

東北地方太平洋沖地震における仙台港の地盤の永久変位量に関する考察

東北大学 学 ○蛸崎大地, フ 風間基樹, 正 森友宏

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震の影響により東北地方では広範囲に渡って地殻の変位が生じた。例えば、牡鹿半島では南東方向に約 5.3m 水平移動し、約 1.2m の沈下が生じた。本研究では、仙台港における地震前後の GPS 測量結果より仙台港の変位を求めた。また、地殻変位を伴う地震により得られた仙台港近傍の地中強震加速度記録から、地盤変位の推定を行う事が可能なのか、検討を試みた。

2. GPS 測量を用いた仙台港の地震前後の変位

ここでは、仙台港において平成 8 年 12 月および東北地方太平洋沖地震後の平成 23 年 8 月に実施された GPS 測量結果を用いて、仙台港に生じた地殻の変位と地表部の変位の検討を行う。

平成 8 年 12 月に行われた GPS 測定の計測点 20 点のうち、平成 23 年 8 月に残存していた計測点は 11 点であった。これら 11 点の計測点番号と概略位置、地震による変位を図-1 に示す。11 点の計測点のうち、最も内陸側にある計測点 2 が地表部の変形の影響が最も小さいと仮定し、計測点 2 の変位量を仙台港周辺の地殻変動量とみなした。地表部の変位量は計測点番号 2 を基準点とした相対変位量とみなした。

仙台港周辺の地殻の変位量は水平成分で東南東方向に 365cm, 鉛直成分で 67cm 沈下であった。ちなみに国土地理院¹⁾が電子基準点を用いた GPS 測量結果によると, 名取市における変位量は水平成分で東南東方向に 308cm, 鉛直成分で 28cm 沈下である。

仙台港の地表部の変位を図-2に示す。図中には計測された岸壁の変位量も併記している。岸壁に近い計測点15の地表部の移動量は南に約19cmである。

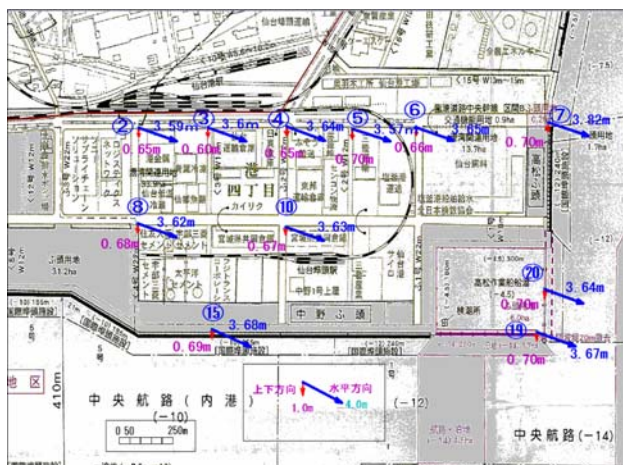


図-1 GPS 測量差から求めた仙台港中野埠頭の変位量

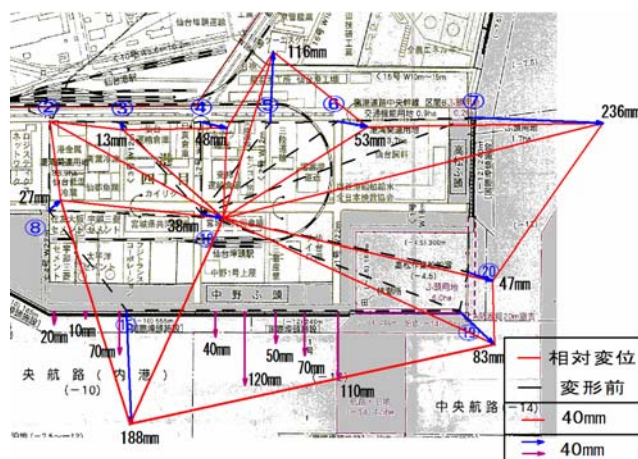


図-2 仙台港の地表部の相対変位量と岸壁移動量

3. 強震加速度記録を用いた仙台港の地震後の残留変位の推定

3.1 変位の推定方法

ここで用いる強震加速度記録は、仙台塩釜港湾事務所で観測（G.L. -10.4m）されたものであり、今回GPS測量を行った区域より北に約1.5km内陸に位置している。

強震加速度記録より変位を求める場合、通常地震であれば、加速度記録に基線補正を施すとともに、加速度から速度を求める際に積分への影響を低減させるためのバンドパスフィルタを用いるのが一般的である。しかし、今回の地震では地震中に大きく地殻が移動しており、通常の手法が適用できるか不明である。本節では強震加速度記録から変位を推定する際に、加速度記録の基線補正の適用の有無、適用するバンドパスフィルタの種類によって、推定される変位にどのような違いが生じるか検討した。

表-1 解析ケース

解析ケース	バンドパスフィルタ	基線補正
Case1-1	0.00~30Hz	有
Case1-2	0.01~30Hz	有
Case1-3	0.1~30Hz	有
Case2-1	0.00~30Hz	無
Case2-2	0.01~30Hz	無
Case2-3	0.1~30Hz	無

表-2 解析結果

バンドパスフィルタ	EW	NS	UD	方向・EW-NS合成量
Case1-1	-8.9	-8.4	-57.5	南西 12.2
Case1-2	-8.9	-8.4	-26	南西 12.2
Case1-3	0.35	-1.2	0.4	南東 1.25
Case2-1	-229.5	-39.7	5.2	西南西 232.9
Case2-2	-63	-23	5.2	西南西 67
Case2-3	0.2	-1.2	0.4	南南東1.2
GPS観測結果	351.1	-111	-67.4	東南東 368.9

*Case-1:基線補正あり、Case-2:基線補正なし (cm)

キーワード GPS 測量 強震加速度 バンドパスフィルタ

連絡先 東北大学工学部、建築・社会環境工学科、地盤工学研究室

3.2 結果と考察

表-1 に計算ケース、表-2 に解析結果を示す。また Case1-1・Case2-1 の EW 成分における加速度波形、速度波形、変位波形を図-3 に、Case2-2・Case2-3 のそれぞれの波形を図-4 に示す。また、各計算ケースでの水平変位の軌跡を図-5 にしめた。得られた結果より基線補正の有無についての考察、バンドパスフィルタと変位の関係性の考察、GPS 測量結果と強震加速度記録の積分より求めた変位の方法について考察する

1) 基線補正の適用について

表-2 より基線補正をしない場合の方が得られる水平変位が GPS 測量結果に近いという結果となった。基線補正をしていない場合では、計測時間内で加速度の最終値は EW 成分で 0.5m/s^2 であり、速度には -3.1m/s の残留速度が確認され、変位が終息していない事が確認できた。基線補正をしない方が GPS 観測値と近い理由は、地震後にも地殻変動がまだ続いていると考えられるためである。

2) バンドパスフィルタの違いによる水平変位量の違いについて

図-3 の Case2-1、図-4 の Case2-2、Case2-3 でバンドパスフィルタの違いによる変位の EW 成分の推移がわかる。バンドパスフィルタで長周期波をカットすると変位が小さくなる事がわかる。図-6 より $0\sim 0.01\text{Hz}$ 、 $0.01\text{Hz}\sim 0.1\text{Hz}$ の間における加速度スペクトル強度が大きいことから、今回の強震加速度記録では長周期波による影響が大きいことが確認される。

3) GPS 測量結果と解析結果の比較

GPS 測量結果が南東方向だったにもかかわらず、強震加速度の積分から求めた変位の方法は南西方向であった。図-5 より 140 秒前までは GPS 結果と同じ南東に向かっているが、140 秒を過ぎると水平変位は北西へと向かっていき、ほとんどの変位波形が南西で留まる事がわかる。図-7 は 8 分後の余震における加速度波形である。基線補正をしていない加速度波形の初期値がドリフトしていないので地震計自身に傾きは生じておらず、傾きによる影響ではないことがわかる。GPS 測量結果との方向の違いについては今後の課題としたい。

4. 結論

- 1) 東北地方太平洋沖地震による仙台港周辺の変位を GPS 測量で計測した結果、地表部の変位の最大値は水平方向 382cm であった。
- 2) 仙台塩釜港湾事務所の地中における強震加速度記録を積分して、仙台港周辺の地殻の変位量を計算した。水平変位については基線補正を行わず、かつバンドパスフィルタを施さない加速度記録から求めた方が、GPS 測量より求めた変位に最も近い結果となったが、水平変位の方法は GPS 測量によるものとは異なる結果となった。
- 3) バンドパスフィルタの範囲が変位算定に大きく影響することがわかった。

参考文献

- 1) 国土地理院, <http://www.gsi.go.jp/>
- 2) 港湾地域強震観測, <http://www.eq.pari.go.jp>

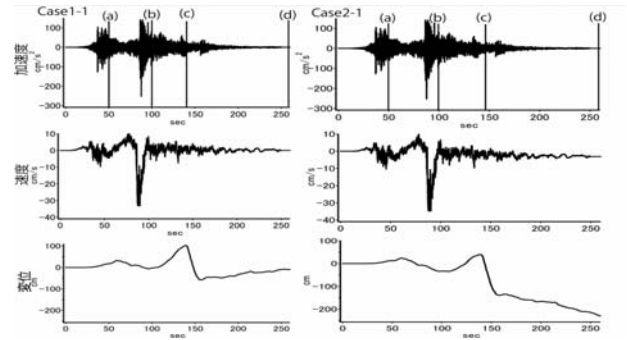


図-3 Case1-1, Case2-1 の各 EW 成分における加速度、速度、変位波形

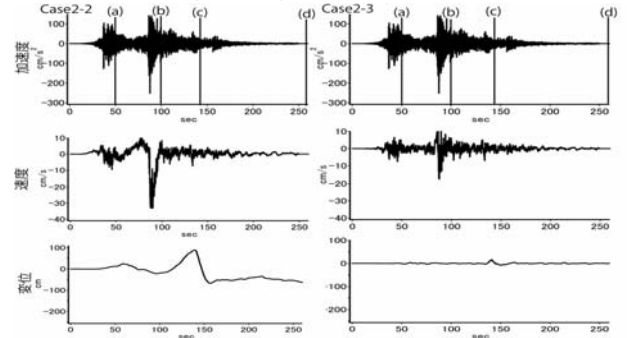


図-4 Case2-2, Case2-3 の各 EW 成分における加速度、速度、変位波形

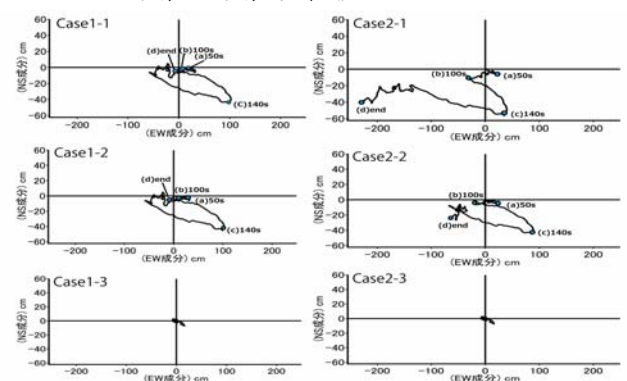


図-5 各計算ケースにおける水平変位の軌跡

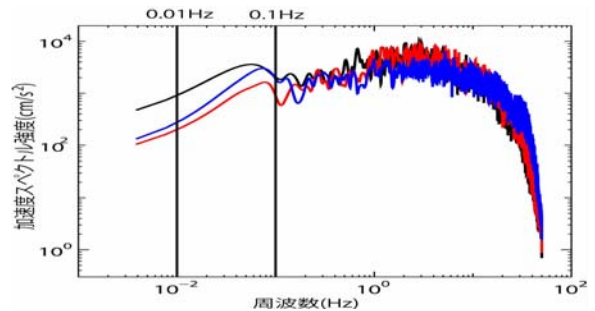


図-6 加速度スペクトル強度と周波数の関係

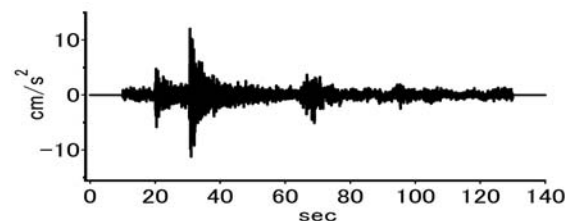


図-7 3 月 11 日 14 時 54 分の仙台港における EW 成分の加速度波形