

## 1. はじめに

### 1.1. 調査の目的

2011年（平成23年）3月11日、宮城県牡鹿半島の東南東沖約130kmの海底を震源として日本における観測史上最大規模の海溝型地震である東北地方太平洋沖地震が発生した。本地震によって発生した強い揺れや液状化、地盤沈下などによって東北から関東のほぼ全域において種々な構造物が大きく被災した。また、本地震が海溝型の大地震であったことから大きな津波が発生し、場所によっては波高10m以上で最大遡上高が約40mにも達し、東北から関東の太平洋沿岸部に大きな被害をもたらす結果となった。

本地震による道路関係の被害としては、警察庁の発表によると2011年12月12日現在、道路の損壊箇所は3,747箇所となっている。一般道路は、岩手県、宮城県、福島県、茨城県など東北から関東の広域で道路が寸断した。自動車専用道路としては、東日本高速道路管内の東北自動車道、秋田自動車道、釜石自動車道、常磐自動車道などが通行止めとなった。また、首都圏では、首都高速道路においても湾岸線の数箇所が通行止めとなった。鉄道関係の被害は、東北新幹線や気仙沼線など在来線7線区の28の駅舎が被害を受け、在来線の約60kmが津波によって線路が流失した。道路や鉄道以外の社会基盤施設にも被害がおよび、港湾施設、海岸施設、電力施設などが主たる被災した構造物である。

このような、未曾有の被害をもたらした東北地方太平洋沖地震による日本の経済的損失は、25兆円を超えるとも言われているが、現在、今後発生が危惧されている南海、東南海、首都直下地震による被害を最小限に抑える対策の必要性が叫ばれている。

本委員会は、今後発生すると予測されている地震への予防的な対策に有益な資料とすることを目的に、東北地方太平洋沖地震によって被災した鋼構造物のうち道路施設、鉄道施設、港湾施設、電力施設などを対象として、定量的な被害状況の把握、被害原因の予測を行うとともに、発災からこれまでに公表された資料を分析することで明らかとなった課題をとりまとめることとした。

### 1.2. 調査の方針

本委員会においては、東北地方太平洋沖地震によって被災した社会基盤施設のうち、道路施設、鉄道施設、港湾施設、電力施設などを対象としている。地震による犠牲者が約2万人、建築物の全壊・半壊は合わせて35万戸以上と甚大であることや東京電力福島第一原子力発電所で発生した原子力事故による長期避難を強いられている状況などを考慮し、現地調査は最小限とし、公表されている資料を基本に今後必要となる鋼構造物における情報の取りまとめを行うものである。

本委員会で取りまとめた成果は、広く公表するだけでなく、課題として残った項目について鋼構造委員会において審議し、必要不可欠と判断されたテーマに関して鋼構造委員会内にあらたに小委員会を設け、更なる調査・分析を行い、予測される大地震に備える所存である。

### 1.3. 発生した地震動、津波の概要

2011年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により多くの被害が生じた。本節では、地震動と津波に関して概要を報告する。本地震による地震動や津波に関して多くの報告<sup>例えば1)~5)</sup>が公表されているので、詳細に関してはそれらの文献も参照されたい。

#### 1.3.1. 地震の概要

東北地方太平洋沖地震は、三陸沖130km付近で発生したマグニチュード $M_w$ 9.0の海溝型巨大地震である。震源の位置は、北緯38.1度、東経142.9度、震源深さは24kmである。震源域は長さ約500km、幅約200km、すべり量は20~30m程度に及んでいる<sup>6)</sup>。地震調査研究推進本部によれば、宮城県沖地震は2011年1月時点で30年以内に発生する確率が99%と予測されていたが<sup>7)</sup>、今回の地震では、宮城県沖地震の想定震源域だけでなく、三陸沖南部海溝寄り、福島県沖、茨城県沖の領域にまでも震源の破壊が進展したと考えられている<sup>8)</sup>。

このように複数の断層運動が連動して発生したために、広範囲で強く継続時間の長い地震動が観測された。気象庁の震度分布をみると、**図1.3.1**に示すように、宮城県栗原市で震度7、4県40地点にわたって震度6強が観測された。

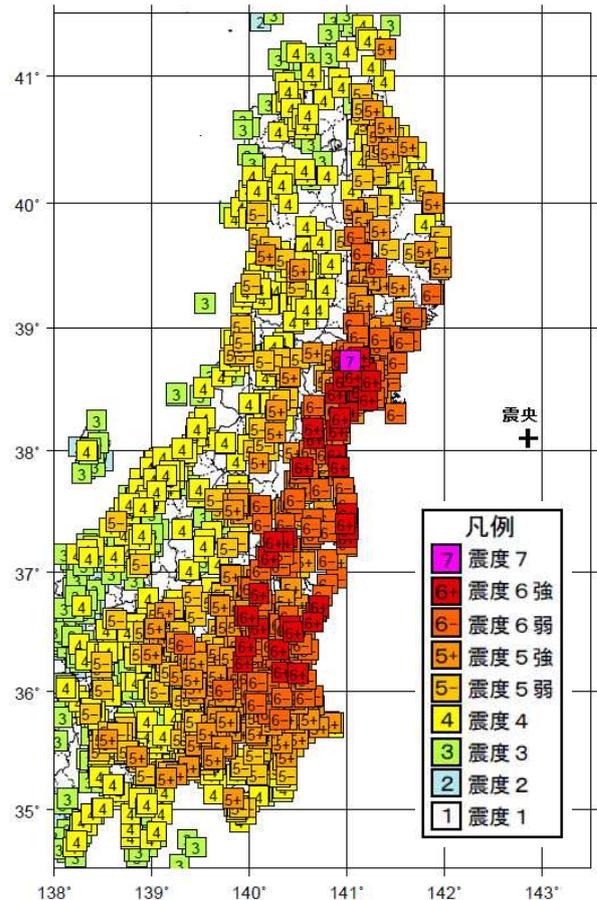


図1.3.1 気象庁発表震度分布<sup>9)</sup>

#### 1.3.2. 地震動の概要

3成分合成加速度 $1,000\text{cm/s}^2$ を越えた観測点は18地点に及んでいる。これらのうち、上位7番目までの観測値を表1.3.1に示す<sup>10)</sup>。築館では3成分合成 $2,933$  (NS方向では $2,699$ )  $\text{cm/s}^2$ 、塩竈、日立、仙台などでも、3成分合成 $1,800$  (一方向成分で $1,500$ )  $\text{cm/s}^2$ を越える大きな加速度が観測されている。一方、これら観測加速度は $0.1\sim 0.5$ 秒程度の短周期領域が卓越する地震動である。これらの地震動の疑似速度応答スペクトルを、1995年兵庫県南部地震のJR鷹取の記録と比較すると、JR鷹取のピークに相当する $1\sim 2$ 秒の周期帯域での応答値はJR鷹取の $1/4$ 程度であることがわかる。今回の地震において、最大加速度の大きさにも拘わらず震動による被害が比較的甚大とならなかったのは、短周期領域が卓越し、その他の周期領域では極端に大きな応答加速度とはなっていないという特徴が一因と考えられる。

つぎに、気象庁発表資料から、震度4以上の継続時間の長い地点を抜粋したものを表1.3.2に示す<sup>11)</sup>。ここでの震度値は10秒間隔の記録に対して計測震度を算出したものであり、実際の計測震度とは一致しない。いわき市で最大190秒(3分以上)にも及ぶ継続時間にわたって震度4以上を観測したことがわかる。その他東北地方では、震度4以上が3分近くとなるような長い継続時間の地震動が、また震源地から離れた関東地方においても、震度4以上の継続時間が2分以上となる地震動が観測されている。これは、今回の地震と震源の近かった2005年宮城県沖地震や2008年岩手・宮城内陸地震と比較しても非常に長い継続時間となっている。このように、継続時間が非常に長いことが今回の地震動の特徴の一つである。

観測された地震動の一例として、築館での加速度波形を**図1.3.2**に示す<sup>10)</sup>。この図からも顕著なように、2つのピークが明瞭に現れていることも今回の地震波の特徴である。これは、2つ以上の断層運動が連動していたことの表れである。なお、震源から距離が離れた関東地方での観測波形では、このような2つのピークはみられなくなる。

表 1.3.1 最大加速度上位 10 地点<sup>10)</sup>

観測地点	3成分合成 最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	1方向(最大方向成分)	
		最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	最大速度 (cm/s)
築館	2,933	2,699 (NS)	113.1 (NS)
塩竈	2,019	1,969 (EW)	54.7 (EW)
日立	1,845	1,598 (NS)	64.6 (NS)
仙台	1,808	1,515 (NS)	84.3 (NS)
銚田	1,762	1,352 (NS)	68.3 (NS)
今市	1,444	1,185 (EW)	44.3 (EW)
白河	1,425	1,295 (NS)	54.7 (NS)

表 1.3.2 震度 4 以上の継続時間の長い地点<sup>11)</sup>

震度 4 以上の 継続時間	観測地点
約 190 秒	いわき市小名浜
約 180 秒	五所町古舘
約 170 秒	仙台宮城野区五輪
約 160 秒	盛岡市山王町
約 160 秒	大船渡市大船渡町
約 130 秒	千葉市中央区中央港
約 130 秒	横浜市中区山手町

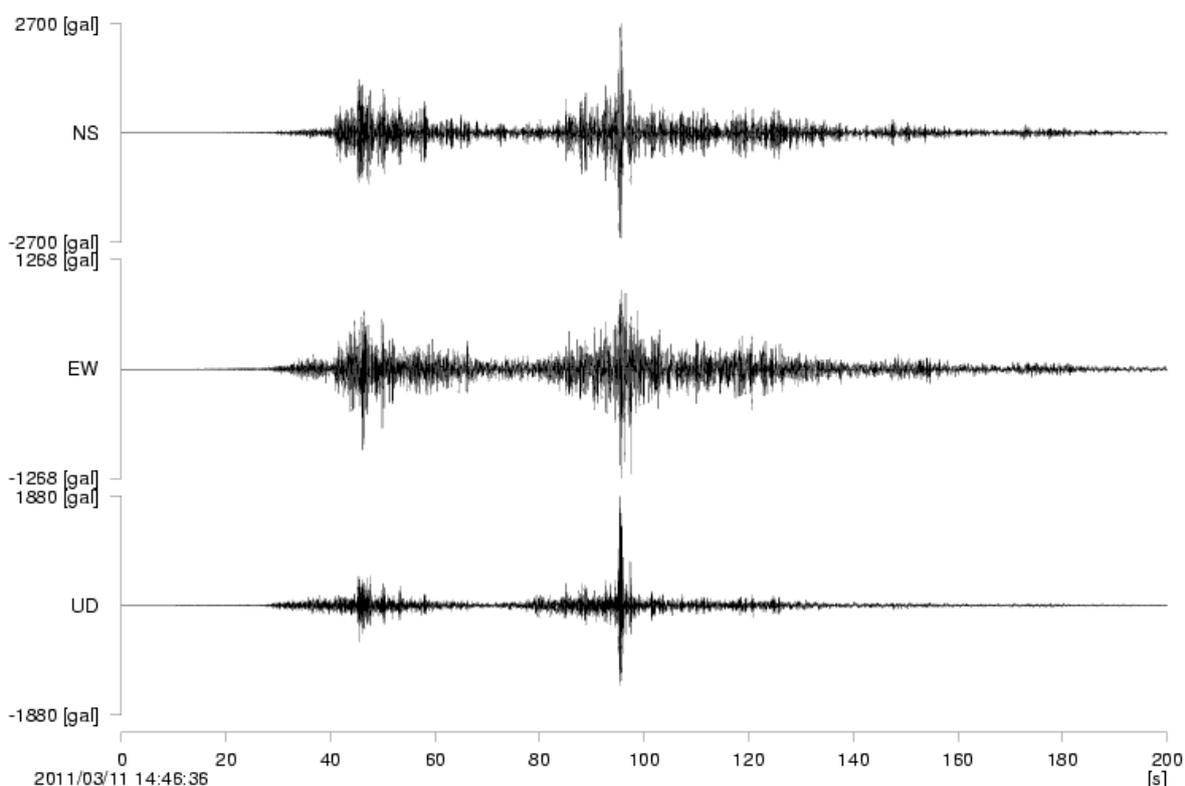


図 1.3.2 K-NET 築館 (MYG004) での観測加速度波形<sup>10)</sup>

### 1.3.3. 津波の概要

広範囲な地域で高い津波が観測されており、気象庁の潮位観測所においては宮古で8.5m以上、大船渡では8.0m以上、相馬では9.3m以上の津波高さが観測されている<sup>11)</sup>。津波の観測状況を図1.3.3に示す<sup>11)</sup>。ただし、潮位観測施設自体が被害を受けており、これらの測定値に関して信頼性には検討の余地があると言われている。また、文献4)に示される合同調査グループによる現地調査では、岩手県大船渡市で最大40.1mの津波高さが観測され、東北地方から離れるにしたがい低くなるが、北海道でも5m強、関東地方でも10m近くに達していると示されている。岩手県や宮城県の北部ではリアス式海岸の地形により遡上地点が海岸付近に集中しているが、宮城県南部の平野が発達している地域では、遡上地点は海岸から数km内陸まで分布している<sup>4)</sup>。

つぎに、県別の浸水面積を図1.3.4に示す<sup>12)</sup>。最も浸水面積の多いのは宮城県の327km<sup>2</sup>であり、福島県の112km<sup>2</sup>、岩手県の58km<sup>2</sup>と続く。一方、関東地方の茨城県や千葉県でも、それぞれ、23km<sup>2</sup>、17km<sup>2</sup>の浸水面積となっている。このように今回の地震による津波は、リアス式海岸のような複雑な地形を持つ三陸地方のみでなく、仙台湾周辺や福島沿岸、さらに茨城県や千葉県にも大きな浸水域をもたらした。

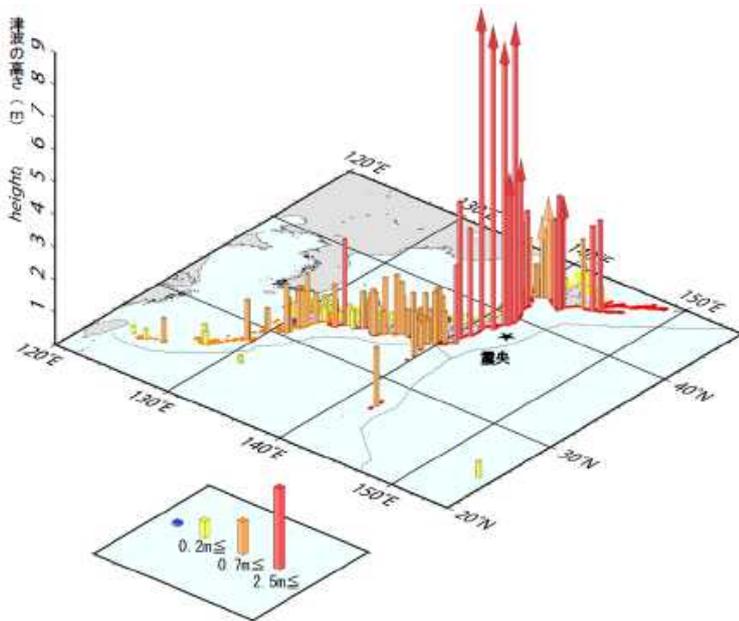


図 1.3.3 津波高さの観測状況<sup>11)</sup>

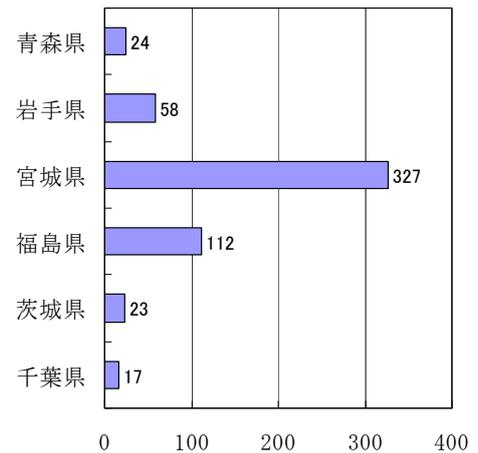


図 1.3.4 県別の浸水面積<sup>12)</sup>  
(単位：km<sup>2</sup>)

#### 参考文献

- 1) 後藤浩之：土木学会東日本大震災被害調査団緊急地震被害調査報告書 「第4章 地震及び地震動の特性」, 2011.
- 2) 川島一彦：土木学会東日本大震災被害調査団緊急地震被害調査報告書 「第5章 津波の特性」, 2011.
- 3) 青井真, 功刀卓, 鈴木亘, 森川信之, 中村洋光, 藤原広行：東北地方太平洋沖地震で観測された強震動, 日本地震工学会誌, No.15, pp.25-28, 2011.
- 4) 今村文彦, 高橋智幸, 有川太郎, 藤間功司：津波特定テーマ委員会活動報告, 土木学会誌, Vol.97, No.1, pp.42-52, 2012.
- 5) 平石久廣：2011年東北地方太平洋沖地震の被害の概要(建築), コンクリート工学, Vol.50, No.1, pp.4-12, 2012.
- 6) 気象庁：「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について, 第28報, 21頁, 2011.
- 7) 地震調査研究推進本部：海溝型地震の長期評価 ([http://www.jishin.go.jp/main/p\\_hyoka02\\_kaiko.htm](http://www.jishin.go.jp/main/p_hyoka02_kaiko.htm)).
- 8) 地震調査研究推進本部：平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の評価 ([http://www.jishin.go.jp/main/chousa/11apr\\_sanriku-oki3/index.htm](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/11apr_sanriku-oki3/index.htm)).
- 9) 気象庁：[http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2011\\_03\\_11\\_tohoku/201103111446\\_smap\\_ks.png](http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2011_03_11_tohoku/201103111446_smap_ks.png).
- 10) 防災科学技術研究所：強震観測網(K-NET, KIK-NET) (<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>).
- 11) 気象庁：災害時地震・津波速報 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震 ([http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji\\_201101/saigaiji\\_201101.pdf](http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_201101/saigaiji_201101.pdf)).
- 12) 国土地理院：津波による浸水範囲の面積(概略値)について, 第5報 (<http://www.gsi.go.jp/common/000059939.pdf>).