



Title	海洋潮汐力に起因する比較的大きいひずみ速度による略南北走向の沈み込み帯での大潮における巨大地震の抑制
Author(s)	藤井, 義明; 杉本, 拓也; 福田, 大祐 他
Description	資源・素材学会 平成26年度春季大会、2014年3月26日（水）～28日（金）、東京大学 生産技術研究所、東京都
Citation	資源・素材学会春季大会講演集, 2014, 26-5
Issue Date	2014-03-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58274
Type	conference paper
File Information	MMIJ2014, Spring Meeting, 26-5. pdf



海洋潮汐力に起因する比較的大きいひずみ速度による略南北走向の沈み込み帯での大潮における巨大地震発生の抑制

Restriction of Giant Earthquake Occurrences during Spring Tides at Near NS Subduction Zones by Relatively High Strain Rate due to Tidal Stress

藤井 義明(北海道大学) **実講演者**

杉本 拓也(北大院)

福田 大祐(北大工)

児玉 淳一(北大工)

チリ・アラスカ・ニューギニア(Spring)ではM8以上の巨大地震の発生は大潮に集中している。海洋潮汐力の振幅は大潮で大きいので、地震断層を滑らせるように作用する応力(以下、有効せん断応力と呼ぶ)の最大値も大きくなり、巨大地震の発生が集中すると説明できる。

ところが、ペルー・インドネシア・トンガ・日本・千島列島(Neap)では、大潮でない特定の月齢に巨大地震が集中している。海洋潮汐力による有効せん断応力の振幅は、沈み込み帯の走向が東西だと小さく、南北だと大きい。Springの走向は略東西でNeapは略南北である。

そこで、花崗岩供試体に一定の圧縮応力(Neapの小潮とSpringに対応)とわずかに変動する圧縮応力(Neapの大潮に対応)とを繰り返し作用させたところ、変動が応力減少で始まる場合は全ての供試体が一定応力作用中に破壊した。変動が応力増加で始まる場合にも、供試体は必ずしも応力が平均値よりも大きくなったときに破壊するとは限らなかった。したがって、Neapでは比較的大きいひずみ速度による断層の強度増加が大潮における巨大地震発生を抑制していると考えられる。

1. はじめに

筆者らは、チリ・ニューギニア・アラスカ(グループ A)ではマグニチュード 8 以上の巨大地震の発生が大潮に集中するが、ペルー・インドネシア・トンガ・日本・千島列島(グループ B)では巨大地震の発生が大潮以外に集中していることを見出した(Fujii & Ozaki, 2013, Fujii et al., 2013)。大潮では潮汐力の振幅が大きくなるので巨大地震の発生が集中するのは自然に思えるが、大潮以外に巨大地震の発生が集中するのは奇妙に思える。Fujii et al. (2013)によると、沈み込み帯に作用する潮汐力の振幅は、東西走向の沈み込み帯で小さく、南北走向で大きい。また、沈み込み帯の走向と 1900 年以降の最大の地震が発生した月齢との関係をプロットすると、大潮に巨大地震の発生が集中するグループ A では沈み込み帯は略東西走向であり、大潮以外に巨大地震の発生が集中するグループ B では、沈み込み帯の走向は略南北である。そこで、Fujii et al. (2013)は、南北走向の沈み込み帯(グループ B)では、大潮において潮汐力の振幅が大きく、速いひずみ速度によって地震断層の強度が増加し、巨大地震の発生が妨げられているのではないかと考察した。

ここでは、上記考察の妥当性を検証するために、稲田花崗岩供試体について、一定の応力(グループ A の大潮・小潮、グループ B の小潮に対応)とわずかに変動する応力(グループ B の大潮に対応)を繰り返し作用させ、供試体がどのタイミングで壊れるのか観察した。供試体が常に一定応力で壊れれば、上記考察の妥当性を裏付け、供試体が常にわずかに変動する応力下で破壊すれば、上記考察の誤りを示すことになる。

2. 実験方法

直径 30 mm、長さ 60 mm の気乾状態の稲田花崗岩供試体に周ひずみが -0.1% 程度になるまで材料試験機で軸応力を与え、その軸応力を 4 分保ち、わずかに変動する応力を 4 分与えること(図 1)を、供試体が破壊するまで繰り返した。 $\Delta\sigma$ は -0.825 MPa(ケース 1-)、 0.825 MPa(ケース 1+)、 -8.25 MPa(ケース 10-)、 8.25 MPa(ケース 10+)とした。ここで、 $\Delta\sigma < 0$ は、変動が応力減少から始まることを示す。

なお、地震断層は間隙水圧が作用した高温真三軸圧縮応力下であり、また、固体潮汐力による沈み込み帯の応力変化は、月や太陽方向の応力減少とそれらに直交する 2 方向の応力増加、海洋潮汐力による沈み込み帯の応力変化は逆断層に対して主に拘束力の増減となるが、本実験では、簡易的に健全な気乾状態の岩石供試体の室温における一軸圧縮で地震断層を模した。

研究が初歩的な段階のため、わざわざ、地震断層に存在しそうな岩石(たとえば玄武岩)を入手して用いても室温・大気圧下の実験では大差ない結果が得られるものと判断し、沈み込み帯における地震断層に存在する可能性が低いものの、力学的性質がよく分かっており、入手が容易な花崗岩を用いた。

潮汐力の大潮－小潮の周期は 14.77 日であり、本試験の一定応力－わずかに変動する応力の周期は 8 分である。応力の縮尺が相似則に則っておらず、精密な模型試験とはいえないものの、相似則が適用できるとすれば、加速度の縮尺を 1 として長さの縮尺は時間の縮尺(1/2659)の二乗($1/7.07 \times 10^6$)、6 cm の供試体長さは 424 km 程度の大きさの地震断層に相当することになる。

0.825 MPa の軸応力変化は、断層の傾斜を 30 度、摩擦角を 30 度としたクーロンの破壊条件を仮定すれば、 0.275 MPa の拘束力変化、すなわち、潮位 27.5 m の変化に相当する。

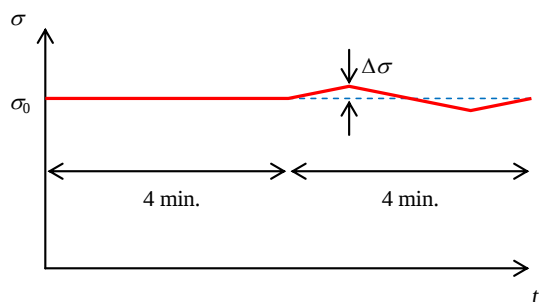
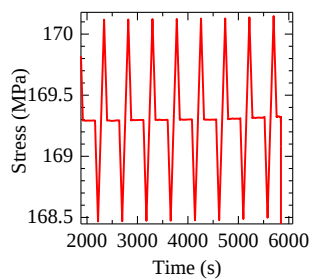


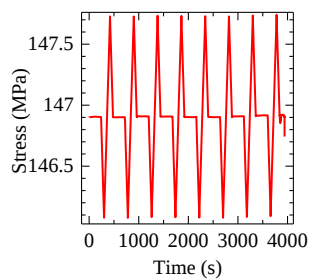
図 1 载荷パターン

3. 実験結果

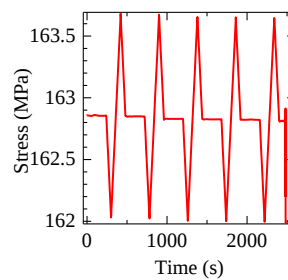
ケース 1-では、5 つの供試体がすべて一定応力下で破壊した(図 2)。ケース 1+では 5 回中 3 回で一定応力、1 回は応力増加時、1 回は応力減少時に破壊した(図 3)。ケース 10-では 9 回中 2 回で一定応力、4 回は応力増加時、3 回は応力のピーク直後に破壊した(図 4、5)。ケース 10+では 6 回中 3 回は一定応力、3 回は応力ピーク後に破壊した(図 6)。



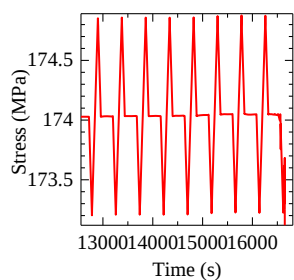
(a) 1-1



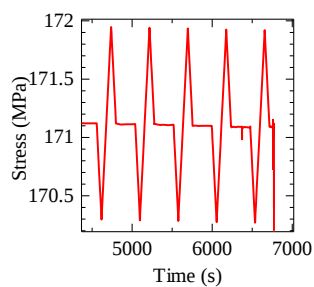
(b) 1-2



(c) 1-3

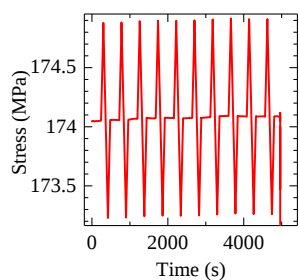


(d) 1-4

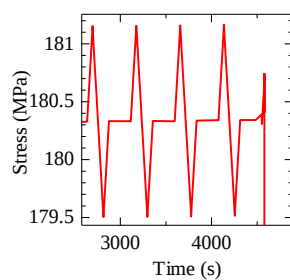


(e) 1-5

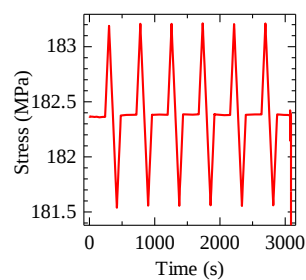
図 2 ケース 1-の応力の経時変化



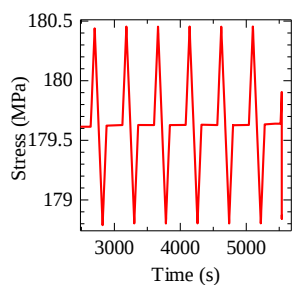
(a) 1+1



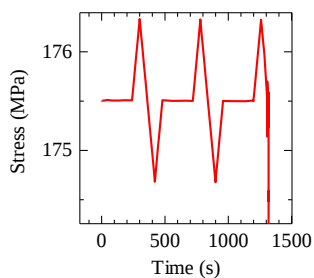
(b) 1+2



(c) 1+3

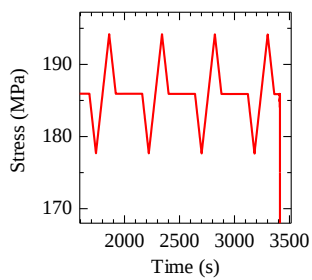


(d) 1+4

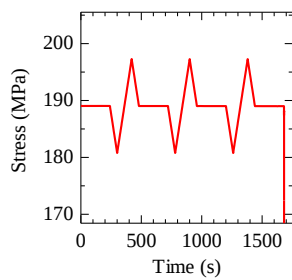


(e) 1+5

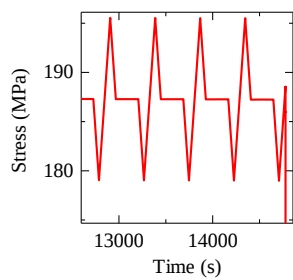
図 3 ケース 1+の応力の経時変化



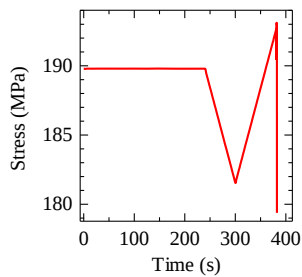
(a) 10-1



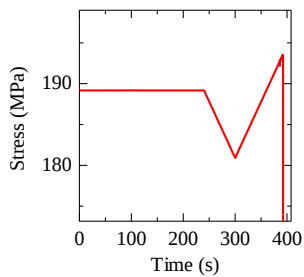
(b) 10-2



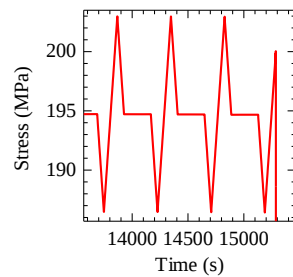
(c) 10-3



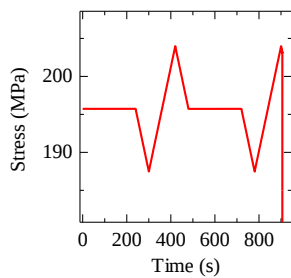
(d) 10-4



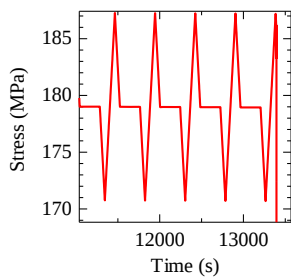
(e) 10-5



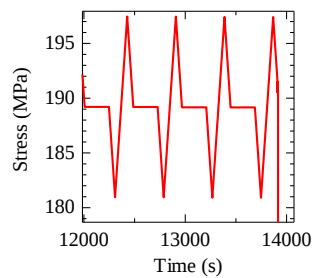
(f) 10-6



(g) 10-7

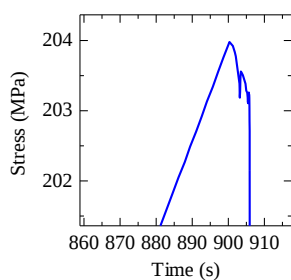


(h) 10-8

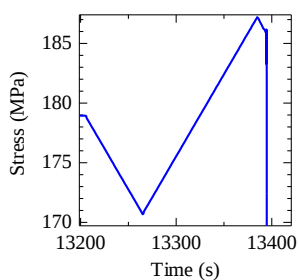


(i) 10-9

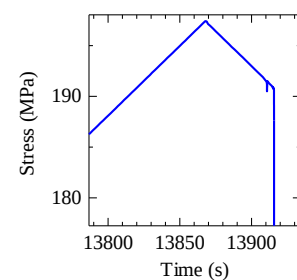
図 4 ケース 10-の応力の経時変化



(a) 図 4g の拡大図



(b) 図 4h の拡大図



(c) 図 4i の拡大図

図 5 ケース 10-の拡大図

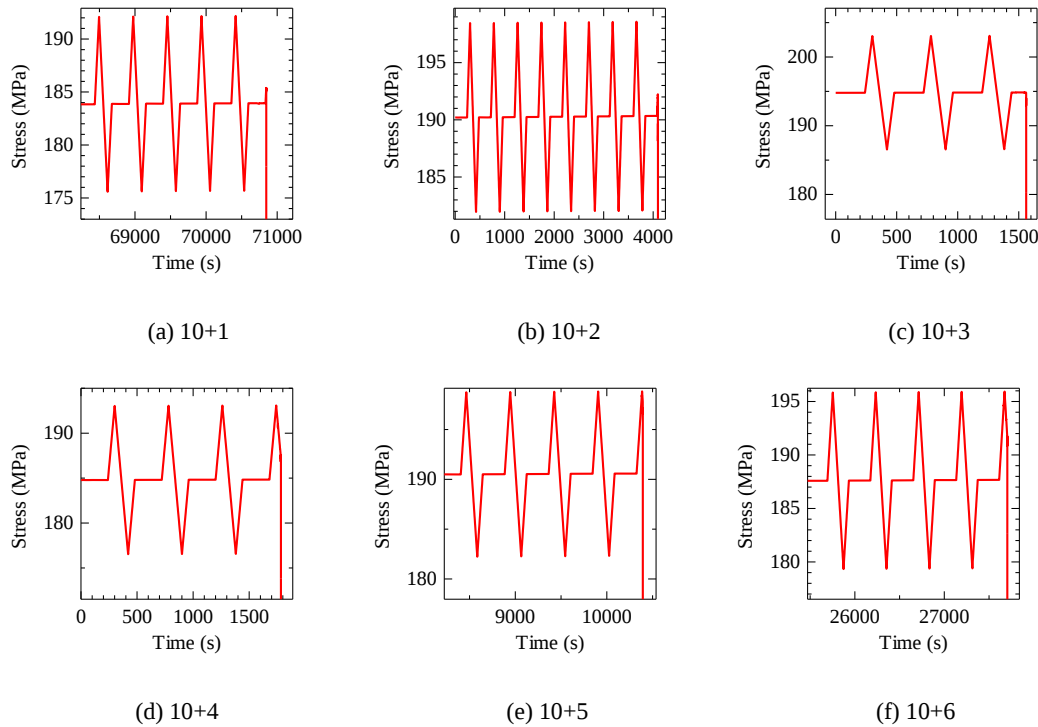


図 6 ケース 10+の応力の経時変化

4. 考察

稲田花崗岩の圧縮強度の载荷依存性はひずみ速度 1 オーダーあたり一軸で 7.5～11.5 MPa である(図 7)。今回の試験は一軸であり、応力増加時のひずみ速度と一定応力時のひずみ速度は 1 オーダー程度違う(図 8)ので、応力増加時の大きいひずみ速度による強度増加が応力の値の増加量を上回った場合には、応力増加時の破壊が抑制され、一定応力時やピーク後の応力減少時に破壊が生じたものと思われる。そのような現象が観察されたということは、南北走向の沈み込み帯では、大潮において潮汐力の振幅が大きく、速いひずみ速度によって地震断層の強度が増加し、巨大地震の発生が妨げられているのではないかという仮説を支持するものである。

ただし、ひずみ速度の影響は封圧 50 MPa の場合には小さく(図 7)、同図中に示した回帰直線、

$$\log \Delta \sigma_c = 1.027 - 0.0183 P'_c$$

$\Delta \sigma_c$ Strength increase per log (strain rate) in MPa

P'_c Effective confining pressure in MPa

が地下深部まで外挿できると仮定すれば、有効封圧 275 MPa、深度 16.2 km で強度増加量は 100 Pa となる。固体潮汐力でさえ振幅が数 100 Pa 程度あるので、このような状況では、大潮によるひずみ速度増加に起因する強度増加は大潮による潮汐力の振幅増加量より小さく、大潮における巨大地震発生抑制は期待できない。

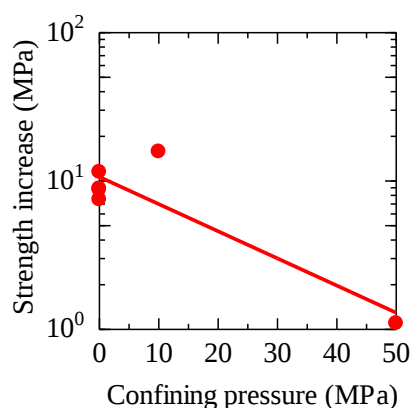


図7 ひずみ速度1オーダーあたりの強度増加量の封圧依存性(林ら、2002)

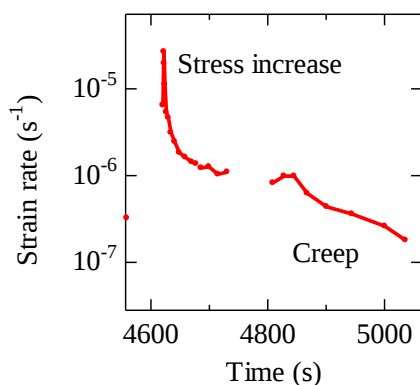


図8 ケース1におけるひずみ速度の例

5. まとめ

南北走向の沈み込み帯では、大潮において潮汐力の振幅が大きく、速いひずみ速度によって地震断層の強度が増加し、巨大地震の発生が妨げられているのではないかという仮説を検証するために、稲田花崗岩に一定応力とわずかに変動する応力とを繰り返し与え、破壊するタイミングを観察したところ、応力変動が小さく、変動が応力減少で始まる場合は全ての供試体が一定応力下で破壊した。その他のケースでは一定応力下で破壊するとは限らなかったが、応力増加時や応力が平均値より大きい場合に破壊するとも限らないことがわかった。これらの結果は、上記仮説をある程度支持するものである。

今後は、プレート断層にありそうな岩種(玄武岩、エクログナイト、蛇紋岩など)を用いる、応力振幅を小さくする、封圧・間隙水圧を導入する、高温下で試験を行う、断層ガウジについて試験を行う(東北太平洋沖地震の断層ガウジは主にスメクタイトで構成されていた、氏家、2013)、ひずみ速度制御で試験を行うなど、より実際に近い条件下で検証を続けるとともに、震源の深度等についても考察を進めていきたい。

引用文献

- Fujii, Y. and Ozaki, Y. (2012), Date, Lunar Phase and Time of Giant Earthquakes might be Specified for Each Subduction Zone, Seismological Research Letters, Vol. 83, No. 2, pp. 456 (Seismological Society of America 2012 Annual Meeting, Apr. 19, San Diego)
- Fujii, Y., Ozaki, Y., Fukuda, D. and Kodama, J. (2013), Why Do Giant Earthquakes Occur at Lunar Phases Specific to Each Subduction Zone? RS2013-1021, 6th Int. Symp. on In-situ Rock Stress, 20-22 August 2013, Sendai Japan
- 氏家 (2013)、JFAST の現状、要(かなめ、JAMSTEC ニュースレター)、Vol. 4, pp. 4-5
- 林為人・大田恭史・高橋学・杉田信隆(2002)、花崗岩の圧縮強度と変形特性に及ぼすひずみ速度の影響、資源と素材、Vol. 118, Nos. 5/6, pp. 377-384