

衣川震度観測点に関する調査報告*

弘前大学 片岡俊一
 岩手大学 山本英和
 弘前大学 上原子晶久
 岩手大学 佐野 剛

1. はじめに

平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震における最大震度は6強であったが、これは岩手県と宮城県とが整備した震度観測点の1箇所ずつで観測されたものである。そのうち、岩手県側の観測点である奥州市衣川区観測点は震度計の極近傍の地形が計測震度に影響を及ぼしている可能性が高いと思われることから、地震の翌日である6月15日を含め計3回の調査を行った。以下にその概要をまとめる。なお、気象庁が用いている観測点名は「奥州市衣川区」であるが、ここでは衣川観測点と断らずに表記する。

気象庁によれば、衣川観測点の計測震度は6.1であり、最大加速度は南北成分 1607.6cm/s^2 、東西成分 1606.6cm/s^2 、上下成分 635.7cm/s^2 、合成最大加速度 1816.5cm/s^2 と発表されている¹⁾。また、地震後の再調査で、設置台と地面との間に僅かな隙間が見つかったことから、気象庁が震度計を臨時に設置し、平成20年7月2日以降は気象庁が設置した震度計の値を震度情報として用いている²⁾。ただし、この気象庁が設置した震度計は庁舎内に設置されている。

2. 地形状況

奥州市衣川区観測点は以前の衣川村役場、現在の奥州市衣川総合支所の敷地内に設置されている。支所は図-1に示すように、北東から南西に延びる狭い尾根の上に位置する。支所敷地を取り巻くように道路が北、西、南を回っており、尾根地形のために3方向が法面となっている。

周辺の法面の下、道路を挟んだ地点から支所を見た様子を写真-1、写真-2に示す。写真-1は南東側から見た様子であり、写真では切れている両側に支所に上がる石段がある。この階段の踏み面、蹴上げを用いて法面の高さ勾配を求めると、北側(写真-1の右側)は高さ2m程度、南側は高さ3m程度であり、勾配は35度程度となる。一方、震度計にもっとも近い南西側の法面の高さは約5mである。これは、法面の長さを計測し、下側の石張りの傾斜を70度、上側の傾斜を南東側と同じ35度と仮定することで求めている。

震度計は敷地の南西側に設置されており、法肩から4.3mの位置にある。震度計設置位置の地形条件は次のような検討から自然地形と判断している。まず、図-1にあるように尾根は庁舎敷地及び道路を越え、



図-1 衣川支所の周辺の地図(電子国土に一部加筆)。中心四角で囲われている建物が衣川支所

* Report on Koromogawa seismic intensity observation station by Shunichi KATAOKA, Hidekazu YAMAMOTO, Akihisa KAMIHARAKO, and Tsuyoshi SANO



写真-1 南東側から見た衣川支所



写真-2 南西側から見た衣川支所

そのまま南西方向に延びている。一方、この尾根を横切る敷地周辺の道路は1947年の空中写真では確認できないが、1962年(昭和37年)の空中写真では確認できる³⁾。斜面に道路を造る際には、一般には切り盛りを行うと考えられることから、支所の敷地と道路の境界は切り取られたと考える方が妥当であろう。

3. 震度計およびその周辺の状況

震度計周辺の状況を写真-3に示す。震度計センサーは写真中央にある約90cm四方の鉄筋コンクリート升のなかに設置されている。写真右側が支所庁舎であるが、升と庁舎との距離は1.8mである。また、鉄筋コンクリート升の奥側には比較的太い電柱(パンザーマスト、R416)が写っているが電柱と升との間隔は1.5mである。

写真-4は2008年9月25日に撮影した震度計センサーの設置状況である。気象庁によると、コンクリート台と周辺地盤との間に僅かな隙間があった²⁾とのことであるが、一見した限りでは分からない。ただし、台の周辺の砂利がやや下がっているようには見えた。

震度計が設置されている鉄筋コンクリート升およびその周辺では、地震翌日であっても特段の異常は見つけられなかった。ただし、敷地南側角にある電柱(写真-1に写っているもの)の根本には深さ20cm程度、幅5cm程度の隙間ができており、その卓越方向はN30°Eであった。

支所庁舎は昭和39年に建設されたもので、RC造3階建てラーメン構造であり、耐震壁と思われるような壁は殆ど見られない。また、基礎構造については不明である。長手方向長さは23.75mで5スパン、短手方向長さは14.40mで3スパンの構造であり、基本スパン長さは5.4mである。庁舎の長手方向はN55°E方向になる。地震被害としては、外壁および内壁に水平および鉛直のクラックが入っていることが目立った。ただし、これらのクラックは構造体までは達していなかった。また、柱のかぶりコ



写真-3 震度計周辺の状況

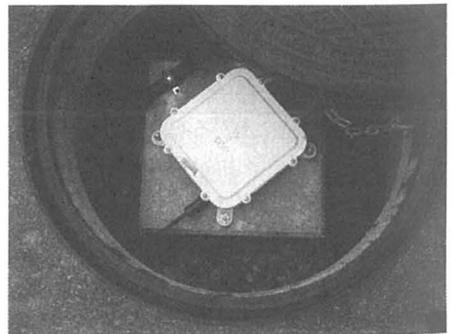


写真-4 震度計センサーの設置状況(2008年9月25日撮影)

ンクリート部分がはがれている箇所もあった。

4. 振動特性

震度計設置場所の振動特性を確認するために、地震翌日の6月15日に庁舎玄関脇と震度計センサーが設置されている鉄筋コンクリート升の上に微動計を設置して同時観測を行った。微動計の設置位置を図-2に示す。微動計の設置方位は庁舎の軸と同じとし、X方向を庁舎長手方向(N55°E)、Y方向を庁舎短手方向とした。なお、以下では玄関脇を Site A、震度計位置を Site B と呼ぶ。

用いた微動計は物探サービス株式会社製の地表用微動計 CR4.5-2S であり、測定可能周波数範囲は0.5~18Hzである。収録装置はKEYENCE社製のPCカード型データ収集システムNR-2000(A/D分解能:14bit)を用い、サンプリング周波数は100Hzとした。

Site A におけるX成分とZ成分の計測データを図-3に示す。地震直後であったために、計測データのなかには最大振幅0.1mm/s程度の微小地震も含まれていた。そこで、地震動の部分を拡大し、2地点の波形を比較して図-4に示す。図-4からは2地点の地震動の位相はよく対応しているが、Site Bの振幅がやや大きくなると、短周期の波動が見られることが分かる。

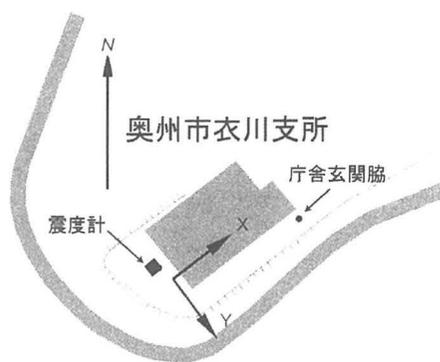


図-2 微動計の設置位置と方位

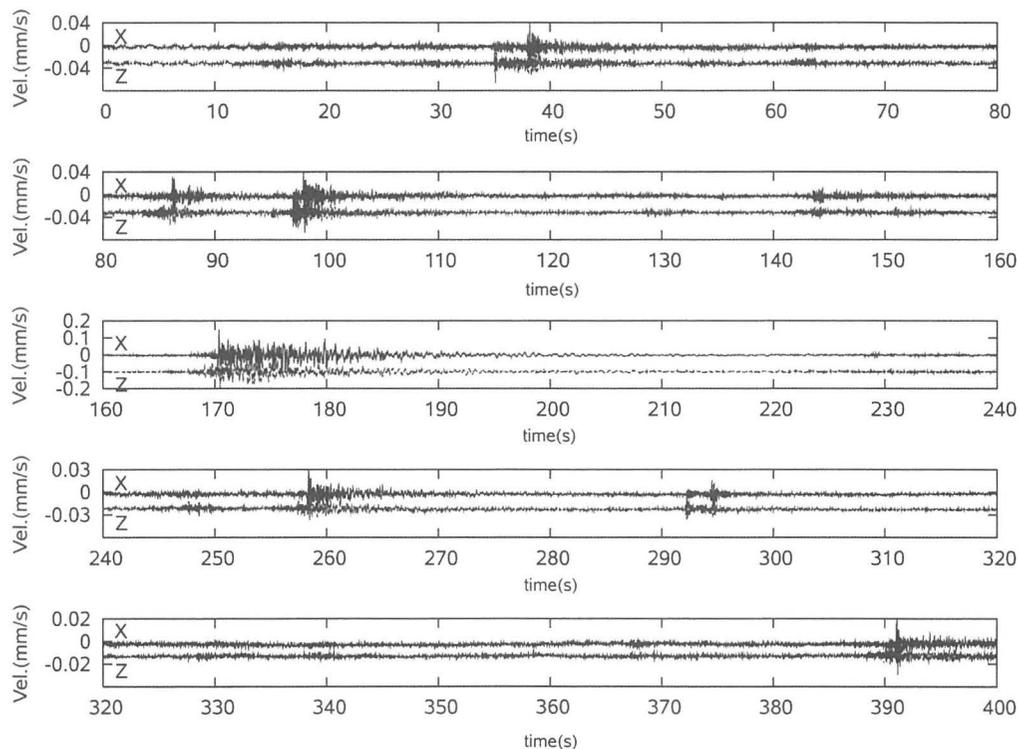


図-3 Site A で観測された微動のうち X 方向と Z (上下) 方向の波形。Z 方向は軸をずらして表示してある。

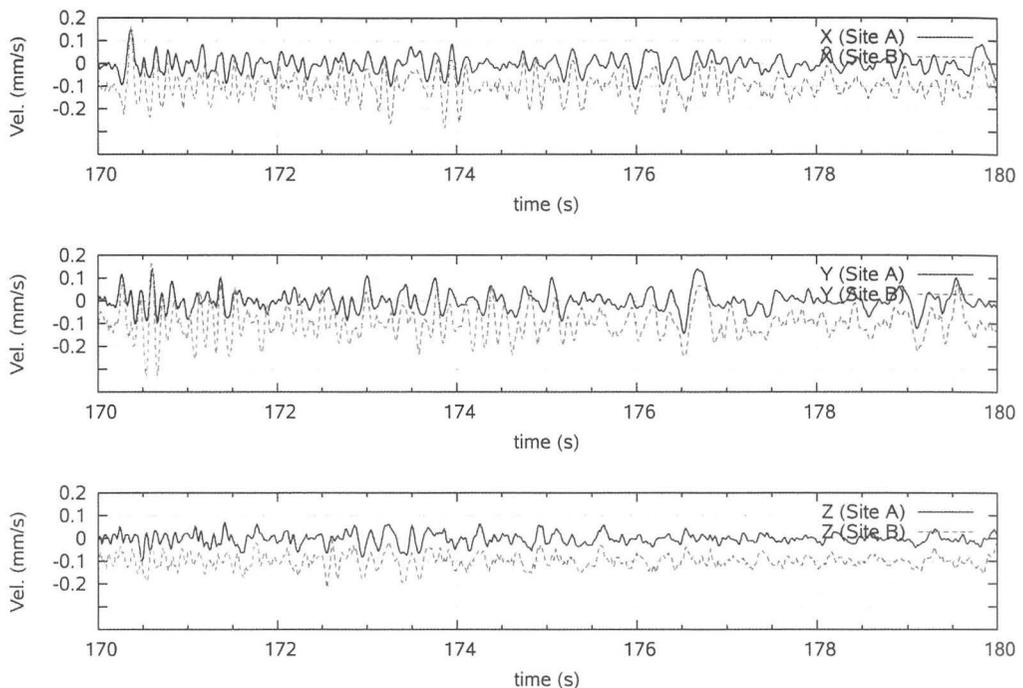


図-4 微小地震時の SiteA と SiteB の波形の比較.

地震動の方が微動に比べ、離れた2地点間の相関が高いこと、振幅が大きく、スペクトル特性に谷が少ないと考えられることから、2地点の振動特性の比較には、微動よりも地震動が適していると考えた。そこで、図-3 に示した計測データのうち地震動部分と判断した 20.48 秒あるいは 40.96 秒の区間を取り出し、解析長さを 10.24 秒としてスペクトル解析を行った。取り出した解析区間は 14 区間となった。各区間でスペクトルを求め、その平均を取った後にバンド幅 0.4Hz の Parzen ウィンドで平滑した。単純な平均であるために、振幅が大きい区間の影響が強く表れていることは否めない。

図-5 に両地点のパワースペクトルを示す。Site A の水平動は 5Hz 以下が卓越しているように見えるが、明瞭なピークは見られない。地形の影響が振動方向の卓越に表れている可能性があるため、水平 2 成分の大小関係に着目すると、3Hz 以下の低振動数成分では Y 成分が優勢であり、5Hz~7Hz の範囲では X 成分の方が大きく、それ以上ではまた Y 成分の方が優勢となっている。Site B は Site A に比べて高振動数成分が明かに優勢である。また、低振動数域でも Site A に比べて振幅がやや大きい。水平 2 成分の大小関係は Site A と同じ傾向である。

2地点の卓越振動数が明瞭ではないので、水平動と上下動とのスペクトル比を求めてみた。その結果を図-6 に示す。まず Site A であるが、顕著なピークは水平 2 成分ともに 3.5Hz にある。これよりも高い振動数では明瞭なピークはないが、振幅比は概ね 1~2 の間である。一方、Site B を見ると、Site A と同じく 3.5Hz にピークがあり、このピークの高さは概ね Site A と同じである。しかしながら、5Hz 以上の振動数帯域では様相が異なり、7Hz に顕著なピークがある。水平 2 成分の大きさを比較すると、6Hz 以下の振動数では X 成分が大きく、それ以上になると Y 成分が大きい。つまり、高い振動数では Y 方向に揺れやすい。Y 方向

は尾根軸直交方向であり、地形に対応したものと考えられる。

次に、Site A を基準として2地点間のスペクトル比を求めた。その結果を図-7に示す。なお、参考のために2地点間のクロススペクトルを用いて算出した伝達関数を図-8に示す。図-7と図-8から、Site B では7Hz付近で振幅比そのものでは約4倍、相関を考えた場合には3倍程度地震動が増幅することが分かる。増幅の振動数特性は方向によって異なり、X方向は振動数が4Hzより高くなるに従って徐々に増幅するのに対し、Y成分は6~8Hz付近で急激に

増幅する。また、Y成分は4~5Hz付近でSite A に比べてSite B の振幅が小さくなる。相関を考慮した場合の方が小さくなっているため、局所的な影響と考えられる。その原因の一つとして、庁舎建物の影響が考えられるが、これについては今後の課題としたい。

2地点間の振幅比は地震動そのものの比較であるので、本震の際の高振動数成分はSite A に比べてSite B の方が断然大きいことは間違いない。その影響は計測震度と最大加速度との関係に表れていると考えられる。つまり、計測震度は6.1であるが、この値を与える換算最大加速度は 380cm/s^2 である。この値は、最大加速度 1606cm/s^2 を大きく下回っている。この理由として、最大加速度は高振動数成分の増幅によって生成されたもので、計測震度を算出する際のフィルターにより高振動数成分が除去されたと考えれば齟齬はない。

一方、計測震度は算出方法が複雑なので、この増幅特性が与える影響を端的に表現することは容易ではない。ここでは、隣接した地点で計測震度が異なる例を調査した例⁴⁾を基に考察してみる。これによると、4Hzにおいてスペクトル比で3倍以上に増幅されていても、計測震度の差は 0.15 ± 0.1 であった。今回の場合、増幅のピークは7Hz付近であり、計測震度算出フィルターの特長から考えて、過去の例よりも影響は小さいと考えられる。このように考えると、2地点間の計測震度の差はそれほど大きくないであろう。地震の翌日に調査に伺った際に、庁舎内に簡易型の強震計を設置している。この記録と気象庁発表の計測震度を比較すれば、上述の考察を裏付けることができると考えている。

これまでの検討では、震度計側の微動計は震度計を収納している鉄筋コンクリート柱の上に設置してい

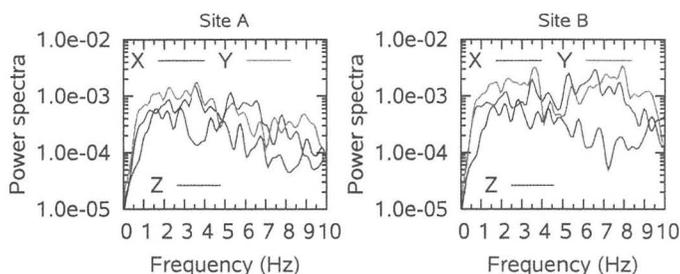


図-5 微小地震の部分を用いて算出した2地点のパワースペクトル。

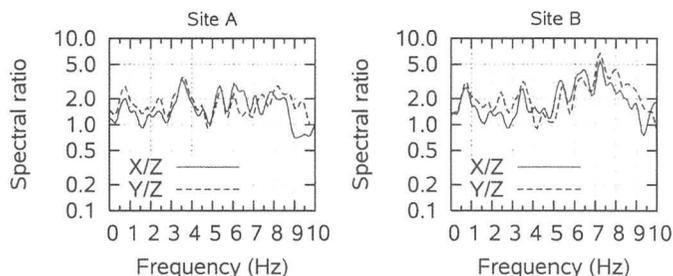


図-6 微小地震の部分を用いて算出した2地点における水平動と上下動とのスペクトル比。

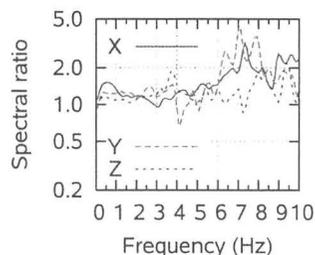


図-7 Site A に対する Site B のスペクトル比

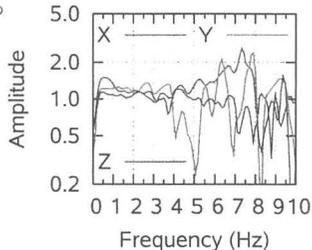


図-8 Site A と Site B との伝達関数

た. この場合, 升のロッキング振動が影響を及ぼしている可能性がある. しかしながら, ロッキング振動を正確に把握するためには, ある程度振幅が大きい地震動を待つ必要があり, そのような計測が実現されることは難しい. ここでは念のため, 微動計を鉄筋コンクリート升の上

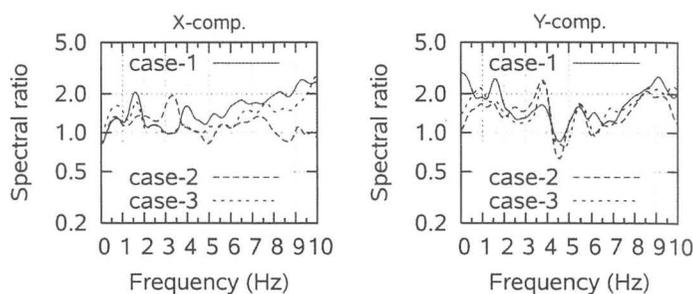


図9 震度計側の微動の設置場所の違いによる微動のスペクトル比

(以下, Case-1), 建物近傍(Case-2)と升の脇の地表面(Case-3)の順に置き換え, 基準とする微動計を Site A に置いた計測を9月25日に実施した. その結果を図-9に示す. 鉄筋コンクリート升の上下である, Case-1とCase-3とでは大きな違いがない. また過去に, 今回の震度計収納升と同等サイズで突出部がより高いものの数値シミュレーションを行ったが, ロッキング振動の影響は少なかった⁴⁾. 以上のことより, 鉄筋コンクリート升のロッキング振動が計測結果に及ぼす影響は小さいと考えている.

5. まとめ

奥州市衣川区の震度計は, 奥州市衣川総合支所内に設置されており, 支所は尾根部に位置している. 総合支所の周辺は道路で囲まれ, 道路から支所までの高さは2~5m程度である. このようなことから, 震度計の記録に地形の影響が強く現れている可能性がある. 現地調査を行った. 地震翌日に行った微動計測では微小地震が観測できた. その記録を利用すると, 震度計の設置位置では, 地形の影響が少ないと考えられる地点に比べ, 高振動数領域で地震動が増幅されることが分かった. 増幅のピークは7Hzにあり, 振幅比は3~4倍程度になった.

支所庁舎では, 地震後から簡易型強震計により余震観測を行っており, さらに庁舎の微動計測も行った. その結果については後日公表したい.

謝辞

衣川支所における調査には, 奥州市衣川総合支所総務企画課の若槻寛康主任をはじめ, 総合支所の皆様に協力頂いた. また, 本論文の図-2は京都大学防災研究所の後藤浩之先生が作成したものを流用させて頂いている. この調査は北東北国立3大学連携推進研究プロジェクトの一環として行った. 記して謝意を示す.

参考文献

- 1) 気象庁:特集.「平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震」について,平成20年6月 地震・火山月報(防災編),38-56,2008.
- 2) 気象庁:奥州市衣川区の臨時の震度計設置について,報道発表資料 平成20年7月2日.
- 3) 国土地理院:国土変遷アーカイブ 空中写真閲覧, <http://archive.gsi.go.jp/airphoto/index.html> (平成21年1月13日確認).
- 4) 片岡俊一・市村強・菊池俊紀:近接したK-NET観測記録から見た青森県震度情報ネットワークの計測震度の特徴,土木学会地震工学論文集, C00086.pdf, 2005.