

## 1999年台湾集集地震で被災した橋梁構造物の建設地点と 近傍の地震観測地点における地震動特性の検討

飛島建設	正会員	池田隆明	正会員	沼田淳紀
九州工業大学	正会員	幸左賢二	正会員	山口栄輝
筑波大学	正会員	庄司 学		
大日本コンサルタント	正会員	田崎賢治		

### 1. はじめに

1999年台湾集集地震では震源近傍地点を含む約400地点において地震動記録が得られており<sup>1)</sup>、これを用いて被災構造物の検証解析が行われ、被災メカニズムの検討が行われている<sup>2)</sup>。検証解析では構造物に比較的近い地震観測点における地震動が用いられていることが多いが、地震動は比較的狭い範囲においても地形や浅・深部の地盤構造により異なる場合がある<sup>3)</sup>。本検討では、微動のH/Vスペクトル(H/V)<sup>4)</sup>が地震動のH/Vと相関が高いこと<sup>5)</sup>に着目し、被災した橋梁構造物の建設地点とその近傍の地震観測点でのH/Vを比較することにより地震動特性の検討を行った。

### 2. 検討対象地点

被災した橋梁構造物のうち、設計図書などの情報が比較的揃っており検証解析が可能と考えられる5橋(鳥溪大橋, 猫羅溪橋, 集鹿大橋, 石圍橋, 長庚大橋)と、その周辺の5点の地震観測点(TCU068:石岡國小, TCU071:隻冬國小, TCU075:草屯國小, TCU078:水里國小, TCU129:新街國小)を検討対象とした。図1にこれらの地点の位置関係を示す。

### 3. 微動測定とH/Vスペクトルの算出

固有周期1秒のサーボ型速度計により実施した( $dt=0.01s, N=32768$ )。計測は日中に行ったため、交通振動のような人工震源の影響を受けやすい。そこで、計測記録の中からノイズが少ない比較的定常な連続した時間帯から20.48秒の記録をそれぞれ10.24秒づつ重複するように複数抽出し、それぞれの時刻歴波形に対してH/Vを求め0.5HzのParzenウィンドウで平滑化した後、それらの平均をH/Vとした。

### 4. 地震観測点のH/Vスペクトル

図2(a)~(e)に各地震観測地点における微動のH/Vを示す。TCU068のH/Vには明瞭なピークは見られず、この形状は既往の測定結果<sup>6),7)</sup>と整合する。地震計の設置状況は地震直後の状況<sup>8)</sup>と異なるため少し東側に移設されたと考えられるが、大きく移動していないことやH/Vの形状がほぼ等しいことから、地盤震動特性は変化していないと考えられる。TCU071は校庭の北西隅に設置されている。ここでのH/Vは校庭中央のH/Vと形状がやや異なることから、特に1秒以下の短周期領域において局所的な地形の影響が無視できないと考えられる。TCU075とTCU078はTCU068と同様に地震計が移設されたと考えられる、敷地全体がほぼフラットであることなどから、地震動特性は大きく変化していないと推定される。TCU075のH/Vには明瞭なピークは見られず既往の測定結果<sup>6),7)</sup>と整合する。TCU078のH/Vには0.16~0.28秒にピークが見られ、このピーク周期を $T_G$ <sup>9)</sup>とすると、種もしくは種地盤と推定される。TCU129のH/Vには明瞭なピークは見られず既往の測定結果<sup>6),7)</sup>と整合する。TCU129はTCU071と同様に盛土された場所に設置されているが、0.1秒以上の周期帯ではこの局所的な地形の影響はないとされている<sup>10)</sup>。

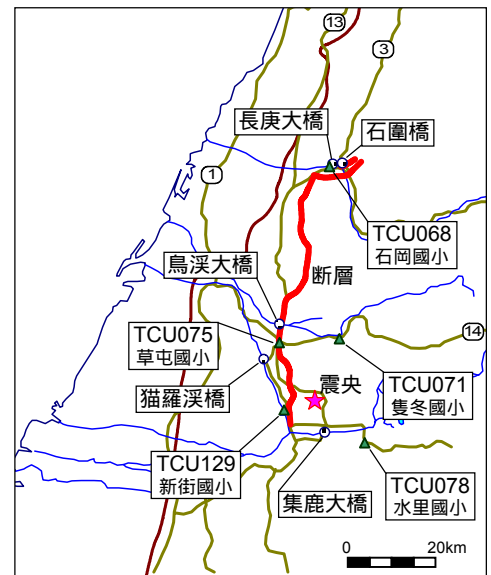


図1 検討対象とする橋梁構造物と地震観測地点の位置

キーワード：微動，台湾集集地震，H/Vスペクトル，地震動特性

連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 Phone 04-7198-7553 e-mail takaaki\_ikeda@tobishima.co.jp

5. 橋梁構造物の近傍地盤のH/Vスペクトル

図3(a)～(e)に被災した橋梁構造物の近傍地盤における微動のH/Vを示す。鳥溪大橋では地表地震断層が見られた右岸側の河川敷で微動測定を実施した。約0.15～0.5秒の周期範囲に山が見られ、ピーク周期から地盤種別を推定すると 種とされる。猫羅溪橋では被害が見られた右岸(高架下道路脇)と左岸(高架下)で微動測定を実施した。双方とも1秒以上の長周期領域はほぼフラットと同じ形状を示すが、0.3～0.7秒の周期領域では差異が見られ、地震動特性に違いがあることがわかる。ピーク周期から地盤種別を推定すると両岸とも 種と推定される。集鹿大橋では斜張橋の主塔の近傍で微動測定を実施した。H/Vには0.3秒付近に卓越が見られ、これから地盤種別を推定すると 種となる。石圍橋では大きな被害が見られた左岸側の河川敷で微動測定を実施した。H/Vには明瞭なピークが見られないため、比較的硬質な地盤と考えられる。しかし、この地点で噴砂が確認されたという報告<sup>11)</sup>もあり、詳細な検討が必要な地点である。長庚大橋は新しい橋梁を建設中であり、工事用道路において微動測定を実施した。測定場所は旧P2橋脚付近に相当する。明瞭ではないが0.3秒付近にピークが見られる。橋梁基礎となるケーソンの高さが16.8mであり(工事関係者からの聞き取り調査)、これを表層厚と仮定し1/4波長則からVsを推定すると220m/s程度となる。地盤種別は 種と推定される。

5. H/Vスペクトルの比較

TCU075は鳥溪大橋と猫羅溪橋に最も近い地震観測点であるが、鳥溪大橋に対しては0.4～1.0秒の周期領域で、猫羅溪橋に対しては左岸・右岸ともに1秒以下の短周期領域でH/Vに差異が見られ地震動特性には差異があると考えられる。また、より狭い範囲にある石圍橋、長庚大橋、TCU068のH/Vにも差異が見られる。長庚大橋のH/Vは0.3～0.5秒の周期範囲においてTCU068のH/Vを上回っており、地盤の非線形性の影響は別途考慮する必要があるものの、長庚大橋で生じた地震動はTCU068の地震動に比べこの周期領域の成分が卓越していた可能性がある。一方、集鹿大橋のH/Vは最も近いTCU078のH/Vと相関が高く、ほぼ同様な地震動特性を有すると考えられる。

謝辞：微動測定では九州工業大学の手嶋康博氏(現オリエンタル建設)、筑波大学の笛木孝哲氏の協力をいただきました。

参考文献：1)Shin,T.C. et al.;A preliminary report on the 1999 Chi-Chi(Taiwan) earthquake,Seism.Res.Lett. 71,24-30,2000., 2)例えば、幸左他:台湾・集集地震における強震動による橋梁被害分析,橋梁と基礎,28-35,2002., 3)三輪他:2000年鳥取県西部地震における境港市の地盤の地震時挙動,土木学会構造工学論文集,48A,2002., 4)中村他:地表面震動の上下成分と水平成分を利用した表層地盤特性推定の試み,第7回日本地震工学シンポジウム講演集,265-270,1986., 5)趙他:微動から推定された地盤特性のうち何が利用できるか,日本建築学会構造系論文集,509,67-75,1998., 6)藤本他:1999年台湾袖手地震の震源近傍での地震動特性,日本建築学会大会学術講演梗概集,21087,2000., 7)末富他:微動観測による台湾中部の地震観測点における地盤増幅特性の推定,土木学会第56回年次学術講演会講演概要集, -A085,2001., 8)工学院大学久田研究室:台湾の地震被害調査,http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/taiwan/index.html, 9)(社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説 耐震設計編,2002., 10)翠川他:1999年台湾集集地震被害調査報告-主として強震記録と強震観測点の地盤条件について-,東京工業大学,地震工学研究レポート, No.72, 31-38, 1999., 11)九州大学建設振動工学研究室:921集集地震(台湾)被害調査報告書,2000.

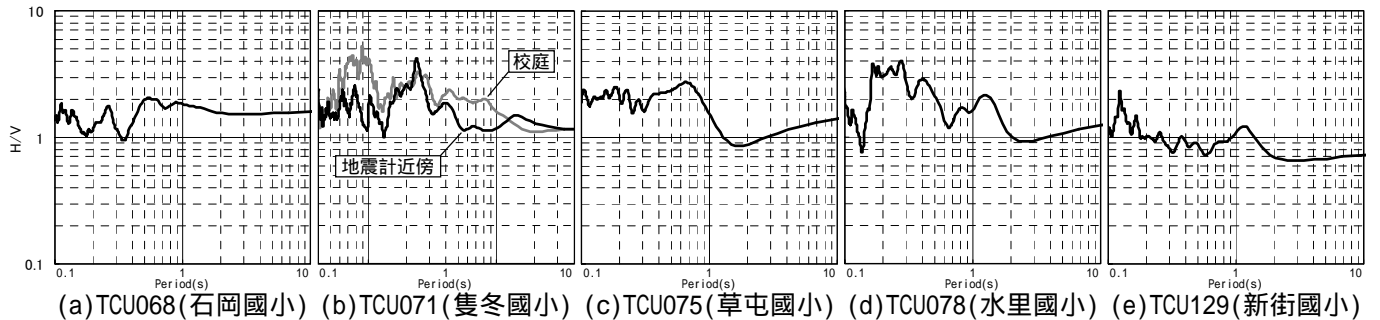


図2 地震観測点における微動のH/Vスペクトル

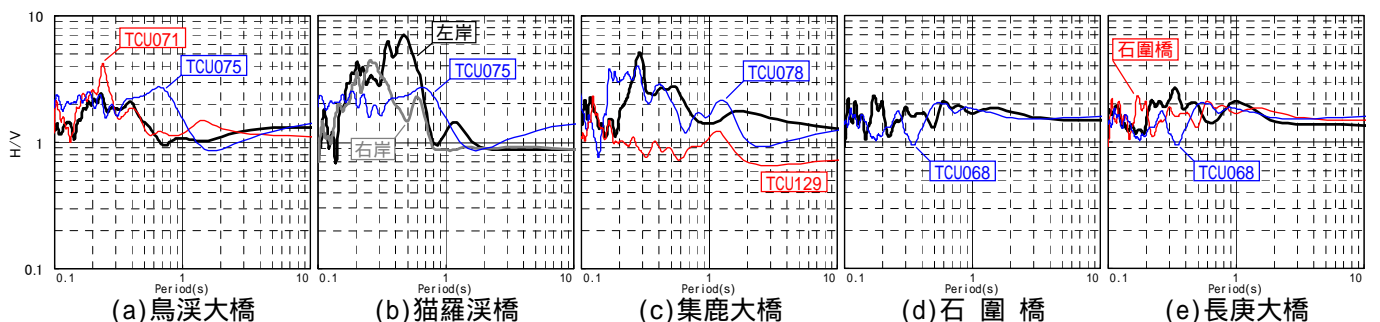


図3 被災した橋梁構造物の近傍地点における微動のH/Vスペクトル