

締固め土の工学的特性

- 強度、圧縮性、透水性 -

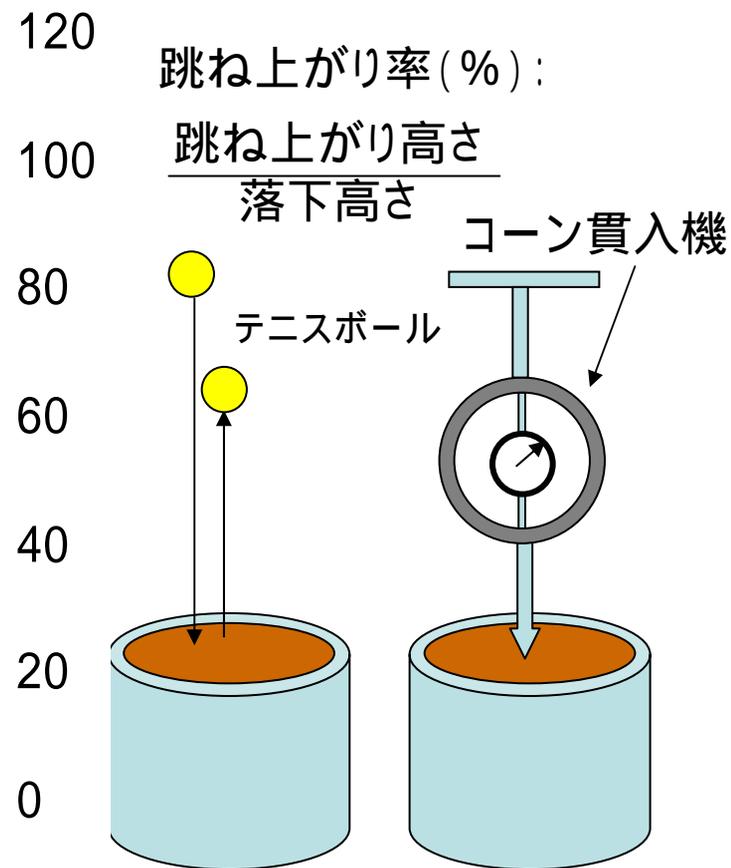
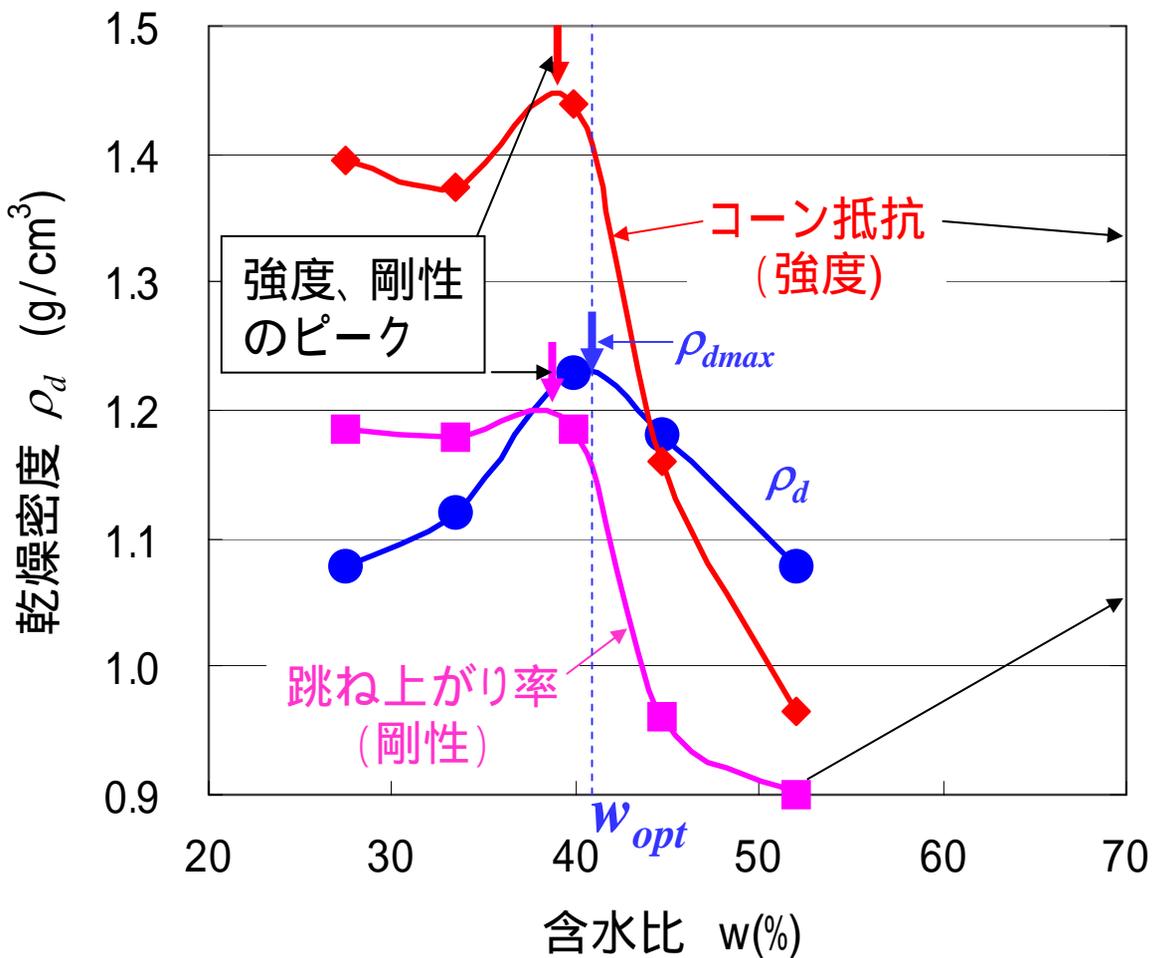
- すべての土構造物の築造には締固めが行われる

- 道路盛土、鉄道盛土、宅地造成 <= 沈下対策、安定性向上
- 空港、掘削後の埋め戻し <= 沈下対策
- 廃棄物処分場のライナー <= 遮水材
- フィルダム <= 沈下対策、安定性の向上、遮水層、フィルター層
- 緩い砂地盤 <= 液状化対策

- 安定性向上 (強度の増加)
- 沈下対策 (圧縮性の低下、剛性の増加)
- 遮水材 (透水性の低下)
- フィルター材 (透水性、粒径のコントロール)
- 液状化対策 (力学特性の改善)

締固め度と強度、剛性

(学生実験: 関東ローム + 砂の混合土)



締固め土の工学特性

土の工学的特性 = f(密度)

密になればなるほど、
硬く、強く、水を通し難い

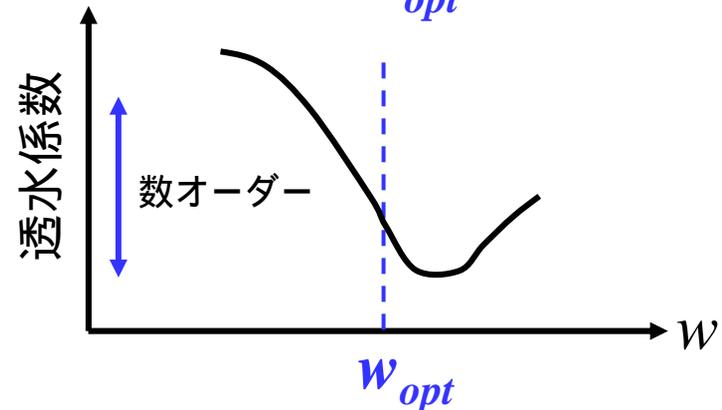
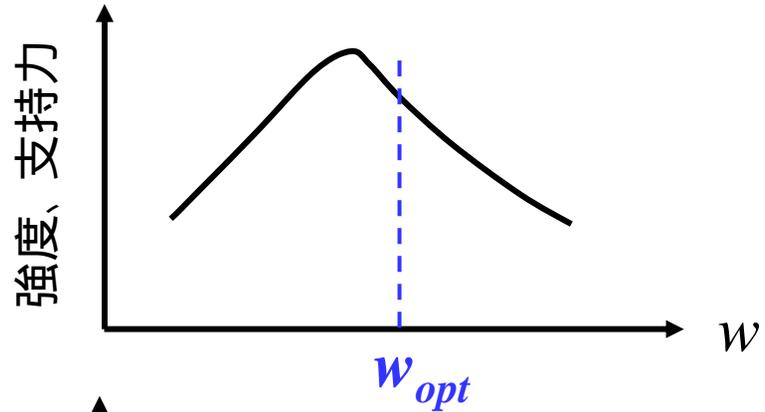
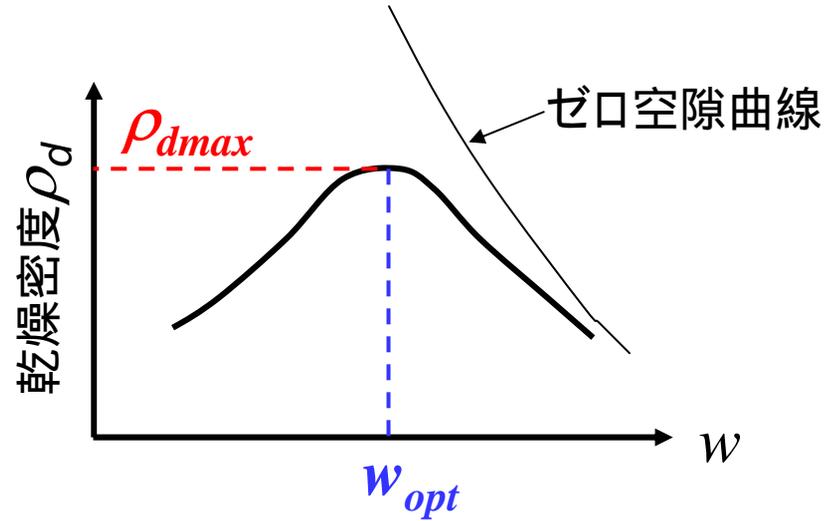
強度最大の含水比 $< w_{opt}$

why??

透水係数:

締固めにより数オーダーの変化
透水係数最小の含水比 $> w_{opt}$

why??



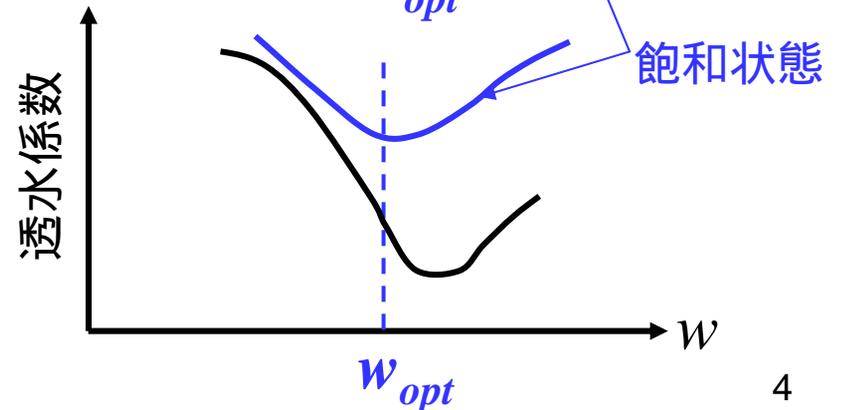
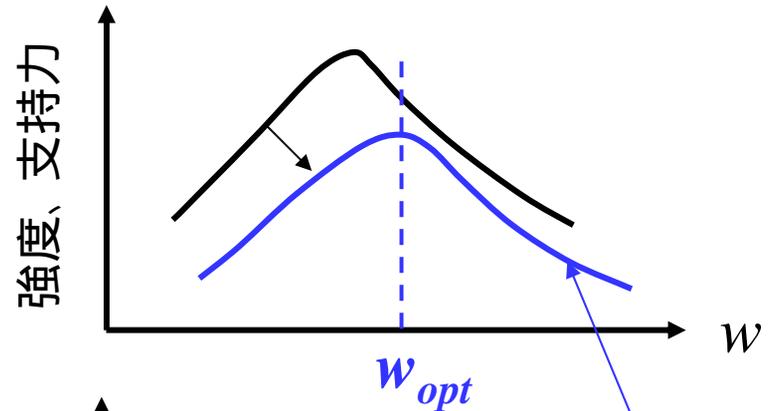
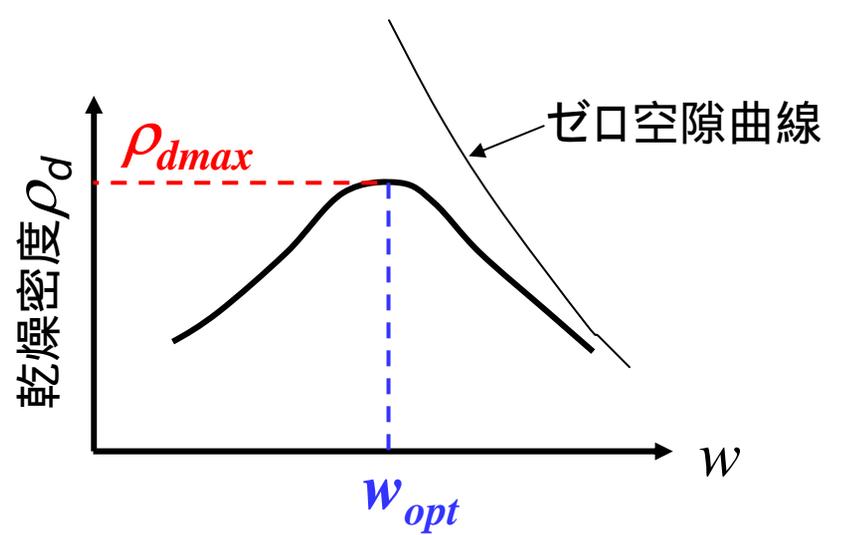
現場締め

施工後、降雨等により
不飽和 => 飽和に近い状態

- 強度低下
 - 圧縮性増加
 - 透水係数上昇
- 沈下
(コラップス)

含水比の変化大きいほど大きい

実際の現場締め固めの含水比
 w_{opt} 以上に設定



現場締固め度

- 実際の現場の締固めは、突き固めによる締固め試験(室内試験)と異なる。
- 多くの土の自然含水比(w_n) $> w_{opt}$

現場締固め土の密度 締固め試験で求まる ρ_{max}

現場の締固め管理:

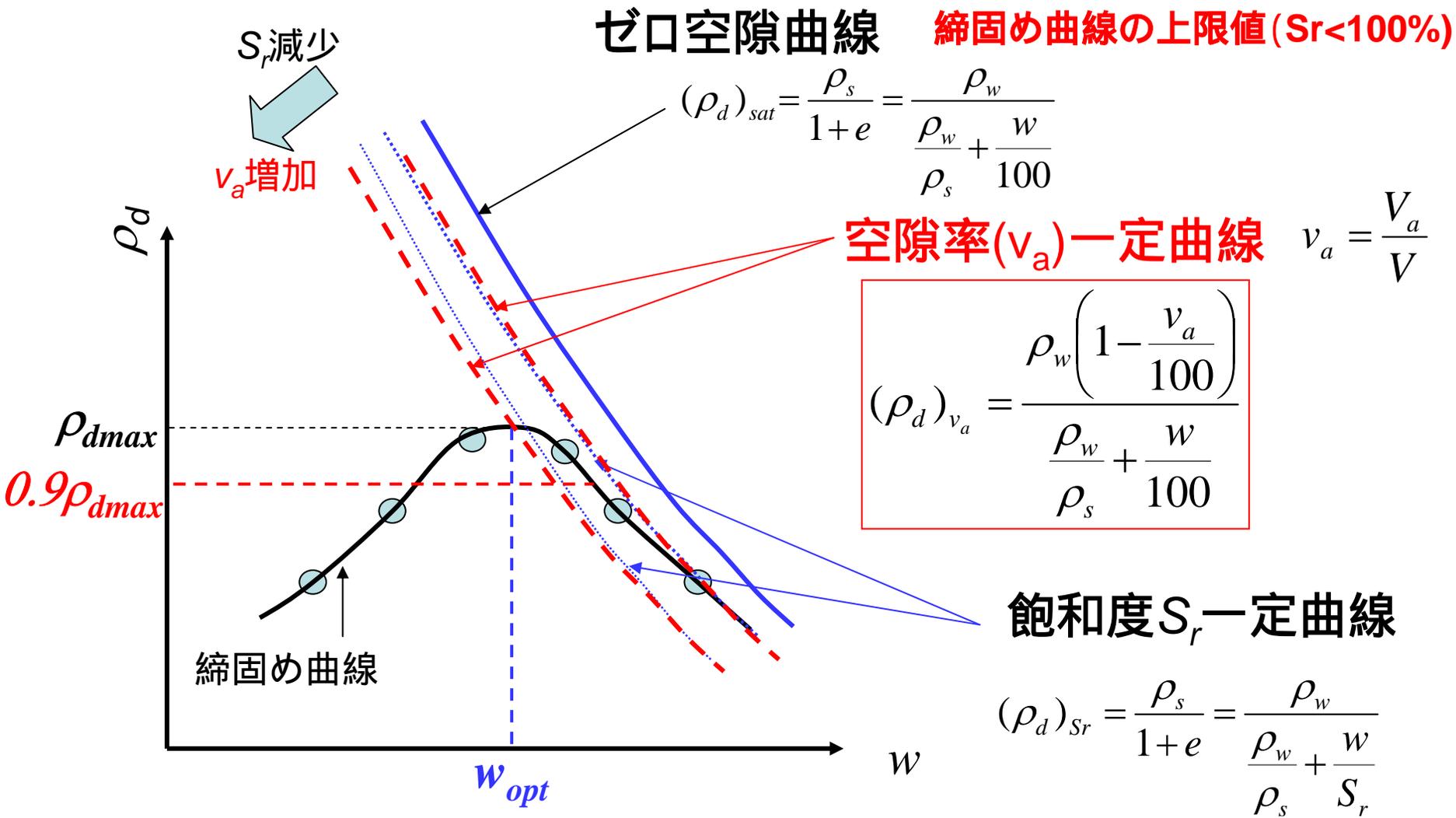
現場密度: ρ_d , 空隙率: v_a , 飽和度: S_r

$$D_c = \frac{\text{現場の締固め乾燥密度}}{\text{室内試験で求まる最大乾燥密度}} \times 100 (\%)$$

道路工事: 盛土 D_c 85-95%
路床 D_c 90-95%

空隙率: 2% v_a 10%、 飽和度: 85% S_r 95%、

現場締め



現場締め固め機械



振動ローラ



ブルドーザ



振動ローラ



タイヤローラ



タンパー

アスファルト舗装の構造

asphalt pavement

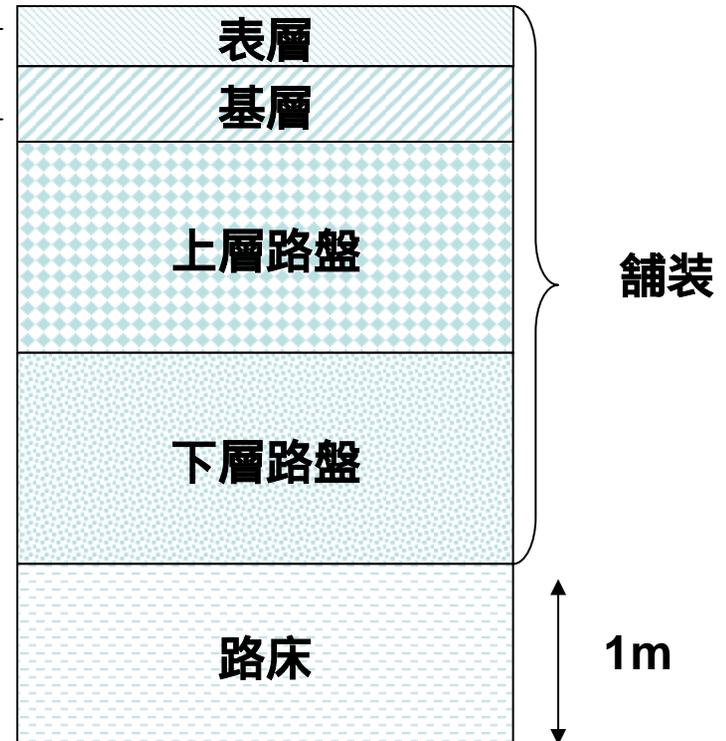
舗装の設計、施工：
路床や路盤の強さの評価

アスファルト
(瀝青材料)

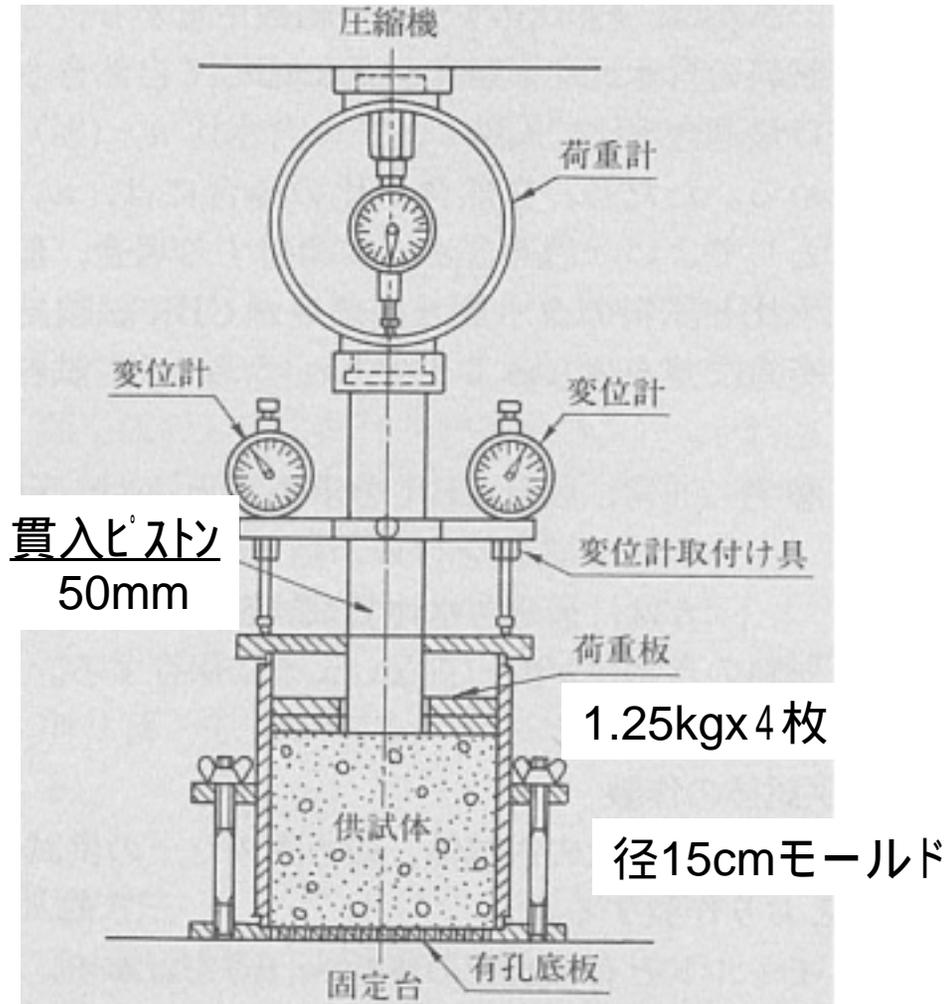
CBR (California Bearing Ratio)
路床土支持力比

2.5mmと5mm貫入時の

$$\text{CBR} = \frac{\text{荷重強さ(荷重)}}{\text{標準荷重強さ(荷重)}} \times 100 (\%)$$



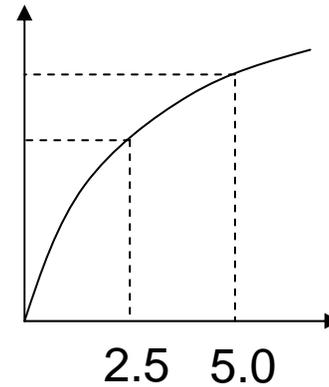
CBR試験



供試体の作製: 突き固めによる締固め

(JIS) 設計CBR: ランマー重量: 4.5kg、
落下高さ45cm 3層 (1層当り落下数: 67回)
ただし、各機関によって異なる

貫入強さ



貫入量(mm)

貫入量 (mm)	標準荷重強さ (MN/m ²)	標準荷重強さ (kN)
2.5	6.9	13.4
5.0	10.3	19.9

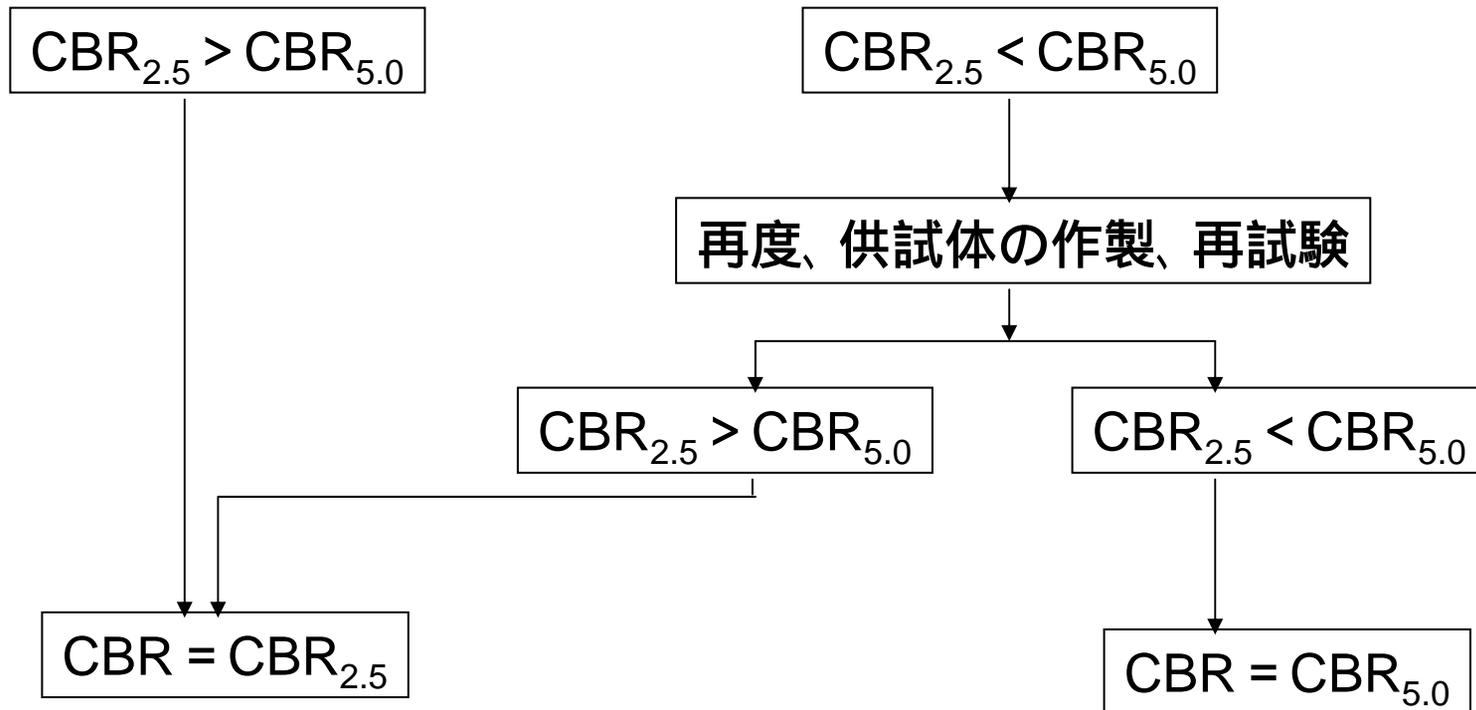
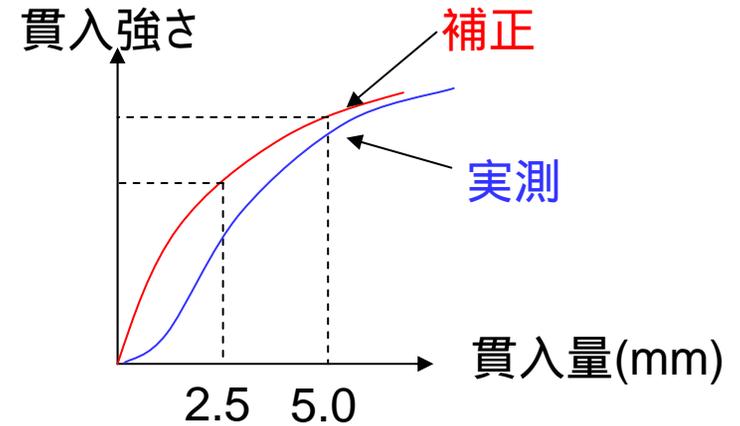
吸水膨張試験 => CBR試験

良好な路床: 膨張量1%以下、
通常な路床: 2%以下、不良: 2%以上

CBRの決定

$CBR_{2.5}$: 2.5mmにおけるCBR

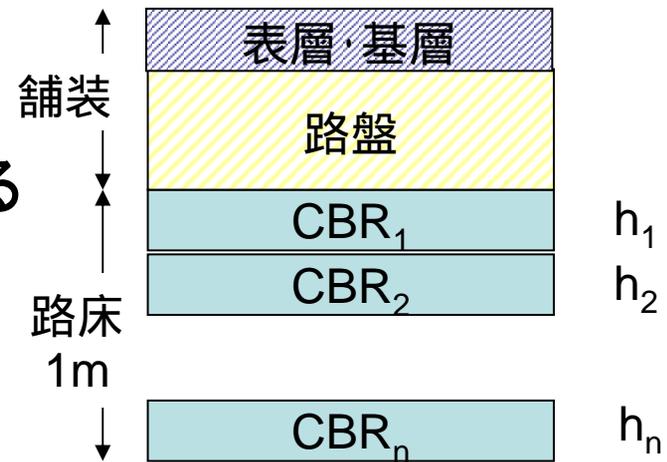
$CBR_{5.0}$: 5.0mmにおけるCBR



設計CBR

路床土について求め、舗装の厚さを決める

$$CBR_n = \left(\frac{h_1 CBR_1^{1/3} + h_2 CBR_2^{1/3} + \dots + h_n CBR_n^{1/3}}{100} \right)^2$$



区間の CBR(%)	2~3 未満	3~4 未満	4~6 未満	6~8 未満	8~12 未満	12~20 未満	20以上
設計 CBR(%)	2	3	4	6	8	12	20

舗装厚さ: 交通量、設計CBR、

交通量区分

L、 A B C D
 (大型100台/日未満) (100-250) (250-1000) (1000-3000) (3000以上)

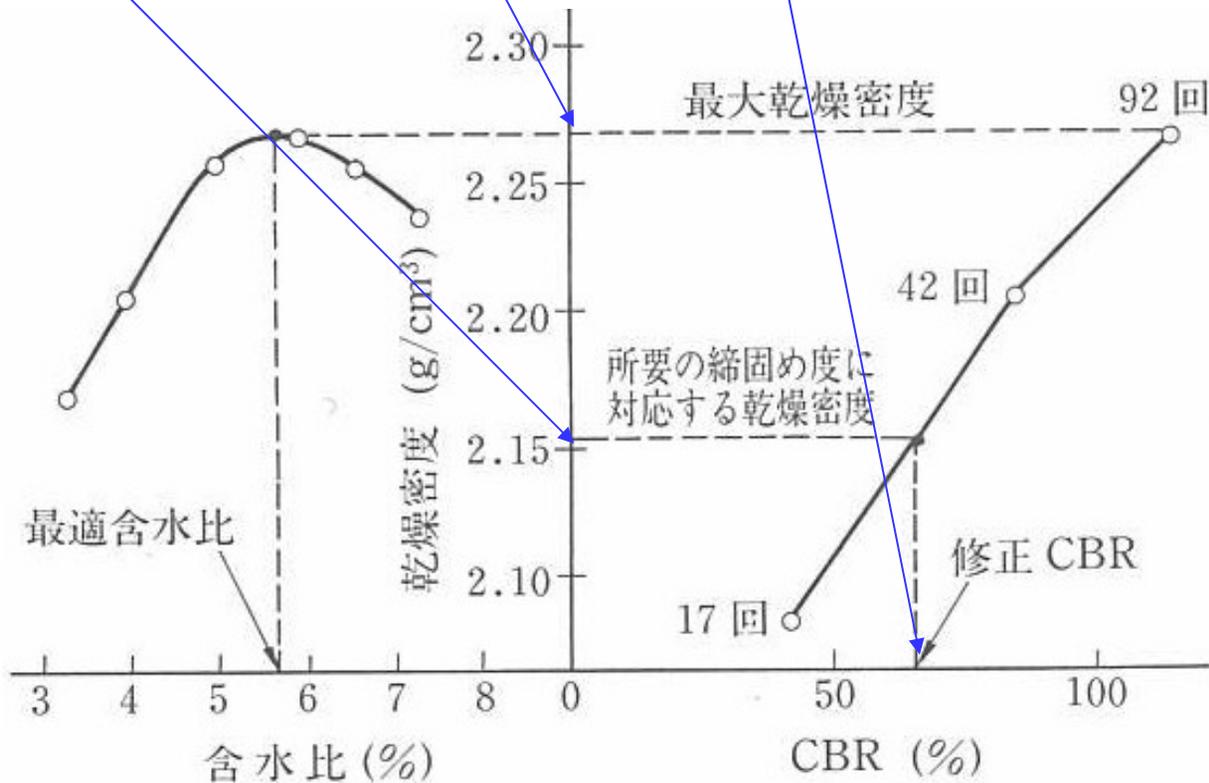
換算舗装厚さ

設計CBR = 3:	15cm	19cm	26cm	35cm	45cm
設計CBR=20:	11cm	13cm	17cm	20cm	26cm

等価換算係数 a_n : 表層・基層(加熱アスファルト混合物):1、
 上層路盤:0.8~0.35、下層路盤:0.25~0.2 (工法、材料、規格に依存)

修正CBR：路盤に用いる材料の品質を決める

路盤材料などを対象に3層92回突固めて得られる最大乾燥密度に対する所要の締固め度に相当する浸水CBR：



一般道路、高速道路、鉄道、簡易舗装道路等によって、路盤(上層、下層)のCBRが規定されている。Ex)高速道路、(上層：修正CBR80%以上、下層：30%以上)

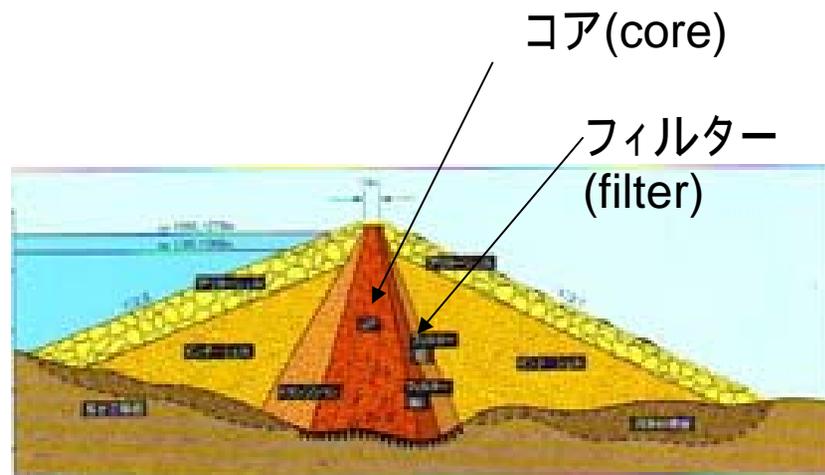
ロックフィルダム: Rockfill dam



高瀬ダム(長野県大町市)

堤高 / 堤頂長 176m / 362m
 堤体積 11590千m³

湖水誕生: 曾野綾子



上ダム: 高瀬ダム



地下発電所

下ダム: 七倉ダム

揚水式発電: 128万kW

本日のTechnical terms

現場締固め度: site compaction ratio

アスファルト舗装: asphalt pavement

CBR: California Bearing Ratio

設計CBR: design CBR

修正CBR: modified CBR

ロックフィルダム: Rockfill dam

コア材: core

フィルター材: filter

揚水式発電: Pumped Storage Power Plant

Key words

(土の基本物理量)

Darcy則、連続条件、

フローネット、応力(全応力、有効応力、間隙水圧)、地下水流れ

プロクターの原理

締固め試験、飽和度、空隙率

強度、透水性