

八戸市地盤の卓越周期と軟弱地盤層厚との関係

毛 呂 眞*

The relationship between predominant period and depth of soft ground at Hachinohe city

Makoto MORO

Abstract

We have been investigating the relationship between predominant period and depth of soft ground at Hachinohe city. We obtain the regression curves between predominant period and depth of soft ground.

1. はじめに

地盤の卓越周期は、建物の耐震設計においてその振動特性を求めるための重要な値である。また、その地域的分布を把握しておくことは、都市の地震防災を検討するうえで重要なことである。

この卓越周期を求める比較的簡便な手段として常時微動測定があげられるが、この実測波の解析結果のみにより、卓越周期を評価することは測定条件、計測特性等により結果が左右されやすく、非常に難しいのが実際である。精度よく求めるためには、測定地点の地形及び地質等についての情報を充分考慮して決める必要がある。

本論は、地盤ボーリング資料の土質分布及び N 値分布を使い、求めた卓越周期の略算値を判別用数値として用いることにより、実測微動波形の解析結果の中から卓越周期を求める方法を示すとともに、その方法によって特定した八戸地域の卓越周期と地形および軟弱地盤層厚との関係について報告する。

2. 八戸市域の地形・地質及び地盤の概要

この地域の地形は、南端部を除き丘陵性台地および台地と、これを横切る河川沿岸の低地からなる。丘陵性台地は市の東端部の蒼前平丘陵性台地 (I_a)、南部の天狗沢丘陵性台地 (I_b) の2つである。台地は本地域では最も面積が広く分布し、新井田台地 (II_a)、八戸台地 (II_b)、麦沢台地 (II_c) それに高館台地 (II_d) の4つの台地より構成されている。旧市街地は八戸台地上にある。低地は南から新井田川、馬淵川、それに五戸川の各河川沿岸にそれぞれ分布する新井田川低地 (III_a)、馬淵川低地 (III_b)、五戸川低地 (III_c)、それに太平洋沿岸に分布する海岸低地 (III_d) の4つからなる。この中で馬淵川低地が最も顕著である。近年、馬淵川低地それに新井田川低地は急速に開発が進んでいる。表1にその地形区分まとめて示す)文献1。図1にその地形区分の概略の区域を示す。

地質は市縁辺部に中・古世代岩類及び第三紀層が分布している。第四紀層は広大な段丘を構成して発達し、それはの間を流れる河川にそう低地を覆って一面に広がっている。この地域の一大特徴が、我が国一般の臨海地帯に対して異なるのは、沖積世の後期に属する火山灰層が丘

平成5年10月15日受理

* 建築工学科助教授
構造工学研究所 (併任)



図-1 八戸の地形区分と常時微動測定点

表-1 八戸の地形区分

蒼前平丘陵性台地	I _a
天狗沢丘陵性台地	I _b
新井田台地	II _a
八戸台地	II _b
麦沢台地	II _c
高館台地	II _d
新井田低地	III _a
馬淵川低地	III _b
五戸川低地	III _c
海岸低地	III _d

陵及び台地の全面を覆っているだけでなく、第四紀層の全体を通じて火山性・非火山性の体積物が反復し混合しあっていることとされている。従って、一般の臨海地帯の様に火山灰層の存非によって、洪積層と沖積層を識別しえないとされている（文献1）。

この地域の地盤地質型は、上記各年代の諸層の組合せにより決定されるが、この地域では軟弱な沖積層の分布する低地と、沖積層のほとんど存在しない台地と丘陵地に2大別できる。従って、低地は沖積低地、台地は洪積台地という分類をしてはば良いと考えられ、この地域の卓越周期を検討する上でもこの2大区分で考えてゆくのが便利の様である。

この台地と丘陵地では、たいていの構造物は火山灰層の直下にある基盤土層や最下部層ないし下部砂礫層等に支持させられる。ただし最下部層の粘性土層の上位に十分な厚さをもった支持層のないときは、重量構造物や特に重要な構造物の基礎は、最下部層以下に下ろす必要がある。低地は粘土層の厚さ、下部粘土砂互層等の厚さにより支持層厚が異なり、一般にはその厚さの状況に応じて15～30m程度と変化する。但し、下長から石堂や沼館をへて馬淵川河口の右岸側へぬける地域と小中野から新井田川低左岸部にかけての狭長な部分は基礎深度は30～50mとなる。なお、低地のほとんどがN値

4以下の軟弱な最上部層が表面から3m以上連続して分布し、小規模なものでも杭基礎や地盤改良を必要とする。

3. 卓越周期の決定

表2に検討を行なった測定地点63点の地名、図1中のNo、軟弱地盤層厚(H_e)、卓越周期略算値(${}_aT_g$)および卓越周期実測値(${}_mT_g$)を示す。八戸市において、筆者が現在までに行なっている常時微動の測定箇所は、現在200点を越えているが、ここでは地盤ボーリング資料が有り、略算値が求められるもののみを報告する。

3.1 卓越周期の略算

地盤ボーリング資料の土質分布、N値分布をもとに成層地盤系の略算法を利用して卓越周期(${}_mT_g$)を求めた。図2に成層地盤系の模式図を示す。

(1) 略算式

文献2)において渡部博士は、地盤の構成を成層地盤系として想定した4通の略算式を比較検討している。ここではその結論としてもっとも推奨しえるとしている下式を用いた。

$${}_aT_g = 4\sqrt{\Sigma\{h_i(H_{i-1} + H_i)\}/V_i^2}$$

${}_aT_g$: 卓越周期略算値(sec)

V_i : 層の剪断波速度(m/sec)

h_i, H_{i-1}, H_i : 図2参照

(2) 剪断波速度: V_s (m/sec)

土質及びN値から各層の剪断波速度を推定した。ここでは土質別剪断波速度算定式は、八戸の土質についてのデータが整理されていないので、文献3)の宮城県データの算定式を用いた。用いた算定式を表3に示す。

なお、剪断波速度を推定する式はいくつか提案されている。上記諸式を用いての検討に合せ、N値のみから算定する下式(文献4))を用いての検討をも行なった。

表-2 測定地点の軟弱地盤層厚と卓越周期

台 地						低 地					
数	No.	測定地点名	H_e	${}_aT_g$	${}_mT_g$	測定地点名	H_e	${}_aT_g$	${}_mT_g$		
1	1	鮫中学校	12.0	0.243	0.238	1	9	江陽小学校	22.0	0.492	0.533
2	2	白銀中学校	10.2	0.252	0.270	2	13	根岸小学校	12.9	0.343	0.269
3	3	白銀小学校	12.0	0.233	0.294	3	15	八戸小学校	27.5	0.506	0.450
4	6	田面木小学校	10.5	0.247	0.215	4	16	下長中学校	28.0	0.940	0.721
5	7	湊中学校	13.3	0.246	0.230	5	18	三条中学校	33.5	0.718	0.695
6	8	湊小学校	22.5	0.295	0.272	6	20	城下小学校	42.7	0.792	0.725
7	10	小中野小学校	12.0	0.231	0.224	7	24	小中野中学校	39.1	0.699	0.774
8	11	根城中学校	11.0	0.252	0.252	8	26	柏崎小学校	20.8	0.525	0.535
9	12	根城小学校	16.4	0.307	0.327	9	42	豊崎小学校	15.0	0.352	0.274
10	21	鮫小学校	4.6	0.112	0.156	10	44	三条小学校	30.3	0.680	0.738
11	27	吹上小学校	12.0	0.216	0.216	11	45	西園小学校	38.0	0.940	0.815
12	28	八戸第一中学校	7.0	0.186	0.308	12	52	多賀小学校	15.0	0.480	0.406
13	29	長者小学校	22.5	0.399	0.429	13	53	市川中学校	21.0	0.491	0.360
14	33	是川小学校	28.8	0.494	0.398	14	55	森木小学校	24.3	0.448	0.457
15	34	町畑小学校	36.0	0.731	0.407	15	57	千葉幼稚園	31.0	0.727	0.661
16	35	旭ヶ丘小学校	12.0	0.252	0.255	16	60	頤家中央2号公園	40.0	1.164	0.975
17	37	新井田小学校	15.3	0.290	0.246	17	61	頤家第2公園	37.8	0.813	0.736
18	39	白菊学園	20.3	0.347	0.402	18	63	頤家中央3号公園	31.8	0.796	0.787
19	40	明治小学校	7.0	0.163	0.186	19	64	八戸中央高校	29.5	0.550	0.570
20	41	明治中学校	15.0	0.285	0.256	20	65	頤家中央5号公園	15.4	0.447	0.489
21	46	美保野中学校	16.5	0.301	0.291	21	66	頤家中央6号公園	15.4	0.531	0.527
22	47	南浜中学校	6.1	0.150	0.148	22	77	八戸東高校	15.3	0.307	0.343
23	54	多賀台小学校	16.5	0.302	0.328	23	78	石堂第5公園	36.1	0.772	0.996
24	56	桔梗野小学校	13.4	0.294	0.287	24	79	下長公民館	39.1	1.028	1.108
25	70	頤家第5公園	10.0	0.218	0.325	25	82	北区給食センター	41.7	0.910	0.757
26	73	聖ウルスラ修道院	19.8	0.363	0.347	26	83	追切公園	30.5	0.740	0.695
27	89	天聖寺	8.9	0.208	0.226	27	85	河原木1号公園	46.4	1.038	1.138
28	90	新明宮	9.0	0.192	0.236	28	86	小田前公園	29.3	0.787	0.747
29	91	長者公民館	30.4	0.426	0.438	29	87	高州公園	41.6	1.078	0.906
30	93	旧八戸図書館	8.4	0.134	0.281	30	88	東河原木児童公園	25.7	0.528	0.410
31	94	八戸美術館	20.2	0.356	0.328	31	92	長根総合運動公園	30.0	0.707	0.590
32	95	三八城神社	31.1	0.481	0.394						

No.: 図1の常時微動測定地点番号, H_e : 軟弱地盤層厚 (m), ${}_aT_m$: 卓越期略算値 (sec),
 ${}_mT_g$: 卓越周期実測値 (sec)

$$V_s = 98.01 N^{0.329} \text{ (m/sec)}$$

その結果は判別用の略算値を求めるためにはこの算定式でも有効のようであるが、ここでは上記の様に複雑な手法の結果を示すこととした。

(3) 軟弱地盤層厚: $H_e(m)$

基本的には、図2の模式図に示す用に N 値分布が40程度の値となり、それ以後同程度以上の N 値が連続するあたりの深さを軟弱地盤厚 (H_e) とした。しかしながら、 N 値分布は複雑

地盤ボーリング柱状図

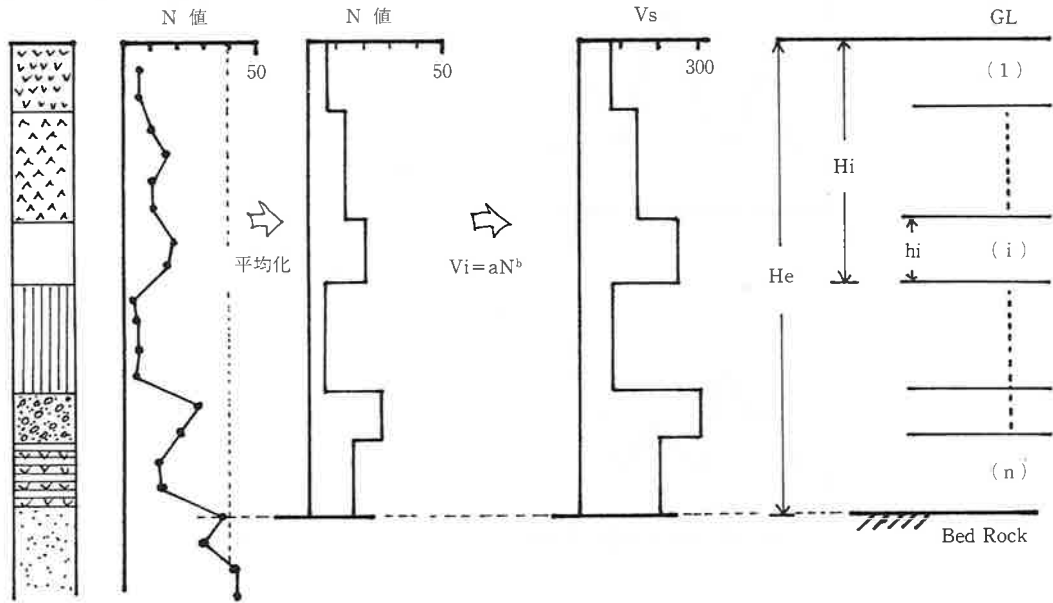


図-2 成層地盤系へのモデル化

表 3 土質の剪断波速度算定式

沖積世	腐食土	$V_s =$	$67.8 N^{0.306} \text{ (m/sec)}$
	粘性土	$V_s =$	$86.0 N^{0.354}$
	砂質土	$V_s =$	$73.2 N^{0.341}$
	砂 礫	$V_s =$	$90.4 N^{0.360}$
洪積世	粘性土	$V_s =$	$126 N^{0.225}$
	砂質土	$V_s =$	$86.7 N^{0.365}$
	砂 礫	$V_s =$	$148 N^{0.219}$

なものも多く、必ずしも基本方針どおりにならないものもあり N 値 30 程度のところで H_e にしたものなどもある。

3.2 常時微動の測定および解析

測定は 1984 年以降のものである。測定期間は毎年 8 月から 10 月の間に実施し、測定時間帯は 9 時から 17 時の日中である。測定は東西 (EW)、南北 (NS) および上下の 3 成分を同時に 5～10 分間、データレコーダに測定記録した。測定波形は変位である。

解析では、得られた波形中最も定常と思われ

る 40.96 秒の波を 0.02 秒間隔で成分ごと 2,048 個のデジタル値に変換し、このデータに 256 個ずつずらした 5 つの 1,024 個のデータについて FFT 解析を行ない、その結果を平均化したものについてフーリエスペクトル分布図を求めた。

3.3 卓越周期実測値 ($_m T_g$) の抽出

卓越周期略算値 ($_a T_g$) を判定用の値としてフーリエスペクトル分布図の 3 つのピーク値を与える周期から卓越周期実測値 ($_m T_g$) を決定する。その流れを図 3 に模式的に示す。その手順は、まず水平 2 成分の各スペクトル図の東西 (NS)、南北 (EW) それぞれについて大きい順に 3 つのピークを選定し、その 3 つの周期を求める。次に、その 3 つの周期のうち、略算値 ($_a T_g$) に最も近い値を成分ごとを選び、その平均値を卓越周期実測値 ($_m T_g$) とする。なお、スペクトル図は平滑化を行なっても、ピークの変動が激しい。従って、3 つのピークの選定には種々の要件を勘案して注意深く行なった。

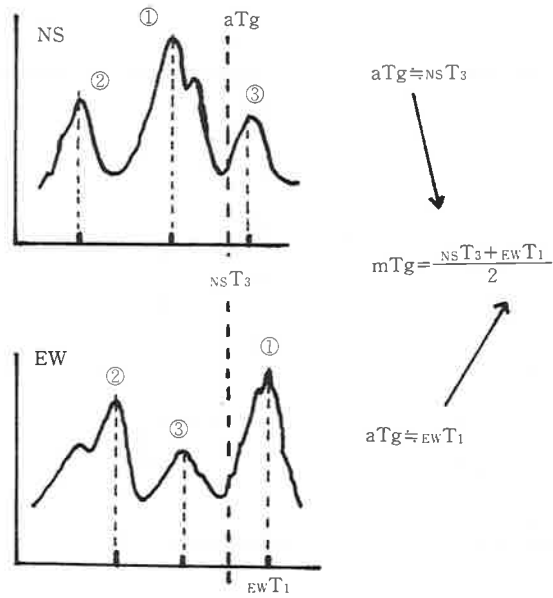


図-3 卓越周期特定方法の模式図

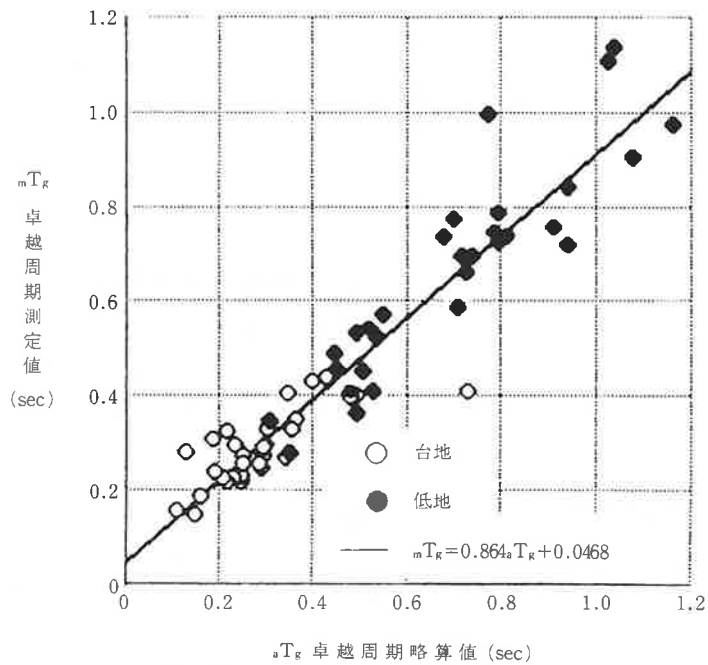


図-4 卓越周期測定値 (mTg) と卓越周期略算値 (aTg)

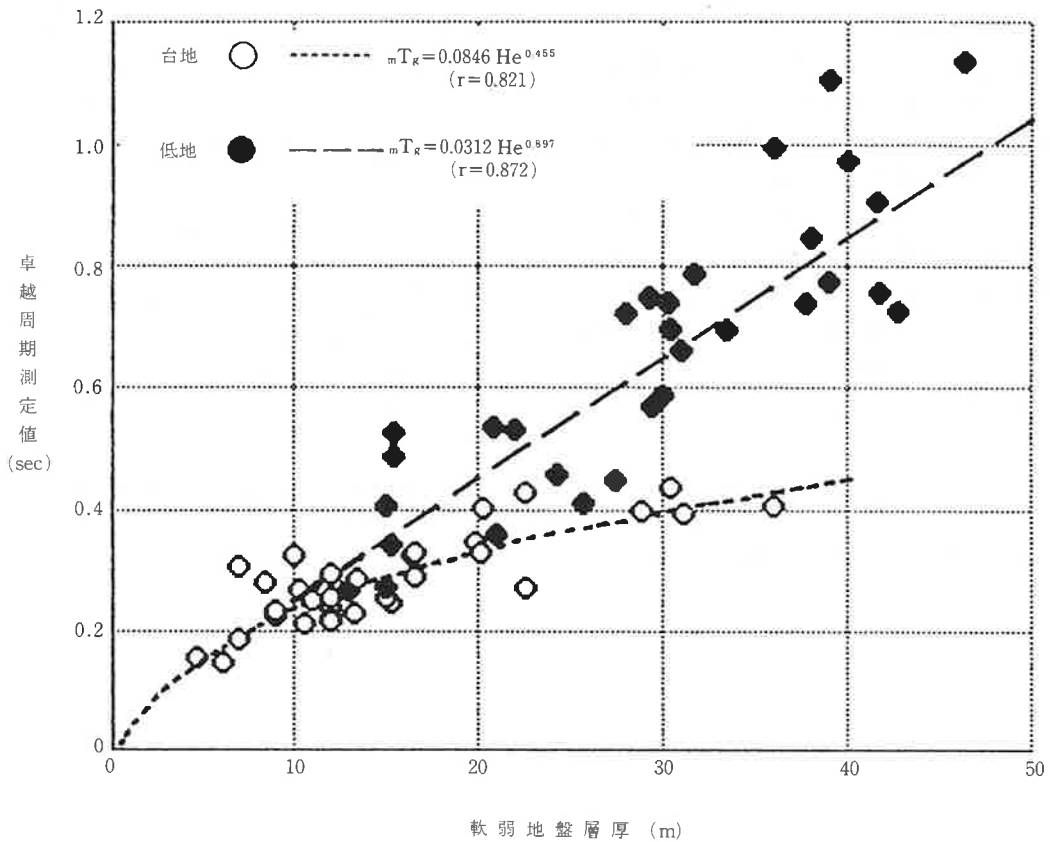


図-5 卓越周期測定値 (mT_g) と軟弱地盤層厚 (H_e)

この方法は層の卓越周期が第1ピークにならずとも、なんらかの大きさのピークとしてスペクトル図に生ずるであろうと考え、ここではそれが第3ピークまでに生じるという仮定によった。図4に略算値 (aT_g) と実測値 (mT_g) の関係図を示す。図中直線は1次の相関曲線である。図を見ると、約0.6秒以上の長周期ではばらつきが大きくなるが、全体として良い相関関係にあることがわかる。

4. 八戸市地盤の卓越周期

図1に位置する各測定点の卓越周期は3項の特定方法で表2の卓越周期実測値 (mT_g) の欄に示す値となった。

この卓越周期と軟弱地盤層厚との関係を台地及び低地についてべき乗の回帰曲線を求めた結果下式がえられた。

$$\text{台地: } mT_g = 0.0846 H_e^{0.455}$$

$$\text{低地: } mT_g = 0.0312 H_e^{0.897}$$

図5に各地点の卓越周期と回帰曲線を示す。図を数値的に見ると、台地は H_e が約5~35m深くなるに応じ、 mT_g は0.15~0.45秒となっている。低地では H_e が約15~45m深くなるに応じ、 mT_g は0.3~1.1秒となっている。同じ層厚で低地と台地を較べると低地の周期の方が台地より大きい。特に、20mを越えるようなところでは、その傾向は明らかである。これは軟弱地盤層厚にいたる途中の土質の剪断波速度が台

地の方が、低地に比べ一般に大きいことの反映と考えられる。図は台地は約5～35 m、低地では約13～46 mの層厚幅のデータである。この層厚のデータ幅は、八戸の地盤の状況に鑑みれば、台地、低地ともほぼ総ての範囲を含んでいるものと考えられる(2項参照)。従って、八戸の卓越周期の範囲は、台地では0.15～0.45秒程度、低地では0.3～1.1秒程度であると考えられる。そして、層厚が推定できれば台地、低地ともに、この回帰曲線によりおおよその卓越周期を知ることが出来る。

5. む す び

データ数、八戸地盤の土質データに基づいた

Vs算定式を用いていない等、今後検討すべき点は多々ある特定手法により求めた結果ではあるが、八戸市の都市防災、あるいは建物の耐震設計の参考になれば幸いである。

文 献

- 1) 建設省建設局・青森県編：青森県八戸・三沢地域の地盤，都市地盤調査報告書，1970年
- 2) 渡部丹：地盤の卓越周期の略算式について，日本建築学会大会学術講演梗概集（東北），1982年10月
- 3) 宮城県：宮城県地震地盤図作調査報告書，1985年
- 4) 土質工学会編：土質調査試験結果の解釈と適用例，1979年