

裏込め土施工時の水平変位

関連工事概要

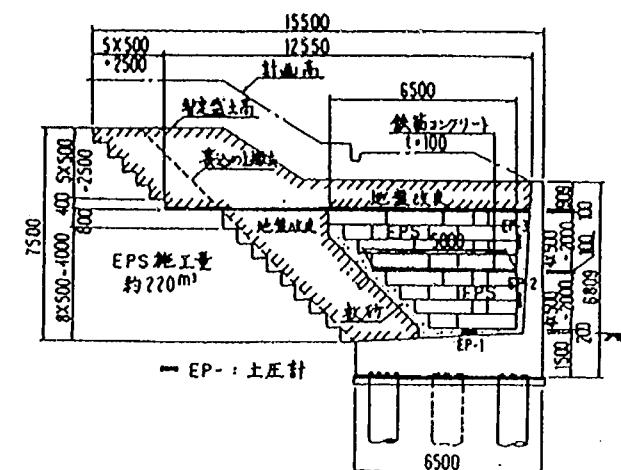
施工基面工	敷砂(20~30)cm, 砕石()cm, その他(調整コンクリート)()cm		
舗装構成	表層()cm	中間層()cm	基層()cm
	上層路盤工()cm	上層路盤工()cm	上層路盤工()cm
	下層路盤工()cm	下層路盤工()cm	下層路盤工()cm
保護壁、被覆土等	保護壁部材	—	
	擁壁構造	L型擁壁(h=6.8m, B=6.5m)	
	被覆土	—	
	その他	BPSの背面および天端はできるだけ土圧を軽減するために、セメントにより改良した。	

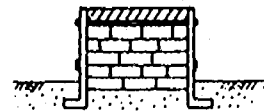
参考文献

- 長谷川, 篠崎, 丸井:
発泡スチロールによる擁壁背面の土圧軽減工法について、第23回土質工学研究発表会論文集,
PP. 1989 ~1990, 1988

設 計 図

動 態 観 測

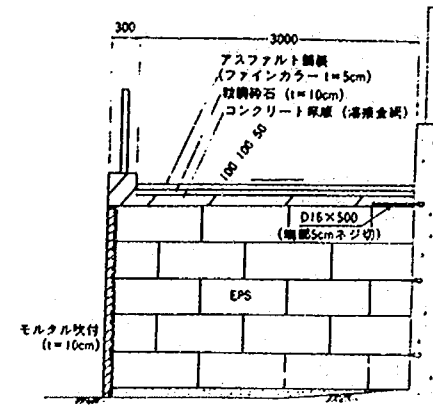




工法採用の経緯

河川護岸背面の急傾斜通路を整備するにあたり、在来護岸に土圧を作用させず、かつ限られた用地内で高上げ施工が可能なEPS工法が採用された。

標準断面



設計・施工フロー

① EPS 材

1) 形状寸法

1.82 × 0.91 × 0.40m の直方体（ブロック）を標準品とし、端部等についての調整が必要な箇所は現場加工（切断）とする。

2) 圧縮強度

ブロックの平均圧縮強度は1 kgf/cm²以上とする。

② EPS 保護材

保護材はEPS 盛土を保護し、EPS 材の軽量性、自立性、施工性を有効に生かし、かつ一体構造物として、その機能を発揮させる材料でなければならない。

保護材は、モルタル吹付およびコンクリート張りの2案で考えたが、コンクリート張りの場合は現場での鉄筋・型枠、型枠組立時の反力の問題および現場打ちによる時間の問題から不利な点が多いため、モルタル吹付による保護材で設計を行った。

モルタル吹付の場合の組み合わせは次のとおりである。

・土木シート …… 溶接金網 …… ウェブラス …… モルタル吹付(10 cm)

③ コンクリート床版

EPS ブロック盛土天端にかかる上載荷重の応力分散、有害浸透物からの防護、ブロックの一体化、積立面の不陸、不整の修正等の目的で設けた。なお、補強筋には溶接金網（φ6.0 × 150 × 150）を用いている（床版厚さの1/2の位置）。

④ アンカー

アンカー位置は最上段、2段目、4段目とし、既設護岸側はコンクリートアンカーにより固定する。また保護材側は、擁面に溝形鋼（75×40×5）を配置させボルトにより固定する。

EPS 工事内容

項目	数量	項目	数量
EPS種別	D-20 (20kg / m ³)	EPS高 さ	0.4 m ~ 2.0 m
EPS数量	284 m ³	平均設置幅	3.2 m
延長	57.3m	保護工 (カーリング工)	鉄筋コンクリート床版 t=10 cm (溶接金網 φ6 × 150 × 150)

地形・地質概要

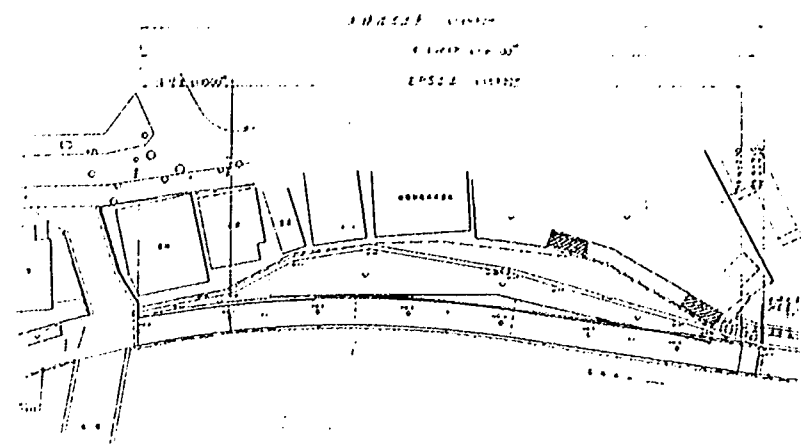
工法採用の経緯の所で述べた通り。

関連工事概要

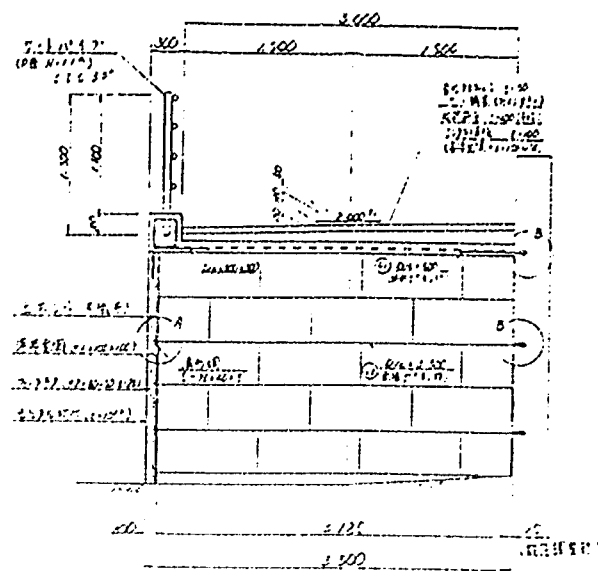
施工基面工	敷砂 (0~25) cm, 碎石 () cm, その他 (段切り) () cm		
舗装構成	表層 (5) cm	中間層 () cm	基層 () cm
	上層路盤工 () cm	上層路盤工 () cm	上層路盤工 () cm
	下層路盤工 () cm	下層路盤工 () cm	下層路盤工 () cm
保護壁、被覆土等	保護壁部材	モルタル吹付 (t=10cm), ウェブラス (φ2 × 50 × 50, t=25), 溶接金網 (φ6 × 100 × 100), 土木シート (不織布) ……	
	擁壁構造	L型擁壁 (h=6.8m, B=6.5m)	
	被覆土	—	
	その他	コンクリートアンカー (D16×3, 300)	

参考文献

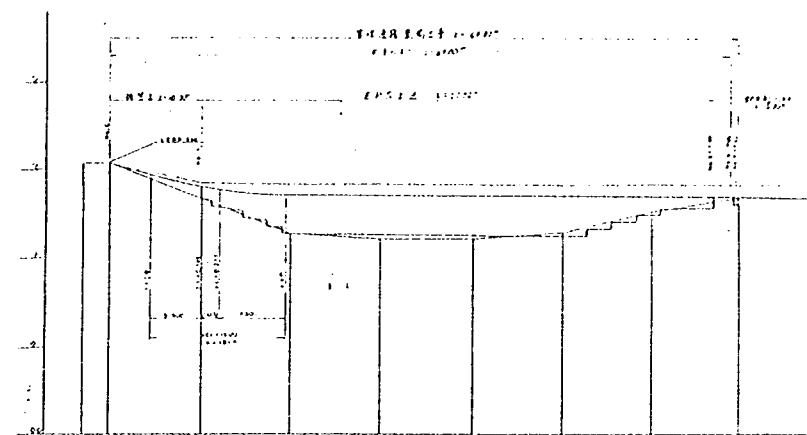
設計図



平面図



標準横断面図

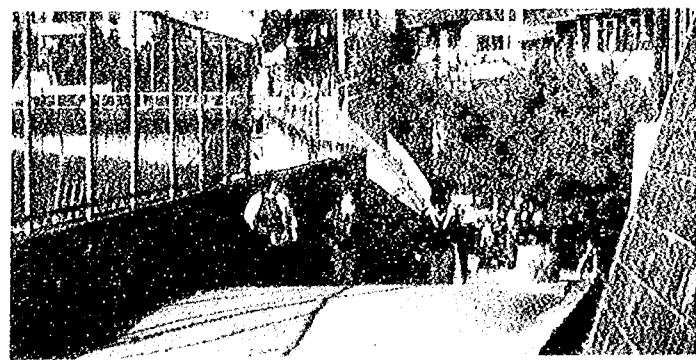


縦断面図

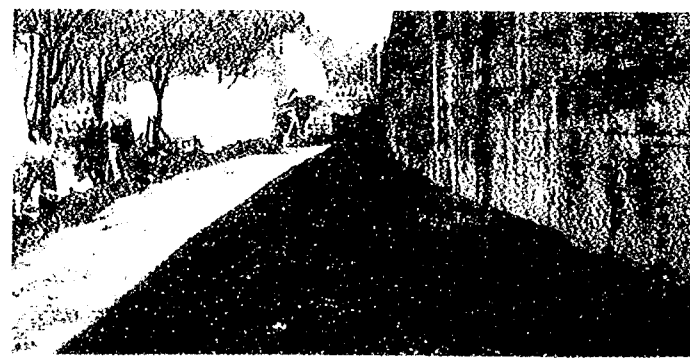
動態観測

特になし

施工状況



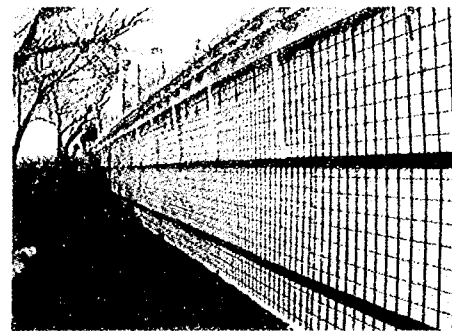
▲施工前の急傾斜通路



▲施工基面工



▲曲線部のEPS設置



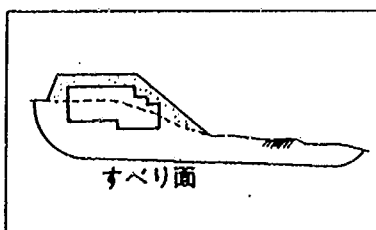
▲モルタル吹付面の配筋



▲コンクリート床版の打設

道路改良盛土

(地すべり地)

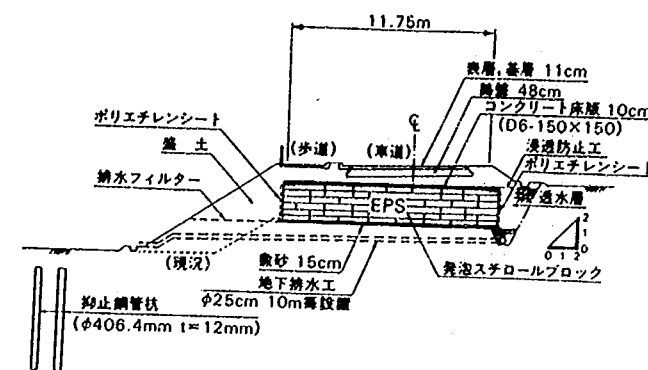


工法採用の経緯

当地区は、山裾から海岸線まで棚田が連続する棚田性の地すべり地形である。

このような地形での道路改良にあって、景観保護のため盛土形式としたが、盛土が土塊の重量バランスを崩し、地すべりを誘発することが予想されたため、工法検討の結果、地すべり対策として従来の抑止工法より脱却した、超軽量盛土材（発泡スチロール）を使用するEPS工法を採用した。

標準断面



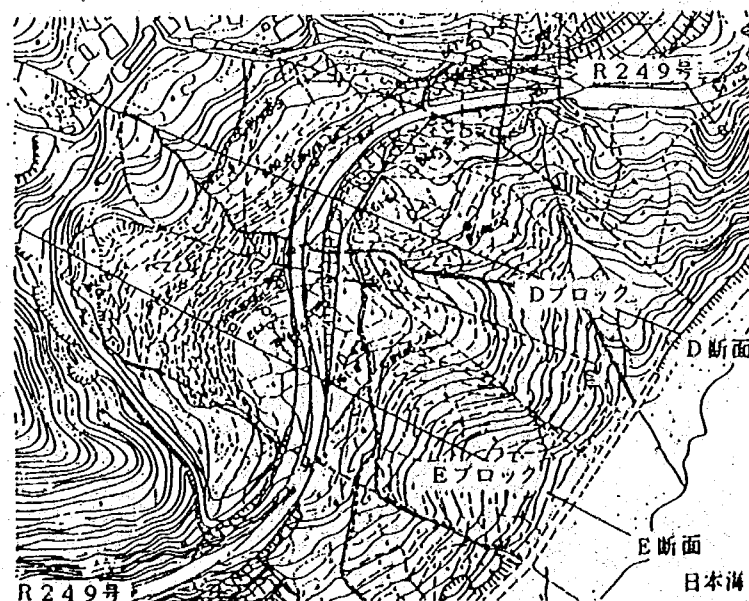
EPS工事内容

項目	数量	項目	数量
EPS種別	D-20 (20kg / m³)	EPS高さ	2.4 m ~ 2.8 m
EPS数量	4,740 m³	平均設置幅	11.75 m
延長	139 m	保護工 (ガーリング工)	コンクリート床版 t=10 cm ポリエチレンシート (t=0.15mm) (D6-150×150)

地形・地質概要

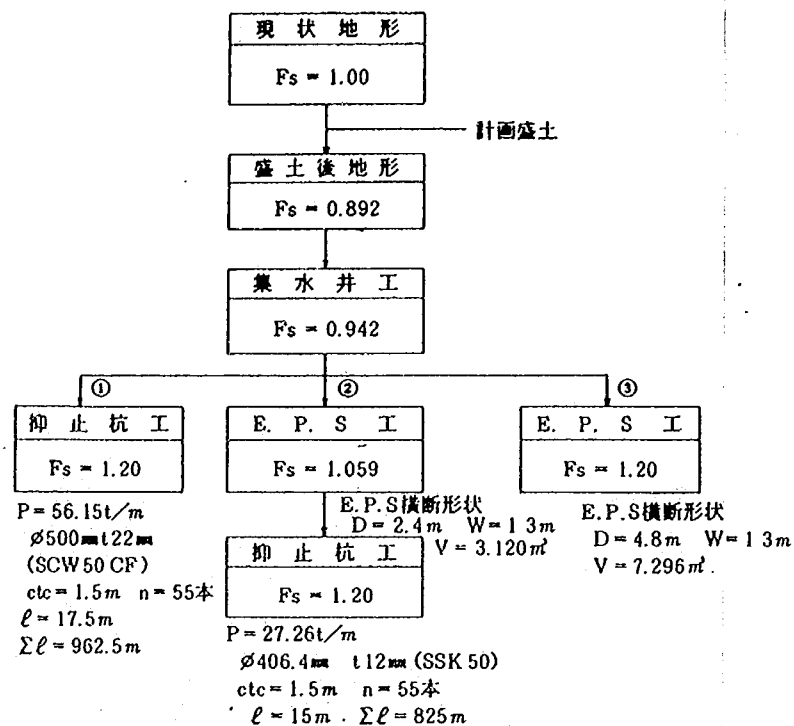
当地区の地すべりは、調査時点で辛うじて平衡状態を保っていると考えられる。

地すべりの発生機構としては、棚田状の地形から考慮すると、一つの大きな地すべりが滑動しているのではなく、小規模な浅い地すべりが集合していると考えられる。地すべり層厚は約8mであり、礫混じり粘土状を呈する崩積土下面にすべり面が存在すると考えられる。

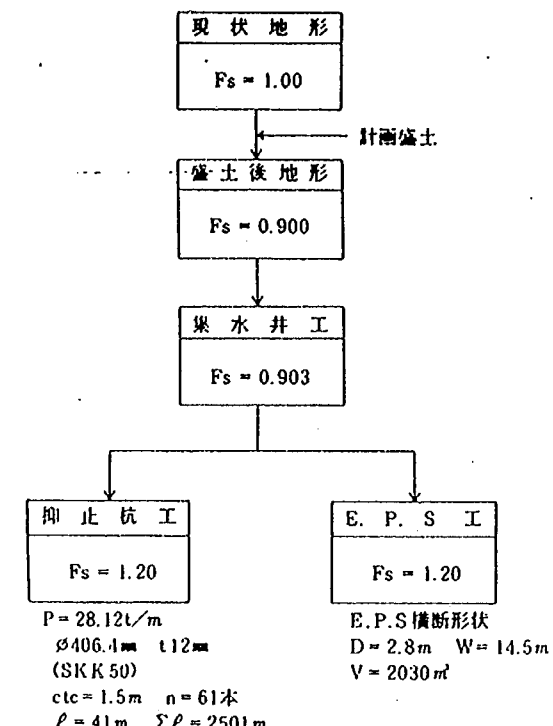


地すべり調査平面図

設計・施工フロー



対策工検討流れ図 (Dブロック)



対策工検討流れ図 (Eブロック)

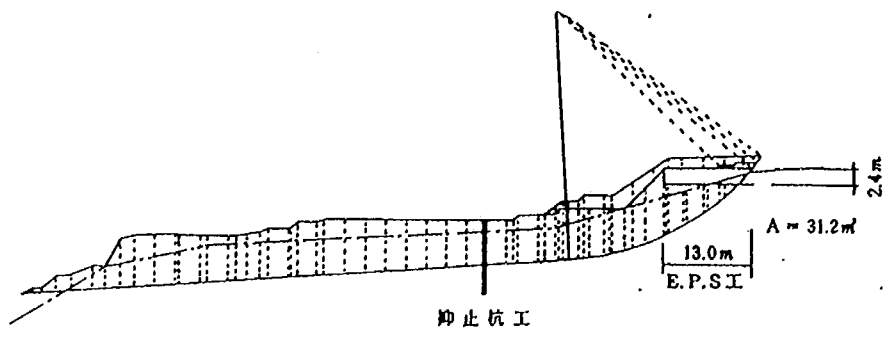
関連工事概要

施工基面工	敷砂 (15) cm, 碎石 (-) cm, その他 (段切り) (-) cm		
舗装構成	表層 (5) cm	中間層 (1) cm	基層 (5) cm
	上層路盤工 (20) cm	上層路盤工 (-) cm	上層路盤工 (-) cm
	下層路盤工 (28) cm	下層路盤工 (-) cm	下層路盤工 (-) cm
保護壁、被覆土等	保護壁部材	-	
	擁壁構造	-	
	被覆土	-	
	その他	盲排水工 (φ25cm, 10 m ピッチ), 排水フィルター, 透水層の設置 浸透防止工等	

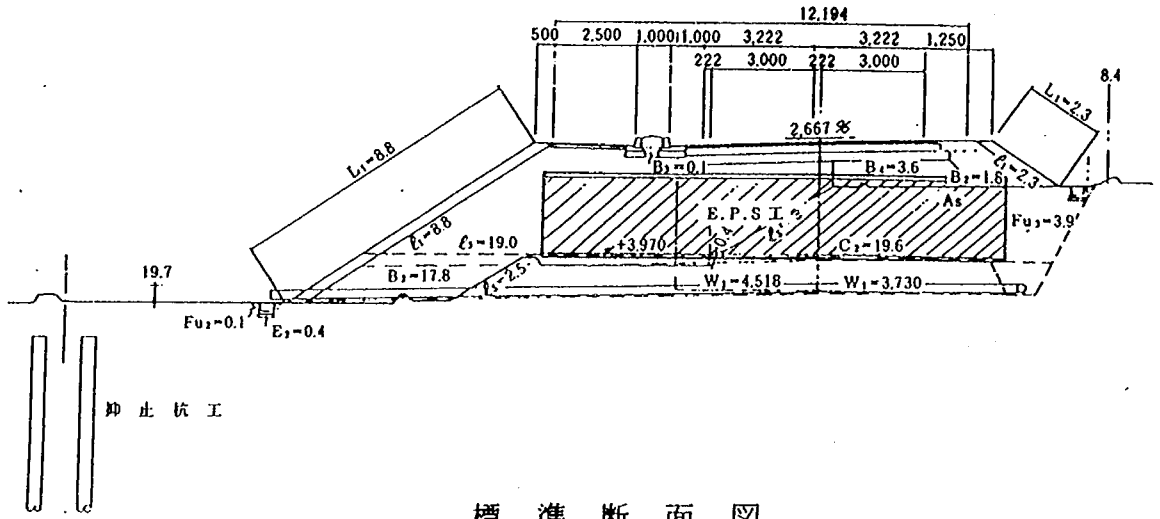
参考文献

- 石川県輪島土木事務所：「千枚田」地区道路改良におけるE.P.S工法の採用について、北陸技報、第44号、1988.7、PP.58～64
- 松田、葛葉、高橋：「名勝・千枚田」地すべり地におけるEPS工法の施工、第18回日本道路会議論文集、PP.93～95

設 計 図

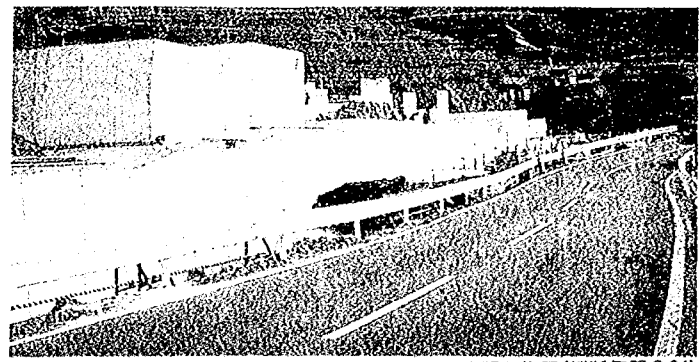


BPS 工+抑止杭工併用案検討断面図

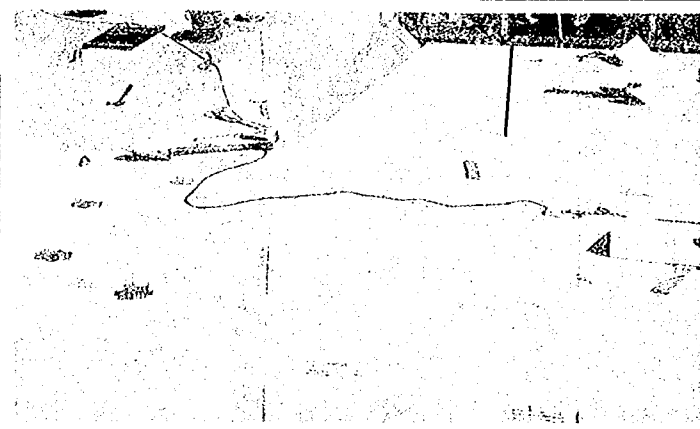


標 準 断 面 図

施 工 状 況



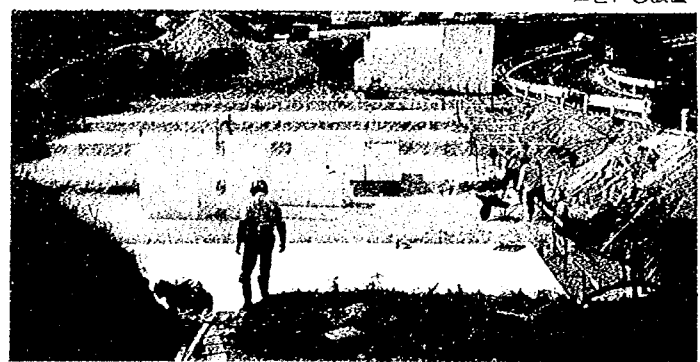
▲コンクリート床版の施工(縦断勾配6%)



▲EPS設置



▲工事場所全景



▲階段状の施工基面

動 態 観 測

発泡スチロールを用いた軽量盛土
の設計・施工マニュアル

ISSN 0386-5878
土木研究所資料 第 3089 号
平成 4 年 3 月 (1992)

機械施工部	部 長	久楽勝行
機械施工部土質研究室	室 長	三木博史
	研究員	青山憲明
機械施工部動土質研究室	室 長	古賀泰之
	研究員	古関潤一

要 旨

本マニュアルは、盛土用新材料として注目されている発泡スチロールを軟弱地盤や地すべり地での盛土、橋台や擁壁の裏込めに利用するための設計、施工法の技術的な標準を示したものである。

キーワード：軽量盛土，発泡スチロール，軟弱地盤対策，地すべり対策，作用土圧低減



郵便はがき

305-□□

四十一円切
手をはって
下さい

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

土質研究室御中

No. 2

No. 2

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料 第 3089 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印