

2007 年能登半島地震で被災を受けた能登島大橋の入力地震動の推定

福井工業大学	正会員	○竹田	周平
九州工業大学	正会員	幸左	賢二
金沢大学大学院	正会員	村田	晶
福井工業大学	正会員	谷脇	一弘

1. はじめに

2007 年 3 月 25 日 09 時 41 分、能登半島沖を震源とするマグニチュード M6.9 の地震が発生した。この能登半島においては、過去に被害をもたらした M6.0 以上地震は数回発生しているものの、M7.0 を超える地震は発生していないとみられ、今回観測された地震が過去最大のものとなった。構造物の被害においては、能登島と本土に架かる海上橋の能登島大橋で損傷が発生したが、早期復旧が可能な限定的な被害であった。本論文では、この能登半島地震に着目し、能登島大橋の被害概要を述べるとともに、この橋梁の被害損傷分析を行うための入力波形の再現を試みた。

2. 能登島大橋の概要と被害

最初に能登島大橋の地質について述べる。橋梁架橋付近の地表面は、沖積層の粘土およびシルトが堆積しているが、海底付近にはほとんど分布していない。その粘土層の下層は、珪藻泥岩層（和倉層）であり、50～60m の深度まで層厚を呈している。珪藻泥岩は、指頭で容易につぶすことができる強度である。能登島大橋（昭和57年架設）は、七尾湾中央部に位置する能登島と本土を結ぶ3径間連続PCラーメン橋と前後の計18径間のPCT単純桁橋からなる全長 $L=1,050\text{m}$ の海上橋である。図-1に橋梁の側面図を示す。下部工は、逆T式橋脚が20基（鋼管杭による多柱式基礎）で端部は逆T式橋台（鋼管杭基礎）と重力式橋台（直接基礎）で構成されている。

被害報告¹⁾より、図-1に示す桁橋の橋脚（P6,7）とラーメン橋と単純橋の掛違い橋脚（P10）、ラーメン橋の中間橋脚（P11）の計4基に比較的顕著な損傷が確認されている。P6・P7では、基部コンクリートの剥落とひび割れ、鉄筋のはらみだし、内3本の破断とフーチングとの境界部直近で帯鉄筋1本の破断が確認された。P10では、中間段落とし部で曲げ、せん断ひびわれがみられ、橋軸直角方向地震動の影響によるものと判断される。調査の結果、損傷が大きいP7・P10も大きな残留変形等もなくモルタル等による断面補修とひび割れ注入により当面の供用に必要な耐荷力は確保できると考えられる。

3. 入力波形の推定

石川県内においては気象庁（以下「JMA」と称す）、独立行政法人防災科学技術研究所、自治体震度計による地震観測が合計62 地点で実施されている。震度分布は、石川県輪島市・七尾市・穴水町で震度6 強、志賀町・能登町・中能登町で震度6 弱を記録したほか、北陸地方を中心に北海道から中国・四国地方にかけて震度5 強～震度1 を記録した。また震度6 強を記録したのは、輪島市門前町走出（計測震度6.4）をはじめとする4 箇所である。なお、自治体震度計による計測震度は地震・火山月報（防災編）²⁾を参照した。最大加速度は、SI-01（門前町走出）において $1,304\text{cm/s}^2$ を記録したのが最大であり、ISK005（穴水）、ISK006（富来）で 900cm/s^2 と越える大きな最大加速度を記録した。最大速度はISK005（穴水）で 103cm/s を記録したのが最大であり、JMA-01（輪島市鳳至町）でも 100cm/s に近い値が記録された。このように、観測記録が得られている場合は、被害推定を行うことが可能となるが、能登島大橋付近では観測記録がないことから、橋梁への入力地震動の推定が重要となる。続いて入力地震動の推定を行う。入力地震動の推定では、Kik-netで観測された能登町柳田の地中観測データ（NS方向）を用いた。この観測記録を工学基盤面での距離減衰を考慮して福島・田中式により最大加速度を調整し、その後FDELと能登島大橋のボーリング調査結果から地表面の地震動を推定した。

キーワード 能登半島地震、長大橋、被害推定、入力波形

連絡先 〒910-8505 福井県福井市学園 3-6-1 福井工業大学 建設工学科土木環境工学専攻 TEL：0776-29-7210

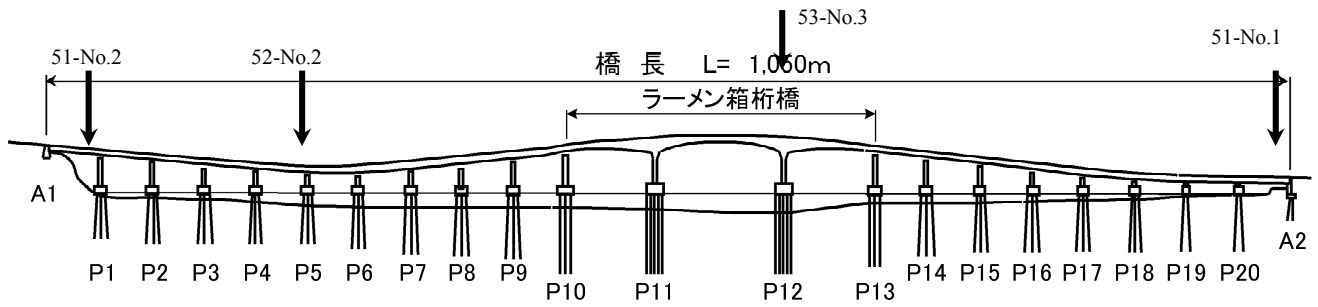
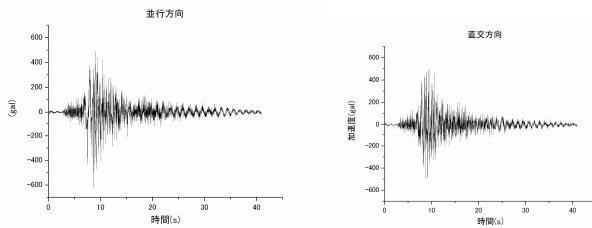


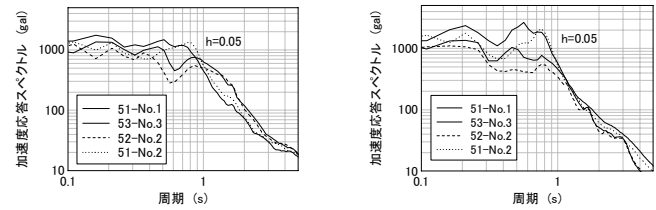
図-1 能登島大橋の側面図



(a) 並行方向

(b) 直交方向

図-2 推定地震波形 (53-No. 3)



(a) 並行方向

(b) 直交方向

図-3 加速度応答スペクトル

最初に柳田で得られた地中部の観測データに基づき震源位置における波形を作成し、その後震源より43km離れた能登島大橋の基盤波形を作成する方法とした。なお、ここに示す並行方向は橋軸方向を、直交方向は橋軸直角方向を示す。また波形の推定について、地震動の方向は橋梁の解析方向を考慮し変換することとした。

次に地表面波形について述べる。作成した能登島大橋位置における基盤波形を基に、FDELを用いて各ボーリング位置における地表面波形を解析した。能登島大橋には全部で11箇所の調査を行っている。ここでは代表的な、51-No.1, 53-No.3, 52-No.2, 51-No.2の全4箇所(図-1の↓位置)の調査結果に着目した。これらの地表面における代表的な時刻歴加速度波形(53-No.3)を図-2に示す。また、この波形を基に、 $h=5\%$ としたときの加速度応答スペクトルを図-3に示す。応答スペクトルより、並行方向の最大応答スペクトルは1740gal、直交方向は2660galと大きな値であることが判る。スペクトルのピークを平均化すると約1000galであることから、能登島大橋は1000gal程度の水平力が作用したものと推測できる。

4. まとめ

本研究では、能登半島地震により被災を受けた能登島大橋に着目し、被害推定を行うために必要となる地表面波形を推定することを目的とし検討を試みた。今後は、この推定地震動を用いて動的解析を実施し、橋梁の損傷メカニズムを検討する予定である。

謝辞: 本研究を行うにあたり、(独)防災科学技術研究所(Kik-net)が観測・収集した強震記録を使用した。また(株)日本海コンサルタントの小川義厚氏より能登地区における地質に関する情報の提供とご指導を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 災害時地震・津波速報 平成19年(2007年)能登半島地震, 災害時自然災害報告書2007年第1号(対象地域:石川県), 気象庁, 2007.
- 2) 気象庁:平成19年3月 地震・火山月報(防災編), p.49, 2007.