

(90) 平成5年釧路沖地震の強震記録の解析

開発土木研究所 正員 中野 修 開発土木研究所 正員 山内 敏夫
 開発土木研究所 正員 金子 学 開発土木研究所 正員 小野 裕二

1. はじめに

平成5年1月15日午後8時6分頃、釧路沖を震源とする大地震が発生した。この地震は、気象庁により「平成5年釧路沖地震」と命名されたが、震源に近い釧路で震度6を、帯広、広尾および浦河で震度5を記録するなど、北海道の太平洋岸に沿った地域で非常に大きな揺れを観測している。この地震では、北海道東部を中心に道路、河川築堤や港湾施設に大きな被害が生じたが、北海道特有の凍土により復旧作業が難航したこともあり、ライフラインである都市ガスの全面復旧に、地震発生から約3週間もかかったのも今回の地震の特徴である。

開発土木研究所構造研究室では、今回も強震記録がとれている千代田大橋に昭和41年度に設置したのを始めとし平成4年度末までに28箇所全道の国道に架かる橋梁に強震計を設置し、強震観測を実施してきている。今回の地震では、その内の20箇所強震記録を得ることができ、現在、これらの記録を順次デジタル変換の上、スペクトル解析等により波形解析を行ってきている。今回、比較的震源に近い箇所での強震記録を解析したので、その結果を報告する。

2. 地震の概要

国内で震度6を観測したのは、昭和57年の浦河沖地震¹⁾での浦河以来であるが、今回の平成5年釧路沖地震の概要を被害状況等を含めて取りまとめたのが表-1である。また、過去に我国で発生した大地震の記録を一覧にしたのが表-2である。

今回の釧路沖地震は、地震の規模で見ると大正時代の関東大地震や昭和になってからの南海地震や2回起きている十勝沖地震に次ぐ大きなものである。また、過去の大地震とは違い震源が107kmと深かったのも特徴である。

表-1には載せていないが、国道では、一般国道44号の厚岸町字宮園町から浜中町字熊牛原野までの間、一般国道240号の阿寒町字舌辛原野から同町徹別原野までの間、一般国道272号の標茶町阿歴内から同町塘路までの間が地震後通行止めになった。この3路線の内、一般国道240号での通行止めの理由は、松之恵橋の下部工に被害が発生したためであり、残りの2路線の理由は、土工区間での崩壊によるものである。また1月18日午後5時時点で道々でも11路線11区間が通行止めになっていた。

また、JR北海道の鉄道でも根室本線と釧網本線の2路線が不通になり、両線が全線復旧したのは2月1日である。JR北海道によると、運休による営業損を含めてその被害総額は約15億円に達したとの由。

今回の地震では、広い地域で液状化現象が発生して

表-1 平成5年釧路沖地震の概要

発生年月日	平成5年1月15日
発生時刻	午後8時6分
気象庁マグニチュード	7.8
震源	東経144°23' 北緯42°51'
震源の深さ	107km
死者	1人
重軽傷者	933人
住宅被害(全壊、半壊)	84棟
住宅被害(一部破損)	3387棟
被害総額	約1000億円

表-2 過去の大地震の概要

発生年月日	地震名	M _j	震源の深さ
大正12年9月1日	関東大地震	7.9	—
昭和21年12月21日	南海地震	8.0	20km
昭和27年3月4日	十勝沖地震	8.2	0
昭和36年8月12日	釧路沖地震	7.2	80
昭和39年6月16日	新潟地震	7.5	40
昭和43年5月16日	十勝沖地震	7.9	0
昭和48年6月17日	根室半島沖地震	7.4	40
昭和53年6月12日	宮城県沖地震	7.4	40
昭和57年3月21日	浦河沖地震	7.1	40
昭和58年5月26日	日本海中部地震	7.7	14
平成5年1月15日	釧路沖地震	7.8	107

表-3 強震観測地点の地盤種別等

橋梁名	地盤種別	機種	震央距離
大楽毛橋	2種地盤	SMAC-B ₂	21km
十勝河口橋	3種地盤	SM-12	65
千代田大橋	3種地盤	SMAC-B ₂	82
温根沼大橋	3種地盤	SMAC-Q	100
広尾橋	1種地盤	SMAC-Q	109

おり、道路では、釧路町木場から柏木地区にかけての一般国道44号でその歩道部に埋設してあった下水道のマンホールの浮き上がり現象、港湾では、釧路港の西港区の岸壁にその例が見られた。

今回の地震は厳冬期に発生したので、冬の厳しい北海道ではまだ暖房器具を使用しており、火災が7件発生したが大災害にはならなかったのが不幸中の幸いであった。

3. 観測点および強震記録

今回の地震の強震記録が20箇所の観測点でとれているが、この内、比較的震源に近い観測点の位置を図-1に、その橋梁名、地盤種別、設置してある強震計の機種および震央距離を表-3にまとめている。

これらの観測点の橋梁の内、強震計を設置してある温根沼大橋のすぐ横には北海道内では初めての免震橋梁が昨年完成しており、今回、国内の免震橋梁が体験した初めての巨大地震の強震記録がこの付近の地盤で得られたことは、今後の免震設計の発展に大きく寄与するものと思われる。

また、十勝河口橋は、昨年末に完成した最新の橋梁で、ここには、リオン製のデジタルタイプの強震計を設置していたが、ハードとソフトのミスマッチングやデータ処理に関するサンプリング周波数の点で非常に問題があることも判明しており、今後検討していかねばならないものと思われる。

今回回収できた強震記録の内、十勝河口橋以外の強震記録は、スタイラスペーパー (SMAC-B₂) やスクラッチレコードフィルム (SMAC-Q) に書かれたアナログタイプのものであるので、構造研究室で決めている強震記録管理システム¹⁾に従ってA/D変換を行う際に、時間補正、中心軸補正、円弧補正および計器補正を加えてデジタル値にしている。

それらの強震記録の成分別最大値をまとめたのが表-4である。

大楽毛橋の記録は、今回のような巨大地震の震央近傍で得られた非常に貴重なデータであり、最大加速度も水平成分の橋軸方向で372galと非常に大きな値を記録している。また、残りの4橋でもそれぞれ耐震工学上興味のある貴重なデータが得られている。

成分別の最大加速度の点では、水平動だけでなく、上下動も非常に大きかったのが今回の地震の特徴である。

4 強震記録の解析

今回の地震で得られた強震記録の内、本研究で解析の対象にしたのが、一般国道38号の大楽毛橋、一般国道242号の千代田橋および一般国道336号にある十勝河口橋の3橋の地盤での強震記録である。その成分別の波形を図-2～4に示している。

これらの波形の内、まず最初に十勝河口橋の記録を使い、1)P波に相当する記録開始よりの10秒間、2)S波に相当する記録開始後16秒より32秒間の二つの部分に分けて、それぞれのパワースペクトル、加速度応答スペクトルを求めた。なお、十勝河口橋付近の土質柱状図を図-5に示してある。パワースペクトル解析結果の一例として橋軸方向の

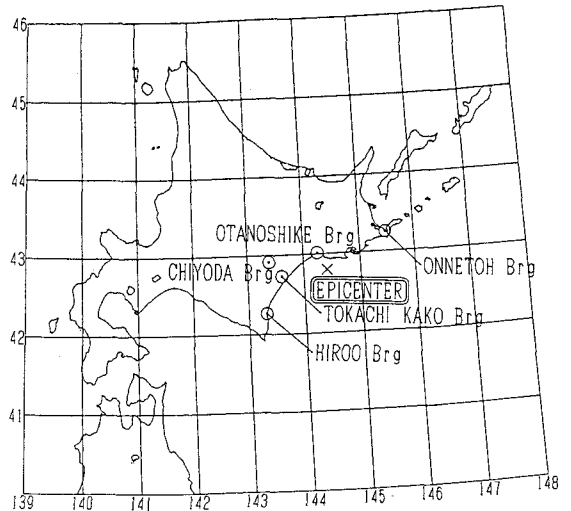


図-1 強震観測点の位置

表-4 最大加速度

橋梁名	緯度	経度	加速度 (gal)		
			LG	TR	UD
大楽毛橋	43.01°	144.25°	372	352	118
十勝河口橋	42.74°	143.60°	234	183	144
千代田大橋	42.92°	143.39°	244	244	70
温根沼大橋	43.25°	145.48°	341	363	114
広尾橋	42.27°	143.32°	584	325	178

LG:橋軸方向
TR:橋軸直角方向
UD:上下方向

例を図-6に示している。この結果、今回の地震の主要動では、約2秒の長周期の波が卓越していたことが明らかになった。次に、この橋梁には、地下50mの所に地中地震計も埋設してあったので、ここでの波形と地盤での波形との比較を行い、周波数成分毎の増幅を調べた。その結果の内、橋軸方向の結果をまとめたのが図-7である。この結果よりも明らかのように、地下50mの地盤での強震記録でもその卓越周期は約2秒にあり、それが地表までの間に、更に3倍程度増幅していたことが判明した。

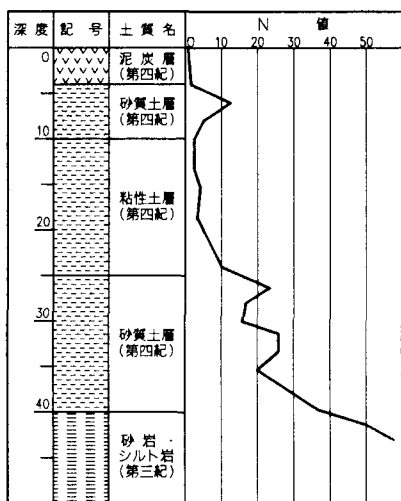


図-5 十勝河口橋の土質柱状図

大楽毛橋および千代田大橋の強震記録についても十勝河口橋と同様にその主要動部分のパワースペクトルを求めたのが図-8および9である。

これらの結果でも十勝河口橋のケース同様に、固有周期で2秒程度のところに卓越周期があった。

以上より、今回の釧路沖地震の主要動の部分では、周期2秒前後の波が卓越していたことが明らかになった。また、この事は、今回の地震被害が道路関係では、下部構造等に問題のあった橋梁以外には橋梁関係では目立った被害がなく、片切り片盛りの土工部に被害が集中したこと、河川関係では、軟弱地盤地

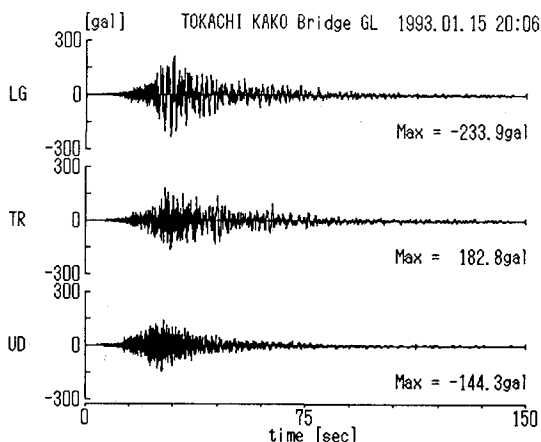


図-2 十勝河口橋の強震記録(地盤)

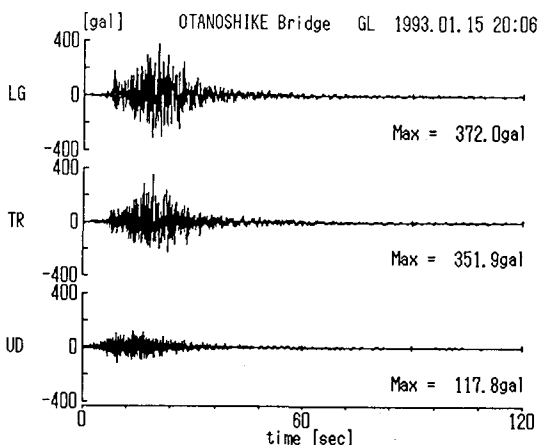


図-3 大楽毛橋の強震記録(地盤)

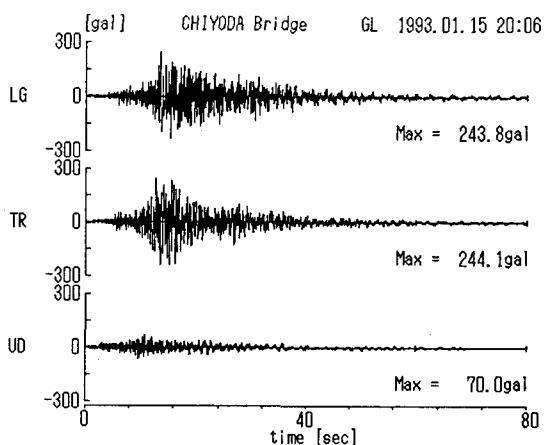


図-4 千代田大橋の強震記録(地盤)

区の築堤に大きな被害が発生した事実を裏付けている。

5. 主軸解析

十勝河口橋の3成分の波形を使用して主軸の解析を行った。今回用いた理論は、Flinn²⁾によって提案された時間領域での非線形ポーラリゼーション・フィルター解析の一つである、Rectilinear Motion Detector Filter Analysis。

紙面の関係で結果の図は、載せていないが、地震波の方位別の解析結果では、東西方向が241gal、南北方向が168galとなっており、他の強震記録でも同様の傾向にあった。この結果は、南北、水平方向に太平洋プレートが断裂したとの北海道大学の分析結果と合致するものである。

6. まとめ

今回の釧路沖地震の特徴をまとめると、

- 1) マグニチュードが7.8もあり、しかも、震源の深さが107kmと深かったため、水平動が非常に大きかったが、上下動も大きかったのが特徴である。
- 2) 強震記録の解析結果より、今回の釧路沖地震の主要動の部分では、周期2秒前後の波が卓越しており、長周期の波であった。
- 3) 今回の地震では、地震波の水平成分別で南北方向が大きかった。

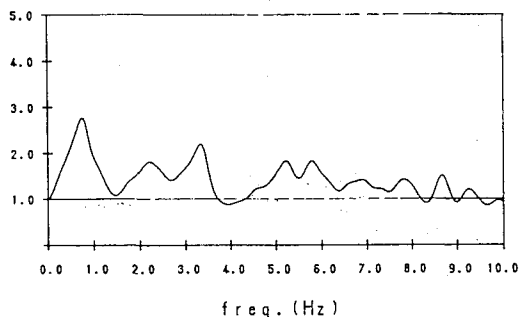


図-7 増幅率

- 1) "強震記録管理システムについて", 開発土木研究所月報, No.466, 1992.3
- 2) Flinn, E.A.: Signal Analysis using Rectilinearity and Direction of Particle Motion

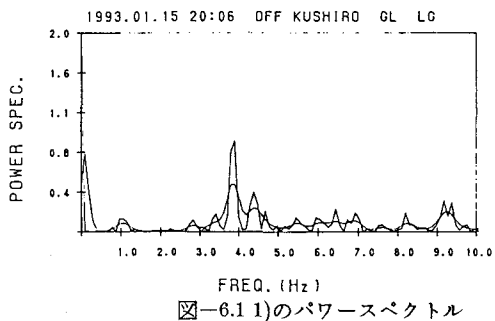


図-6.1.1)のパワースペクトル

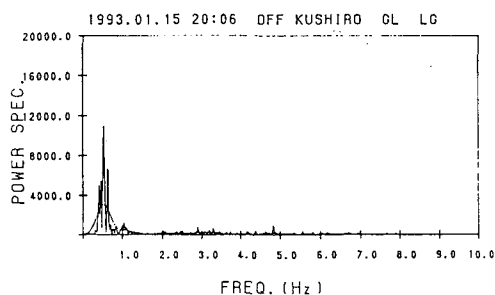


図-6.2.2)のパワースペクトル

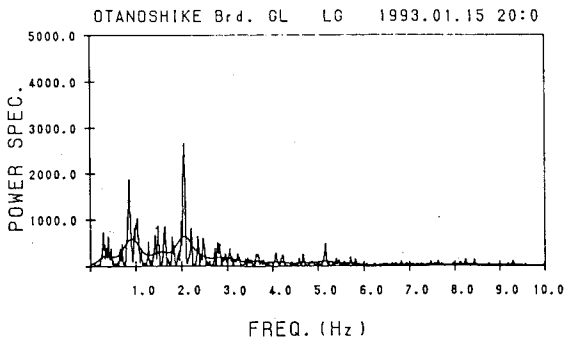


図-8 大楽毛橋でのパワースペクトル

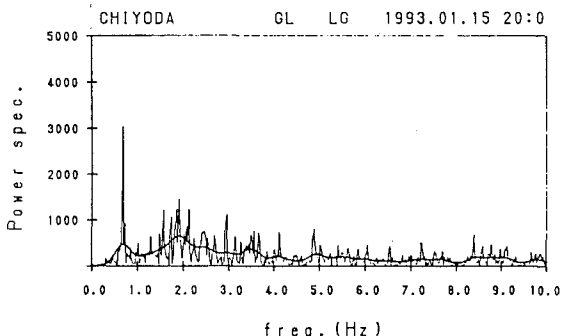


図-9 千代田大橋でのパワースペクトル