

37. 凍上調査装置について

土木試験所 北川光雄

道路などの基礎地盤における凍結・凍上・地中水位などの推移を比較的簡易に観測調査するために採用した一連の方法、特に凍上鉞と木工用ギムネによる試みが、今後この種調査に対して充分推奨しうることが明らかとなつたので、ここにその方法と、得た結果の概要を述べ関係者の参考に資することとした。

1. 調査場所(昭和29年度)

調査場所として札幌市土木課の協力をえて、市内北12条東8丁目、北光バス路線の砂利道を選んだ。道路の路心部は厚さ35cm程度の砂利層で、その下は砂質ローム、粘土質となつており、側方に至るに従い砂利層が次第に薄くなり、側溝付近では殆んど砂利が認められない。路床土質は全般的に含水量に富む軟弱粘土質土であり、バスの通行によつてかなりの振動が感じられた。

2. 気象状態

札幌管区気象台の資料を基にして気温と積雪を求めた。図37-4は観測期間中の平均気温の推移を凍上量・地温・地下水位の経過とともに併示した。なお調査施設箇所は特に除雪に留意して10cm程度以上の残雪を留めないようにした。図37-1は札幌における積算寒度ならびに今冬期の積雪深経過を示す。

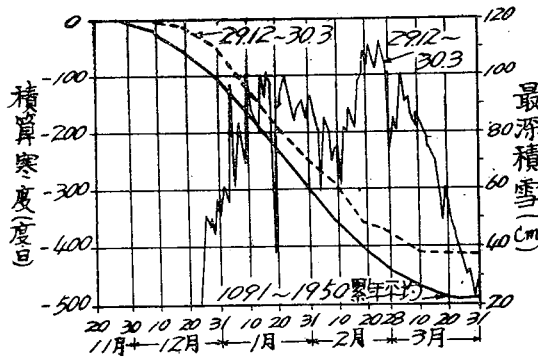


図37-1 札幌における積算寒度と積雪深経過図

3. 土質調査

凍上鉞の各種別ブロックごとに、基準鉞(B.M.)設置箇所の採取試料について土性を調べた。土質は全般的に含水量に富み、L.L.に近いかそれ以上の甚だ軟弱な粘土質で凍害をうけ易い状態であつた。表37-1はA型鉞設置箇所の土質試験結果である。

表 37-1 凍上調査箇所土性表

場所 札幌市北 12 条東 8 丁目

採取月日 29. 11. 18

A 型鉄設置箇所

試料 番号	最初の地 表からの 採取深さ (cm)	粒度分析 (%)			含水比 (%)	真比重	液 性 限 界 (%)	塑 性 限 界 (%)	塑 性 指 数	土 質 分類名称	A.Casa- grande の分類名 称
		粘土	沈泥	砂礫							
A No. 1	27~34	16.3	35.1	58.6	28.3	2.66	37.2	23.6	13.6	砂質ローム	S F
A No. 2	34~42	11.5	7	81.5	26.7	2.66	31.6	—	—	砂質土	S F
A No. 3	55~60	44.5	49.1	6.4	58.7	2.60	56.9	25.7	31.2	粘土質	CH
A No. 4	80	40	56.2	3.8	69.4	2.64	70.0	30.2	29.8	沈泥質粘土	MH
A No. 5	85~90	30	64	6	68.5	2.65	63.6	31.0	32.6	沈泥質粘土	MH
A No. 6	100~110	11.3	16.4	72.1	51.6	2.65	34.5	22.7	11.8	砂質ローム	ML

4. 凍上量調査

凍上量は図 37-2 に示すような凍上鉄によつて測定する方法を試みた。凍上鉄の構造は図 37-2 に示すような鉄製の円鉄に丸鋼をネジを切つて取付けたもので、丸鋼の長さより幾分長めの外径 1 inch のコンジットチューブに軟いグリースを填充したものをかぶせ、さらに土などが入らぬようキャップで保護したものである。有合せの材料で次の A, B, C の 3 種類の凍上鉄を試作した。A 型は円鉄厚 9 mm, 径 10 cm, 丸鋼 ϕ 9 mm, B 型は円鉄厚 2 mm, 径 10 cm, 丸鋼 ϕ 6 mm, C 型は円鉄厚 2 mm, 径 5 cm, 丸鋼 ϕ 6 mm としたもので、丸鋼の長さは各型とも 15, 25, 35, 55, 75, 100, 120 cm とした。凍上鉄の設置にあつては、調査しようとする箇所に 4 inch のオーガーで所定の深さまで孔を掘り孔底を平らにする。基準鉄 (B. M.) となるもの場合は角材などで締固めるとともに、孔底が軟弱なときは特に砂利か玉石などをつきこんで、鉄が沈下するようなことのないようにする。孔ができあがればその中に、軟いグリースと外管で保護した凍上鉄を設置し、孔内の間隙には穿孔前と同じ層層になるように土をつきかためながら埋戻す。今回はチューブ上端が地表面から 15~20 cm 程度の深さになるような位置に鉄を埋めた。路上交通により鉄がチューブを通じて押下げられるのをさけるために帽子状の鉄製保護鉄をかぶせた。また凍上鉄のうち特に砂利層直下には直径 10 cm の円鉄を 5 寸釘で打止めたものを用いた。凍上量の測定にあつては推定凍結深度より 30 cm 以上、少なくとも地表より 120 cm 以上の深さに埋設したものを基準鉄 (B. M.) として、それらの棒頂の相対的な高差を連通管の原理による水準器 (管はビニールチューブ、液体は着色したアルコールを用いた) を用いて測つた。A, B, C の 3 型は道路の縦断方向に一列に排列した。各型とも凍上鉄は B. M. を中心として 50 cm 間隔に左右に並べ、各型 B. M. の間隔は 6 m とした。観測頻度は毎月 3 回を基準とした。

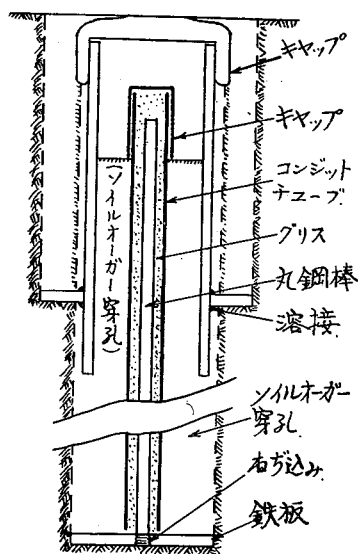


図 37-2 凍上鉄構造図

土質調査の項において述べたように、この調査地点の基盤土質は特に軟弱で、特別なケースに属すると考えられるが、観測結果によれば A, C 両型の場合にはそれぞれの B. M. 鉄をも含めて凍結時の気象作用による以外の変状と考えられる移動を示したので、かような場合には鉄、特に B. M. の設定面に細心の注意と処置が必要などが判つた。今回の場合は穿孔底面を均らす程度で格別な措置は施していなかつた。この調査結果によれば

本年度冬期のこの地点における最大凍上量は4~6 cm, 凍上影響深度は40~50 cm, 凍上量が最大に達するのは2月下旬~3月初旬であることが判つた。凍上飯の大きさは少なくとも径10 cm程度は必要であること, B.M.となる飯の深度は本地点のような軟弱地ではもつと堅固な層まで下げるかまたは特別な工夫が望ましいこと, 地表附近の保護構造については上記のように改造する必要があることなどが明らかとなつた。図37-3は最上位飯(砂利層直下)の凍上最大期における凍上量深度分布を示す。

5. 凍結深度の測定

地盤の凍結深度をテストピットにより判断する方法は凍上の掘削作業にかなりの労力と時間を要するため, 凍結深の大きい場合には特に困難である。そこで砂利層下は径1.2寸の木工用ギムネの柄部を継足し補強したものをを用いて穿孔し, 凍結深に至れば判然と急激に穿孔抵抗の変化すること, または切屑土に切屑氷片の認められなくなること, 採取土の堅さの触感などの事実を併せ判断して凍結深を見定めるという方法を試み, 殆んどあらゆる場合に成功した。砂利層が厚く掘り起すのに困難なときは, 予め砂利層の範囲に孔を開けて竹筒・木枠など適宜の有蓋管を立てこんでおけば, この孔内で容易に作業できるので凍結期の観測は容易になる。写真37-1はギムネによる凍結深測定状況を示す。

6. 地温測定

地温測定は銅-コンスタンタン熱電対を用いた。これは埋込んでおく

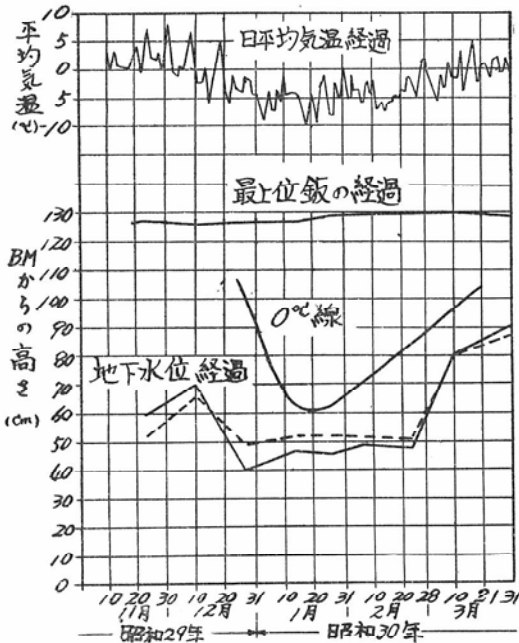


図37-4 日平均気温・最上位飯・地下水位経過図

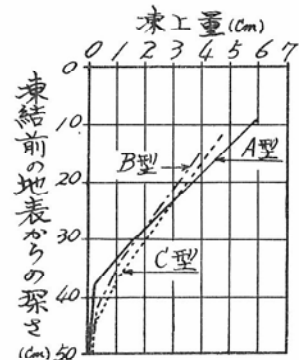


図37-3 飯凍上最大期における凍上量曲線 (凍上最大期 30.3.10のもの)



写真37-1 ギムネ法による凍結深の測定

とよいのであるが, 防水が難しいこととまた往々にして起り易い観測期間中の断線が避けられないので, 今回は好ましい方法ではないが次のようにした。すなわちφ25 mm, 長さ15, 25, 35, 55, 75, 100 cmのコンジットチューブの頭部に鉄キャップをかぶせて地中に埋込んでおき, 観測の都度管内に熱電対を挿込んで管底の土に達せしめ電位差計式熱電対温度計で測定した。今回の構造では表面の融解水が観測時に管内に流れこむため, 満足な状態で測定できなかつた。従つて管頂部は凍上飯の場合と同様な保護が必要である。参考までに観測結果から0°Cの等温線のみを図37-4に併示した。

7. 地下水位の測定

地中水位の変動を調べるために、径 6 cm・長さ 150 cm の有孔竹筒の頭部にトタン製キャップをかぶせたものをソイルオーガーによる穿孔中に埋込み、竹筒と孔壁との間には、下部はフィルターとして砂を入れ、地表付近約 30 cm 間は細粒土で充分つきかためたものを設置した。位置はブロック A~B, B~C のそれぞれ中間である。水位は直接折尺で測定した。観測の結果を図 37—4 に併示す。凍結期に水面低下しほぼ一定で経過し、融解期の上昇、雨後の排水による低下など気温・地温の推移に応ずる変動をよく示している。

8. む す び

以上本年度試みた方法についての調査概要を述べ、併せて差当り改善すべき点について附言した。本文は今回実施した方法についての紹介を主な目的とするものであるが、この一連の方法は多くの利点を持つており、特に次の諸点において優れていて、今後の調査に対し推奨しうるものと考えてるので、今後の改善について関係者各位の好意あるご助言をえたいと思う。すなわち

1. ピット法のように観測ごとに凍結寒冷期の困難・煩瑣な掘削作業をする必要がないので非常に労力が省け、所要時間も短縮できる。

2. 地盤の攪乱影響が少ない。すなわち設定時の穿孔はオーガーホールだけであり、その後掘削しないので、ピットのように各回ごとに攪乱や熱的影響を与えることがない。

3. 観測時の（大規模な）掘削がないため、路面中央部でも、観測時刻その他について考慮処置すれば実施の可能性があるもので、実際の除雪状態で調査し易い。ピット法では交通保安などの制約上路肩部で行なうため、とかく道路構造・堆雪状態・交通量等々が対象路面と一致しないおそれがある。またこの方法は多少の工夫をすれば舗装下の調査についても適用できる。

4. 地下水位推移との関連を簡易に調べることができる。
などである。

本調査研究報告は土木試験所報告第 14 号に発表した。なおこの方法ならびにこれをさらに修正発展させた方法を用いて今年度は、札幌その他の協力により、国道 12 号線美幌市附近において路盤材料置換の効果を調べることを主とする調査が行なわれている。