

解氷期に於ける路盤竝構造物の破壊に就て

矢野 精 一*

目 次

- 1. 緒 言
- 2. 道路の破壊
- 3. 構造物の破壊
- 4. 對 策

(I) 緒 言

地盤の凍結が土木建設に大きな障碍となることは周知のことである。此處に述べた路盤並構造物の解氷期に於ける破壊は新京附近の實地調査による考察とその對策である。

凍結による地盤の凍上、構造物の凍上、側方膨張等は解氷期に於て如何なる破壊をなすかを詳にしその具見を述べたのである。

これ等破壊についての基礎的實驗は當試驗室に於て着手し初めた許りであるから此等の實驗については後日報告致したい。

(II) 道路の破壊

一般に冬期或は解氷期の道路の破壊原因は不確實な地盤に依る基礎の破壊にして、其の主たる原因は凍結に依る地盤土壤の移動と氷解時に於ける地盤の軟弱化である。

岩石又は砂礫、砂土からなる乾燥した基礎地を有する道路にありては凍害は餘りないが、粘土とか淤泥を多量に含有する可塑性質な地盤にして排水不良なる個所にありては毛細管現象激しく且保水力大なる爲、絶えず水を貯へ粘着性を増大し凍結の際は必ず路盤が凍結膨脹して解氷期に於て多孔性になり含水量の増大と共に凝集

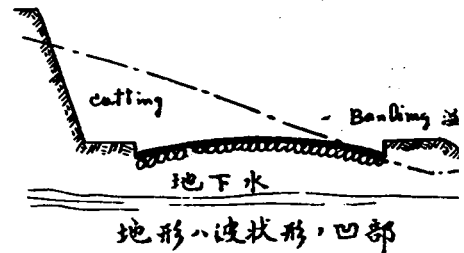
力を失ひて少しの荷重にても壓縮又は側方を起して上部舗裝面を破壊するに至る。

斯の如き破壊實例は新京市街の傾斜道路(tting個所)及び濕地に盛土せる道路等に見之が詳細な原因及び其の對策は今後の道路施工に對して考究せねばならぬと共に、構の基礎工法に對しても重大問題と思はれる

A 關東軍司令部横

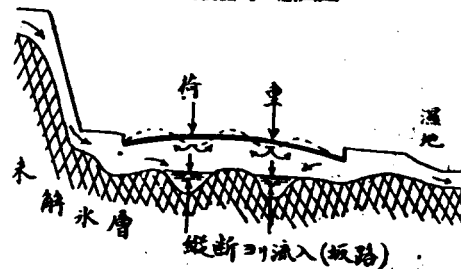
此の道路は次圖に示す如く一部は切土で濕地に盛土せる比較的條件の良くない道路

斷 面 圖



て地下水非常に淺く土質も沈泥(Silt)質土を以つて毛管現象も強い。

破壊當時の斷面圖

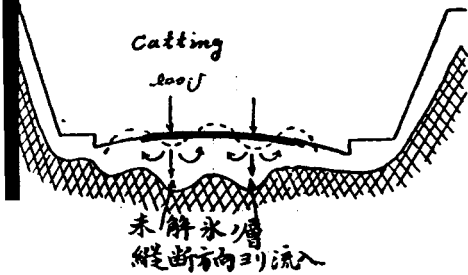


* 交通建設局技士

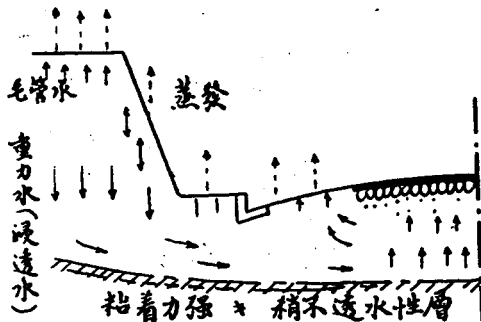
此の凍結状況を見るに所謂水層状(約4mm間)を呈し破壊當時の凍結土の含水量を測定せしむると100~120%に達してゐる。

合路床土の凍結前に於ける含水量を飽和状態(土の液性限界を取る)の51.2%と假定(斯如き状態は水中以外は餘りないが最悪の場合考へて)すれば凍結中に於て約50-70%だけ含水量を吸水増加させることになる。此の凍結に於ける増加水は地形及び土質の理學的性状に依る毛細管上昇水に外ならないが、此の場合に於ては特に地下水淺きに最大原因を有するとされる。

斯の如く吸水して凍結膨脹せる路床土が解氷に於ては氷解に依り多孔質(氷が水になる時容積减小と一部蒸發に依る)になると同時に



凍結前の雨水の遷作用



粘着力(見掛の粘着力)を失ひ上部よりの荷重の下方移動を生じ漸次解氷水の集積に依り泥津化され遂には破壊するに至るものと思はれる。

B 總務長官舎前

此の基礎地盤は全部を切土にて施工せる道路にして地下水位は比較的低い。此の道路の破壊作用も解氷水に依る地盤の軟弱化であるが其の破壊状況を見るに坂路の最下部に存在し且切土せる個所に限られてゐる。

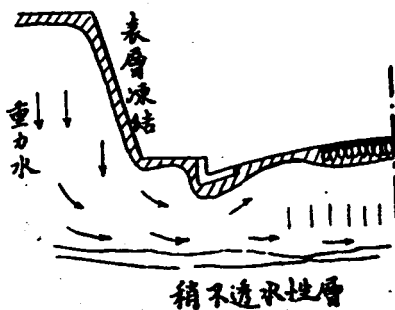
坂路の下部に於る破壊個所(總務長官舎前)



土質は粘土質沈泥にして比較的不透水性なれば凍結前の地中に滲透せる降雨水が気温降下と共に蒸發作用を鈍らせる爲地中の水は重力により傾斜面に沿ひ下降して低部に滞留し凍結中毛管水として上昇凍結せられたものと思はれる。

(凍結土の含水量は65%程度で破壊個所の泥

凍結後



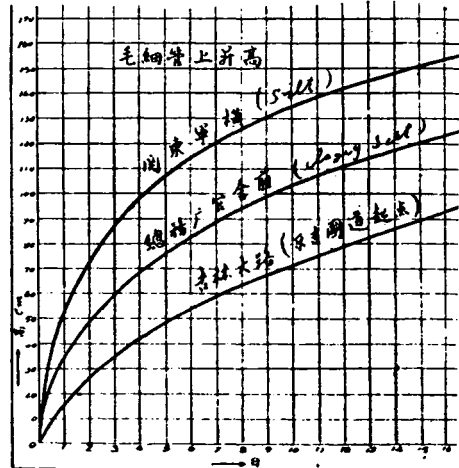
津土は60-90%位であつた)上記原因に依る凍結膨脹せる路床土が解氷期に於て泥津化するものであるが、此の道路の地形より見て坂路の上

部又は兩側の高地よりの解氷水の流入に依り其の程度を速進させるものと思はれる。

解氷水の集注状況

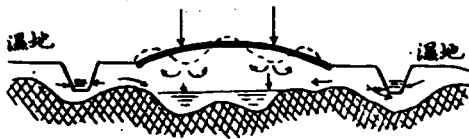


く其の下部は他の部より氷解深度深く此の氷水が此の低部に集中し水の逸出不能に依上部荷重通過の際は振動するものである。



0 京吉國道起點前

此の道路は附近一帯が平坦な濕地にして従つて地下水も淺く且土質も腐蝕質である。それ故



常時濕潤性で凍結中には相當に水を吸水し膨脹し解氷期には泥濘化し破壊を起すものであるが尙交通量著しきを以つて車輪に依る熱傳導激し

吉林大路破壊個所附近



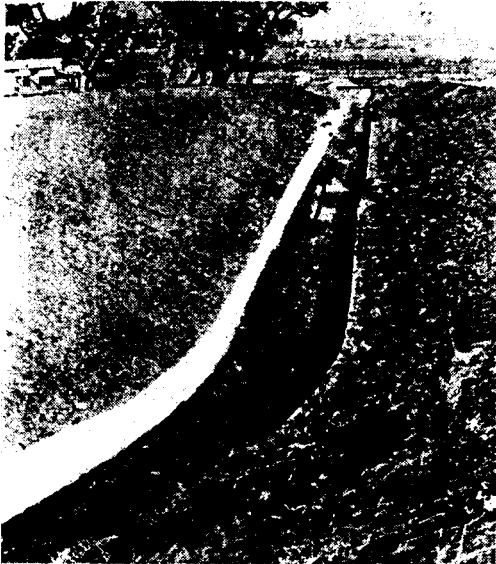
Table with columns for '場所' (Location) and '關東軍横' (Kanto Army). Rows include '比重大' (Specific Gravity), '假比重' (Apparent Specific Gravity), '空隙容積 (%)' (Void Ratio), '容積 (%)' (Volume Ratio), '液性限界' (Liquid Limit), and '機械分折' (Mechanical Analysis).

(III) 構造物の破壊

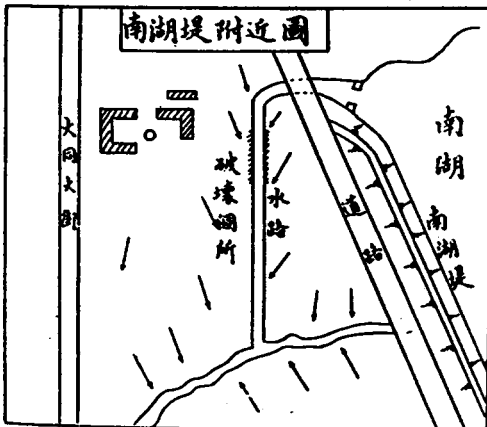
南湖余水路擁壁破壊：—

此の擁壁は下圖の如く一部はコンクリーリ他は間知石積(モルタル目地)又ハ空積で破壊個所の地形は波状を呈し凸部より凹

破壊擁壁全景



傾斜せるを利用して余水路を築造せるものにして地下水位は地表より6~8m内外(○印にて)なり。



A 間知石積擁壁の破壊

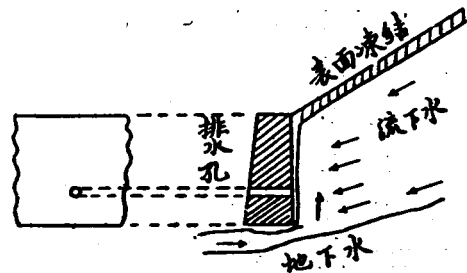
此の擁壁の破壊は長さ30m(兩側共)にも及ぶもので今後尙破壊状態にあるものが相當長に達してゐる。勿論此の破壊原因も凍結膨脹の際の土壓と解氷期に於ける法面土の自重の増加(含水量増加に依る)及び凝集力の減少等他の諸原因に依る土壓の増大に依り擁壁を側方に押出又は滑出し破壊を起すものであらうと思はれる

此の破壊を來たすが如き含水量の増大は前記の如く凍結中に凸部より不透水性層に沿つて下降

凍結に依る擁壁破壊



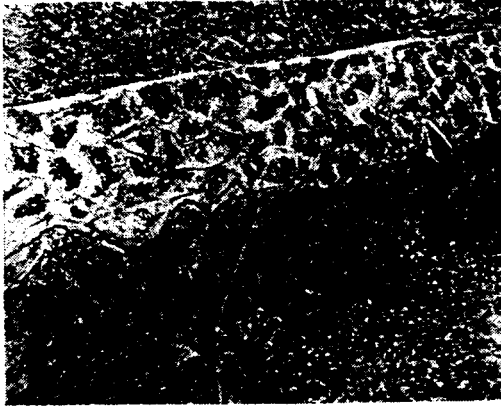
する流下水が擁壁低面又は背面(裏込土)に集まり毛細管作用に依りて上昇凍結するものであるが、此の擁壁には斯る集注水を排除すべき排水孔を高さ50m間隔約10mに径8m位のものに施工し有るも、其の集水を完全に排水するには其の設備が不完全の様に見受けられる。



又排水孔と其の接觸面の土質が透水性土質(砂又は砂利)を使用せず一様である(排水孔多く設けた所は破壊せず)上記の如く凍結した含

水土は凍上すると共に側方にも膨脹して擁壁背面に壓力を加へ破壊を生ぜしめるのである。

凍結膨脹した際の側面に依る擁壁龜裂状況



斯の如く凍結膨脹した裏込土の法面が水分蒸發進むに従つて表面より漸變的に收縮し土粒子

氷層による上面破壊

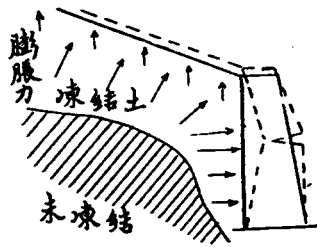


間の摩擦力及び凝集力弱き個所に於て龜裂を生ずるものと思はれるが、此の龜裂の大きさは土質に依るは勿論なれど凍結最初の含水量と其後の蒸發量にも支配されるものである。

即ち凍結膨脹

當時の含水量が收縮限界以内なる場合には水分蒸發に依る龜裂(收縮)は起らな

いが收縮限界以上なる場合に於ては(此の土は 14.7%) 水分蒸發量に比例して龜裂は増大する

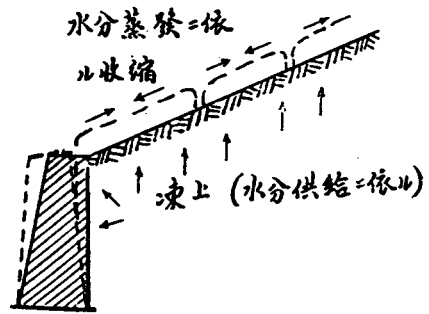


收縮作用に依る法面龜裂

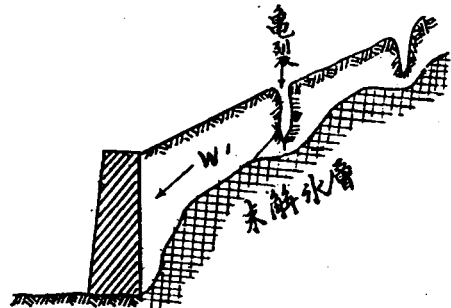


ものである。(收縮限界迄)

以上の諸原因の依つて起りたる擁壁の破壊。法面の龜裂は、解氷期に於て其の土壤が多孔になり且含水量を増加して凝集力を失ひ且重



を増加し下圖に示す如く未解氷層の剪斷抵抗(凝集力及び摩擦力)少なき面に於て滑出し、龜裂は移動せる擁壁を完全に破壊するものであ

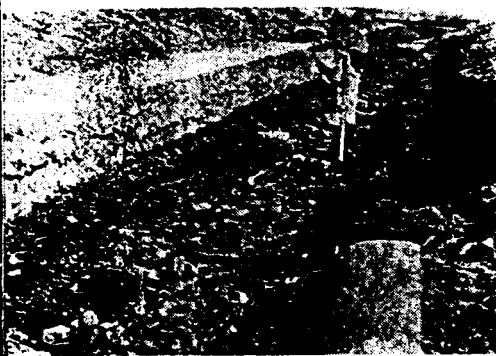


うと思はれる。

擁壁破壊個所の土質試験成績

項目	深 さ		30 厘	50 厘
	比 重			2.69
假 氏 重 率				
間 隙 率				
液 性 限 界			44.8 %	
收 縮 限 界			14.7 %	
收 縮 量			40.1 %	
含水量 (氷解土) 上 部			30.8 %	39.8
同 (氷結土)			57.7 %	78.1

解氷期の破壊状況 (1)



機械的分析	2.0~1.0	1.0~0.5	0.5~0.25	0.25~0.1	0.1~0.05	0.05~0.005	0.005	合 計	名 稱
		0.06	0.06	0.02	0.12	0.70	92.756		

(IV) 對 策

道路及び構造物の破壊は基礎又は其の附近の水の凍結水解に原因することは上述の通りであるが、此の對策又は防止法としては之等の水分を速かに除去或は防止することにある。けれ共此の外に構造物の施工様式又は使用材料等に依りて此の破壊を軽減することも出来る。即ち排水設備にて凍結中又は氷解時の水分を排除する事

- 1. 基礎地盤を良質土壤に置換へる事
- 2. 基礎地盤を凍結深度以下に取る事
- 3. 凍結氷解等の場合に作用する諸外力に對して充分な設計並びに施工をする事
- 排水設備にて排水すべきは
 - イ、凍結直前の雨水或は浸透水
 - ロ、凍結の際の毛細管上昇水と其の地下水
 - ハ、凍解氷時の隣接地よりの流入水
 - ニ、解氷水

解氷期の破壊状況 (2)



等にして此の内毛細管上昇水の外は皆盲暗渠或は土管等の地下排水設備に依り之等の影響水を路床内より排除するを得るも、毛管水は其の毛管現象の平衡が破壊せられない限り土壤中より出て來ないのであるから従つて排水設備に依るは不可能なるも、斯の如き場合は上昇水を遮断するが如き工法即ち毛細管作用の弱い砂礫層又は防水板等に依るが最良と思推される。

上記道路破壊個所の對策方法としては大體に於て盲暗渠及土管を路床に挿入してゐる。

此の設備概況は次圖に示す如くである。

1 粘土質土壤の如く比較的不透水性地盤にあつては盲暗渠に依り排水するが良い。

吉林大路砂壤個所の盲暗渠敷設状況



沈泥又は微細砂の如き毛細管強く且透水性土壤である地盤にして、地下水浅く且其の流動大ならざる場合に於ては、土管を地下水道側溝下部に挿入して除去又は低下を行ふ。

2 基礎地盤を良質土と置換へる事

沈泥又は微細砂(砂土)の如き毛管現象の激しき層を有する基礎は適當な深さに切り取り良質土と置換へ、排水及び毛管上昇水を遮断して凍解氷時の水分を除去すべきである。

良質土とは砂利又は砂の如き透水性にして毛管壓小なるものを言ふのであるが、新京附近の道路破壊状況より考へ其の置換厚を砂利の場合に於て30~50程、砂にて50~70程前後にて可なるものと思はれる。

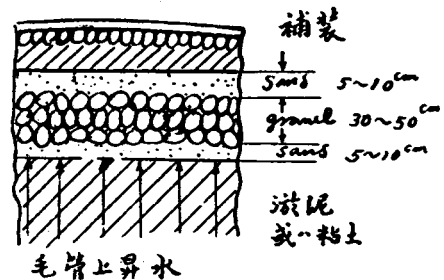
勿論此の場合には置換厚は凍結深度土質の地下水或は上部通行荷重等に依り適宜決定すべきは言ふ迄もない。

粒徑に依る毛管上昇高

粒 徑(耗)	上 昇 高		
	2 時間後	4 時間後	約 1箇月後
5.0 ~ 2.0	22	24	25
2.0 ~ 1.0	54	40	65
1.0 ~ 0.5	115	123	131
0.5 ~ 0.2	214	230	246
0.2 ~ 0.1	376	394	428
0.1 ~ 0.05	534	574	1,075
0.05 ~ 0.02	1,153	1,340	2,000
0.02 ~ 0.01	485	922	
0.01 ~ 0.005	285		
0.005 ~ 0.002	145		
0.002 ~ 0.001	55		

Atterbergの實驗に依れば粗粒土より細粒土に至る程大であるが至0.05~0.02mm前後からオに上昇速度緩漫になる様である。(前表参照)

従つて0.05~0.02 前後の土粒子にて構成された路床に於ては地下水比較的深い場合に於て其の路床土を砂利又は砂(粗粒砂)に置換へるべきである。粘土質の土質に於ては地下水のみに浅き場合の置換材料としては成可く粗粒砂利を使用する方が良く、此の場合特に注意をする事は砂利層の上下に荒砂を 5~10程位薄微細土が砂利の空隙に侵入するを防ぐ必要ある。



3 基礎地盤を凍結深度以下にとる事

構造物の基礎を凍結線以下に下げる事は凍上防止の爲又は構造物自體の安定の爲にも缺くべからざる事である。

地 名	凍 結 深 度
新 京	1.50m
哈 爾 濱	1.80
齊 齊 哈 爾	2.30

上表に示す如く滿洲の凍結深度は 1.50~3.00 m もあり構造物の基礎設計には凍上並解氷時の不正沈下を顧慮し凍結線以下に取るは勿論次項に述ぶるが如き凍結土の力學的性質を考慮に入れ充分安全な基礎根入を施工すべきである。

凍結解氷等の場合に起る諸外力に對して充分な設計並に施工する事

大體構造物の破壊作用は基礎の凍上沈下の際に於ける諸種な作用に依るは前述の通りであるが、此の凍上及び沈下を行ふ諸外力に對して充

分な抵抗力を有するが如き設計施工ならば破壊現象は起らない筈である。

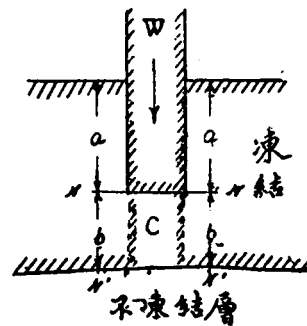
即ち今假に重さ W なる(基礎に働く重さ)構造物があると考へるならば

$$W \geq a + b + c = A$$

a = 凍結地盤と基礎接觸面との全着力

b = 凍結土の剪斷抵抗力(間)

c = 基礎面下部に於ける(凍上力)

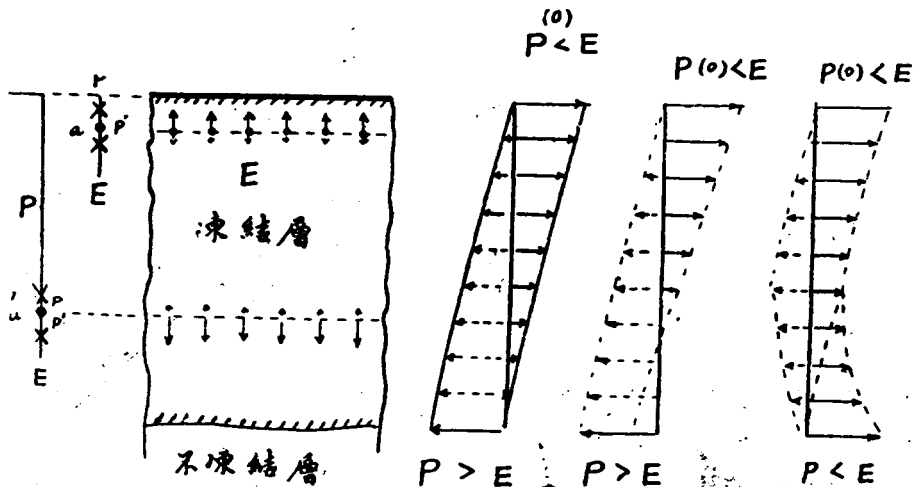


なるならば安全である。此の場合の凍上力は含水土の膨脹力にして凍着力は基礎と土との接觸部の密着力なり

然して此の凍上力は含水土粒子空隙深さ等の大小に依り密着力は接觸面と凍結土の狀況に依り

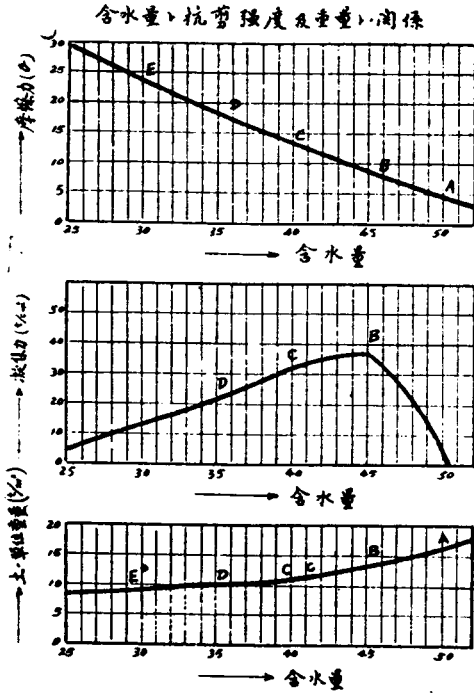
水 の 密 着 力

品 名	密 着 力	品 名	密 着 力	品 名	密 着 力
鐵 (A)	0.508 kg/cm ²	木 (B)	1.90 kg/cm ²	コンクリート(B)	3.785 kg/cm ²
鐵 (B)	0.33 ”	コンクリート(A)	3.785 ”		



夫々値が違ふは云ふ迄もないことである。

今此の凍上力の作用を考へて見るに凍結最初は凍上量も大であるが漸次凍結進むに従つて凍上率は小になり或る限界迄來ると凍上は起らず



反對に凍上力が下部に向つて働く場合がある

上記の或る限界とは即ち上部よりPなる土を受ける深さのa點に於て凍結膨脹する場合なる土壓(土重)が小でEなる地盤の支持力大なる時は上方に向つて凍上すれど、漸次凍結進につれて土壓も大になり下部の毛管上昇水が部に吸収され比較的多孔質になる時は(E<I)下方に向つて膨脹が働くものと思はれる。

従つて斯る凍結土の力學的諸性質は土質地地下水氣象上部荷重等に依り異なるを以て構物設計施工の際には此の點に留意して行ふべである。

特に擁壁の如く凍結膨脹して側壓を受ける造物に於て其の背面に加はる土壓力(膨脹力)作用點及大いさを考慮し之に充分な擁壁断面決すべきであるが、又此の擁壁背面の凍結土結氷期に於ける土壓の増加(水分増加に依る剪強度及重量の増減)をも合せて考へねばなぬと思ふ。

鐵驢青少年義勇隊訓練所視察畫報 (其の3)

(5)



(6)



(5)(6) 隊員の建築作業。宿舍、病院、倉庫、井戸等の施設は總て隊員の手で建設される。板を削る手つき、壁を練る足つきも本格的である。訓練の偉大さを痛感した。