

Epistula

えびすとら



特集

平成23年東北地方太平洋沖地震

～前編 地震動を中心として～

地震動と津波

平成23年3月11日午後2時46分、三陸沖を震源とする「東北地方太平洋沖地震」が発生しました。その被害は、死者15,281名、行方不明者8,429名、負傷者5,363名、建築物の被害は全壊107,748棟、半壊63,083棟、一部損壊298,051棟（平成23年5月31日現在警察庁発表）となっています。

地震規模は、地震発生直後に気象庁からマグニチュード7.9と発表されましたが、3月13日に9.0（モーメントマグニチュード）と修正されました。この地震規模は、わが国の地震観測史上、最大のもので、その被害規模もこれまでに経験したことのない大きいものとなっています。

地震発生後短時間で沿岸に到達した津波は、北は青森県から南は千葉県まで広い範囲で奥深くまで入り込み被害を甚大なものになりました。

建築研究所では、震災をふまえた技術基準の見直しの際の技術資料を得るため地震発生後、建築物を主たる対象に地震被害などの情報の収集にあたりました。それらの第一次調査速報内容は、建築研究所のホームページで公表されています。

第一次調査では、被災地が広域にわたっていることもあり、地震被害の全容は必ずしもまだ明らかにされていません。建築研究所は引き続き被災地において建築物被害の詳細調査を実施中です。

本号では、この地震による構造被害を理解する上で重要な情



■写真1 津波被害（宮城県女川町）

海岸に近い地区では、残ったRC造建物がありました。木造家屋など低層軽量の建物のほとんどは津波で流されました。

報となる各地の揺れを見るため、建築研究所が実施する強震観測事業で得られた被災地における強震記録の紹介をします。この地震の震源域はきわめて大きく、大きな揺れを感じた地域もこれまでになく広大です。

建築物も被害を受けましたが、新耐震以降のものについては大きな被害を受けていません。

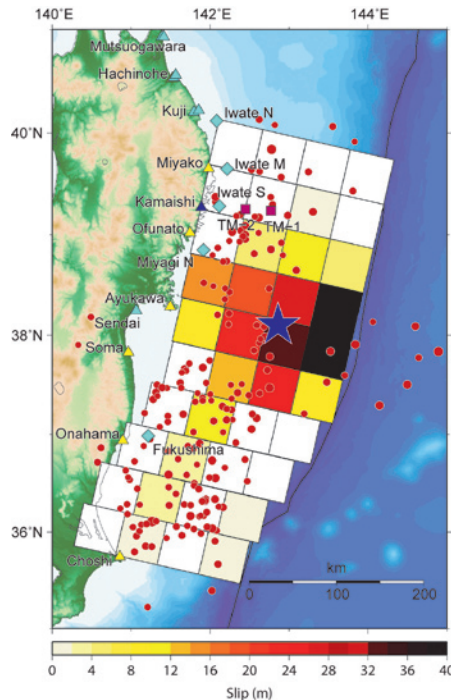
この震災で亡くなられた方及びその遺族の皆様に対して深く哀悼の意を表すると共に、被災された方々に心からお見舞い申し上げます。

平成23年東北地方太平洋沖地震における地震動と津波について

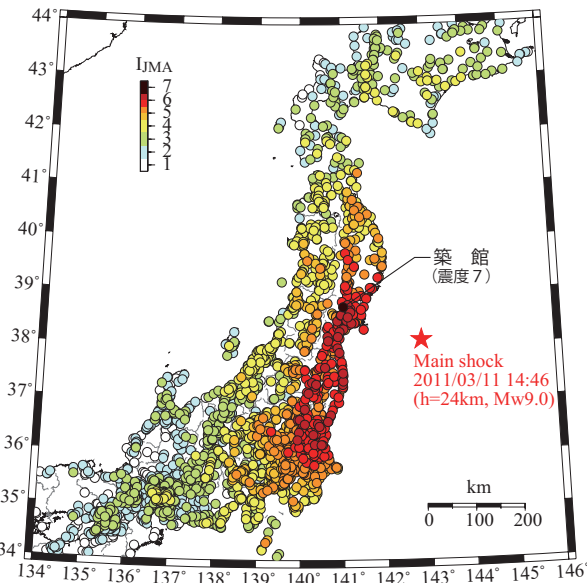
地震規模が大きく、広い震源域を持つ地震であったため、揺れは非常に長く続きました。直後に多くの強い余震があり、現存の建築物が経験したことがない、長時間かつ何回も繰り返された地震動は、建築物が考えるべき、今後の巨大地震への対策に大変重要な課題を提起しています。

大きな震源域

今回の地震では、北海道から西日本までの広い範囲で揺れを感じました。この地震はいわゆるプレート境界で起こった地震で、破壊された震源域が大きく、その余震域は南北500km、東西200km程度と推定されています。破壊が始まったのは図1中の★印あたりですが、建築研究所の分析ではプレートの境界である海溝近くのすべり量が最大で48 m程度と大きく、宮城県沖から三陸沖南部では10 - 30 m、福島県沖では約10 m、茨城県沖では約2 mのすべりが推定されています。また三陸沖中部では、部分的に5 - 11 mのすべりが推定されています。図1の★印は地震の始まりである破壊開始点を示していますが、ここから破壊が進み、北は岩手県沖から南は茨城県沖に達する広い範囲が震源域となりました。



■図1 津波記録から推定した震源域におけるプレート相互間のすべり量の分布 (2011, EPS特集号)



■図2 本震における各地の震度分布

広がった揺れ

地震の揺れの大小は震度で表します。今回の地震で最も震度が大きかったのは、宮城県栗原市の築館地点で、震度7でした。それ以外に震度7はありません。しかし、K-NET*1など他機関による地盤上での強震観測ネットワークでは揺れを表す別の指標の一つである地盤上の最大加速度は多くの観測点で1000ガル*2を超えました。図2に示すように、わが国のほとんどの地域で揺れを感じました。

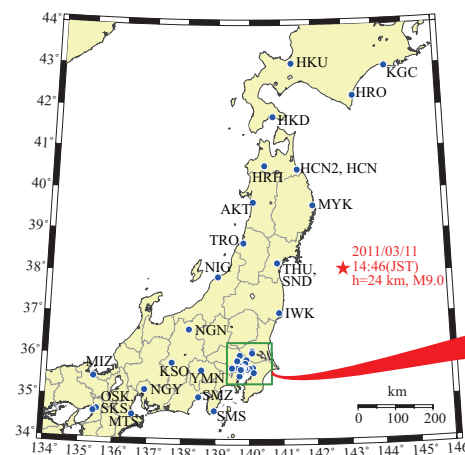
図2の震度は、地盤上の観測記録から算出しています。地震動は地震規模や震源からの距離だけでなく、観測地点の地盤条件によっても変わります。

建物が地震に強いかどうかを知るには、地震時の建物の応答だけでなく、その建物に作用した地震動を知ることが重要です。建物で地震観測していればそれが容易になります。建築研究所では、建物の耐震性を計る目的で全国約70箇所 で建物を対象とした地震観測を行っています。

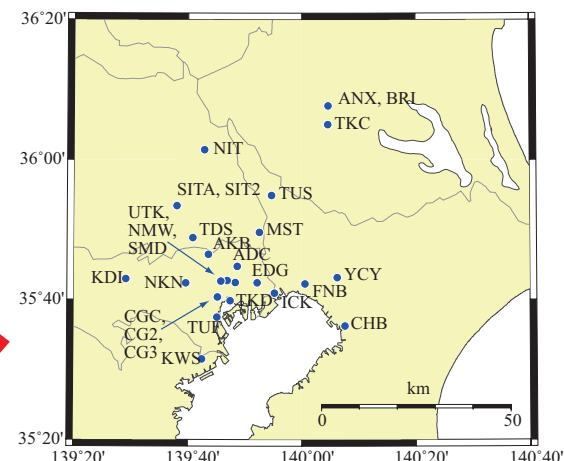
わが国では強震観測は昭和28年に始まりました。建築研究所もその時代から建物の観測を長期にわたって実施

してきました。図3は建築研究所の現在の観測地点のうち今回の地震で観測記録を得た地点を示しています。そのうち首都圏は図4に示すようにさらに観測点を密に配置しています。

表1に主要観測地点の計測震度、方向別の最大加速度を示します。被災地の観測値としては、仙台第2合同庁舎(SND)、東北大学工学部人間環境系建物(THU)、いわき市庁舎(IWK)などが大きなレベルを示しています。特に東北大学工学部人間環境系建物では、RC構造が被災し、建物は使用できない状態になっています。この建物は、昭和53年6月の1978年宮城県沖地震の時に、9階で1Gを超える加速度を観測しています。



■図3 記録を得た建築研究所の強震観測地点



■図4 建築研究所が実施する首都圏における強震観測地点

長 かった揺れ

前述のように震源域が広く震源での破壊開始から完了までの時間が長かったことから、各地の揺れは、共通して今までになく長く継続しています。

表1には今回の地震での主要観測地点の揺れの計測震度、方向別の最大加速度等を示しています。

このうち、1978年宮城県沖地震で大きな加速度応答を記録した東北大学人間環境系建物(9階建て)では、今回も大きな記録を得ていますが、速度波形で比較すると図5のように、1978年と比較して継続時間がきわめて長くなっています。

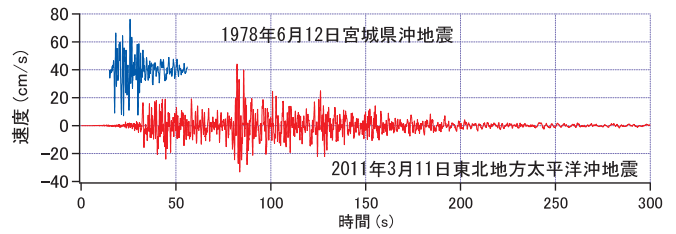
図6では、仙台、いわき、宮古、八戸など主要被災地域にある建築物の1階、地階または地盤上での観測記録について、周期ごとの地震動の大きさを表す擬似速度応答スペクトルを比較しました。周期2〜3秒では、建築基準法告示における工学的基盤における設計スペクトルレベルを少し超えている程度でそれほど大きくはありません。また長周期領域でも大きくありません。

なお宮古市庁舎(MYK)では津波により庁舎が2階まで冠水しました。地震記録の収録機器は庁舎の上層階にあったので、データを回収することができたものです。

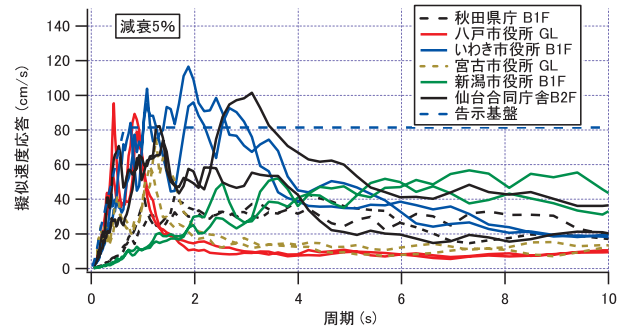
図7には、首都圏の主要地域の建築物での観測記録の周期ごとの地震動の強さを表す擬似速度応答スペクトルを示しました。

関東地域でも茨城、栃木、千葉各県ではK-NET等で非常に大きな揺れを観測したところがあります。

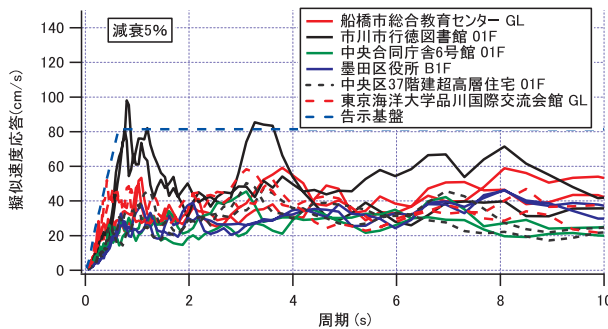
ただ、首都圏での観測値はそれほど大きいものではありません。



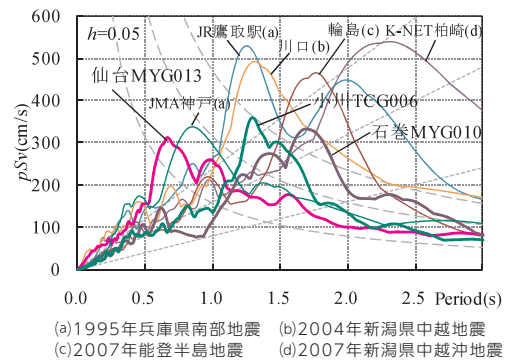
■ 図5 1978年宮城県沖地震と2011年東北地方太平洋沖地震の同一建物の観測波形(速度)の比較



■ 図6 被災地(建物内)での地震動特性 周期2、3秒で告示レベルを超えるが、問題のないレベルである。



■ 図7 首都圏の観測点(建物1階又は地階)での地震動特性



■ 図8 過去の地震動との比較

■ 表1 建築研究所の主要強震記録

記号	観測地点	Δ (km)	I _{JMA}	設置方位	位置	最大加速度 (cm/s ²)			備考
						H1	H2	V	
SND	仙台第2合同庁舎	175	5.2	074°	B2F*	163	259	147	超高層建築物
					15F	361	346	543	
					01F*	333	330	257	
THU	東北大学人間環境系建物	177	5.6	192°	09F	908	728	640	
					01F	138	122	277	
					07F	246	197	359	
					GL*	174	174	240	
					B1F*	175	176	147	
IWK	いわき市庁舎	210	5.3	180°	09F	579	449	260	
					A01*	279	227	248	
					A89	142	153	102	
					BFE	194	191	136	
					8FE	597	506	344	
					MBC	203	206	152	
					M8C	682	585	311	
					B3F*	74	63	42	
SIT2	さいたま新都心合同庁舎2号館	378	4.4	340°	10FS	119	138	62	超高層建築物
					27FS	248	503	107	
					01F*	90	105	47	
SITA	さいたま新都心合同庁舎厚生棟	378	4.5	313°	GL*	265	194	150	
					B1FW	100	79	84	
					01FW	76	89	87	
					04F	100	77	90	
CGC	中央合同庁舎6号館	386	4.4	208°	01F*	90	86	45	超高層建築物
					20B	208	148	173	
					19C	179	133	130	
					B4F*	75	71	49	
					13F	137	113	72	
CG2	中央合同庁舎2号館	386	4.2	208°	21F	121	131	104	超高層建築物
					B2F*	104	91	58	
					B1F	55	41	62	
CG3	中央合同庁舎3号館	386	4.5	208°	12F	94	82	104	免震建築物
					B8F	61	88	53	
					B4F	68	101	56	
					01F*	76	104	84	
					04F	125	192	94	
NDLA	国立国会図書館新館	387	4.5	354°	01F*	35	33	80	
					18F	41	38	61	
					38F	85	57	18	
					52FN	127	88	13	
					52FS	129	85	12	
SKS	大阪府咲洲庁舎	770	3.0	229°	01F*	35	33	80	超高層建築物
					18F	41	38	61	
					38F	85	57	18	
					52FN	127	88	13	
					52FS	129	85	12	

注) Δ: 震央距離, I_{JMA}: 計測震度(*印のセンサーの3成分の加速度記録から気象庁の方法で算出。設置方位: 北から東回りに測った方位、H1、H2、V: 水平1(設置方位)、水平2(設置方位に直交)及び鉛直方向の最大加速度

長 周期地震動について

今回の地震の規模から強い長周期地震動の発生が予想されましたが、実際には首都圏ではそれほどではありませんでした。しかし大阪の湾岸地域で震源からの距離が大きいにもかかわらず長周期の揺れに超高層建物が共振している例がみられます。なお、首都圏においても超高層建築物でエレベータや非構造の被害が少なからず報告されています。

おわりに

本報では、平成23年東北地方太平洋沖地震の報告第一弾として、津波、本震の揺れの大きさについて紹介しました。所内にはまだ公表されていない観測記録が多数あるほか、膨大な記録のため解析作業が追いついていない状況もあります。特に本震と大きな余震による観測記録の比較や、今回のような運動型地震での震源破壊プロセスと地震動との対応など設計で想定すべき強震動特性に関するデータが得られたことの意義は大きいと思われます。

なお次報では建築物被害を中心に報告いたします。

※1) K-NET: 防災科学技術研究所が全国に設置した地盤における強震観測網で、強震記録をインターネット発信するシステム
 ※2) ガル: 加速度の単位(1ガル=0.01m/s²)

国際地震工学センター

平成23年4月上旬に建築研究所にいる海外からの研修生が、東日本大震災で被害を受けた茨城県内の地域を県庁職員の案内で視察しました。研修生は地盤、耐震建築など、各自の関心に沿った現地調査を行って、震災による被害に関する英文レポートを作成しました。昨年秋に来日して以来研修生は、地震学、津波、耐震工学の3コースに分かれて高度な技術を習得中で、3月11日の地震時もつくばで授業の最中でした。1年間の研修を受けている20名は、帰国する本年9月までに東北地方の津波被災地での研修も予定しています。これからまとめる個別研修（修士論文）を含め、東日本大震災を経験したことで例年以上の研修成果が得られるものと思われます。

さらに、本年6月から2ヶ月間、建築研究所で行う中国耐震建築研修でも、中国からの14名の研修生が東北地方の被災地を視察して、平成20年(2008年)の四川大震災からの教訓とあわせて、地震・津波対策を学ぶ予定です。これらの研修生たちは、今後各国の政府や研究機関に戻るの、日本で学習したことが自国の防災対策に生かされることが期待されます。



中国耐震建築研修生



国際地震工学研修生による東日本大震災の建築物被害調査（茨城県内）



Q&Aコーナー

Q：建築研究所の研究開発はどのように社会に役立っていますか？

A： 建築研究所は、公的研究機関として、公平・中立な立場（アンパイア側）から、耐震基準、防火基準、省エネ基準などの国の技術基準等の作成や、関連技術政策の立案に反映することを目的に、それに必要な専門的情報を収集するための研究開発を行っています。

成果は、主に国の技術基準やその解説書に反映され、民間（プレーヤー側）が住宅・建築の設計・施工や技術開発において活用することとなり、その結果、わが国の住宅・建築・都市の質の確保・向上につながっています。

●Q&A コーナーは、読者の方から頂いたご質問にお答えするコーナーです。
ご質問は、epistula@kenken.go.jp までお願いいたします。

編集後記

建築研究本館では、揺れがなかなか治まらず、上層階では部屋の本棚が倒れ、書物などもすべてそこから飛び出しました。これまで経験したことのない強く長い揺れが続きました。このところ、平成16年新潟県中越地震、平成19年新潟県中越沖地震と、内陸地震が相次いでいました。もちろん平成15年

十勝沖地震の長周期地震動の例はありましたが、いわゆるプレート境界の大規模海溝地震の長時間の揺れを実感しました。地震から3ヶ月半が経過しましたが、被災された方々のご苦労は依然続いています。早い復興を祈らずにはられません。

(I.O.)

「平成23年度つくばびっ子博士」に伴う施設公開のご案内

建築研究所では、つくば市教育委員会が主催する「つくばびっ子博士」事業に賛同し、研究所の実験施設と展示館を公開します。本事業は、全国の小中学生を対象として実施されているもので、子供達が、つくば市にある研究・教育機関において科学技術に触れ、科学に対する関心を高めることを目的としています。子供達は、各研究機関等を見学しながらスタンブラリーを楽しみます。

実験施設の公開は、7月30日(土)(10:00~16:00)と8月3日(水)(13:00~16:00)の2日間実施します。見学は、1コース2~3施設程度を回るツアー形式で行い、防耐火実験棟やユニバーサルデザイン実験棟などの実験棟で、担当の研究者が実験を見せながら、その施設で行っている研究を分かりやすく説明致します。

見学ツアーは、電話による事前予約制です。予約方法・ツアー内容等の詳細については、建築研究所のホームページ(<http://www.kenken.go.jp/>)に掲載致しますのでそちらをご覧ください。定員になり次第受付を終了させていただきます。また、7月25日(月)~8月31日(水)までの平日(10:00~16:00)は、展示館のみの自由見学を随時受け付けています。

出版のご案内

建築研究資料 第131号

平成22年度 長期優良住宅先導事業の応募提案の評価

BRI Research Paper No.149

Design Guidelines for Low Energy Housing with Validated Effectiveness: Hot Humid Region Edition -House Design to Achieve 50% Reduction in Energy Consumption- Proceedings No.20

災害後の建築物の維持機能・早期回復を目指した構造性能評価システムの開発



【変化胡蝶】
Photo M.Kato

Epistula

えびすとら



第54号 平成23年7月発行

編集：えびすとら編集委員会

発行：独立行政法人 建築研究所

〒305-0802 茨城県つくば市立原 1

Tel. 029-864-2151 Fax. 029-879-0627

●えびすとらに関するご意見、ご感想は

epistula@kenken.go.jp までお願いいたします。

また、バックナンバーは、ホームページでご覧になれます。

(<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/epistula.html>)

