

2 地殻変動

日本列島では、海洋プレートの沈み込み等に伴う地殻の弾性変形に起因して、隆起・沈降・水平変位等の地盤の変位が常に生じている。また、大地震時には、断層運動に伴い、地殻に急激な弾性変形が生じ、それにより、周辺のかなり広い地域に隆起・沈降・水平変位等の地盤の永久変位が生じる場合がある。これらを地殻変動という。

常時の地殻変動による隆起・沈降の大きさは地域によっては気候変動による平均海水面の上昇とオーダー的に同程度となる場合もある。例えば高知県の室戸岬は年間5～7mm程度の割合で沈降しており⁰⁾、これを100年間に換算すると50～70cm程度の沈降となり、平均海水面の上昇とオーダー的に同程度となる。隆起の生じている港湾では海水面の上昇が見かけ上遅くなり、沈降の生じている港湾では海水面の上昇が見かけ上速くなる。各地で常時生じている隆起・沈降については、国土地理院から信頼性の高い情報を入手することができる⁰⁻¹⁾。具体的には国土地理院のホームページ上で公開されている「電子基準点日々の座標値」⁰⁻²⁾を用いるのが良い。一般的には日々の座標値を20年分程度入手し直線を当てはめるのが良い。ただし、2011年東北地方太平洋沖地震後に余効変動(大地震の後に長期間にわたりゆっくりと進行する地殻変動)の生じている地域等においては、余効変動の速度が次第に遅くなる可能性が高い。それらの地域では、当てはめに用いる関数モデルとして直線ではない関数モデル⁰⁻³⁾が提案されており、参考になる。港湾施設の整備において、常時の地殻変動による隆起・沈降を考慮する場合の期間は、気候変動による平均海水面の上昇を考慮する期間と同様とする。常時の地殻変動による隆起・沈降が気候変動による平均海水面の上昇に比べ無視しうる場合はこれを考慮する必要はない。また、隆起を考慮しない方が安全側となる場合はこれを考慮しないといった判断も適宜行うことができる。

地震時の地殻変動による永久変位のうち鉛直成分は、断層運動の向きや断層と対象地点の位置関係により、上向きの場合と下向きの場合がある。最近では、2011年東北地方太平洋沖地震の際、牡鹿半島で1.2mの沈下が生じた例がある¹⁾。1707年宝永地震の際には、高知市の市街地が最大2m沈下したとされる²⁾。また、同じ地震の際、室津では1.8mの隆起があり大型船の入港が不可能になったとされる²⁾。

地震による地殻変動については、必要に応じて、以下に述べる事項について配慮することが望ましい。

- ①地震による地殻変動に伴い隆起の生じる港湾では、緊急物資輸送用の耐震強化バースの前面水深が確保できなくなる可能性がある。したがって、海溝型巨大地震の発生が想定される地域の港湾において、緊急物資輸送用の耐震強化バースの計画を行う場合には、必要に応じて、想定される地震が発生した場合の地盤の隆起の可能性と隆起量について十分に検討を行い、隆起発生後にも必要な前面水深が確保されるように配慮することが望ましい。同様のことは関係する航路や泊地についてもいえる。
 - ②地震による地殻変動に伴い沈降の生じる港湾では、津波対策として期待されている護岸・防潮堤等の天端高が確保できなくなる可能性があるとともに、津波荷重が増加する恐れがある。したがって、海溝型巨大地震の発生が想定される地域の港湾において、これらの施設の整備を行う場合には、必要に応じて、想定される地震が発生した場合の地盤の沈降の可能性と沈降量について十分に検討を行い、沈降発生後にも必要な天端高が確保されるように配慮するとともに、津波荷重の算定においてこれを考慮することが望ましい。
- 地震時の地殻変動に伴う永久変位の向きと大きさは、想定する地震の位置と規模を考慮した数値計算により求めることができる他、過去に当該地域で発生した大地震による永久変位の値を参考にすることもできる。例えば、過去に南海トラフで発生した大地震による各地の隆起・沈降の大きさは宇佐美によりまとめられている²⁾。

ただし、過去の地震のデータはあらゆる港湾で利用可能ということではなく、また、津波シミュレーションにおいて過去の地震よりも大きな規模の地震を想定することも多くなってきている。したがって、過去の地震のデータが得られていない地点で隆起・沈降を推定する場合や、過去に発生した地震よりも大きな規模の地震を想定する場合には、数値計算により地殻変動を推定する必要がある。その場合、半無限媒質を仮定して理論的に弾性変形を計算する方法³⁾が用いられることが多い。そのためのパッケージプログラムが防災科学技術研究所から提供されている⁴⁾。数値計算の際に想定する断層面上のすべり分布が津波シミュレーショ

ンにおける想定と整合していることは重要である。なお、南海トラフ巨大地震については、地殻変動に伴う永久変位の向きと大きさは内閣府によっても推定されており、こうした推定結果を用いることもできる。

なお、大地震後の余効変動においては地震時とは逆向きの変動が生じた事例もある。例えば、東北地方太平洋沖地震の牡鹿半島付近の例では、地震時の沈降の4割程度の隆起が5年間で発生している⁵⁾。これは、地震時には比較的沖合で、余効変動時には海岸線付近ですべりが生じたためであり、地域性が大きく、他の地域で同じ現象が見られるとは限らないという点に注意を要する。

【参考文献】

- 0) 地震調査研究推進本部, <https://www.jishin.go.jp/main/chouki2/shuhou/node24.html>.
- 0-1) 国土地理院：日本列島の地殻変動, <https://www.gsi.go.jp/kanshi/>.
- 0-2) 国土地理院：日々の座標値, https://terras.gsi.go.jp/pos_main.php.
- 0-3) Fujiwara, S., Tobita, M. and Ozawa, S. : Spatiotemporal functional modeling of postseismic deformations after the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Earth, Planets and Space*, Vol. 74 (1) :13, 2022.
- 1) 国土地理院：GPS連続観測から得られた電子基準点の地殻変動, 平成23年(2011年)東日本大震災に関する情報提供, <http://www.gsi.go.jp/chibankansi/chikakukansi40005.html>, 2011.
- 2) 宇佐美龍夫：最新版日本被害地震総覧[416]-2001, 東京大学出版会, 2003.
- 3) Okada, Y. : Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 75, pp.1135-1154, 1985.
- 4) 国立研究開発法人防災科学技術研究所：断層モデルによる地殻変動計算プログラムDC3D0/DC3D, http://www.bosai.go.jp/study/application/dc3d/DC3Dhtml_J.html
- 5) 国土地理院：GEONETによる観測結果, 特集・平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震から5年, http://www.gsi.go.jp/kanshi/h23tohoku_5years.html, 2016.