

I-B 245

兵庫県南部地震時の明石海峡大橋の振動の推定

電源開発（株）

正会員 笠原 寛

東京大学地震研究所

正会員 東原 紘道

1. はじめに

平成7年1月17日兵庫県南部地震（M7.2）により、死者6000人を越える大惨事になり、土木構造物にも甚大な被害をもたらした。図-1に本震震源と余震分布を示す¹⁾。兵庫県南部地震の特徴として地震初期数秒にゆっくりとした大きな波が観測されたことが挙げられ、この波により構造物は壊滅的な被害をもたらされた。強震記録などを用いた断層の破壊過程のインバージョン解析による結果によると、ほとんどの地震学者がそのゆっくりとした波、すなわち壊滅的な被害をもたらした波の源泉は震源近傍の明石海峡直下であるという結果を導いている²⁾。

兵庫県南部地震では、強震記録や地殻変動など多くの貴重な観測記録が得られ、それらより震源直上にあたる明石海峡について様々な議論がされている。京都大学防災研究所の梅田らは、余震分布の空白域であることから明石海峡付近をブライトスポットと称して、その付近において地震初期に0.5~1.5(Hz)の強烈な波が発生した可能性があることを指摘しており²⁾、工学的にも震源直上での地動を定量的に評価する必要がある。明石海峡付近では、地動は直接観測されていないが、震源直上に位置する明石海峡大橋主塔（神戸側2P及び淡路側3P）の塔頂及び塔腹部に設置していた強震計が兵庫県南部地震本震を記録することができた。1例として2P塔頂で観測された橋軸直角方向の速度波形（本州四国連絡橋公団提供）を図-2に示す³⁾。

本研究では、得られた橋軸直角方向の強震記録から震源直上の地動を推定することを目的とする。具体的には最大地動速度及び速度応答スペクトルを用いて震源直上の地動を定量的に評価する。また、2Pと3Pの初動の相対方向から、明石海峡に多数存在する断層の中から最初に動き巨大なエネルギーを放出した断層を推測する。

2. 主塔塔頂での観測記録

3P塔頂で観測された橋軸直角方向の最大速度は約150(cm/sec)である。微分して得られる最大加速度は約1100(cm/sec²)、速度を積分して得られる最大変位は約40(cm)である。本震部分を含む25.6秒の速度記録をFFTしたものを図-3に示す。データ数256、サンプリング振動数10(Hz)であり、振動数間隔は約0.04(Hz)である。0.4(Hz)付近に大きなピークがあることがわかる。さらに後続の自由振動

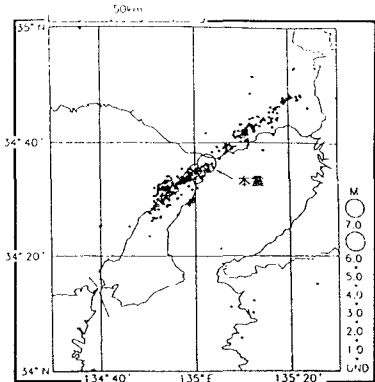


図-1 本震震源と余震分布

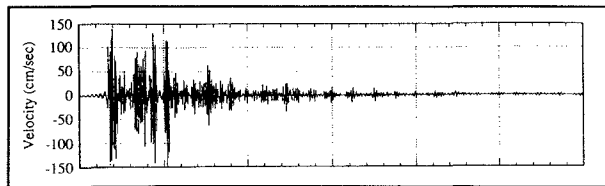


図-2 2P塔頂で観測された橋軸直角方向の速度波形

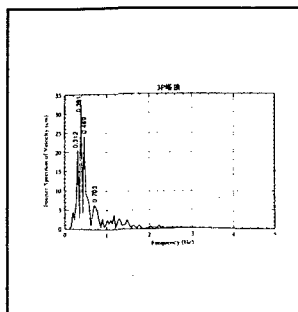
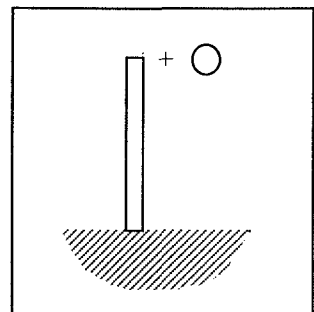
図-3 3P橋軸直角方向
本震時のスペクトル

図-4 解析モデル

部分をFFT解析した結果、固有振動数は0.430(Hz)であり、他にピークはないことから、このモードが支配的であると考えられる。地震時においては橋桁は架かっておらず、ケーブルについてはその質量のみ（7410ton：ケーブル長500m）を考慮することにより、橋軸直角方向については、図－4に示す単純なモデルで解析が出来る。

4. 震源直上の地動の推定

振動数領域の観測値を解析で求めたフーリエスペクトルで除することにより、地動のフーリエスペクトルが得られ、それを逆FFTすることにより、時間領域の地動速度が得られる。2P及び3Pについて得られる地動速度を図－5に示す。最大速度は2Pで約40(cm/sec)、3Pで約30(cm/sec)である。微分して得られる最大加速度は2Pで200(cm/sec²)、3Pで150(cm/sec²)、最大変位は2Pで10cm、3Pで15cmとなる。地動の初動は2P、3Pともに図の正の方向すなわち大阪側に振れている。

得られた地動をもとに、速度応答スペクトルを求め、神戸海洋気象台及び神戸大学のそれぞれのN-S成分と比較した。それを図－6に示す。全ての記録の0.7(Hz)付近にピークがあり、明石海峡直下で放出されたエネルギーの影響であると考えられる。最大値による比較では神戸海洋気象台の約60%、神戸大学の約80%程度の値となる。

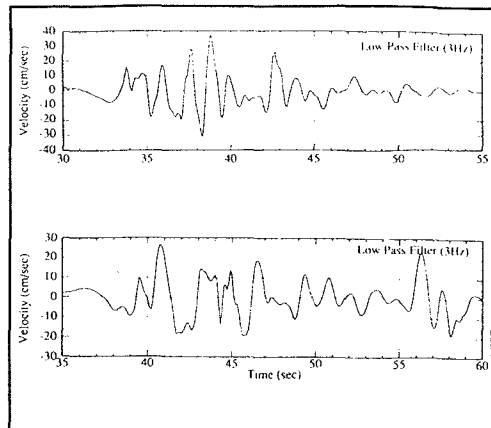
また、地震後に本四公団が行った測量によると、橋軸直角方向に関しては2Pと3Pの基礎は逆側に残留変位が生じており、2Pと3Pの間に存在する断層が動いたと考えられる。しかし、2Pと3Pの初動がともに大阪側であることから、最初に動き巨大なエネルギーを放出した断層は、須磨断層から延びる海底断層であると推測される。

5. まとめ

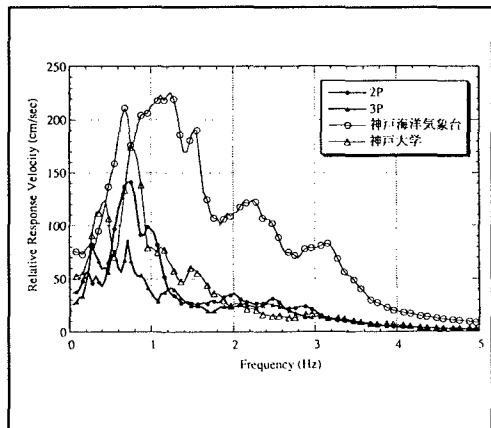
明石海峡大橋主塔塔頂で観測された兵庫県南部地震本震時の速度記録から、震源直上にあたる明石海峡の地動を求めた。その結果上記のような知見が得られた。定量的評価から震源直上にあたる明石海峡に大きな地震力が働いていないとする結果は、実際の周辺での被害状況と整合し、今後の内陸型活断層での地震を考慮する上で重要な情報となる。一般に横ずれ型の断層では、断層面に平行となる成分よりも、垂直となる方向により大きな地動が発生する。その意味では今回の場合は橋軸直角方向により大きな地動が発生したと考えられ、それについての解析を行った。今後、橋軸方向についても解析を進めていく。

参考文献

- 1) 気象庁地震火山部：1995年1月地震火山概況，平成7年
- 2) Y. Umeda, T. Yamashita：The bright spot and the growth process of the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake(submitted)
- 3) 本州四国連絡橋公団：兵庫県南部地震の明石海峡大橋への影響調査報告書，平成7年8月



図－5 推定した橋軸直角方向の地動



図－6 速度応答スペクトルによる比較