

(94) 1993年1月15日釧路沖地震による地盤震動特性

京都大学防災研究所 土岐憲三

京都大学防災研究所 佐藤忠信

山口大学 工学部 清野純史

1. まえがき

1993年1月15日午後8時6分に、釧路沖約30km地点でマグニチュード7.8の地震が発生した。気象庁地震火山部の18日の発表によると、震源は北緯42度51分、東経144度23分、深さは107kmであった。今回の地震被害の特徴は、電力・ガス・上下水道等の供給網の機能障害、道路・鉄道などの運輸交通網の混乱など、ライフライン施設に大きな被害を生じたこと、液状化による港湾施設の被害の大きかったこと、新興の宅地造成地での斜面崩壊に基づく被害が多数であったことなどである。被害を受けた地域は東は厚岸町から西は帯広市まで北は標茶町にわたっており、東西150km南北60km程度の範囲にかなり大きな被害を発生させた。

本報告書は今回の地震による地盤震動強度についての速報である。

2. 地震の概要

釧路沖は太平洋プレートが沈み込んでいる地域であり、この地域の長期的な微小地震地震観測に基づいて、地震活動度の活発な面が2面存在していることが明らかにされている¹⁾。浅い面は沈み込んでいるプレートの上面であり、深い面はプレートに作用する応力と温度勾配によって発生していると言われている。

北海道大学理学部地震予知観測地域センターが発表した、今回の地震の余震分布をプレートの沈み込み方向への断面に投影したものが図1である。本震の際の地震断層はほぼ水平であり、深さ100km程度であることがわかる。本震の震源は深い面に近い方にあり、今回の地震断層は地震活動の活発な浅い面と深い面とを横切るように発生したことが分かる。菊池(横浜国立大学)が計算した地震モーメントは $2.6 \times 10^{27} \text{dyn}\cdot\text{cm}^2$ である。

3. 地震動記録の特性

運輸省港湾技術研究所では21地点で、今回の地震の強震記録を観測しており水平2成分と鉛直成分の最大加速度の値を与えている。また、釧路気象台には87型電磁式強震計が設置されており図2に示すような記録を観測している。そのEW方向の最大加速度の水平成分は922.2galに達している。図3と4は港湾技術研究所が北海道開発局釧路港湾建設事務所の構内に設置していたERS型強震計の地表面と地表面下77mでの加速度記録³⁾である。地表面での最大加速度は469.3galで、釧路気象台での最大加速度の約半分である。この差の原因として考えられる理由は2つある。一つは、釧路港湾建設事務所での地表面の加速度記録の水平成分を見ると30秒より後半で地盤内に液状下現象が発生したことがうかがえることである。もう一つの理由として考えられるのは、過去の実例や理論計算から、軟弱な地盤における短周期の地震動は、その基盤への入力が大きいくらい、土の非線形特性が影響して、あまり増幅しないとされていることである。今回の地震動は短周期成分が卓越しており、基盤での地震動が比較的大きかったため、軟弱な地盤層上にある釧路港湾建設事務所での最大加速度があまり増幅しなかったのではないかと考えられる。

4. 断層破壊過程を考慮した最大加速度の推定

統計解析に基づいたマグニチュードMと震央距離Δに関する地盤種別ごとの既存の最大加速度アテニュエーション則だけでは、ばらつきの大きい実際の最大地動の現象を捉えられないとの考えから、断層の破壊過程を

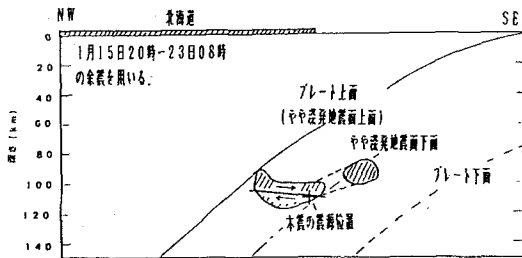


図1 2重地震活動面と
今回の地震の余震分布の関係

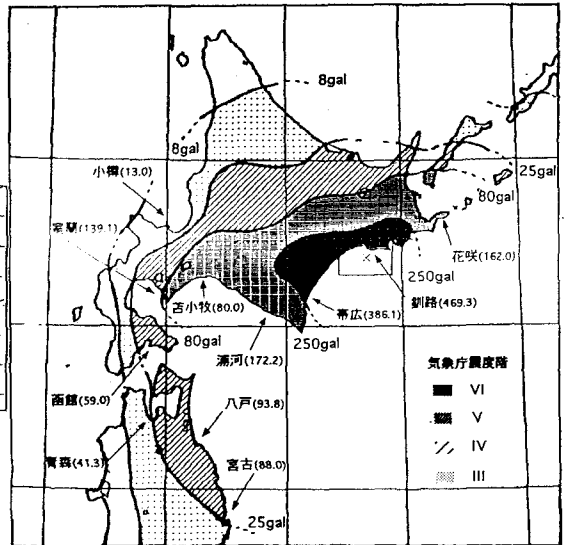


図5 最大加速度の予測地と観測地の比較

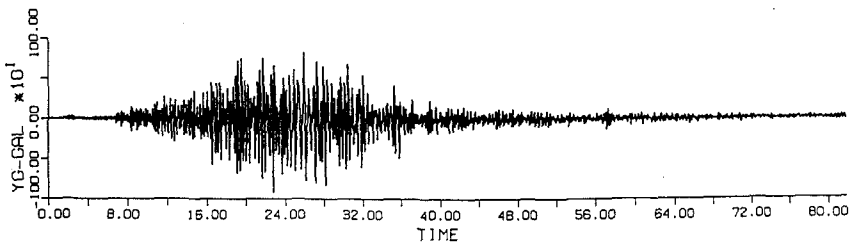


図2 釧路気象台における地震記録

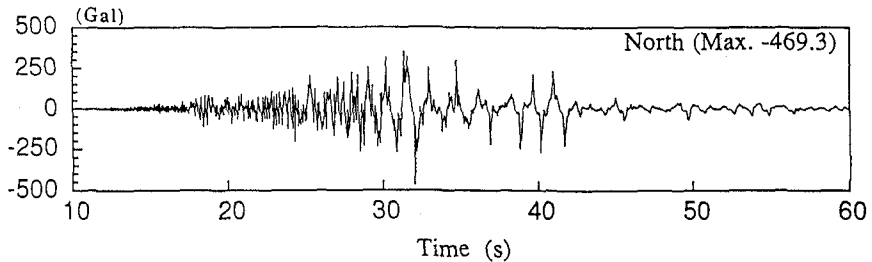


図3 北海道開発局釧路港建設事務所における強震記録（地表面）

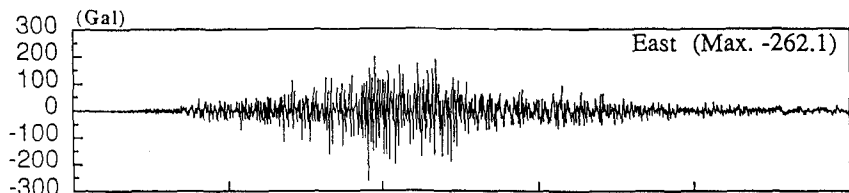


図4 北海道開発局釧路港建設事務所における強震記録（地下77m）

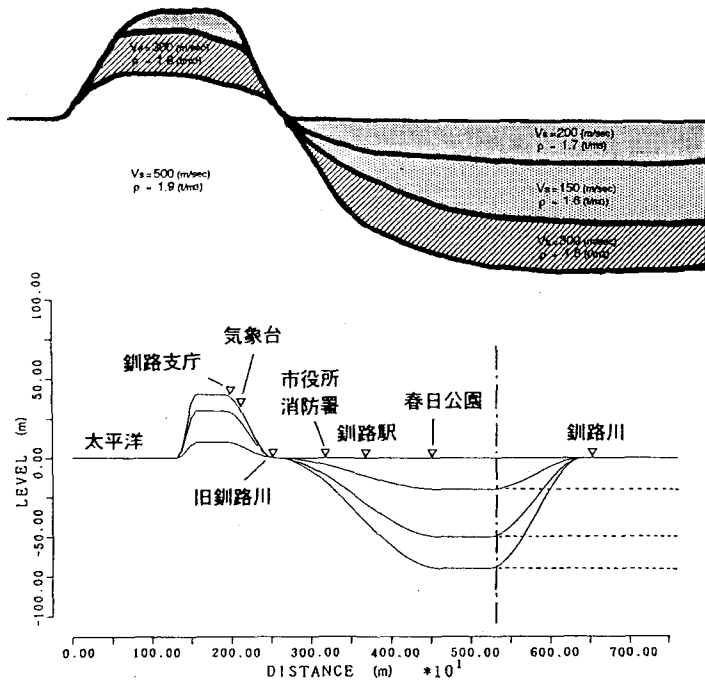


図6 地盤のモデル化

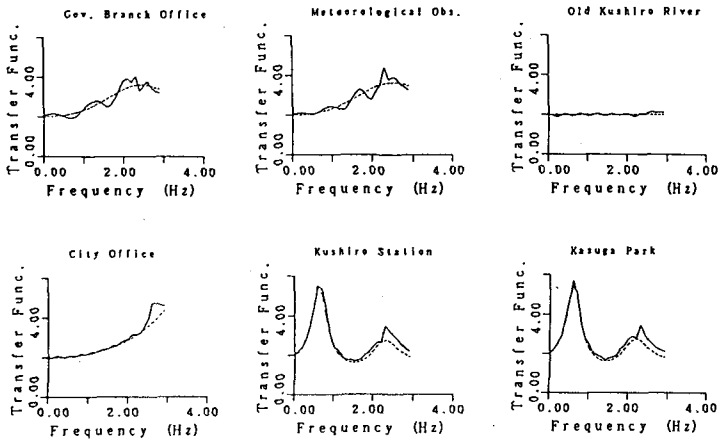


図7 釧路の代表的な地点における応答倍率

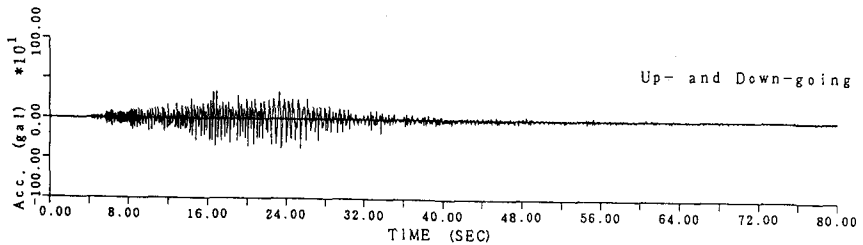


図8 釧路気象台での記録と北海道開発局釧路港湾建設事務所での記録の比較

考慮し、小地震の震源スペクトルから大地震のパワースペクトルを計算して最大地動の期待値を推定する方法を開発してきた⁴⁾。そして、種々の断層パラメータの変化が最大加速度のアテニュエーション特性に及ぼす影響を明確にし、特に断層近傍での最大加速度が頭打ちとなり、その頭打ち現象に対応する震央距離が高々断層の長さ程度であることを示した。さらに、地震基盤から入射する地震波動の表層地盤による増幅特性および各地域ごとのQ値を考慮することにより、これまでの日本周辺で発生した歴史地震について最大加速度分布を再現した⁵⁾。これを今回の釧路沖地震に適用して、震源域での地盤震動の強度がどの程度再現できるかについて検討を加えた。

震源特性としては2節で述べた北海道大学が発表している余震のデータと菊池が決定した震源パラメータを用いて、ストライクN270°E、ディップ0°、断層長さ90Km、断層の幅60Kmとし、断層は3×3個の小断層に分割し、破壊開始点を断層中央とし、同心円上に破壊速度3.1Kmではほぼ一様に破壊が進行するものとした。基盤岩のS波速は3.4Kmとした。

対象地域を縦横20づつ、合計の400個の網目で覆い各交点での地質条件を読み取り増幅度⁶⁾を決定し、基盤岩上の最大加速度の期待値にこの増幅度を乗じ、地表面での最大加速度の期待値を各交点上で計算した。図5はこの値を用いて最大加速度の等高線を描いたものである。これより、震源域では250gal以上の地動加速度が出ており、気象庁震度VI以上に相当する揺れを受けたことになる。なお、計算値の最大値は450galであった。図中に示した数値は、運輸省港湾技術研究所が行っている強震観測記録の最大加速度である。数値計算結果と観測された加速度の最大値の分布はかなりよく対応がとれていることが分かる。

5. 釧路市内の地盤増幅特性

図6は釧路市内の典型的な地質断面図⁷⁾を基にモデル化した地盤である。第3紀漸新世(2500-3700万年前)に堆積した「浦幌層群」と第4紀更新世(100-200万年前)に堆積した「釧路層群」の上ののっている沖積層からなっている。主な建物の位置はモデル化した地盤の断面図に記入した。地震時における地盤の応答特性を明らかにする目的で、離散化波数法(SH波のみを対象とした)を用いて、地盤の震動応答を計算した。離散化波数法を用いているので、地盤モデルでは右側の境界で基盤層が地表面に出ている。このため波動が水平に伝播するような場合には、十分な精度が保証できない恐れがあるが、今回の地震は釧路のほぼ真下で起こっていると考えても問題がないと考えた。なお、表層地盤の内部減衰についてはどの層も一律に5%とした。離散化波数法では地層の境界面に離散点を設ける必要があるため、離散点の間隔を60mとし、離散点の数を128として解析した。図7は市内の主な地点での増幅倍率を示したものである。図中の実線は離散化波数法で求めたものであり、破線はその地点直下の地盤が水平に堆積しているとして重複反射法によって求めたものである。図から明らかなように入射する波動の振動数が3Hz程度までなら、重複反射理論で地動の特性を把握することが可能である。そこで、釧路気象台で取れた記録と釧路港湾建設事務所で取れた記録を比較するために、重複反射理論を用いて、釧路気象台の記録から港湾建設事務所の地下77mと同等の深さでの地震動波形を求めた。結果が図8に示されている。最大加速度は375.8galとなり、港湾建設事務所での最大値262.1galの1.4倍である。今後この差が何に起因しているのかを明らかにしていく必要がある。

参考文献

- 1) Umino, N. and Hasegawa A.: J. Seismol. Soc. Japan, Ser.2, Vol.28, pp.125-139, 1975. : 2) 京都大学防災研究所 安藤雅孝教授と横浜国立大学 菊池助教授との私信. : 3) 井合 進: 平成5年釧路沖地震—港湾地域強震観測結果—、1993年2月. : 4) Sato, T. and Kiyono J.: Proc. of 7th JEES, pp.541-546, 1986. : 5) 土岐・佐藤・清野・斎藤: 第23回土質工学研究発表会, 1988. : 6) 翠川・小林: 日本建築学会論文報告集, 第290号, pp. 83-94, 1980. : 7) 釧路の地盤: 北海道建築士会釧路支部、釧路第一印刷株式会社、1982.