

地震時の地殻変動ひずみと構造物被害との関係 (3.11 地震を中心として)

東北工業大学	フェロー会員	○神山 眞
々	正会員	小出英夫
々		沢田康次
々	正会員	秋田 宏
々	正会員	千葉則行

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震(以下、3.11地震)により生じた地殻変動は様々な防災・減災上の課題を提供している。筆者らは地殻変動と地震発生予測との関係を検討すべく系統的な考察を進めているが、地震による被害軽減が研究目標の根底にある。地殻変動考察は地震発生予測の研究を進める上で有力な手段であると同時に、地震による構造物被害発生を解析するための新たな視点を提供する可能性を秘めている。サイスミシティと地殻変動との考察については一部報告済みであるが¹⁾、本文では筆者らのチーム研究の一環として地震時地殻変動による地盤ひずみとインフラ構造物被害との関係を3.11地震の結果を中心として述べる。

2. GEONET データによる地殻ひずみの算定

GEONET²⁾は日本が世界に誇るGPSによる総合的な地殻変動監視システムである。GEONETは3.11地震の際にも有効に機能して貴重なデータを提供した。図1は筆者らの一人が解析したDGPS法による同地震の際の地殻変動の変位分布を水平成分について示したものである³⁾。図1に示すように変位ベクトルは空間的に大きく変動している。このようなベクトルの空間変動はひずみテンソルをもたらす。ひずみテンソルは地震発生環境(サイスミシティ)や構造物被害と密接に関係する基本量である。特に、土木工学で対象の構造物は一方方向に長い形状を有するのでひずみ量の把握は重要である。図1のように変位は地表離散点において東西、南北、上下の3方向で与えられるので、一般化平面ひずみ条件によりそれらの変位に空間微分を施すことで東西方向の直ひずみ ϵ_{EW} 、南北方向の直ひずみ ϵ_{NS} およびせん断ひずみ γ_{NE} が容易に得られる。ここでは、有限要素法FEMの三角形要素を用いた手法⁴⁾でひずみを算定した。図2に示すようにGEONET観測点を対象にドロネー三角形分割⁴⁾で三角形要素(Element)を構成してその重心点で3成分ひずみを算定した。さらに、これら3成分ひずみから最大主ひずみ ϵ_{max} 、最小主ひずみ ϵ_{min} 、最大せん断ひずみ γ_{max} および主ひずみ軸方向を求め、これらのひずみ成分と構造物被害との関係を考察した。

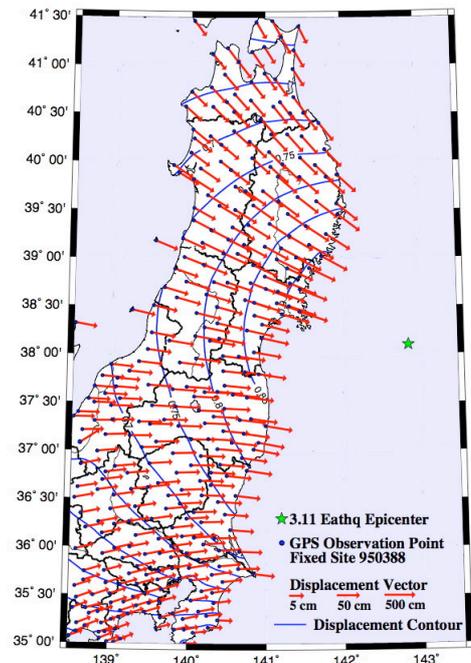


図1 DGPS 固定点法による水平変位の分布

3. 3.11 地震による構造物被害の分布と地殻変動ひずみの分布との関係

3.11地震被害の調査は多くの機関組織でなされているが、7学協会の東北支部から構成された「東日本大震災に関する東北支部学術合同調査委員会」はその第一部門小委員会で土木構造物被害について座標点を含めて詳細な報告書を発行している³⁾。対象構造物は主たる被害を受けた宮城、岩手、福島県の3県の国道、地方道、高速道、鉄道の橋梁およびそれらの付帯施設であり、災害復旧事業の対象に災害査定される程度以上の被害を受けたものである。3県の沿岸部の被害には津波による被災も一部含まれているが、地震動によりもたらされ

キーワード 地殻ひずみ, 2011年東北地方太平洋沖地震, 2008年岩手・宮城内陸地震, GPS, GEONET, 被害連絡先 〒981-3203 仙台市泉区高森 3-8-186 E-Mail : mk_kamiyama@jcom.home.ne.jp

た被害が主となっている。福島県沿岸部のうち福島第一原発近傍では未調査の地点もあるが、ほぼ宮城、岩手、福島3県の被害箇所を隈無く網羅して調査されている。被害内容などの詳細は文献3)を参照されたい。図3は被害箇所をプロットして地殻変動ひずみ分布との関係を比較した例である。図3では前記のように求められた地殻ひずみのうち最大せん断ひずみを例に被害との関係を分布として比較している。ここに、最大せん断ひずみの大きさは色調イメージで表現され、分布にはコンターが付されている。図3から被害箇所と最大せん断ひずみの両者の分布特性には一定の相関が存在してことが明らかである。

4. 2008年岩手・宮城内陸地震による構造物被害の分布と地殻変動ひずみの分布との関係

2008年岩手・宮城内陸地震(M7.2)もGEONETによる地殻変動と構造物被害が詳細に明らかにされている地震としての特徴を有している。同地震では4学協会による「東北合同調査委員会」が発足して詳細な被害調査が報告書としてまとめられている⁵⁾。同地震は内陸直下地震としては最大規模のものであり、中山間地に発生したことから橋梁、道路などの土構造物、斜面での土砂災害など多種多様な被害をもたらされた。これらの被害分布と地殻変動の変位分布との関係は考察済みであるが⁶⁾、本文では変位ベクトルからひずみを新たに求め、それらと被害分布が比較された。図4は図3と同様な要領で最大せん断ひずみ分布を対象に整理したものである。図4においても最大せん断ひずみ分布特性は構造物被害の分布をよく説明している。

5. まとめ

近年、日本に発生した代表的な二つの被害地震の結果から地殻変動によるひずみ分布は土木構造物の被害分布をよく説明している。二つの被害地震による被害は最大せん断ひずみが $10^{-4.5}$ (0.00003) を越える地域に分布しており、 $10^{-4.5}$ のひずみレベルは土木構造物被害発生の一種のしきい値を与えるものと考えられる。

参考文献 1) 神山ら：土木学会東北支部平成25年度技術研究発表会，2014。 2) 国土地理院測地観測センター：国土地理院時報，No. 103，2004年。 3) 東日本大震災に関する東北支部学術合同調査委員会：2011年東北地方太平洋沖地震災害調査報告書，pp. 1-497，2013年。 4) 吉識雅夫監訳：マトリックス有限要素法，培風館，1970。 5) 平成20年岩手・宮城内陸地震4学協会東北合同調査委員会，同報告書，pp. 1-403，2009。 6) 神山ら：日本地震工学会論文集，第11巻，第5号，2011。

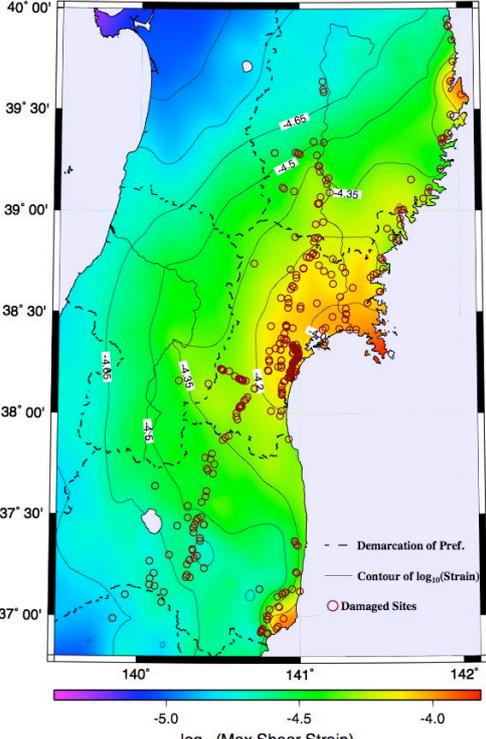


図3 3.11地震の構造物被害と最大ひずみ分布の比較

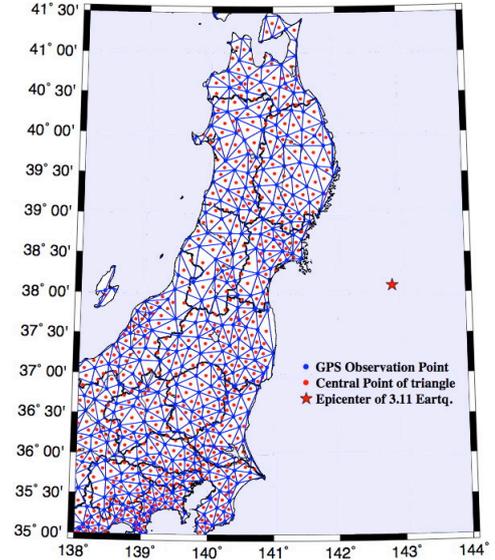


図2 GEONET観測点とドロネー三角形分割によるひずみ算定点の分布

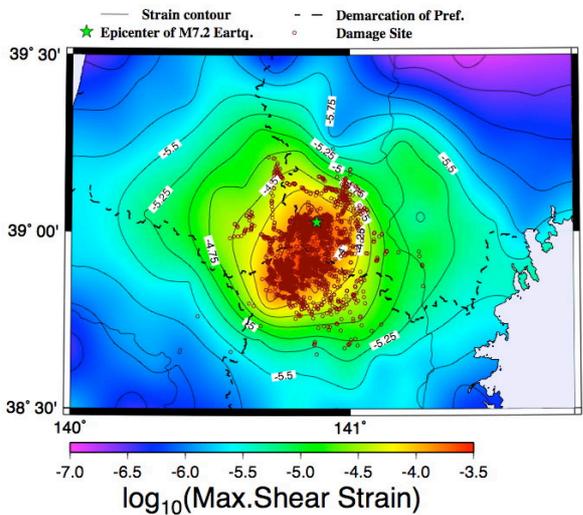


図4 2008年岩手・宮城内陸地震の構造物被害と最大ひずみ分布の比較