

平成15年十勝沖地震の応答スペクトル分析

Analysis of Response Spectrum of Tokachi-oki Earth Quake 2003

北海道開発土木研究所	○正員	岡田慎哉	(Shin-ya Okada)
北海道開発土木研究所	正員	池田憲二	(Kenji Ikeda)
北海道開発土木研究所	正員	佐藤京	(Takashi Satoh)
北海道開発局		竹腰稔	(Minoru Takekoshi)

1. はじめに

平成15年9月26日、北海道十勝沖において、マグニチュード8.0（気象庁発表暫定値）の大きな地震が発生した。図-1には、気象庁が発表した震度分布を示す。図中、×の位置が震源位置であり、震源距離100km毎に同心円を描いている。この地震によって北海道内で記録された最大震度は6弱であり、過去に北海道周辺で発生した地震の中でも最大級のものであった。同時に、本地震は北海道開発局が試験運用中であるWISEシステムが経験した初の大地震でもある。

本論文は、北海道における地震動特性の基礎資料を得ることを目的として、WISEシステムより得られた地震動データの応答スペクトルを算出し、その分析を行ったものである。

2. 平成15年十勝沖地震概要

平成15年十勝沖地震は、平成15年9月26日の早朝、4時50分に発生した。本地震は襟裳岬の東南東約70km、深さ約42kmを震源とした、地震規模マグニチュード8.0（共に気象庁発表暫定値）の地震である。

図-2にWISEシステムにおける本地震の最大水平加速度分布を示す。加速度は観測点ごとに円および数値で示されており、値の大きさを円の色の濃さにより示している。

図より、大きな加速度が観測された地域は十勝地方と釧路地方が中心であったことがわかる。今回の地震によりWISEシステムで観測された最大加速度は、十勝地方の太平洋沿岸で記録された水平方向の記録における約600galであった。

図-3に地震動強度の地域区分を示す。図より、この両地方は、道路橋示方書・同解説V耐震設計編¹⁾による地震動強度の地域区分において、A地域に分類されており、補正係数が最大となっている地域であることがわかる。

今回の地震による被害は、大半が両地域に集中しているため、本検討は両地域に限定して行うこととする。

3. 地震動波形分析

図-2に示すとおり、WISEシステムによって北海道の広範囲に渡って多数の地震観測データが得られた。本検討では、分析を地域および地盤種別ごとに算出した平均応答スペクトルに関して行うこととする。

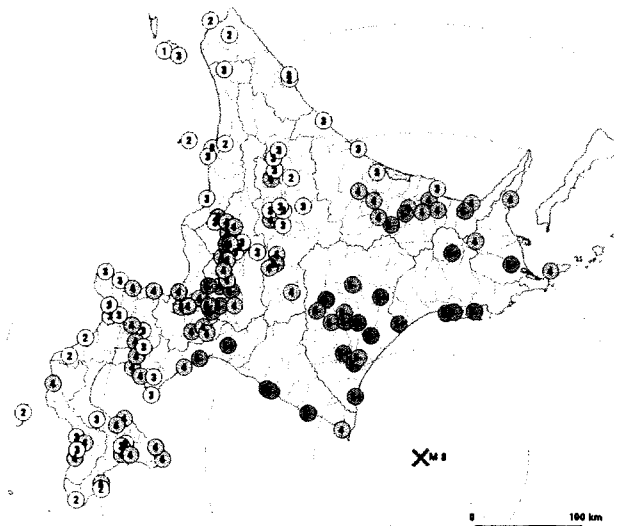


図-1 平成15年十勝沖地震震度分布（気象庁）

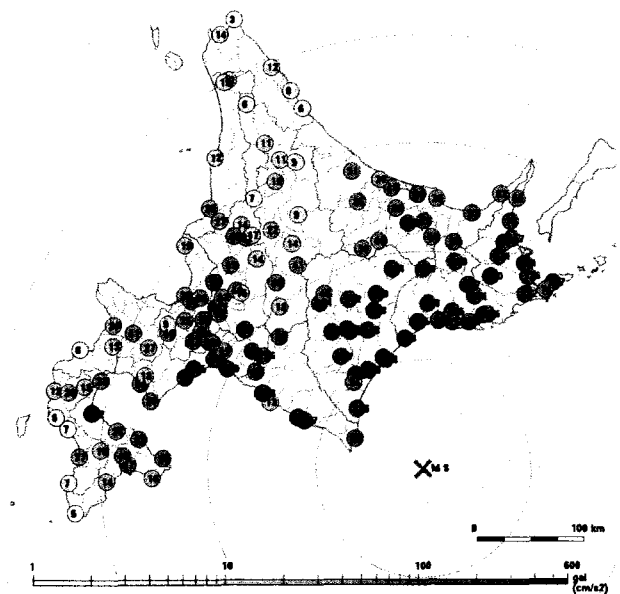


図-2 WISEにおける最大水平加速度分布

まず本検討では、十勝沖地震によって得られた各観測点の加速度波形から、水平方向2成分について、応答スペクトルを算出した。

WISEシステムでは、通常の観測点において観測している水平方向成分は、南北方向および東西方向の2成分となる。ただし、橋梁近隣に設置された地震計において

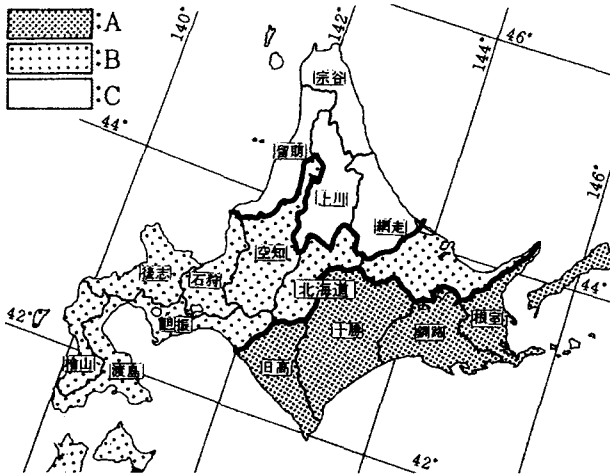


図-3 地震動強度の地域区分

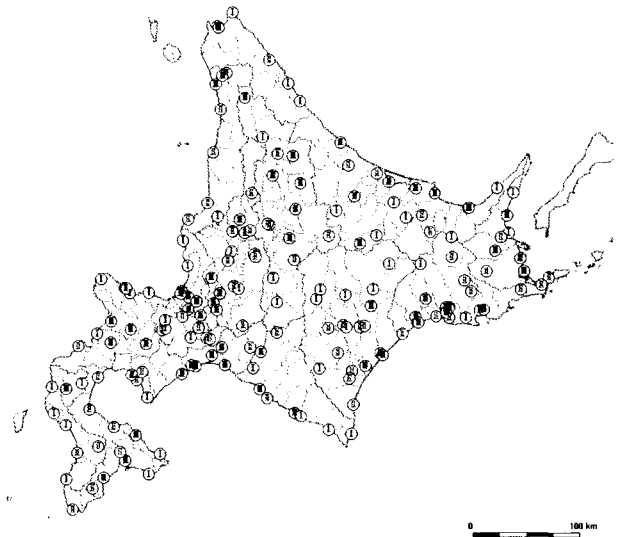


図-4 WISE観測点地盤種別

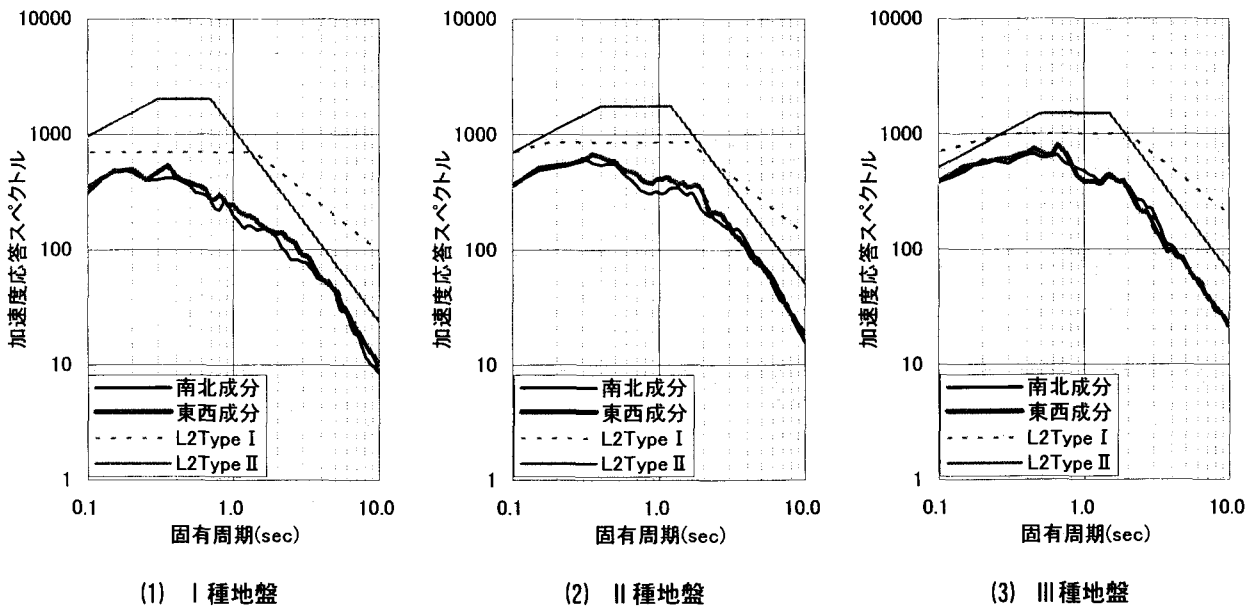


図-5 地盤種別平均応答スペクトル

は、橋梁構造物の応答と比較検討することを主な目的としているため、橋梁の橋軸方向および橋軸直角方向の2成分の観測を行っている。そのため、橋梁近隣において得られた2成分の波形については南北方向および東西方向の波形に変換し、通常の観測点の波形と同一条件で比較可能なものとしている。

また、算出の際には、応答スペクトルの減衰常数を一般的に $h = 0.05$ としているため、本検討においてもこれに準じ、減衰常数を $h = 0.05$ と設定して応答スペクトルを算出している。

さらに、算出した応答スペクトルのうち観測結果において最大水平加速度が 100 gal を超えるもののみを対象とし、これらを地域および地盤種別ごとに平均すること

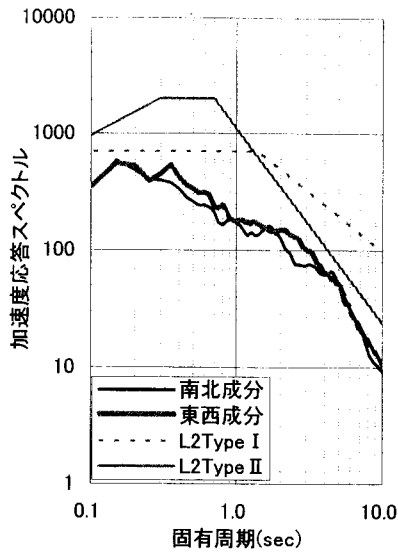
で平均応答スペクトルを算出した。

3.1 地盤種別による比較

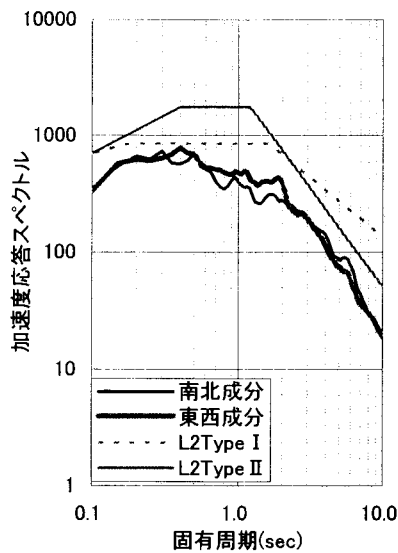
図-4には、WISE観測点の地盤種別分布を示す。地盤種別は道路橋示方書・同解説により地盤の特性値からI種、II種、III種の3段階で定められている。

図-5には、十勝地方および釧路地方における 100 gal 以上の最大水平加速度を示した地点の平均応答スペクトルを地盤種別ごとに示す。

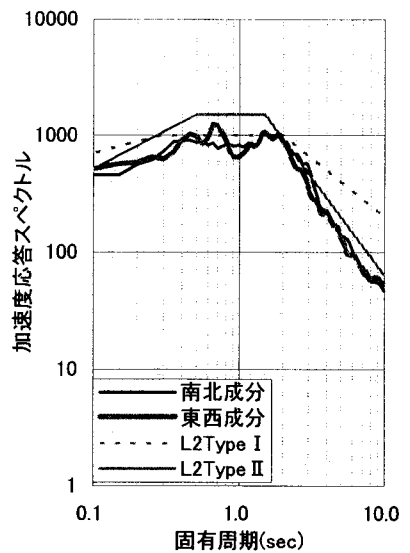
図中、黒の実線は南北成分、灰色の太線は東西成分の平均応答スペクトルを示す。また、灰色の点線はレベル2地震動(タイプI)の設計水平震度を、灰色の細線はレベル2地震動(タイプII)をそれぞれ示す。



(1) I種地盤

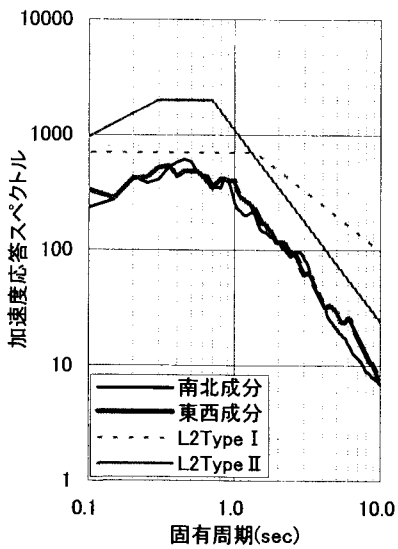


(2) II種地盤

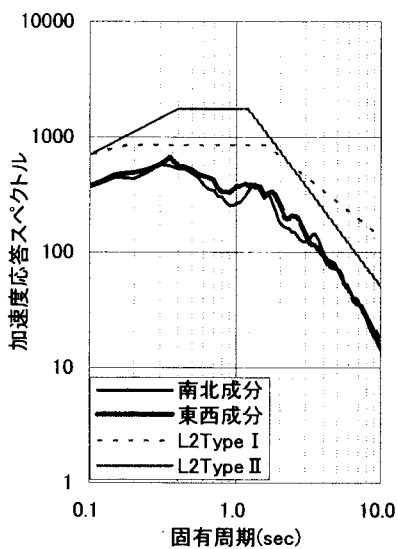


(3) III種地盤

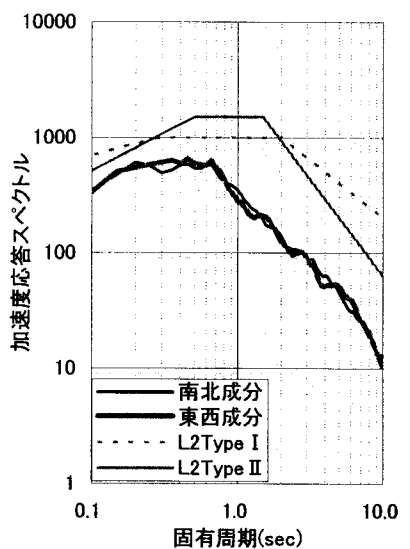
図-6 十勝地方平均応答スペクトル



(1) I種地盤



(2) II種地盤



(3) III種地盤

図-7 釧路地方平均応答スペクトル

図より、各地盤種別において、南北成分と東西成分を比較すると、若干東西成分が大きい傾向を示しているが、概ね等しい応答となっている。これより、今回の地震では南北および東西ともに、ほぼ同等な地震動を観測したと考えられる。

次に、地盤種別ごとの傾向をみると、I種地盤においては、その最大応答周期が0.3～0.4 secに見られるが、III種地盤では0.6～0.7 secを示している。長周期側の減衰傾向もI種地盤がより強く、III種地盤が最も弱い傾向が見られる。

各地盤種別の最大応答値を見ると、I種地盤では約550 galを示しているのに対し、II種地盤ではI種地盤よりも大きな700 gal近くを示し、III種地盤ではさらに大

きい800 galを示している。

これらのことから、I種地盤からIII種地盤にかけて地盤が軟らかくなるのに対応し、応答性状は長周期側に移行していき、その最大応答値も大きくなる傾向が明瞭に見られる。

3.2 地域別による比較

図-6には十勝地方のみの場合の平均応答スペクトルを、図-7には釧路地方のみの場合の平均応答スペクトルを示す。なお、図の表示方法は図-5の場合と同様である。

図より、十勝地方では釧路地方のものに比較して、地盤種別による応答の差異がより顕著に現れていることが

見てとれる。十勝地方の応答スペクトルでは、周期約 2.0 sec の応答に着目すると、その応答値はⅠ種地盤においては約 200 gal、Ⅲ種地盤においては約 1000 gal となっており、Ⅲ種地盤ではⅠ種地盤の約 5 倍の応答値となっている。これに対し、釧路地方ではⅠ種地盤とⅢ種地盤で、周期約 2.0 sec の応答値は両方とも 100 gal 程度であり、ほとんど差異がみられない。これは、十勝地方のⅢ種地盤の地域が、今回の地震動に対して応答しやすかったため、地震動が地盤で増幅された結果と推察される。

Ⅰ種地盤の平均応答スペクトルに着目すると、十勝地方では周期 0.15 sec ～ 0.35 sec 程度の短周期の応答が卓越した傾向が見られるが、これと比較して釧路地方では周期 0.4 ～ 0.5 sec の間が卓越している。また、十勝地方ではⅡ種地盤、Ⅲ種地盤においても周期 0.1 ～ 0.2 sec という短周期帯で、大きな減衰特性を示さず比較的大きな応答を示している。これらの傾向は、十勝地域の観測点と釧路地域の観測点とでは、全体的に十勝地方の観測点のほうが震源に近いため、短周期成分があまり減衰せず入力されているであろうことが予想される。

Ⅲ種地盤の平均応答スペクトルをみると、十勝地方と釧路地方で大きく異なった傾向を示している。十勝地方のⅢ種地盤においては、応答値の最大が周期 0.7 sec 近傍において局所的に大きな応答を示している。これに対し、釧路地方では最大を示す周期こそ約 0.7 sec で等しいものの、その応答はフラットな特性の中の最大値であり、両者の最大値の特長には大きな差異が見られる。

さらに、十勝地方のⅢ種地盤では、周期 0.4 ～ 2.0 sec の間、900 gal 程度の応答を示す幅広いフラットな領域が見られる。これに対し、釧路地方では、周期 0.7 sec をピークに山なりになっており、さらに長周期成分が強い減衰を受けて小さな応答となっている。さらに、周期 2.0 sec では最大応答値の 1/5 以下にまで応答が小さくなっている。

これは、先に述べたように十勝地方のⅢ種地盤の応答特性が起因していることに加え、釧路地方の応答特性が長周期に対して応答しにくい特性であるものと推察される。

これらのことより、十勝地方と釧路地方では、同じ地盤種に分類されていても両方で異なる応答傾向を示していることが明らかとなった。これは、十勝地方と釧路地方で、地震動に対する地盤の地域特性が大きく異なる可能性があることを示唆している。

3. 3 設計水平震度との比較

次に、これらの応答スペクトルを設計水平震度と比較、検討する。

レベル2地震動（タイプⅠ）は、今回の十勝沖地震のような海溝型地震の場合に設計に用いられる設計水平震度である。レベル2地震動（タイプⅡ）は阪神大震災の

場合のような直下型を想定した場合の設計水平震度である。

全体的な応答スペクトルの性状に着目すると、どの条件においても長周期成分の減衰特性が、タイプⅠ地震動と比較して減衰が大きい傾向を示している。この傾向はむしろタイプⅡ地震動に近い。また、最大応答を示している周期が比較的局所的な性状を示している。タイプⅠ地震動の場合には、比較的幅広い周期においてフラットな特性を示しており、この傾向に関しても、今回の地震動はタイプⅡ地震動によく似た傾向を示している。さらに、短周期の応答性状についても、タイプⅠ地震動は比較的減衰の少ない、フラットに近い性状となっているのに対し、今回得られた応答スペクトルは短周期も減衰する傾向を見せており、タイプⅡ地震動に近い。

これらのことを考慮すると、本地震は十勝地方および釧路地方においては、タイプⅠ地震動よりもタイプⅡ地震動に近い応答性状であると言える。これはすなわち、平成 15 年十勝沖地震は、十勝地方および釧路地方においては、海溝型よりも直下型に近い性状であったと考えられることを示している。

4. まとめ

本検討は、北海道における地震動特性の基礎資料を得ることを目的として、各観測点より得られた加速度波形から平均応答スペクトルを算出し、地域別および地盤種別による比較、設計水平震度との比較、検討を実施したものである。

本検討により得られた結果を以下に示す。

- ・地盤種別が軟らかいほど地震動に対する最大応答が大きくなる傾向を示し、またその応答スペクトル分布も全体的に長周期側に移行する傾向を示した。
- ・十勝地方と釧路地方で、地震動の応答性状に地域性が見られた。特に地盤種別がⅢ種地盤の場合に顕著に見られる。
- ・地盤種別が同一と判定されていても、地域特性などのその他の条件の差異により、その応答性状が大幅に異なってくる可能性があることが示された。
- ・十勝地方および釧路地方においては、今回の地震動に対する応答特性は、海溝型よりもむしろ直下型に近いものであった。

今後はより詳細な検討を進め、耐震設計に寄与できるような検討を行う必要があるものと考えられる。

参考文献

- 1) 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編、社団法人日本道路協会、2002.3