

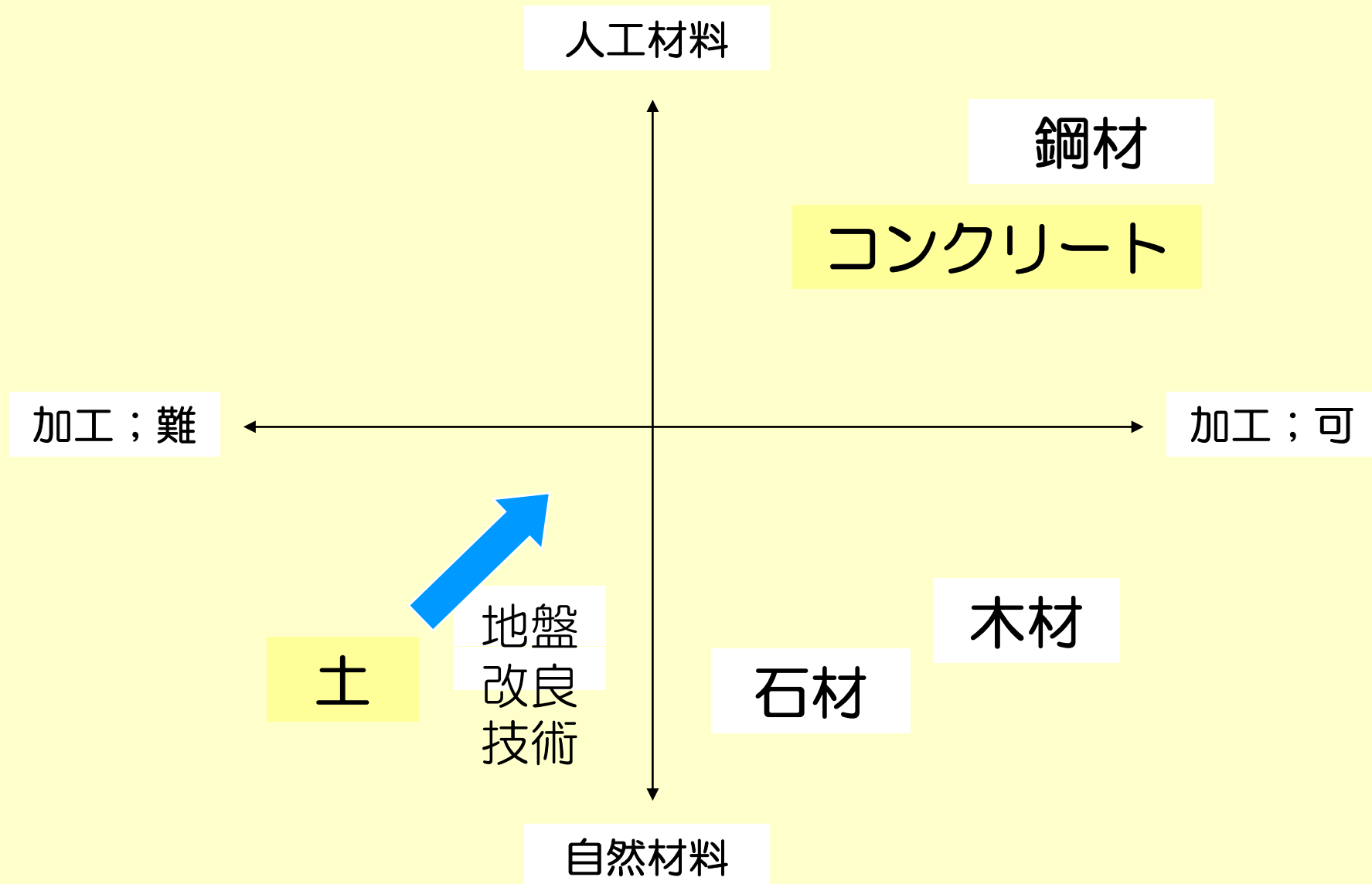
地盤技術の 新たな展開に向けて

九州大学

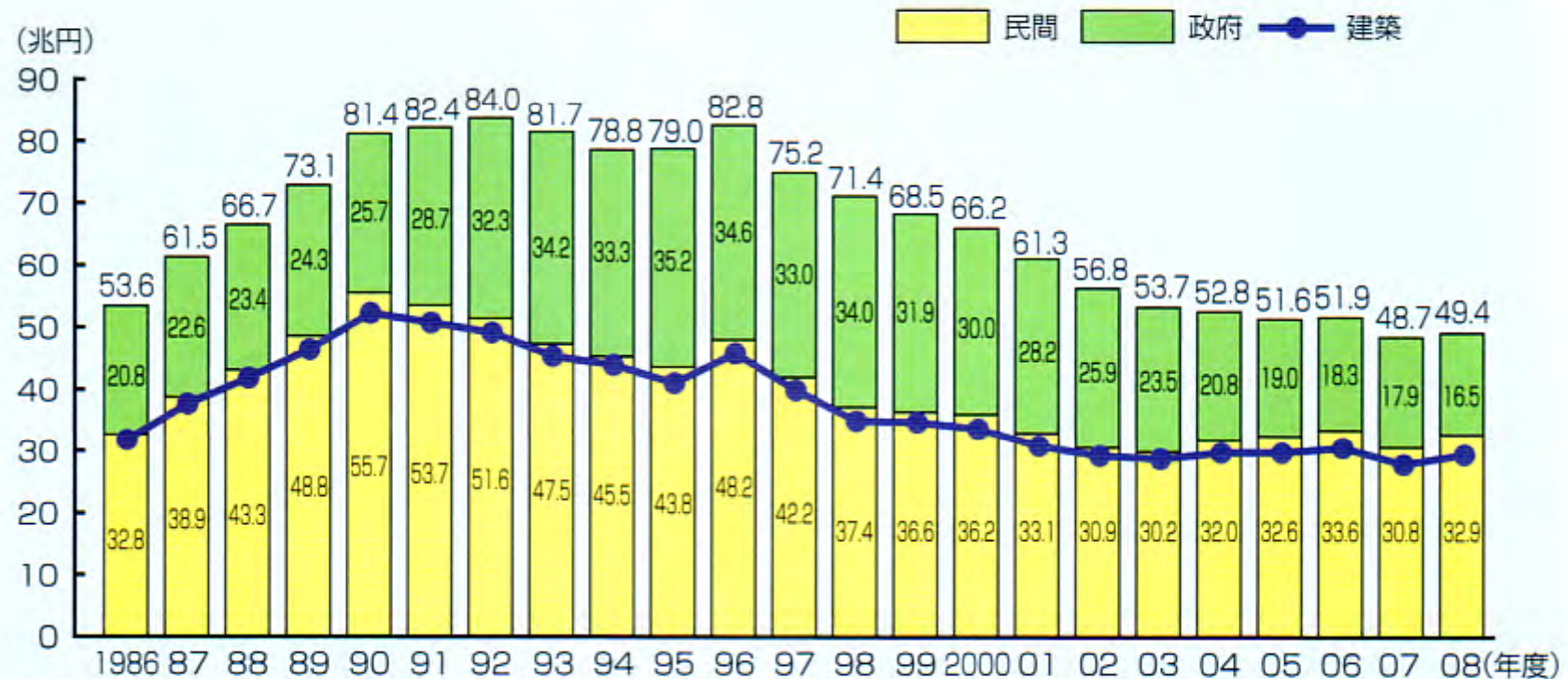
総長特別顧問・副学長

落 合 英 俊

主な建設材料



建設投資の推移

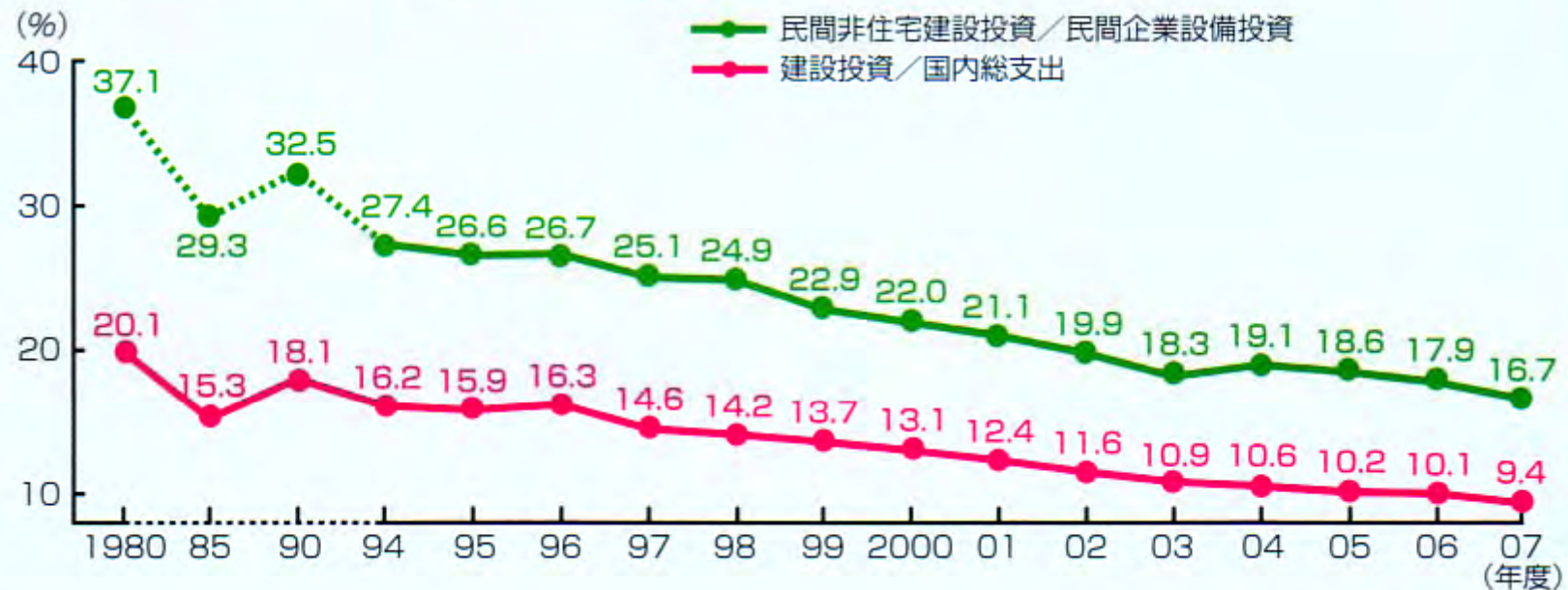


(注) 06、07年度は見込み値、08年度は見通し値。

資料出所：国土交通省(2008年6月発表)

建設投資は90年度までの5年間に民間投資を中心に急拡大し、バブル経済崩壊に伴い民間投資が減少に転じた後も政府投資の下支えにより92年度(84兆円)まで増加を続けた。その後、93～96年度は80兆円前後を維持していたが、97年度以降は民間投資の一層の冷え込みと公共事業削減により一貫して減少。07年度は22年ぶりに50兆円を下回った。08年度は若干の回復と見通されている。

建設投資比率の推移

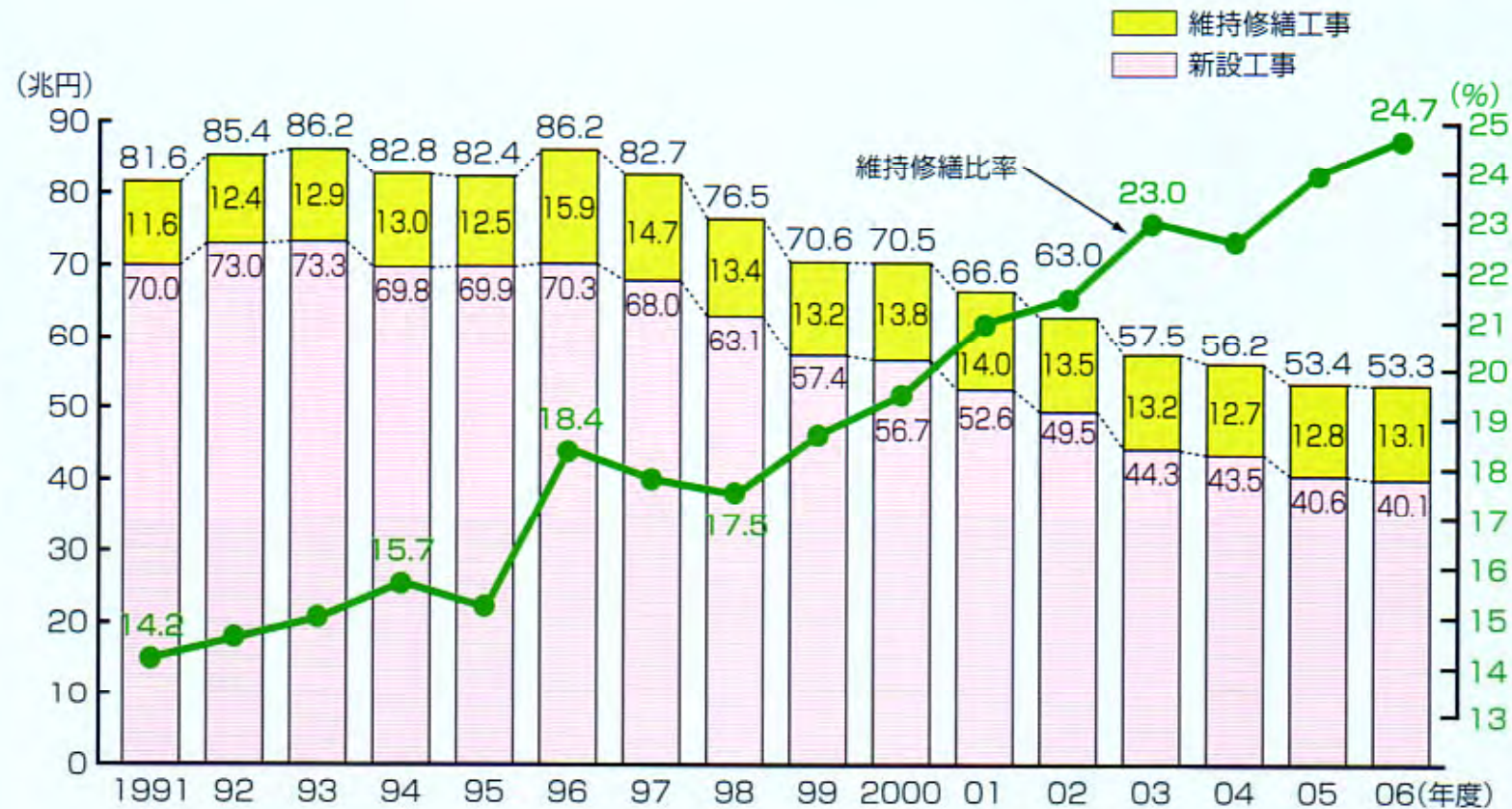


資料出所：内閣府、国土交通省

国内総支出に占める建設投資の割合は依然として低下傾向にある。

民間企業設備投資に占める民間非住宅建設投資の割合も低下が続いていたが、04年度は景気拡大に伴い製造業、非製造業ともに工場、店舗、倉庫、事務所等の上屋（建築物）への投資を増加させたことにより上昇に転じた。しかしながら、その後は再び低下傾向にある。

維持修繕工事の推移



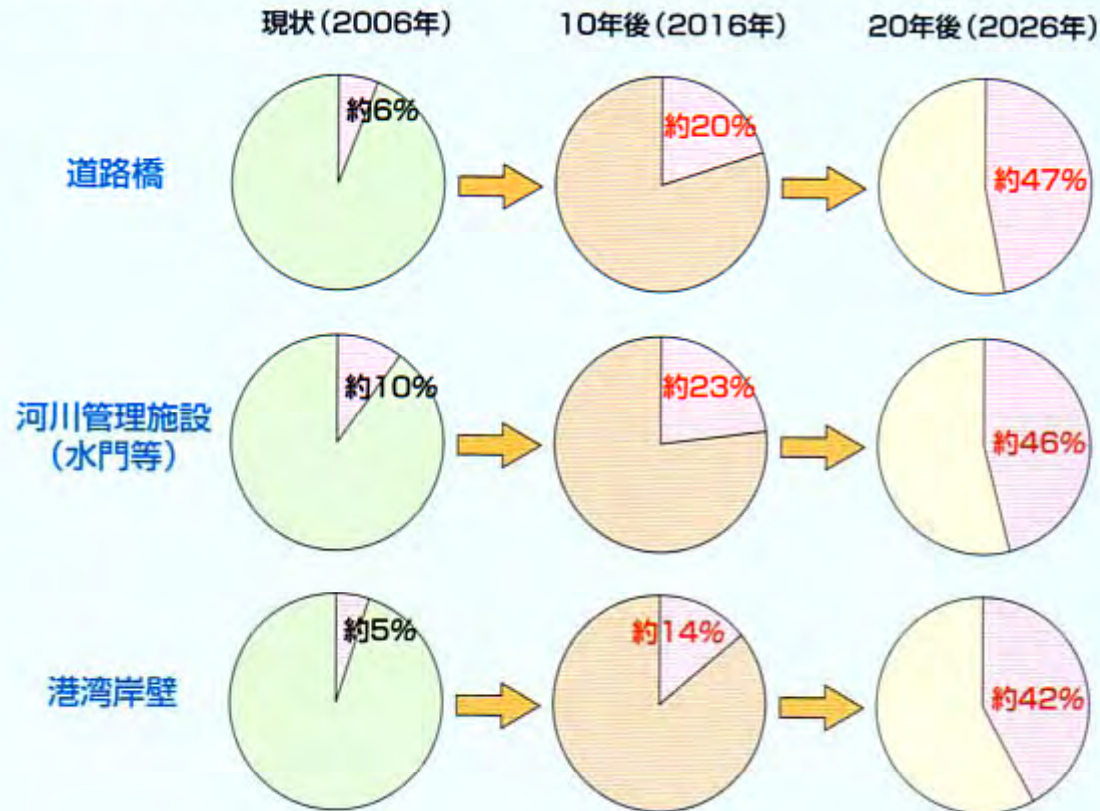
(注) 金額は元請完成工事高。建設投資(前頁)との水準の相違は両者のカバーする範囲の相違等による。

資料出所：国土交通省(建設工事施工統計)

新規の建設需要が停滞する中で、近年、リニューアル(維持修繕工事)市場が注目を集めている。建設マーケット全体に占める割合をみると、90年代前半は10%台半ばで推移していたが、90年代後半以降は上昇傾向にあり、2006年度には24.7%に達した。

増加する維持更新需要

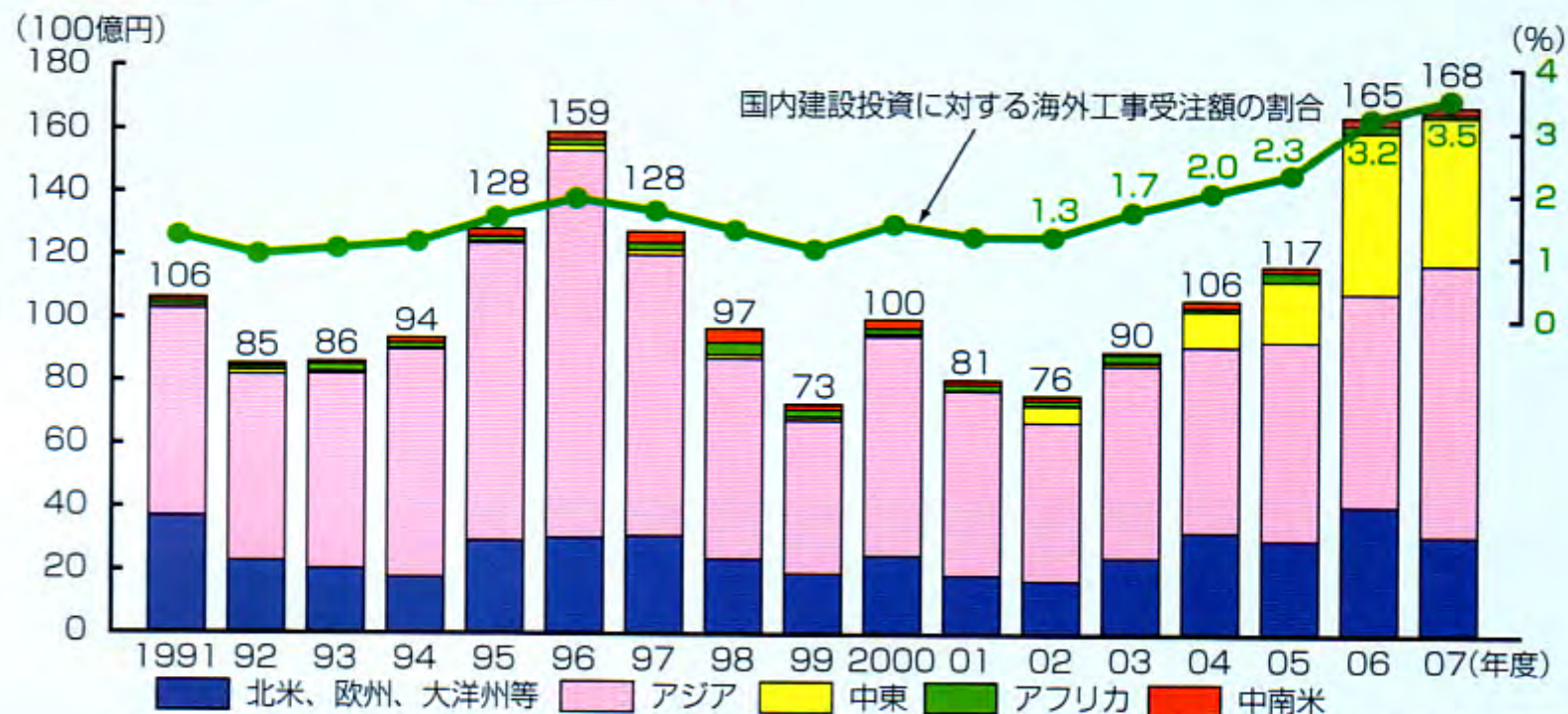
建設後50年経過する社会資本の割合



わが国の社会資本ストックは、その多くが高度経済成長期に整備されたため、今後、建設後50年以上経過する施設が急増する。計画的な維持管理・補修を実施してライフサイクルコストの縮減に努める必要がある。

資料出所：平成19年度国土交通白書

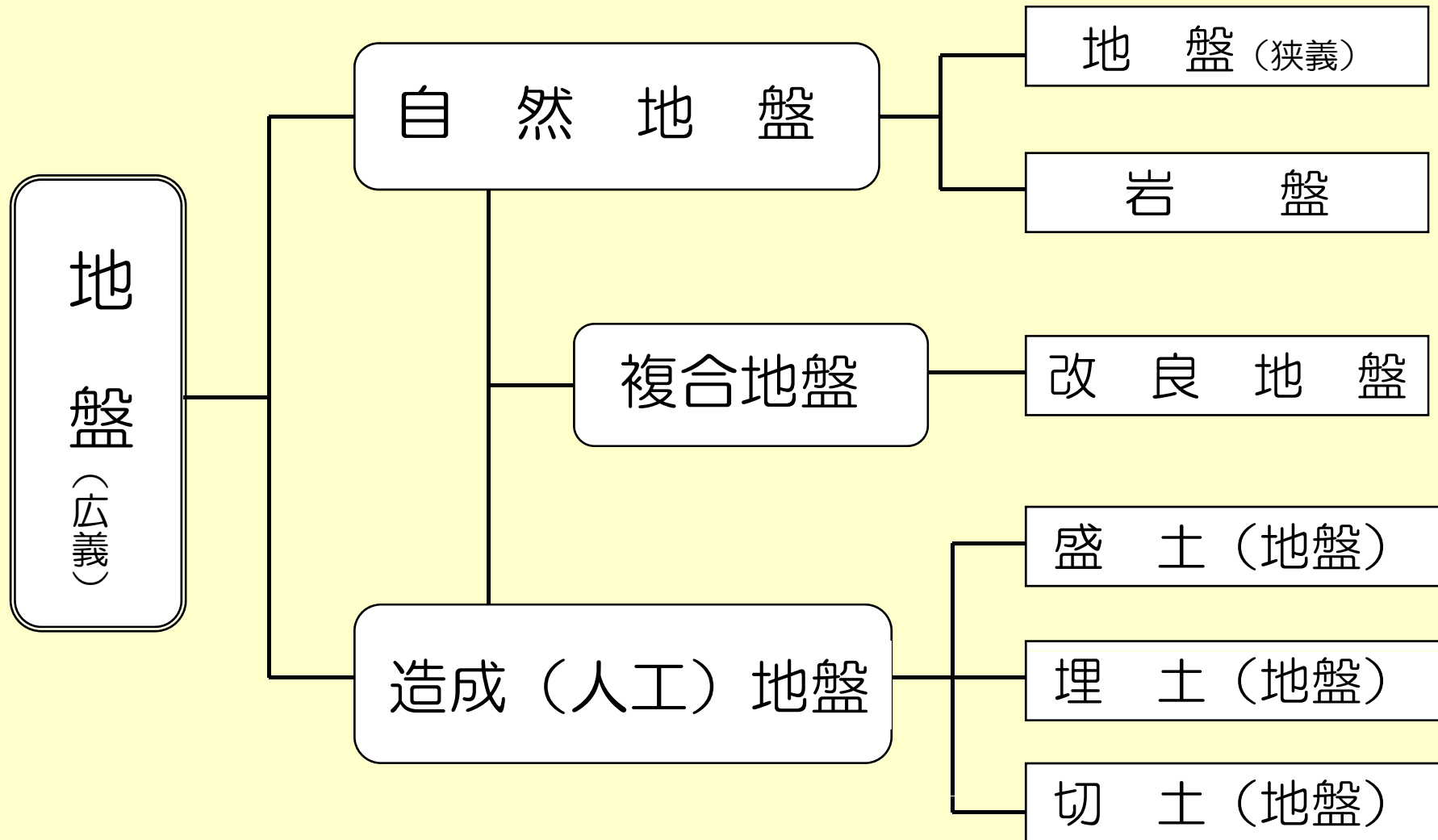
海外工事受注の推移



資料出所：海外建設協会、国土交通省

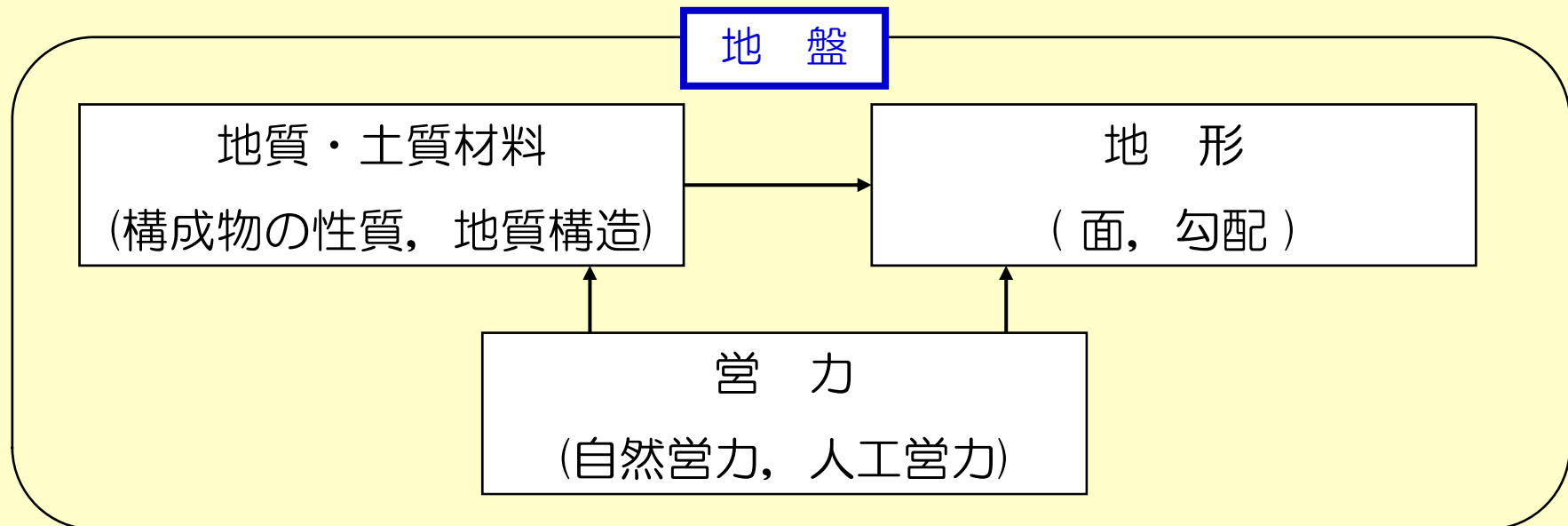
国内市場の縮小、停滞が続く中、活況を呈する海外市場が注目されている。わが国建設業の海外工事受注（現地法人の受注を含む）は03年度以降増加が続いており、07年度にはアジア地域での工事の寄与により前年度を上回り過去最高となった。国内市場規模に対する割合は近年拡大傾向にあり、07年度には3.5%となった。一部企業では受注全体に占める割合が2割を超えるなど大手建設会社にとって海外市場の重要性が増している。

地盤の区分



地盤の要素

- 「もの」としての地質・土質材料
 - ・ 地盤を構成しているものとその構造（構成物の性質と地質構造）
- 「かたち」としての地形
 - ・ 地表部は何らかの特徴をもった形態（地形）をなしている
- 「ちから」としての営力
 - ・ 「もの」の形成に働いた（過去），働いている（現在），働く可能性のある（将来）「ちから」としての営力（自然営力，人工営力）



地盤の特徴

地盤は自然の生成物であるために、**地域に依存した特性**を本質的に有しており、**不確定な要因**を数多く含んでいる。

地盤はもともと**不均質な材料**であり、人工的な地盤改良によって均質な材料にすることも難しく、むしろ、**不均質性を増大**させる場合が多い。

すべての場合に画一的な取り扱いをすることは基本的に避けねばならない。



地域性・不確実性

不確実性への対応：**複数の方法・尺度による判断**

地盤の機能と役割

機 能

荷重支持機能，保水機能，通気機能，浄化機能，
養分の貯蔵機能，緩衝機能 など

役 割

生活・社会基盤施設を整備する場

多様な生物が生存する場

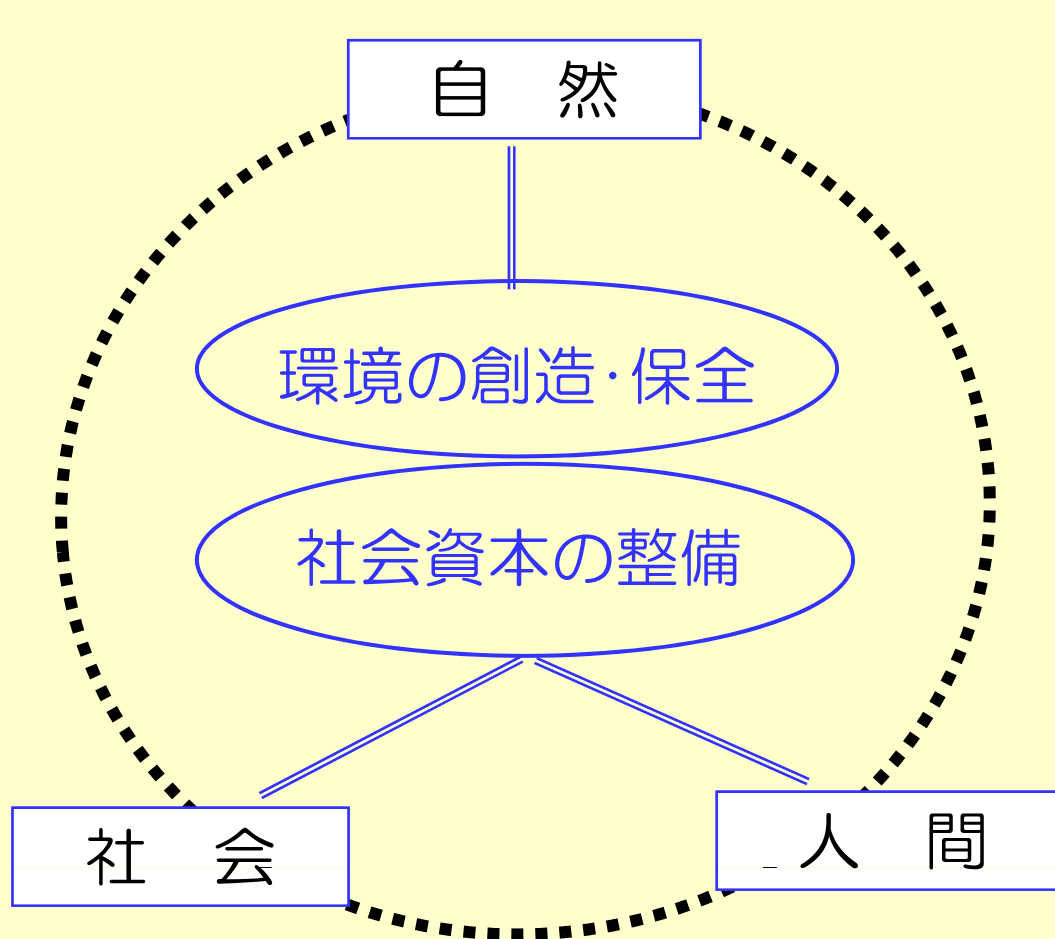
地下水を涵養する場

食糧等を生産する場

廃棄物を受け入れる場 など

土 木 技 術

人，社会，自然の調和と共生

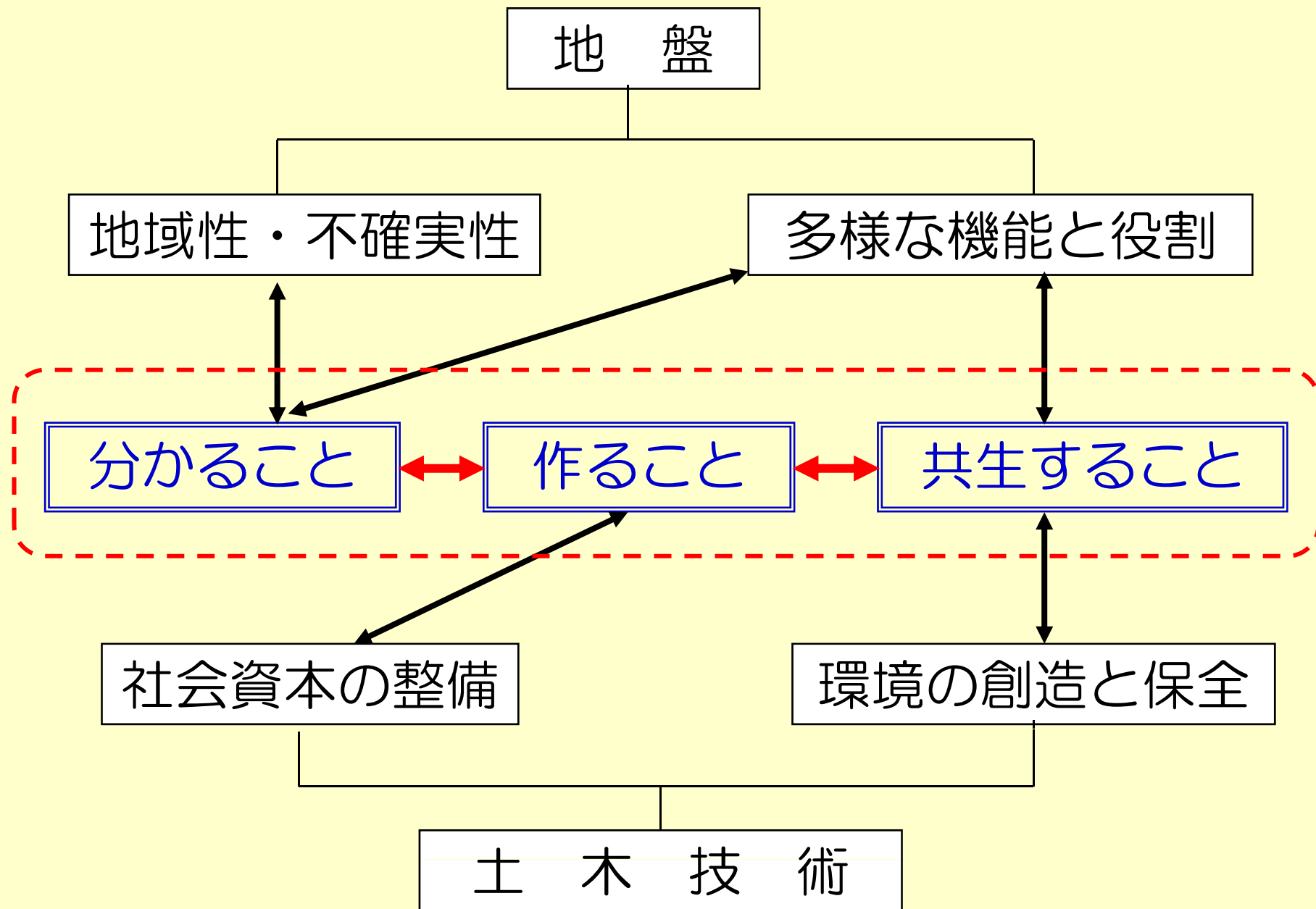


↓

社会資本の整備，
環境の創造と保全

↓

人類社会の持続的
発展に貢献



分ること

- ・地盤（地域性，不確実性）



- ・地盤特性

地盤調査，土質試験



（モデルが合理的で適切であることが基本）

設計：モデル化（定式化）

- ・地盤材料の力学を表現する構成モデル
- ・地盤と構造物を一体化した構造系のモデル
- ・地震時，降雨時，変状時などに地盤が外力として構造物に作用するときのモデル など

作ること

土構造物，基礎，斜面，掘削，土地造成，人工地盤 など

地盤に関わる実務

分かること(調査)と作ること(設計)がかなり乖離

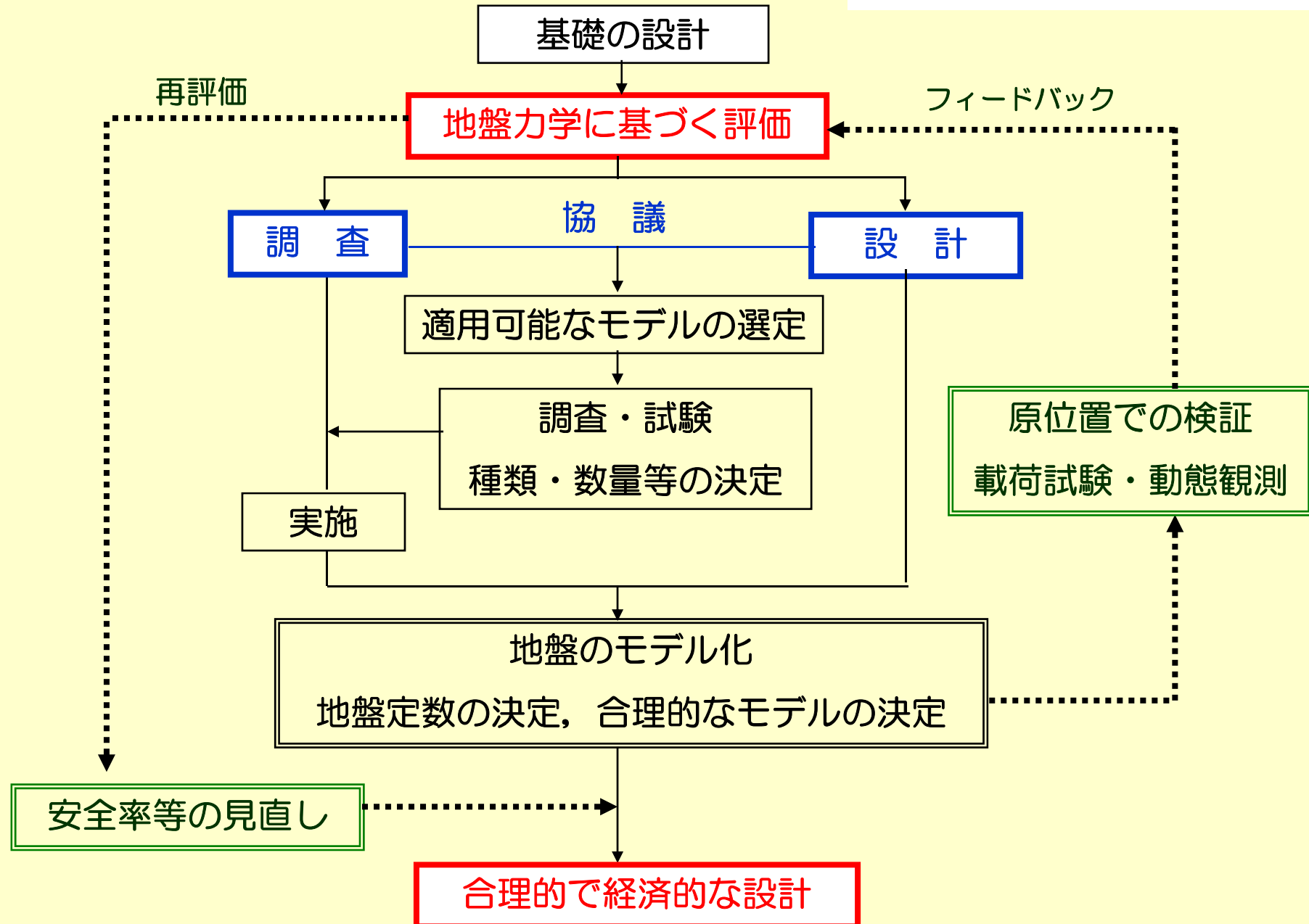
設計の精度や本当の安定性を問題にしなければ、地盤に関わる分野では、分からなくても作ることができる。また、作られたものは力学的に安定していることが多い。

- ・ 地盤特性はばらつきの安全側として評価される
- ・ 地盤の力学的な反応が緩慢である
- ・ 載荷型の場合には時間とともに地盤は安定側に推移する
- ・ 経験的な安全率が用いられている などのため

分かることと作ることの関わり方をよく理解しておけば、より合理的で、より経済的にもものを作ることができる

新北九州空港連絡橋の基礎では、調査と設計が一体として取り扱われ、きわめて合理的で経済的な橋梁基礎が作られた

調査と設計の一体化



◆地盤・基礎工

調査(分かること)と設計(作ること)を一体に

—— 合理的・経済的設計の実施 ——

項目	①岩盤に支持		②N値法(中間層に支持)		③c'、 ϕ' 法(中間層に支持)	
	内 訳	費用(百万円)	内 訳	費用(百万円)	内 訳	費用(百万円)
調査・試験費	ボーリング調査	2,898m (各ピア2本)	188	2,898m (各ピア2本)	188	2,217m 140
	サンプリング		0		0	18
	室内土質試験		0		0	50
	孔内水平載荷	③と 同等と仮定	12	③と 同等と仮定	12	12
	実杭の載荷試験	必要なし	0	必要なし	0	2カ所(12P,22P) 破壊まで実施 188
	小 計		200		200	408
施工費	材料および 施工費	平均深度60m 1~24P	28,061		21,195	平均深度30.5m 1~24P 17,400
合 計			28,261		21,395	17,808



河川堤防と 道路盛土の 基礎地盤



軟弱地盤 対策

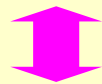


対策工法の考
え方は同じで
よいか

軟弱地盤対策；地盤改良工法

- ・ 地盤を人工的に改良
- ・ 自然の地盤が持っている様々な機能に影響を及ぼす可能性
- ・ 地盤改良の位置，規模等によって，
例えば，地下水の流動阻害に及ぼす影響の
度合いが大きく異なる

- ・ 河川堤防：沿岸にほぼ直角
- ・ 道路盛土：沿岸にほぼ平行



地盤の持っている様々な機能に及ぼす影響が異なる

発想の転換

NATM工法

⇒ 地山の変形（ゆるみ）を許している

壁に働く土圧

- ・ 壁の変位によって作用する土圧は異なる

主働土圧，静止土圧，受働土圧

- ・ 擁壁の設計；主働土圧が作用するとして設計

⇒ 壁(地盤)の変位を許容している

共生すること，のために

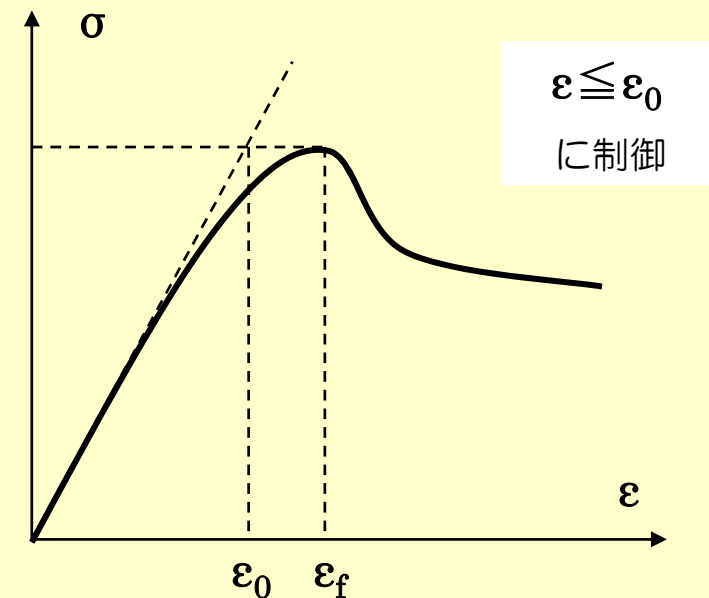
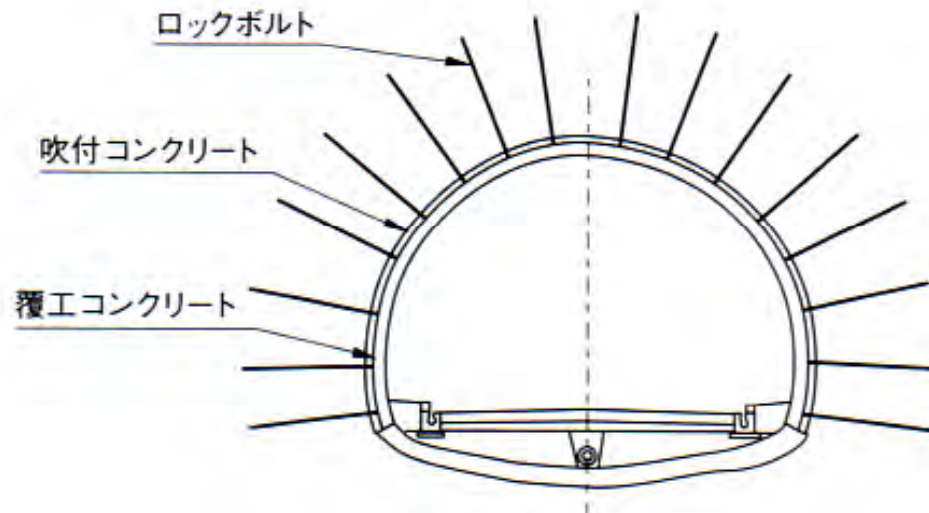
- ・ 地盤の変位を許容する ⇒ 新たな地盤技術，併用技術

NATM工法

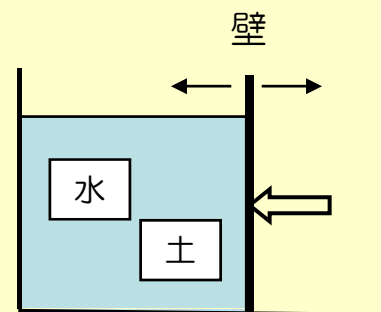
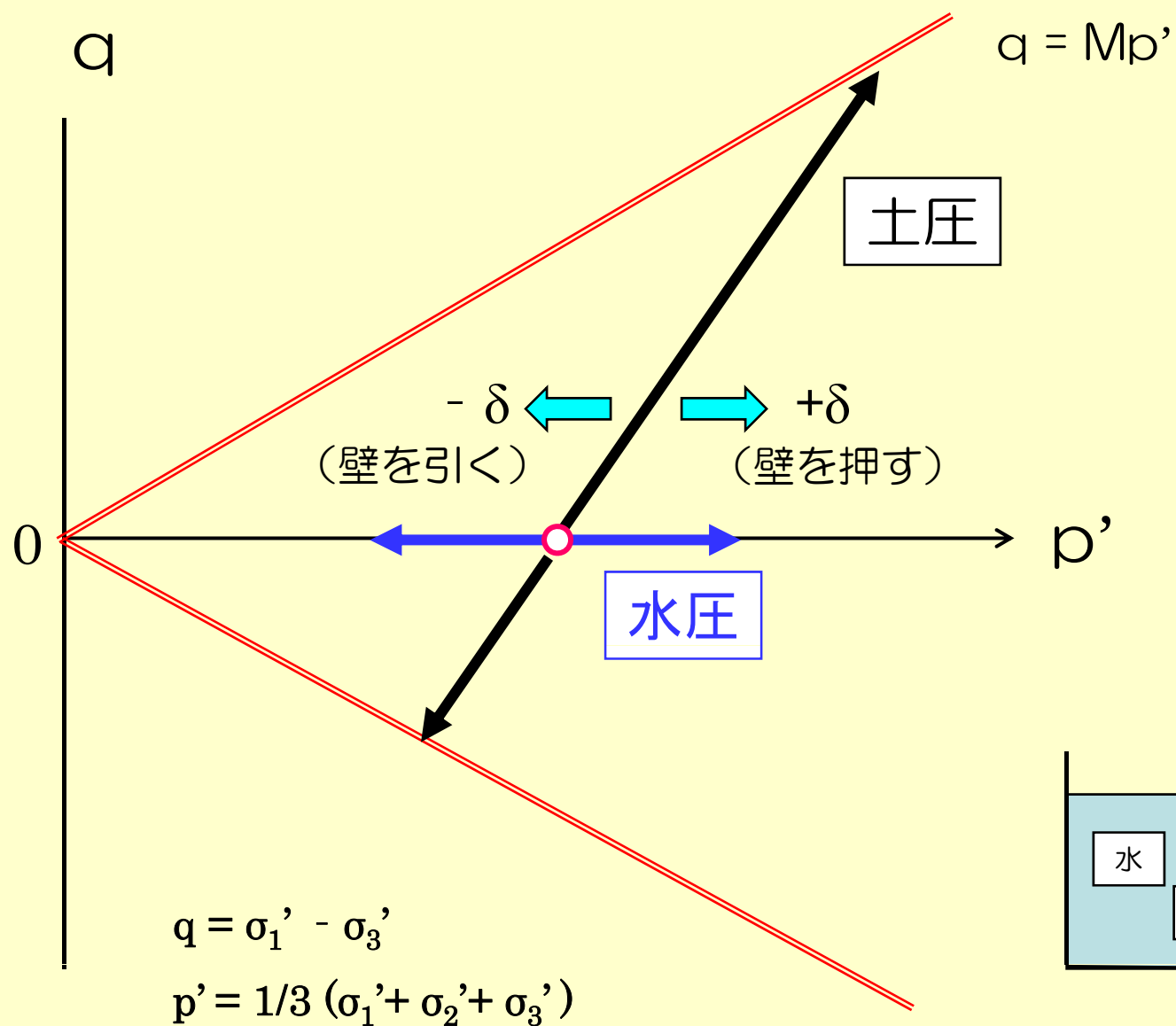
NATMの考え方

安定性の高いトンネルを経済的に建設するための基本は、地山の緩みを適正な範囲にとどめ、トンネルに作用する荷重が過大とならないよう構造的に安定した状態で完成させることにあります。

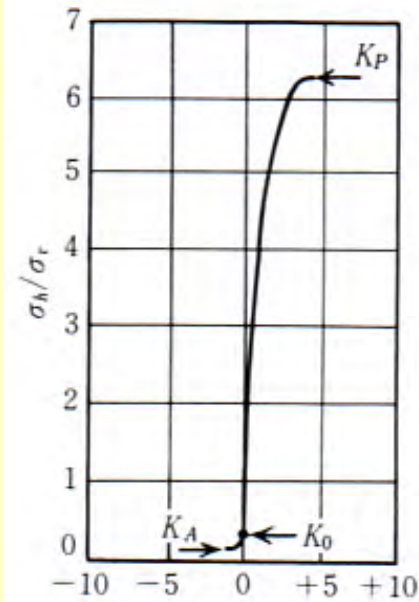
NATMでは、地山が本来持っている力（抵抗力、支持力）を積極的に利用して、支保で構成されるシェルと地山が一体となって、構造物としてのトンネルを形成させます。地山の損傷を小さく抑え、適正な変形を許し、さらに地山の強度を最大限にまで引き出し、利用する支保の考え方がNATMの原点となります。



土圧と水圧の $(p' - q)$ 面での挙動

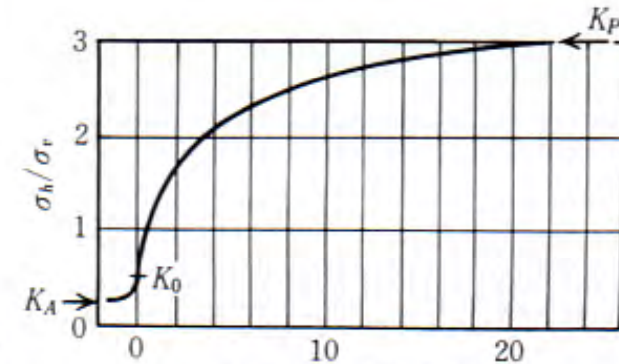


地盤の水平方向変位と土圧の関係

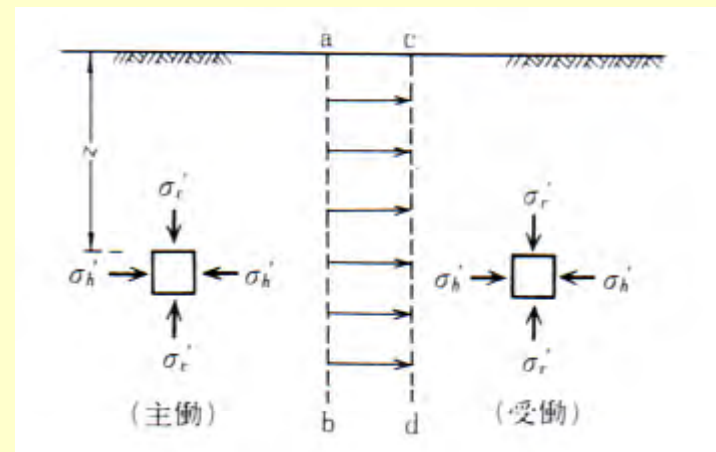
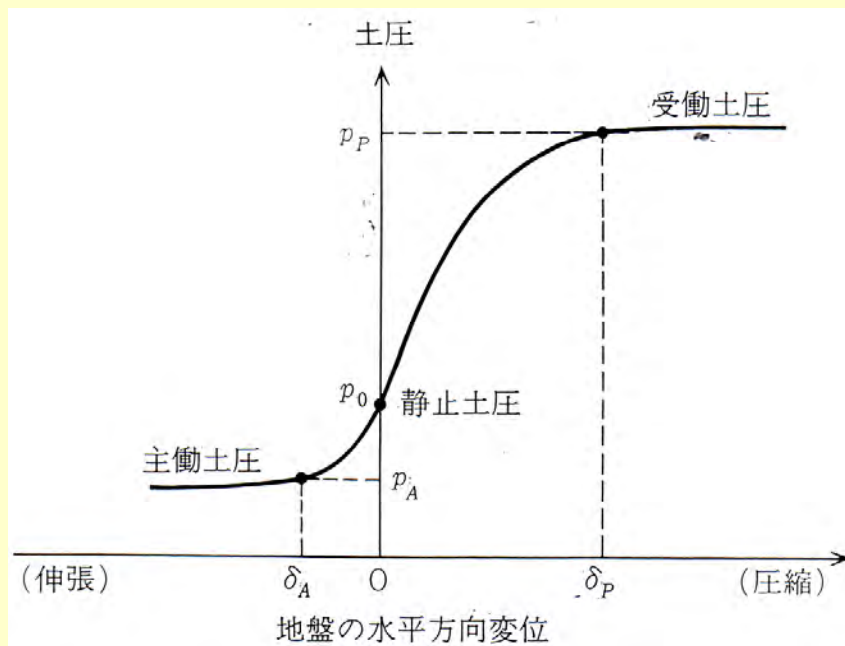


(a) 密な砂

極限状態に達するに
必要な水平方向ひずみ

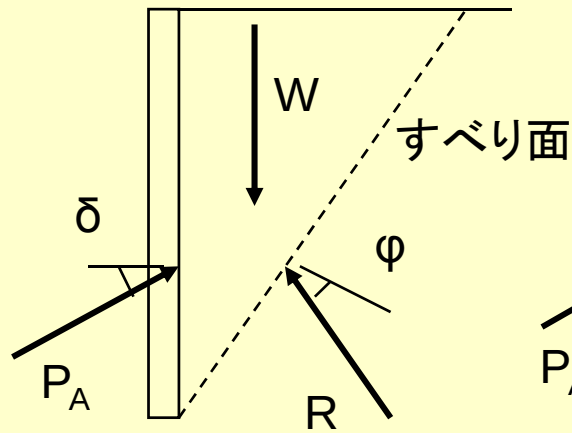


(b) 正規圧密粘土

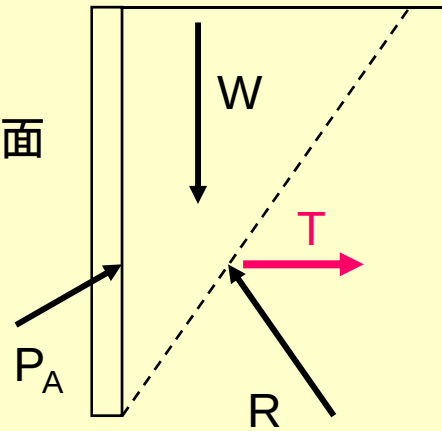


引張，圧縮，せん断補強の効果の比較（土圧の軽減効果を例にして）

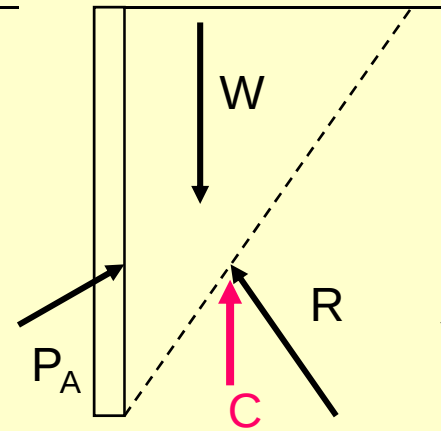
(1) 無補強



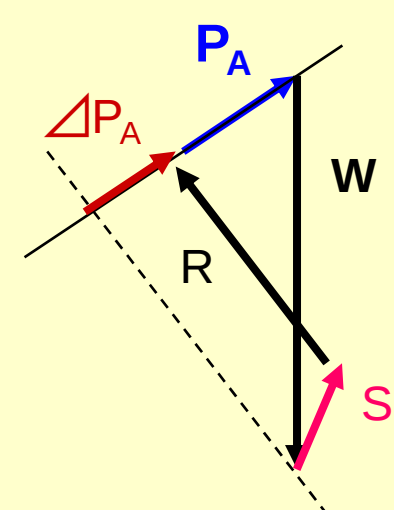
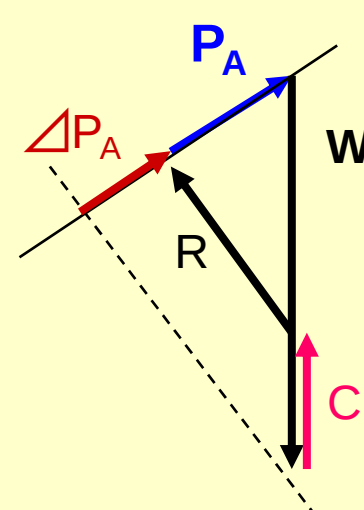
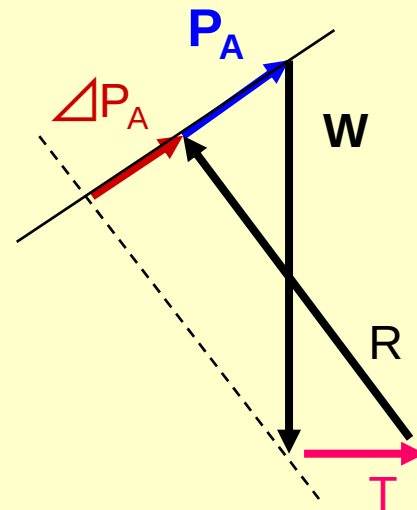
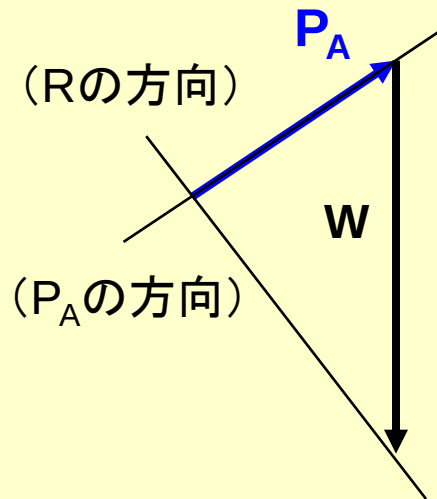
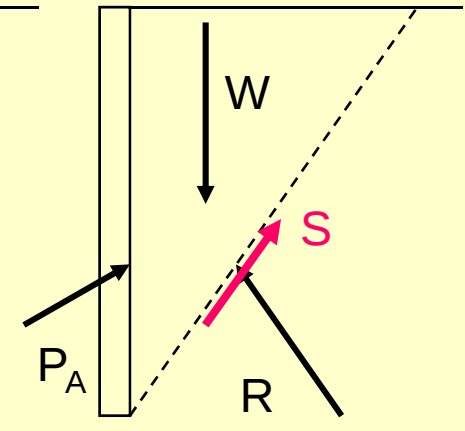
(2) 引張補強



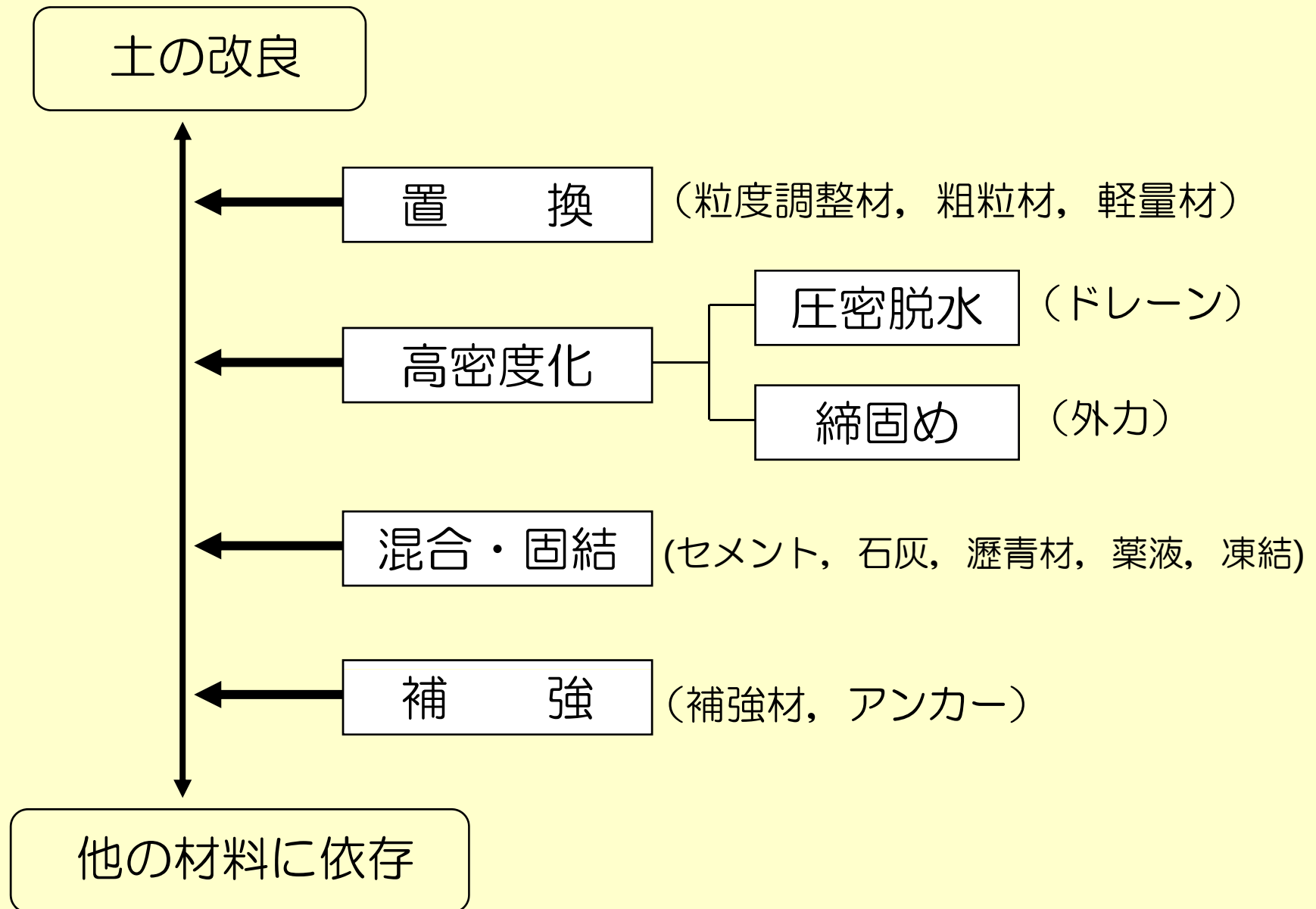
(3) 圧縮補強



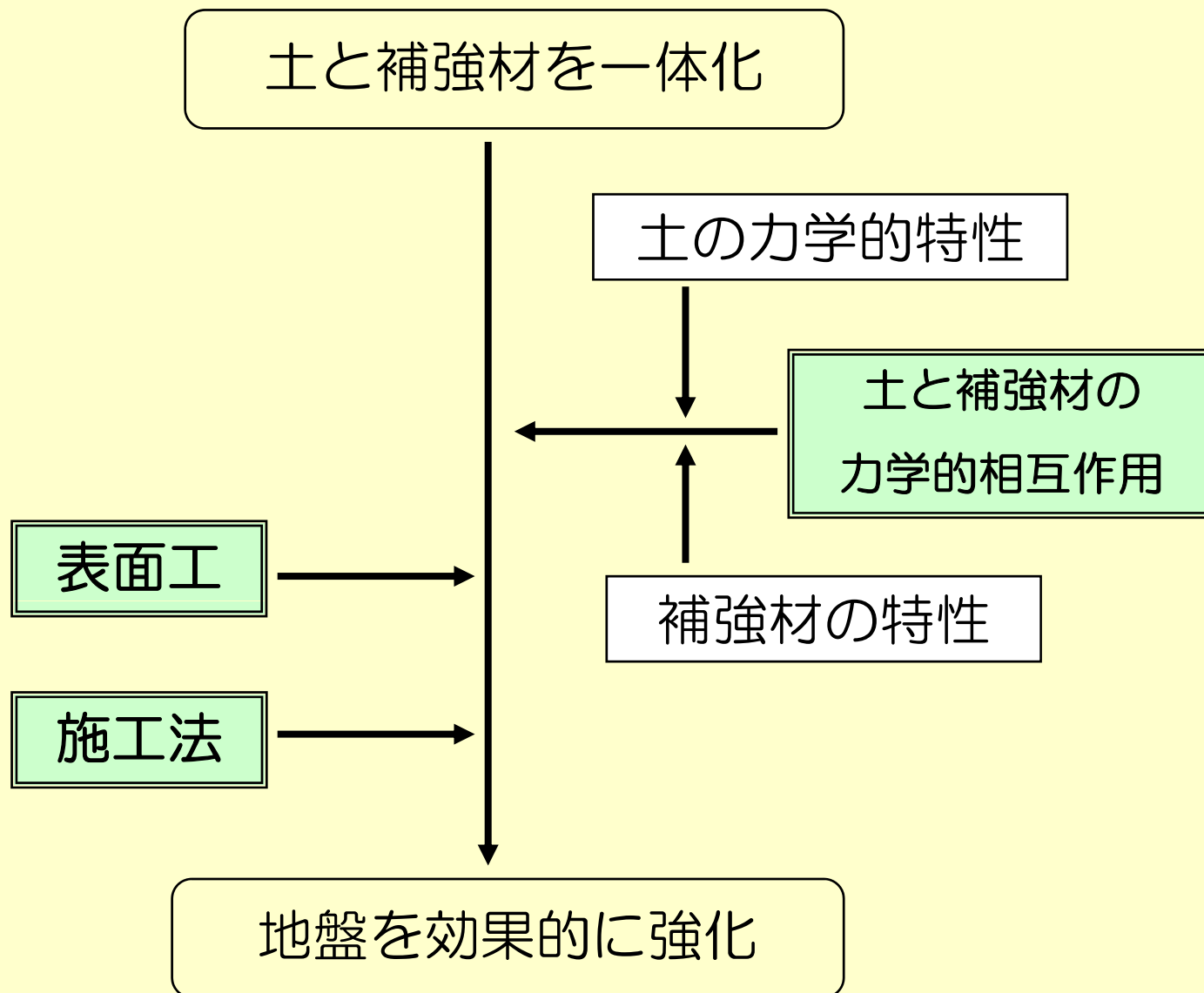
(4) せん断補強



地盤改良の原理



地盤の補強



○ 地盤の力学的安定化と地盤の補強（補強土工法）

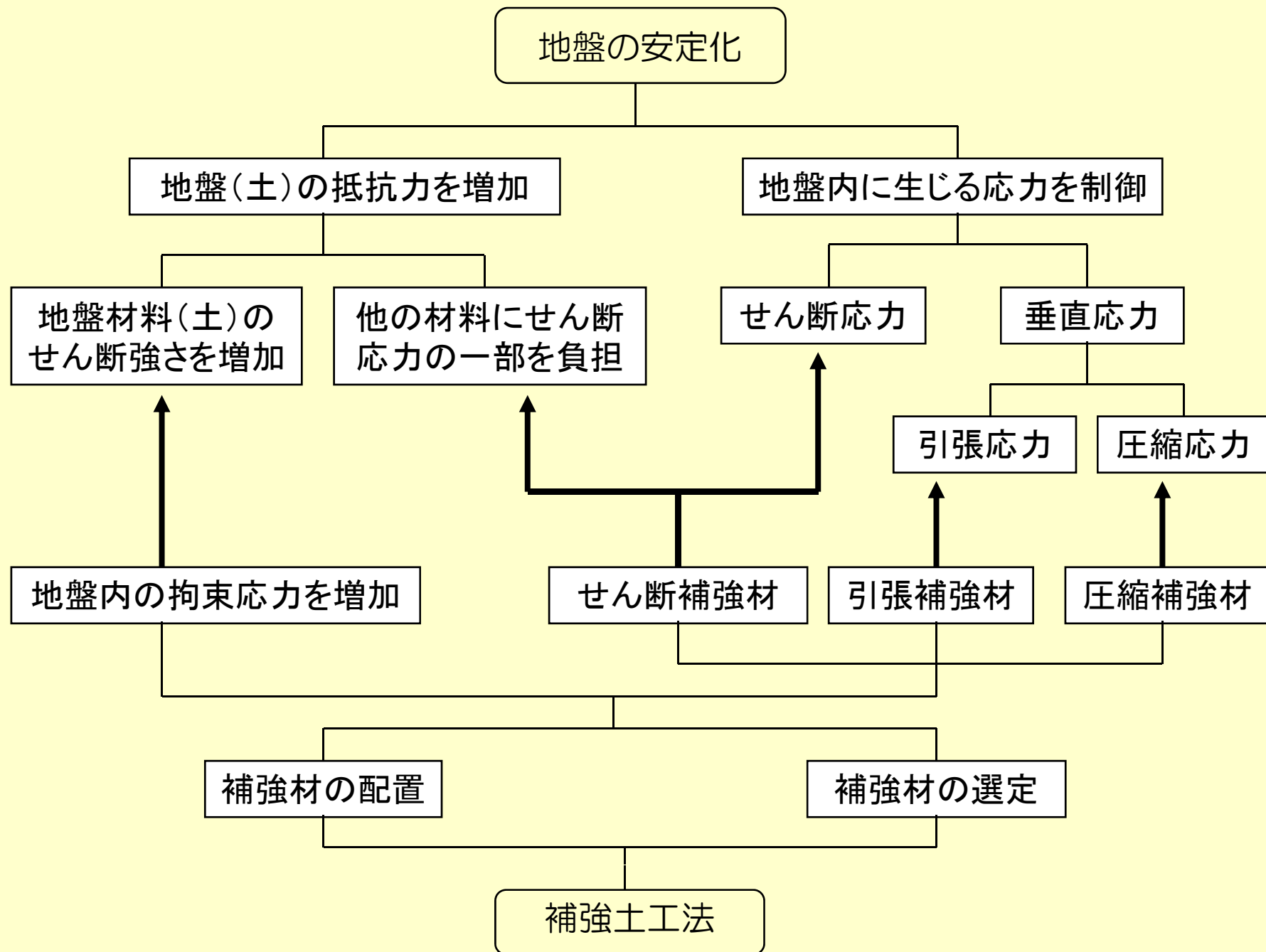
- ・ 地盤材料（土）の抵抗力を増加
- ・ 地盤内に生じる応力を制御
- ・ 補強効果の比較：引張補強，圧縮補強，せん断補強

○ 地盤補強の原理

- ・ 地盤材料（土）と補強材を一体化 ⇒ 地盤を効果的に強化
- ・ 土と補強材の力学的相互作用
- ・ 土の力学的特性と補強材特性の合理的活用
- ・ 表面工，施工法の活用

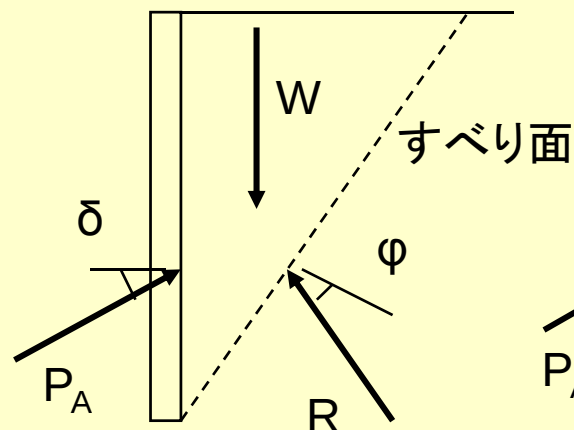
○ 補強材の要件

- ・ 地盤材料と適度のなじみ良さをもち，かつ十分な引張強度を有すること
- ・ 土木・建築資材として長期耐久性を有すること
- ・ 施工性が良いこと
- ・ 軽量で加工性に優れ，運搬が容易であること
- ・ 排水機能を有すること（間隙水圧の消散性に優れていること）

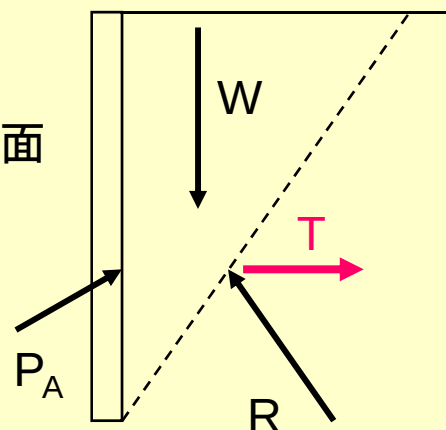


引張，圧縮，せん断補強の効果の比較（土圧の軽減効果を例にして）

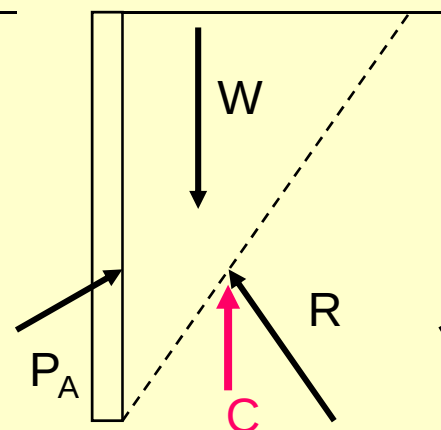
(1) 無補強



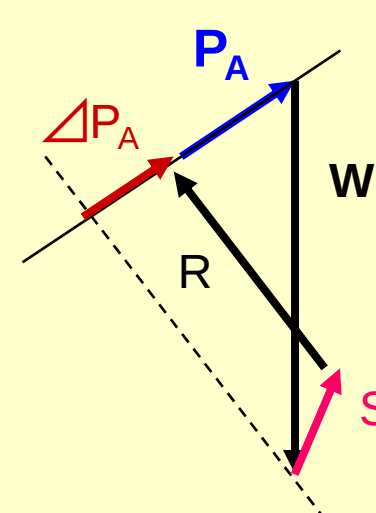
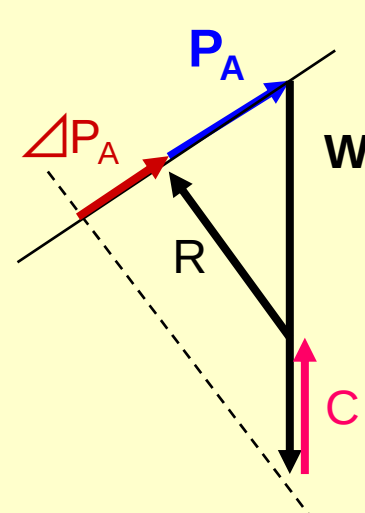
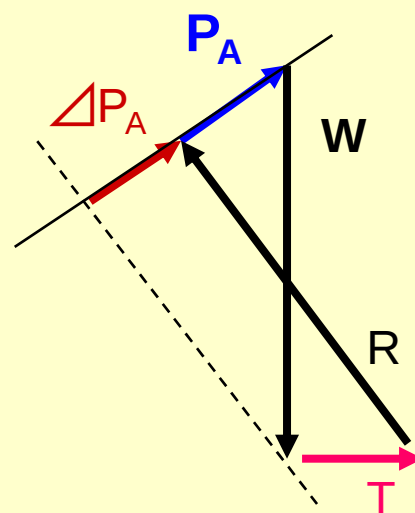
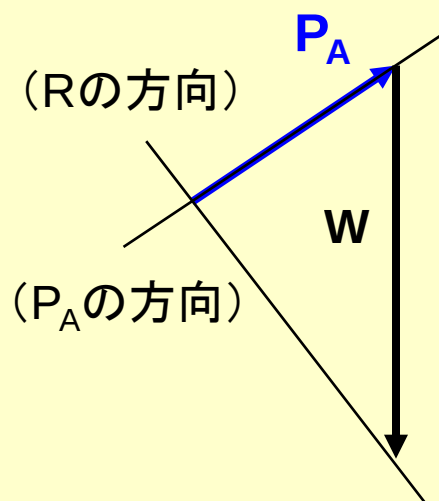
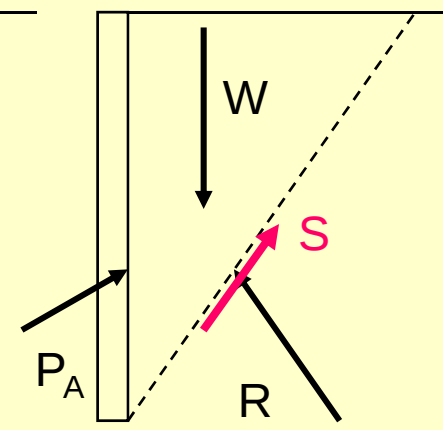
(2) 引張補強



(3) 圧縮補強



(4) せん断補強



PFS工法

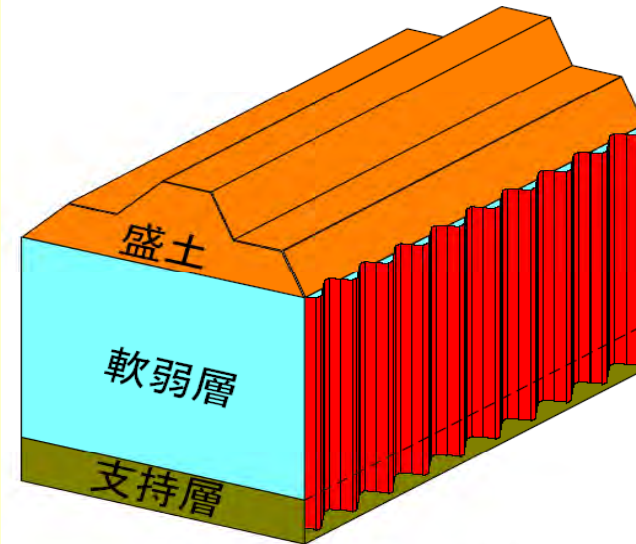
(Partial Floating Sheet-Pile Method)

部分フローティング鋼矢板工法

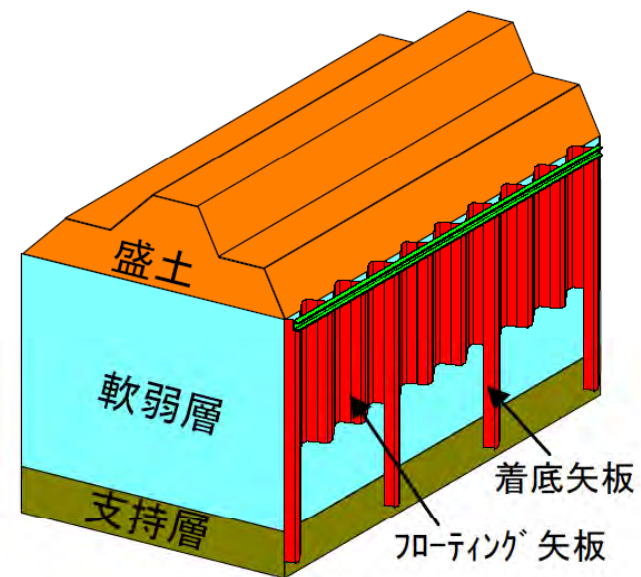
技術資料

平成17年3月

PFS工法研究会

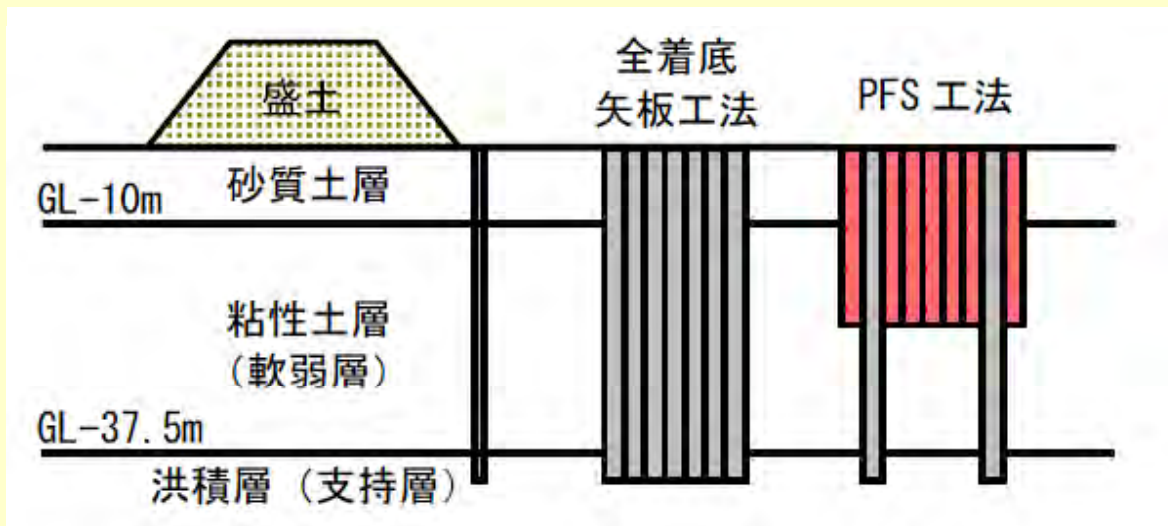


(a) 全着底矢板工法

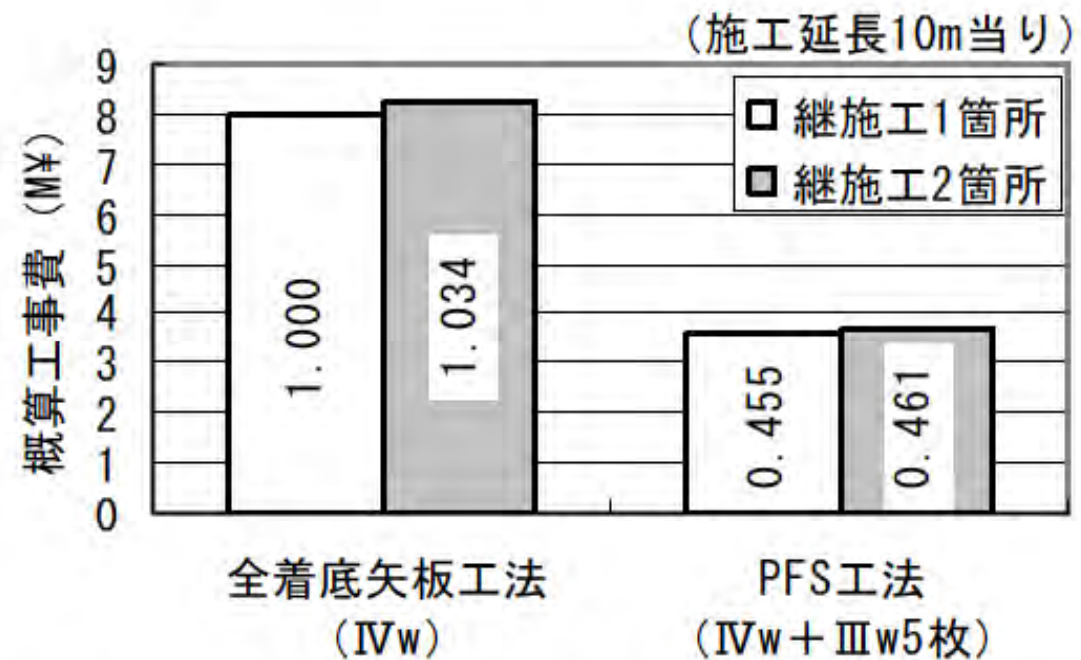


(b) PFS工法

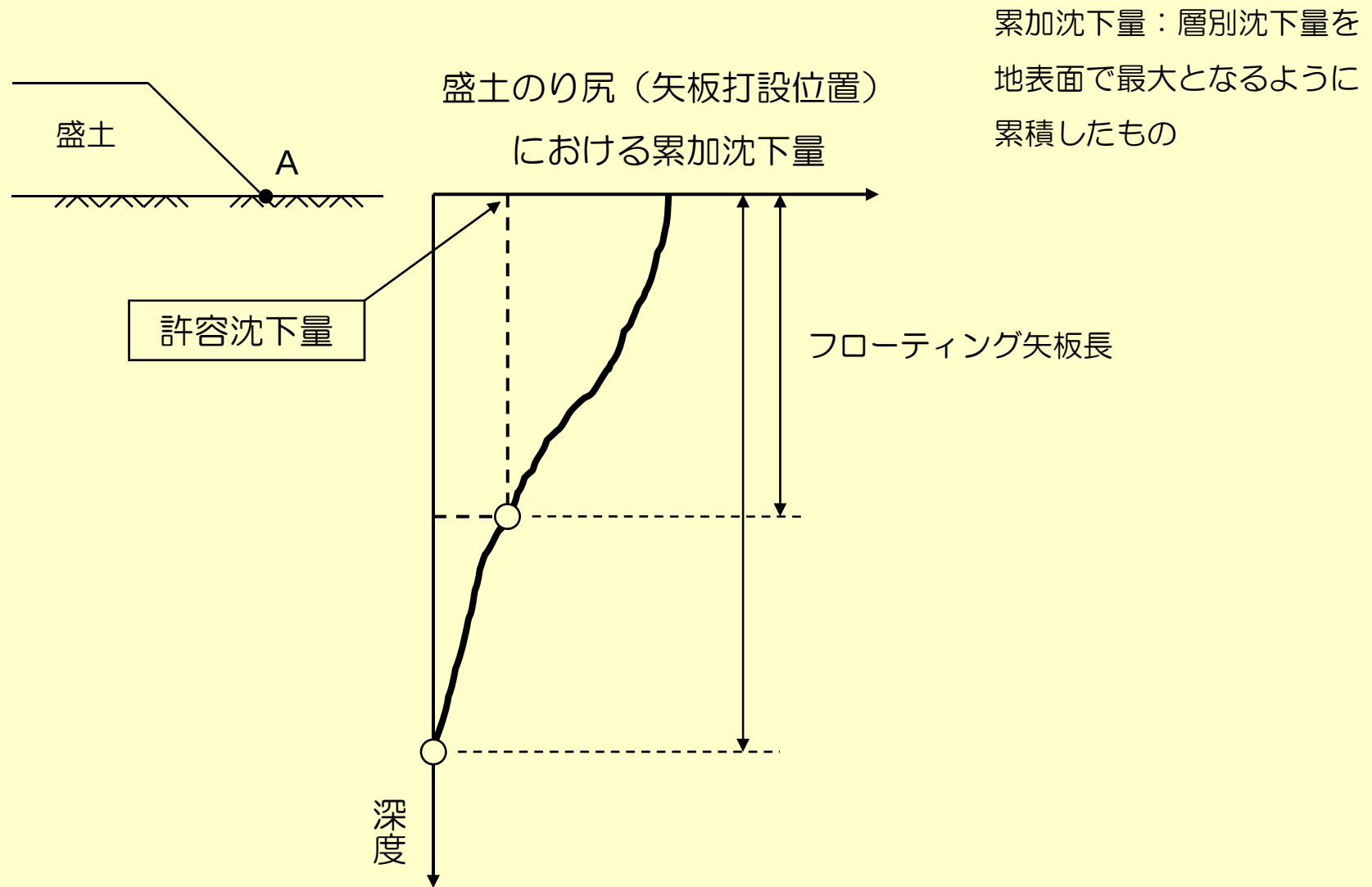
PFS工法のコスト削減効果



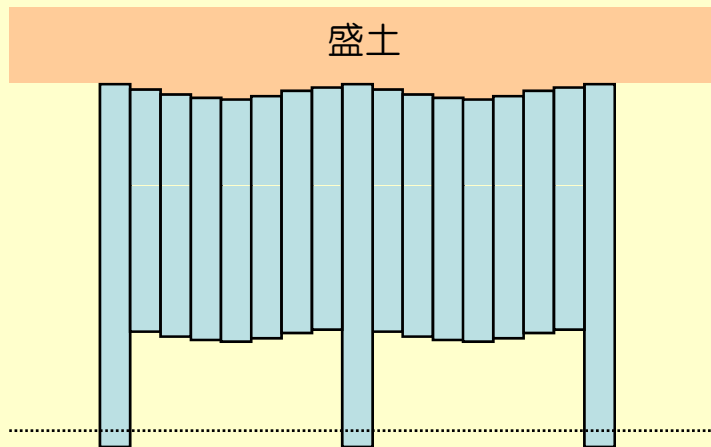
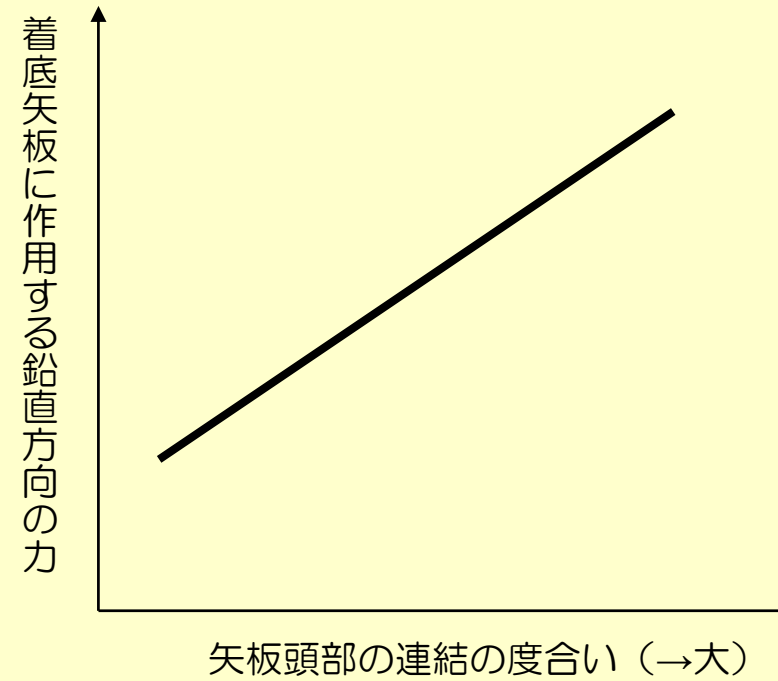
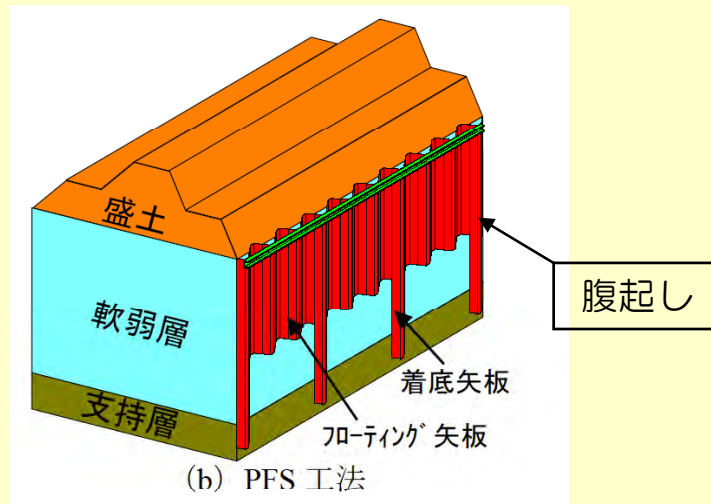
検討モデル



フローティング矢板長の決め方



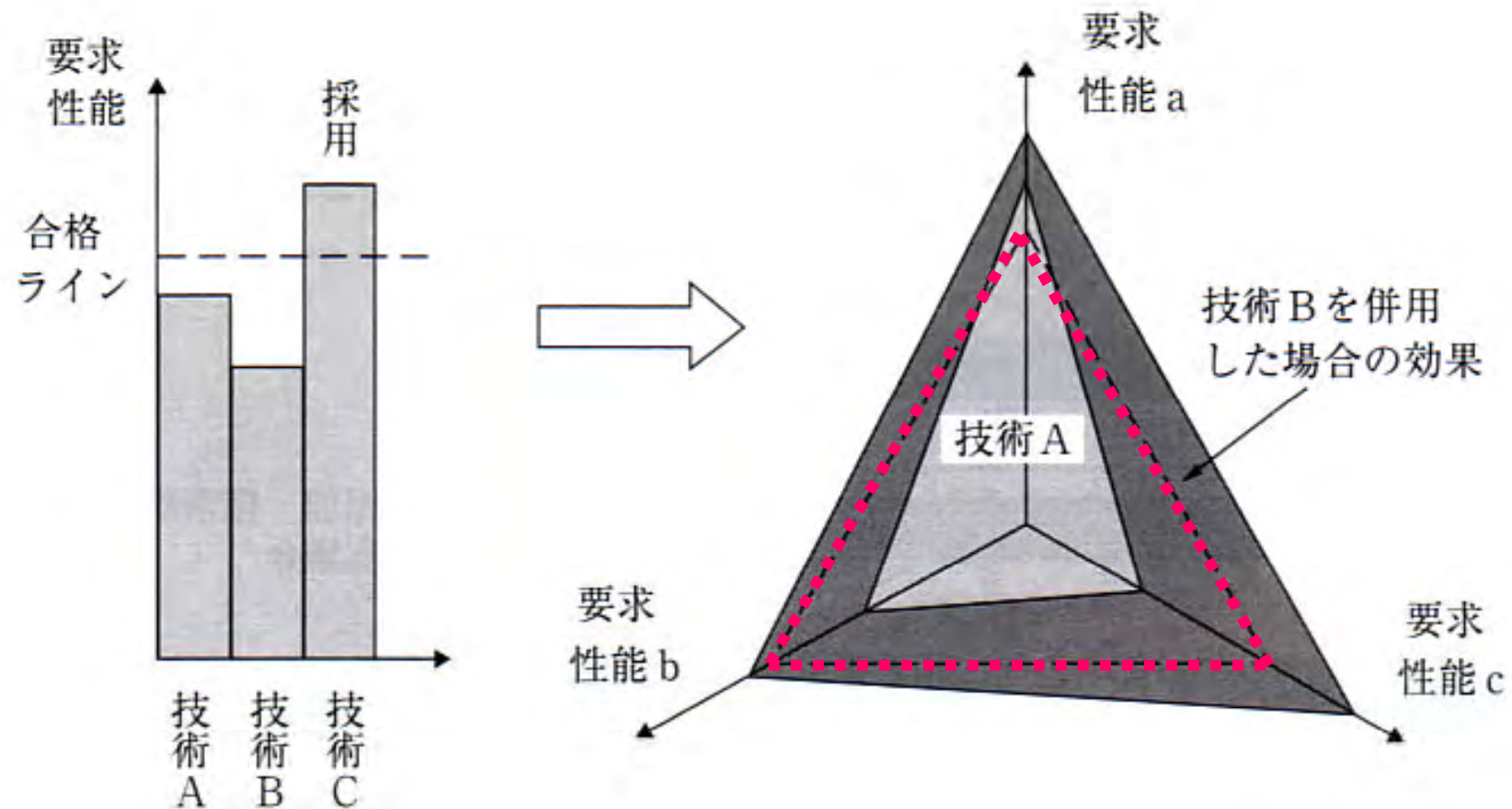
矢板頭部の連結は必要か？



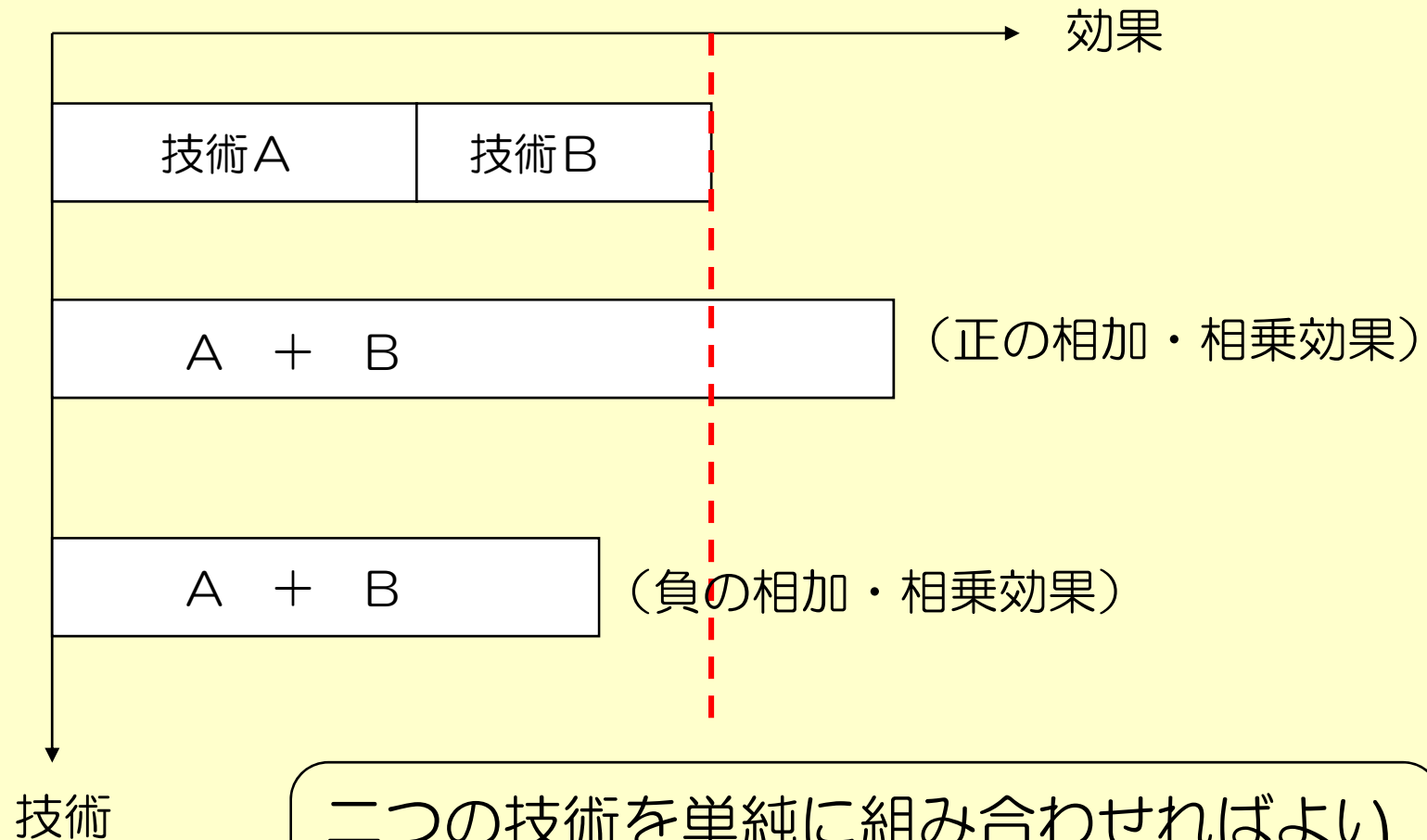
単独技術から複数技術の併用による問題解決

薬：複数の薬の併用による相加・相乗効果（病気を治すために複数の薬を飲む）

車：複数の動力機関の併用（ハイブリッドカー）



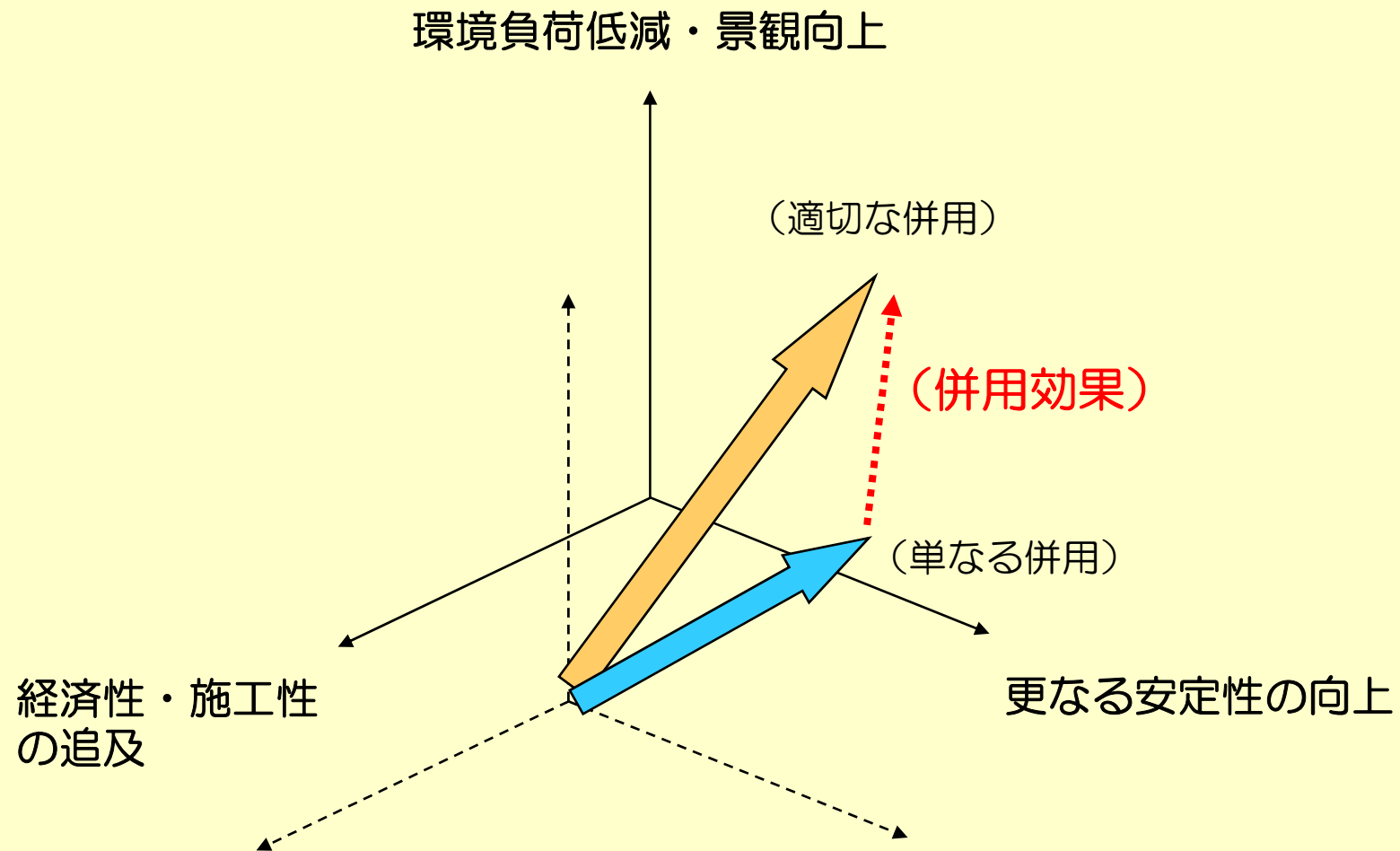
併用効果のパターン

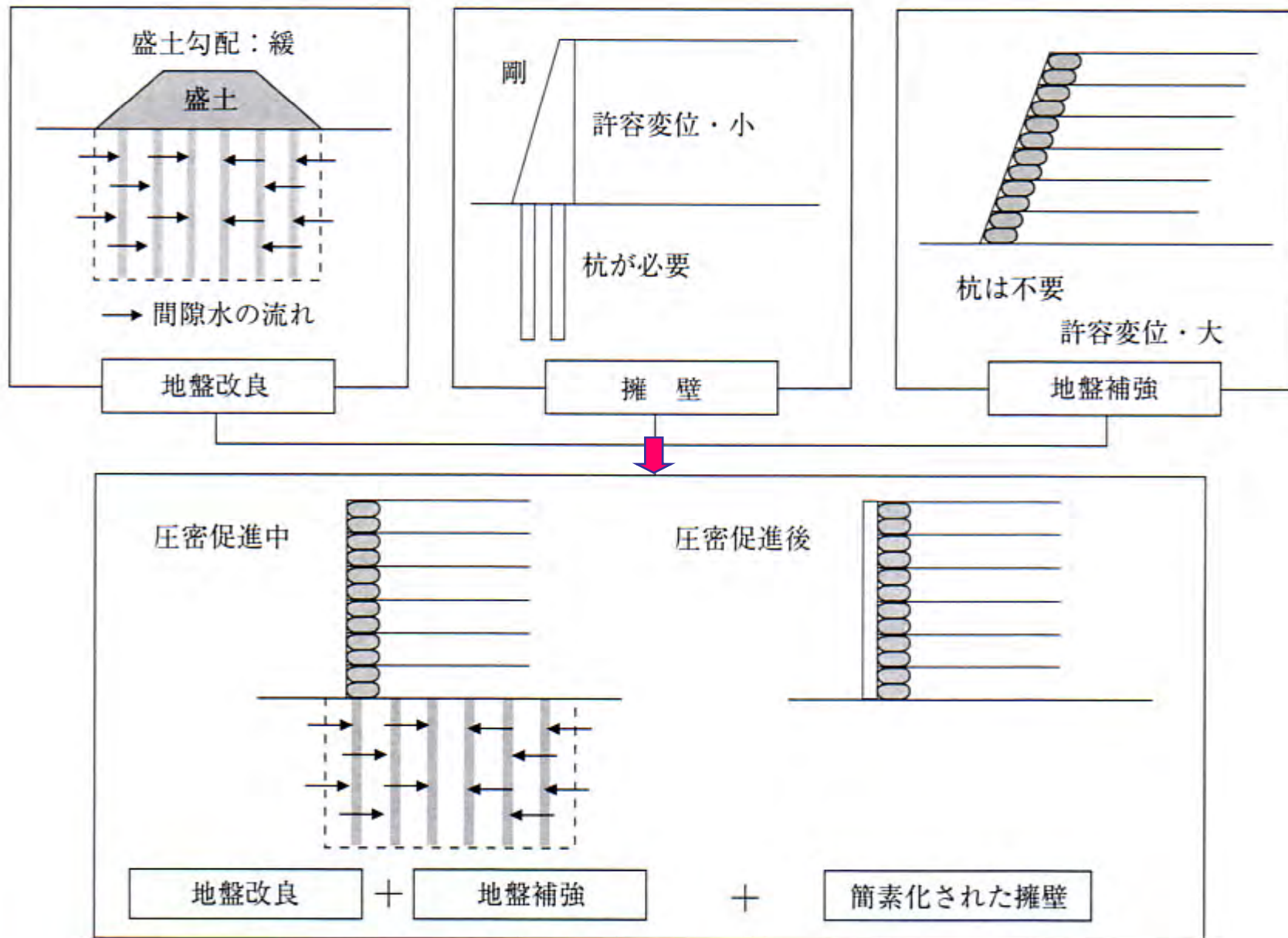


二つの技術を単純に組み合わせればよい
というわけではない

併用のねらい

要求性能の多様化への対応





軟弱地盤上の盛土工事における併用工法

有明海沿岸道路；試験盛土箇所



有明海沿岸道路試験盛土

基本：技術の組み合わせ

- ①:無処理
- ②:補強盛土＋プラスチックドレーン（PD）
- ③:グラベルコンパクションパイル（GCP）＋PD
- ④:補強土壁（擁壁）＋深層混合処理＋PD
- ⑤:補強土壁（橋台）＋深層混合処理全面改良
- ⑥-1:浅層混合処理(1m)＋低改良率(22%)深層混合処理（非着底）
- ⑥-2:浅層混合処理(3m)＋低改良率(12%)深層混合処理（非着底）
- ⑦:軽量盛土＋浅層混合処理

複合地盤基礎工法

軟弱地盤における杭基礎と地盤改良の組み合わせ技術

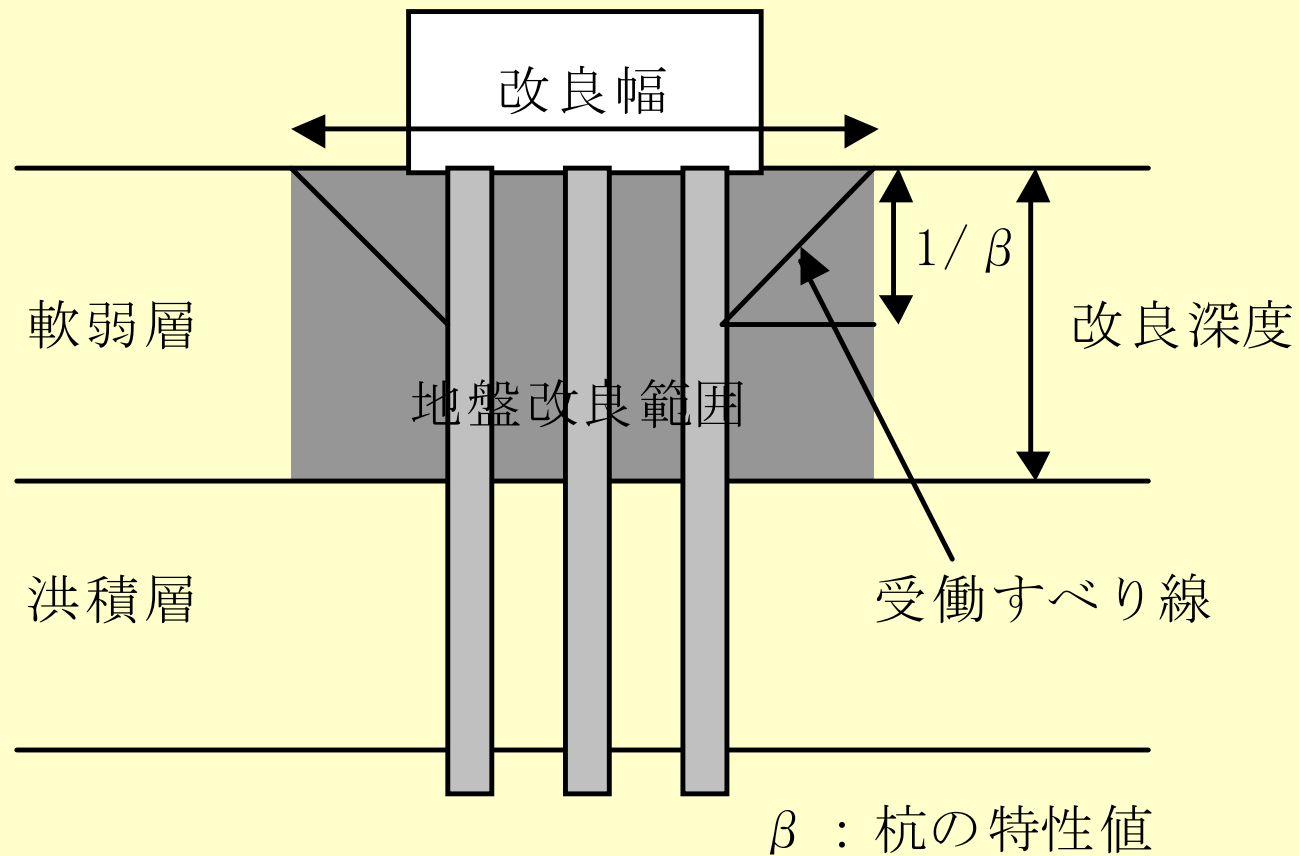
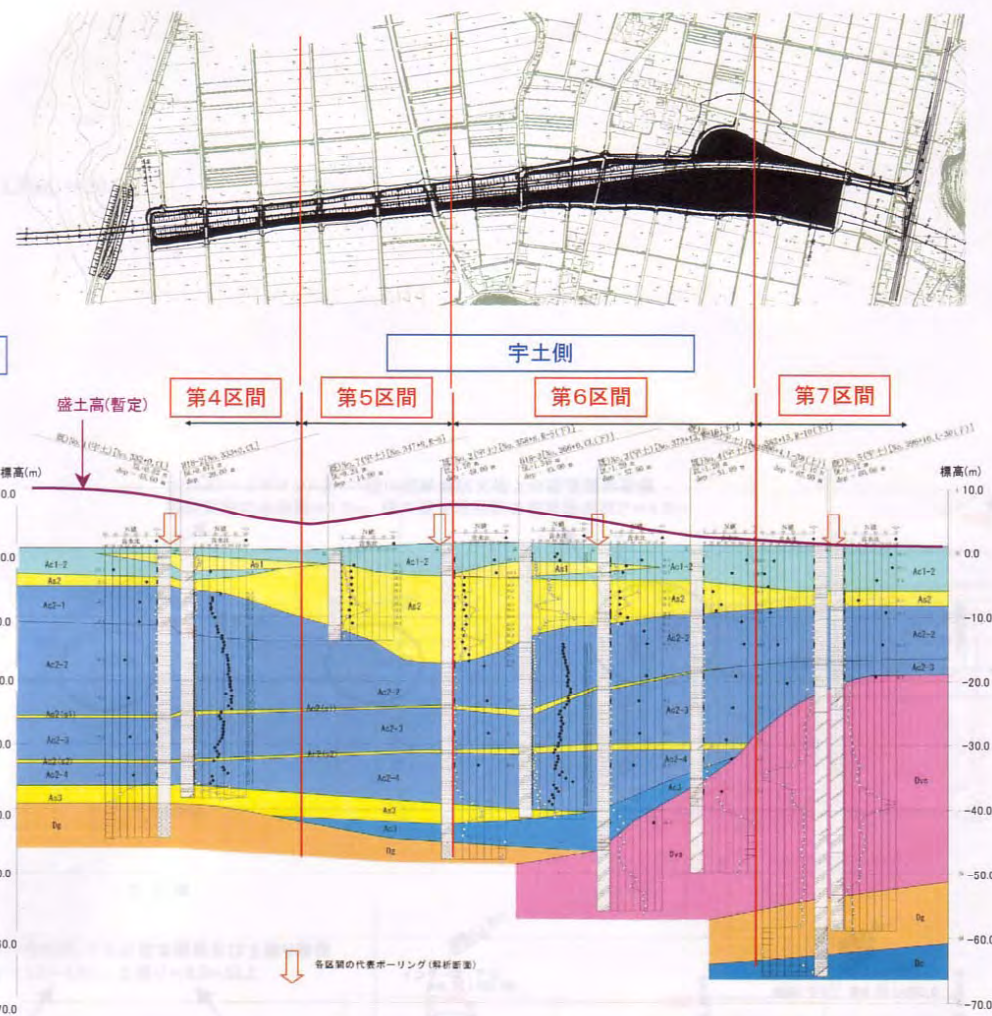


図 2 複合地盤基礎の概要



浅層改良

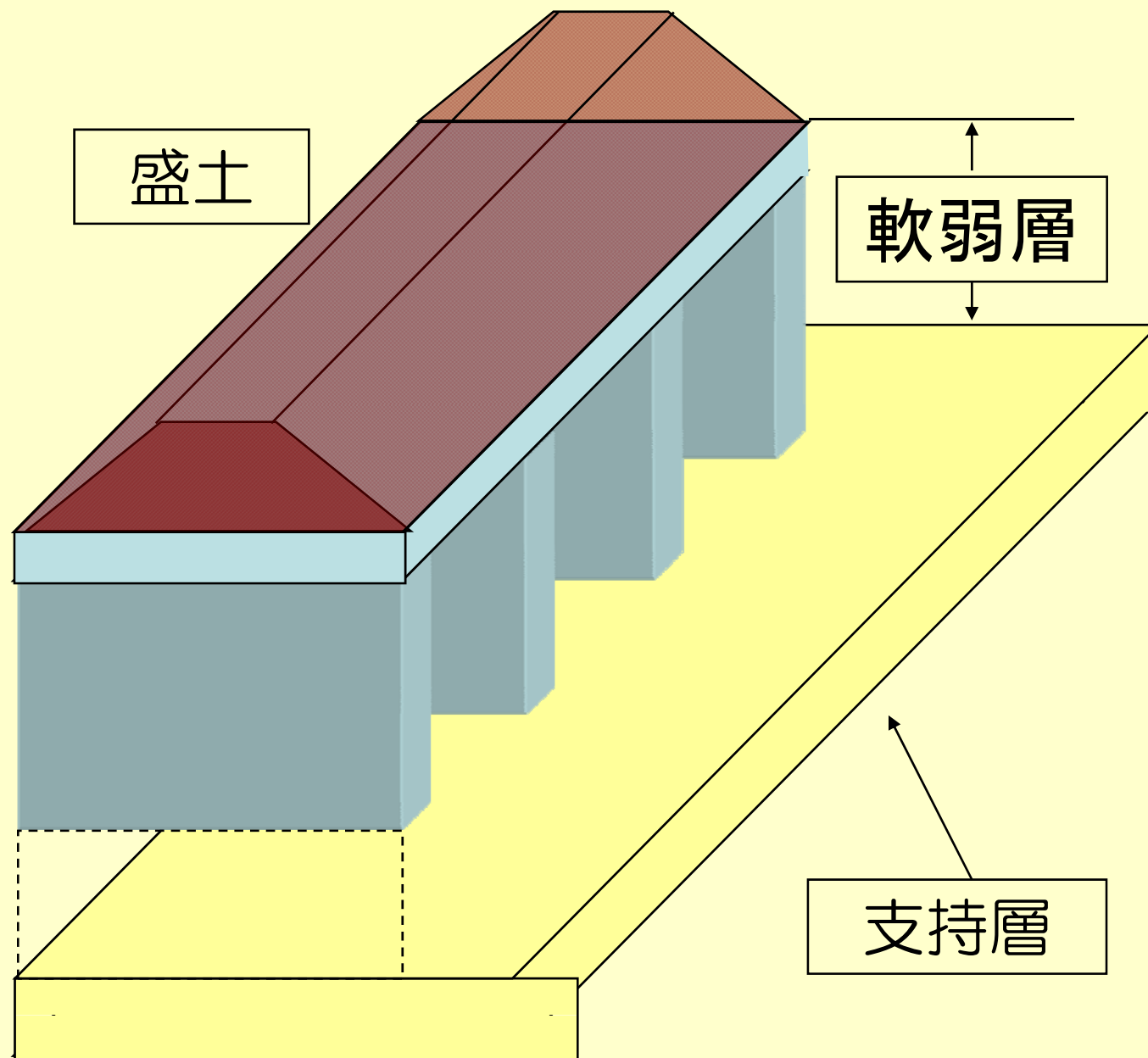
深層改良
(壁式)

未改良部

盛土

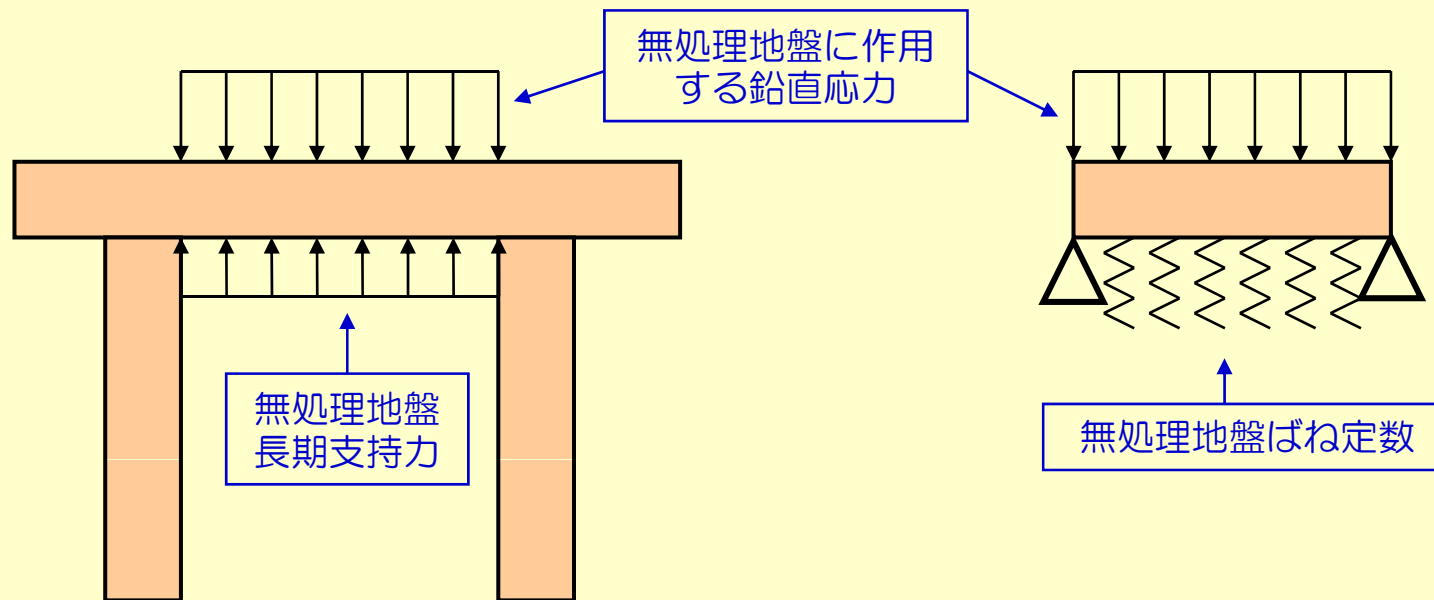
軟弱層

支持層



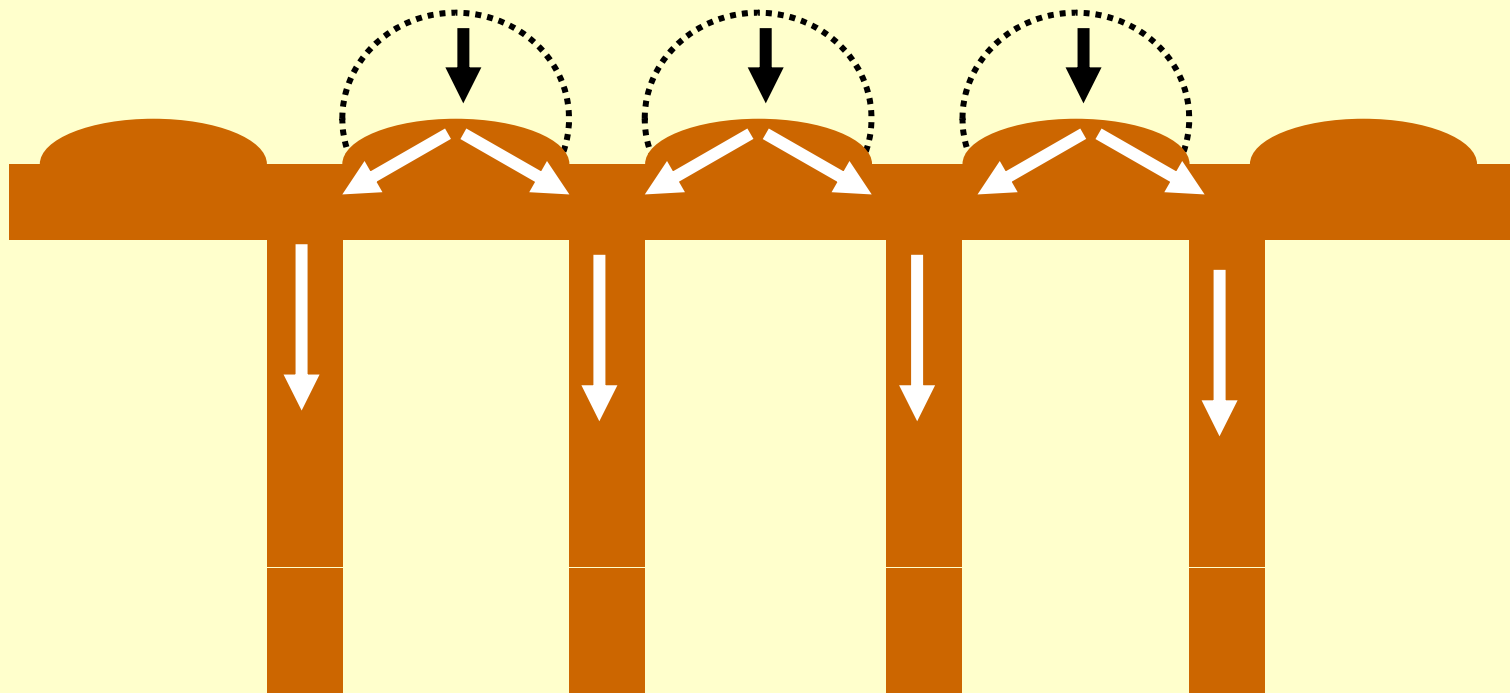
深層混合処理工に浅層改良工を併用した場合

- ・ 浅層改良工を併用すると、浅層改良層のせん断強さを期待できるので、すべり安定に対して効果があり、改良体間の不同沈下を抑制できる。
- ・ 浅層改良層の強度および厚さを決定するには、盛土の安定確保と浅層改良層の安定性だけでなく、浅層改良層の押し抜きせん断破壊に対して安全を確保する必要がある。
- ・ 地盤の強度が弱い場合には、浅層改良層の曲げ応力を照査することが望ましい。

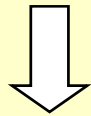


浅層改良層の押し抜きせん断破壊，曲げ破壊を誘起する応力を制御

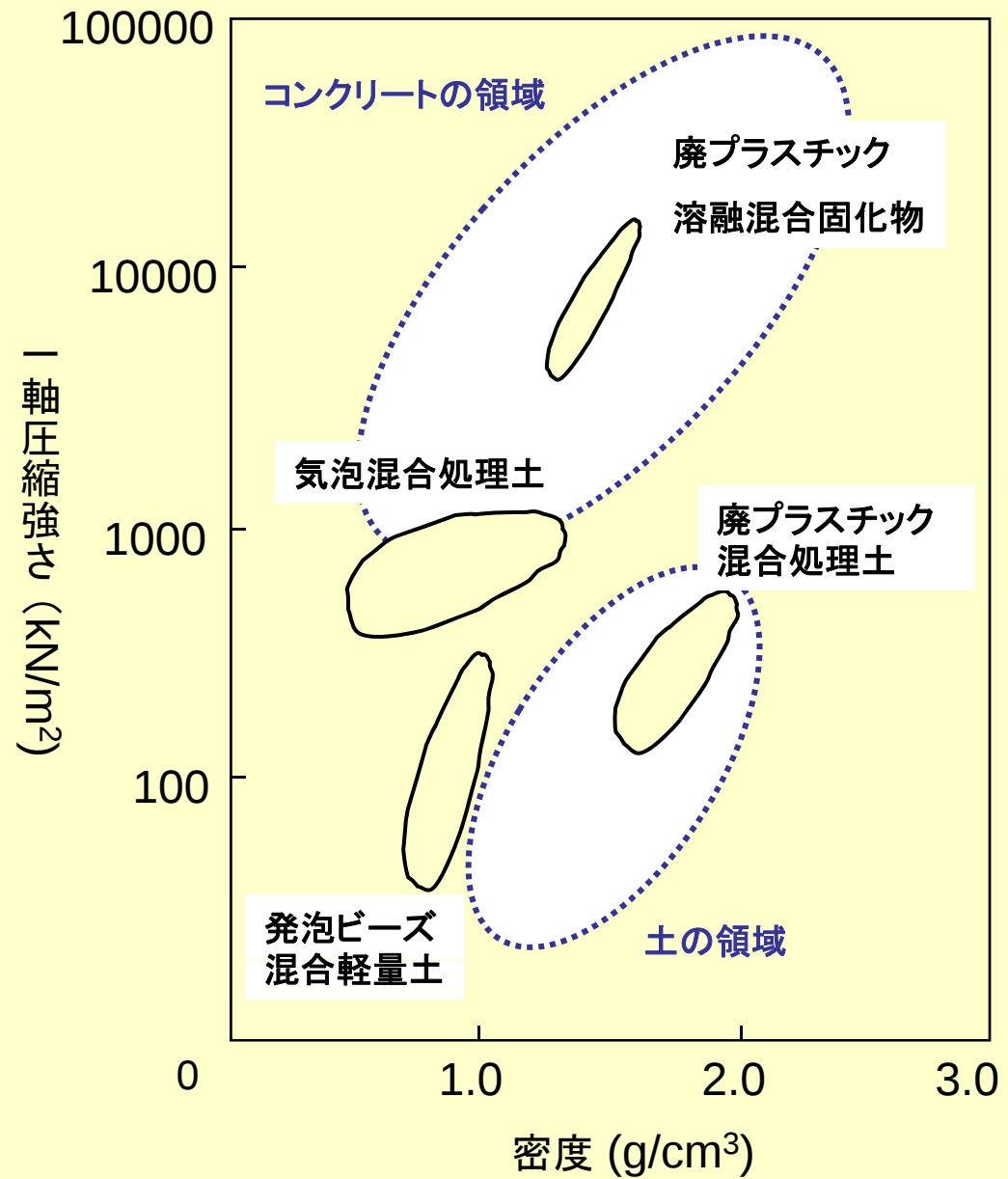
浅層改良層の上面をアーチ状にして
深層改良体(壁式)間のゆるみ領域の荷重を
アーチ作用によって
圧縮力として壁式改良体に伝達する



地盤工学における 重量



- ・ 敵か味方か
- ・ 荷重と抵抗



盛土材料の密度と一軸圧縮強さ

$$\text{地盤の安定性の度合い} = \frac{\text{地盤の抵抗力 : } R}{\text{地盤に作用する力 (外力) : } F}$$

外力 : F

土塊の重量 : W

荷重 : L

(降雨時) 浸透力 (透水力) : $i r_w V$

(地震時) 慣性力 :

$$m \alpha = ((W + L) / g) \alpha = (\alpha / g) (W + L) = k (W + L)$$

抵抗力 : R

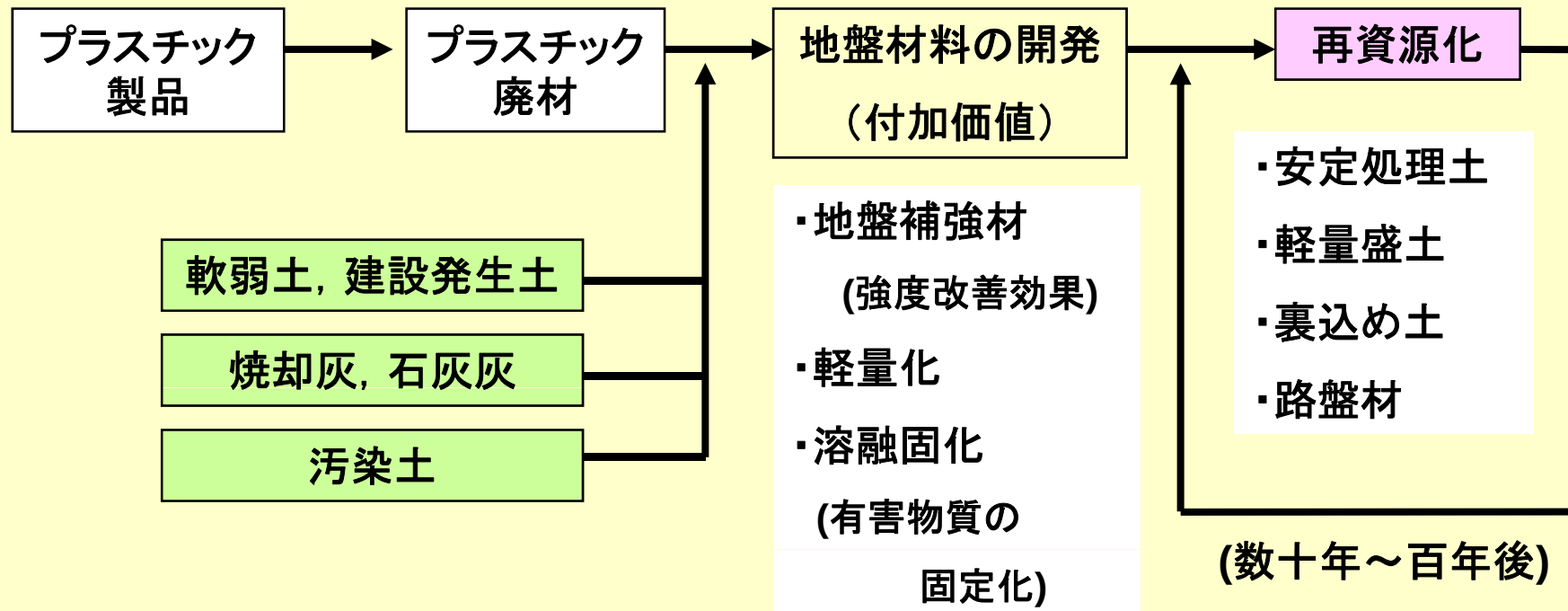
土のせん断強さ : $s = c' + (\sigma - u) \tan \phi'$

$\sigma = f(W, L) \rightarrow$ 土の重さは、敵にも味方にもなる。

廃棄物を活用した混合地盤材料の開発

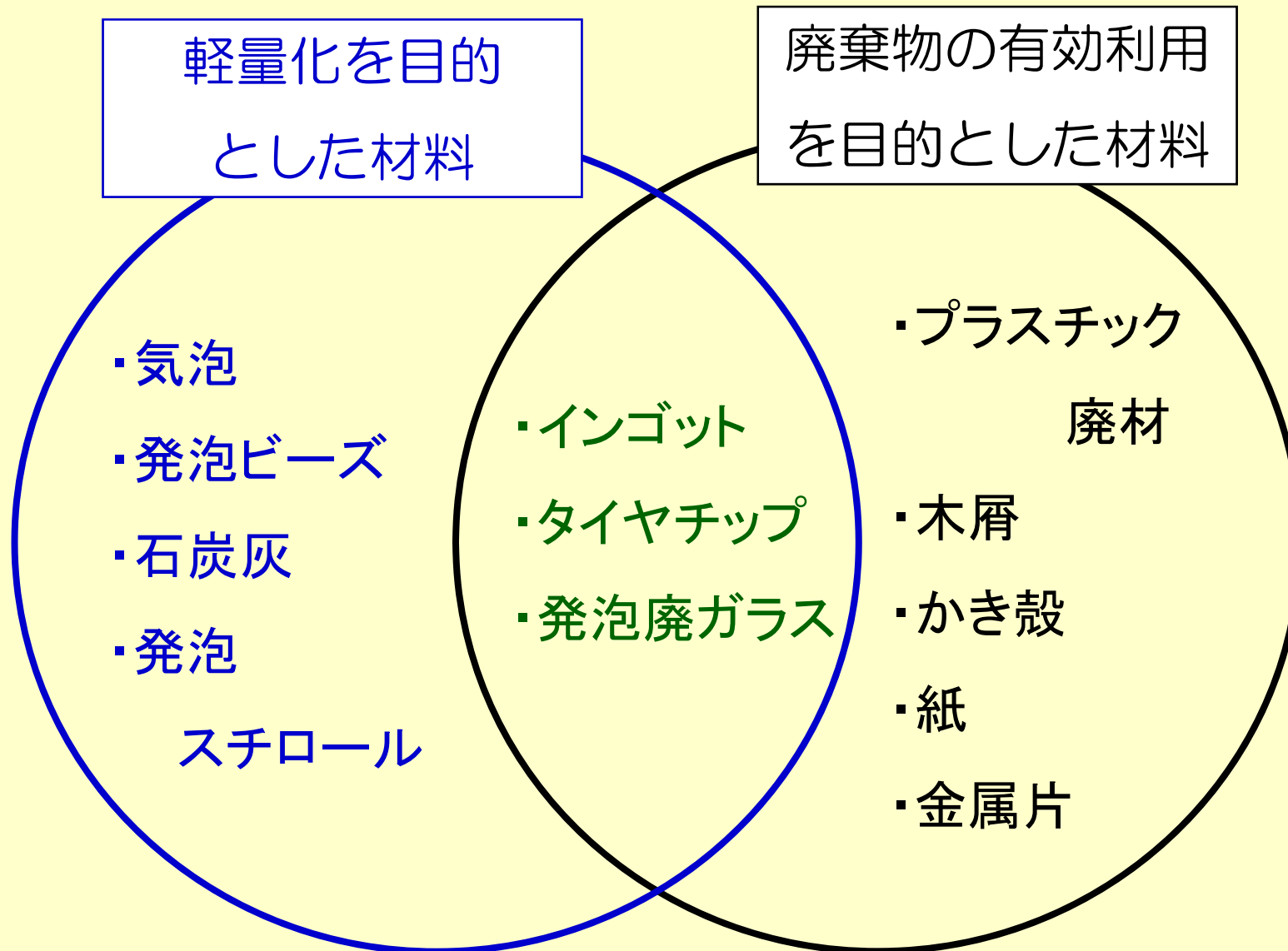
プラスチック廃材の有効利用

(数年後)



(数十年～百年後)

- ・土中で長期に安定
- ・有害物質の溶出を軽減

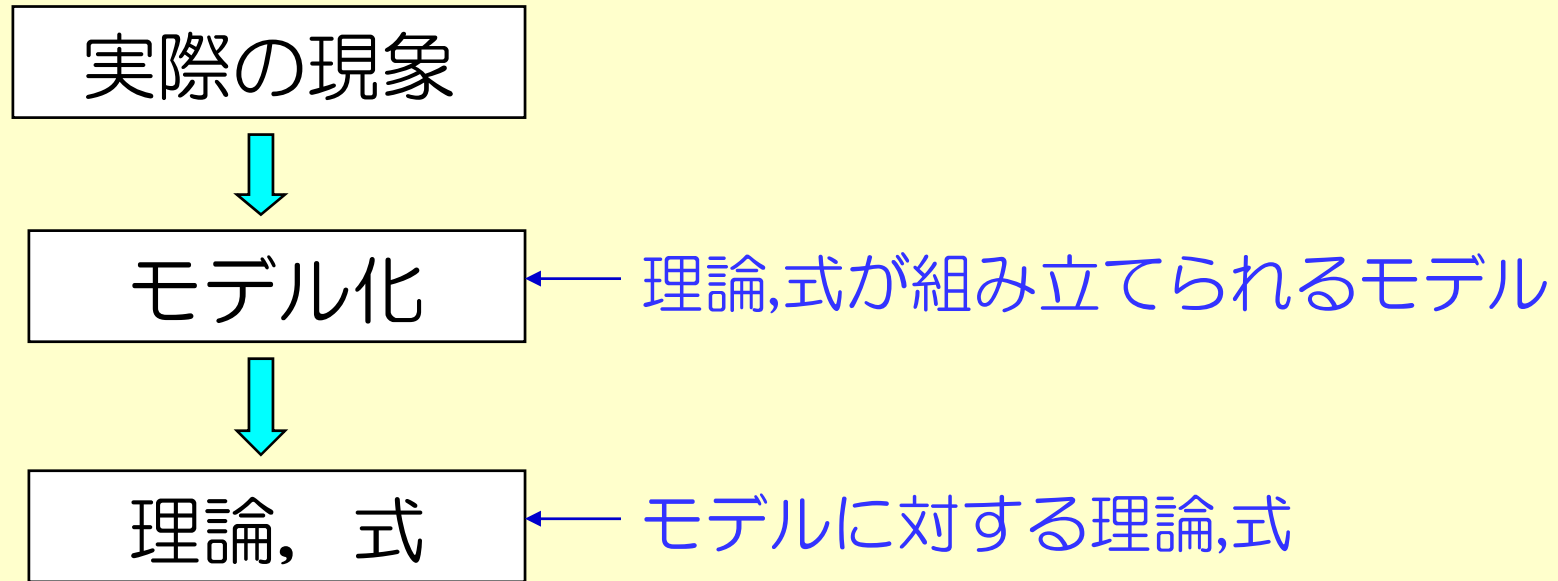


軽量化と廃棄物の有効利用を目的とした材料の分類例

混合地盤材料の付加価値と性能評価

[illegible]

工学における理論,式



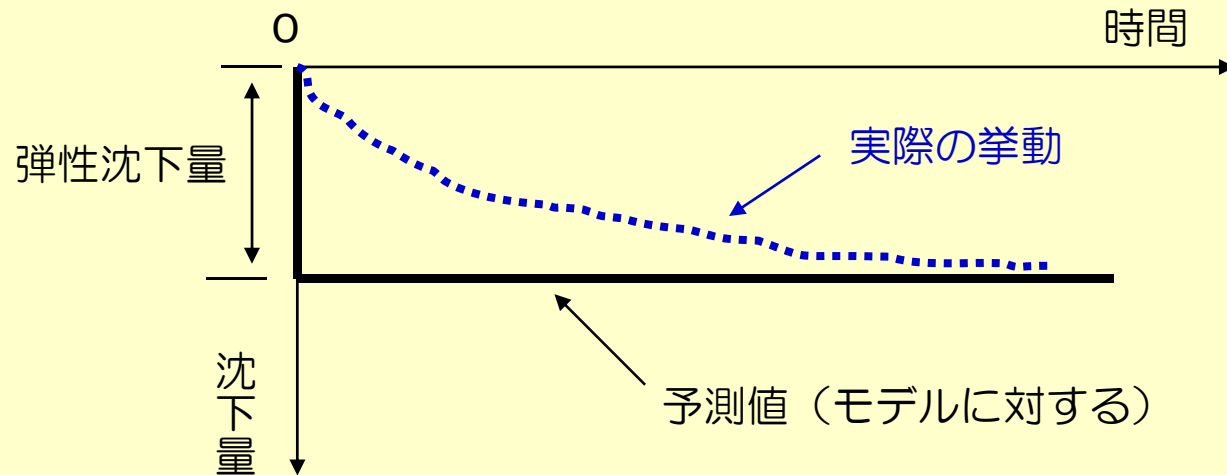
- ・ 工学における理論, 式には適用限界がある
- ・ 実際の現象とモデルの相違を理解することが原則

橋脚の沈下検討

- ・ 支持層（N値＞50）の下に，N値20－30程度の洪積粘性土層(DC層)
- ・ 基礎設置に伴うDC層での地盤内応力 < DC層の圧密降伏応力

⇒ 基礎の構築により，圧密沈下が発生する可能性はない。

沈下は，弾性沈下量のみ。

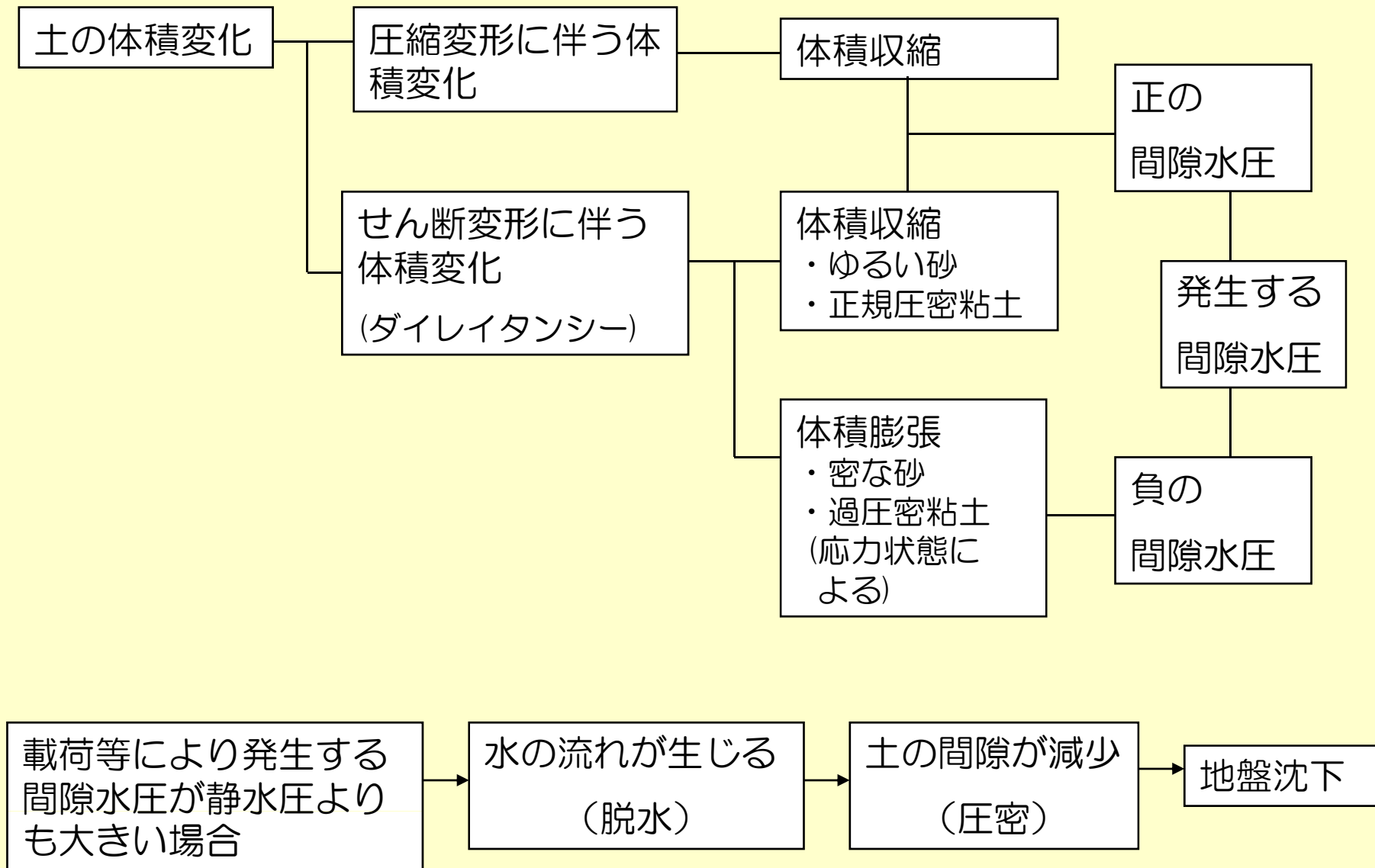


- ・ 基礎底面に加わる応力の考え方？
- ・ DC層内での応力伝播の考え方？
- ・ DC層の圧密降伏応力の決め方？
- ・ サンプリングの方法と試料の乱れの影響？
- ・ 地盤の沈下を圧密沈下と弾性沈下の和とする考え方？

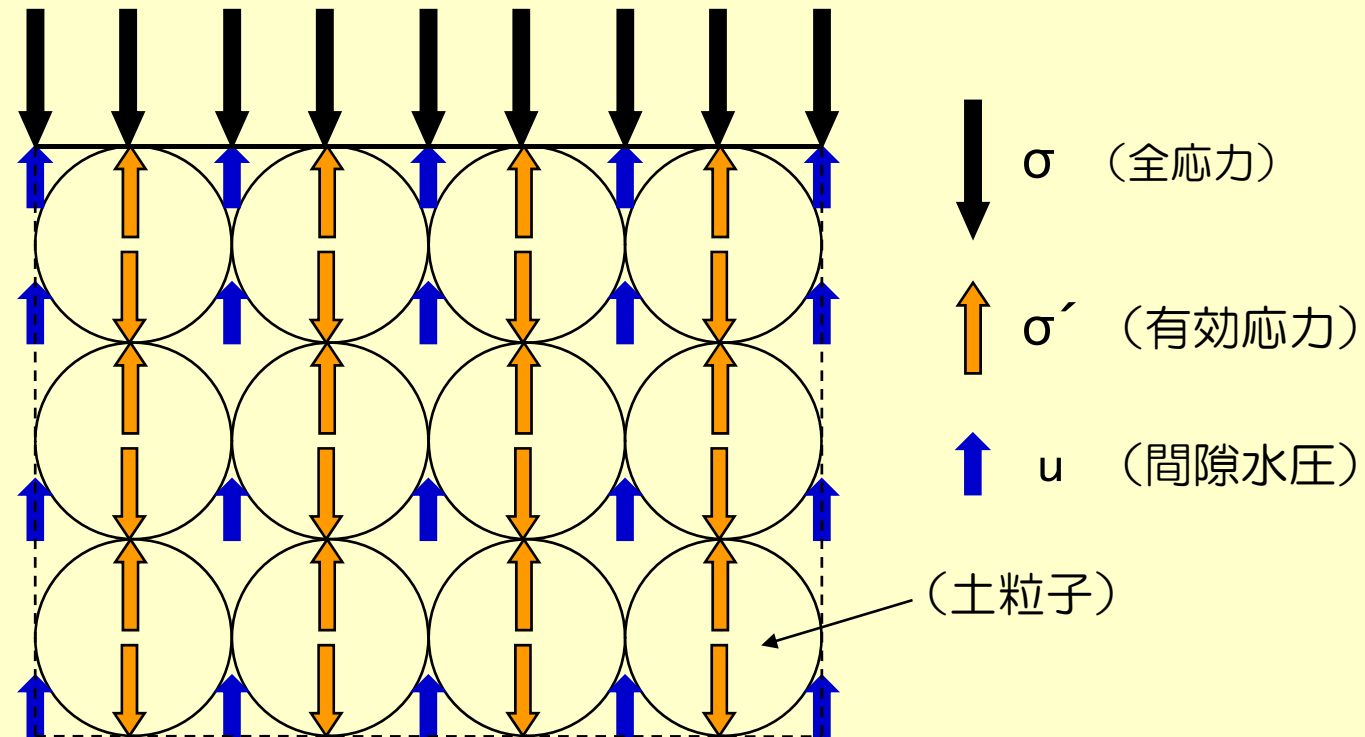


モデル化の
適切性？

土の体積変化と発生する間隙水圧



有効応力の概念：Terzaghi



有効応力：土粒子の接点を通して伝達する応力

$$\sigma' = \sigma - u$$

設計法の特徴：地盤工学と構造工学

構造工学が対象とするもの

- ・ 鉄，コンクリートなど人工物を材料とする構造物
- ・ 力学的設計によって実用的に十分な精度を持つ設計解が得られる

地盤工学が対象とするもの

- ・ 自然地盤
- ・ 力学的なアプローチだけでは取り扱えない
- ・ 有効なアプローチとは，
 - ・ 力学的アプローチはあくまでも目安を得るための手段として使い，最終的には，経験知に多分に依拠した工学的判断で設計を決める
 - ・ 地盤力学的アプローチによる解や過去の類似例などを根拠にして，とりあえず何らかの意思決定をし，それを実行に移した段階で現場を観察して意思決定の正しさや合理性を確認しつつ，必要な修正・変更を加えていく方法（情報化設計施工法）

PDCAサイクル

○工学 (engineering science)

技術 (engineering) と科学 (science) の統合 (integrate) を志向する学問分野

○従来の工学

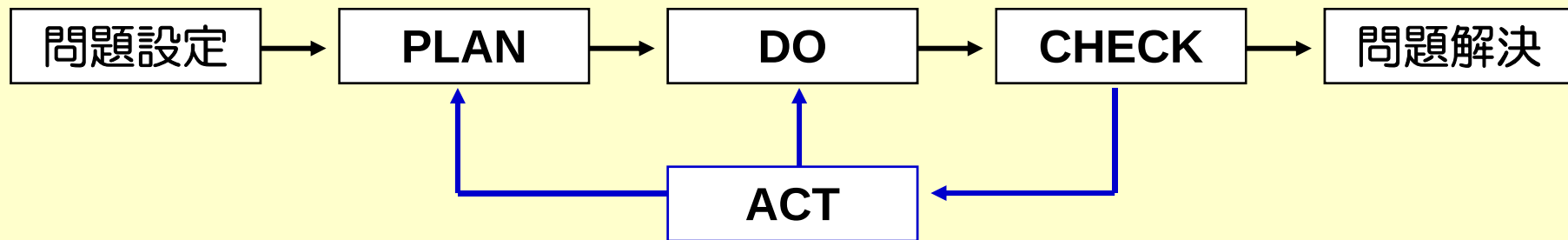
- ・ 自然科学の体系に合わせてつくられている分野
- ・ 従来の工学の方法
自然に対する認識を深める方法

○新しい工学

- ・ 従来の自然科学の系譜には属さない分野
サイバネティックス (情報処理理論を含む情報科学一般), システム工学, 品質工学, 制御工学
- ・ 新しい工学の方法
実践の場で技術の過程を適切にマネジメントしていく方法 → フィードバック制御とPDCAサイクル

PDCAサイクルの過程

- ① 目標を定める (PLAN)
- ② それに向かって行動を起こす (DO)
- ③ 行動の結果を測定し、目標とのずれを検証す (CHECK)
- ④ 行動あるいは目標を修正する (ACT)



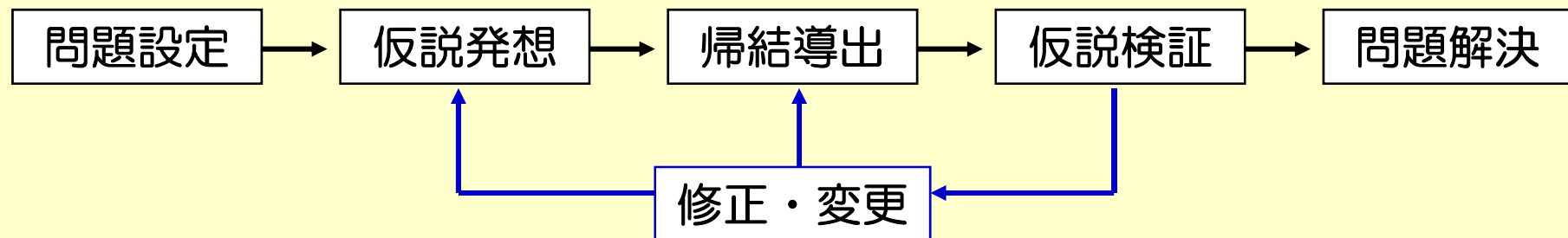
PDCAサイクルの特徴

- ・ この過程を繰り返すことによって試行錯誤的に目標とのずれを小さくしていき、最終的に目標に到達する
- ・ 論理的な厳密さは求めないが、フィードバック制御によって合理的に思考あるいは行動しようとする方法
- ・ PDCAサイクルは、全体としての大きなサイクルであると同時に、各過程の中でもPDCAサイクルが回される

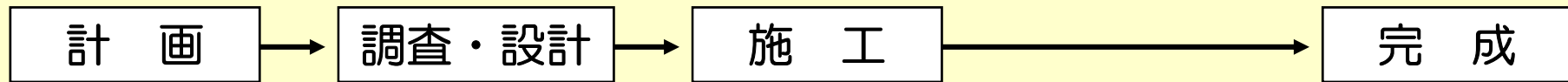
自然科学の方法

仮説検証法（仮説演繹法）

- ・ ものごとの客観的真理を追究する一般的な方法
- ① 実験や観察などによって得られた諸事実や既存の情報・知識に基づいて一定の論理的な手続きによる推理を行い、それらに共通する本質と思われる原理や法則についての何らかの仮説を立てる（仮説発想過程）
- ② 仮説を立てたら、それが新であると仮定して、そこからどんな結果が帰結として生じるかを論理的に推理する（帰結導出過程）
- ③ 立てた仮説そのもの、あるいはその仮説からの推理によって帰結される結果について、真偽を検証する（仮説検証過程）

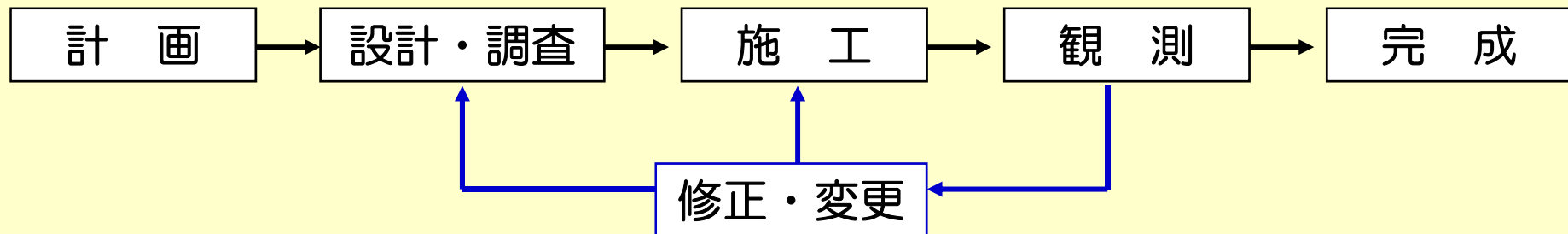


○技術の方法 1（従来の工学による方法）



- ・「計画」で問題を設定したうえで、「調査・設計」で立案した設計解を「施工」で実現する一方向の流れ
- ・新しい工学による方法（下記）にくらべて、「観測」と「修正・変更」の過程、つまり、フィードバックの過程が欠けている

○技術の方法 2（新しい工学による方法）



- ・「調査・設計」で立案した設計解を仮説ととらえ、それを「施工」で実施しながら、並行して行う「観測」で得られる様々な指標によって、必要な設計解や施工方法の「修正・変更」を行っていく流れ
- ・この方法は、PDCAサイクルや自然科学の方法の各過程と一対一に対応している

PDCAサイクル

- PDCAサイクルや新しい工学の方法は、全体の論理構造としてみれば、最も論理的な方法である自然科学の方法、すなわち、仮説検証法（仮説演繹法）と同じ構造になっている。
- PDCAサイクルにおける最も重要点は、「観測」と「修正・変更」の過程、すなわち、フィードバック過程が機能しているかどうかである。

群盲象を撫でる

多くの盲人が象を撫でて、それぞれ自分の手に触れた部分だけで巨大な像を評する。
一部分にとどまって全体を見渡すことができない。

地盤を総合的に見る

地盤工学は
地盤技術の知識を学問
として体系化したもの



ご静聴

ありがとうございました。

地盤調査と土質試験の概観

(地盤調査)

原位置試験

○非破壊試験

物理探査

○サウンディング

標準貫入試験, 動的貫入試験
静的貫入試験, ベーン試験,
3成分コーン試験

○載荷試験

平板載荷試験, 孔内載荷試験

○地下水試験

揚水試験

サンプリング

(土質試験)

室内試験

○物理試験

○化学試験

○分類試験

コンシステンシー限界試験

最大・最小間隙比試験

○透水試験

○圧密試験

○せん断試験

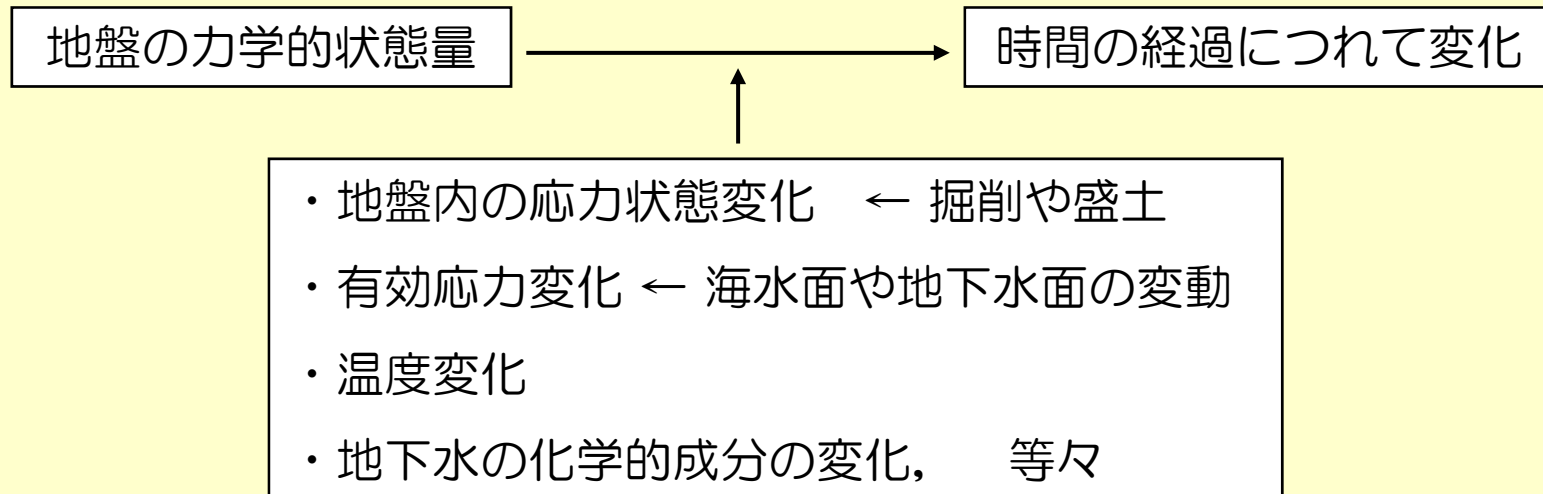
一軸圧縮試験, 三軸圧縮試験

一面せん断試験

○安定化試験

締固め試験

地盤調査と土質試験の意義と目的（１）



地質調査：

- ・ 地層の質的情報（層構成の内容と層序（地層の重なる順序））が中心。
- ・ 質的情報は，構造物の耐用年数（100年程度）の間ではほとんど変わらない。古くても情報の価値は変わらない。

地盤調査（構造物の設計を前提とした場合）：

- ・ 現時点の特定の地盤における力学状態に関する情報が必要

⇐ 地層の質的・量的情報 + 調査時点での力学情報（時間依存性の情報）

地盤調査と土質試験の意義と目的（2）

地盤調査と土質試験の目的

(1) 試料の確保と試料の力学挙動の把握

○地層構成の把握

- ・ どの位置にどのくらいの厚さの地層が存在しているか
- ・ どの深さに地下水位が存在しているか
- ・ 土性の判別（目視による）

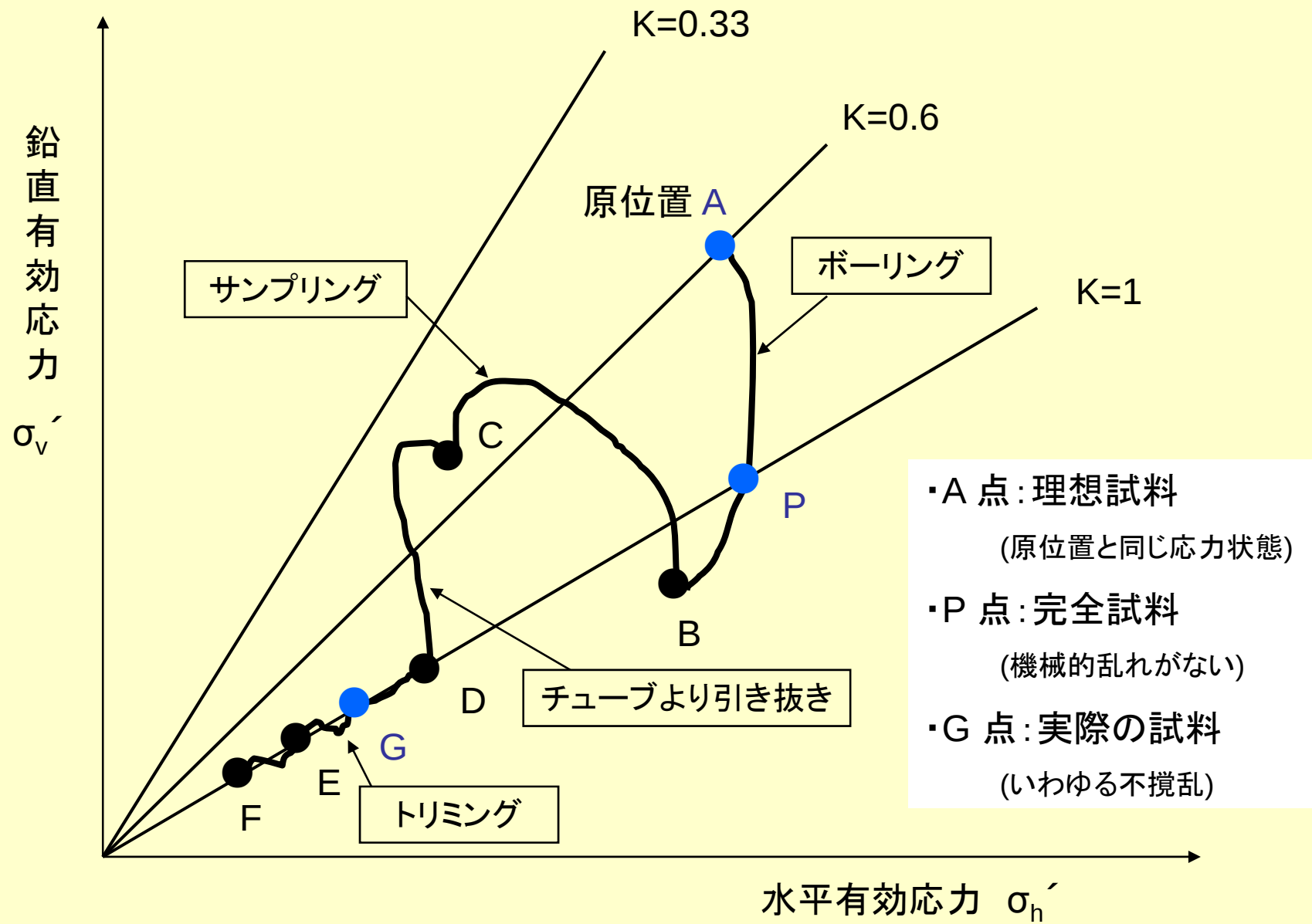
○土の原位置での力学情報の把握

- ・ 土質試験に用いる試料の力学挙動が原位置と限りなく近いことが必要
- ・ 原位置のままで乱さずに試料を採取し、室内土質試験を行う

(2) 初期条件，境界条件の設定（境界値問題の条件設定）

○地盤内の土の挙動は，地盤が受ける外力の変化と境界条件によって決まる

- ・ 境界条件 ⇒ 成層状態，地盤内の流体の状態（地下水面の位置，被圧水）
- ・ 初期条件 ⇒ 初期応力状態



サンプリングによる応力変化

不攪乱試料と攪乱試料の挙動の差

1) 乱れの影響と評価

乱れている品質の良くない試料では、

○ 強度－変形特性

- ・強度を低く見積もり、変形係数を小さめに見積もる。
- ・これらは、設計上、安全側（不経済）となる。

○ 圧密特性

- ・先行圧密応力を小さめ、圧縮係数を小さめに判定する。
- ・この結果、沈下量を少なめに予測することとなり、危険側となる。

2) 試料の品質と設計法

○ 高品質の試料からの情報を従来からの設計法体系の中に無批判に採用することには注意が必要。

○ 設計法は真実を追究するものではなく、調査から設計・施工に至るまでの設計時点でのバランスを見通してできているものである。
地盤データのみが高品質になり真実に近づいても、設計体系としては真実からかえって離れる可能性もある。

地盤の特性と地下水を利用した 砂漠化防止

中国黄土高原における
歴史的土構造物と薬草の自生を参考にして

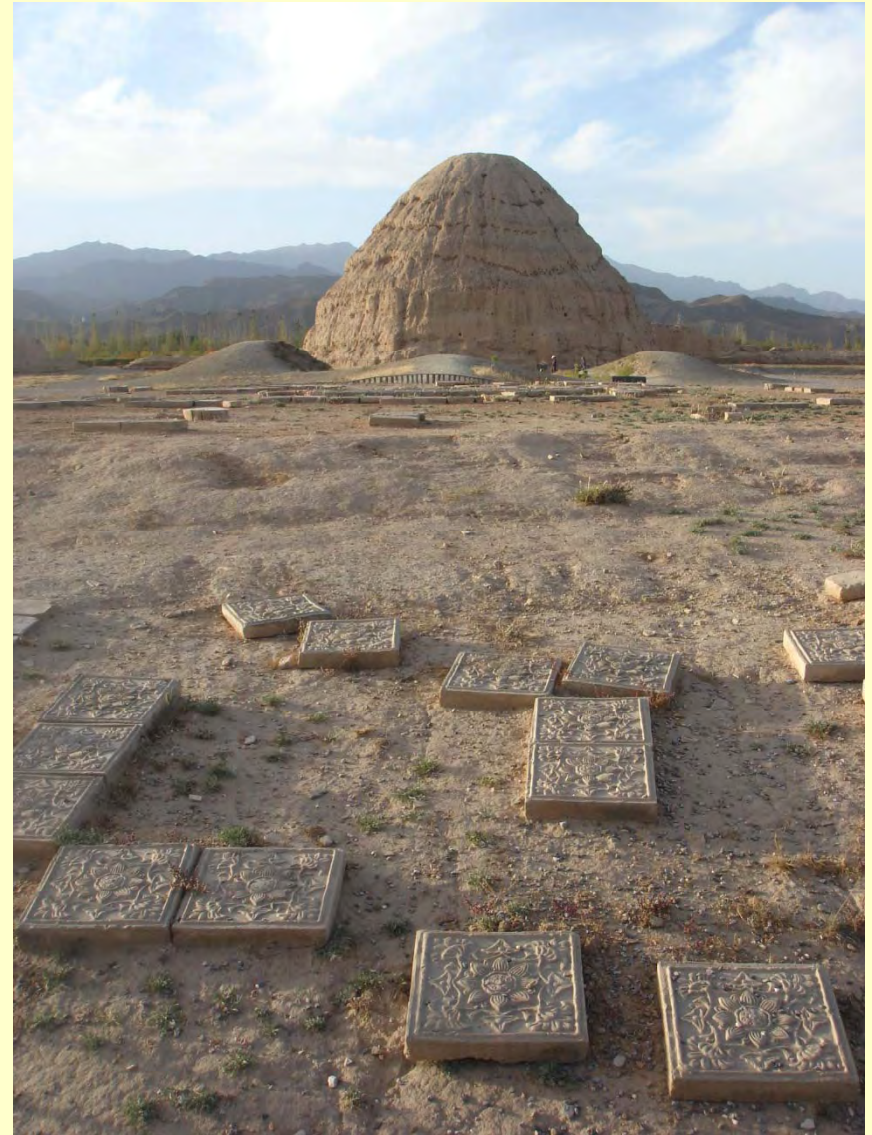
万里の長城：中国西域

寧夏回族自治区

銀川近郊



西夏王陵：銀川郊外

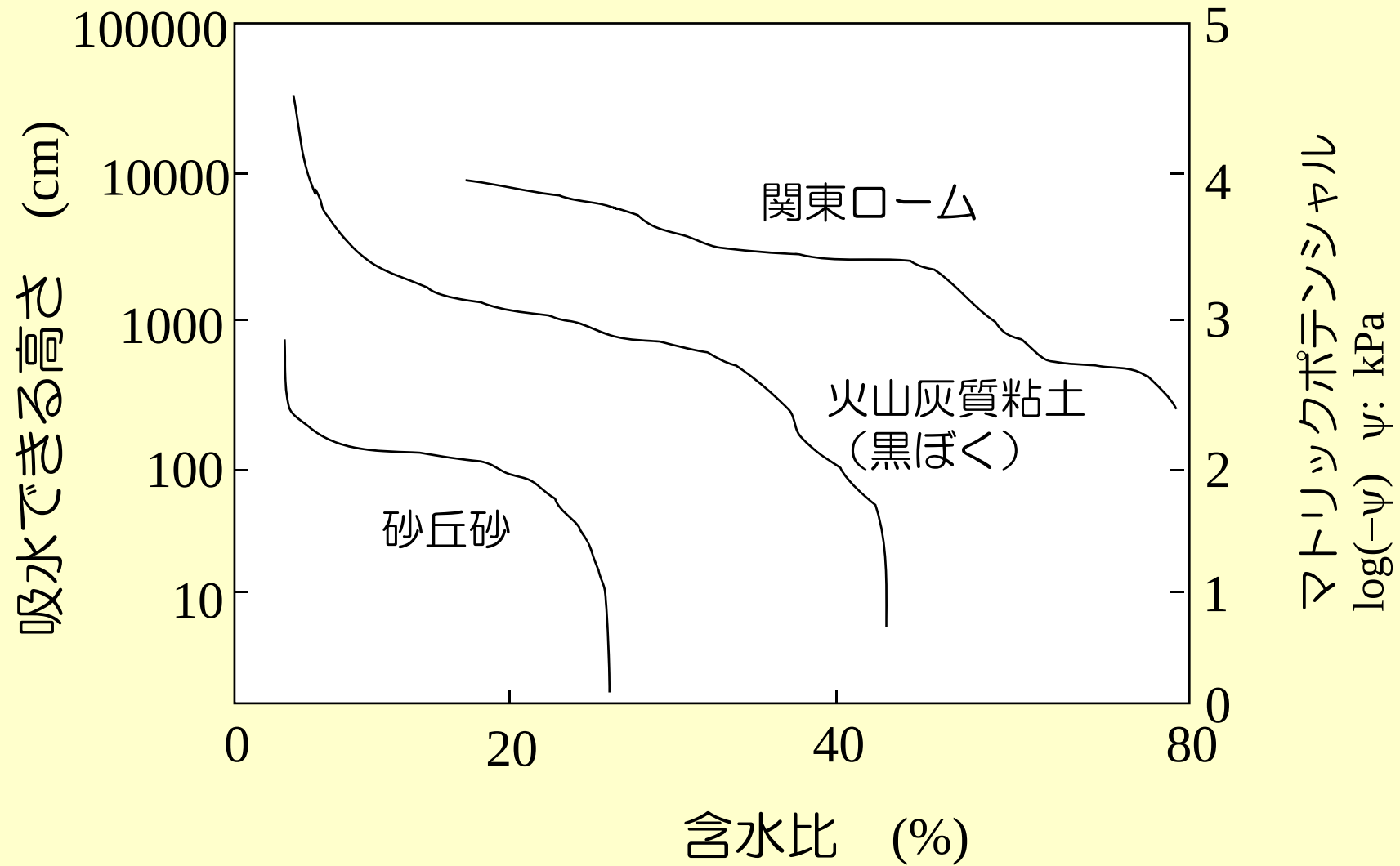


黄土高原：中国・寧夏回族自治区・銀川郊外

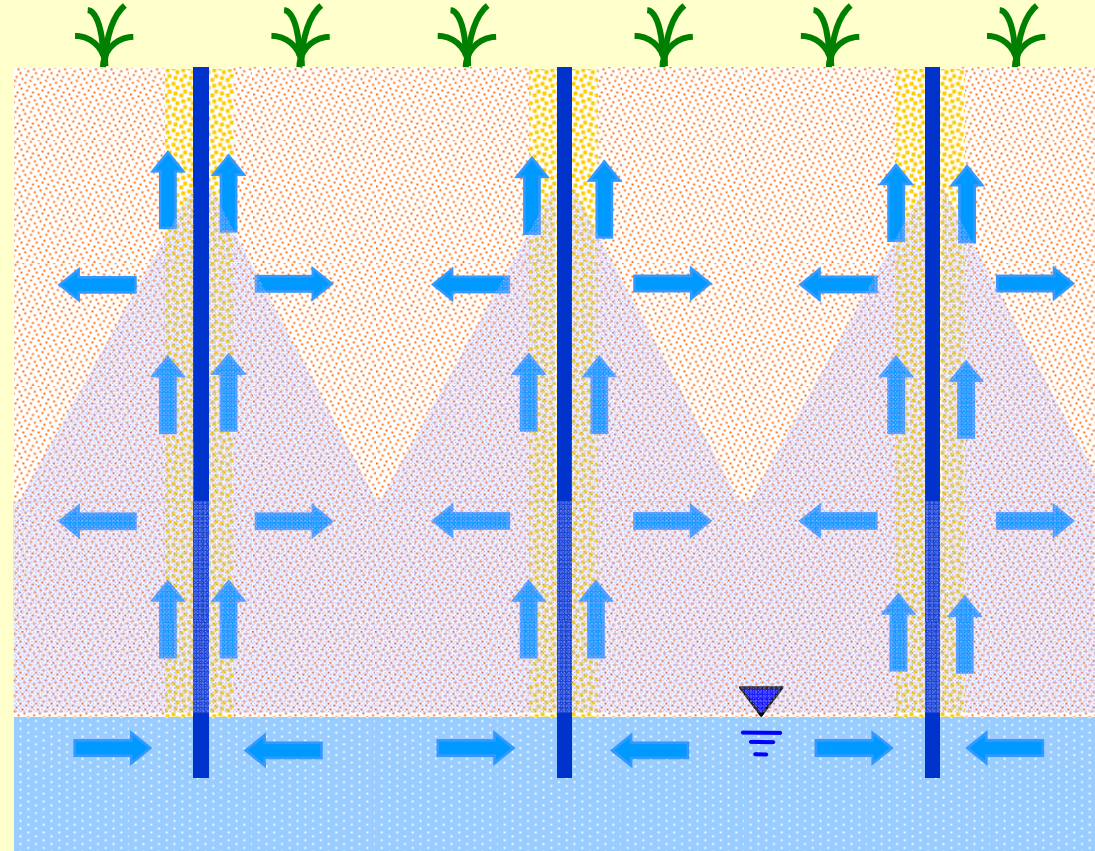
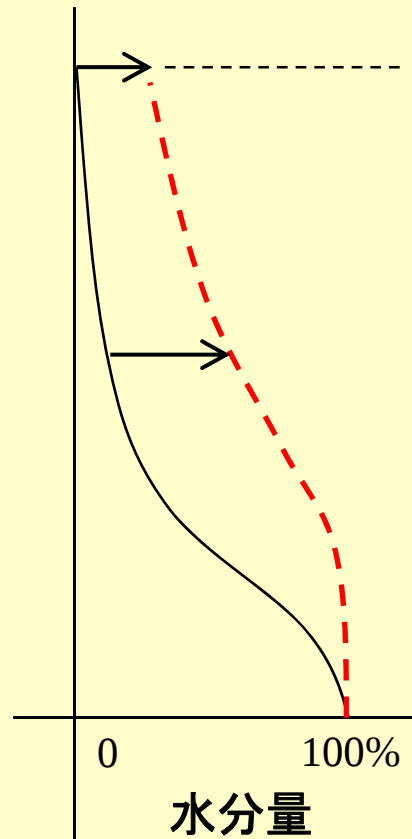




土質の違いと水分特性



砂漠緑化のイメージ



地下水の吸水機能と周囲の地盤への水分供給機能を併せ持つサクションドレーン材の開発を目指す

毛管現象による液面上昇高さ: h

$$h = \frac{2T \cos \theta}{\rho g r}$$

T : 水の表面張力(20℃) = 0.07275 (N/m)

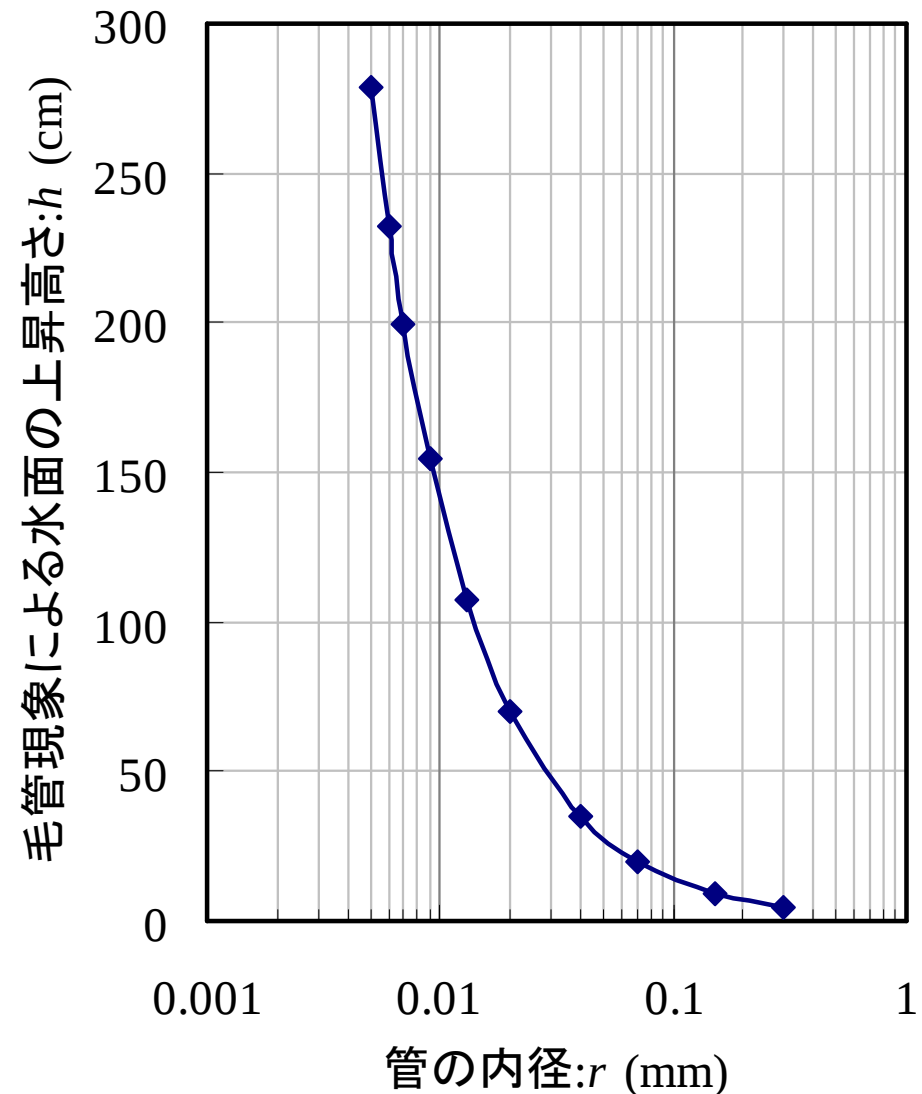
θ : 接触角 = 20(°)

ρ : 液体の密度 = 1000 (kg/m³)

g : 重力加速度 = 9.80665 (m/s²)

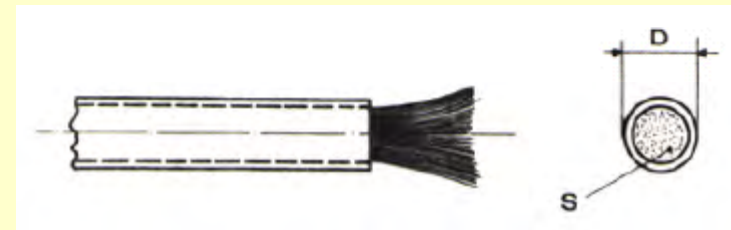
r : 管の内径(半径) (m)

⇒ 管の内径を小さくすることで吸上げ高さを期待し、トータルの断面積を大きくすること(毛管の集合)で吸上げ量を期待する。



ロープ状サクションドレーン

- 繊維間の毛管現象による地下水吸上げ
- 吸水性試験
 - 0.5m
 - 1.0m
 - 2.0m

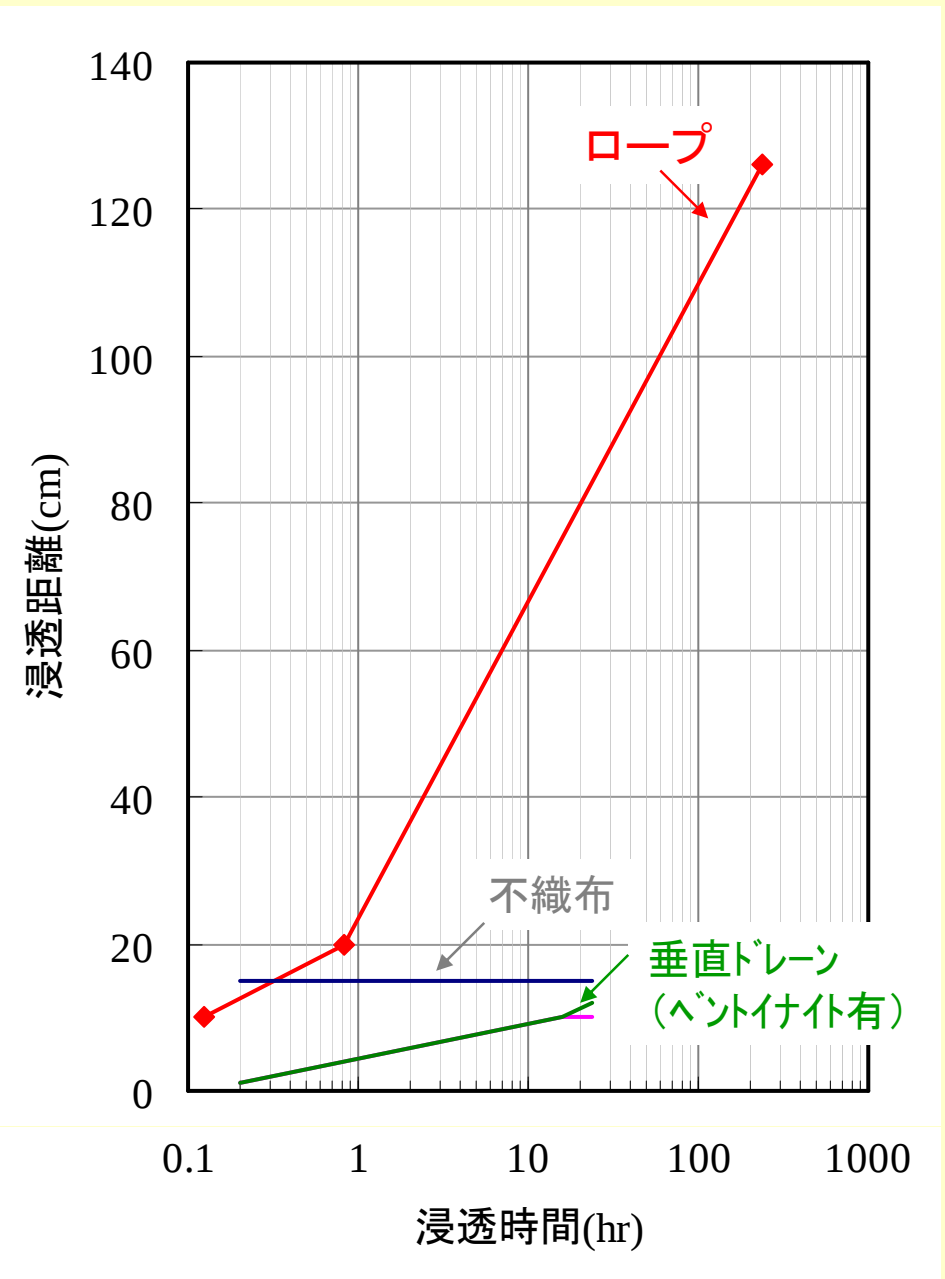


- パラメータ
 - 親水性材料添加
 - ロープ径
 - 繊維材質・径・密度
 - 被覆材材質・厚さ

D	S	Wgt.	Traction breaking
Ø mm (in)	cm ² (in ²)	kg/m (lbs/3.29ft)	load * kg (lbs)
4 (5/32)			300 (662)
7 (9/32)	0.079 (0.012)	0.036 (0.079)	500 (1,103)
8.5 (21/64)	0.159 (0.024)	0.054 (0.119)	1,000 (2,205)
11 (7/16)	0.318 (0.049)	0.086 (0.189)	2,000 (4,410)
13.5 (17/32)	0.555 (0.086)	0.142 (0.313)	3,500 (7,717)
17 (43/64)	0.794 (0.123)	0.208 (0.458)	5,000 (11,024)
20 (51/64)	1.190 (0.184)	0.283 (0.623)	7,500 (16,535)
22 (7/8)	1.590 (0.246)	0.348 (0.767)	10,000 (22,046)

試験結果

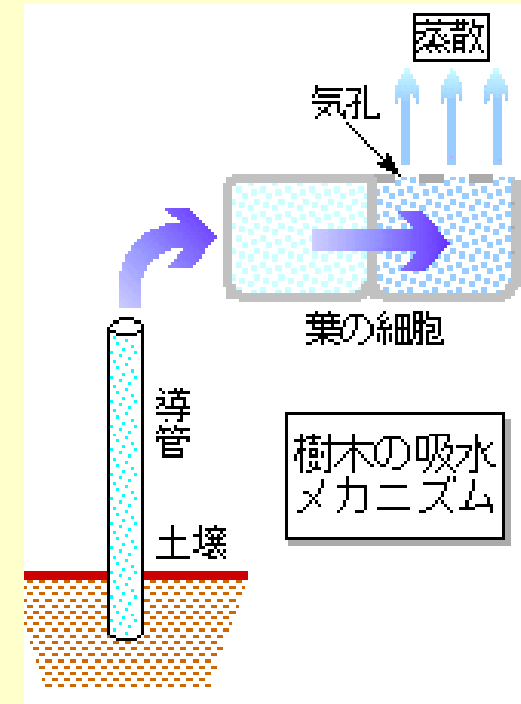
—簡易吸水試験—



樹木の吸水メカニズム

樹木の吸水メカニズムを単純化すると、

- ① 毛根などの毛管現象で吸上げ
しかし、限界あり・・・
- ② 導管の上部を真空にして大気圧で吸上げ
しかし、大気圧の効果は10mまで・・・
- ③ 水柱の上端に位置する葉の細胞で発生する浸透圧で吸上げ
しかし、そのメカニズムは未だ未解明・・・

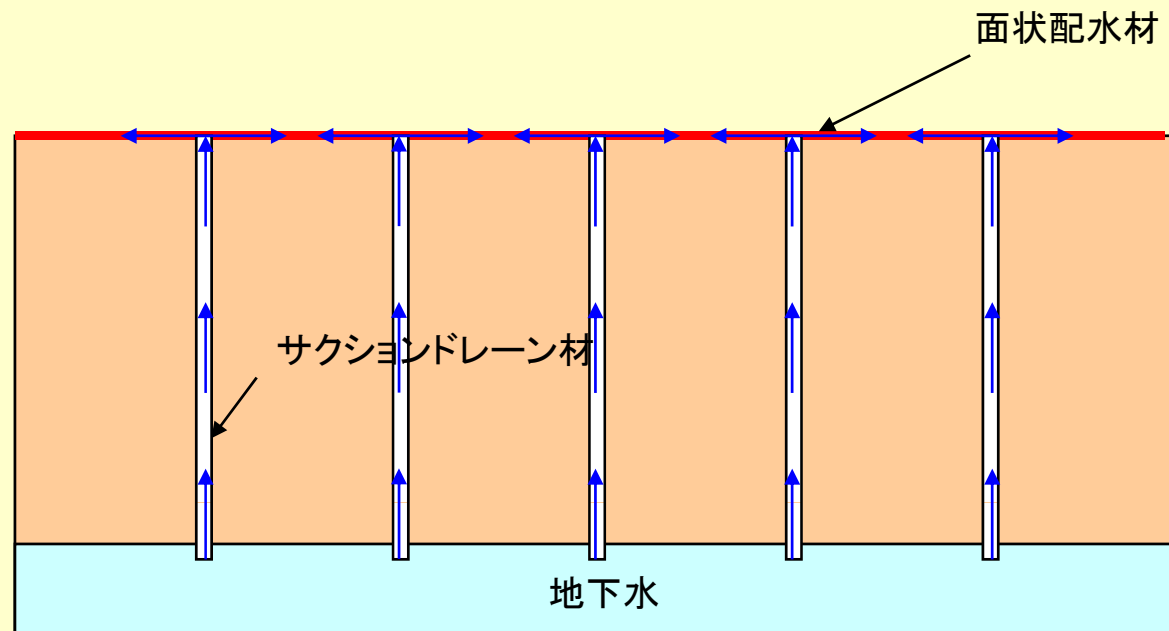


サクシヨンドレーン材で①+②の効果を期待できないか？

⇒ロープ状サクシヨンの(あらかじめ飽和)の乾湿繰り返しによる吸上げ効果を確認する。

今後の課題

- 材料の探索・・・ローフ[°]形状(繊維径, 密度etc)
- 吸水条件・・・飽和+乾湿繰り返し
- 地表面への分配・・・既存技術(不織布, 吸水ポリマーetc)の整理
- 施工方法・・・既存技術(削孔挿入, ホーリングetc)の整理



改良の目的・原理と工学的問題との対応

		力学的問題 の改良				水理学的問題 の改善			環境・衛生 問題の解決	
		支持力の増大	変形の防止	土圧の軽減	斜面の安定	液状化の防止	止水	排水	環境の保全	廃棄物の処理
置 換										
土 の 改 良	圧密 脱水									
	締固 め									
	固結									
補 強										

土質に対する改良原理の適用

地盤改良 の 原理	改良効果 の 発揮期間	有機質土	火山灰質粘性土	高塑性粘性土	低塑性粘性土	シルト質土	砂質土	礫質土	土の状態 の改良	
圧 密 脱 水	長期に なるほど 安定								含水比減 少による 高密度化	高密度 化
締固め	長 期								間隙減少 による 高密度化	
固 結	比較的 短期									
補 強	材料の寿 命に対応								補強材で 安定化	状態変 化なし

補強材の種類：力学的

一次元補強材

- ・ 細板状補強材
- ・ 棒状補強材

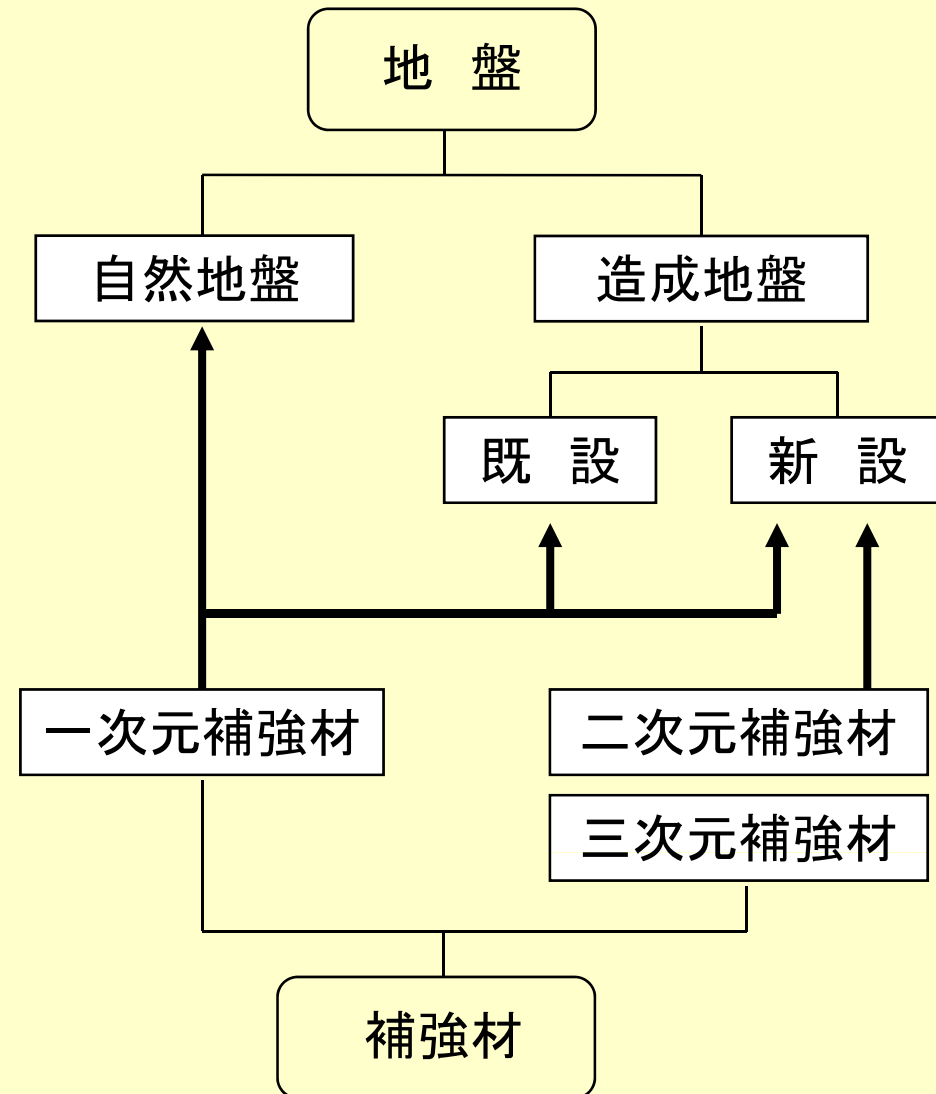
二次元補強材

- ・ 格子状補強材
- ・ 網状補強材
- ・ 面状補強材

三次元補強材

- ・ 立体構造補強材

対象地盤と補強材



地盤補強（補強土工法）の分類と特徴

○ 盛土体の補強

- ・ 降雨・地震に対する安定性の増加
- ・ 不同沈下の軽減
- ・ のり面の急勾配化
- ・ のり面の緑化
- ・ 排水機能の付与

○ 壁面を持つ盛土の補強

- ・ 施工が容易
- ・ 基礎地盤の処理が簡単
- ・ 工期が短い
- ・ 盛土材の適用範囲が広い

○ 基礎地盤の補強

- ・ トラフィカビリティの確保が容易
- ・ 支持力の増加
- ・ 不同沈下の軽減
- ・ 工期が短い

○ 地山の補強

- ・ のり面の急勾配化
- ・ のり面の緑化
- ・ 施工が簡便，容易
- ・ 補強効果の信頼性（グラウト工に比べて）

地盤や土に関連した工事や処置のすべてがうまくいかない原因（1）

1. 前提条件の不備

- ・力学的な取り扱いをするためには、あらかじめ示されなければならないものがある。

例えば、軟弱地盤の場合には、軟弱地盤の範囲、深さ、地層・土層区分、土の力学定数、構造物の大きさ、重量、用途など。

- ・ところが、地盤や土の状態がよく分からないまま、工事が進められることが多々ある。
分からない原因；

1) 調査不十分

- ・地盤調査の深さ（深さは調査をしなければ確かめられない）
- ・最軟弱箇所の指摘（地盤の破壊や沈下は、最軟弱箇所の数値に影響される）
- ・構造物の重要度や地盤の特性によって、調査の精粗は差があるべき。

2) 地盤調査の誤り

- ・調査データを無批判に受け入れるのではなく、疑わしい箇所を見つける姿勢が大切。→（疑わしい箇所を見つける能力を身につける）
- ・必要があると判断すれば、再調査を行う。

地盤や土に関連した工事や処置のすべてがうまくいかない原因(2)

2. 判断の不適切

- ・地盤調査が適切に行われていても、そのデータを使って仕事をする際に生じる不手際。
- ・計画、設計、施工、確認、対策処置等のあらゆる段階で生じる可能性がある。
- ・由来するところ;

1) 不信: 地盤力学の知識が乏しい場合,

- ・土の違い, 環境の違い, 規模の違いなどを同一視する危険性
- ・数字で比較することを軽視する非科学性
- ・安全率に幅を考えることができない単純さ, につながる。

2) 誤信

- ・考察のどこかに, つなぎ目の切れたところがあるために生じる。

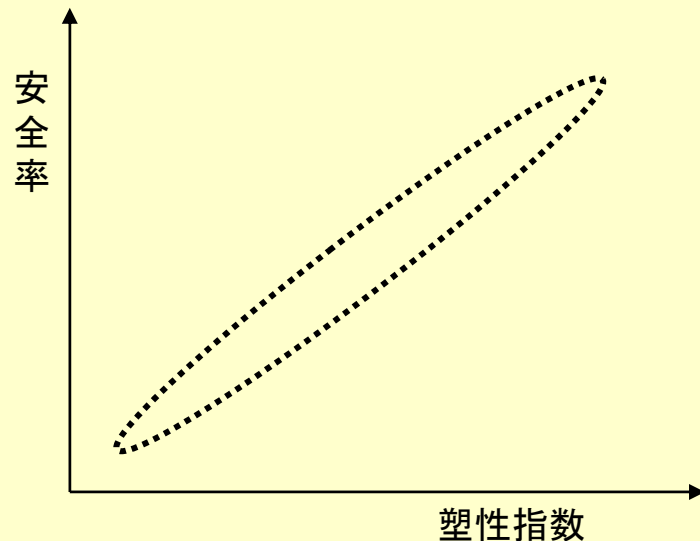
3) 盲信

- ・つなぎ目が切れているか, つながっているか, はっきりしないのに, つながっていると軽率に信じてしまうために生じる。
- ・確認の不十分に由来する。

誤信と盲信：軟弱地盤(1)

盛土地盤のすべりの限界

- ・軟弱地盤に盛土を行う場合、安定解析を行って、安全率を求め、すべり破壊に対する安定性を判断する。
- ・通常、一軸圧縮試験を行い、一軸圧縮強度の $1/2$ を粘着力とし、 $\phi = 0$ で円形すべり面を用いて計算する。
- ・経験的な数値として、安全率 $1.2 - 1.25$ をとれば、妥当とされる場合が多い。



軟弱地盤上の盛土の安全率と軟弱粘土の塑性指数の関係

塑性指数が増すにつれて、すべりを生じるときの安全率の高い値を示す。



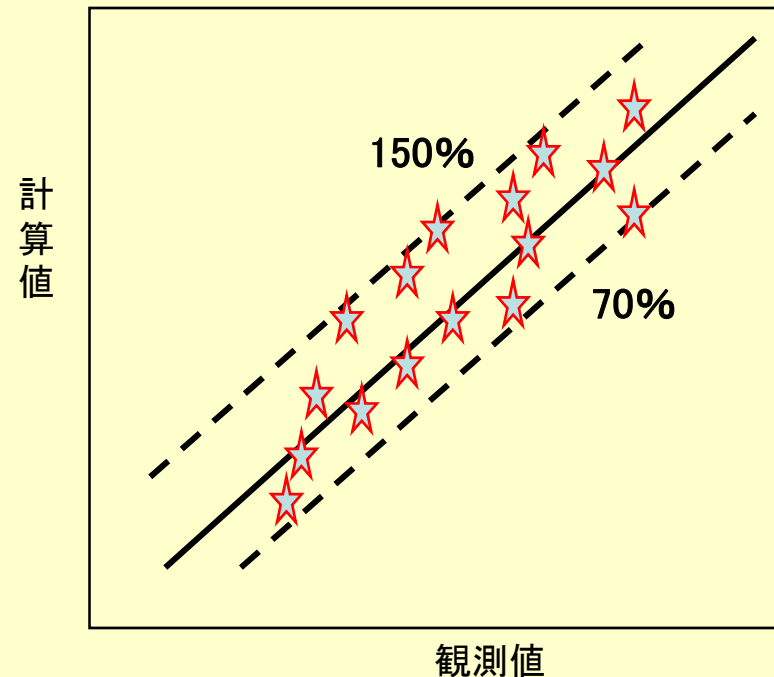
安全率 $1.2 - 1.25$ をとっておけば、軟弱地盤上の盛土は安定である、というのは、ある限られた範囲の粘土に対してのみ適用できる。

それを一般に通用すると考えるのは盲信。

誤信と盲信：軟弱地盤（2）

圧密沈下予測の信頼度

・軟弱地盤に盛土を行う場合、地盤の圧密沈下の時間的経過と最終沈下量を通常、圧密理論によって計算する。



最終沈下量の観測値と計算値の対比

うまく合う場合もあれば、かなりの差が生じることもある。



- ・土層区分の方法
 - ・圧密定数の取り方
 - ・透水の異方性
 - ・排水層の判定
 - ・一次元圧密理論の適用
 - ・圧密試験の方法
- などの影響

計算結果がいつも正しいと考えるのは盲信

誤信と盲信：斜面の安定(1)

1. 盛 土

- ・集中豪雨や融雪期などに崩壊する場合が多い。
- ・土中の間隙水圧な重大な影響を持っている。
- ・安定解析をする際、間隙水圧の大きさが分からない場合に、それを抜きにして計算することは意味がない。
- ・盛土内の間隙水圧変動の一般的な傾向を知っておくことが大切。
- ・土の締めり方は一様でなく、盛土内でむらがある。この締めりのむらが間隙水圧の発生を左右する。
- ・盛土のり尻付近がやや締めり、中段付近に締まった状態があり、そこからのり肩付近まで緩い状態となることが多い。
- ・中段の締まった所の上で大きな間隙水圧が生じ、締まったところの下、あるいはのり尻のやや締まった所の下などでは、間隙水圧はあまり大きくならない。

現実の盛土では、均質な盛土についての考えや実験結果からは推定できないような事情が生じている。

誤信と盲信：斜面の安定(2)

2. 切 取

1) 荷重除去による変形の回復

- ・斜面を構成している地層に内在亀裂があれば割目が開く。
- ・地層が軟岩か粘土層からなる場合には、間隙水を含んでいるので、亀裂があっても水の表面張力のために直ぐには開かず、負の間隙水圧が生じる。その後、水の浸入とともに負の間隙水圧が次第に減少して無圧になり、せん断抵抗が減少して安定を失う。それまでに長い時間がかかる(数年)。

2) 斜面を構成する地層に内在する劣弱帯(断層粘土, 破碎帯, 風化層, 旧すべり面など)が切取によって浅くなり, 安定に重大な影響を与える。

3. 自然斜面

自然斜面が豪雨により崩壊するのは、間隙水圧の上昇によるものである。

間隙水圧の変化をつかめない限り、どのような崩壊の予測を行っても信頼度は低い。

4. 地すべり

地すべりは斜面の異常事態である。1)異常がどこで生じているか, 2)異常はどの程度かを知り, 次いで, 3)今後, その異常がどのように進行するか, 4)異常斜面を再び安定に戻すにはどうすればよいかの見通しをつける。

地盤に関わる学問・技術の英語表記

	土質工学標準用語集	栗原
土質力学	soil mechanics	
土質工学	soil engineering	soil mechanics and foundation engineering
基礎工学	foundation engineering	
地盤力学	geomechanics	
地盤工学	geotechnical engineering	geomechanics and foundation engineering
土木地質学	engineering geology	
地盤技術（狭義）		soil engineering
地盤技術（広義）		geotechnical engineering