

能登半島地震に伴う能登島大橋の動的応答

金沢大学工学部 学生員 左古英三
 金沢大学大学院 正会員 前川幸次
 金沢大学大学院 正会員 深田宰史

1. はじめに

能登島大橋（全長 1,050m）は、石川県七尾市の和倉温泉地区と能登島地区を結ぶ石川県道 47 号七尾能登島公園線上にあり、3 径間有ヒンジ PC ラーメン箱桁橋と PC 単純 T 桁橋からなる 21 径間の橋梁である。能登島大橋の一般図を図-1 に示す。本橋は、1982 年 4 月に架設され 2007 年現在 25 年が経過している。

2007 年 3 月 25 日に能登半島沖を震源（深さ 11km, マグニチュード 6.9(気象庁暫定値))とする能登半島地震が起きた。本橋の南南東 5km の観測点(ISK007)においては、最大 209gal 程度であった。しかしながら、本橋の数箇所の橋脚においては、いくつかの損傷（ひび割れ、主鉄筋のはらみだし等）が確認された。このうち、P10-P13 間の 3 径間有ヒンジ PC ラーメン箱桁橋（P11 および P12 橋脚からそれぞれ張出架設された T 型ラーメン構造が、P11 と P12 間中央においてヒンジ結合された構造）の端部橋脚（特に P10）において、脚柱基部から主鉄筋段落し部までの範囲にひび割れの損傷が生じていた。

そこで本研究では、3 径間有ヒンジ PC ラーメン箱桁橋を対象として、地震応答解析を行うことにより、端部橋脚（特に P10）に損傷が集中した要因を解析的に検討することとした。

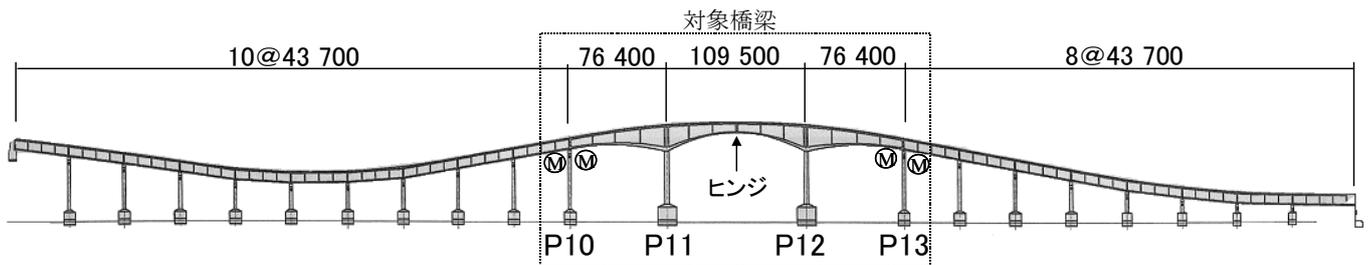


図-1 能登島大橋の一般図

2. 解析概要

P10 から P13 の 3 径間有ヒンジ PC ラーメン箱桁橋を対象として、七尾市(ISK007)で測定された能登半島地震の地震波（3 方向成分同時入力）を用いて地震応答解析を行った。使用した解析ソフトは UCwin-FRAME(3D) を用いた。対象橋梁のモデル化は、図-2 に示すように全体構造による振動モードの影響を考慮できるように 3 径間の全体モデルとした。

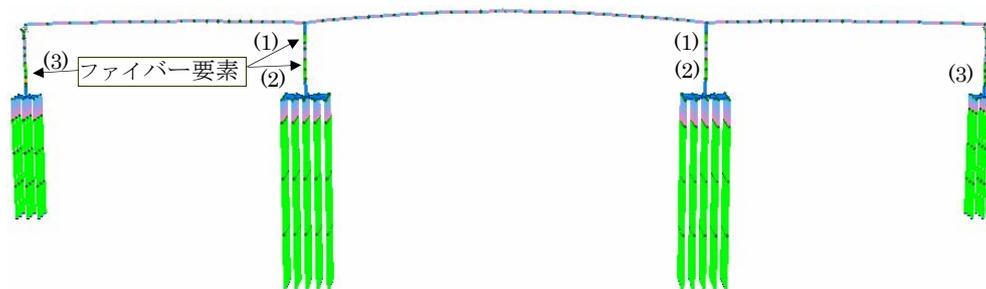


図-2 解析モデル図

全体モデルにおける上部構造は、弾性梁要素、橋脚部材は、脚柱基部から主鉄筋段落し部までに損傷が集中しているため、この範囲をファイバー要素でモデル化し、主鉄筋段落し部から天端までは、弾性梁要素とした。基礎部については、鋼管杭を 1 本ずつ弾性梁要素としてモデル化し、杭部に節点ばねを付加してばね支持している（N 値：15～20）。なお、P10, P13 上で、隣接する上部構造は橋軸方向に可動支持されているので、隣接する上部構造の 1/2 の荷重を鉛直と橋軸直角方向の集中質量として考慮した。また、地震応答解析に入力した

地震波の加速度波形とそのスペクトルを図-3に示す。

3. 解析結果

地震応答解析による結果として、P10 脚柱天端部の橋軸および橋軸直角方向の加速度波形とそのスペクトルを図-4に示す。

図-3 の地震波のスペクトルより入力側の加速度成分では、橋軸方向で0.7Hz, 1.3-1.5Hz, 橋軸直角方向で0.8Hz, 1.0Hz, 2.6Hzに卓越がみられた。また、図-4に示すP10 脚柱天端部のスペクトルからは、橋軸方向で2.0Hz付近、橋軸直角方向では1.0Hz付近に卓越がみられ、それぞれ図-5に示す振動モードが大きく卓越していたと考えられる。いずれも橋軸、橋軸直角方向の振動モードとして刺激係数の大きな振動が影響していたと考えられる。図-5に示す振動モードから、P13に比べP10側のモード振幅が大きくなっている。これは、杭支持条件が影響しているためと考えられ、このモード振幅の影響により、P13に比べてP10側の方が損傷が大きかったものと考えられる。また、全体モデルで解析を行ったが、橋軸および橋軸直角方向の刺激係数の大きな振動モードがそれぞれ影響を及ぼしていることから、橋脚単体モデルでも解析が可能と考えられる。

次に、P10の脚柱基部および主鉄筋段落し部における解析上の損傷状況を図-6に示す。なお、図中の断面の青色部分は圧縮側の損傷基準による軽微な損傷が生じた箇所、緑色部分は引張側の損傷基準によるひび割れが生じた箇所を表している。本解析から、損傷位置は橋脚の基部付近、橋脚の橋軸直角方向の端部に集中しており、実際の損傷と同様な傾向を得ることができた。

なお、今後の課題として、対象橋梁の設計は、震度法(Kh=0.19)に基づき設計されており、入力地震波としては想定された設計範囲内であったにも拘わらず、解析上でも損傷が多くでた理由を今後さらに検討したい。

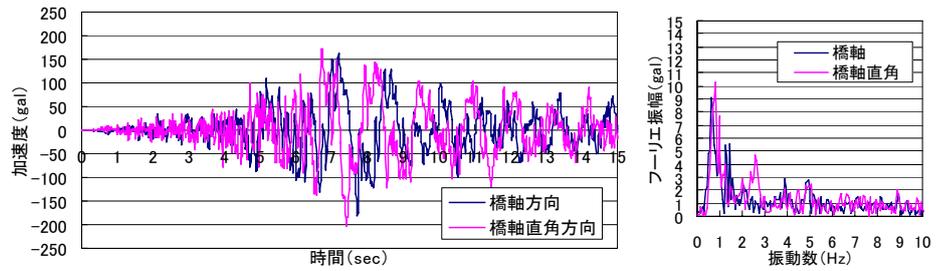


図-3 入力地震波の加速度波形とそのスペクトル

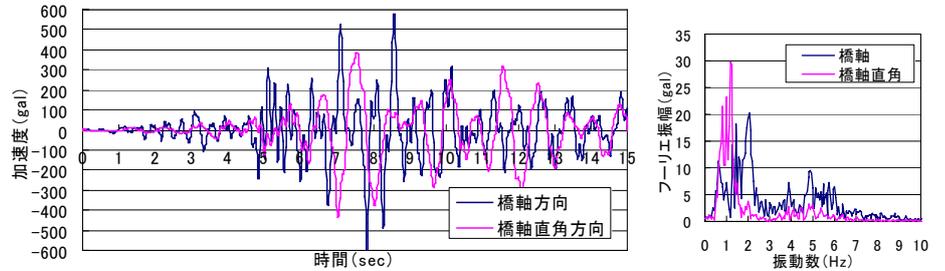


図-4 P10 脚柱天端部の加速度波形とそのスペクトル

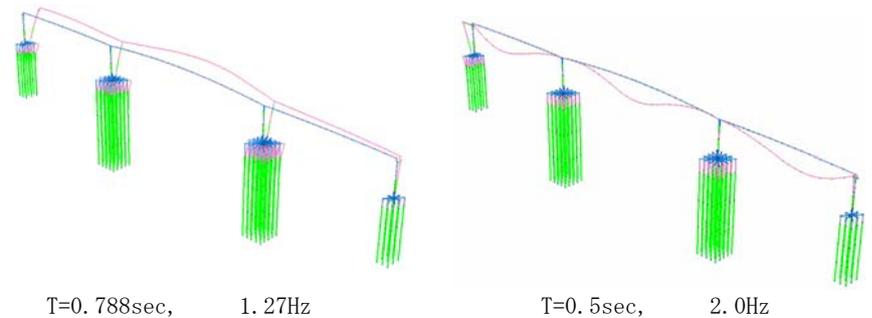


図-5 固有振動モード

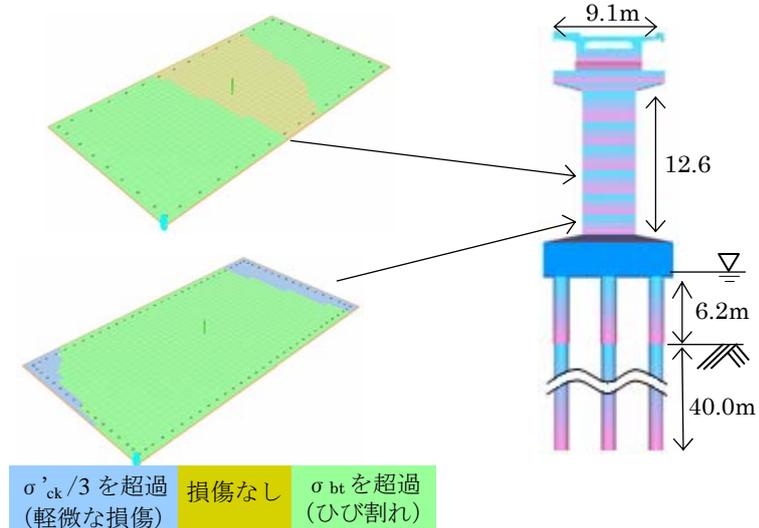


図-6 P10 橋脚の損傷状況