

1999年台湾集集地震の強震記録を用いた 断層運動による残留変位発生の検知

金沢大学大学院 学生会員 稲垣 聖示
 金沢大学工学部 正会員 宮島 昌克
 金沢大学工学部 フェロー 北浦 勝

1. はじめに

マグニチュード7を超える大規模直下型地震において、断層直上に立地する構造物や、断層を跨いで埋設されているガス管、上水道管などのライフライン施設に地表面断層変位により多大な被害が生じうる。本研究の目的は、1999年台湾集集地震において得られた強震記録から断層破壊が地表面に到達した地点を早期に特定して判別する方法を考案し、被害のあったライフライン施設の早期検知、早期復旧に寄与することである。

2. 断層運動による残留変位発生地点の速度記録

上盤側における地表面断層近傍北部（石岡）の速度記録を図1に示す。石岡では北西方向に約8m、鉛直方向に約5mの断層変位が地表面に現れている¹⁾。図1の速度記録は、加速度記録を台形公式で積分して速度記録を求め、基線のずれを最小二乗法により補正したものである²⁾。基線補正の時刻範囲は、主要動到達前の地震動前半は加速度振幅の絶対値を5個ずつ平均して求めた値が0.5gal未満の時刻間、主要動終了後の地震動後半には5gal未満となる時刻以降に対して基線補正を行う。図1より、約30秒から40秒の間にて他の時刻に比べて大きな速度振幅がパルス的に入り、最大速度を記録することが分かる。図2は図1の周期をゼロクロッシング法にて求め、時刻歴図としたものであるが、速度振幅の変化時刻と同時刻間に突発的に長周期化している。ここで、図1を積分して算出した図3の変位記録を見ると、速度振幅、速度周期の突発的な変化時刻付近にて変位が急激に発生しているのが分かる。地表面断層変位発生時に速度振幅、速度周期が突発的に大きくなる特徴は、地表面断層近傍の強震観測点において共通した特徴である。

また、図4、図5、図6に車籠埔断層上盤側の震源域に位置する國姓の速度記録、速度周期時刻歴図、変位記録を示す。國姓においては、水平方向には北北西に約3.5m、上下方向には鉛直方向に約1mの変位が発生している。台湾集集地震における断層破壊タイプは逆断層型であり、上盤側全体に断層変位が発生している。図4、図5、図6より、石岡と同様に速度振幅、速度周期が突発的な増加を示した時刻に変位が急激に発生しているのが分かる。このような速度振幅、速度周期の特徴を捉えることにより、残留変位の発生が把握可能であると言える。

また、地震動継続中の長周期化現象は、原因は異なるが液状化発生時にも起こり、従来までの強震記録を用いた液状化検知では、断層破壊の影響を含む強震記録も液状化と判定され断層破壊と液状化が同様な現象として見なされる可能性がある。これを防ぐためにも、断層破壊と液状化を区別して判定することが必要である。

キーワード：強震記録，断層運動，残留変位，検知

連絡先（〒920-8667 石川県金沢市小立野2丁目40-20 TEL：076-234-4656 FAX：076-234-4644）

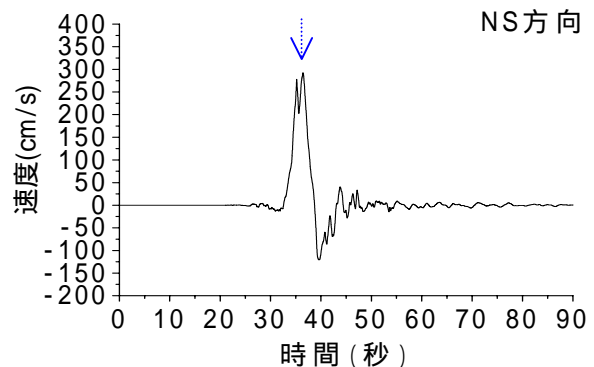


図1 地表面断層近傍北部の速度記録（石岡）

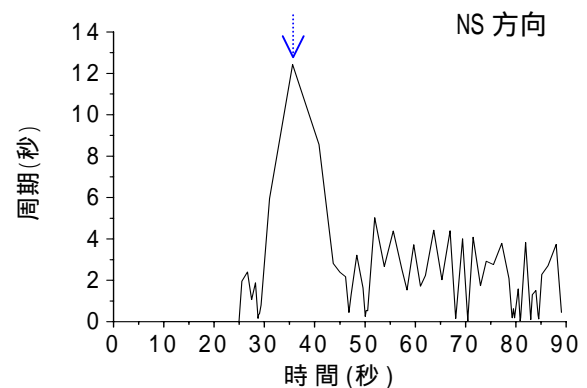


図2 地表面断層近傍北部（石岡）の速度周期時刻歴図

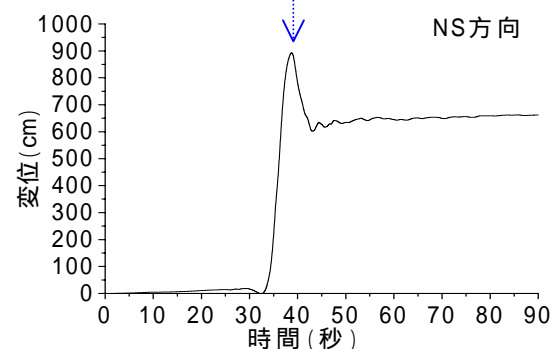


図3 地表面断層近傍北部（石岡）の変位記録

3. 「最大速度 / 速度波形面積」値

前述した特徴より、残留変位発生地点の判別を試みる。残留変位発生地点の速度記録は、変位発生時刻のみで長周期速度パルス波となり突発的に最大速度を記録するが、後の時刻での速度振幅はこれと比較して小さい。また、液状化発生地点の速度記録は残留変位発生地点と異なり長周期が継続し速度振幅が減衰するが、地表面断層変位近傍の速度振幅の変化ほど急激ではない。こうした特徴から、各観測点で得られた最大速度を速度波形面積で割ることで断層運動による残留変位発生の有無を評価した。速度波形面積とは速度振幅の絶対値をとり台形公式を用いて積分して算出した値である。最大速度が同じ速度記録では、長周期パルス波が含まれる速度記録と速度振幅が減衰するが長周期波が継続して含まれる速度記録とでは前者の方が速度波形面積は小さく、「最大速度 / 速度波形面積」値は大きくなる。また、残留変位発生地点の最大速度は液状化発生地点に比べて大きいので、地表面断層変位近傍の「最大速度 / 速度波形面積」値は液状化発生地点に比べ大きくなる。「最大速度 / 速度波形面積」値は上下、東西、南北の3方向の最大値を用いている。

4. 算出結果

図7は、1999年台湾集集地震における強震観測点の「最大速度 / 速度波形面積」値と地表面断層から強震観測点までの距離との関係を示したものである。図7より、0.15(1/s)を境界として、地表面断層変位近傍及び上盤側観測点の大半がこれを超えるものとなり、液状化の観測点は、これより小さな値を示すことより、残留変位発生地点と液状化発生地点との判別は可能となる。下盤側で「最大速度 / 速度波形面積」値が大きくなる観測点は、地表面断層北部に位置する観測点である。台湾集集地震では地表面断層変位は北部側が南部に比べて顕著に表れているため、大変位の影響が周辺に伝播していると考えられる。今回は1999年台湾集集地震のみの強震記録を用いており、継続時間の異なる場合は0.15(1/s)という境界は当然変わるものであるので、今後検討を重ねていく。

5. 終わりに

1999年台湾集集地震における残留変位発生地点の強震記録より検知方法を検討し、強震記録から残留変位発生地点をある程度判別することができた。この方法はリアルタイムで入手可能な強震加速度記録を入力としプログラム化してあるので、地震動終了後早期に判定が可能となる。継続時間の異なる地震動に適用するためにも今後、数多くの強震記録を用いて検討を重ねていきたい。

参考文献

- 1) 神戸大学 都市安全研究センター:921 集集(台湾)地震調査合同報告書, p.10, 2001.
- 2) 工学院大学久田研究室
: <http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/>

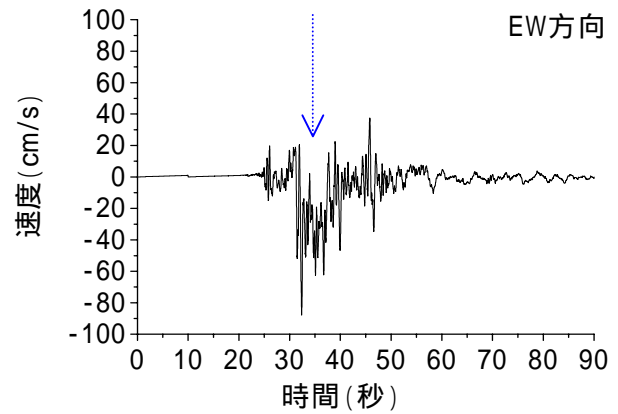


図4 國姓の速度記録

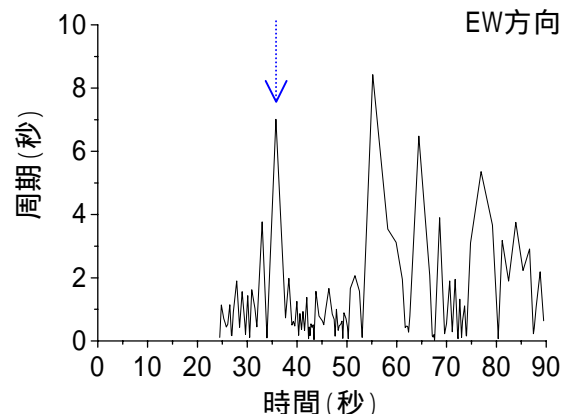


図5 國姓の速度周期時刻歴図

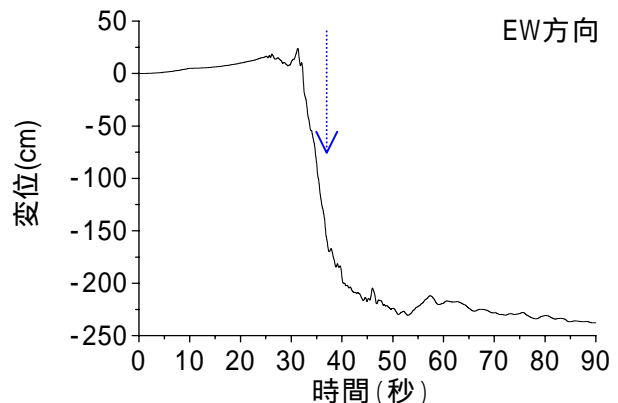


図6 國姓の変位記録

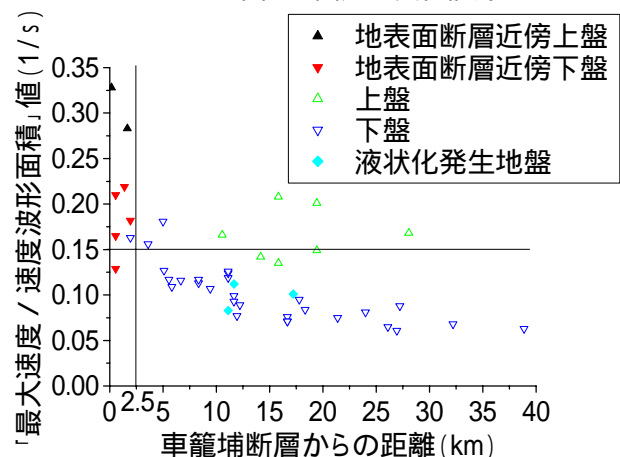


図7 「最大速度 / 速度波形面積」値算出結果