

寒冷地における地盤凍結が木造住宅の振動特性におよぼす影響

草苅敏夫*

Effect of frozen foundation to vibration characteristic of woody house in a cold district.

Toshio KUSAKARI

Abstract-In a cold district the foundation freeze in the winter. This frozen foundation will be effect to vibration characteristic of woody house. For clarify this effect carry out the vibration analysis under two freezing condition of foundation. As a result, it is obtained that maximum absolute acceleration and displacement are increased under frozen foundation than normal it.

Keyword : frozen foundation, cold district, vibration analysis, woody house

1. はじめに

北海道でも道東域は、地震の多発地帯であり、今後も大きな地震の発生する可能性を秘めている。

地震は、その発生時期を選ばず、夏もあれば冬もあり、特に北海道では冬期に大きな地震が発生すると夏期と比べて災害形態が複雑となり、問題も多くなる。

北海道の冬期には地盤が凍結する現象が見られるが、釧路ではその現象も著しいものであり、住宅の振動特性に影響することも考えられる。

本研究では、地中の温度計測を実施して冬期における温度変化を把握するとともに、釧路市に建つ木造住宅を想定し、地盤の凍結深度を変化させた場合の模擬地震波を用いて振動解析を実施する。

得られた結果を基に地盤凍結が木造住宅の振動特性におよぼす影響に関して検討していく。

2. 北海道における地盤凍結深さの状況

地盤凍結深さを調べる方法として、予め深さごとに埋設しておいた温度センサーによって地温分布の変化を調べる方法と、メチレンブルーをごく少量水に溶解させたもので、これを透明な管に入れて前もって地盤に挿入しておき、凍結期間中の時々取り出して色の変わり目の位置を測定する方法が知られている。

北海道全域にメチレンブルーによる凍結深測器を多数設置して計測されたデータから、積雪のない条件での地盤凍結深分布図が公表されている¹⁾(図1)。

これによれば、札幌近郊では40cm、道東の最深部で80cmとなっており、道北の特に日本海側では浅くなっている。

表1にはメチレンブルーによる凍結深測器を用いて帯広畜産大学が1981年～1983年の冬期にかけて道東地域14市町村で行った調査結果の一例を示すが、最大凍結深度は3月に発生しており、概ね41~45cm程度であった。

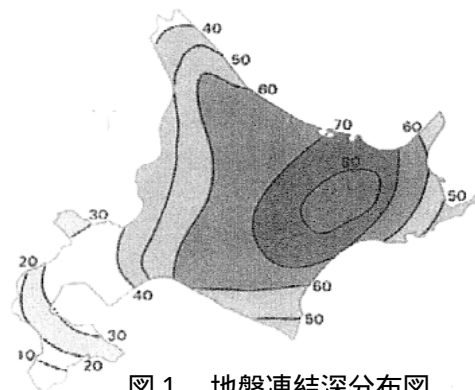


図1. 地盤凍結深分布図

表1. 地盤凍結深実測結果

測定月日	凍結深度 (cm)		
	釧路市山花	阿寒町中徹別	
昭和56年	12月1日	14.4	10.5
	12月15日	19.8	12.9
昭和57年	1月4日	28.8	17.7
	1月14日	28.1	16.3
	2月1日	32.9	18.1
	2月15日	39.3	21.4
	3月1日	41.1	22.4
	3月15日	40.6	22
	4月1日	37.6	20.5
	4月15日	15~31	0
	5月1日	0	0
	12月1日	0	0
	12月15日	9	8.2
昭和58年	1月5日	19.1	19.4
	1月15日	27.7	21.9
	2月1日	38.4	29.3
	2月15日	42.6	31.8
	3月1日	44.3	39.2
	3月15日	45.7	40.7
	4月1日	44.8	40.7
	4月15日	17~43	17~40
	5月1日	0	0

* 釧路高専建築学科

3. 地中の温度計測結果

地中の温度計測は、図2に示すように情報工学科棟に隣接する空き地で行った。

計測方法は、図3に示すように所定の位置にK型熱電対を取り付けた塩ビ管を地中の所定深さまで埋め、データロガーにて気温と同時に各熱電対位置の温度を計測した。

計測は、10月中旬から開始し、原則的に卒業研究の実施日である火曜日と木曜日に実施した。

図4に計測結果を示すが、計測が1月下旬迄しか計測が実施できなかったことから、0以下となったのは地表面での1回だけであった。傾向として地盤面から近い位置ほど外気温の影響を受けやすく、外気温の下降に伴って、深さごとの温度差が広がっている。

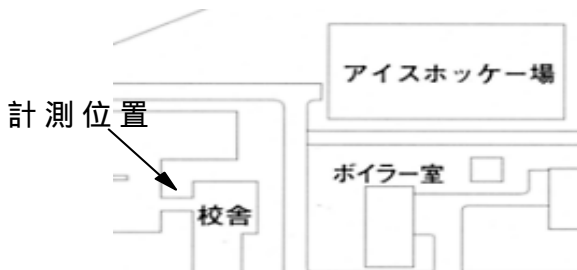


図2. 地中温度計測場所

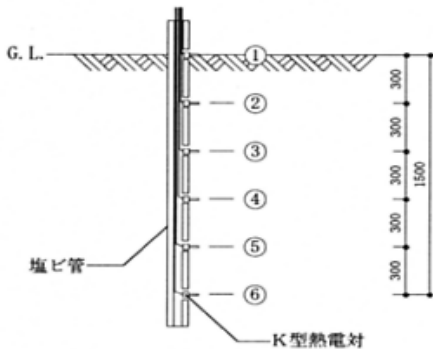


図3. 温度計測位置

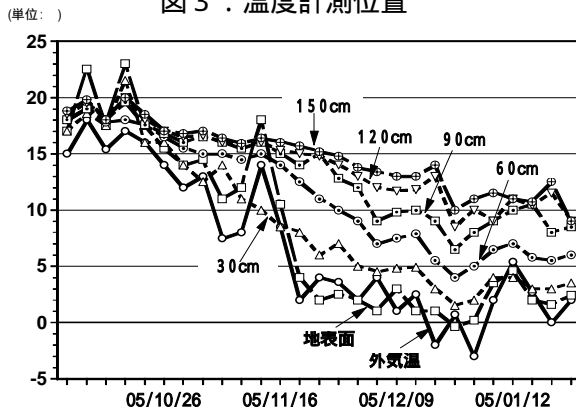
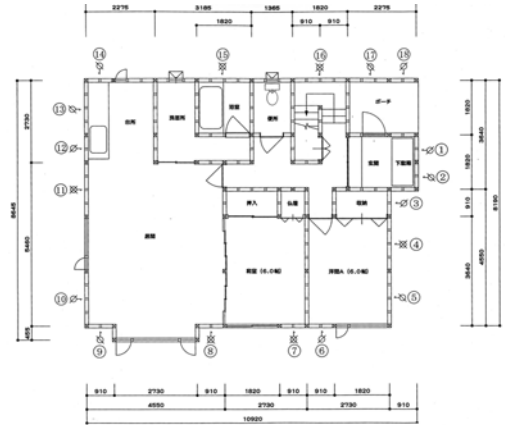


図4. 地中温度計測結果

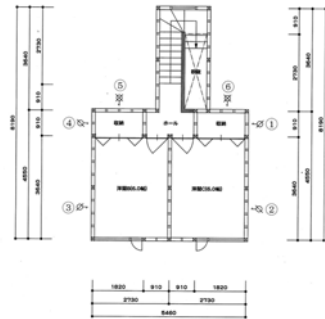
4. 住宅の振動解析

4.1 解析対象住宅

解析対象住宅の平面図を図5に示すが、一般的な家庭(父,母,子ども2人)を想定しており、延べ床面積が113.85m²,1階の階高は3.0m,2階の階高は2.8mである。重量は1階で91.8kN,2階で46.2kNであり、基準法の壁率を満足させるために、筋かいの数は1階で18ヶ所,2階で6ヶ所に配置しており、そのうち1階では12ヶ所,2階では2ヶ所をたすき掛けとしている。



(a) 1階平面図



(b) 2階平面図

図5. 解析対象住宅平面図

4.2 剛性の評価について

振動解析を実施するためには、各階の剛性を評価する。

各階の剛性は、最初に耐力壁の単位長さあたりの剛性を(1)式により評価し、その後(2)式にあるようにその階の全壁長さ()を乗じて求めた。

$$k_0 = \frac{n \times 130 \times 9.8 \times (4/3)}{1/120 \times h} \quad (\text{N/m/m}) \quad (1)$$

ここで、n:壁倍率(片筋かいは2.0,たすき掛けは4.0),h:階高,130:基準強度,9.8:SI単位

への換算係数，4/3：ばらつき係数，1/120：層間変形角である。

$$K = k_0 \times \quad (2)$$

剛性の算定結果を表2に示す。

表2 対象住宅の剛性

	n	ko(N/m/m)	φ (m)	k	総和 (N/m)
1階	2	135896	14.105	1916813.3	4390120.3
	4	271792	9.1	2473307	
2階	2	145602.9	5.46	794991.8	17722482
	4	291205.7	3.185	927490.2	

4.3 振動解析用地震波の作成

地盤凍結の有無，および凍結深さの差が，建物の振動特性にどのように影響するかを調べることを目的としていることから，基準となる地震波を決定する必要がある。地震計にて記録される地震波はその計測地点の地盤条件のものであることから，これを基準となる基礎レベルでの地震波におきかえることで，基準波とする。ここで計測された地震波は，平成15年9月26日に発生した十勝沖地震の際に釧路市役所前庭にて記録されたものであり，図6にN

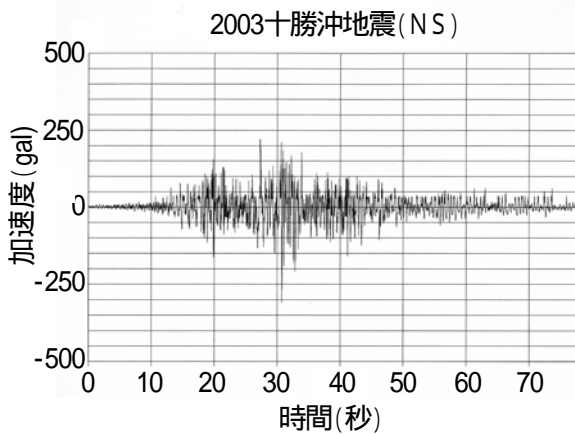


図6. 使用地震波

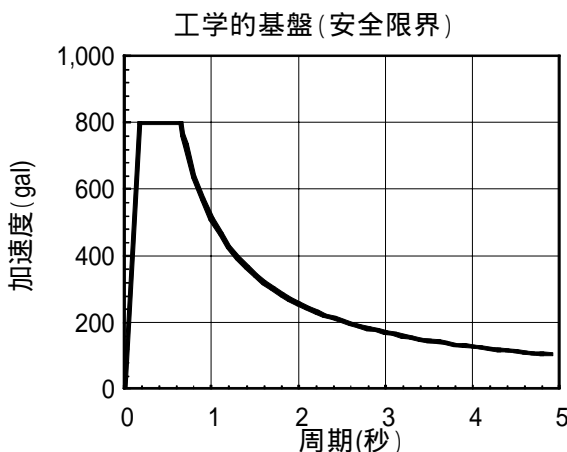


図7. 工学的盤における応答スペクトル

S方向の地震波を示している。

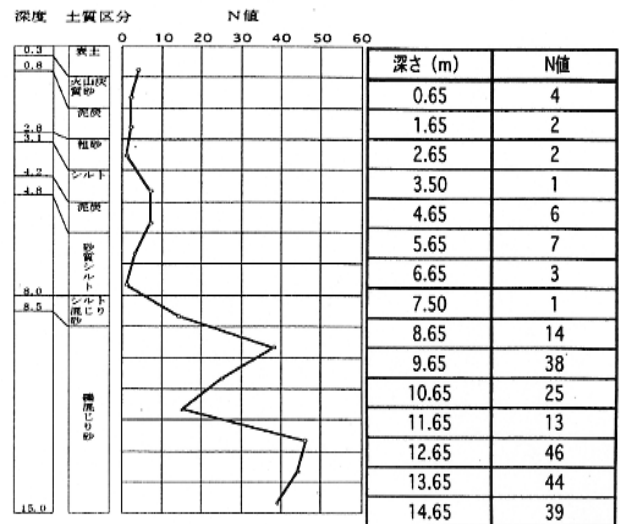
この地震波を基礎レベルでの地震波に変換するがこの時の基礎レベルを工学的基盤とし，図7に示す建築基準法で定める工学的基盤における応答スペクトルに合致するように前述の地震波を変換する。

この時の地震波の変換にあたっては，簡易型波形管理・分析システム「Wave kit」を用いた。

工学的基盤における地震波を，それぞれの地盤条件に合った表層地盤面上の地震波に変換させるためには，地震波が通過する表層地盤の条件を入力する必要がある。表層地盤の条件を調べる方法はいろいろあるが，一般的には平板載荷試験やボーリング試験が実施されている。今回は，釧路高専アイスホッケー場建設の時に実施されたボーリング調査結果を使用した。ボーリング調査から得られた結果の一部を表3に示すが，このボーリング柱状図に記載されているN値をもとに，せん断波速度を(3)式から求めた。

$$V_s = 91.0N^{0.337} \quad (3)$$

表3. ボーリング柱状図



(3)式中のNに値を代入して得られるせん断波速度と各層の深さから，その表層地盤における応答スペクトルを作成するが，この際にはプログラムソフトとしてユニオンシステムの「表層地盤アンプリファイア」を使用した。

今回の地中温度計測からは，地盤の凍結状況を把握できなかったため，解析では，計測された十勝沖地震波をそのまま使用した場合，表3に示しているN値をそのまま使用した場合，地盤が表面から30cm凍結した場合，地盤が60cm凍結した場合，の4通りの波を作成した。

地盤が30cm, 60cmの深さで凍結した場合のN値に

については、調査データが見られないことから、N値を50として算定し、応答スペクトルに合致する模擬地震波を作成した。

4.4 振動解析結果

前述の方法で求められた模擬地震波を使用し、住宅の振動解析を実施した。なお、この解析にあたっては、プログラムソフトとしてユニオンシステムの「ダイナミックプロ」を使用した。

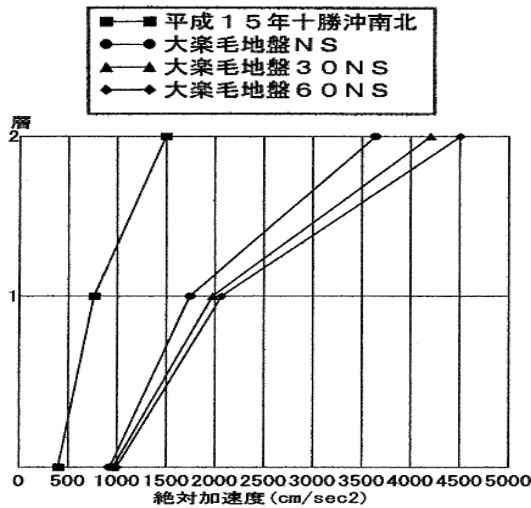


図8. 最大絶対加速度

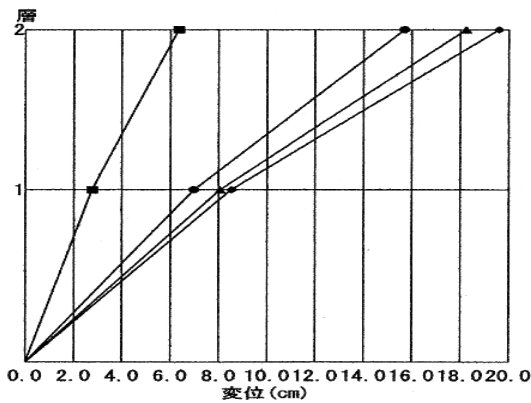


図9. 最大変位

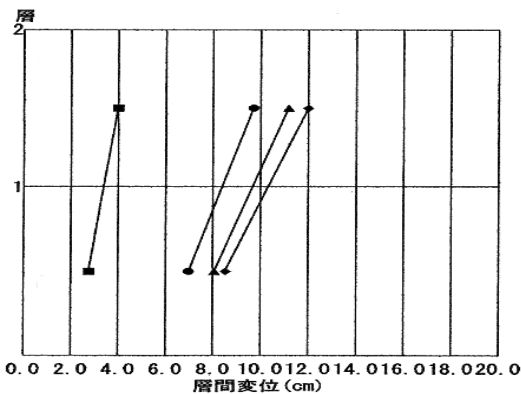


図10. 最大層間変位

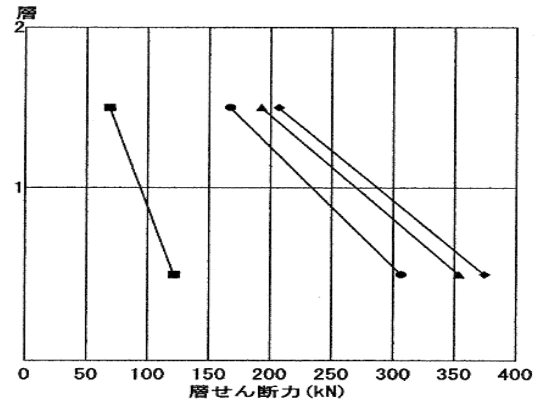


図11. 最大層せん断力

解析結果のうち、図8に最大絶対加速度を、図9に最大変位、図10に最大層間変位、図11に最大層せん断力を示す。

図8に示す最大絶対加速度より各層の値は、ボーリング調査の値そのままを使用した場合(大楽毛地盤) < 30cm 地盤凍結した場合(大楽毛地盤 30NS) < 60cm 地盤凍結した場合(大楽毛地盤 60NS)の順に大きくなっており、2層の値は1層の値の約2倍になっている。図9に示す最大変位では、1層部分で7cm ~ 9cmの範囲にあり、2層部分では、15cm ~ 20cmの範囲にある。表3に示したように、2層部分の剛性は1層部分に比べて1/2以下になっており、この変位の差はほぼ剛性の値通りと考えられる。

図11に示す最大層せん断力では、最大値が1層部分に生じており、地盤凍結深さが深いものほど大きな値となっている。

また、ここでは述べていないが、十勝沖地震EW波を用いた計算結果では、いずれの項目でも60cm地盤凍結した場合のほうが30cm地盤凍結した場合よりも値が大きくなっており、NS波とは異なった結果が得られている。

5. まとめ

地盤の凍結が住宅の振動特性にどのように影響するかを検討するために、地中の温度計測と住宅の振動解析を実施した。その結果以下のような結果が得られた。

1) 地中の温度変化については、外気温の低下に伴って地中温度も下がる傾向にあり、変化の割合は地表面に近いほど大きくなる。

2) 地盤が凍結した場合のほうが、凍結しない場合よりも住宅に作用する絶対加速度や変位も大きくなっており、地盤凍結の影響が見られる。

【参考文献】

- 1) 長沢徹明, 梅田安治: 土壌の凍結・融解, URBAN KUBOTA, No. 24, 1985