

Q & A 「兵庫県南部地震と東北地方太平洋沖地震の違いは何ですか」

1. はじめに

はじめに用語についてお断りしておきます。地震の揺れを引き起こす原因である地下の岩盤の破壊を「地震」、それによって引き起こされる揺れを「地震動」と呼びます。本項では、まず、地震そのものの違いを説明し、次に、地震動の違いを説明いたします。

2. 地震そのものの違い

図-1 はわが国とその周辺で発生する様々な地震のタイプについて説明したものです。わが国周辺では太平洋プレートが年に8cmほどの速さで西に移動しており、日本海溝のところで陸側プレートの下に潜り込んでいます。プレート境界は常時は固着しており、しだいにひずみが蓄積して行きますが、数十年～数百年に一度、プレート境界がすべて大地震が起きます。これが「プレート境界地震」です。今回発生した2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)はこのタイプの地震です。1923年関東地震(M7.9)や、近い将来の発生が懸念される東海-東南海-南海地震も、陸側プレートとフィリピン海プレートの境界で発生するという違いはありますが、同じタイプの地震です。

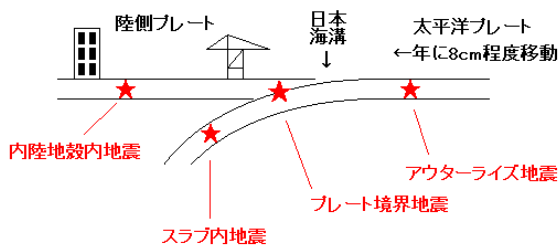


図-1 わが国とその周辺で発生する地震のタイプ

一方、陸側プレートは常時東西方向の圧縮力を受けているので、プレートの内部が割れて地震が発生します。これが「陸地殻内地震」と言われるものです。1995年兵庫県南部地震(M7.3)はこのタイプの地震です。最近発生した地震の中では、2004年新潟県中越地震(M6.8)や2008年岩手・

宮城内陸地震(M7.2)はこのタイプの地震です。

これらの他、わが国とその周辺で発生する地震には、陸側プレートの下に潜り込んだ海側プレートが深部で割れる「スラブ内地震」や、潜り込む前に海溝より手前で割れる「アウターライズ地震」があります。1993年釧路沖地震(M7.5)や2001年芸予地震(M6.7)は前者、津波による死者・行方不明者3000人以上を出した1933年昭和三陸地震(M8.1)は後者です。アウターライズ地震は、今回のような巨大なプレート境界地震の後に発生することが多く、遠方のため揺れは大きくなりませんが、巨大な津波をもたらすことがあるため、警戒が必要です。

兵庫県南部地震と東北地方太平洋沖地震の違いとしても一つ重要なのは規模の違いです。地震とは地下の断層がずれ動く現象ですが、一つの目安として、マグニチュードがM7からM9まで2つ大きくなると、断層の長さは約10倍、断層の幅も約10倍、すべり量も約10倍となります(図-2)。実際、兵庫県南部地震で動いた断層は長さ約60km、幅約20km、東北地方太平洋沖地震で動いた断層は長さ約500km、幅約200kmであったと考えられます^{1), 2)}。また、長さ×幅×すべり量はその地震により解放されるエネルギーに比例しますので、M7の地震とM9の地震では、解放されるエネルギーは約1000倍異なることとなります(図-2の直方体の体積の違い)。M7の地震とM9の地震では、100トンクラスの船と10万トンクラスの船のような違いがあるのです。

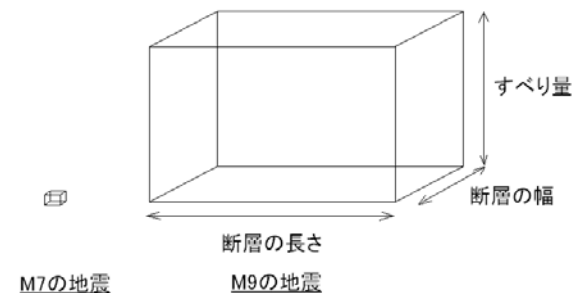


図-2 M7の地震とM9の地震の違い
(直方体の体積はエネルギーを示す)

表-1 兵庫県南部地震と東北地方太平洋沖地震の比較

	1995年兵庫県南部地震	2011年東北地方太平洋沖地震
タイプ	内陸地殻内地震	プレート境界地震
メカニズム	横ずれ断層	逆断層
規模	M7.3	M9.0

3. 地震動の違い

今回の地震でも各地の港湾で強震記録が得られています。まずはそれらを兵庫県南部地震の記録と比較して見ましょう。記録の比較を行う際、地震動の周波数成分に着目することが大切です。そこで、図-3～図-5では、各地で得られた記録のフーリエスペクトルを、兵庫県南部地震による神戸港ポートアイランドの記録のフーリエスペクトルと比較してみました³⁾。岸壁などの港湾構造物に対しては0.3-1Hz程度の周波数成分が最も影響を及ぼしやすいと考えられますので(多くのガントリークレーンの固有周波数もこの範囲に含まれる)、そのような観点でこれらのフーリエスペクトルを見ていくと、釜石-G、仙台-Gの記録は港湾構造物に対して影響の大きい周波数成分が非常に少なく、小名浜事-Gの記録は最大加速度という観点ではポートアイランドの記録(341Gal)よりはるかに大きかったのですが、港湾構造物に対して影響の大きい周波数成分はやはりポートアイランドの記録より少なかったと言えます。

それでは何故、今回の地震は規模が大きかったにも関わらず、少なくともこれらの地点において、港湾構造物に対して影響の大きい地震動とならなかったのでしょうか?

その原因の一つとしては距離の違いがあります。兵庫県南部地震は都市の直下で発生したのに対し、東北地方太平洋沖地震を引き起こしたプレート境界は、最も陸に近い部分でさえ(深さの関係で)港湾からは50km程度離れています。言い換えると、例えば清水港のようにプレート境界により近接している港湾では十分な注意が必要であるということになります。

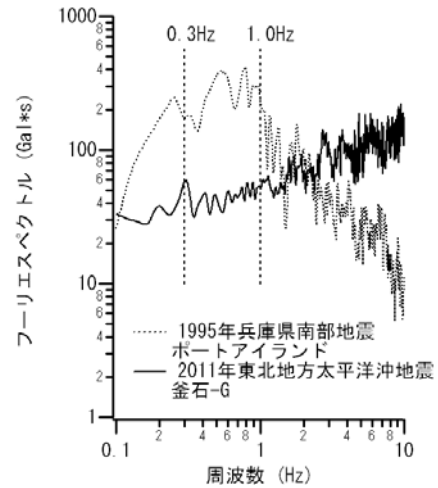


図-3 釜石-Gの記録のフーリエスペクトル (ポートアイランドとの比較)

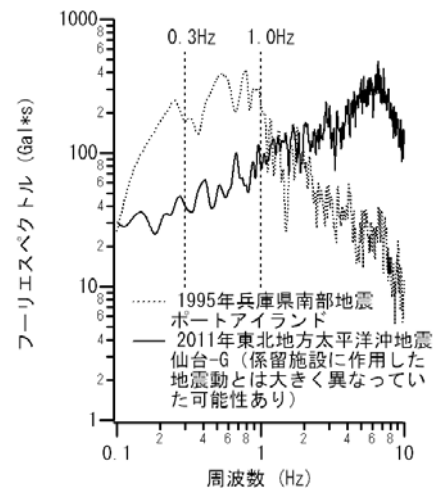


図-4 仙台-Gの記録のフーリエスペクトル (ポートアイランドとの比較)

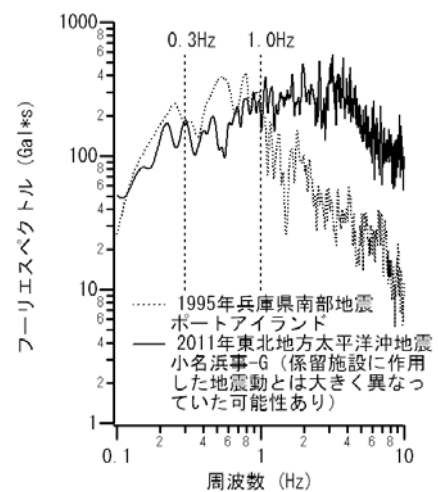


図-5 小名浜事-Gの記録のフーリエスペクトル (ポートアイランドとの比較)

しかし、距離の違いだけでは、図-3～図-5のような周波数特性の違いを説明することができません。そこで、もう一つの理由として重要になってくるのが、観測地点におけるサイト増幅特性の影響です。一般に地震による地盤の揺れ（地震動）は震源断層の破壊過程の影響（震源特性）と震源から地震基盤に至る伝播経路の影響（伝播経路特性）、それに地震基盤から地表に至る堆積層の影響（サイト特性）の三者によって決まると考えられています（図-6）。ここに地震基盤とは一般に花崗岩でS波速度が3km/s以上の地層を言います。堆積層が地震の揺れに大きな影響を与えた事例は数多く知られています⁴⁾。

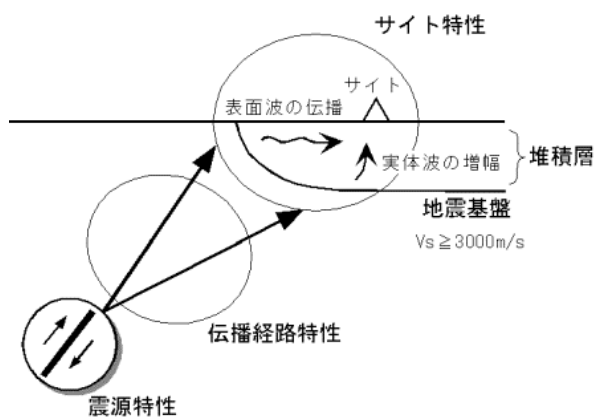


図-6 震源特性・伝播経路特性・サイト特性

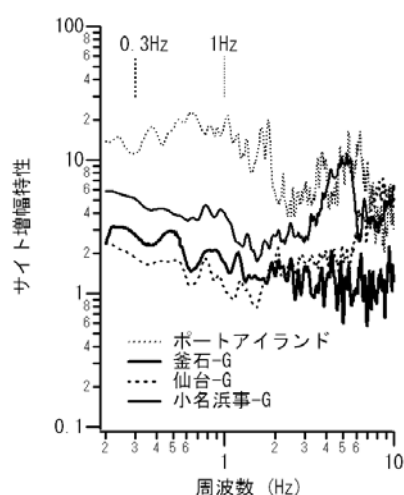


図-7 強震観測地点におけるサイト増幅特性^{4) 5)}

既往の研究^{4) 5)}では、地震観測記録をもとに、堆積層の影響による地点毎の地震動の増幅倍率

(サイト増幅特性)が調べられています。その結果によると、釜石、仙台、小名浜の各観測点では、0.3-1Hzの帯域ではポートアイランドをはるかに下回るサイト増幅特性となっており、このことが、これらの観測点において港湾構造物に対して影響の大きい地震動が生じなかった理由であると考えられます。

ただし、地震動はサイト特性の影響を大きく受け狭い範囲でも大きく変化することがあるので、強震計で観測された地震動と実際に港湾施設に作用した地震動は大きく（特定の周波数では10倍も）異なる場合があります^{3) 4)}。港空研地震動研究チームでは、今回の地震の際、港湾施設に作用した地震動がどのようなものであったかを解明するため、余震観測等を実施し、その結果について随時ホームページ (http://www.pari.go.jp/bsh/jbn-kzo/jbn-bsi/taisin/research_jpn/research_jpn_2011/jr_40.html)で情報提供を行っていますので、その動向に注意していただきたいと思えます。

参考文献

- 1) Somerville, P.G. *et al.*: Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion, *Seismological Research Letters*, Vol. 70, pp. 59～80, 1999.
- 2) 気象庁:「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について(第17報), 気象庁報道発表資料, 2011年3月14日.
- 3) 高橋重雄他: 2011年東日本大震災による港湾・海岸・空港の地震・津波被害に関する調査速報, 港湾空港技術研究所資料No. 1231, 2011年4月.
- 4) 野津厚・長尾毅: スペクトルインバージョンに基づく全国の港湾等の強震観測地点におけるサイト増幅特性, 港湾空港技術研究所資料 No. 1112, 2005年12月.
- 5) 野津厚・菅野高弘: 経験的サイト増幅・位相特性を考慮した強震動評価手法—因果性と多重非線形効果に着目した改良—, 港湾空港技術研究所資料 No. 1173, 2008年3月.