

振動計測にもとづく地盤・構造物の変状検知

東洋大学 正会員 ○鈴木 崇伸

1. 目的

情報通信技術と計測技術の進歩によって、地盤や構造物の遠隔監視が可能となり、ファイバーセンシングや GPS 計測などさまざまな技術開発が行われている。本報告は従来の振動計測する方法に注目して、計測結果から地盤や構造物の変形を計算した例を紹介し、技術の将来展望について考察している。

2. 断層変位の計算

1999 年の台湾 ChiChi 地震では、逆断層運動にともなって広範囲で地盤の永久変位があったことが報告されている。そこで台湾中央気象局により公開されている強震記録の積分結果から永久変位が求められるか検討した。台湾中部の加速度記録の特徴として、地震開始前と終了後でゼロ線のドリフトが生じている。台湾中部の記録を分析した結果、TCU084 で約 10Gal のドリフトが発生するなど、多くの記録で軸線のずれがみられた。ドリフトが残ると速度の積分結果が発散してしまうため、振動終了後の速度変化を線形回帰して速度の補正を行った。台湾中部の約 100 観測点について行った。うまく計算できない記録もあったが、概ね上記の計算方法で変位波形が計算でき、3 成分の永久変位量が求まった。最大は Shigang の水平変位 8.4m、隆起量 3.4m であった。

図-1(a)は水平方向の永久変位量と断層からの距離の関係を示す。上盤側で大きな水平変位量となっているのに対し、下盤側では、およそ 1 m 以下の変位量となっている。同様に(b)は上下の永久変位量と断層距離の関係を示している。下盤側はわずかながら隆起あるいは沈下する結果となっているのに対し、上盤側はほとんどの観測点で隆起する結果となっている。断層距離との関連において、上盤側では 20km 以内で永久変位が計算されており、また下盤側では断層から数 km の範囲で変位量が大きくなっている。図-2 は水平変位の方向を分析した結果である。上盤側では北西方向に大きく動いているのに対して、下盤側の方向は一定ではなく原点付近に集中している。下盤側で変位の大きい点に注目すると、南東方向に動いており、上盤の動きと逆向きとなっている。台湾内政部土地測量局の測量結果と対比したところ概ね一致することがわかった。なおここで述べた内容の詳細は土木学会地震工学論文集に投稿予定である。

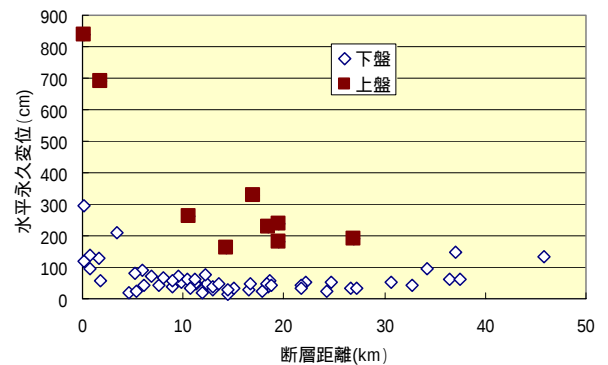
3. 建築物の破壊検知

RC 建築物の耐震性能モニタリングの研究が壁矢沢他の研究

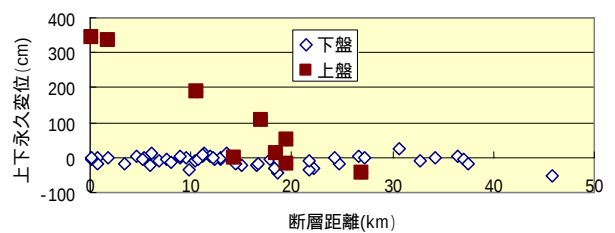
図-2 水平変位の方向の分析

キーワード 遠隔監視技術、振動計測、断層変位、構造物の破壊

連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学工学部環境建設学科 TEL049-239-1405

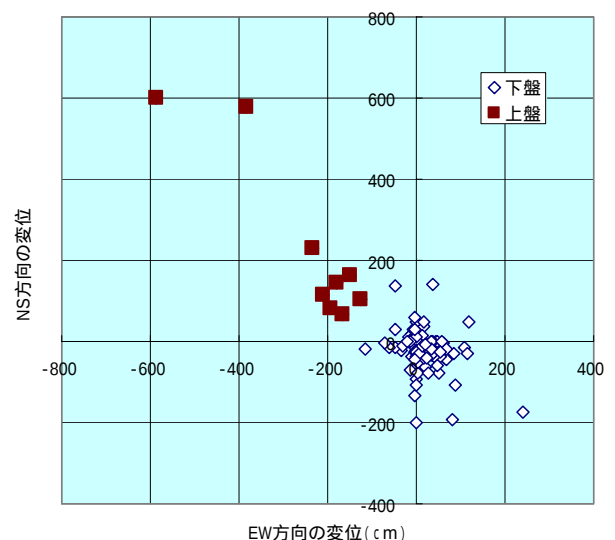


(a) 水平変位



(b) 上下変位

図-1 断層距離と永久変位量の関係



グループによって精力的に進められている。普及型地震計の計測結果から被災程度を判定できれば、避難所などの防災拠点の安全確認が即座に行え、有用な技術となる。ここでは、2001年11月につくばの防災科学技術研究所で行われたRC建築物の破壊実験に参画して得たデータから、建物破壊時の振動波形の特徴を分析する。使用した計器はサーボ型加速度計ならびに、ジャイロ振動計（シリコンセンシングシステムズ社のリング型ジャイロを使用）であり、実験供試体に複数箇所とりつけてデータ取得した。

実験は5ケース行われているが、建物が崩壊したときの計測結果を紹介する。図-3(a)は中間階に設置した加速度計の記録であり、大きく傾いたy軸方向の波形である。約120Galだけ軸線がずれているが、傾斜角に換算して約7degとなる。サーボ加速度計のDC成分は傾斜計と同じ出力となり、分解能の高い加速度計のドリフト成分から傾斜角の情報が得られる。同じく大きく傾いた方向に対応するx軸周りの角運動の計測結果を図-3(b)に示す。ジャイロセンサーの出力は角速度であり、約1秒間の運動で崩れたことが理解できる。他軸の結果は省略するが、簡易なジャイロセンサーによって、0.2deg程度の永久角変位が計算できることがわかった。

1自由度計の近似では、応答加速度と相対変位、あるいは角加速度と角度は比例関係となる。振動が大きくなり、部材が破壊する状態になると比例関係が徐々になくなって、非線形関係となる。中間階のジャイロセンサーから角加速度と角度を計算してプロットした結果の一例を図-4に示す。(a)は入力レベルが小さいケースであり、楕円の広がり小さく、(b)は振幅が大きいケースであり、楕円長軸の傾きが緩やかになり、広がりが大きくなることを確認できる。外力である慣性力と、応答値の関係を分析することにより、普及型地震計ならびにジャイロ振動計によって耐震性能モニタリングが可能であることが確認できた。なおここで述べた内容の詳細は応用力学論文集に投稿予定である。

4. まとめ

今回は強震記録から断層変位を計算した結果と、建物崩壊を地震計ならびに、ジャイロ振動計で計測した結果について報告した。断層変位に関しては数秒の成分の運動であり、強震記録からおよその変位量を計算できることを示した。また建物の崩壊計測に関しては、加速度計で傾斜が計測できること、角変位の計測も有用であること、また外力-応答のヒステリシスの変化から耐震性能をモニタリングできることを示した。リアルタイムに地盤変状を検知する技術にもこれらの知見が応用できるものと考えている。

参考文献

- ・ 鈴木：断層運動を含む地震記録の分析，第26回地震工学研究発表会，2001.8
- ・ 壁矢沢：鉄筋コンクリート造建築物の限界状態と地震動，強震動予測シンポジウム，2003.3

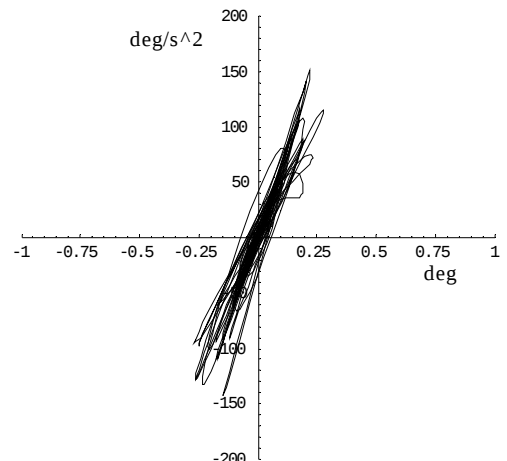


(a) 加速度計 y 軸

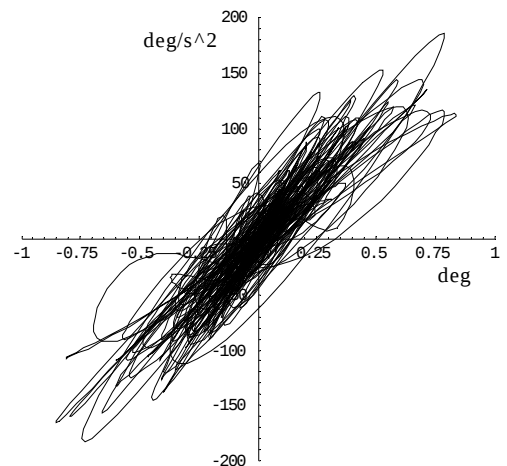


(b) ジャイロ計 x 軸

図-3 建物崩壊時の観測記録



(a) 小破の状態



(b) 大破の状態

図-4 角加速度と角度の関係