

# 2016年熊本地震で被害を受けた道路橋梁架設地点の地震動推定

環境防災研究室 修士2年 対島 宏洋  
指導教官 池田 隆明, 大塚 悟, 宮木 康幸

## 1. はじめに

2016年熊本地震により、熊本県道28号線の道路橋梁には大きな被害が発生した。この地震の余震分布から、前震は日奈久断層、本震は布田川断層が起震断層と考えられている。想定されていた断層に沿って地表断層が確認され、震源近傍では強い地震動に加え、断層変位により多くの道路橋梁に被害が発生しました。特に震源近傍である西原村では、県道28号線は本震の起震断層である布田川断層に沿って位置しているため複数の道路橋梁に被害を受けた。道路橋梁への被害原因の検討を目的として、強震動評価手法を用いたフォワードモデリングや常時微動観測により得られたH/Vスペクトルを用いた補正を行い大切畑大橋架設地点の地震動を推定する。

## 2. 現地調査

県道28号線は、一部布田川断層に沿って位置しており、3つの橋梁が大きな被害を受けた。俵山大橋と桑鶴大橋の周辺には地表断層が確認されているが、大切畑大橋周辺では地表断層が確認されていない。この結果より、大切畑大橋は地震動の影響により被害が発生したと考えられる(図1)。

## 3. 熊本地震の震源のモデル化

本研究では、震源近傍で中小地震記録が得られていることから、強震動評価手法の1つである経験的グリーン関数法を用いて震源のモデル化を行う。大地震の断層面上で小さな地震が発生し、その観測記録が大地震と同じ観測点で得られたと仮定した場合、小地震の地震波と同じであると考えられる。また観測点に至る伝播経路特性も同じであり、観測点近傍の地盤構造による影響も同じであると仮定できる。つまり、小地震と大地震の差は断層面の広がりや断層上の破壊進行の影響だけと考えられる(図2)。断層面は布田川断層の1枚とし、産総研の活断層データベースを参考に、断層基準点を131.0537°E, 32.9174°N, 走向235°とした。強震動生成域(以下、SMGA)は野津の最終すべり量(図3)を参考にし、震源の東北側と震源付近の2ヶ所にSMGAを配置した。経験的グリーン関数法に用いる要素地震は、震源の近傍でMの大きさがM3.8~M4.8, 震源の深さ、震源メカニズムが本震と近いものを要素地震として選定した(図4)。以上より、経験的グリーン関数法を用いたフォワードモデリングにより観測波形と合成波形との残差が最も小さくなるように計算を行う。図5に益城での波形合成結果を示す。0.1~0.2秒の短周期領域では波形合成が観測波形を大きく上回っているが、1秒付近では観測波形が合成波形を上回っている。これは大地震による非線形性が考慮していないため、周期が波形合成より遅いところで値が大きくなっている。非線形性の影響により、波形合成の加速度では最大値が過大に評価されているが、速度や変位では最大値、振幅形状ともに再現できていると考えられる。また、大切畑大橋の固有周

期である 1.6 秒周辺では観測波形と合成波形がほぼ一致していることから、この震源モデルを用いることで KiK-net 益城周辺の地震動を再現することができ、大切畑大橋への影響が大きい周期帯では観測波形と合成波形はほぼ一致しているため、大切畑大橋架設地点の余震記録を推定し、震源モデルの要素地震として計算することで大切畑大橋架設地点の本震時の地震動推定を行うことができる。



図 1 県道 28 号線の橋梁と地表断層

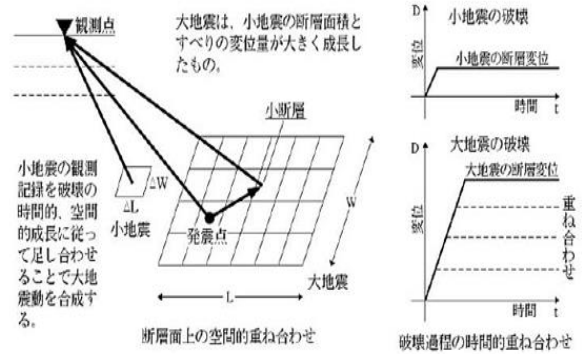


図 2 経験的グリーン関数法概念

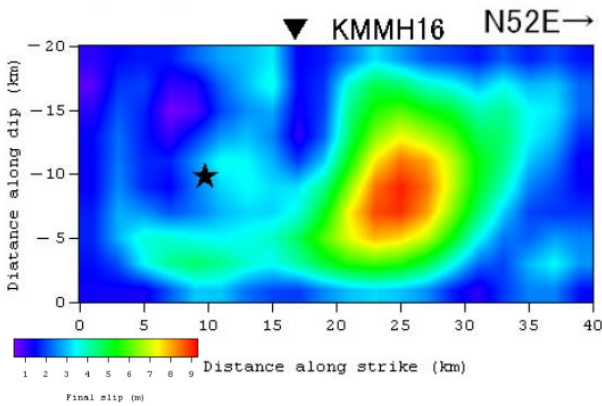


図 3 野津の最終すべり量

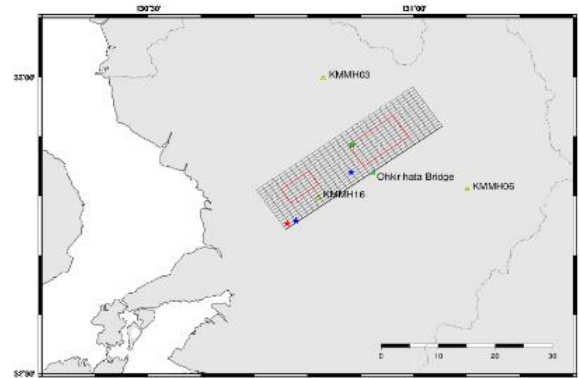


図 4 余震記録と SMGA の設定

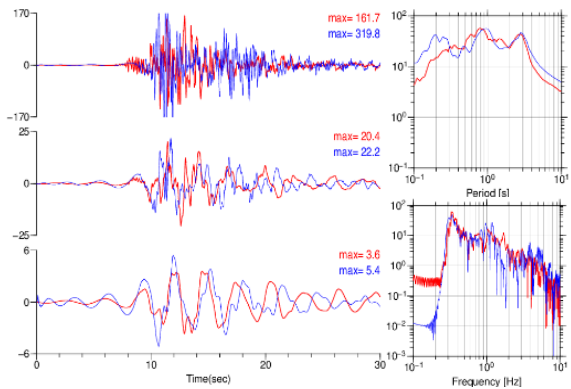
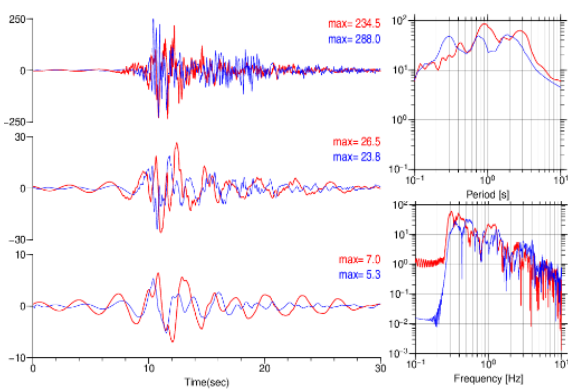


図 5 益城の NS 方向(左)と EW 方向(右)の波形

#### 4. 地震動の補正

経験的グリーン関数法を利用して波形合成するためには、その地点での地震記録が必要である。しかし、大切畑大橋には地震動観測記録が無いので、近傍の地震観測点の地震記録を補正して大切畑大橋架設地点での地震記録を作成する。今回、地震観測地点である益城と対象地点である大切畑大橋との距離が近いことから、常時微動の H/V スペクトル比と地震動の H/V スペクトル比が近似した振幅形状を示すことを利用して 2 点間の常時微動の H/V スペクトル比の比が 2 点間の地震動水平成分フーリエスペクトル振幅比に近似できる。この性質を利用して、2 点間の H/V 比を補正関数として益城で観測された余震記録をフーリエスペクトルに変換し乗じたものを図 6～9 に示す。

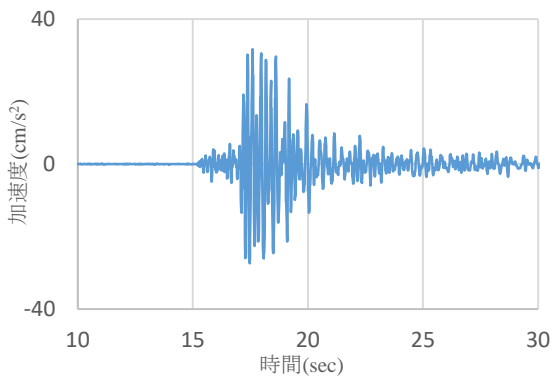


図 6 KiK-net 益城の地震記録

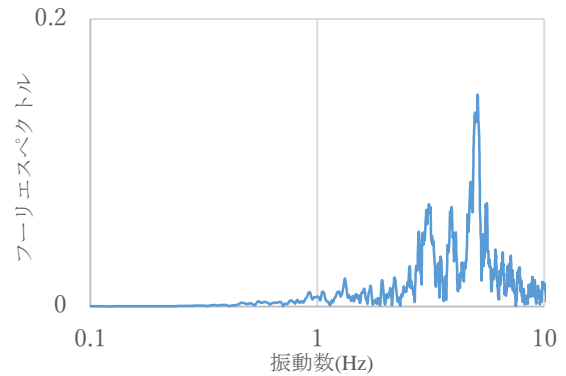


図 7 KiK-net 益城のフーリエスペクトル

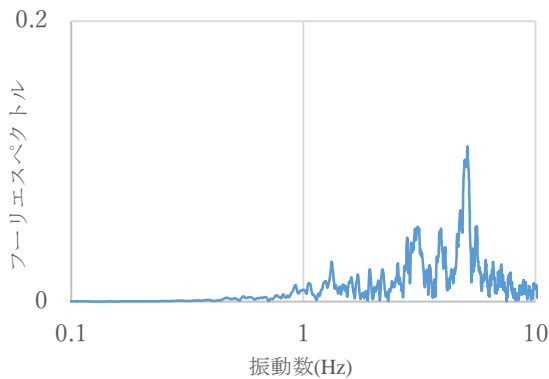


図 8 補正後の KiK-net 益城のフーリエスペクトル

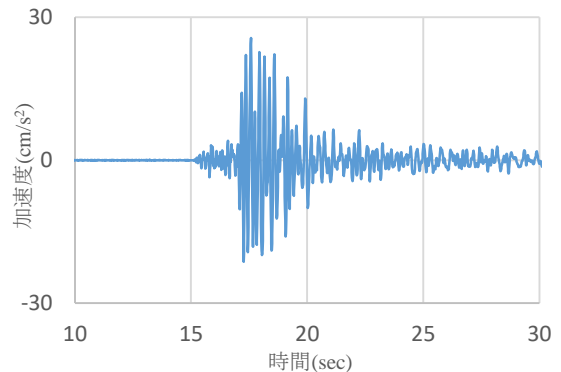


図 9 大切畑大橋架設地点の余震記録

#### 5. 大切畑大橋の地震動推定

4 の地震動の補正で作成した大切畑大橋の地震記録を 3 で求めた震源モデルの要素地震とすることで、同じ震源モデルから大切畑大橋の本震時の地震記録を推定できる。図 10 に本震時の地震記録を示す。NS 方向の最大値は約 1,500 ガル、EW 方向の最大値は約 2,500 ガルと益城で観測されたものより大きくなっている。これは、非線形性を考慮せずに短周期領域では過大に評価する震源モデルを使用したことで、過大に評価していると考えられる。強震動予測では、大地震と小地震の相似則に基づき小地震の線形の重ね合わせで地震動が合成されるため、短周期領域で合成波

形が過大評価になる場合がある。非線形性を考慮した応答スペクトルが評価できる方法で補正を行い、地震動にも同様の補正を行った。

大切畑大橋は平成 8 年度道路橋示方書に基づいて設計されているので、平成 8 年度道路橋示方書に記載されている式を用いて設計スペクトルを求めた。この結果、大切畑大橋の固有周期である 1.6 秒周辺では応答スペクトルが設計スペクトルを超えていない。しかし、0.4~0.6 秒では設計スペクトルを超えた応答スペクトルが得られた(図 11)。

## 6. 結論

地震観測点で記録された波形から観測点が無い地点での地震動記録を推定し、波形合成により本震時の地震動を推定することができた。応答スペクトルと設計スペクトルの結果より、大切畑大橋の固有周期では設計スペクトルを上回らなかったが、短周期領域では設計スペクトルを超えていたため、地震動による影響があると考えられる。今後の課題として、応答スペクトルの補正を行ったが、NS 方向の短周期領域で応答スペクトルが過大に評価されている。これは、大切畑大橋の余震記録を推定した際、サイト補正しか行わなかったが距離の補正や Q 値の補正を行うことでより精度の高い結果が得られると考えられる。

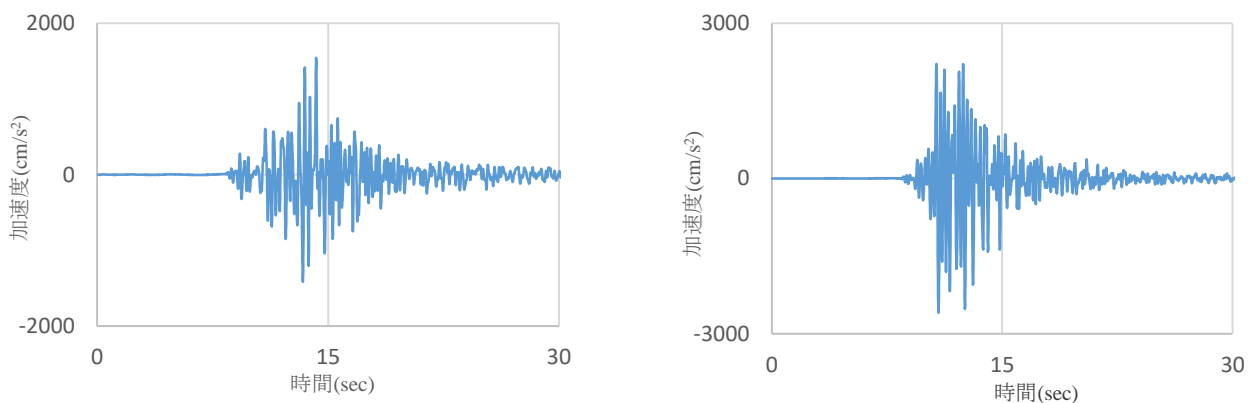


図 10 大切畑大橋架設地点の本震記録(左：NS 方向，右：EW 方向)

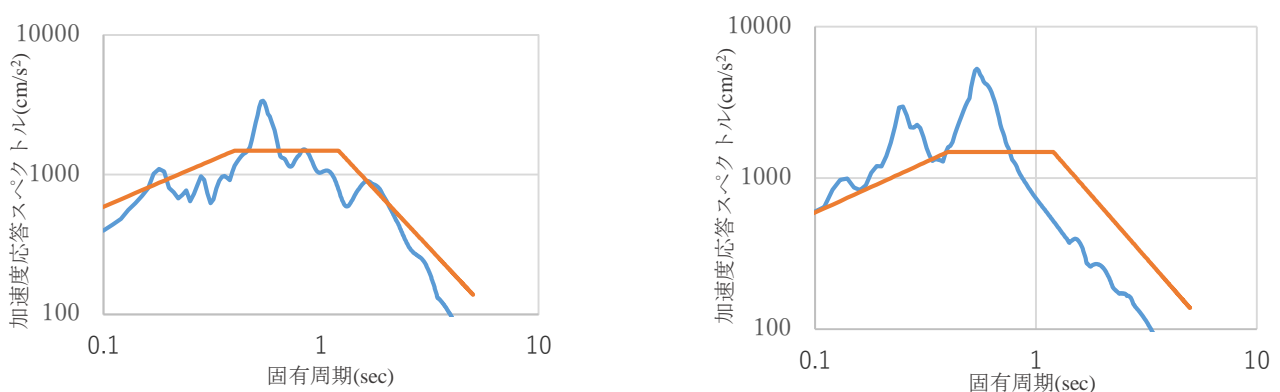


図 11 大切畑大橋の応答スペクトルと設計スペクトル(左：NS 方向，右：EW 方向)