

断層極近傍における地震被害と 地盤振動特性の関連性

辻直子¹・大町達夫²

¹工修 ジオテック株式会社 住宅地盤事業本部 (前 東京工業大学大学院 修士課程)
(〒150-0013 渋谷区恵比寿 1-13-6 恵比寿 IS ビル)

²正会員 工博 東京工業大学大学院総合理工学研究科教授 人間環境システム専攻
(〒226-8502 横浜市緑区長津田 4259)

1995年兵庫県南部地震では淡路島北西部の野島地震断層に沿って地表地震断層が出現した。この地域においては断層の直上で断層変位による破断はあっても、少し離れるとほとんど被害が出なかったり、断層が家屋の敷地を横切ったにもかかわらず、家屋の地震動による被害が軽微だったという例が見られた。本研究では、まず、野島地震断層極近傍における地震被害について文献調査を行った。次に、野島地震断層および1891年濃尾地震で出現した根尾谷断層極近傍で常時微動観測を行った。さらに、モデル化した常時微動観測地点において地盤振動解析をし、常時微動観測データとの比較・検討を行った。また、地震被害とその地質データを調べることによって被害要因の検討を行い、双方の結果から、断層極近傍における地盤振動特性の推定を試みた。

Key Words : surface faulting, proximity of seismic fault, earthquake damage, microtremor observation

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震では淡路島北西部の野島断層に沿って地表地震断層が出現した。この地域においては断層の直上では断層変位による破断はあっても、それ以外にはほとんど被害が出なかったり、断層が家屋の敷地を横切ったにもかかわらず、家屋の地震動による被害は軽微だったという例がみられた。このような事例は1999年台湾集集地震でも確認されている。断層極近傍で地震動による被害が軽微だったのはなぜか。例えば、

- ①運動中の断層面は地震波を伝播しない?
- ②地表地震断層はエネルギーを発する主な場所ではない?
- ③断層極近傍では地震波が打ち消しあって小さくなる?
- ④局所的に揺れにくい地盤構造である?

などが考えられるが、本研究では、④を重点的に研究することを目的としている。これは①～③までの

特性を解明するための資料ともなり得る。

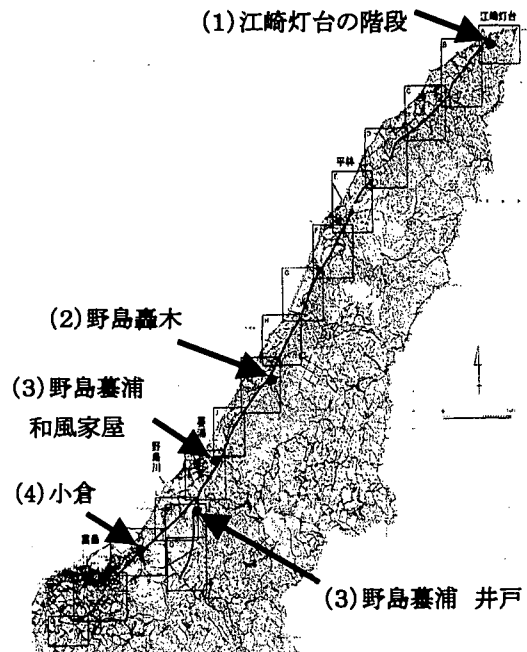


図1 断層極近傍で被害が軽微だった場所

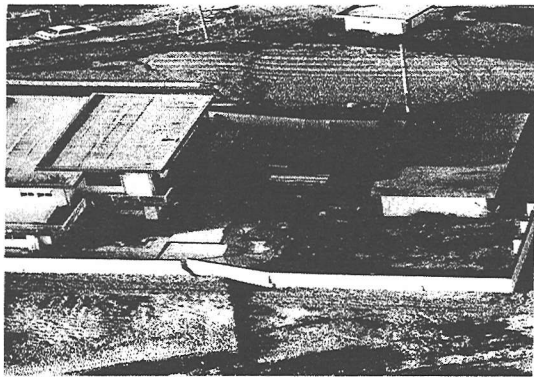


写真1 民家の敷地を走る野島地震断層

2. 地震動の強さを示唆する被害状況

図1は、野島断層極近傍で地震動の強さの推定に使えそうな例がみられた場所を示す。本研究では、断層極近傍とは断層から数10mと考える。

(1) 江崎灯台では、灯台への上り階段の踊り場に地震断層が現れたが、長大で重量感のある側壁は破損しなかった。

(2) 野島轟木では、鉄筋コンクリート製の減圧槽のもたれ擁壁の最上部を地震断層が横断した。最上部は開口したが、水槽全体および最下部の擁壁に異常は全く認められなかった。

(3) 野島墓浦では、地震断層から数mしか離れていなかった所に和風家屋があったが、倒壊は免れた。また、二つに分岐した地震断層が数10mの至近距離で並走する場所で、地震断層の一つが家屋と掘り井戸を直撃した。家屋は倒壊したが、井戸の周りでは上下変位も横ずれも求められておらず、井戸自体も小変形に留まっている。

(4) 小倉では、家屋の敷地内を地震断層が横切った。写真1に示すように、断層変位により塀は変形しているが、倒壊しておらず、家屋自体も被害は軽微であることが確認できる。

一般に、地震動は断層に近ければ近いほど大きいといわれている。しかし、被害状況を調べてみると、必ずしも大きいとはいえない例がでてきた。

3. 断層極近傍における常時微動測定

本研究では、断層極近傍の微動特性から地盤特性を推定するために、常時微動観測を行った。観測点は、1995年兵庫県南部地震で出現した野島地震断層の野島平林・小倉の2地点、1891年濃尾地震で出現した根尾谷断層の水鳥である。

野島平林¹⁾は、地面に1.2mもの段差が現れ、断層を横切るあぜ道は1.9mも右方向へずれた地点であ

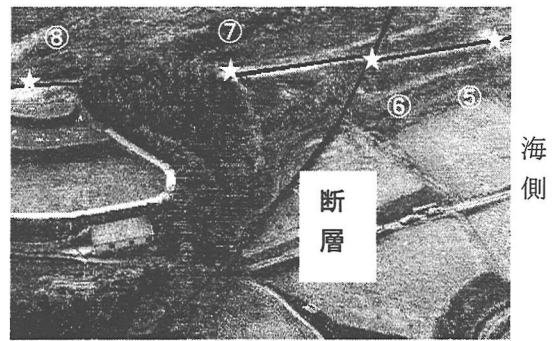


写真2 野島平林での測定地点

る。この段差と横ずれは、野島地震断層の中でも最大であった。測定はあぜ道に沿って断層を挟む11点で行った。

小倉は、野島断層保存館がある地区で、地面の段差は約50cmにおよび、最大1.5mも右横ずれをおこした地点である。測定は保存館横の道路で断層を挟む17点で行った。

水鳥は、約6mもの断層崖が出現し、現在は特別天然記念物に指定されている地区で、断層を挟む21点で行った。

4. 測定結果

図2に野島平林、図3に小倉、図4に水鳥での時刻歴速度波形を示す。地盤の全体的な特徴を把握するために、上下動成分のみを示した。

図2の野島平林では、断層より海側ではよく揺れ、山側では揺れが小さいことが確認できる。当地区の地質²⁾は断層から山側は基盤の花崗岩、海側は大阪層群の粘土・砂・砂礫となっている。

図3の小倉では、野島平林のように、断層を挟んだ海側・山側において明確な差はでていないことがわかる。当地区はもともと丘陵性の低山地であったが、造成によって平坦化され、地形改変がなされている。低山地部には広く大阪層群が分布し、山地部に花崗岩類が分布する。常時微動観測を行った地点は、断層の両側とも堆積層であった。

図4の水鳥では、上盤側より下盤側の方が揺れている地点が多いことがわかる。当地区は、表層の沖積層は約10m以内と薄く、上盤側では表層のすぐ下に基盤岩などがある。それに対して、下盤側では表層の下に礫層が数10m存在している。

一般に、常時微動は浅い表層地盤の特性を反映しているといわれている。各地点で測定した時刻歴速度波形は、そのような地盤特性を示すものだと考えられる。図2~4を見る限り、断層の変位様式や地表に現れた年代が異なっても、微動特性に大きな影響

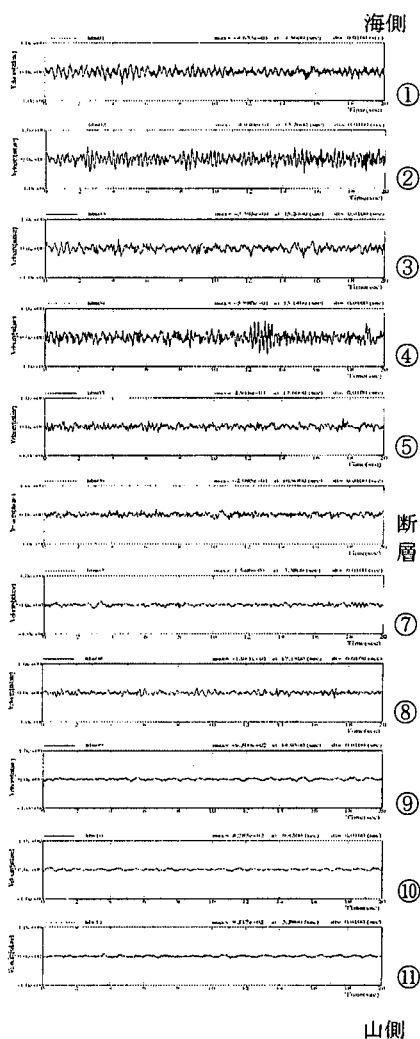


図2 野島平林での時刻歴速度波形

はみられない。

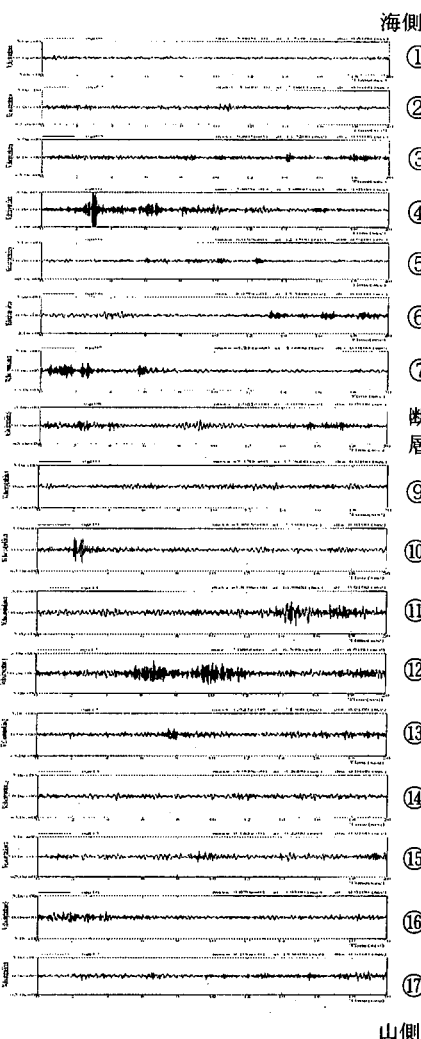


図3 小倉での時刻歴速度波形

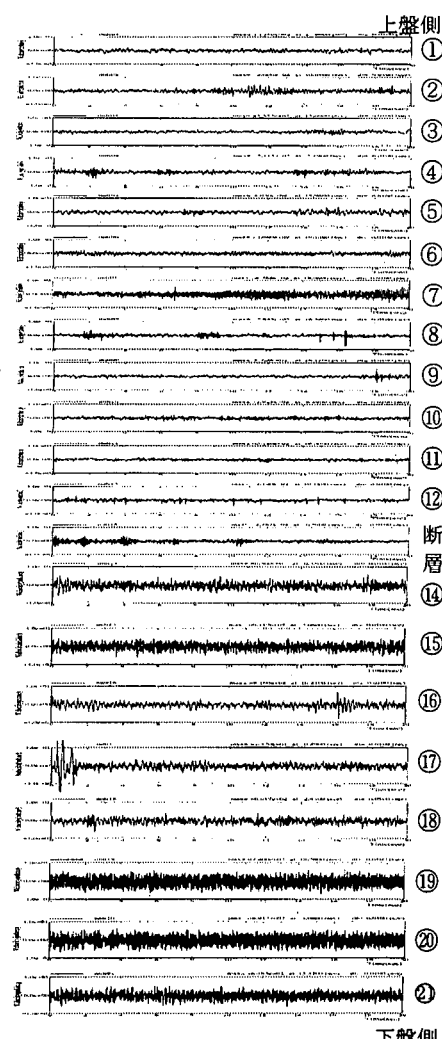


図4 水鳥での時刻歴速度波形

5. 周期・増幅率と被害状況の関係

次に、野島平林・小倉・水鳥をモデル化し、時間領域の有限要素法と境界要素法の結合解法を用いて、地盤振動解析を行った。図5に示したモデル内は有限要素法で、外側の地盤は境界要素法である。入射波にはRicker waveletを用いた。Ricker waveletは、パルス的な波形で継続時間が短いことから、波動の伝播特性、地盤の振動特性を調べるのに都合が良い。

表層地盤の増幅特性は、地表における常時微動の水平動スペクトルと上下動スペクトルのスペクトル比で近似できるとされている。このことから、野島平林・小倉・水鳥において、常時微動のフーリエスペクトル比と、数値解析から求めた増幅率を比較し

た。縦軸に周期又は増幅率、横軸に場所をとって、それぞれ断層直交方向・断層走向方向をプロットした。さらに、木造家屋が倒壊した場所には×をプロットした。図示した範囲内では、小倉にしか鉄筋コンクリート家屋がなく、ここでは倒壊という被害はなかった。従って、被害状況としては、木造家屋の倒壊のみを表わした。また、野島平林・小倉においては、断層から山側に家屋はない。

まず、周期と場所の関係をみてみると、被害があった場所では、野島平林・小倉は断層から約50m以内、水鳥では全般的に周期がおよそ0.3秒程度になっている。

次に野島平林での常時微動の増幅率をみると、全体的に3以下と小さいことがわかる。小倉では、常時微動の増幅率は断層に近い⑩・⑪・⑫の地点では3以下と小さく、それ以外では大きいという結果が得

られた。また、水鳥では、断層から上下に10m以内では小さく、それ以上だと大きくなった。

・野島平林では測定点全般で揺れが弱い、特に山側が低い。

・小倉では断層極近傍で揺れが弱い。

・水鳥では断層極近傍で揺れが弱い。

6. まとめ

本研究の結論は以下の通りである。

1) 断層極近傍では必ずしも地震動が大きいかとはいえない被害事例がある。例えば、家屋の敷地内を地震断層が横切った小倉など。

4) 被害があった場所では、周期がおよそ0.3秒か、それ以下であった。数値解析でもこの程度の周期が得られたが、増幅率には大差がみられた。

2) 3カ所の地表地震断層で常時微動観測を行った結果、断層の変位様式や地表に現れた年代が異なっても、微動特性に大きな影響はみられないことがわかった。

参考文献

1) 野島断層活用委員会・北淡町：野島断層

2) 応用地質株式会社：活断層調査への物理探査法の適用性研究(1)―野島断層における現場実験―

3) 各地点ごとの微動特性は以下の通りである。

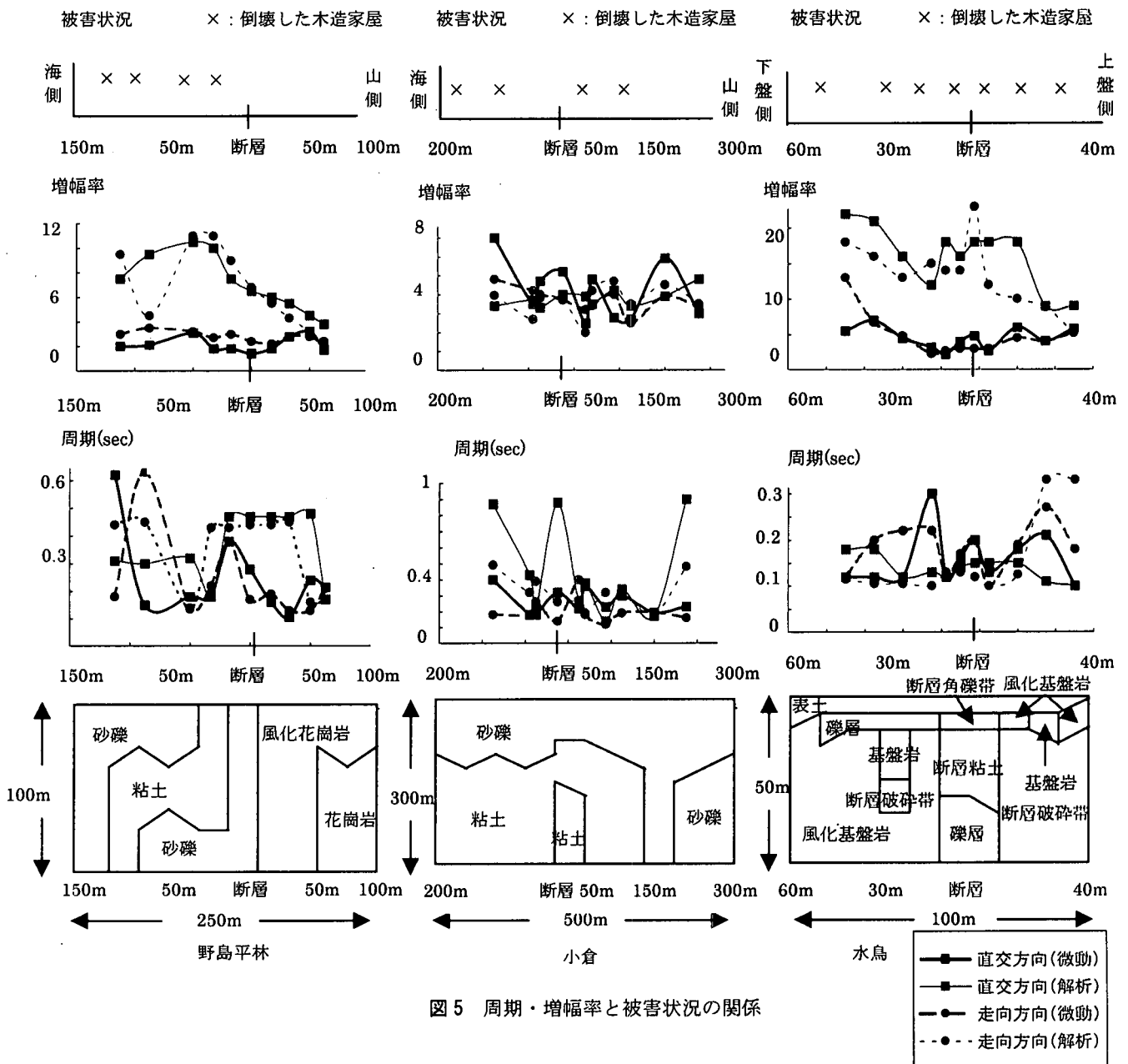


図5 周期・増幅率と被害状況の関係