

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）

実施期間	平成10年度～平成17年度
測地観測センター地殻監視課	雨貝 知美 小清水 寛 石倉 信広 納田 俊弘

1. はじめに

北海道道東地域に設置された電子基準点の多くは、冬季に凍上現象によるものと思われる変動が観測されていた。凍上現象による変動は長いときには数ヶ月に及び、監視上大きな弊害となる。特に、北海道道東地域の電子基準点は、太平洋プレートの沈み込みに伴って千島海溝沿いで発生する地震による地殻活動の変化を捉えるのに重要であり、早急な対応を必要とした。そこで、測地観測センターでは、凍上現象の軽減を目的として、平成10年度から凍上対策工事を実施してきた。本研究では、本年度までに凍上対策を実施した観測点について、工法毎に成果の検証を行った。

2. 研究内容

2. 1 凍上現象の概要

表層から寒気が浸透すると、土は凍結温度が0℃になる深さまで凍る。この時、下層の水は凍結面近傍に引き寄せられ、氷の塊（アイスレンズ）として析出する。アイスレンズが出来ると、その分凍結土圧が大きくなり、地盤が隆起する。この現象が一般的に『凍上現象』と呼ばれるものである。凍上現象が起きる条件としては、1) 凍上を起こしやすい土質（粘土、シルト質、火山灰等の混合土）であること、2) 土中の温度が凍結するまで下がること、3) アイスレンズを作るのに十分な水分補給が下層からあること、の3点が挙げられる。

2. 2 検証方法

凍上対策工事の効果を検証するにあたっては、GEONET（F2）解析で得られた基線ベクトル（青森県むつ(940024)を固定）の成分変化グラフを用いた。検証に用いた観測点は、平成10年度以降凍上対策を施した観測点16点である。なお、検証にあたっては、冬期（12月～翌年4月頃）に1ヶ月から数ヶ月の長期にわたって傾向の変化が見られ、かつ、次のいずれかを満たすものを凍上現象による変動とみなした。

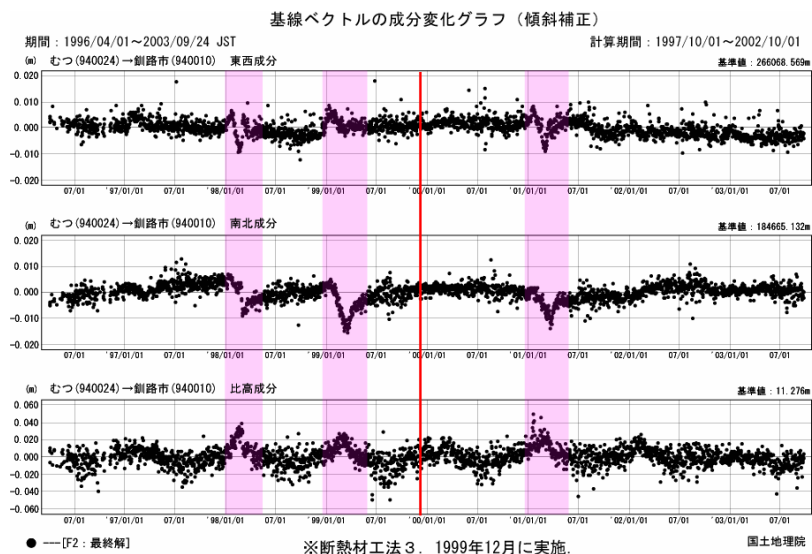
- 1) 水平成分で概ね1 cm 以上の変動があり、高さ成分に沈降が見られない
- 2) 高さ成分に顕著な隆起が見られる

また、参考資料として、観測点近傍にある気象観測点の気象データから月平均気温及び真冬日（日最高気温が0℃未満の日）日数を用いた。

2. 3 平成10年度から平成13年度までの凍上対策施工とその成果

凍上現象を回避するため、これまで様々な施工法を試みてきた。平成10年度は電子基準点の基礎周辺の土壌を非凍土材（砂と砂利）に置き換える工法（参考文献[1]）、平成11年度は電子基準点の基礎に断熱材を接着させる工法（参考文献[2]）を採用した。しかし、これらはいずれも施工後に凍上現象による変動が確認されており、効果が不十分あるいは継続しないことが分かった（図-1）。一方、平成13年度に凍上対策を施した観測点でも断熱材工法（参考文献[3]）を採用しているが、基礎側面に

加え、地表面も断熱材で覆うことによって、ある程度の効果は得ており、施工後はそれほど目立った凍上現象による変動は見られない。しかし、周辺の土壌が凍結・融解を繰り返すことにより土圧の影響を受け、断熱材の劣化を招く恐れがあり、断熱材のみの対策では効果の継続性に対する懸念がある。



図－1 電子基準点「釧路市(940010)」における基線ベクトルの成分変化グラフ
(線：工事実施日，四角枠：凍上と思われる変動)

2. 4 平成 14 年度以降の凍上対策施工

これらの過程を経て、平成 14 年度以降は、置き換え工法と断熱材工法を組み合わせた工法（参考文献[4][5]）を採用している。置き換え工法によって前述した凍上現象が起きる条件 1) を、断熱材工法によって条件 2) を回避できると期待される。さらに、断熱材は凍結土圧に対する緩衝材の役割を担うことも期待される。条件 3) の回避については、構造物の下層に水抜き用の排水管や排水溝を設置する排水施設工法などが考えられるが、電子基準点基礎の移動を伴うため採用していない。

平成 14 年度は、地表面からの雨水の浸水や寒気の侵入を防ぐためにビニールシートを用いたが、平成 15 年度以降は基礎側面に接着させた断熱材と同じものを用いた。さらに、上面に設置した断熱材に勾配をつけ、雨水を浸水することなく排水できるような構造にするなどの改良を加えた(参考文献[5])。また、平成 15 年度には、断熱材の膨張等による基礎への影響を懸念して、側面に断熱材を接着しない工法も試みた。平成 16 年度からは、高品質といわれる押出式ポリスチレンフォームを断熱材として用いている。

なお、平成 14 年度以降に設置された電子基準点の一部は、露出を防ぐために基礎上面を地中に埋め、さらに、パイルを打ち込むなどの凍上対策を設置時に行っている。

3. 得られた成果

平成 14 年度以降の工法を用いた観測点については、現在まで凍上によるものと思われる変動は見られない。図－2 は、平成 14 年度の工法で施工した電子基準点「根室 2 (950119)」における基線ベクトルの成分変化グラフである。この工法は、側面の対策としては断熱材（二重）＋置き換え工法を採用しているが、上面についてはビニールシートであるため、断熱材と比べて雨水の浸水や寒気の侵入による影響が懸念された。しかし、図を見る限り、現在まで 2. 2 で示したような特徴を満たす変動は見られず、効果は継続していると思われる。図－3 は、平成 15 年度以降の工法で施工した電子基準点

「標茶(960515)」における基線ベクトルの成分変化グラフである。この工法は、前述したように、上面にも断熱材を用い、さらに勾配をつけるといった工夫がされており、現在も採用されている。この工法で施工された電子基準点はいずれも効果が継続しており、凍上対策として有効である。平成 15 年度に試みたもう 1 つの工法についても、側面に断熱材を接着していないためその影響が懸念されたが、現在のところ凍上による変動は見れず、効果は継続している。

以上から、凍上現象の軽減には、置き換え工法と断熱材工法との組み合わせた工法が有効であることが分かる。ただし、気象観測点の気象データ(図-4)によると、2002 年以降は 1998 年冬や 2001 年冬と比べて気温がそれ程低くないため、今後 2001 年冬と同程度の気象条件が再起された場合の影響が懸念される。また、時間の経過とともに断熱材が劣化することが考えられ、その影響も懸念される。これらの懸念要素を考慮した上で、今後も効果の検証を続ける必要がある。

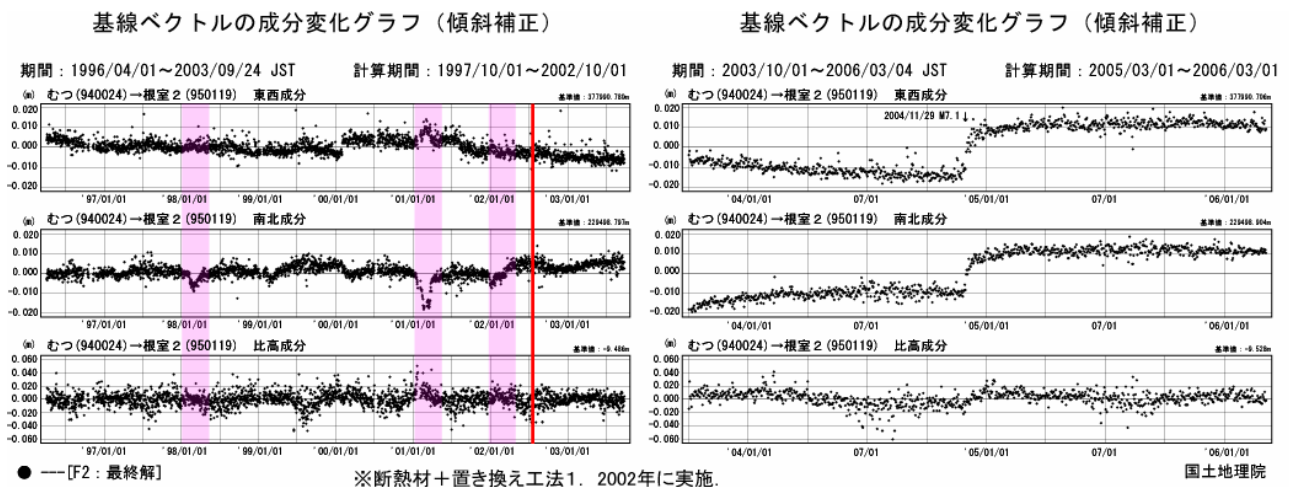


図-2 電子基準点「根室 2 (950119)」における基線ベクトルの成分変化グラフ
(線：工事実施日，四角枠：凍上と思われる変動)

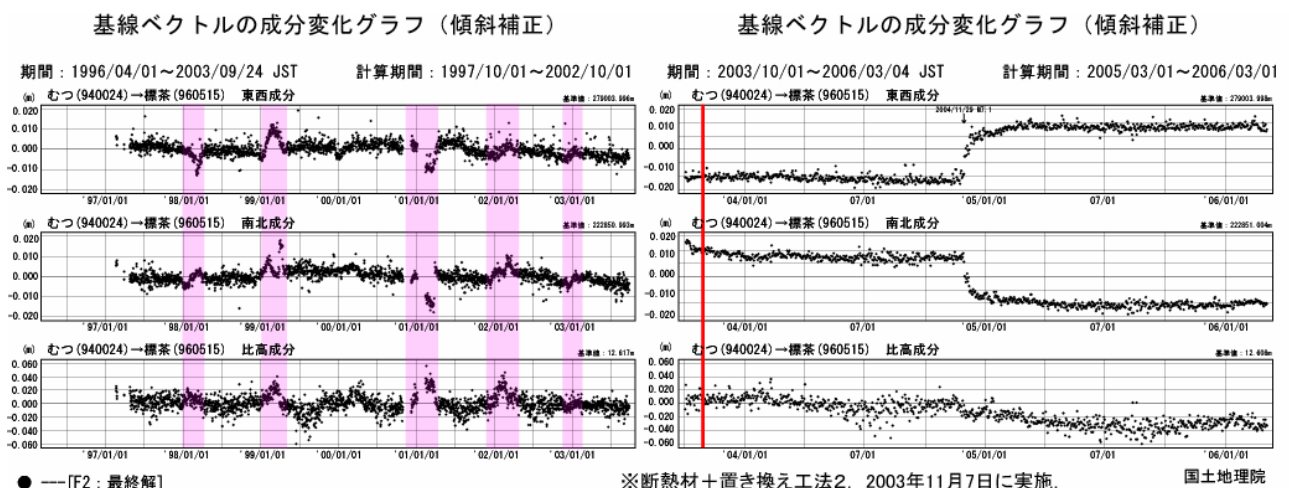
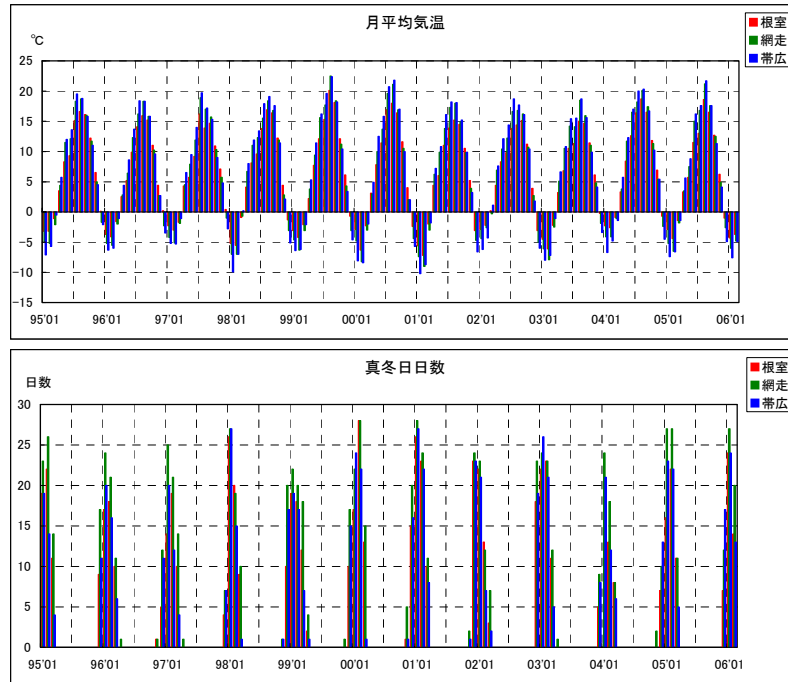


図-3 電子基準点「標茶(960515)」における基線ベクトルの成分変化グラフ
(線：工事実施日，四角枠：凍上と思われる変動)



図－4 根室，網走，帯広気象観測点における月平均気温及び真冬日日数

4. 今後の課題

これまでの凍上対策により，一定の成果が得られた．これにより，北海道道東地域において凍上対策を要する電子基準点は，初期の工法によって再施工を要する観測点も含めて5点程度に限定されてきた．はじめに述べたとおり，北海道道東地域の沖合では太平洋プレートの沈み込みに伴う大地震の発生が懸念されており，同地域は地震予知連絡会において特定観測地域にも選定されている．そのため，今後も凍上対策を要する観測点については，可能な限り凍上対策工事を実施すべきである．また，併せて，凍上対策を施された観測点については，今後も成果の検証を行っていく必要がある．

参考文献

- [1]阿部馨，大滝修，藤咲淳一，菊田有希枝，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.
- [2]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.
- [3]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.
- [4]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.
- [5]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.