

プレート間滑りの地震挙動シミュレーションにおける境界条件等の選定

東北工業大学 正会員 ○ 秋田 宏、小出 英夫 非会員 沢田 康次
フェロー会員 神山 眞 正会員 千葉 則行

1. まえがき

プレート間滑りの地震挙動シミュレーションにおいて、固着と滑りの判定に滑り応答関数¹⁾を用いるのが一般的である。同関数では、海洋プレートの変位を場所によらず同一としているため、剛体と見なしたことになる。しかし、海洋プレートを弾性体と見なし、大陸プレートとの相互作用を考えるのが、より現実に近いと考えられる。海洋プレートを弾性体と考えると、ローラー支点で支えるか、マンツルの浮力（液圧）で支えるかに始まり、いくつかの境界条件の検討が必要になる。本稿は、二つの長方形ブロックの滑りを2次元で解析し、妥当な境界条件を選定するとともに、その根拠をまとめたものである。

2. 解析概要

図1が採用した有限要素モデルで、大陸プレート・海洋プレートともに厚さ100km、長さ400kmの長方形で横方向の断面から見た2次元解析とし、節点数1212、要素数1000である。大陸プレートは右端が自由境界、左端を不動点として水平移動を拘束している。海洋プレートは左右両方に連続していると考え、当面右端を変位指定境界とするが、自重と液圧のみが作用した状態では支点と同等になるため、そのように表示している。左端は液圧の影響を反映させるために、自由境界か変位指定境界かにかかわらず当初は自由境界としている。両プレートが接する境界面にはそれぞれに同一座標の節点を設け、図ではわかりやすくするために対応する節点を離して描き、相互作用を考慮する節点を黒丸（大陸プレートでは511～605）で表している。プレート間の相互作用を対応する節点どうしが及ぼし合う力（鉛直力、水平力）で実現し、相互作用しない節点にも鉛直力（液圧）のみは作用させた。相互作用力を、固着している場合は対応する節点が同一変位を取るような、滑る場合は鉛直方向変位のみ同一となるような、再固着した場合はそれまでの水平変位差を保つような力として定めた。固着するか滑るかの差は、鉛直力に対する水平力の比が最大静止摩擦係数を越えるか否かで判定し、摩擦係数0.02を採用した。材質は全体を花崗岩（密度2.65g/cm³、ヤング係数5.2×10⁴N/mm²、ポアソン比0.25）とみなして簡単化した。

3. 支点条件

海洋プレートを、ローラー支点で支えるかマンツルの液圧で支えるかは、後者を採用した。ローラー支点は、鉛直方向の動きを拘束してしまうからである。

解が不定にならないように、両プレートには最低1個の鉛直支点を設ける必要がある（節点506と707）。しかし、支点反力が生じると単純梁と同じ効果が現れ、反力による曲げ変形が加わることになる。

したがって、液圧で支えた状態を実現するためには、両支点を反力がゼロになる位置まで移動させる必要がある。実際に計算で求めた結果、両支点の移動量はともに沈下で5.334440kmと6.907381kmである。

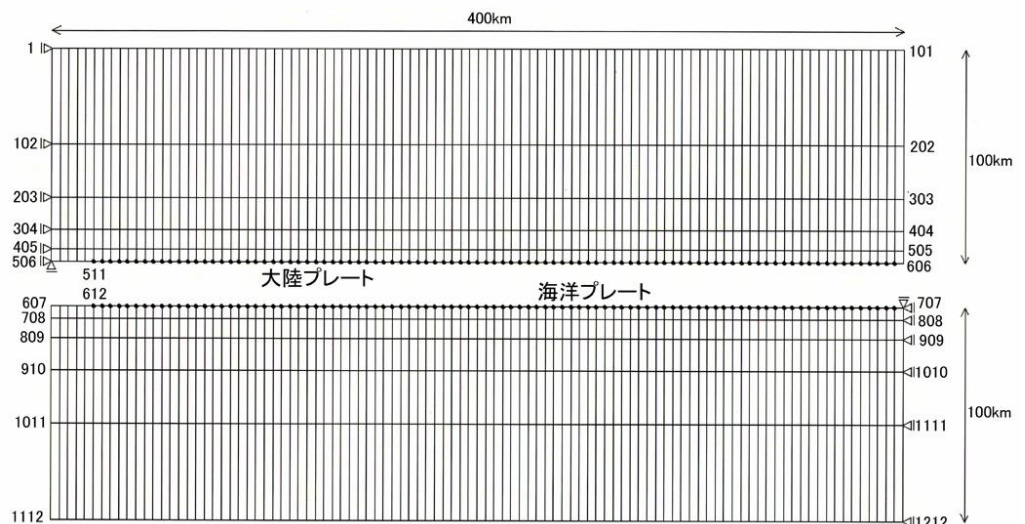


図1 有限要素モデル

4. 側圧の影響

浮力の元になる液圧は等方等圧であるため、必ず側圧が生じる。自重と液圧による変形の例は、たとえば海洋プレート左端を自由とした場合図2である。液圧は深いほど大きいので、プレートが曲げを受けることになる。しかし、海洋プレートは左右に連続しているため、端部は回転できない。したがって、完全に自由ではなく、端部の回転を拘束する必要がある。

さらに、海洋プレートは大陸プレートよりも相対的に大きな側圧を受けるので縮む量が多い。そのため境界面の対応する節点がずれ、最大で23km近くになる。このように離れた点どうしが相互作用するのは矛盾しているため、変形後の座標

が一致するようにモデル分割を切りなおす（改良する）必要がある。図3がその例で、黒線の部分をモデル化し、自重と液圧による変形で赤線のようになり両プレートの対応する節点が一致している。これをスタートにして、海洋プレートを年間8cmで移動させ、固着・滑りの解析に入るのである。

さらに、海洋プレートの移動を、右端から押すか、左端から引張るか、右端から押すと同時に左端から引張るか、の3ケースが考えられるが、この点は突詰めずに3ケースをそのまま解析して比較の対象とする。

5. あとがき

このように多くの項目に関する検討は、もし海洋プレートが剛体であれば、すべて必要の無いものである。しかし、海洋プレートの変形、大陸プレートとの相互作用、海洋プレートの局部的破壊などを問題にする際には欠かせない検討だと考えられる。

謝辞：本研究は平成27年度JSPS科研費（課題番号15K06190）を受けたものである。

参考文献

1) 平原和朗：地震発生サイクルシミュレーション、RIST ニュース、No.54, pp.25-32, 2013.

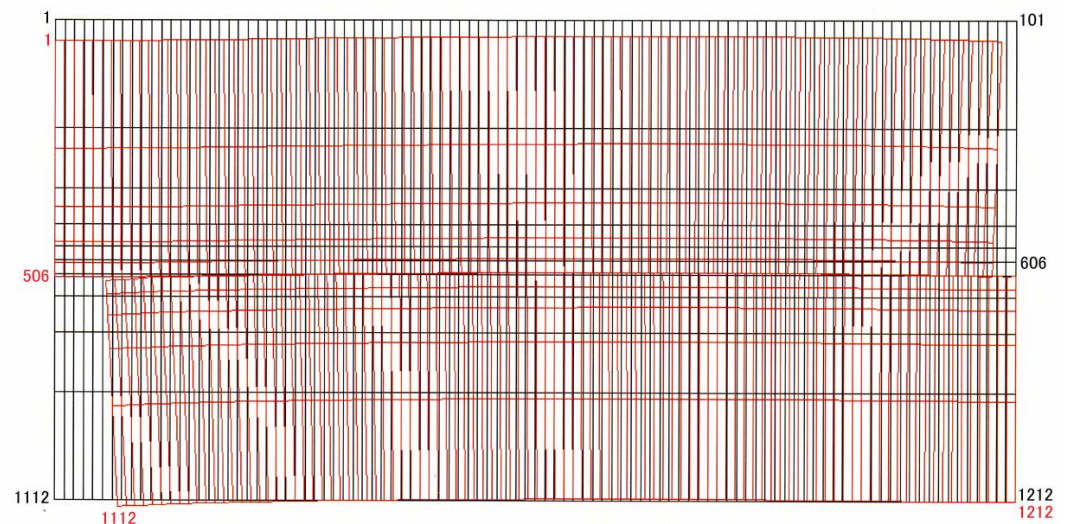


図2 自重と液圧による変形（黒：変形前、赤：変形後）

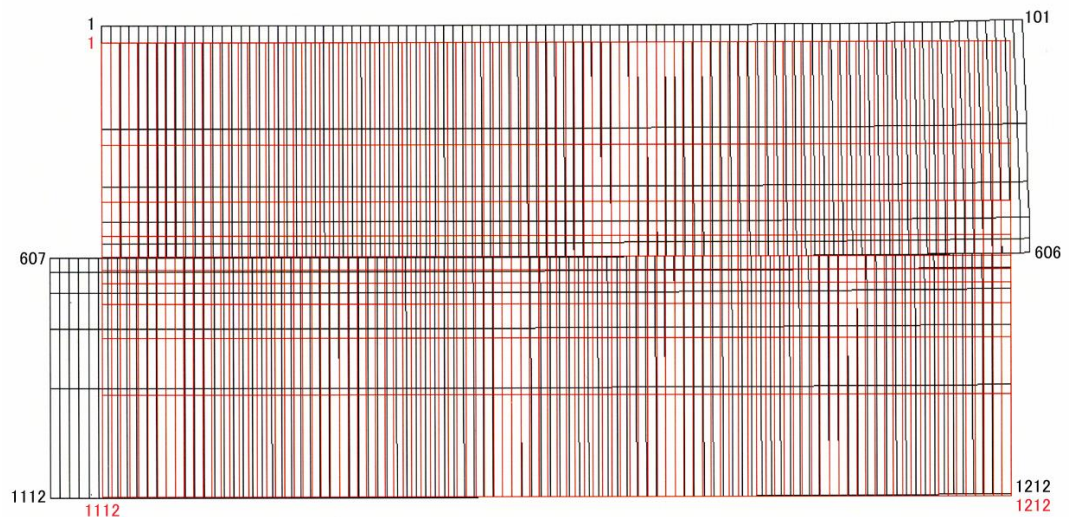


図3 自重と液圧による変形（改良後、黒：変形前、赤：変形後）