

強震加速度記録による永久変位の算定とその考察

東北工業大学

○佐藤拓也

々

フェロー会員

神山 眞

々

正会員

松川忠司

1. はじめに

周知のように強震観測は加速度計をもってなされるのが一般である。これは強震が問題となる従来の耐震設計で加速度が重要視されることの他に速度や変位の測定が技術的に難しいという理由がある。一方、地震被害は加速度の大きさのみでなく、速度も重要であるとの最近の指摘や永久変位の大きさも地震被害の考察で見逃せないという見解も存在する。このようなことから加速度記録からの速度、変位の数値的算定、とりわけ永久変位の的確な評価は工学的価値が極めて高いといえよう。本研究は近年の我が国の被害地震の際に取得された強震加速度記録からどの程度の精度の永久変位が算定可能かについて検討したものである。

2. 加速度記録の数値積分による速度、変位の算定

加速度記録からの速度、変位の数値算定については従来から非常に多くの研究がなされている。これらの多くは数値積分に含まれる誤差を除くことに重点を置くもので、本来含まれている長周期成分の特性を犠牲にする方法である。一方、ここでの永久変位の算定では長周期成分の変動を積極的に取り入れることが必要である。このためには時間領域でのオーソドックスな数値積分法が有効であるが、この方法には何がしかの原因による誤差が時間とともに拡大する欠点が存在する。この欠点を補うものとして基線を修正する手法が用いられる。基線修正の手法にも各種の提案がなされているものの、試行錯誤によっているのが現状である¹⁾。一方、積分結果で基線が発散する現象は加速度計の周波数特性などの計器精度や加速度計の設置条件に大きく影響を受けることが考えられる。したがって、この方法を進展させるには、先ず現状の標準的な強震加速度観測システムでの加速度記録に即して、数値積分における発散の度合いを検討することが必要である。

本研究では最新の K-NET02 型などの加速度計の多くの加速度データに数値積分を試み、速度記録の発散度の検討を行った。検討結果の一例として 2008 年岩手・宮城内陸地震の震央から半径約 25km 圏内で加速度記録を得た K-NET および KiK-net 観測点²⁾における地表 EW 成分について数値積分により算定された速度記録を示したものが図-1 である。図-1 に示すように発散は思ったよりも少なく、かつ存在したとしても単純な直線的なものが多いことがわかる。この結果から、ここでは図-2 のような可能な限り単純な基線修正方法を採用することとした。図-2 は図-1 で示した KiK-net_IWTH25（一関西観測点）を対象に発散する速度記録の基線を修正する方法を示したものである。図-2 では初動開始時刻 T0 以前の平均振幅値を全体の振幅から差し引き、サンプリング間隔 0.01s で台形公式による数値積分した速度が Original Velocity としてプロットされている。主要動と思われる時間帯の最後から直線的な傾向の発散が生じている。ここでは、このような発散傾向を示す時間 T1 と T2 の間隔において線形関数で最小二乗による最適フィッティングを行な

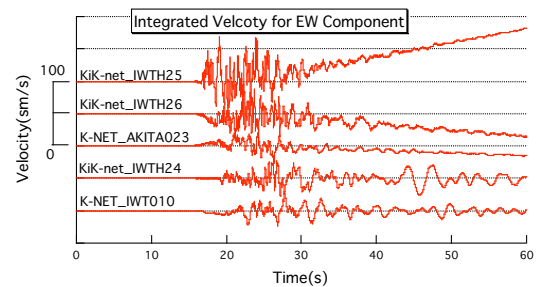


図-1 数値積分による速度記録の比較

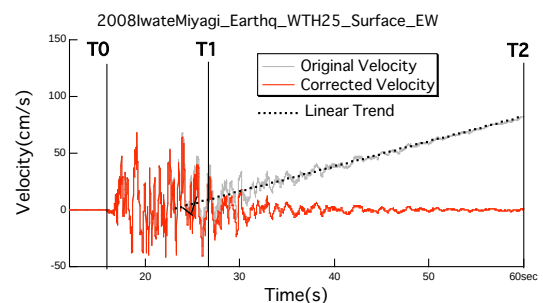


図-2 速度記録の基線補正法と記録修正

キーワード 加速度, 速度, 変位, 地盤永久変位, 数値積分, 2008 年岩手・宮城内陸地震, GEONET

連絡先 〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町 35-1 東北工業大学工学部環境情報工学科 TEL 022-305-3930

い、線形トレンドを Original Velocity から取り除き、修正速度 (Corrected Velocity) を算定した。図-2 に示した方法で速度記録の発散度の違いによる変位記録の算定を比較した事例が図-3 である。図-3 は KiK-net 一関西観測点における地表 0m および深さ 250m の UD 成分記録の算定例である。地表 0m では速度記録の算定に発散はほとんど存在しないのに対して深さ 250m では主要動の最後の時刻から直線トレンドの発散が現れている。それに関わらず、この直線トレンドで補正して算定した深さ 250m の変位記録は地表 0m とほぼ同じ永久変位を与えている。この事例から、図-2 で示す単純な基線の修正方法はかなりの精度で永久変位の算定を可能にするものと考えられる。

3. 加速度記録による永久変位と GPS (GEONET) による永久変位の比較

上記に説明した方法により我が国で近年発生した代表的な被害地震の 2004 年新潟県中越地震および 2008 年岩手・宮城内陸地震で得られた強震加速度記録から変位記録を算定して永久変位を求めた。ここでは紙数の関係から後者の地震の結果を示す。2008 年岩手・宮城内陸地震では震源領域で多くの強震加速度記録が得られている²⁾。同時に GPS 技術を駆使した高密度地殻変動観測システム GEONET により精度の高い永久変位が求められている³⁾。これらの強震加速度データと GEONET データは同一地点で観測されたものでないの、直接的な比較ができないので、両者の永久変位のベクトル算定結果の広域的な分布傾向を比較した。図-4 は水平成分、鉛直成分別の永久変位ベクトルの算定結果を比較したものである。概ね、両者の分布の整合性は高く、ここでの強震加速度記録による永久変位の算定は妥当と考えられる。

4. むすび

近年の強震加速度計の計器としての精度向上と良好な設置環境の維持から強震加速度記録からの永久変位の数値的算定は今後有効な工学的ツールとして利用可能と考えられる。

参考文献

1) D.M. Boore : BSSA, 75, p.1199-1211, 2) 防災科研ホームページ : <http://www.bosai.go.jp/>, 3) 本田ら : 土木学会東北支部平成 22 年度技術研究発表会。

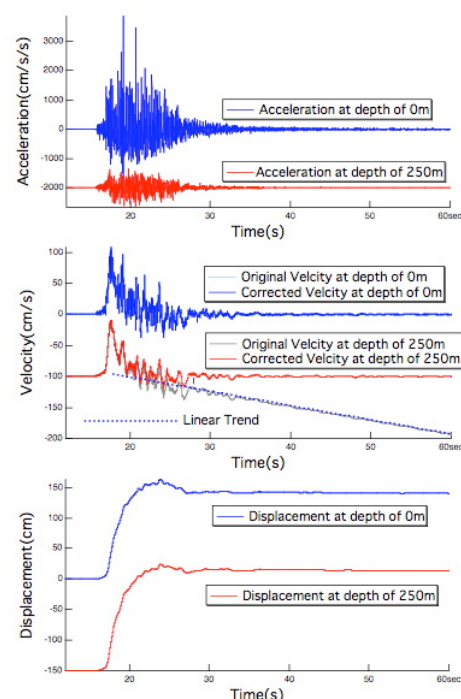


図-3 速度発散度による変位記録比較

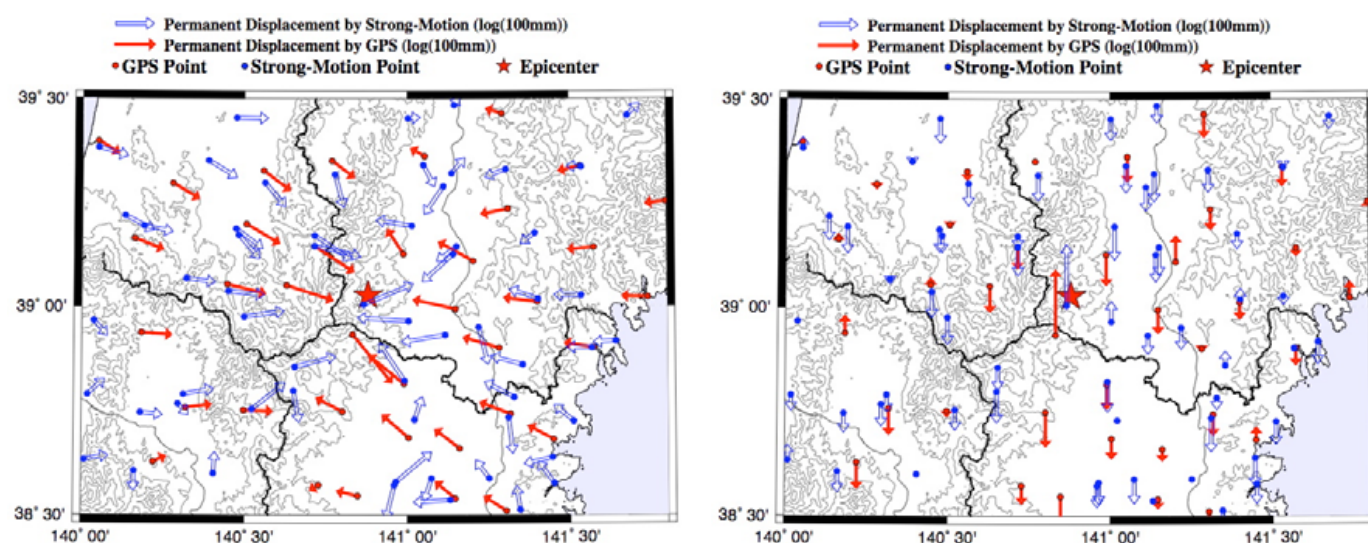


図-4 加速度記録の数値算定による永久変位と GEONET 永久変位の分布比較 (左 : 水平, 右 : 上下)