

# 高盛土道路における凍上対策の設計

維持管理研究室 池田 浩康\*

## 1. はじめに

寒冷地道路の凍上対策工には、一般的に置換え工法が採用されており、国道では切土、盛土の区別に関わらず同じ置換え厚が採用されている。しかし、凍上は地下水の供給が原因の1つであり、地下水の供給の少ない高盛土区間では凍上抑制層の低減が考えられる。一方道路公団では、盛土高と路床の一定条件のもとで道路の凍上抑制層を低減する設計を採用している。そこで、道路公団と路床条件の異なる国道においてこのような設計ができるかどうかを検証するために実施した凍上対策試験の3ヶ年の結果について取りまとめた。それを基に北海道開発局が「高盛土道路における凍上対策の設計」(別添付)を作成して、平成13年度工事から運用するため、その解説を述べる。

## 2. 凍上対策試験概要

### 2.1 目的

凍上現象を支配する要素は土質・気温・地中水であり、そのいずれかをコントロールすることで凍上を抑制することができる。道路公団の研究によれば、盛土高さ3m以上では地下水の影響が少なく、6m以上では地下水の影響がほとんどないこと。更に、路床の含水比が低く(25%以下)ければ凍上抑制層の低減が可能ながわかっており、盛土高さ6m以上では凍上抑制層を設けず、盛土高さ3m以上6m未満では15cmの凍上抑制層を設けている。しかし、路床の構築については、道路公団では表-1のように規定し、開発局では使用した材料の設計 CBR を採用しており、公団と比較して CBR の小さいものを使用しているケースが多いことから、凍上抑制層を低減した場合、凍結融解による支持力低下の懸念があるため確認を行う。凍上対策試験は、全道の高規格道路のうち4地区において試験ヤードを造成し、試験ヤードでの凍上抑制効果(凍上量、路面性状)支持力、路床材料に関する試験調査を行った。

### 2.2 試験調査箇所

試験調査箇所の選定にあたっては、「高盛土(ここでは、6m以上とする)で、試験調査期間中未供用であること。」この2つの条件を満たすことが必要であり、高規格道路を対象として表-2の箇所を選定した。

#### 2.3 試験ヤード造成

以下の内容で試験ヤードを造成した(写真-1,2)。

##### 1) 舗装構成

舗装構成は、75cm置換、90cm置換、100cm置換の3種類とした(図-1)。

##### 2) 試験ヤード構成

試験ヤードは、図-2を基本に以下に示す構成とした。

愛別：L = 40m (90cm置換20m、75cm置換20m)

上川：L = 60m (90cm置換20m、90cm置換と75cm置換のすり付け20m、75cm置換20m)

上川(試験施工)：L = 120m (75cm置換)

白滝：L = 60m (90cm置換20m、90cm置換と75cm置換のすり付け20m、75cm置換20m)

帯広：L = 60m (100cm置換20m、90cm置換20m、75cm置換20m)

##### 3) 測定機器設置

測定機器は基準ピン(9点/20m)、沈下板(6点/20m)、凍結深度計(1点/20m)

温度センサー(1点/20m)を設置した(図-3)。

#### 2.4 調査内容

初期調査では路床材料の基本性状に関する試験を行い、凍上性の有無等の確認、土中の含水状態の把握を行う(写真-3)。

冬期調査では凍上現象を把握するための調査を行う(写真-4)。また、現地は一般国道と同程度の除雪を行う。

春秋調査では凍結前、融解期の支持力、路面性状の調査を行う。

##### 1) 初期調査

原位置試験：現場密度試験

室内試験：路床材料を採取して、土粒子の密度試験、土の含水比試験、土の粒度試験、突固めによる土の締固め試験、凍上試験、CBR試験

## 2) 冬期調査

現地測定：凍上量、凍結深さ、舗装・路床温度  
測定期間：10年11月～11年3月、11年11月～12年3月、  
12年11月～13年3月

測定頻度：凍上量・凍結深さは、2または4回/月、  
舗装・路床温度は、1時間毎の自動計測

## 3) 春秋調査

現地測定：FWD 試験、縦横断凹凸量  
測定時期：5月、10月

## 3. 室内試験結果

初期調査として行った室内試験と原位置試験の結果を表-3に示す。上川と上川(試験施工)は、近似した材料であった。ここでは、凍上に大きな影響をもたらす路床材料の含水比について述べる。帯広と愛別の一部を除いて、25%以下であった。また最終含水比(3冬期経過)が全体的に低下傾向にあり、各地区の盛土高さが3.1～9.3mであったことから盛土高さが3m以上では、路床はほとんど水の供給を受けていないと言える。

## 4. 現地調査結果

冬期・春秋調査として行った現地調査の結果を表-4に示す。各地区車道のアスファルト舗装にはクラックなどの損傷はみられなかった。しかし、帯広地区では路側部に多数のクラックがみられた(写真-5)。ここでは、凍上抑制効果と支持力を確認する際必要な項目について結果を述べる。

### 4.1 凍上量

凍上量については図-4に示すとおり、路床含水比の高い帯広が相対的に大きい値を示している。12年度の帯広は15mm以下の小さい値を示しているが、現地が1ヶ月間15cmの積雪に覆われたことにより保温の作用が働いたと推測される。12年度の上川については、75cm置換で35mmと大きな値を示しており、測定点全体が1月中の2週間で10～20mm大きくなっていたが、その後の凍上量は5mm程度であった。このように短期間の大きな凍上量は調査期間内では他に見られなかった傾向である。

全体の傾向として、置換厚と凍上量の関係においては置換厚が薄くなると凍上量は大きくなる傾向だが、その差は小さい。

### 4.2 支持力

支持力はFWD試験によって得られるたわみ量から評価する。たわみ量が大きいほど支持力は小さいことを示す。測定の結果、支持力の傾向は春期に低下し秋期に回復していた(図-5)。

### 4.3 縦横断凹凸量

縦横断凹凸量は、凍上による路面性状への影響を調べるために行った。未供用の箇所では実施しているため交通荷重による影響を受けない評価ができる。測定の結果、横断凹凸量は7mm以下、縦断凹凸量は $\leq 2.2$ 以下となった(図-6,7)。また、上川試験施工で冬期間の横断凹凸量の変化を調べたところ、図-8に示すとおりわずかな変化であった。

### 4.4 寒さ

寒さは、凍結指数を用いて測定年度と最近10年の最大と比較した(図-9)。この3ヶ年は、試験調査した4地区とも最近10年の最大値を上回っており、厳しい条件下のデータが得られたことになる。

次にこの3ヶ年の凍結指数を4地区と置換厚100cm地域を比較してみた(表-5)。一番厳しかった上川と置換厚100cm地域はほぼ同一の値を示し、100cm置換の地域についても今回の試験調査から得られた結果を適用することができる。

## 5. 考察

試験調査結果から考察を述べる。

凍上抑制効果を定量的に評価する基準がない。そこで、凍上が路面性状に影響を与えたと考え、維持修繕要綱の維持修繕要否判断の目標値(表-6)を参考として用いた。その中で道路の分類は自動車専用道路を適用して、凍上量は段差の管渠部、横断凹凸はわだち掘れ及びラベリング値を目標値とした。支持力については、(財)道路保全技術センターのFWD運用マニュアル(案)のD<sub>0</sub>基準値(表-7)を用いる。

75cm置換での測定値と目標値及び基準値を比較した結果(表-8)、盛土高さ(基礎地盤～路床面)6m以上と路床含水比25%以下を満たしている愛別、上川(試験施工)、白滝についてはすべての項目で目標値を満足している。上川については凍上量の目標値を満足していないが、舗装の損傷はなく、路床、盛土高の条件に近い上川(試験施工)も合わせて1冬期の凍上量が目標値からはずれていることを考えると総合的には、良好な結果であると言える。また、2つの条件を満たしていない帯広については路肩部にクラックが発生し、凍上量の目標値を満足していない。以上から、

盛土高さ（基礎地盤～路床面）6 m以上と路床含水比25%以下の条件において置換厚を75cm とすることが確かめられた。

ったが、盛土高さ3 m以上6 m未満の凍上対策の設計についても検討していきたい。

### 参考文献

- 1) 日本道路公団：設計要領、平成10年5月
- 2) (社)日本道路協会：道路維持修繕要綱、平成53年7月

## 6. おわりに

今回は、盛土高さ6 m以上での凍上対策の設計であ

池田 浩康\*  
北海道開発土木研究所  
道路部  
維持管理研究室  
研究員

表 - 1 道路公団路床

項目	工種		
	上部路床	下部路床	備考
最大寸法	100mm	150mm	
仕様最小密度における修正CBR	10以上	5以上	JIS A 1211
スレーキング率	50%以下	-	JHS 110

表 - 2 試験箇所

地区名	路線名	置換厚	交通区分	盛土高さ
愛別	旭川紋別自動車道 愛別町	90cm	B交通	6.3～6.8m
上川	旭川紋別自動車道 上川町	90cm	B交通	4.0～7.8m
白滝	旭川紋別自動車道 白滝町	90cm	B交通	5.5～9.3m
帯広	帯広広尾自動車道 帯広市	100cm	B交通	3.1～3.8m

盛土高さは基礎地盤から路床面までの高さ

表 - 3 室内試験結果

試験項目	愛別	上川	上川 試験施工	白滝	帯広	
土粒子の密度 g/cm <sup>3</sup>	2.8～2.9	2.7	2.6	2.6	2.7	
初期自然含水比%(0～0.5m)	18～22	8～12	18	15～17	33～36	
初期自然含水比%(0.5～1.0m)	32～34	7～12	-	19～23	42～44	
最終自然含水比%(0～0.5m)	23～24	6～7	6	12～20	33～44	
最終自然含水比%(0.5～1.0m)	21～29	5～6	-	10～11	41	
粒 度	礫 分 %	34～42	44～58	37	1～3	1～4
	砂 分 %	35～38	36～41	44	79～84	37～39
	細粒分 %	20～31	6～15	19	15～18	59～60
路床土の見かけ土質	砂 礫	砂 礫	礫混じり砂	火山灰質砂	火山灰質シルト	
締 固 め	最大乾燥密度 g/cm <sup>3</sup>	1.6～1.7	1.8～1.9	1.8	1.5	1.3～1.4
	最適含水比 %	22～26	14～16	16	23	32～36
現場密度(湿潤) g/cm <sup>3</sup>	1.9	1.9～2.0	1.9	1.6	1.5～1.6	
飽和度 %	84	42～75	73	48～49	67～70	
CBR %	4～10	24～109	-	30～44	4～5	
凍 上 試 験	凍上量 mm	20～23	18～21	8	13	50～56
	凍上率 %	41～47	36～43	7	25	100～112
	凍結様式	5	5	4	3	5

上川(試験施工)の凍上試験は、最大粒径が大きかったため公団法による

表 - 4 3ヶ年の現地調査結果

	置換厚 cm	最大凍上 量 mm	最大凍結 深さ cm	最大0 深さ cm	最大横断凹 凸量 mm	縦断凹凸 量	たわみ量 mm
愛別	75	4~10	70~83	105~109	5~7	1.6~1.9	0.35~0.44
	90	0~8	67~84	90~105	5	1.6~2.0	0.32~0.37
上川	75	3~35	85~110	78~115	7	1.5~1.7	0.37~0.51
	90	5~22	95~120	89~115	6~7	1.8~2.0	0.39~0.47
上川(試)	75	18~17	123~128	111	4	1.6	0.5
白滝	75	12~27	82~126	116~150	3~5	1.4~2.0	0.38~0.49
	90	11~23	93~134	116~135	3~4	1.0~1.7	0.37~0.50
帯広	75	9~31	100~112	77~104	3~5	2~2.2	0.42~0.53
	90	13~33	107~116	86~105	3	1.3~1.7	0.42~0.52
	100	12~30	110~124	75~145	4~5	1.5~2.0	0.38~0.45

表 - 5 凍結指数

年度	凍結指数 日				
	愛別	上川	白滝	帯広	置換厚100cm 地域の平均
平成10年	832	879	916	628	826
平成11年	901	910	926	720	908
平成12年	992	1044	1085	843	1046

表 - 6 維持修繕要否判断の目標値

	わだち掘れ及び ラベリング (mm)	段差 (mm)		縦断方向の凹凸 (mm)
		橋	管渠	
自動車専用道路	25	20	30	8mプロフィール 90 (Pr I) 3mプロフィール 35 ( )
交通量の多い 一般道路	30~40	30	40	3mプロフィール 4.0~5.0 ( )
交通量の少ない 一般道路	40	30	-	-

表 - 7 D<sub>0</sub>の基準値

	設計交通量の区分			
	A	B	C	D
D <sub>0</sub> のたわみ量(mm)	0.9	0.6	0.4	0.3

表 - 8 測定結果表

地区	75cm置換における3ヶ年の最大値				舗装の損傷
	凍上量 (mm)	D <sub>0</sub> たわみ量 (mm)	横断凹凸 (mm)	縦断凹凸 ( )	
愛別	10 < 30	0.44 < 0.6	7.0 < 25	1.9 < 3.5	なし
上川	35 > 30 ×	0.51 < 0.6	7.1 < 25	1.7 < 3.5	なし
上川 (試験施工)	18 < 30	0.51 < 0.6	4.0 < 25	1.6 < 3.5	なし
白滝	27 < 30	0.49 < 0.6	4.8 < 25	2.0 < 3.5	なし
帯広	31 > 30 ×	0.53 < 0.6	4.6 < 25	2.2 < 3.5	クラックあり

は目標値及び基準値を満たしている

×は目標値及び基準値を満たしていない

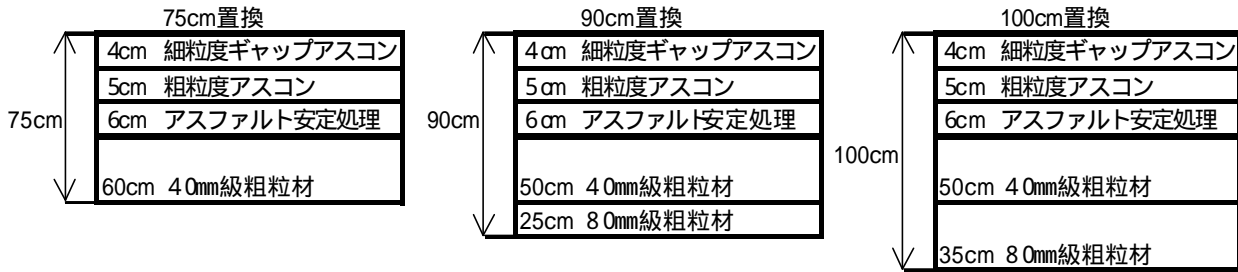


図 - 1 舗装構成

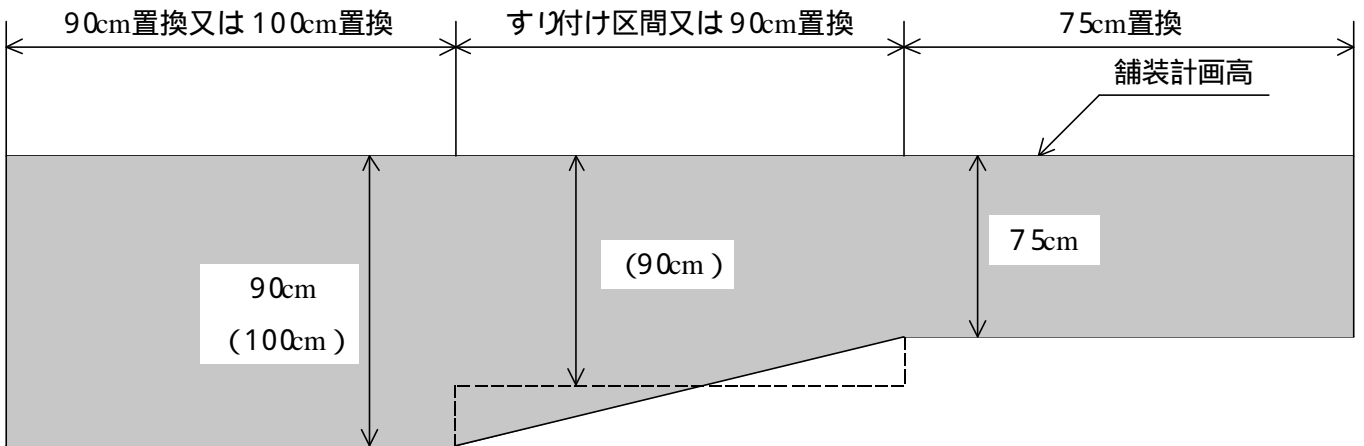


図 - 2 試験ヤード縦断図

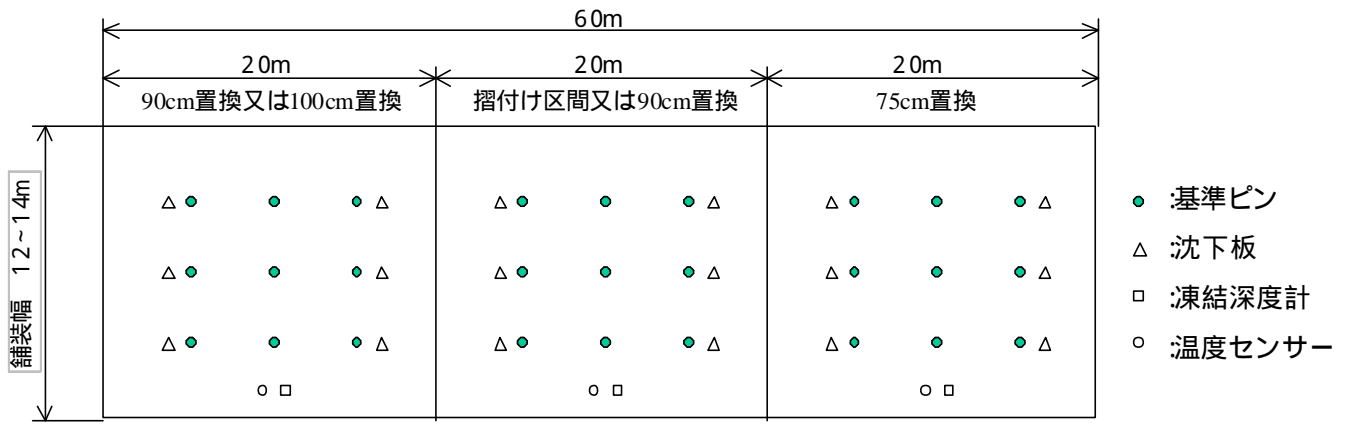


図 - 3 試験ヤード平面図

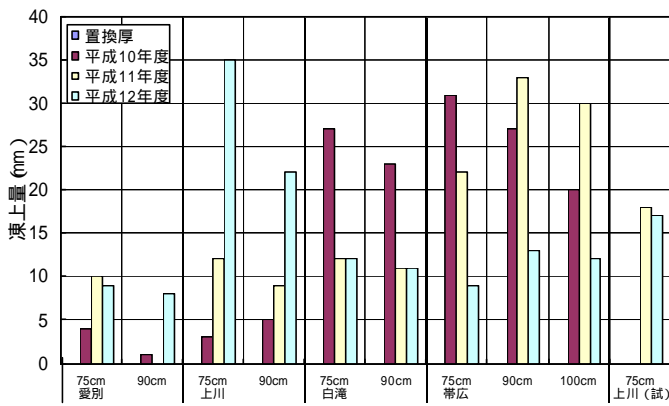


図 - 4 最大凍上量

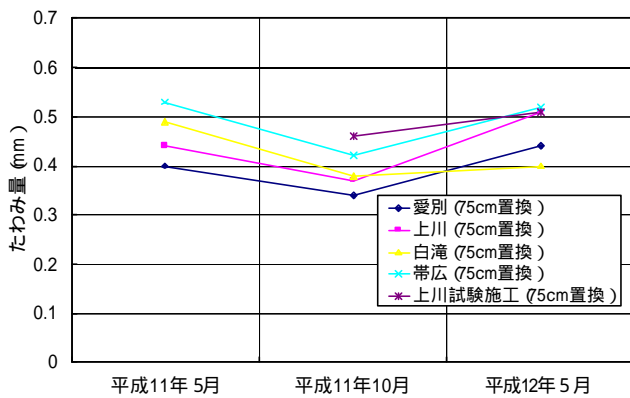


図 - 5 FWD試験

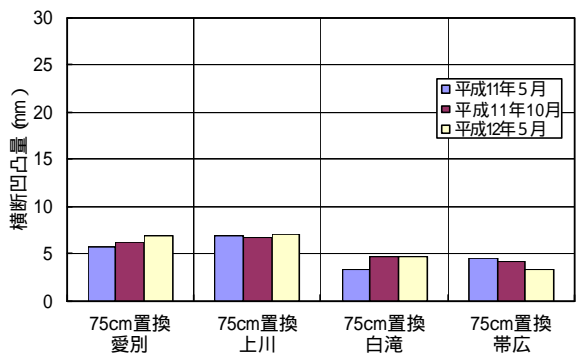


図 - 6 横断凹凸量

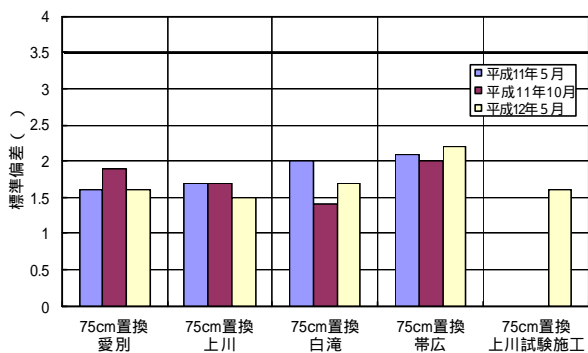


図 - 7 縦断凹凸量

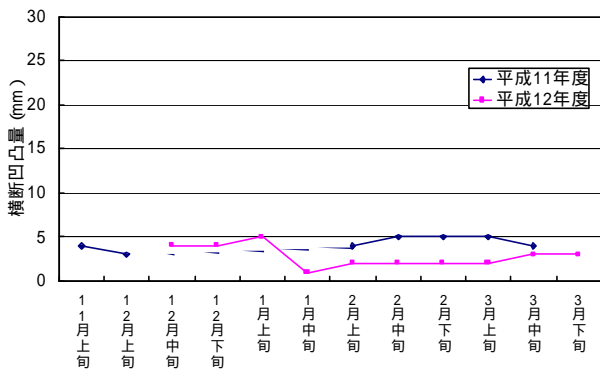


図 - 8 冬期横断凹凸量

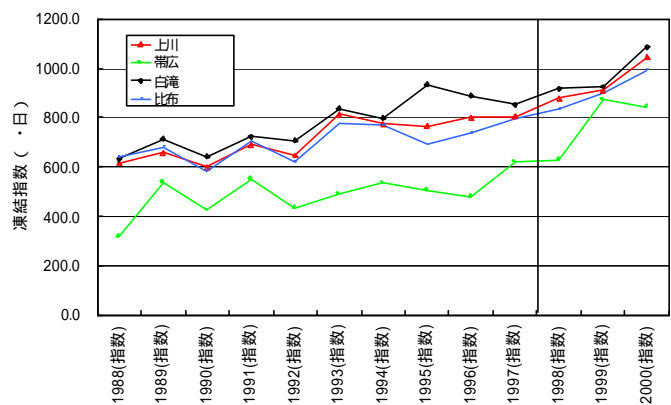


図 - 9 凍結指数



写真 - 1 試験ヤード



写真 - 2 試験ヤード



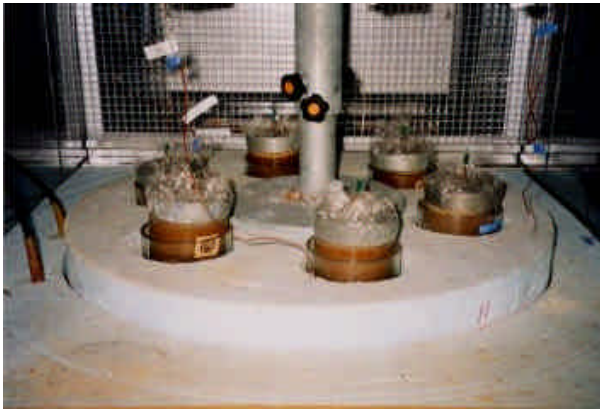


写真 - 3 室内試験状況



写真 - 4 現地測定状況



写真 - 5 クラック状況

事務連絡  
平成13年 3月30日

各開発建設部（石狩川を除く）  
建設担当次長 殿

道路計画課課長  
道路建設課課長  
道路維持課課長

高盛土における凍上対策の設計の運用について

積雪寒冷地における道路の凍上対策工は、一般的に置換え工法が採用されており、国道では切土、盛土の区別に関わらず同じ置換厚が採用されている。しかし、凍上は地下水の供給が原因のひとつであり、この凍上原因の地下水の供給の少ない高盛土区間では凍上抑制層の低減が考えられることから、開発土木研究所道路部維持管理研究室による、凍上対策試験や、凍上抑制効果（凍上、路面性状）、支持力、路床土に関する試験調査を行った結果、盛土高さ6m以上、含水比25%以下の場合は凍上抑制層を低減するものである。

一方、コスト縮減対策としても有効であることから、下記の通り運用するので周知徹底されたい。

記

1. 高盛土における凍上対策の設計（案） 別紙

2. 平成13年度工事から適用する。

なお、平成12年度零国及び翌債工事も適用する。

（発議：道路建設課舗装係）

# 高盛土道路における凍上対策の設計

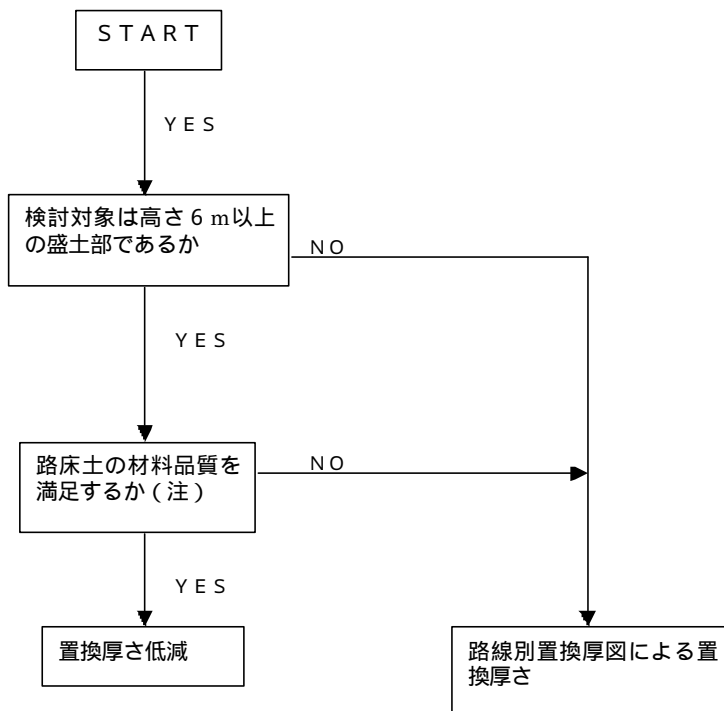
国土交通省  
北海道開発局 建設部  
道路建設課  
平成13年 3月

## 高盛土道路における凍上対策の設計（案）

### 盛土部の凍上対策

盛土部については、盛土高さが概ね6 m、盛土材料の初期含水比が比較的小さい場合には有害な凍上が発生しないと考えられる。盛土施工時の材料を十分注意しながら施工管理することにより、置換厚を低減することとする。

- (1) 置換厚さを低減できる条件は、盛土高さ（基礎地盤から路床面まで）が6 m 以上かつ路床土の初期含水比（施工含水比）が25%以下であること。
- (2) 低減後の置換厚さは、置換厚90cm、100cm 路線で75cm とする。但し、舗装厚さとの比較を行い、舗装厚さは満たすこと。
- (3) 置換厚さが異なる箇所の接続は、20m のすり付け区間を設ける。
- (4) 安定処理した路床土についても、含水比の管理を行うこと。
- (5) 高盛土道路における凍上対策の設計フローを図 - 1 に示す。



(注) 路床土の材料品質は施工時の含水比が、25%以下であること。

図 - 1 凍上対策フロー

## 解説

これまでの研究により、地下水位が6 m 程度以上の盛土では4 m 以上と比べると凍上量が極端に小さくなったことと、土の含水比が25%以下では30%以上に比べ凍上量が小さく、地下水位が低くなるほど凍上量の減少割合がわかっている。そのことから、盛土高さが6 m 以上のところでは地下水位が6 m 程度以上確保できるとして置換厚低減の条件が与えられた。

(1) 盛土の高さの取り方は、図 - 2 のとおりとする。

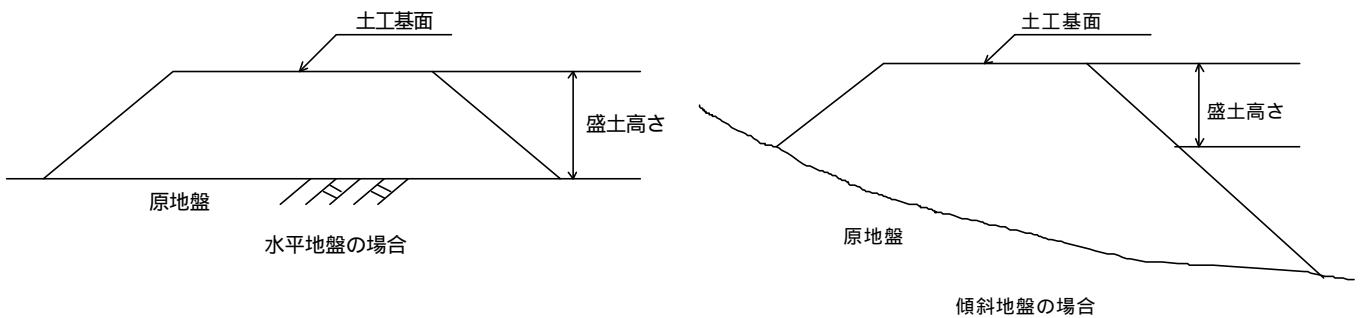


図 - 2 凍上対策での盛土高さの取り方

路床土の施工管理として含水比の管理をする。通常行う施工管理として現場密度の管理を行いその際含水比も測定するので、それを用いる。

(3) 置換厚さが異なる箇所の接続は、図 - 3 による。

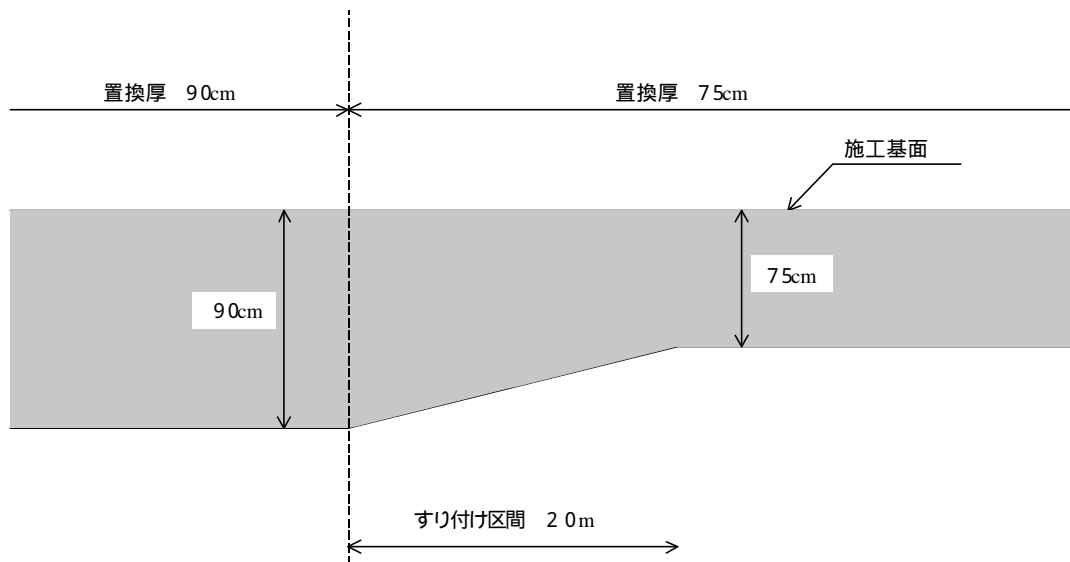


図 - 3 置換厚さが異なる箇所のすり付け方法の例

(4) 「北海道における不良土対策マニュアル(案)」によると、粘性土の中には安定処理後の含水比が25%をこえるものがあることから、含水比の管理を行う。

## 高盛土道路におけるアスファルトの舗装の路盤工の構成

盛土高さ 6m以上、含水比 25%以下の路盤工の構成

路床が土の場合（下層路盤厚）

置換厚 (cm)	B 交通 (cm)	C 交通 (cm)
80	60	55
90	60	55
100	60	55

路床が火山灰又は砂の場合（下層路盤厚）

置換厚 (cm)	B 交通 (cm)	C 交通 (cm)
80	60	50
90	60	50
100	60	50

道路工事設計基準の路盤工の構成

路床が土の場合

置換厚	凍上抑制層 材 料	B 交通		C 交通	
		下層路盤厚	凍上抑制層厚	下層路盤厚	凍上抑制層厚
80	火山灰	65	0	55	0
	砂	65	0	55	0
	粗粒材	65	0	55	0
90	火山灰	60	15	55	15
	砂	60	15	55	15
	粗粒材	50	25	65	0
100	火山灰	60	25	55	20
	砂	60	25	55	20
	粗粒材	50	35	45	30

路床が火山灰又は砂で凍上抑制層が粗粒材の場合

置換厚	凍上抑制層 材 料	B 交通		C 交通	
		下層路盤厚	凍上抑制層厚	下層路盤厚	凍上抑制層厚
80	火山灰	50	15	55	0
	砂	40	25	30	25
90	火山灰	50	25	45	15
	砂	40	35	30	35
100	火山灰	40	45	30	45
	砂	40	45	30	45