



令和6年度 土木技術者育成講演会(第2回)

日時: 令和6年12月12日(木) 15:20~16:20

オンライン講習会

積雪寒冷地における冬期土工の留意点

寒地土木研究所 寒地地盤チーム

佐藤厚子¹

積雪寒冷地の冬期土工

低温下の作業
雪、凍土の混入
土の凍結・凍上
日照時間の減少

品質の確保に影響（夏期間の土工より品質低下）

良い時期に土工を施工することが一番

やむをえず冬期に土工

原因の判明、対策が提案できれば・・・

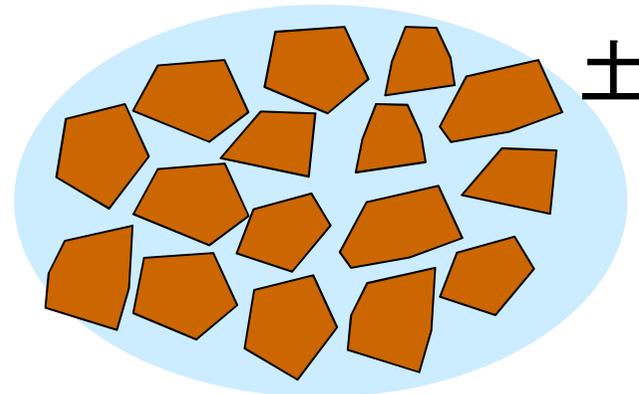
発注機関 施工業者 研究機関

手引きの作成

冬期土工による変状の要因

雪の混入

雪が混入



転圧—雪が圧縮

気温が低く雪が溶けないときは強度が大きい
気温が高くなり雪が溶けると土の周りは空洞

締固め度が低い 強度が低い

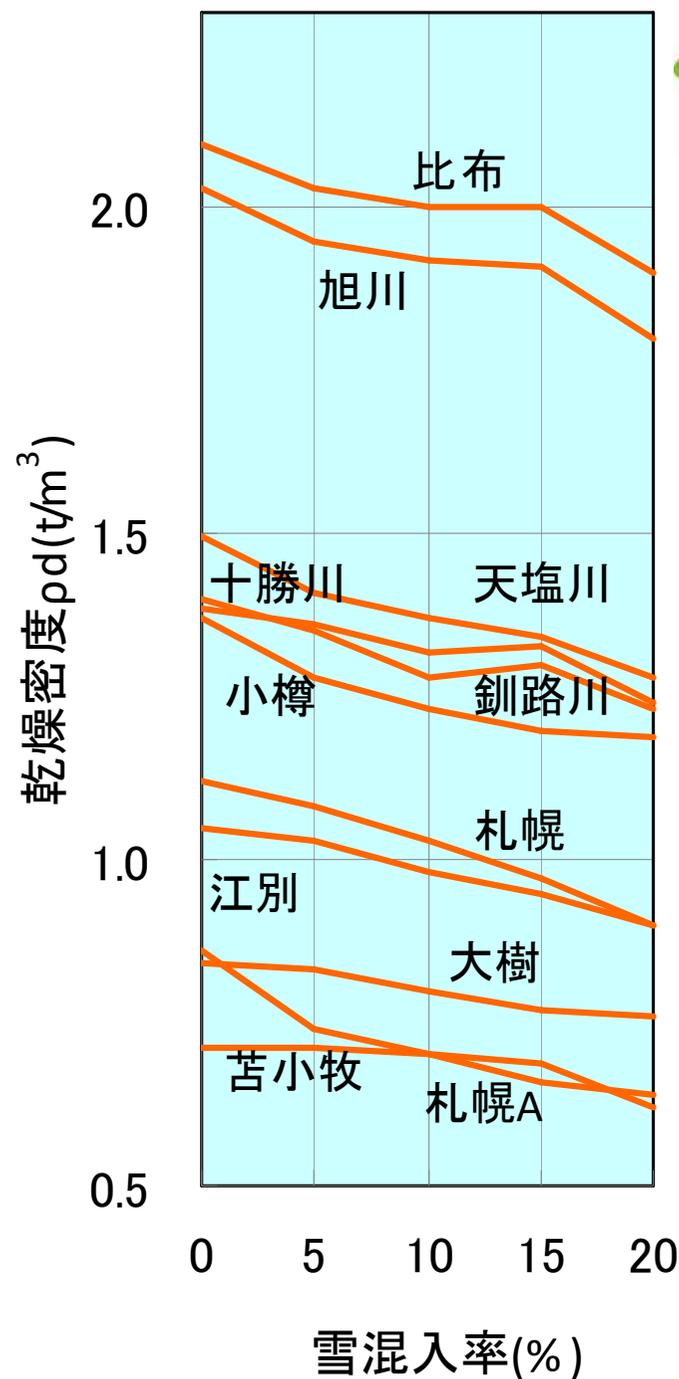
盛土が変状

室内試験

雪を混合した時の密度の変化

いろいろな土質
雪の混合量を変えて
締め固め

雪を混合すると密度は小さくなる



積雪寒冷地の冬期土工

氷の混入

施工前
前日の低温
盛土表面に霜柱



氷をとりきることができない



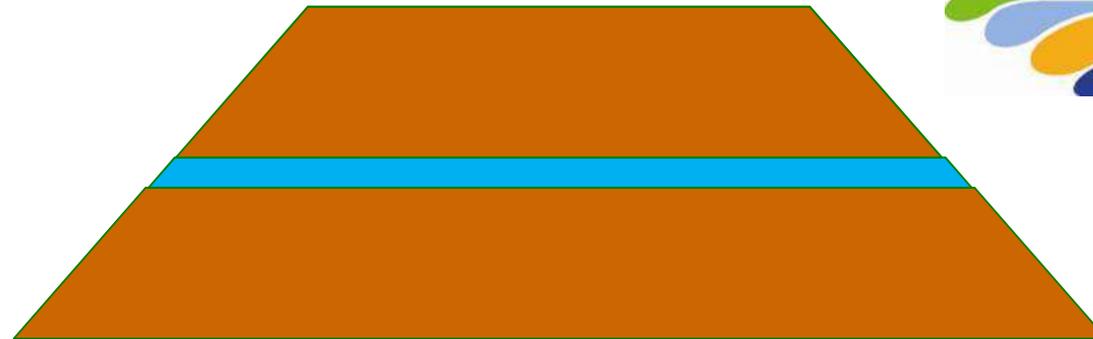
氷が水に



低温のため盛土表面に氷

とけた氷が水となり盛土表面が泥濘化
トラフィカビリティの確保困難

氷が混入



低温のため盛土表面に氷

氷を全て取り除くことは困難

次の盛土施工

気温が上昇すると氷が融解
盛土が変状

積雪寒冷地の冬期土工

凍土の混入

凍土か岩かわからない

凍土を取り切れない



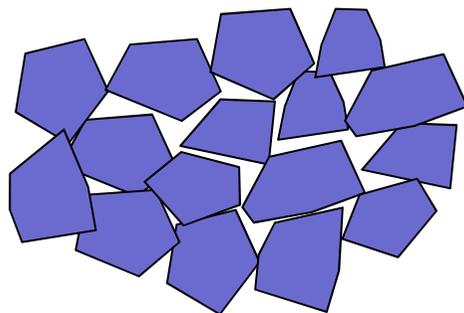
凍土の例



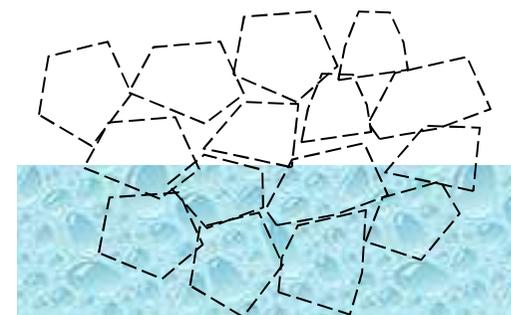
凍土の混入



凍土



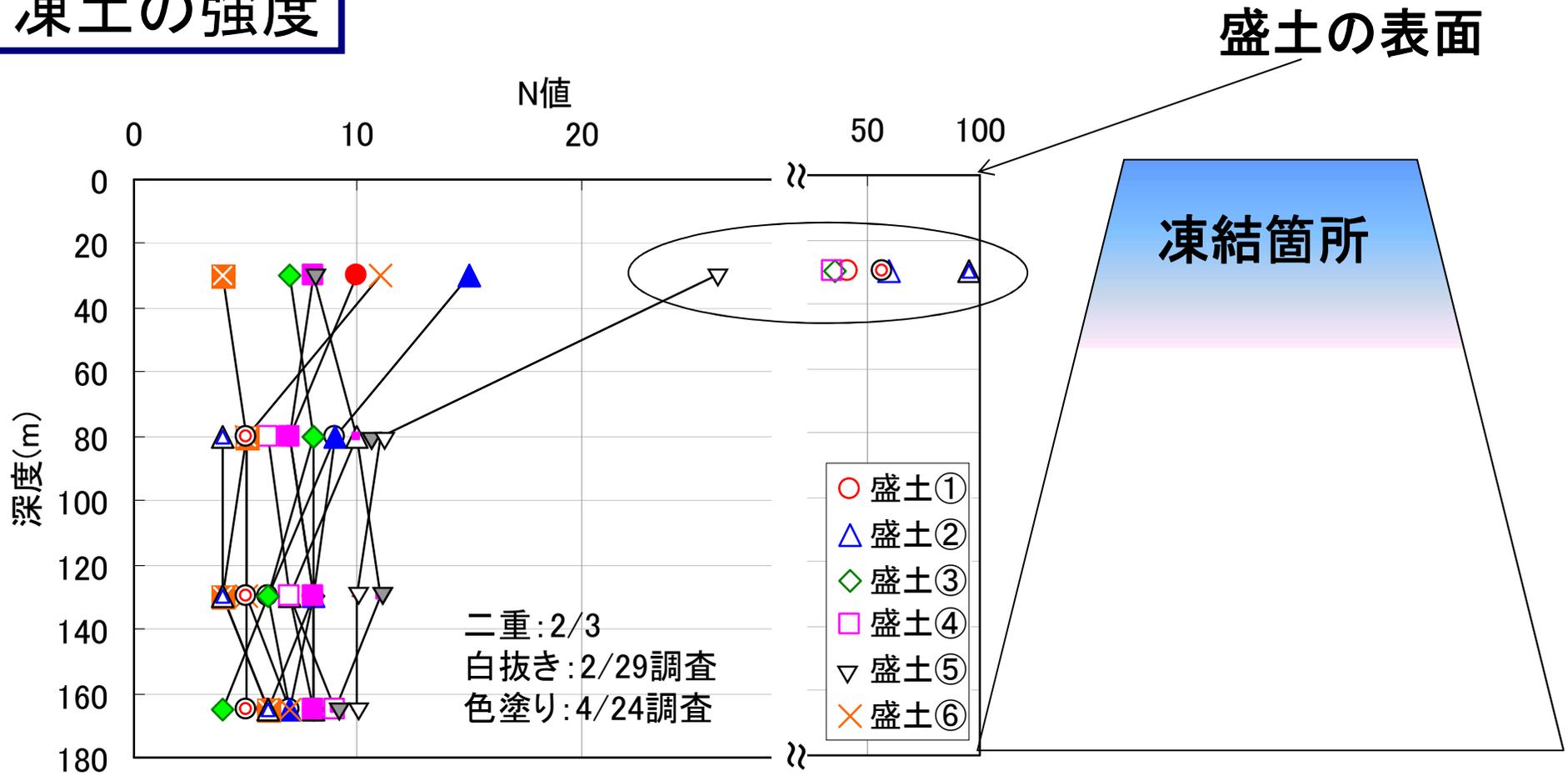
気温高



塊が溶けて土に

岩 暖かくなってもそのまま 強度が大きい
凍土 気温が低いときは強度が大きい（密度低い）
気温が高くなると凍土が溶けて強度が低くなる

凍土の強度



凍った箇所のN値は大きい

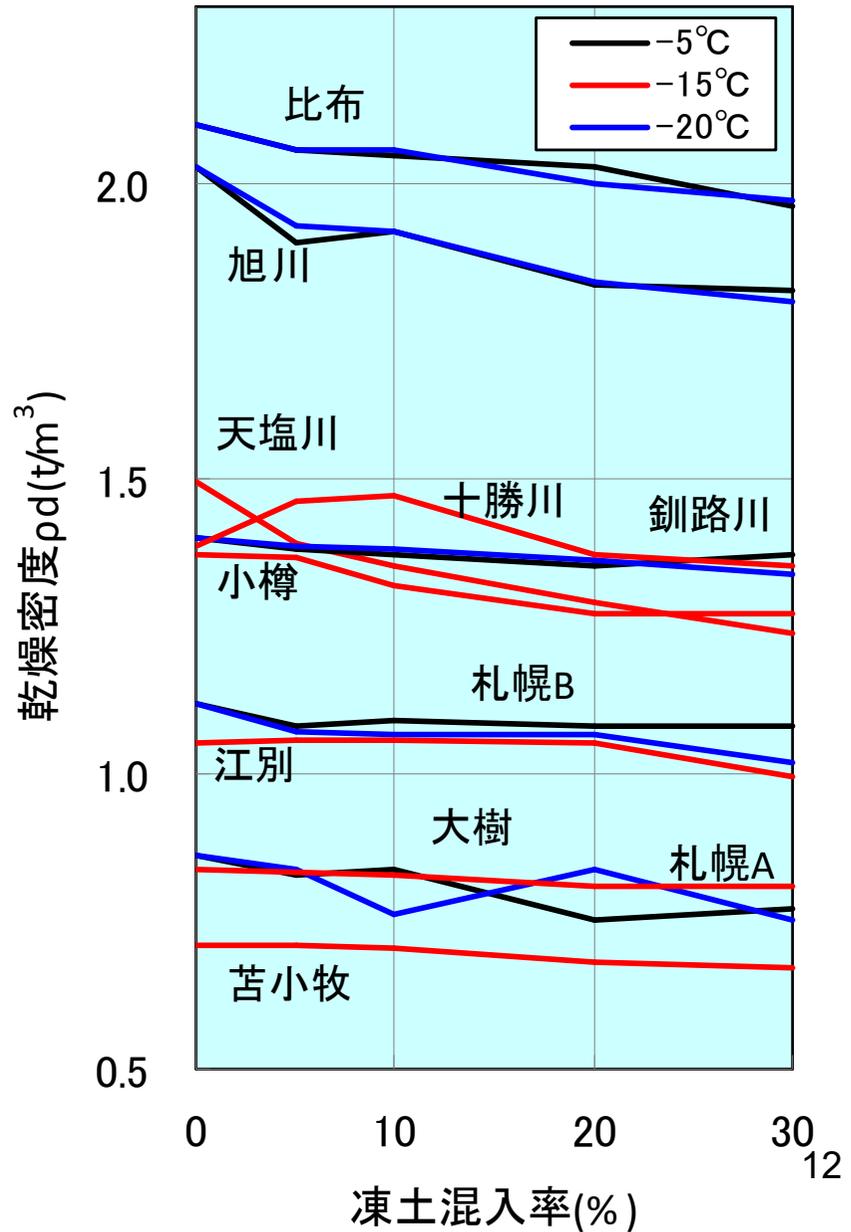
N値 30~100

室内試験

凍土を混入したときの密度の変化

いろいろな土質
凍土の混合量を変えて
締固め

凍土を混合すると締固め
度は小さくなる



試しに...

凍った土で盛土を作ってみました。



凍った土を砕きました(20cm)



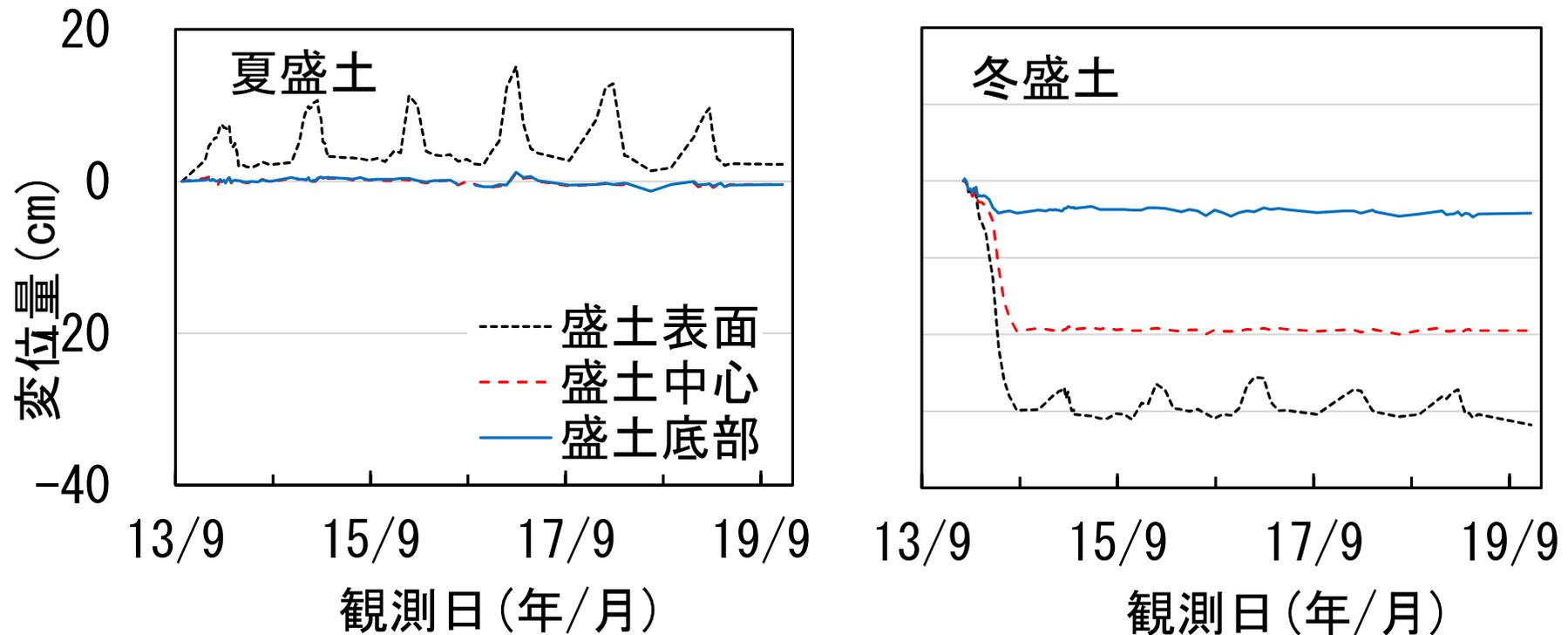
敷き均し

夏に作った盛土と比較してみました



転圧



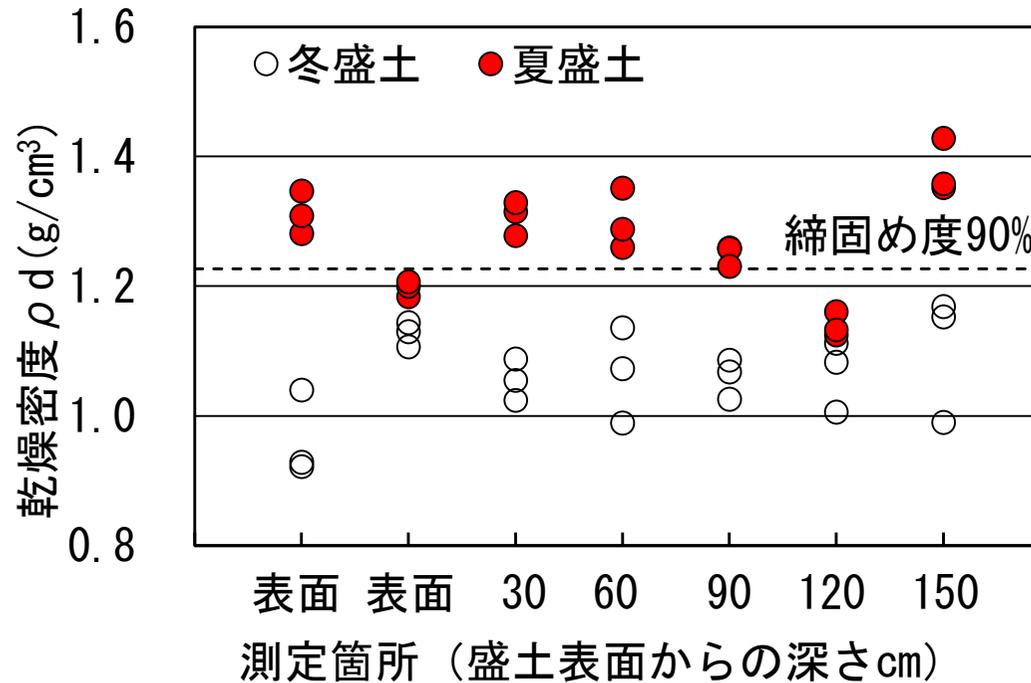


盛土中心 天端 8月下旬まで沈下

凍土融解による盛土の沈下 1冬目でほとんど終了

盛土の天端 31cm 盛土中心 19cm沈下

盛土の乾燥密度



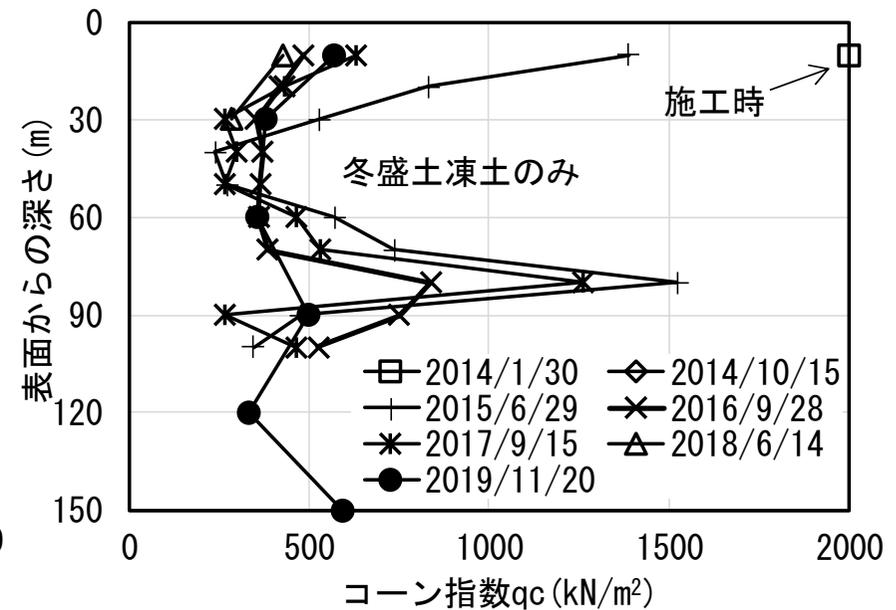
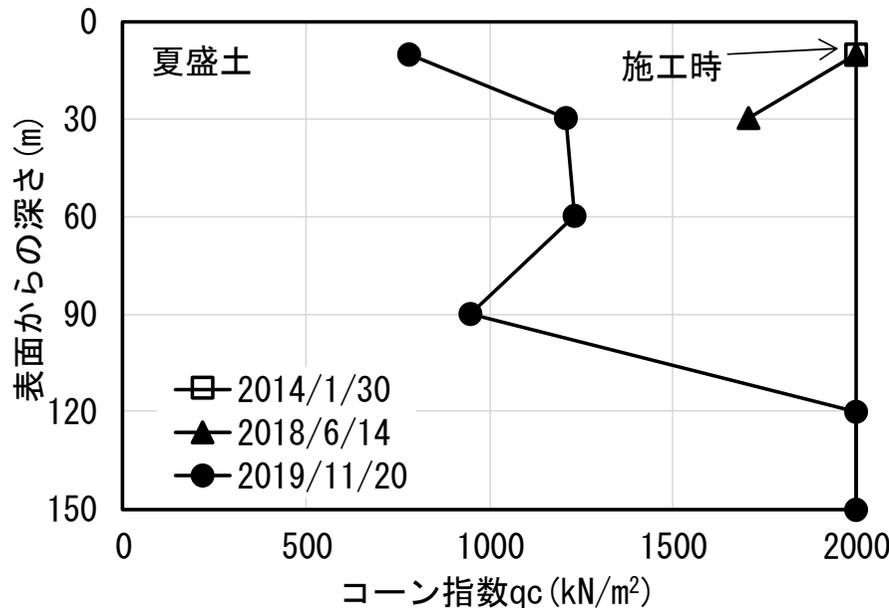
夏盛土: 施工時 締固め度 基準値 90% 満足

冬盛土: 締固め度 基準値 満足しない

夏盛土、冬盛土: 時間経過

乾燥密度 施工直後から有為な変化なし

密度が低い冬盛土 密度の高い夏盛土 沈下量大



夏盛土、冬盛土と 施工時の表面 qc 2000kN/m²以上

夏盛土：深さにかかわらず qc 700kN/m²以上

冬盛土：凍結 高いコーン指数 時間経過 qc低

盛土内 qc200kN/m²以下の箇所あり

盛土の沈下による強度増加はほとんどなし

しかし・・・

- ・ 雪、氷、凍土を盛土の中に入れて施工した盛土
- ・ 施工時の締固め度が十分基準値を満足



盛土が崩壊



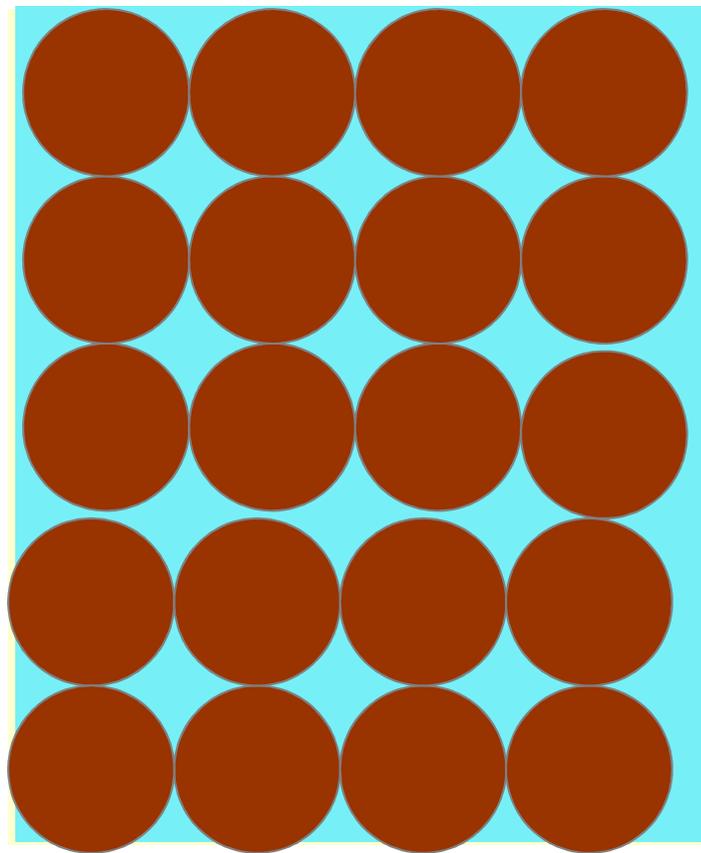
?

凍上

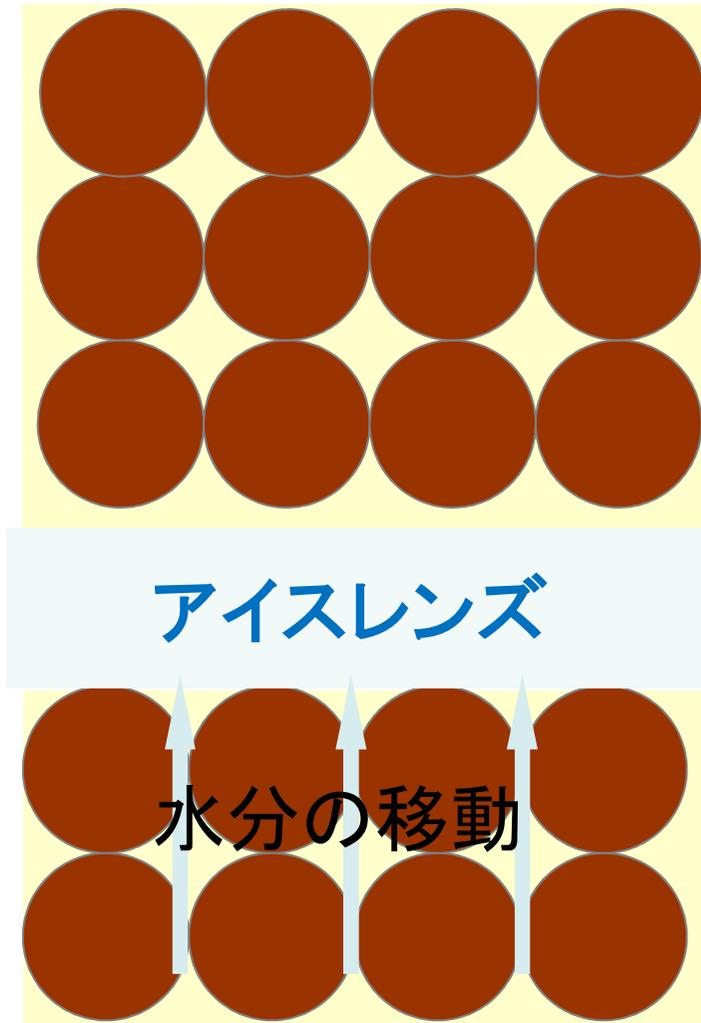


最近では凍土が現場に運ばれることはない・・・

凍結と凍上の違い



凍結



凍土

アイスレンズ

未凍土

水分の移動

凍上

アイスレンズの形成→盛土の変状発生

土が凍上すると・・・

凍上試験の様子





実際の盛土では・・・

盛土施工途中の夜間の作業休止

盛土施工 夜間作業無 盛土施工途中で作業を休止

冬期 夜間の盛土施工休止がある

一旦締め固めた地盤

盛土表面 寒気 凍結・凍上が発生

盛土再開

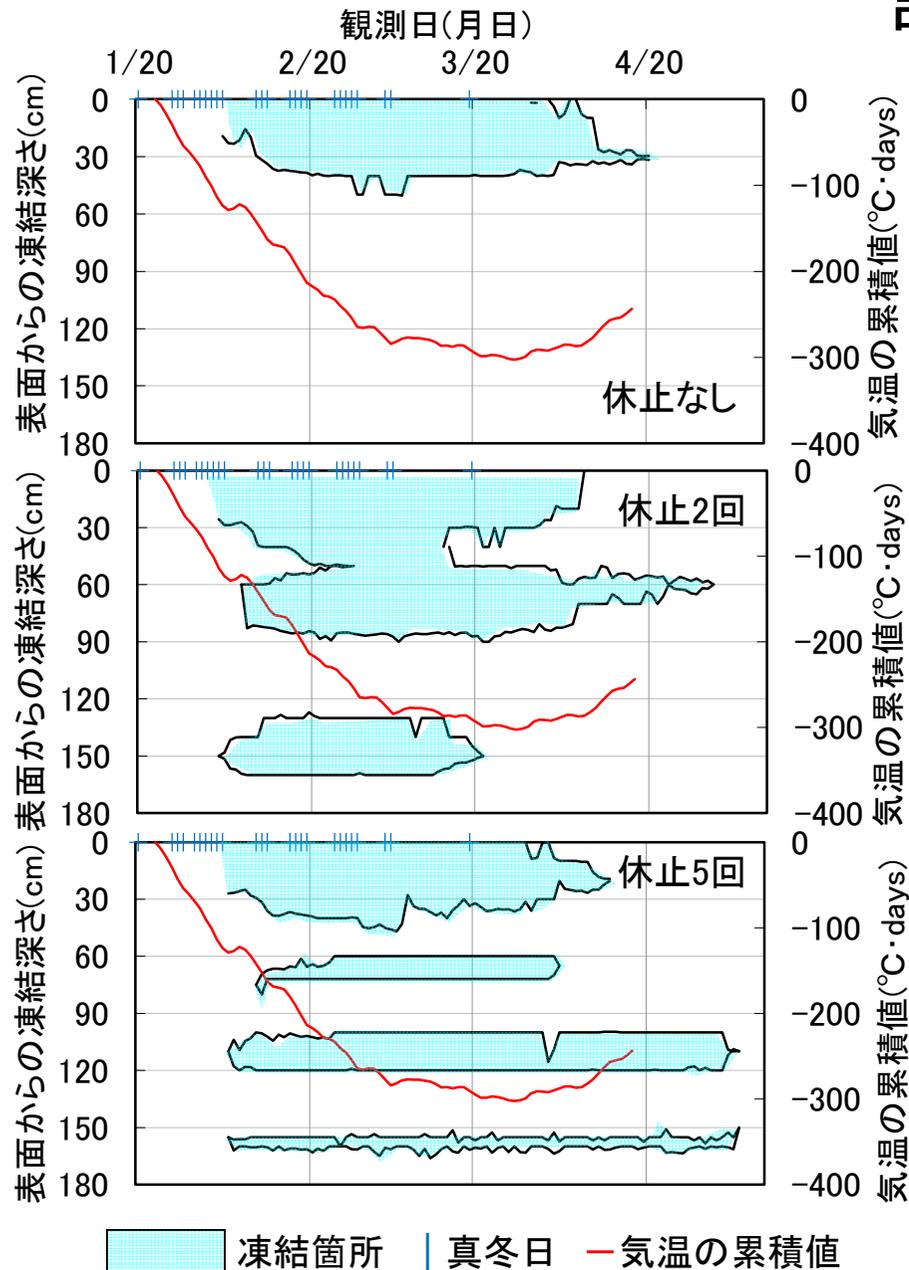
盛土の凍結・凍上の発生を気にしない

次の層施工

土の凍上による体積の増加分 アイスレンズの体積

低い密度の盛土

試験的に施工



凍上しやすい材料

盛土の休止回数を変えて施工

盛土内の凍結箇所

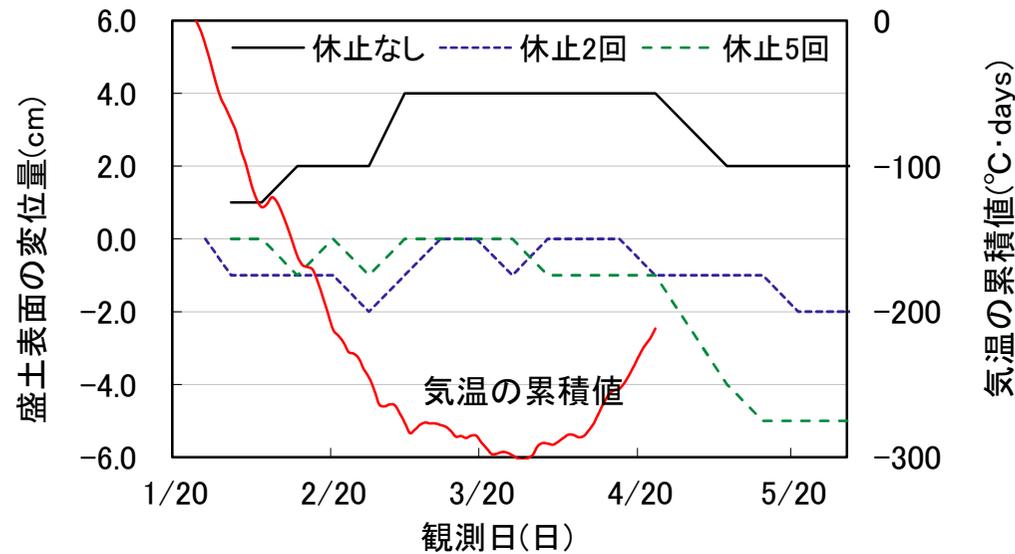
施工休止

盛土内に凍結層発生

休止回数 多

凍結層の数 多

盛土の融解時間 長



完全融解後 施工直後の高さ

休止2回、5回

施工後の盛土の隆起なし

気温プラス 沈下量大

休止2回 < 休止5回

盛土休止回数少 → 沈下量低減

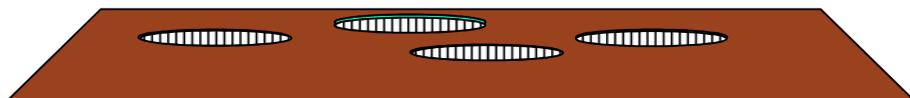
盛土の施工中の休止による盛土変状のメカニズム

a. 盛土1層施工

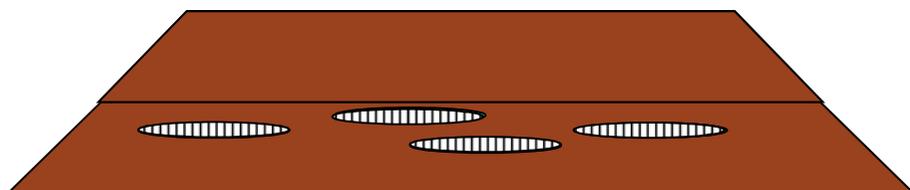


・施工時締固め基準値満足

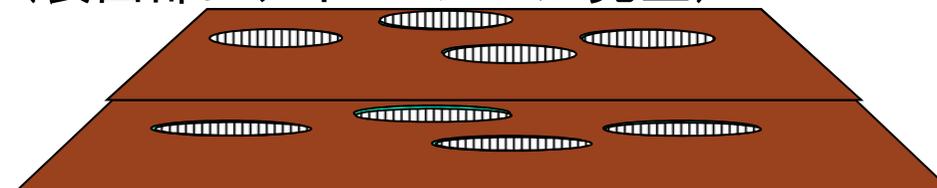
b. 1層目施工後に放置
(表面部にアイスレンズが発生)



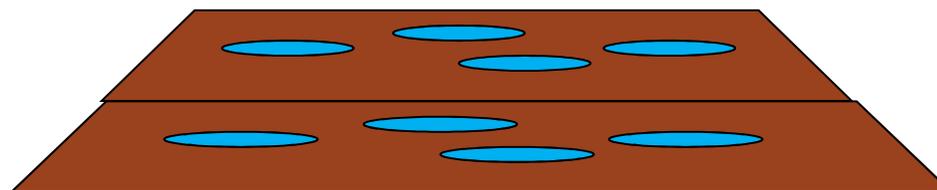
c. 2層目の施工



d. 2層目施工後に放置
(表面部にアイスレンズが発生)

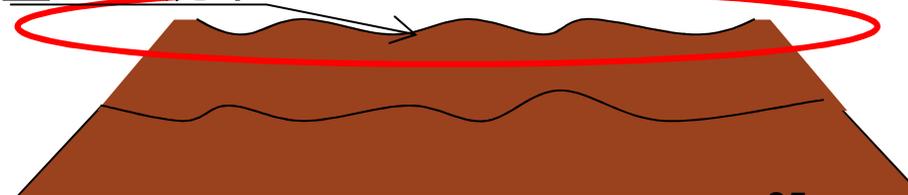


e. 融解期(初期～中期)

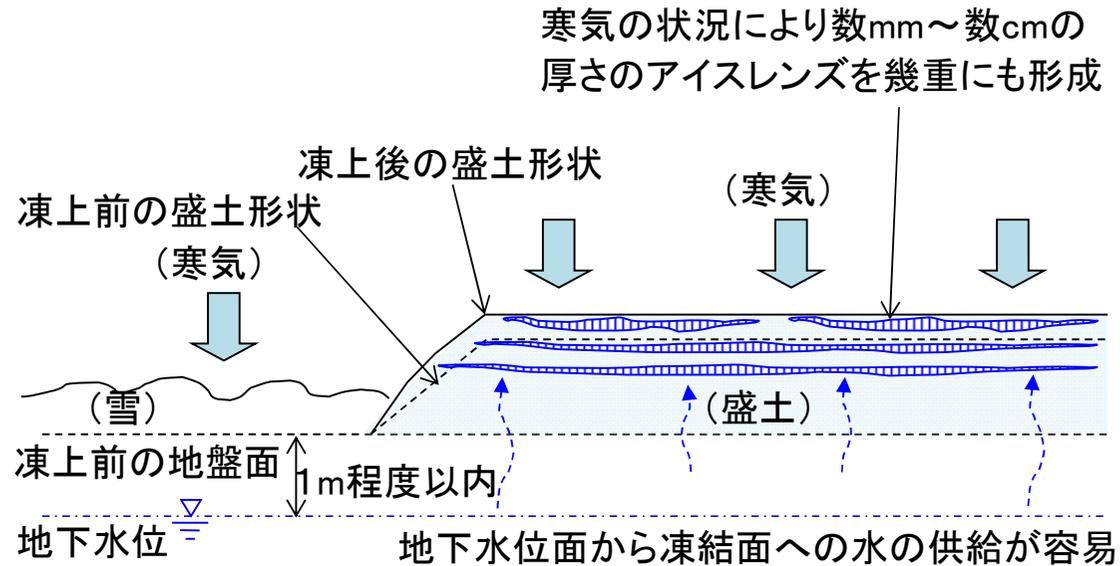


f. 融解期(中期～後期)

盛土の沈下 締固め度不足



地下水位が高い場合の盛土の凍上



地盤から水が供給されやすい

アイスレンズ 比較的厚く形成 凍結面 盛土内に進行

アイスレンズ 融解期に融解 → 盛土 変状

アイスレンズの例



地中にできたアイスレンズ

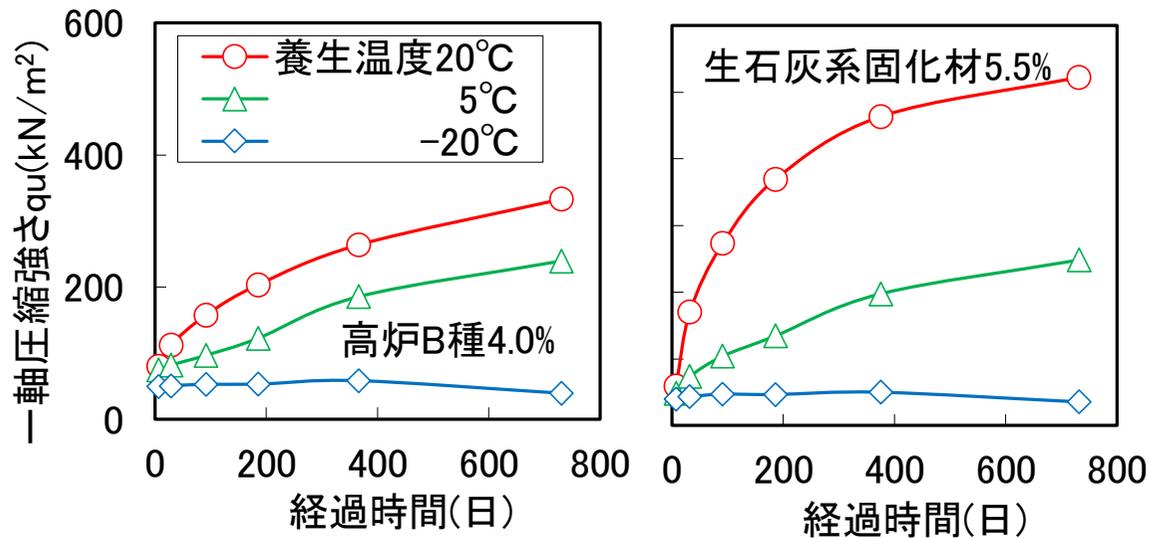


地表面にできた霜柱

霜柱 気温が上昇することにより表層部が泥濘化

施工時のトラフィカビリティの確保不可

固化材による改良



養生温度と時間経過による一軸圧縮強さの変化例

発生土 不良 → セメントや生石灰などの固化材により改良

養生温度 低 → 強度発現

-20°C → 強度発現 ほとんどなし

冬盛土 養生温度低 → 十分な強度発現がない

冬期土工の対策の具体例

対策

- 1 温度対策
- 2 水対策
- 3 材料対策

1 温度対策

① 断熱対策

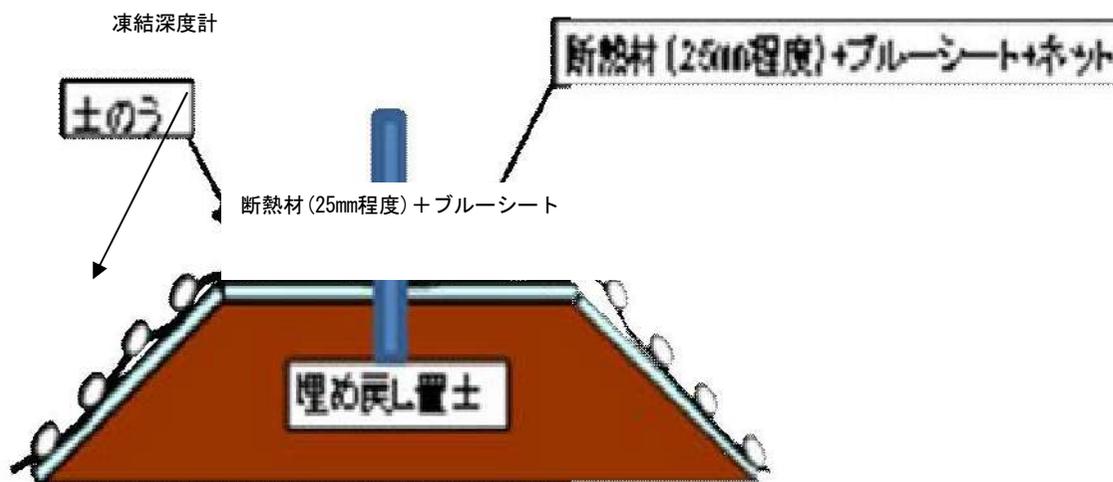
盛土全体を断熱材や土で覆う方法



断熱材による対策



断熱材による断熱



埋戻し置土

盛土または盛土材の保温

雪による断熱対策



厚さ20cm程度

仮置き土の雪による保温養生

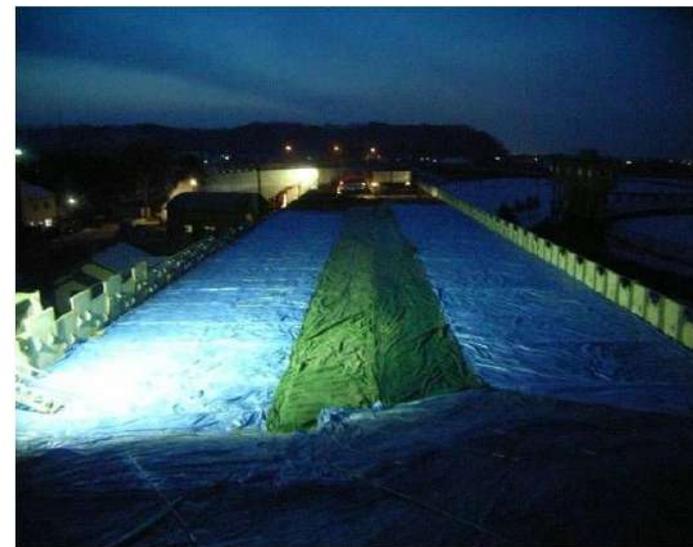


雪の下にシート

ウッドチップによる断熱対策



ウッドチップ敷き均し



(補強土壁 背面盛土 施工中天端)

補強土壁背面盛土施工中
【ウッドチップ＋保温シート敷き】

シートによる雪混入防止対策



ジェットファーンネスによる保温方法

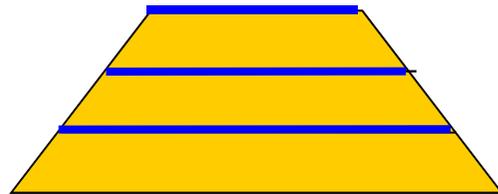


1 温度対策

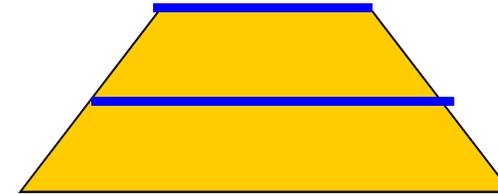
- ・盛土施工後の断熱材敷設および次の層の施工前の断熱材の除去に時間を要することから、比較的狭い範囲(構造物周辺の施工等)での使用に適した対策

このほかに 盛土を凍らせない対策として・・・

施工面積を小さくして、できる限り盛土高さを高くする



30cm転圧



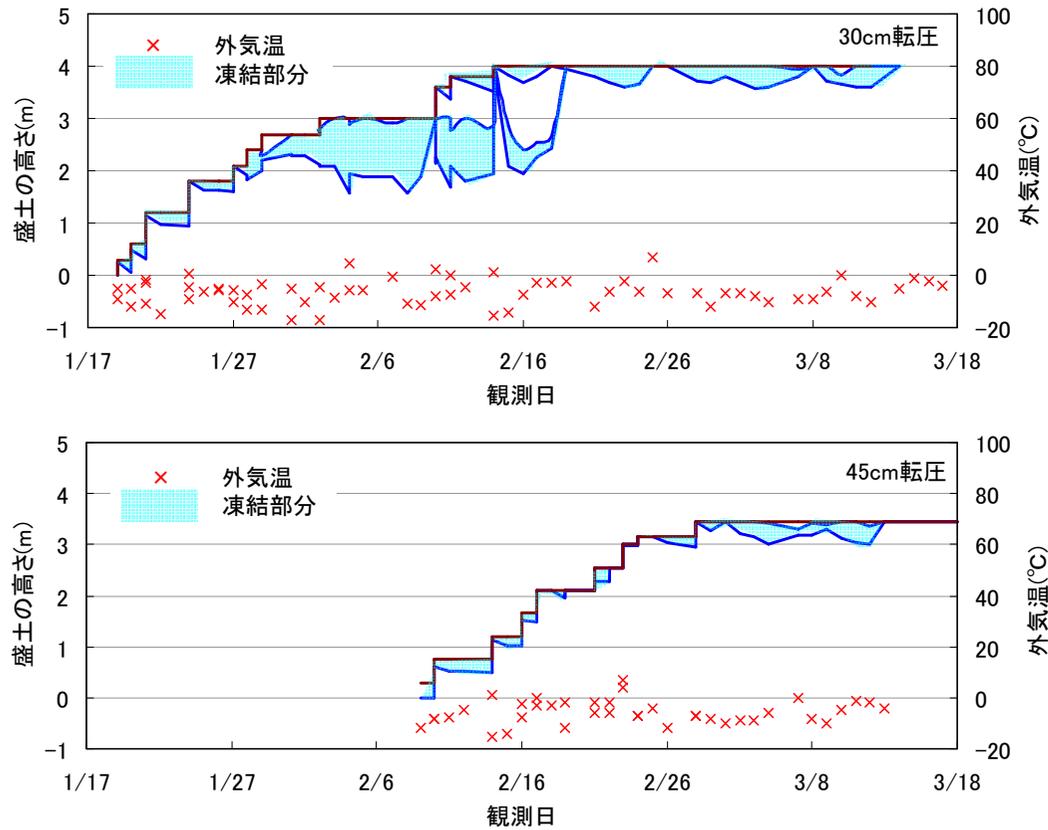
45cm転圧

1日の施工盛土厚さを大きくする
施工が早い
凍結する箇所が少ない
凍上抑制効果

これまでの研究

汎用性のある施工機械 — 厚層化施工 十分高品質な盛土が施工
砂質土、礫分60%未満の礫質土 盛土の厚層化施工に適している
試験施工 — 実際の転圧回数を決定してから施工

実験例



層厚45cmの盛土 施工中の凍結 盛土の表面部のみ

盛土内の深い箇所は未凍結

2月下旬 表面から30cm程度まで凍結(層厚30cmの盛土と同様)



排気熱を利用したダンプ

土取り場 掘削土砂

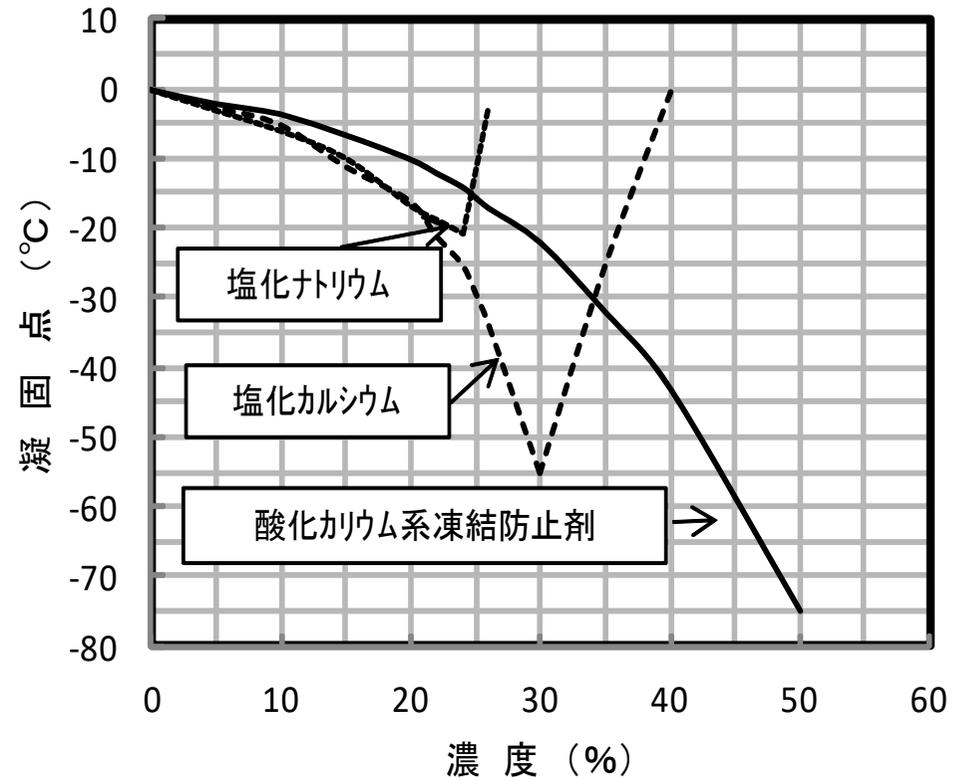
凍結面より深い部分の材料を使用 土の保有熱利用

冬期盛土の対策例

盛土材を凍結させない
盛土を凍上させない



凍結防止剤の利用



凍結防止剤の中には土を弱くするものもある...

- ◆吸い出し防止シート：不織布
- ◆遮水層：粗粒材t=50cm以上

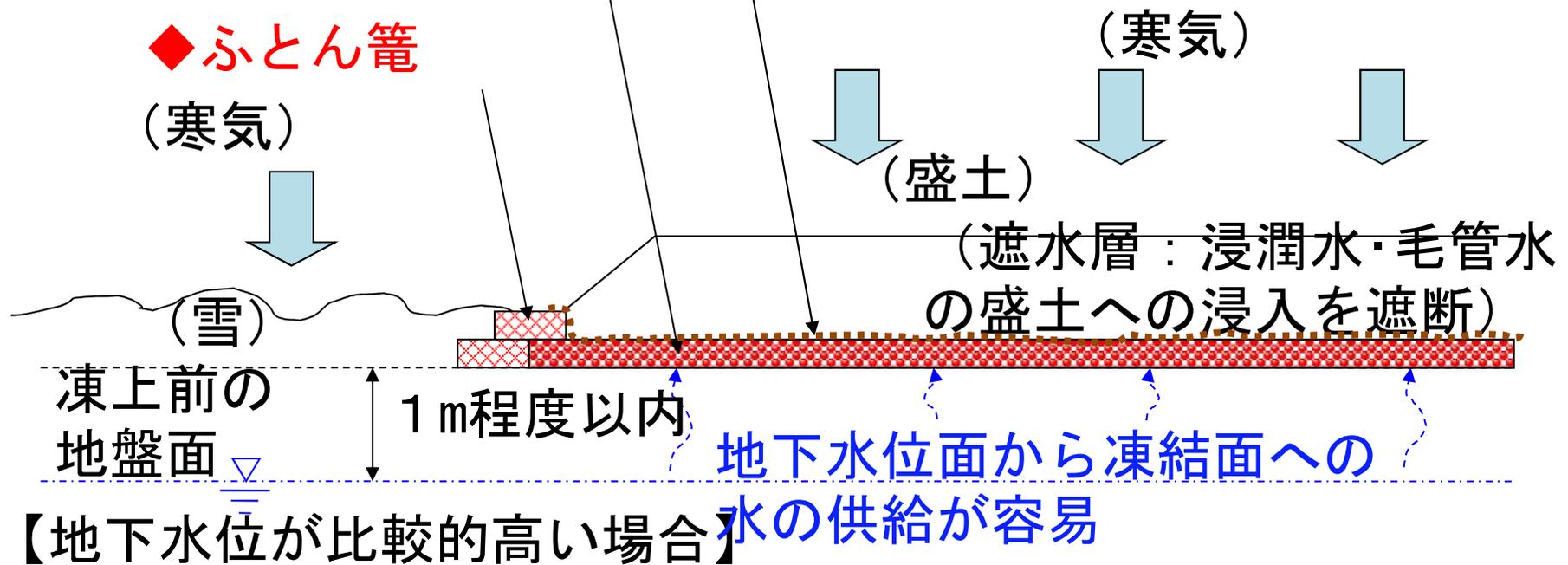


図 7-1 地盤の地下水位が高い場合の盛土の遮水対策

3 材料対策

冬期盛土材料の検討(河川)

材料の改良－含水比の低下

沈下を予測した堤防施工

細粒分含有率が $30\% > F_c > 15\%$ の盛土材料の判定表

1.4以上	そのまま 施工可能	含水比の 低下が必用	含水比の 低下が必用
1.4～1.2	そのまま 施工可能	上げ越量 10cmで施工	含水比の 低下が必用
1.2未満	そのまま 施工可能	上げ越量 10cmで施工	上げ越量 20cmで施工
W_n/W_{opt} W_n	20%未満	20～30%	30%以上

3 材料対策

冬期盛土材料の検討(道路)

材料の判定(道路)

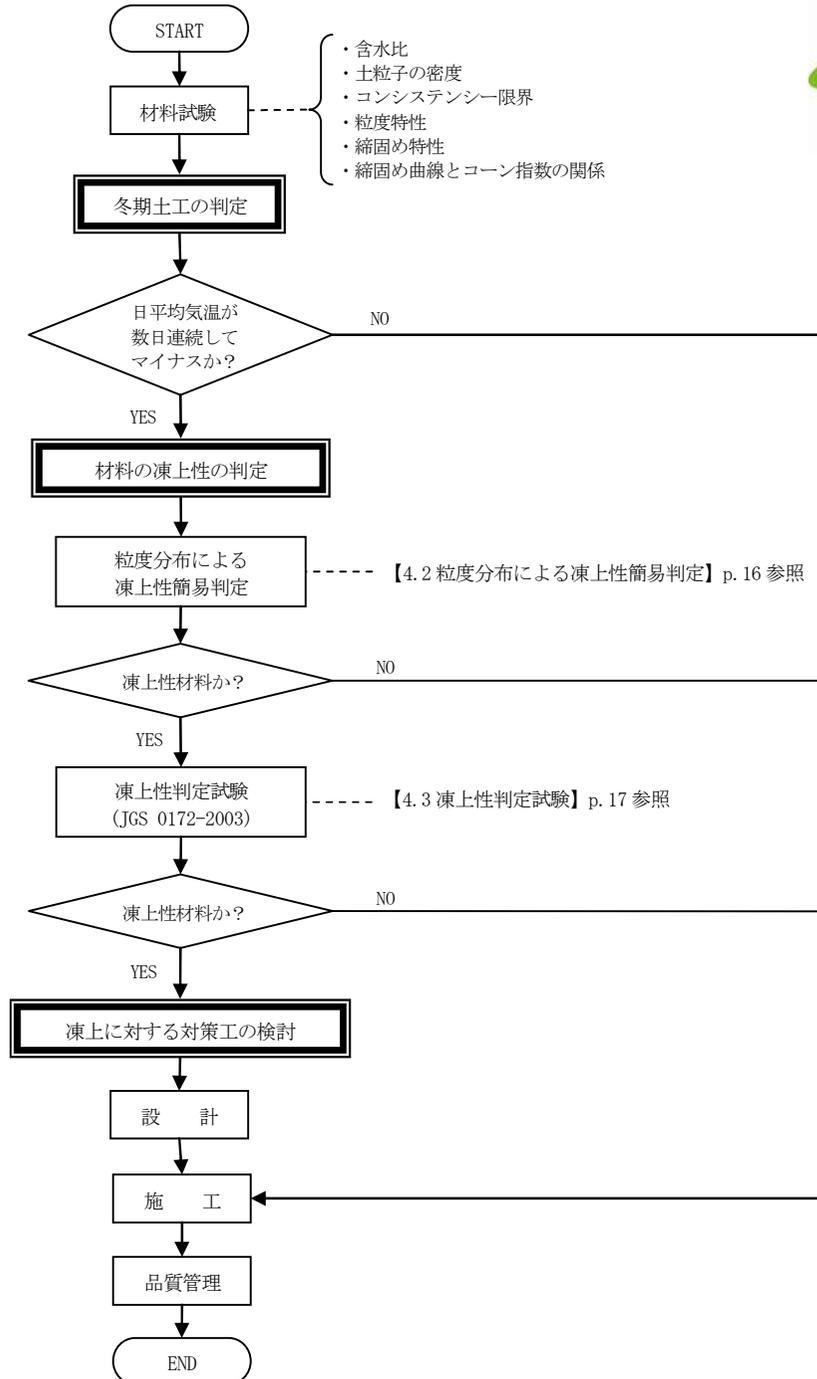
- (1) 粒度分布による凍上性簡易判定方法
- (2) 凍上性判定試験による方法

凍上する材料を使用しない

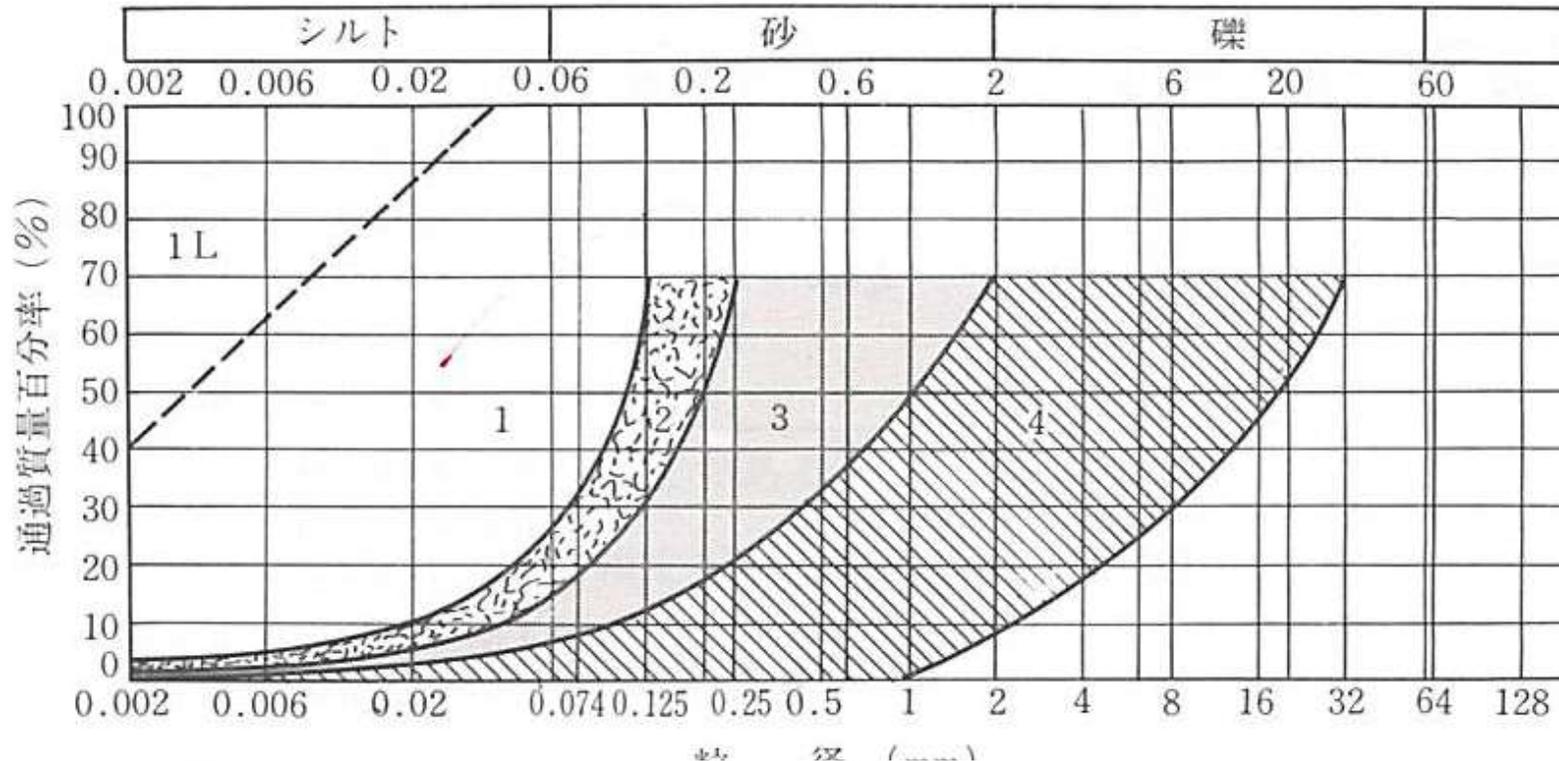
道路盛土

対策フロー(道路盛土)

凍上しない材料で工事



凍上しやすい土質
 地盤工学会北海道支部地盤
 寒冷地地盤工学—凍上被害とその対策—



砂、礫は凍上しづらい
 とても粒径の細かい粘土も凍上しづらい

シルトは凍上しやすい
 凍上しやすい粒径があると凍上する可能性がある

改良土の場合

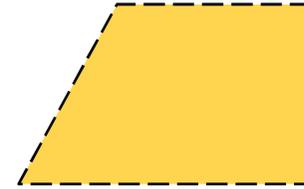
室内試験では寒冷下では強度発現低い

現場では・・・

固化材の反応熱を利用すると 施工の工夫でなんとかなりそう



1層目の不良土と固化材
を混合する (改良土)



24時間以上養生

1層目の改良土を敷き均し、転圧する

2層目の不良土と固化材
を混合する (改良土)



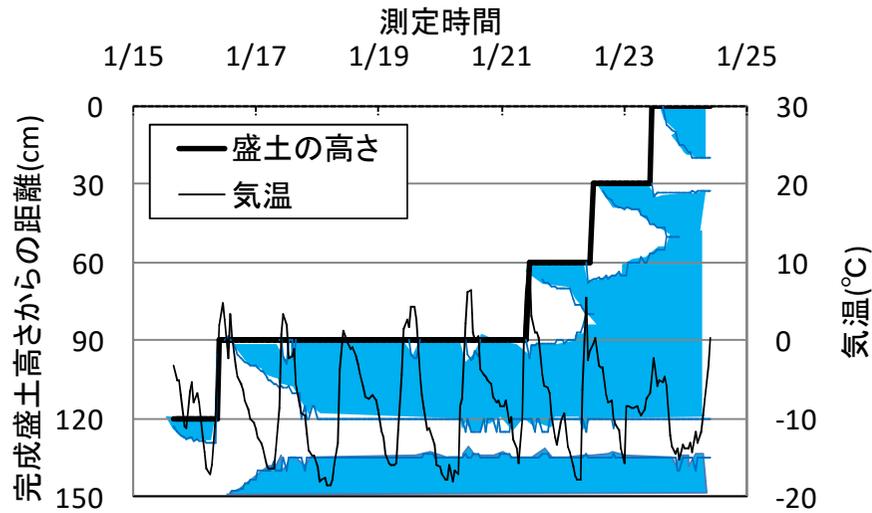
2層目の改良土を敷き均す
保温



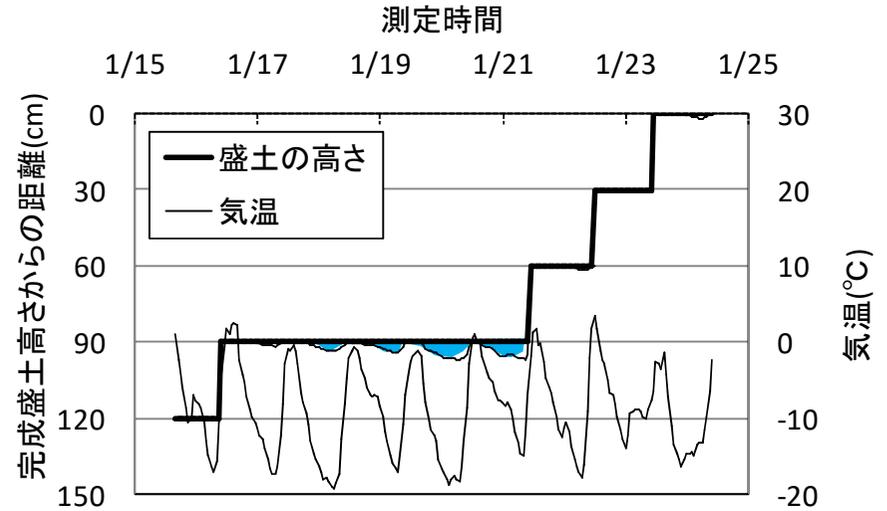
24時間以上養生

2層目の改良土を転圧する
改良土(施工済み)

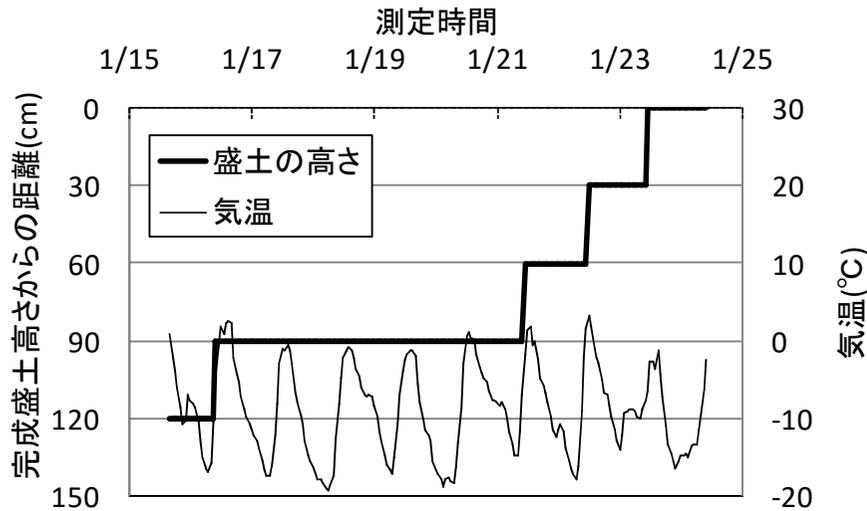
盛土完成



a. 未改良土



b. セメント改良土



c. 石灰改良土

■ 凍結箇所

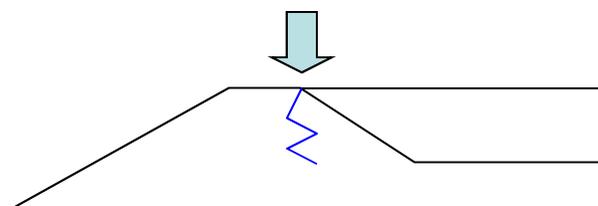
施工中の盛土の凍結深さ



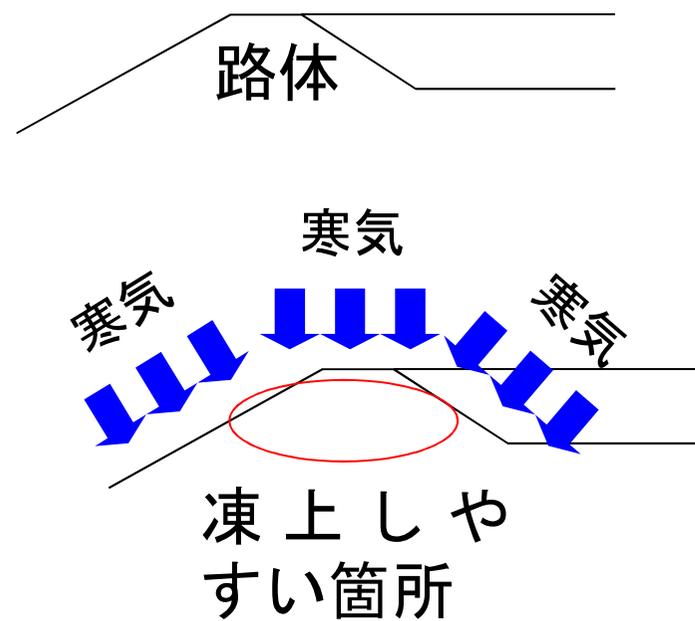
春先

変状しやすい箇所

盛土のり肩部崩壊

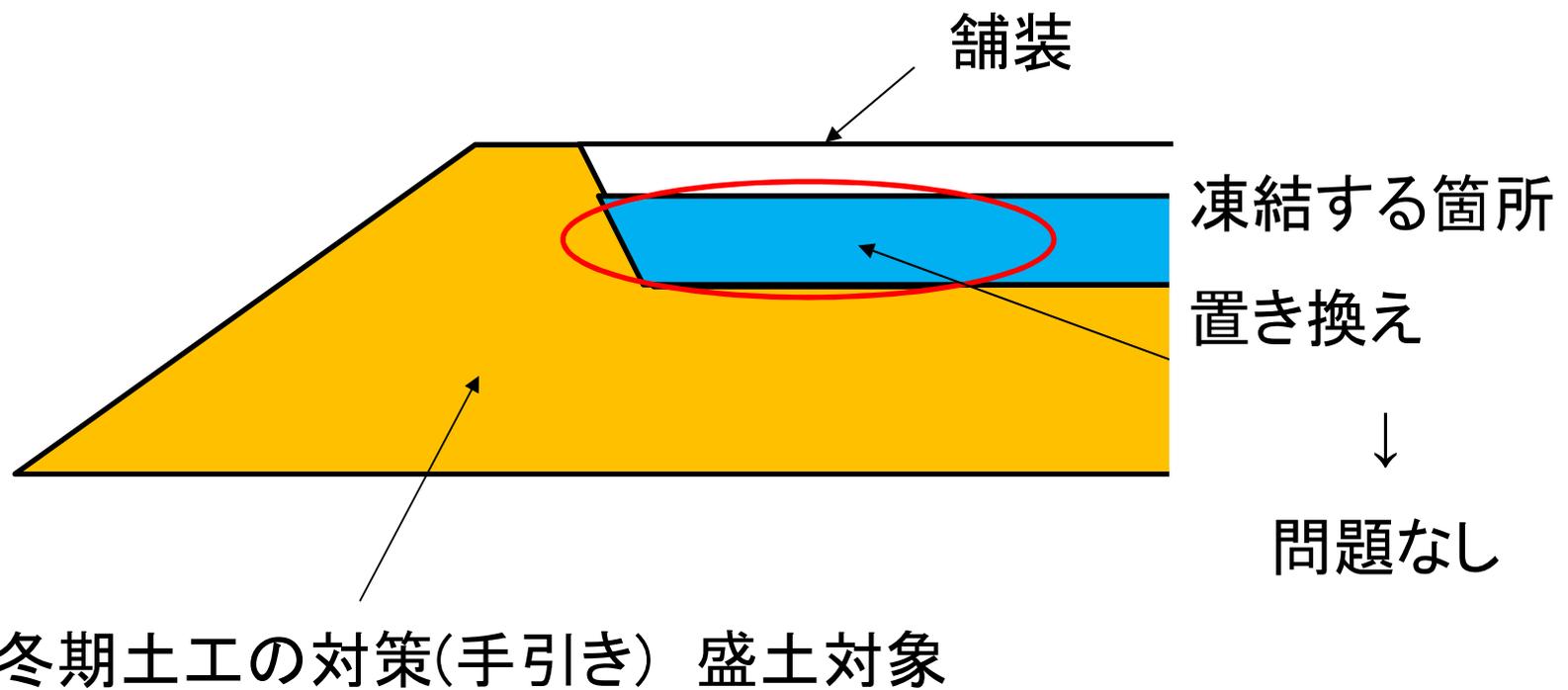


標準断面



寒冷地の道路構造

凍上対策 → 凍上抑制層の設置



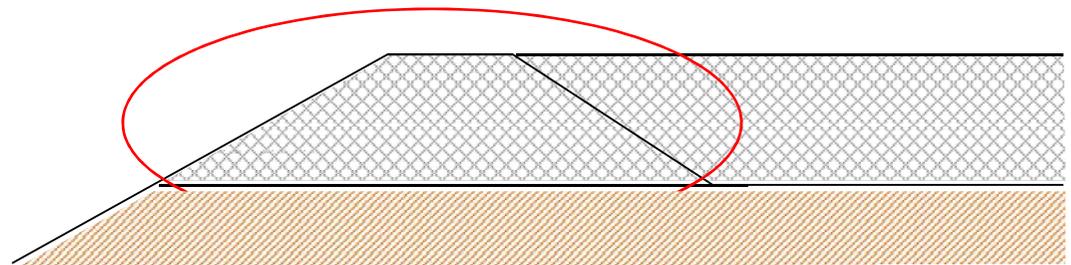
対策 冬期土工に限り



夏から冬まで続く工事



路盤・路床と同じ
材料により施工



路体についても凍上しない材料

河川堤防、道路盛土に適した材料

- ・雪や凍土を混入させない
- ・材料の温度がマイナスにならないように施工する

まとめ

冬期土工による変状を避けるための対策

- ・凍土または雪を混合すると締固め度は小さくなるので凍土または雪は入れない。
- ・施工中の盛土内部への凍結を低減させるため、1日の施工高さを大きくする。または、盛土を断熱する。
- ・固化材により不良土を改良する場合は、施工方法を工夫して0°Cを下回らない条件で施工する。

積雪寒冷地における冬期土工の手引き

河川編、道路編

寒地土木研究所 寒地地盤チーム
ホームページよりダウンロード

現場でお困りのときには寒地土木研究所
へご連絡を！！