

八戸台地における建物地震被害と地形及び地盤特性

—— 文久改正八戸御城下略図より ——

毛 呂 眞*・橋 詰 豊**

The Relationship of Damaged Building with Topographic Feature and Vibration Characteristic of Ground on the Hachinohe Plateau

—— From old map made at Edo period ——

Makoto MORO* and Yutaka HASHIZUME**

Abstract

The Far-off-Sanriku Earthquake with the magnitude 7.5 in JAM scale, which occurred 21:19 on December 28, 1994, gave great damage to building of Hachinohe city. Especially, The buildings built on Hachinohe plateau were given a lot of great damage. So, The object of this is to make a new topographic map made at Edo period and to clarify the relationship between the building damage of earthquake and topographic feature of central hachinohe city and vibration characteristics of ground.

Keywords: the 1994 far-off-sanriku earthquake, new topographic map, made at edo period, building damage of earthquake, topographic feature, vibration characteristics of ground

1. はじめに

1994年末の12月28日に三陸沖を震源とするマグニチュード7.5の大地震「1994年三陸はるか沖地震」が発生した。この地震では、青森県東部に位置する八戸市（震度VI）を中心とし青森や盛岡、北海道南部に至る広範囲において、建築物のみならず道路・鉄道・橋梁・ライフライン等に甚大な被害をもたらした。また10日後の1995年1月7日には最大余震となる岩手県沖地震（マグニチュード6.9）が発生し、八戸市では、本震及び余震をあわせ、建築物被害のみ

で全壊53件、半壊226件、そして一部損壊10,477件である。（1995年7月時点、八戸市調べ）

本地震での被害状況を整理してみると、地盤が軟弱と言われている低地部よりも、本来地震に強いと言われた台地部に大きな被害が集中してみられた。また、三陸はるか沖地震（以下、本震と呼ぶ）による被害は、八戸台地と呼ばれる八戸市繁華街を含む、新井田川より西側の台地に集中し、最大余震による被害は、新井田川より東の台地に集中して、それぞれ偏った形で被害が発生した事が報告されている。

本震・余震による地震被害には、地域性が現れた。地震動そのものの周期特性にも左右されることが考えられるが、地形や地盤構成のような表層付近の地盤特性が大きく係わってくると

平成9年10月15日受理

* 建築工学科・助教授

** 大学院工学研究科土木工学専攻博士前期課程・2年



图1 文久改正江戸御城下略图

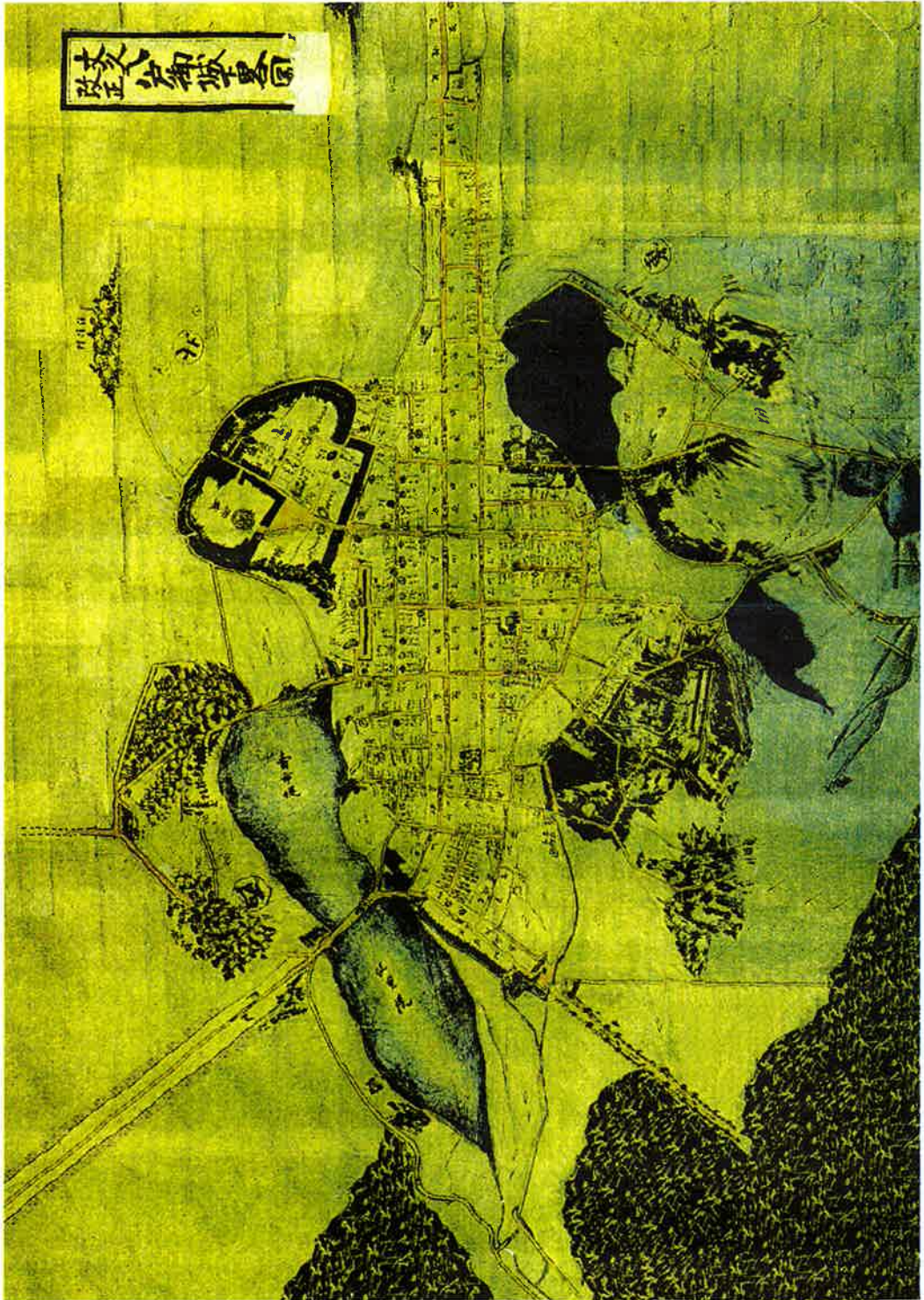
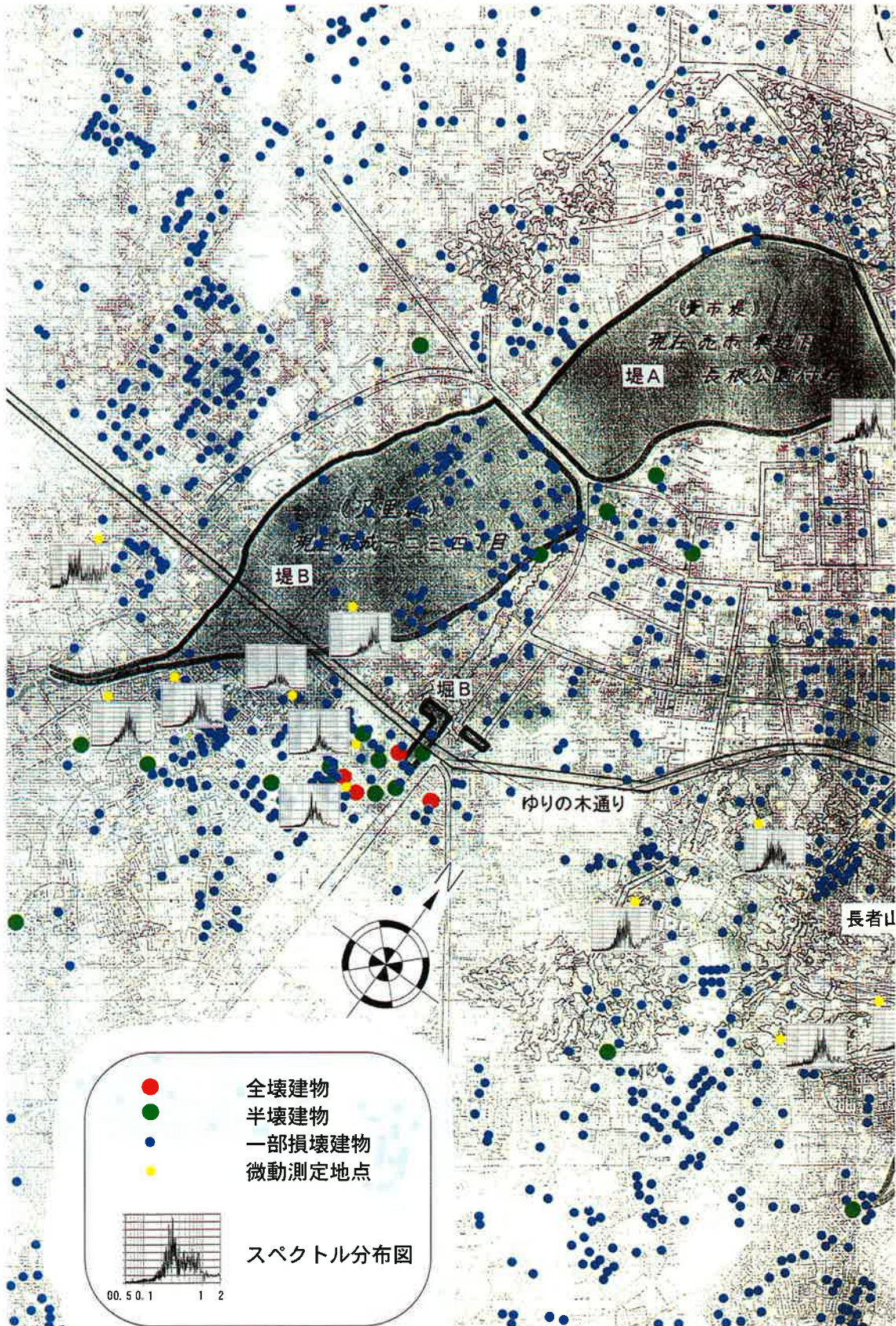


図2 モーフィングによる修正旧地形図



八戸台地における建物地震被害と地形及び地盤特性 (毛呂・橋詰)

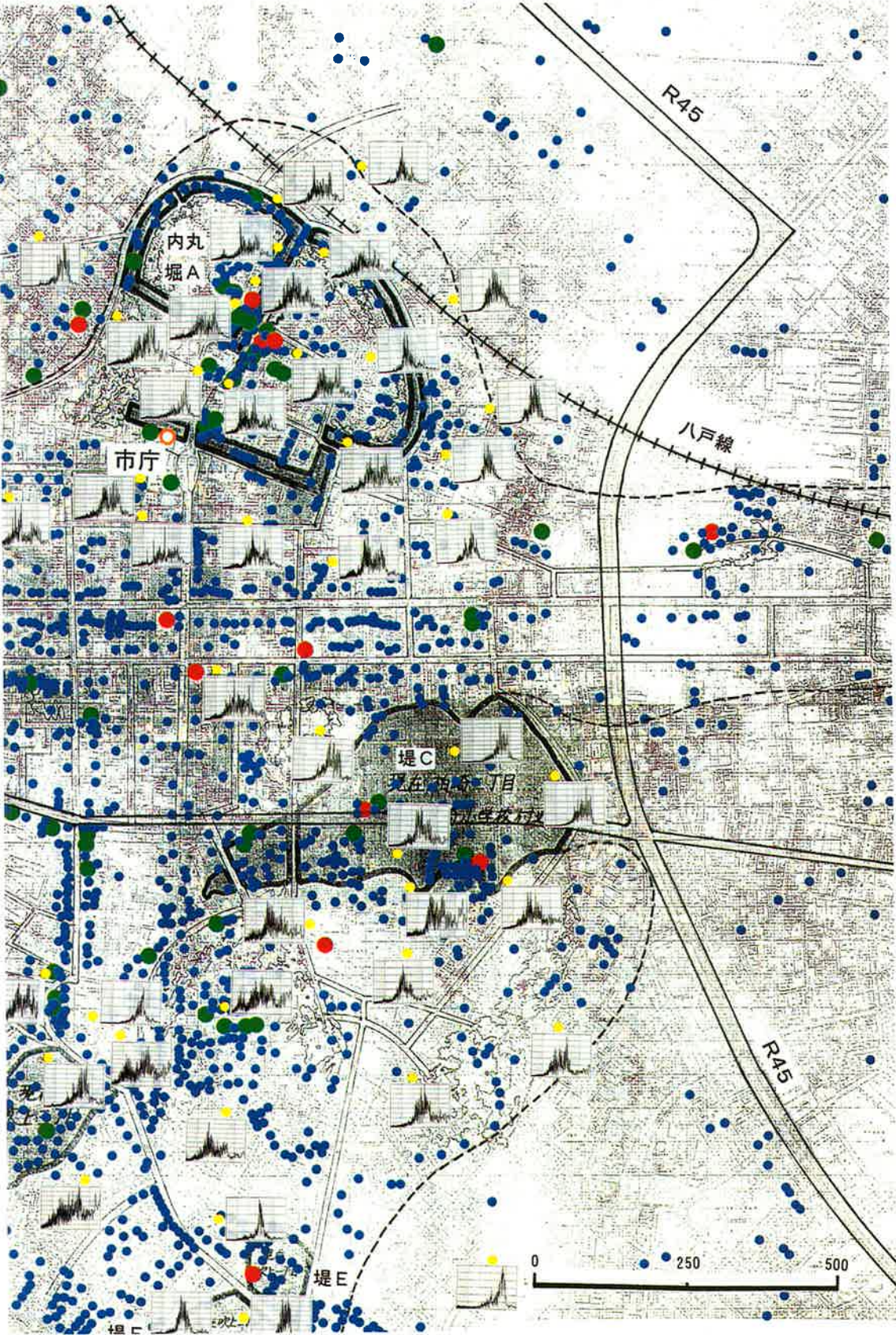


図3 重ね合わせ地形図

思われ、地形及び地盤特性と地震による建物被害の関係を明らかにすることが必要となる。

以上のことから、本震による被害が目立った八戸台地において、江戸時代からの現代に至るまでの地形変遷に焦点を合わせ、地形と表層地盤特性の緻密な把握、及びそれらと三陸はるか沖地震（本震及び最大余震）による建物被害との対応を検討する。

2. 新・旧地形図の重ね合わせ

三八城、内丸等の現在でも用いられている地名が示すとおり、昔はこの八戸台地内丸には城が構えてあった。現在の市街地(内丸、三日町、十三日町、八日町)の町並みは、この城を中心にした道路が、江戸時代にできたほぼそのままの形で残っている。また、いまでははっきりと確認できないものの、当然の事ながら堀や堤が存在していた。この他に昔は沼地だったと言われている所も幾つかあり、昔から現在に至る過程で地形が改変してきている。

そこで地震による建物被害と旧地形の関係について考察するため、藩政時代に発行された旧地形図を修正し、現在の地図に重ね合わせをする。

2.1 新・旧地形図の重ね合わせ

図1は、藩政時代の1860年頃に発行された地形街区図の文久改正八戸御城下略図(以下、旧地形図と呼ぶ)である。図中に表現されているものは方位・町名・関所・寺院・神社であり、地形的な面では、道路・堀や堤・沼や湿地及び森林地帯である。またこの図は中央部では比較的正確に記されており、道路等の街区は現在の地図と比べてもそれ程変わりはないが、地図端部に移るに連れて簡略化され正確さに欠ける。

このゆがんだ状態で描かれている図を、堀や堤等の地形に注目して、コンピュータによる画像処理を施し、現在の地形図に重ね合わせ一致させた。その画像処理の手法を「モーフィング」

と言い、以下にその方法を記す。

まず両地形図の同一地点を明らかにして、キーポイントする。その際、江戸時代の道路がかなり残っていることが変形一致の精度に大きく寄与している。

可能な限りのキーポイントを抽出した後にそれぞれの地形図について隣接するキーポイント同士を線で結びキーラインとする。

最後に旧地図側のキーポイントやキーラインで囲まれた部分を、現地形図側の同じ部分に変形合致させる。

これがモーフィングの大まかな流れである。図2に修正した文久改正八戸御城下略図(以下、修正旧地形図とする)を示す。

修正旧地形図と地盤特性と現建物被害との対応を付けるためにコンピュータ上で重ね合わせ合成したものに、八戸市域の全半壊及び一部損壊建物をプロットして、これに主な地盤微動測定地点と後に示す方法によりその地点で得た地盤微動スペクトル分布図を加えたものを図3に示す。

なお、建物被害データは、全・半壊建物については市の直接の調査に基づいているが、一部損壊建物については当事者が市窓口に来庁しての申告によるものであり、その被害の程度はガラス破損の程度から半壊に近い程度のものまで幅の広いものである。

3. 表層地盤特性

表層地盤特性を表す指標として、地盤の常時微動測定より得られた微動波形をフーリエスペクトル解析した。ここからフーリエスペクトル分布形状と短周期卓越周期を求めた。

3.1 常時微動測定

測定で使用した機器は3成分の振動計、積分増幅器、カセットデータレコーダ及びモニターとして、ペン書きオシログラフである。常時微動計は固有周期1秒の振動計(振動技研(株))

である。この振動計は増幅器（振動技研（株））によって固有周期7秒（あるいは5秒）に引き伸ばし、やや長周期微動の測定も可能である。

測定は機器を車載し、1点ごとの移動測定とした。

測定時間帯は主に日中であるが、市街地部の何点かは夜間から早朝にかけて測定を行っている。測定は主に変位波形で、短周期微動を中心に行った。なお、これにあわせ変位波形長周期（変位7秒）や速度波形の短周期（速度1秒）及び長周期（速度7秒）についても同地点において同日中に測定を行った。計測時間は、短周期微動の場合は約5分、長周期微動では約10分である。測定地点は、公共性、地盤ボーリング資料の有無、分布の均等性等の事を考慮して決めた。小中学校についてはほぼ全数調査した。図

4に計測機器及びそのシステムを示す。

3.2 微動波形の解析

測定された常時微動記録を再生し、安定していると考えられる部分を、短周期微動の場合は、41秒間を0.02秒間隔で、長周期微動の場合は102秒間を0.05秒間隔で数値化した。なおフーリエスペクトルの平滑化処理は行っていない。

卓越周期は、上下動フーリエスペクトル、固有周期を7秒（あるいは5秒）にして測定した長周期波形のフーリエスペクトルや地盤柱状図等から総合判断し、水平動フーリエスペクトルから読みとった。

図5に磁気テープに記録された測定常時微動アナログ波形のデジタル化、及びフーリエスペクトル解析のシステムを示す。

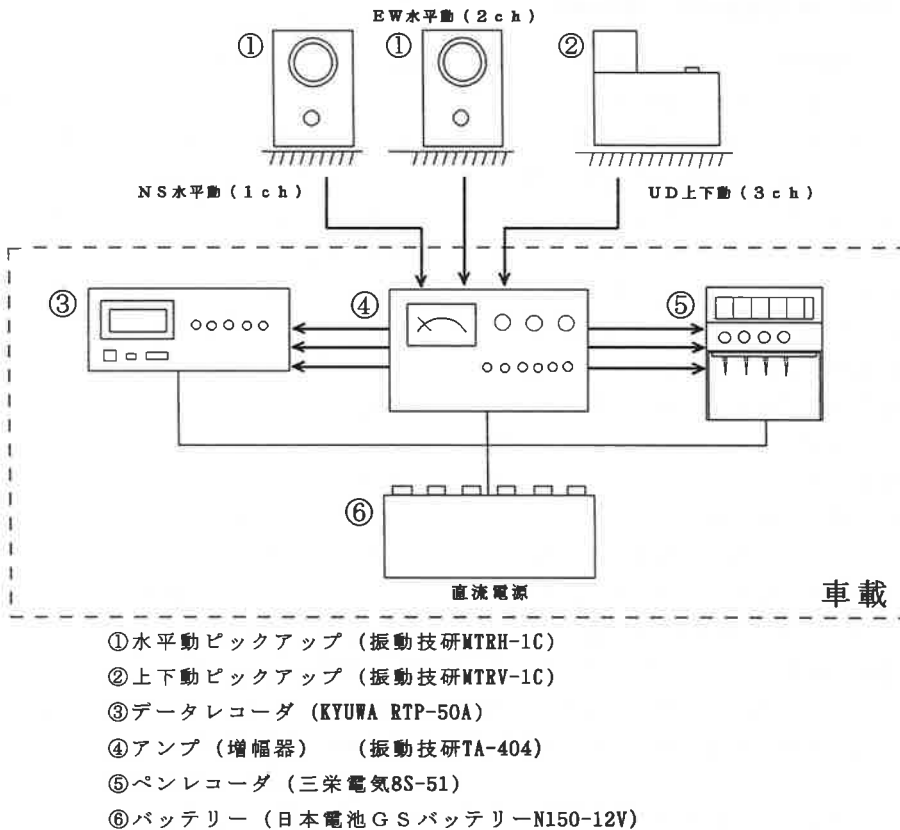
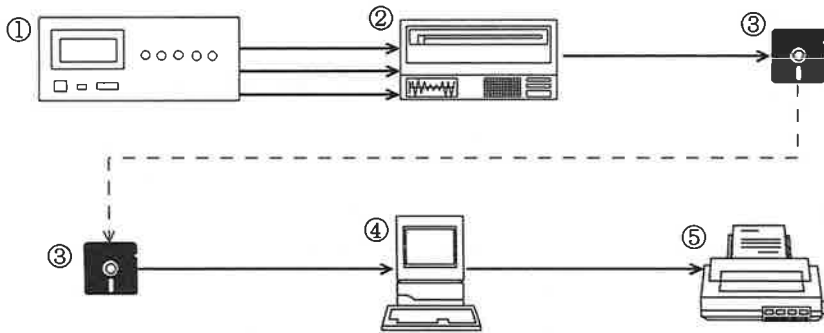


図4 計測システム図



- ①データレコーダ (KYOWA RTP-50A)
- ②A/D変換機 (KYOWA DAA-110A)
- ③フロッピーディスク (3.5inch)
- ④パソコン (NEC PC-9821Xa13)
- ⑤プリンター (EPSON HG-5130)

図5 解析システム図

4. 地形、表層地盤特性と建物被害

図3により建物被害の分布を見る。図の大半を占める、黒点線より左側の部分が八戸台地と呼ばれる台地であり、右側の部分が低地である。建物被害を図の全体に眺めると台地部に多く、低地部には少ない事が見て取れる。

図中、黒の太線で囲まれている部分で、内丸を囲む細い所(堀A)と図中左(堀B)は堀であり、その他が堤である(堤A, B, C, D, E, F)。

図中央の繁華街に多く被害が見られるが、この辺りは建物の絶対数が多い事、長者山、図中「堤A」の所に被害が少ないのは、それぞれ建物がない、現在公園として使われている等の原因が挙げられる事を最初に断っておく。

堀に注目してみる。内丸(堀A)では堀の中やその周辺で被害が集中して見られる。特に中央部の堀ではかなりの被害集中が見られ、全壊・半壊建物も集まっている。堀Bについて見ると、堀の中では4件に対し周辺では多くの被害が見られ全・半壊の重度な被害も多く見られる。

堤に注目してみると、堤Aについては先程も述べたように運動公園として使われているた

め、建物被害についての報告はされていない。しかし、この堤の形状を四角形にたとえると、その四つ角となる辺りで建物被害が多く見られる。堤Bを見ると、北側に被害があり南側では少ない。よく見ると東側や西側に被害が寄り、中心付近は少ないように見える。堤Cを見る。ここは現在の柏崎二丁目にあたり柏崎小学校、千葉学園高校がこの中に位置している。全体的に見ると堤の下側に被害が集まっており、中でも下方右側の堤がくぼんでいる部分と、堤が狭まっている下方左側の部分において、被害の集中が見られる。また、全壊・半壊の大きな被害も同じ部分に見られる。堤Dを見る。堤の西側と東側の縁と南側に位置する堤先端部に被害が多く見られる。特に東側の縁には半壊の被害を含む多くの被害が見られる。堤E及び堤Fについてみる。堤Eには全壊建物を含む多くの被害が見られるが、堤Fには被害が見られない。しかし、堤Fを囲むようにして被害が発生している。

地盤特性から建物被害を見る。内丸地域では0.3~0.4秒程度と、0.9~1.0秒程度に2つのピーク現れるスペクトル分布特性となっている。この地域から市庁舎を越え繁華街に移るに連れ

て、0.9~1.0 秒程度に出ていたピークが弱まり、0.3~0.4 秒程度の周期成分が卓越してくる。さらに南方へ移り、堤 C の上側の辺りになると 0.3~0.4 秒程度のピークが弱まり、やや長周期側の 0.9~1.0 秒程度の周期成分が卓越してくる。さらに堤 C の南方まで移ると、再び短周期側の 0.3~0.4 秒程度の周期成分が卓越し優位になる。ここから堤 D に移る。途中の半壊建物が 4 つ集まっている所では、0.2~0.7 秒程度までの幅広いピーク特性となっており、堤 D の辺りでは、0.7 秒にピークを持つスペクトル分布のものが 2 箇所ある。これより東側の低地部においては、卓越周期が 0.9 秒になっている。堤 B の中では 1.0 秒、南方の先端では 0.5 秒程度となっている。また、堀 B 周辺では 0.3 秒程度、長者山西側では 0.3~0.4 秒程度の卓越周期になっている。

若干の例外があるものの、建物被害が集中しているところのほとんどが、卓越周期 (スペクトルの最大ピーク) 0.3~0.4 秒程度である。中でも、この範囲より長周期側に他のスペクトルのピークを持っているところではより一層の被害集中が見られる。

5. ま と め

地震による建物被害を江戸時代における旧地形に着目、モーフィングを用いて重ね合わせ図を作成しながら考察してきた。その結果を以下に記す。

台地部において建物被害が目立ち、低地部ではあまり多く見られなかった。また旧地形における堀や堤に着目してみると、縁に沿って被害の集中が見られ、堀では内側にも多くの被害が見られた。

建物被害と地盤特性の関係をみると、卓越周期 (スペクトル最大ピーク) 0.3~0.4 秒程度で、これに加えて長周期側にも他のピークを持っている所に被害が集中してみられた。この事を換言すれば、図 6 に示すような長周期単峰形のス

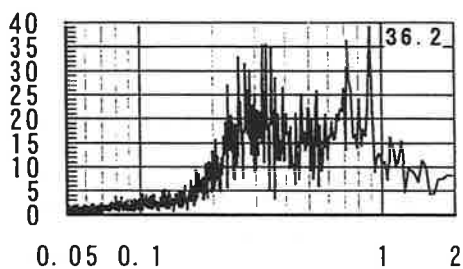


図 6

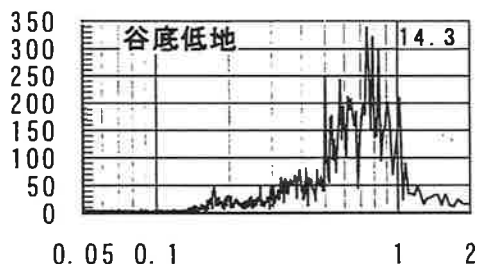


図 7

ペクトル形状の所では被害が少なく、図 7 の様な 0.3~0.4 程度に最大ピークを含む、幅広いピーク特性を持つ地盤の所では被害が多く出るのはないかと思われる。(図 6 は観音下地区のものでこの場の被害率は 14.3%、図 7 は内丸 3 丁目のものでその被害率は 36.2% にもものぼる。)

地形と地盤特性の関係について考えると、現在埋め立てられている元は堀や堤であった場所の中央付近では卓越周期が長く、低地部のようなスペクトル分布特性になった。これに対し縁の部分では 2 箇所にピークが現れ、台地・低地両方の特性を持つようなスペクトル形状になった。

最後に、本論で用いたモーフィングによる重ね合わせ手法、及びその結果については 1995 年度卒業研修として、卒研生の稲見貴徳、漆館大一、松沢幸宏によるものである。

参考文献

- 1) 毛呂 眞, 橋詰 豊: 1994年三陸はるか沖地震で建物被害を受けた地域地盤の卓越周期特性, 21 八戸研究, 1996年2月(平成7年度)
- 2) 毛呂 眞, 橋詰 豊: 三陸はるか沖地震の被害分布と微動特性その1 建物被害分布, 日本建築学会東北支部研究報告集, 第59号, pp. 425-428, 1996
- 3) 橋詰 豊, 毛呂 眞: 三陸はるか沖地震の被害分布と微動特性その2 台地の微動特性, 日本建築学会東北支部研究報告集, 第59号, pp. 249-436, 1996
- 4) 三陸はるか沖地震災害調査委員会: 1994年三陸はるか沖地震災害調査報告書, 三陸はるか沖地震災害調査委員会(委員長: 村上孝一), 1997.7
- 5) 日本建築学会: 1994年三陸はるか沖地震災害調査報告書, 1996.9