

北海道道東地方における電子基準点の凍上対策（第10年次）

実施期間 平成10年度～平成19年度
測地観測センター地殻監視課 石本 正芳

1. はじめに

北海道道東地方に設置された電子基準点では、冬季になると地殻変動とは異なる変位が観測される。検討の結果、寒気により土中の水分が凍って引き起こされる凍上現象が、異常変位の原因であると特定された（阿部他，1998）。この凍上現象による変位を軽減することを目的として、平成10年度から調査研究として凍上対策工事を実施し、平成15年度まで様々な工法が試行された。その結果をうけ、平成15年度の工法（重松，2003）が凍上対策として最も効果が得られると期待されたため、平成16年度からは凍上対策工事の効果の検証に重点をおき、未対策の観測点等はこの工法による凍上対策工事が実施されてきた。

これまで現在の工法の凍上対策工事の効果が見られているとしてきたが、2007年12月から2008年3月にかけて、現在の工法で凍上対策を実施した観測点において、再び凍上現象による変位が見られた。この凍上の再発について検討した結果、現在の工法も十分な対策ではないという結論に至った。本報告では、現在の工法の問題点を検討した結果および今後の方針について述べる。

2. 研究内容

2.1 凍上対策の効果

凍上対策工事は、平成10年度からこれまでに8通りの工法で実施した。このうち効果が見られたものは4通り、凍上が見られていないものは、現在の工法（断熱+置換工法2）を含めると3通りであった（表-1）。しかし、現在の工法で施工した「阿寒2」においては、2007年12月頃から凍上による変位が観測された（図-1）。この「阿寒2」の変位をうけ、現在の工法で施工した観測点を調査したところ、13観測点のうち7観測点で凍上によると思われる変位があった（表-2）。このことから、現在の工法は不十分であったと考えられる。

2.2 気象条件との関係

図-2に、凍上対策前の南北成分の時系列データおよび「阿寒2」近傍の気象観測点の月平均気温・積雪量を示す。この図から、1998年のように積雪が少ない年は凍上の影響が大きいことがわかる。凍上対策後の2004年以降では、2008年を除くと積雪が多く凍上の起きにくい気象条件であったことがわかる。

図-3は、2007年から2008年にかけての「阿寒2」近傍の気象観測点の気象データ（日平均気温、積雪量）である。あわせて、気温からAldrichによるNeumannの簡易式で求めたコンクリート基礎の凍結深および土壌の凍結深を示す。図中矢印は凍上が見られ始めた時期を示しており、その時期の凍結深はコンクリート基礎で約40cm、土壌で約14cmであった。このことは、基礎周辺の比較的上層の凍結が凍上に大きく影響していたことを示している。その他の凍上が見られている観測点について調査した結果、ばらつきはあるが「阿寒2」と同様、凍結深がそれほど深くなくても凍上の影響が見られていることがわかった。

表－1 凍上対策工事の施工方法のまとめ

工 法	実施年度	施工点数	効果	備考
① 置換工法	平成 10 年度	1 点	△	4 年目以降，再び凍上が見られた．
② 断熱工法 1	平成 11 年度	1 点	×	効果なし．
③ 断熱工法 2	平成 11 年度	1 点	×	効果なし．
④ 断熱工法 3	平成 11 年度	1 点	×	効果なし．
⑤ 断熱工法 4	平成 13 年度	4 点	○	工事後 6 年を経過したが，凍上による異常は見られていない．
⑥ 断熱＋置換工法 1	平成 14 年度	1 点	○	工事後 5 年を経過したが，凍上による異常は見られていない．
⑦ 断熱＋置換工法 2 (現在の工法)	平成 15 年度 ～ 平成 19 年度	13 点	△	現在の施工方法．施工点のうち半数以上に凍上が見られ，不十分か問題あり．
⑧ 断熱＋置換工法 3	平成 15 年度	1 点	○	経年的な劣化により表面が露出したため撤去．継続性に問題あり．

表－2 断熱＋置換工法 2（現行の工法）における凍上対策の効果

工事実施年度	観測点名	効果	備考
平成 15 年度	釧路市 (940010)	×	'05 年，'07 年，'08 年に東西成分に凍上が見られる．
	釧路町 (960531)	○	'08 年の南北成分にわずかな南向きの変位が見えるが，凍上によるか判別できない．
	阿寒 2 (960513)	×	'08 年に 2cm 程度と大きな凍上が見られた．
	標茶 (960515)	×	'05 年から毎年凍上が見られている．
平成 16 年度	常呂 (950108)	×	'08 年の東西成分に凍上が見られた．
	北見 (950114)	○	これまでのところ凍上は見られていない．
平成 17 年度	置戸 (960511)	×	'08 年の東西成分に凍上が見られた．'07 年の南北成分の変化も凍上の可能性あり．
	大樹 2 (970793)	△	'06 年，'07 年は凍上の可能性もあるが，判別できない．
平成 18 年度	広尾 (940015)	○	凍上は見られない．
	帯広 (960521)	×	'07 年，'08 年ともわずかだが凍上と見られる変位が見られる．
平成 19 年度	池田 (940011)	×	'08 年の南北成分に凍上が見られる．
	網走 (960505)	○	凍上は見られない．
	士別 (020857)	—	これまで見られていた局所的な変動は，凍上とは別の原因の可能性が高い．

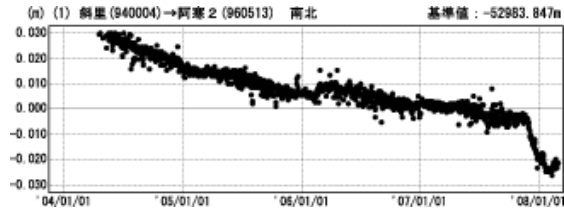


図-1 「阿寒2」の南北成分の時系列グラフ（凍上対策後）

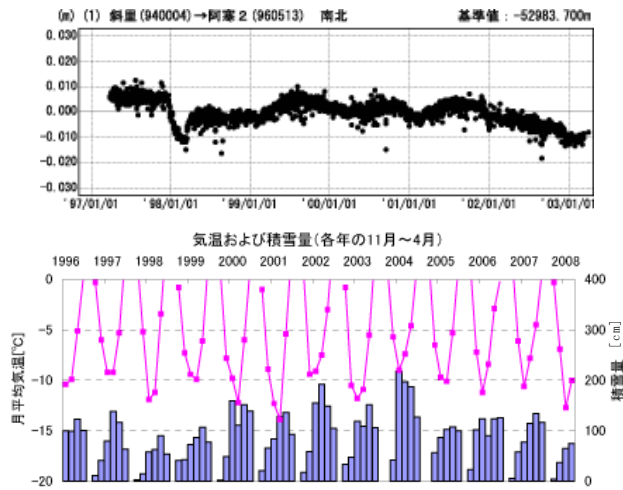


図-2 凍上対策前の「阿寒2(960513)」の南北成分の時系列グラフ（上図）および気象観測点(阿寒湖畔)の月平均気温および積雪量（気象庁HPより）（下図）

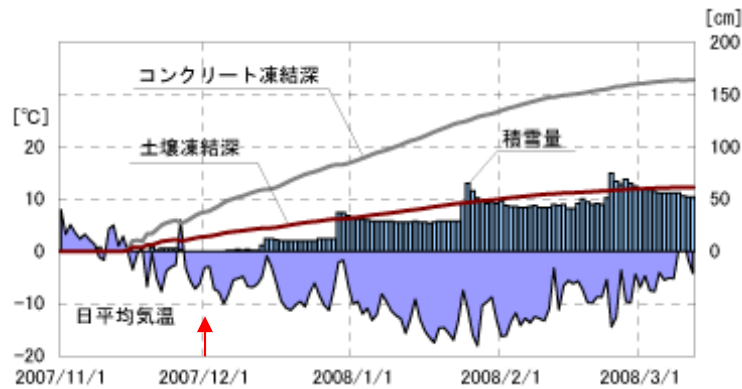


図-3 「阿寒2」近傍（阿寒湖畔観測点）の気象データ（気象庁HPより）と凍結深

2.3 周辺環境と工事

図-4は、「阿寒2」における凍上対策工事の施工写真である。この写真から、掘削時に大量の水が見られており、この観測点の周辺は非常に水分が多いことがわかる。また、土質も粘土質であることから、この工事により基礎周辺に入れ替えた砂利部分に水がたまりやすくなった可能性もある。

その他の凍上が見られた観測点における施工写真を確認したところ、「阿寒2」のように水が多いところは見られなかった。しかし、「標茶」では図-5で示すように、観測点の南西側のすぐ脇を舗装された道路が通っており、それを避けたため不凍土で置換した周囲の幅が不均一となっている。凍上による変位の向きが北東方向であることから、このように工事が問題となる場合もあると考えられる。



図-4 「阿寒2」の凍上対策工事写真



図-5 「標茶」の凍上対策工事写真

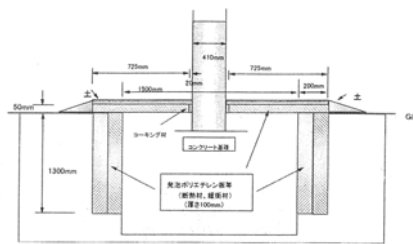
2. 4 問題点とまとめ

以上をまとめると、現在の工法には、以下の点が問題であったと考えられる。

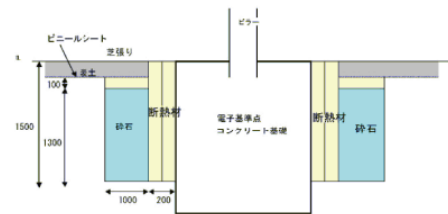
- ・基礎周辺の凍結防止が不十分
- ・周辺が凍結した場合の凍結土圧に対し弱い
- ・排水対策が不十分
- ・不適切な工事

これまでに実施した8工法のうち、3工法では施工後に凍上は見られていない(表-1)。この3工法と現在の工法の施工図を図-6に示す。施工図からわかるとおり、断熱+置換工法1は現在の工法と本質的な違いはなく、上述と同様の問題があると考えられる。断熱工法4は、基礎周囲の土壤の凍結防止の措置をしておらず、より環境の厳しい場所では凍上を防ぐことは難しいと考えられる。断熱+置換工法3は、上述の問題点が比較的に有効であった可能性はあるが、断熱材が地面から張り出すため劣化が速い上、安全面にも問題があった。

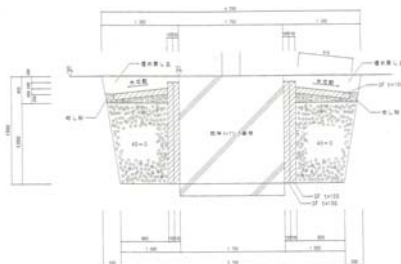
これまで実施した凍上対策工事では、効果が見られなかった3工法を除いて、ある程度凍上を軽減する効果はあるが、完全に凍上を防ぐことは難しいと考えられる。



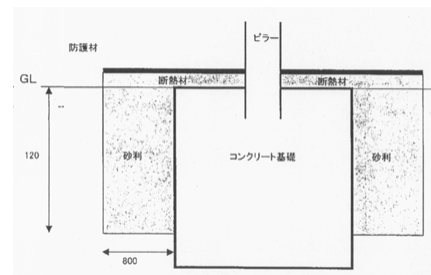
断熱工法4



断熱+置換工法1



断熱+置換工法2

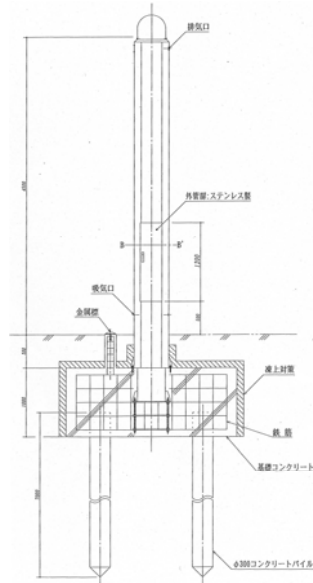


断熱+置換工法3

図-6 凍上対策工事施工図

2. 5 02 番台の凍上対策

2002 年度以降に設置された電子基準点（02 番台）では、凍上が懸念される地域の観測点に 7 m のコンクリートパイプを打設し、さらに基礎を地下 50cm に埋めた上、断熱材を基礎周囲に貼り付けている（図－7）。この施工方法による観測点は北海道に 13 点あるが、いずれの観測点においても設置から現在まで凍上による変位は見られていない。このことから、この工法が凍上対策として有効であると考えられる。



図－7 02 番台施工図

3. 今後の方針

これまでの工法の問題点、02 番台における工法を踏まえ、凍上を受けにくいと考えられる工法を提案する（図－8，図－9）。この工法により、次のような効果が期待される。

・基礎周囲の凍結防止

基礎を地下に埋めることにより、基礎周囲の凍結を防ぐ。基礎を埋める深さは、気温を考慮して決める必要があるが、50～60cm 程度でよいと考えられる。

・基礎の安定化

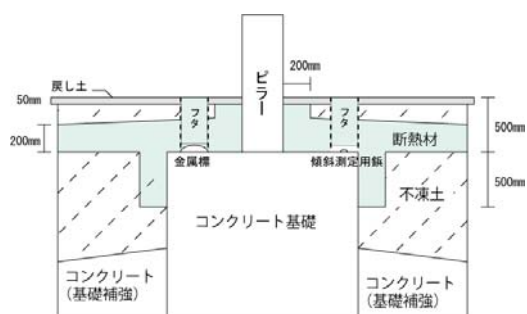
基礎の補強、断熱材を側面に貼り付けないことにより、横方向の力に対し強固となる。

・継続性

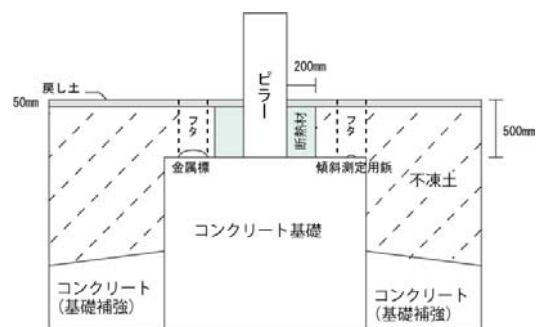
断熱材を使用しない、あるいは補助的な役割であるので、これまでより断熱材の劣化による影響が少ない。

ただし、土中のピラー部分が凍結土圧により変形しないように、ピラー部分の断熱材は吸収剤もかねるような素材である必要がある。また、極力水をたまりにくくするために、これまでの凍上対策時に用いられたようなビニールシートを敷くことは避ける。

以上の施工方法により、これまでより効果が得られると考える。ただし、近年、電子基準点の解析結果に非常に高い精度が要求されることから、実績もある 02 番台のようなより根本的な対策が望まれる。一方で、どのような対策工事でも、経年的な劣化は避けられないと思われるので、今後も凍上の早期検出、把握が必要である。



図－8 凍上対策施工案 1



図－9 凍上対策施工案 2

参考文献

- 阿部馨，大滝修，藤咲淳一，菊田有季枝，米溪武次，日下正明，河和宏，堀田暁子（1998）：凍上現象による電子基準点の変位に関する研究，平成 10 年度調査研究年報，国土地理院技術資料 A・1-No. 214，125-128.
- 高原正勝，菅富美男，藤咲淳一，田村孝，河和宏，都筑三千夫，堀田暁子，阿部馨（1999）：凍上、日射による電子基準点の変形に関する調査研究，平成 11 年度調査研究年報，国土地理院技術資料 A・1-No. 225，103-106.
- 田村孝，菅富美男（2001）：北海道道東地方における電子基準点の凍上対策，平成 13 年度調査研究年報，国土地理院技術資料 A・1-No. 268，95-96.
- 重松宏美（2002）：北海道道東地方における電子基準点の凍上対策（第 5 年次），平成 14 年度調査研究年報，国土地理院技術資料 A・4-No. 1，119-120.
- 重松宏美（2003）：北海道道東地方における電子基準点の凍上対策（第 6 年次），平成 15 年度調査研究年報，国土地理院技術資料 A・4-No. 2，113-114.
- 納田俊弘，小清水寛，石倉信広，植田勲（2004）：北海道道東地方における電子基準点の凍上対策（第 7 年次），平成 16 年度調査研究年報，国土地理院技術資料 A・4-No. 3，133-134.
- 雨貝知美，小清水寛，石倉信広，納田俊弘（2005）：北海道道東地方における電子基準点の凍上対策（第 8 年次），平成 17 年度調査研究年報，国土地理院技術資料 A・4-No. 4，155-158.
- 地殻監視第二係（2006）：凍上のまとめ，地殻監視課内部資料.
- 石倉信広，石本正芳（2006）：北海道道東地方における電子基準点の凍上対策（第 9 年次），平成 18 年度調査研究年報.