

北海道開発局帯広開発建設部 正会員 ○神山 繁
 北海道開発局開発土木研究所 正会員 佐藤昌志
 鹿島技術研究所 正会員 新原雄二
 鹿島技術研究所 正会員 大保直人

1. はじめに 完成系の長大PC斜張橋では、耐震設計において震度法や応答スペクトル法だけでなく、いくつかの入力波形を仮定して時刻歴応答解析を行うことが多い。これに対し、施工系の長大PC斜張橋の耐震設計では、施工期間が大地震が発生する再現期間に比べかなり短いことから、大地震が発生する確率が低く、詳細な耐震検討や地震観測が行われることは少ない。張出し施工中の斜張橋の主桁は、片持ち梁に近い状態となり、完成系とはかなり異なった振動特性を持つ。地震の多い地域では、施工期間が短くとも、その間に大きな地震を経験する可能性もあり、施工時における地震時挙動を把握することは、耐震設計の合理化を図る上で十分に意義のあることである。本研究では、北海道東部に建設された十勝大橋（中央径間251m）において張出し施工中に強震観測を実施し、地震応答特性について検討したので報告する。

2. 強震観測システムと観測された地震 本橋における強震観測システムは開発土木研究所の強震記録自動計測システムの仕様を基本としている。強震観測はP1主塔側で実施されており、強震計は全部で20成分（地中6成分、橋脚9成分、主桁内部4成分、主塔1成分）設置されている。強震計の設置位置を図-1に示す。強震観測は平成6年3月から8月末までの期間に実施した。観測された地震はいずれも規模の小さいものであったが、全部で15回の地震を観測することができた。

3. 橋軸方向の地震応答 ここでは、7月1日の地震の際の応答について述べる。7月1日の施工状況は、張出し長106m、斜材13段を施工した状態である。地表と主桁と主塔の加速度波形を図-2に、またそのフーリエスペクトルを図-3に示す。加速度波形から、地震の主要動がおさまった後にも、主桁や主塔ではかなり長時間にわたって振動が継続しており、本橋の張出し施工時における減衰が小さいことがわかる。

固有値解析から求めた固有振動モードを図-4に示す。解析の1次モード（0.30Hz）は観測値の0.32Hzに、解析の2次モード（0.57Hz）は観測値の0.56Hzに、解析の3次モード（1.09Hz）は観測値の1.17Hzに、解析の4次モード（1.27Hz）は観測値の1.33Hzにそれぞれ対応しており、解析値と観測値がよく合っている。2次モードと4次モードは対称モードであり、鉛直入力によってのみ励起されるモードであること

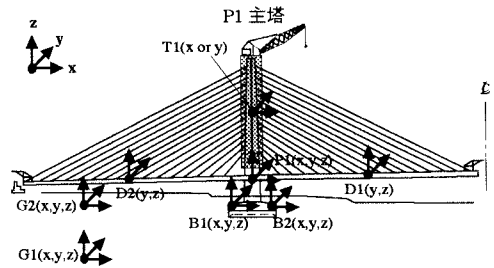


図-1 強震計の配置
(Max.=9.15 cm/s²)

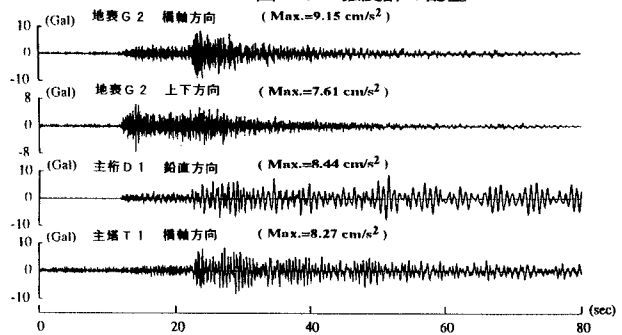


図-2 加速度波形

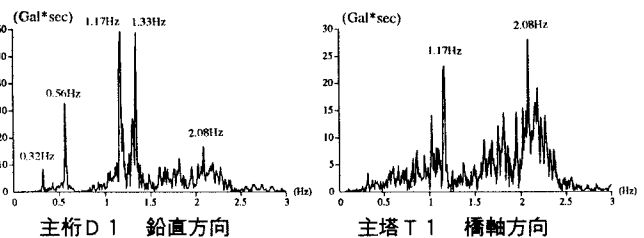


図-3 加速度波形のフーリエスペクトル

から、張出し施工時のPC斜張橋の加速度応答特性には、鉛直入力の影響が大きい。

張出し施工時のPC斜張橋の固有振動数は、張出し長が長くなるにつれて低くなる。図-5は張出し長と解析から求めた固有振動数との関係を表したものである。さらに、図中には強震観測から求めたフーリエスペクトルのピークの振動数もあわせて示してある。張出し長が長くなれば、固有振動数が低くなる（固有周期が長くなる）ことが、固有値解析および強震観測から確かめられる。1次から4次モードについては、解析値と観測値がよく一致しており、上部工のモデル化の妥当性が確認された。一方、5次モードについて解析値と観測値の違いが大きい。これは、5次モードが基礎の並進と回転を伴うモードであり、地盤ばねの剛性の影響を強く受けるのに対して、今回観測された地震は、いずれも耐震設計で考慮している地震よりもはるかに小さく、地盤の剛性低下が少なかったことが一因と考えられる。

4. 橋軸直角方向の地震応答 本橋の主塔は独立一本柱であるため、耐震設計において主塔の橋軸直角方向の地震応答が厳しい。ここでは、8月31日の地震について紹介する。8月31日の施工状況は最大張り出し時であり、張出し長120m、斜材16段を施工した状態である。地表、主塔の橋軸直角方向の加速度波形を図-6に、またそのフーリエスペクトルを図-7に示す。主塔の加速度波形をみると、地震動の初期の段階においては高周波数成分が重なったような波形になっているが、80秒以降はほぼ一定の振動数で振動しており、入力地震の主要動がおさまったあとでも、長時間にわたって振動が継続している。80秒以降の波形の卓越振動数は、フーリエスペクトルの0.73Hzのピークに対応しており、主塔の1次の曲げ振動に相当している。この振動モードは、固有値解析の0.65Hzのモードに対応している。

5. まとめ 張出し施工中の長大PC斜張橋の動的特性を把握するため、十勝大橋において地震観測を行い、以下のような結論を得た。①地震時の橋軸方向の主桁の加速度応答には、鉛直方向の振動モードの影響が大きい。②橋軸直角方向の応答には、主塔の独立振動が卓越している。③張出し長が長くなるに従い固有振動数が低くなることが解析と観測から確認された。

参考文献 1) 神山他：十勝大橋の施工時における動的特性について、土木学会北海道支部年次研究発表会、平成7年2月

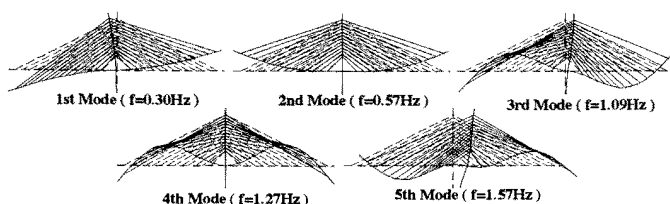


図-4 固有振動モード

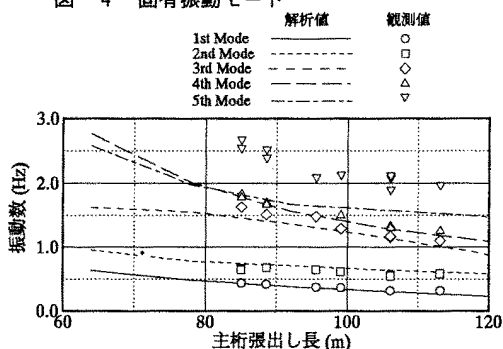


図-5 張出し長と固有周期

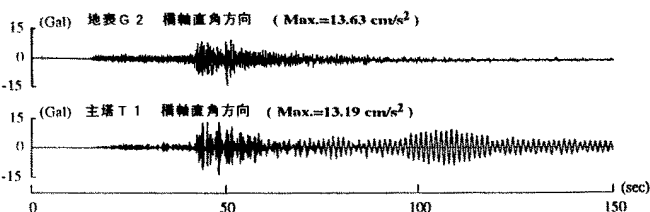


図-6 主塔の橋軸直角方向の加速度応答

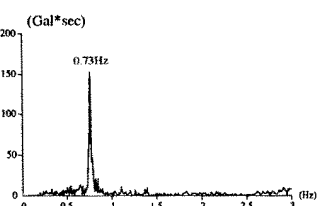


図-7 主塔の加速度応答のフーリエスペクトル

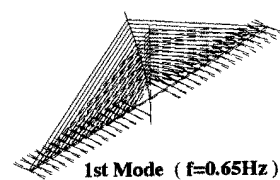


図-8 固有振動モード