

平成 15 年に発生した地震災害とその教訓

危機管理技術研究センター地震災害研究官 松尾 修
 建築研究部建築新技術研究官 飯場 正紀
 沿岸海洋研究部沿岸防災研究室長 小田 勝也

1. まえがき

平成 15 年は、これまでに宮城県で 2 回、北海道で 1 回と、3 つの比較的大きな地震が集中して発生した。しかも、偶然とは言え、5 月 26 日、7 月 26 日、9 月 26 日とちょうど 2 か月毎に発生した。国土技術政策総合研究所は、土木研究所、建築研究所、港湾空港技術研究所と合同で、これらの地震に対して緊急調査団を派遣し、被害の概況その他を調査した。本文では、現時点までに得られている情報、データにもとづき、これら 3 つの地震における地震動、地震被害などの概要を述べるとともに、いくつかの特徴的な被害事例等に焦点を絞って紹介するものである。

2. 地震および地震動

3 つの地震の震央位置を 図-1 に、地震の主な諸元を表-1 にそれぞれ示す。なお、図-1 と表-1 には、比較のために 1978 年宮城県沖地震および 1952 年十勝沖地震を併記した。

それぞれの地震の特徴は以下のとおりである。

(1) 2003 年 5 月 26 日 宮城県沖の地震

- ・ 陸のプレートの下に潜り込む太平洋プレート内部で発生したとされる地震であり、プレート境界地震であった 1978 年宮城県沖地震とは発生機構が異なる。

- ・ 1978 年宮城県沖地震の震央から北北西に約 80km 離れており、震源深さが 72km と深く、発震機構も異なっていることから、

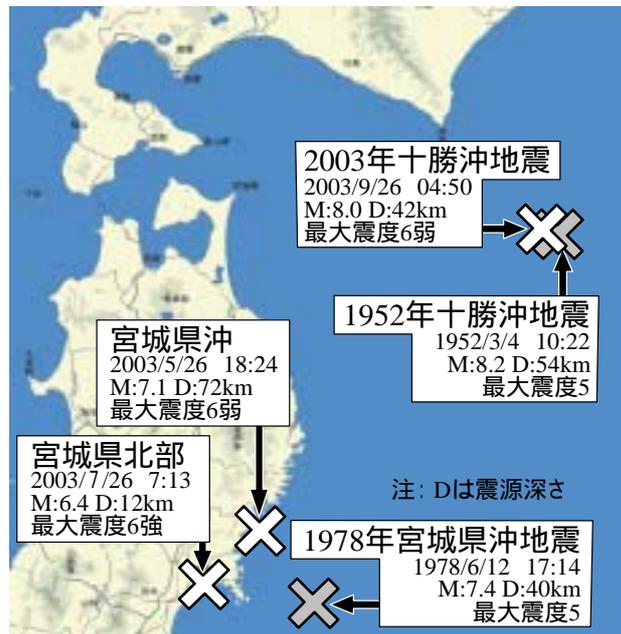


図-1 震央位置

表-1 地震諸元

発生年月日	地震名(震央地名)	最大震度	M	深さ(km)
1952年03月04日	1952年十勝沖地震	5	8.2	54
1978年06月12日	1978年宮城県沖地震	5	7.4	40
2003年05月26日	(宮城県沖)	6弱	7.1	72
2003年07月26日	(宮城県北部)	6強	6.4	12
2003年09月26日	2003年十勝沖地震	6弱	8.0	42

地震調査研究推進本部が想定している「2001年1月1日を起点にした場合の30年以内の発生確率が98%の宮城県沖の地震」とは異なる地震と考えられる。

(2)2003年7月26日 宮城県北部の地震

- ・ これまで確認されていなかった陸域の断層で発生した地殻内の浅い地震であった。
- ・ 宮城県北部では同じ日に、震度6弱以上を観測する前震、本震、余震の3つの地震が生じ、一日に震度6以上を3回記録したのは気象庁の観測史上初めてであった。
- ・ 地震の規模は小さかったが、震源深さが約10kmと浅かったため、狭い範囲で強い地震動が生じ、600名を超える負傷者を含む被害が発生した。

(3)2003年9月26日 十勝沖地震

- ・ 太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生したプレート境界地震であり、マグニチュードも8.0と大きかった。
- ・ 1952年十勝沖地震の震源とほぼ同じ位置で発生したM8クラスのプレート境界地震であり、マグニチュードの大きさ、震源位置、発震機構などから、地震調査研究推進本部が想定していた「2003年1月1日を起点にした場合の30年以内の発生確率が60%程度のM8クラスの十勝沖の地震」に該当すると考えられている。

つぎに、地震動の特性について、国土交通省の地震計ネットワーク等により得られた記録を用いて見てみる。

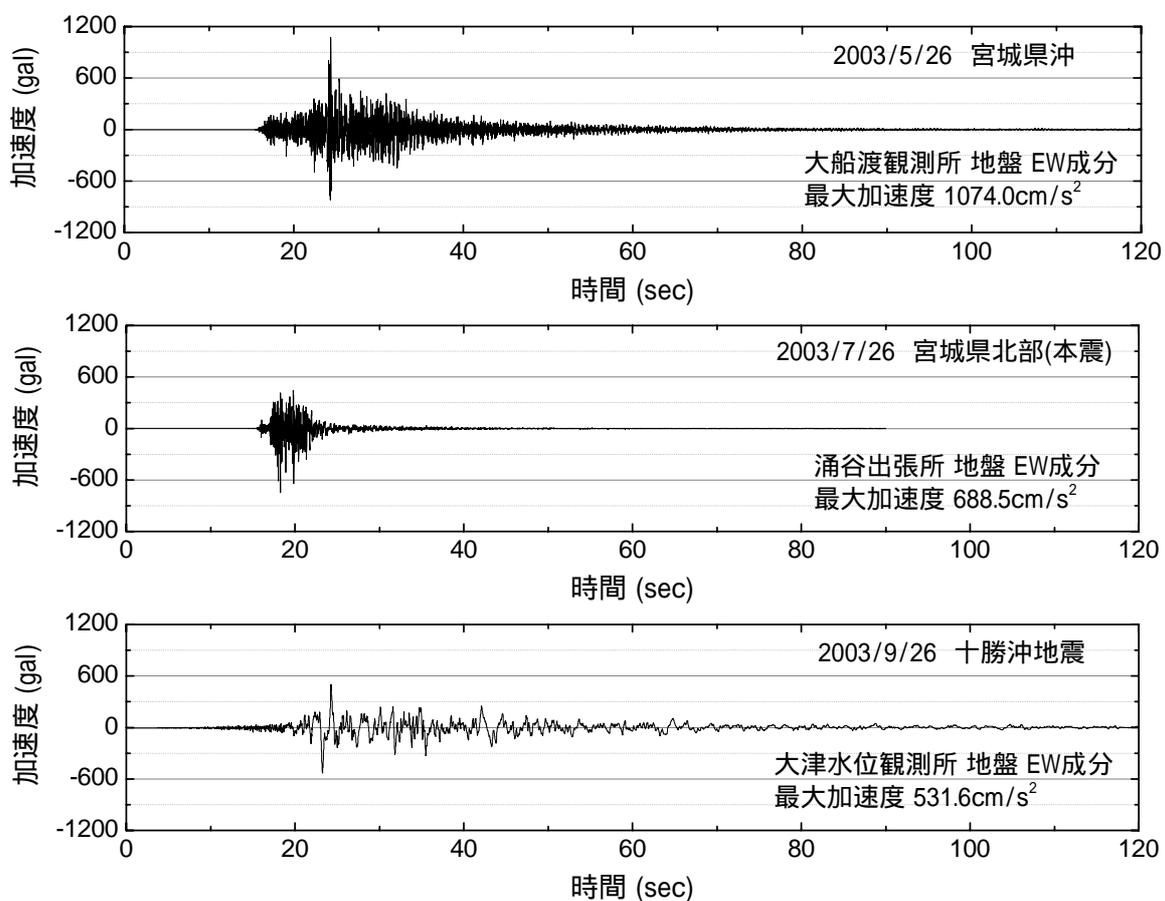


図-2 各地震で観測された最も大きい最大加速度を有する記録

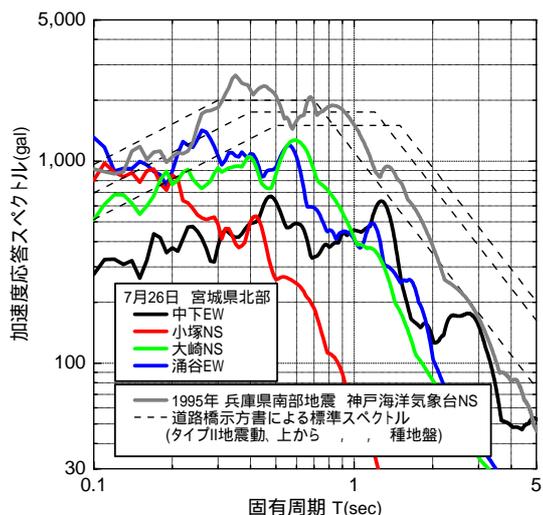
各地震では、国土交通省が全国に配置した一般強震観測及び地震計ネットワーク等の地震計により数多くの強震記録が収集された。このうち、各地震において振幅が最も大きい強震記録の加速度波形を図-2に示す。

同図から、5月の宮城県沖の地震で観測された最大加速度は1000gal以上である。これは、7月の宮城県北部の地震と9月の十勝沖地震の最大加速度を大きく上回るものであり、1995年兵庫県南部地震の際に神戸海洋気象台で観測された最大加速度818gal(NS成分)をも上回るものであった。

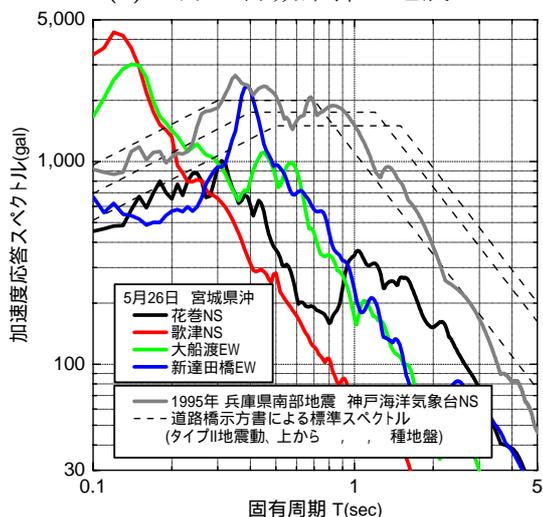
また、観測された地震動の継続時間については、7月の宮城県北部の地震の涌谷記録と比較して、5月の宮城県沖の地震の大船渡記録は長いことがわかる。更に、9月の十勝沖地震で観測された大津水位観測所の地震動は、5月と7月に発生した宮城県の地震と比較して継続時間が非常に長いことが認められる。

一般に、地震のマグニチュードが大きくなるほど破壊する断層面が大きく、断層破壊に時間を要するため、断層面から生じる地震波の放出時間が長くなり、観測される地震動の継続時間も長くなると考えられている。また、震源からの距離が遠くなるほど地震動は地下構造の様々な伝播経路を伝わって観測地点に到達するため、伝播経路の異なる地震動の到達時間に差異が生じ、観測される地震動の継続時間が長くなることが知られている。今回観測された地震動の継続時間についても、このような特徴が認められた。

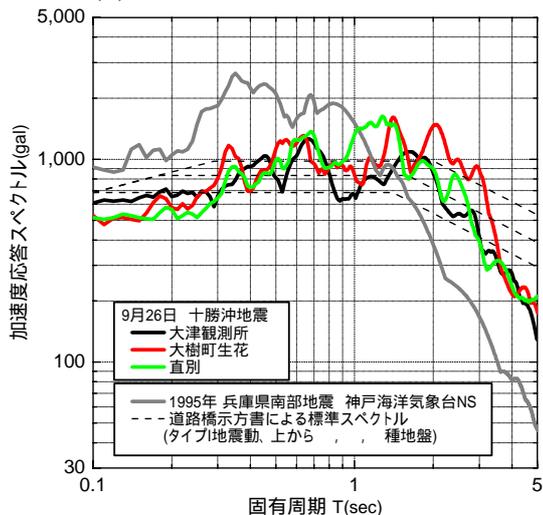
更に、図-2から、9月の十勝沖地震の地震動は、5月と7月の宮城県の地震の地震動と比較して、長周期の波が多く含まれている事が確認できる。マグニチュード8級のプレート境界型地震(関東地震や東海地震など)



(a) 5月の宮城県沖の地震



(b) 7月の宮城県北部の地震



(c) 9月の十勝沖地震

図-3 加速度応答スペクトル(減衰定数5%)

により生じる地震動は、マグニチュード7級の内陸直下型地震(兵庫県南部地震など)に比べ、従来、長周期の波が多く含まれる地震動が生じると考えられており、種々の構造物の耐震設計基準(例えば、道路橋示方書)の設計地震動についても、このような地震動の特性が考慮されている。9月に発生した十勝沖地震は、マグニチュード8.0のプレート境界型地震であり、5月及び7月の宮城県の地震に比べ、長周期の波を多く含んだ地震動が観測された。

次に、各地震で観測された代表的な地震動について、加速度応答スペクトル(減衰定数5%)を図-3に示す。加速度応答スペクトルは、地震動により種々の固有周期の一質点系に生じる最大加速度応答を示すものであり、地震動の特性を種々の固有周期の構造物への影響という観点から把握することができるものである。

図-3(a)は、5月の宮城県沖地震で観測された記録と1995年兵庫県南部地震で観測された記録(神戸気象台記録NS成分)の比較を示している。同図から、短い固有周期の構造物に与える影響と言う観点では、今回観測された強震記録が兵庫県南部地震の地震動強度を一部上回っているものの、0.2秒より固有周期の長い多くの構造物に対しては、兵庫県南部地震で観測された地震動の方がはるかに大きな影響を与えるものであったことがわかる。

図-3(b)は、図-3(a)と同様に7月の宮城県北部の地震の本震で観測された記録と、1995年兵庫県南部地震で観測された記録の加速度応答スペクトルを比較したものである。同図から、7月の宮城県北部の地震で観測された地震動は、ほぼ全ての固有周期の構造物への影響という観点で、兵庫県南部地震の強震記録を下回るものであったことが認められる。

これらの事から、5月と7月に発生した宮城県の地震では、観測された地震動の最大加速度は非常に大きなものであったが、構造物に影響の大きい周期帯の地震動は兵庫県南部地震に比べるとはるかに小さく、このことが構造物への被害が比較的少なかった主な理由と考えられる。

図-3(c)は、9月の十勝沖地震で観測された記録と1995年兵庫県南部地震で観測された記録とを比較している。図より、9月の十勝沖地震では広い固有周期帯($T=0.3\sim 3$ 秒)において、1,000galに近い、あるいはそれを超える最大加速度応答を示している。また、固有周期1秒程度以上の範囲では兵庫県南部地震の応答スペクトルよりも大きな値を示しており、大規模なプレート境界型地震の特徴を有していることがわかる。特に $T=1\sim 3$ 秒の固有周期帯では、同図に示したレベル2地震動(タイプI)の標準加速度応答スペクトルを超える部分も見られるため、地震動特性と構造物被害の関係について今後詳細な検討が必要であると思われる。

3. 被害の概要

消防庁の集計による被害総括を表-2に示す。表-1と同様、過去の地震を比較のために併記している。一部未集計の部分もあるが、2003年宮城県沖地震、宮城県北部地震の被害は1978年宮城県沖地震に比べると1オーダー小さい被害規模である。地震の規模および揺れの大きい地域の拡がりの違いによるようである。他方、2003年十勝沖地震を1993年釧路沖地震と比べると、人的被害についてはほとんど同じであるが、住宅被害はやや少なめ

である。また、北海道での住宅被害は相対的に少なめであるが、これは北海道の住宅が寒冷地仕様であるため地震にも強い傾向にあるためとの指摘もなされている。なお、被害額については未だ集計中である。

表-2 被害の概要(消防庁資料¹⁾による)

		2003年5月26日 宮城県沖地震 ¹⁾	2003年7月26日 宮城県北部地震 ²⁾	2003年9月26日 十勝沖地震 ³⁾	1978年 宮城県沖地震 ⁴⁾	1993年 釧路沖地震 ⁵⁾
人的被害 (人)	死者・行方不明者	0	0	2	28	2
	負傷者	174	675	842	11,028	967
住宅 (棟) 被害	全壊	2	1,273	78	1,383	53
	半壊	21	3,693	100	6,190	255
	一部破損 他	2,343	11,592	1,534	127,517	5,313
	計	2,366	16,558	1,712	135,090	5,621
非住家 (棟)	公共建物	207	19	0	**	3
	その他	518	5,404	0	44,165	50
火災(件)		4	3	4	12	11
被害額 (千円)	公共文教施設	1,287,302	1,005,372	*	7,593,504	1,194,624
	農林水産業施設	3,537,566	6,798,915	*	**	6,458,900
	公共土木施設	6,283,350	14,979,670	*	28,161,068	20,579,085
	その他の公共施設	346,584	579,904	*	35,884,958	1,200
	小計	11,454,802	23,363,861	*	**	28,233,809
	その他(農林、畜産、水産、工商等)	5,994,431	*	*	**	27,975,569
	被害総額	17,449,233	*	*	268,764,164	56,209,378

注1)、5)：最終報、注2)：集計中の暫定値(10月24日時点、*は未集計)、注3)：同左(10月31日時点)、注4)：一部項目に不明箇所あり(**)。被害額は宮城県分のみ

4. 道路施設

4. 1 被害の概要

5月26日の地震では、橋台取付け盛土の沈下による段差および支承に軽微な被害が生じた橋梁が一部見られたが、構造的に影響のある被害はなかった。なお、東北新幹線盛岡～水沢江刺間で、約22本の橋脚にかぶりコンクリートの剥落などの被害が生じた。その近傍には道路橋も存在していたが、有意な被害は一切見られず、このような違いが生じた理由について今後調べておくことが大切であると思われる。

7月26日の地震では、一般県道河南鳴瀬線の、鳴瀬川を渡河する小野橋に著しい被害が生じた。その他の橋梁には通行止めを伴うような構造的な被害はなかった。道路盛土では、一般国道108号河南町前谷地で、高さ6～10mの、1:0.3程度の勾配の練石積み擁壁を有する盛土で、路面の亀裂・段差、擁壁の前傾が生じた。構造的に不安定なので、現在の所片側交互通行が行われている。

9月26日の地震では、十勝川を横過する国道336号十勝河口橋、242号千代田大橋などに構造的な被害が生じた。この他、橋台取付け盛土の沈下による段差などがいくつかの橋梁で生じた。橋桁が70cm横ずれするという被害が生じた十勝河口橋で片側交互通行による通行規制が行われている以外は、通行規制が解除されている。

以下、橋梁被害についての特徴的な事例を紹介する。

4. 2 小野橋での落橋防止装置の効果(7月26日)

小野橋は1935年に竣工した、上部構造は13径間単純桁、下部構造はRC門型ラーメン橋脚からなる橋である。7月26日の地震により、すべての支承部で桁がはずれ、桁が橋

軸方向(東側)に移動した(写真-1 参照)。これに伴い、ジョイント部で路面に 10cm 程度の段差が生じ、西側橋台部のジョイントが 20cm ほど開いた。この西側橋台部では橋台と橋桁を連結する PC ケーブルからなる落橋防止装置が取り付けられており、地震後には緊張力が作用した状態になっていた(写真-2 参照)。したがって、これが橋桁の相対変位拘束、ひいては落橋防止に有効に機能したと言える。なお、小野橋は 1978 年宮城県沖地震の際に、9 径間において支承が破壊し、橋軸直交方向に最大で 65cm 変位するという被害を生じた。その復旧において、支承の補修、桁間連結装置の新設および沓座の拡幅が施されていた。

小野橋は、鳴瀬川と吉田川が瀬割り堤を挟んで並行して流下する地点で、鳴瀬川に架かっているが、それに隣接して吉田川には西小野橋が架かっている(1936 年に竣工)。この西小野橋は今回の地震では無傷であった。類似の構造、同一時期の築造でありながら、なぜこのような違いが生じたのか、今後、工学的に検討する必要がある。なお、近傍の河川堤防の地震動記録(5. 1 に述べる)によれば、震源距離から見て大きく揺れているようであり、局所的な地盤条件の違いが影響している可能性が考えられる。いずれにしても今後の検討課題である。



写真 1 小野橋
(鳴瀬町、桁の沓逸脱による路面の段差)



写真 2 小野橋の落橋防止構造
(張力が作用した状態で落橋防止が有効に機能したと推定)

5. 河川施設

河川堤防はいずれの地震においても、亀裂・すべり・沈下などの被害が生じた。被害が生じた区間の周辺地盤には液状化の証拠である噴砂が見られた所があった。従来の地震被害の大部分は基礎地盤の液状化によるものであることがわかっているが、今回の宮城県鳴瀬川および北海道十勝川の大規模被害箇所は、堤体自体が液状化してすべった可能性も視野に入れておく必要があるように思われる。

1993 年釧路沖地震で大被害を生じた十勝川堤防の一部区間で、復旧工事に先立ち堤体の開削調査が行われたが、その結果、堤体の中央部が自重により地表面以深にめり込み、その部分がすべっているようであることが認められた。十勝川流域には層厚が数メートルの泥炭(ピート)層が存在しており、堤体を築造する時点で泥炭層の圧密により大きな沈下を

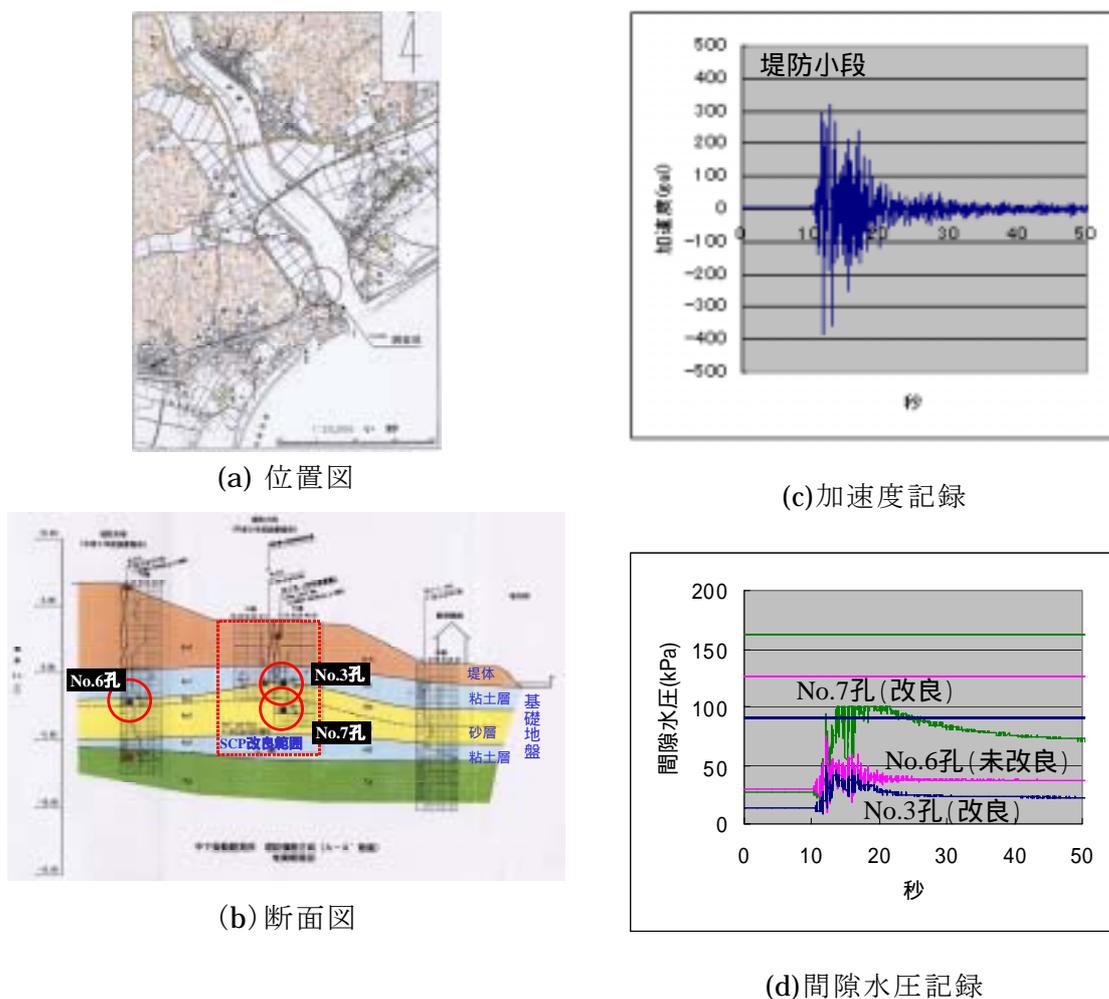
生じる。その後堤体の下部は地下水で飽和される。堤体材料が液状化しやすい土質材料であり、しかも密度が十分に高くなかったとしたら、地震動により液状化し、堤体の破壊をもたらす。今後の詳細な調査により明らかにされるであろう。なお、鳴瀬川流域も以前は沼地などが広く分布する超軟弱地盤地帯であり、堤防の築造の際には盛り立てた分だけ沈下するというような場所もあったらしい。したがって、ここでも上述と同様の被害原因の可能性が考えられる。

以下、特徴的な事例を2例紹介する。

5. 1 鳴瀬川堤防における液状化対策工施工箇所での地震記録(7月26日)

鳴瀬川河口部の右岸堤防 0.7~1.05km 区間には基礎地盤の液状化対策として締固め工法が施工されていた。これは、1995年兵庫県南部地震の直後より始められた堤防耐震強化事業により、平成9年度に施工されたものである。締固め工法は液状化対策工としてよく用いられる工法の一つであり、当該現場では旧土木研究所が作成した設計法²⁾にもとづき施工された。ただし、その設計法には合理化の余地があるため、対策効果の検証等の基礎データを得るべく強震観測のための計測器(加速度計および間隙水圧計)が設置されていた。

図-4に(a)位置図、(b)断面図および(c)、(d)観測記録を示す。(b)図で、As層が地震時に



(間隙水圧記録のうち No.6 はスケールオーバーしている)

図-4 7月26日宮城県北部地震(本震)における鳴瀬川堤防での地震動記録

液状化する恐れがあると判定された砂質土層であり、この層を貫通する形で堤防小段より締固め地盤改良が施された（図中、破線で囲まれた矩形の領域）。また、観測計器は、地中および地表面に加速度計が設置された他、地盤の液状化を観測するために、改良地盤内および改良されていない地盤の中に間隙水圧計が設置された。(c)、(d)図が7月26日の本震での記録である。同図で間隙水圧の記録に注目すると、締固め地盤改良された部分の過剰間隙水圧比は最大で0.3~0.4程度であるのに対し、改良範囲外での水圧比は0.5以上(記録設定のミスにより頭打ちになっている)となっている。すなわち、原地盤に比べて、締固め地盤改良された部分では液状化抑制効果が現れている。ちなみに、締固め改良地盤でのこのような実記録が得られたのは、おそらく世界で初めての事例である。対策効果の検証および設計法の合理化に活用されることが期待される。

5. 2 十勝川堤防において耐震対策効果が現れた事例(9月26日)

十勝川は、1993年の釧路沖地震でも大きく被災したが、災害復旧時に耐震対策が施された箇所もある。そのような箇所は、前後区間で大きく被害を受けているにもかかわらず、ほとんど被災していない等、耐震対策工による耐震性の向上が顕著に見られた。一方、原形復旧のみを行った箇所においては、再度被災しているところも見受けられた。

1993年釧路沖地震では河口より31.8~33.3kmの1.5kmの区間(統内築堤)で堤防天端が最大で約3m沈下するという被害が生じた。そこで、このうち被害の大きい区間32.4~33.0km(延長650m)において基礎地盤に存在する砂質土層の液状化を防止するために締固め改良(サンドコンパクションパイル(SCP)工法)で改良復旧がなされた。今回の地震において、この区間の堤体に変状は生じず周辺部に液状化の痕跡も見られなかった。他方、これに隣接する下流側は1993年地震の後、原型復旧されたが、今回の地震では天端に最大幅3cm程度のクラックが発生し、天端法肩が10~20cm程度沈下するという被害が生じた。

同様に、十勝川水系下頃辺川左岸7.6~7.7km区間は、1993年地震で被災した後、基礎地盤をパイルネット工法により耐震対策されたが、今回の地震では変状はなく、それに隣接する7.4~7.6km区間で堤防天端の法肩クラックと天端沈下(最大30cm程度)が生じ(写真3)、2割勾配の法面がはらみ出すという被害が生じた。

以上、地震対策の効果は確実に発揮されているという検証事例が得られたが、地震対策を全国的に展開していくためには、耐震性評価技術の精度向上や対策工法の経済性追求を進めていくことが望まれる。



写真-3 パイルネット施工箇所
(シートで被われた区間が被災し、その間の対策区間は無被災)

6. 斜面

6. 1 被害の概要

5月26日の地震ではがけ崩れ5件、地すべり1件が発生した。7月26日の地震ではがけ崩れ33件、地すべり1件が発生した。5月の地震に比べて崩壊件数が多かったのは、地震動強さ・特性の違いに加え、5月の地震による地盤の緩みや地震発生前の降雨の影響があった可能性がある。9月26日の地震では被害は報告されていない。

6. 2 流動性地すべり

5月および7月の地震で発生した地すべりは通常のいわゆる地すべりとは異なり、砂質土地盤が早い速度で流下する崩壊であった。5月の地震で崩壊した宮城県築館町の崩壊事例を写真-4、図-5に示す。最大幅約30m、長さ約65mの斜面が崩壊し、見かけ勾配約7度のかなり緩い斜面を滑り落ち、約100m遠方にまで流下した。崩壊土は火山灰質シルト質砂であり、きわめて含水比が高い状態にあった。この現場は以前は沢地形であったものを盛土して農地にした所である。崩壊の原因は、盛土が地震により液状化したことと考えられる。

これまでの研究においても、盛土の密度が緩く、かつ地下水位が高くなるような場所、特に沢を埋めた場所でこのような流動性地すべりが起きやすいことが明らかにされており³⁾、留意すべきであろう。



写真-4 流動性地すべり
(築館町館下地区)



図-5 同左

6. 3 地震で緩んだ斜面がその後の降雨で崩壊した事例

7月24日及び25日に降雨を誘因とするがけ崩れが宮城県内において7箇所が発生した。発生した地域は5月26日の地震で概ね震度5以上を記録した地域である。これらの地域は7月24～25日の2日間で80mm以上の降水量があった地域と一致する。一方、5月の地震で震度5以上の揺れを記録した地域にあっても、降水量80mm以下の降雨しか記録していない地域(宮城県内陸部)では土砂災害は発生していなかった。発生した地域の7月24日から25日にかけての最大1時間降雨量は10mm以下であった。これらの最大1時間降雨量は、土砂災害の発生降水量としては少ないと思われるが、これは5月の地震による影響があると考えられる。近隣の住民の証言によると、北上町鮎取地区の崩壊発生斜面では、

5月の地震発生時に土ぼこりが舞いあがったとのことであった。また、雄勝町小泊地区の崩壊地に隣接する斜面の一部では、5月の地震により層理面に沿ったはく離(浮石)型落石が発生していた。これらの事実は、5月の地震により斜面に何らかの変状が生じていたことを示唆するものである。

7. 下水道施設

7. 1 被害の概要

9月26日の地震により、北海道内各地において、4市町村(流域下水道含む)で処理場・ポンプ場の被害が、12市町村で管渠・マンホールの被害が報告されている。

今回の地震によって下水道施設に被害のあった箇所多くは、開削工法にて布設した管渠・マンホールであり、マンホールの浮上がり、管渠のたわみ、破損、勾配異常や布設箇所の地盤沈下等の被害が生じた(写真-5参照)。



写真-5 マンホールの浮上りと路面の陥没
(豊頃町大津地区)

7. 2 被害の特徴

被害箇所の原地盤は、軟弱な泥炭層が地表部数mとその下層に細砂～シルト層が存在し、地下水位が高いケースであることが共通して見られた。また、埋戻し材としては購入土(火山性砂礫)もしくは購入砂を使用した箇所が多く、掘削深の大きい箇所では被害が集中している傾向も見られた。

被害箇所周辺の地表面では、地震時に噴出したと思われる埋戻し土や地下水が確認できたこと、推進工法で施工された区間には被害が見られていないこと等から、地下水位以下の埋戻し土の液状化が被害の主要因と考えられる。被害はいずれの市町村においても泥炭地に集中しており、周辺の泥炭地以外の地域では被害が見られない、あるいは軽微な被害であった。これは、軟弱な泥炭地において地震動が大きく増幅されたこと、泥炭層は透水性が低いこと埋戻し部の液状化の程度が増加したことが原因と考えられる。

これらは、1993年釧路沖地震、1994年北海道東方沖地震の場合⁴⁾と全く同様である。

7. 3 地震対策の効果

音別町においては、通常購入土で埋め戻した箇所では、路面沈下、マンホールの浮上がりによる被害が生じたが、隣接する区間において、管渠埋設時の埋戻し材料として発泡ビーズ混合土にセメントを添加した材料を用いた箇所があり、この区間においては変状が見られなかった。また、阿寒町では、埋戻し材に砕石が用いられた区間では無被害であったのに対し、隣接する前後区間では被害が生じた例があった。これらは、1994年北海道東方沖地震以降に行われた数少ない地震対策事例であり、再度災害を防止する対策事例としてよく調査し、今後の下水道整備に適宜反映させることが望まれる。

8. 建築物

8. 1 はじめに

平成15年5月から9月に発生した3つの被害地震における建築物の被害については、特に木造建築物、鉄筋コンクリート(RC)造建築物、塀および2次部材(天井仕上げ)を中心に、その被害状況や原因等を報告する。

8. 2 建築物被害の概要

5月26日宮城県沖地震、7月26日宮城県北部地震および9月26日十勝沖地震の建築物の被害状況を消防庁等のデータよりまとめると、**表-3**となる^{5),6),7)}。7月26日宮城県北部地震における被害住家数が最も大きく、直下型地震での被害が大きかった。

各地震の建築物の被害の特徴は以下のようなものである。

1) 5月26日宮城県沖地震⁸⁾

全壊と判断された戸建住宅は2棟のみであり、建築物の被害は少なかった。RC造建築物に一部構造的被害が見られた。また外壁の落下や屋根瓦の被害も一部に見られた⁸⁾。

地震名	全壊	半壊	一部破損
5月26日宮城県沖地震	2	21	2,342
7月26日宮城県北部地震	1,273	3,693	11,592
9月26日十勝沖地震	60	81	1,396

(単位 棟)

2) 7月26日宮城県北部地震^{9),10)}

木造建築物等の被害：住宅に大きな被害が見られた。古い開放的な(開口の大きい)構造の農家や耐震的に問題のあると考えられる建物(増築や1階軽量鉄骨造等)が大きな被害を受けていた。さらに壁の下部に石、上部に土塗り壁を用いた木造で、屋根を瓦葺きとする倉庫(納屋)が多く、倒壊等の被害が散見された。また野蒜石を単純に積み上げた塀の倒壊が多かった。これらの塀には縦筋が挿入されておらず、古いものではかすがいで横の石を相互にとめるのみであった。

RC造建築物の被害：比較的古い(昭和40年代など)RC造による公共建築物4棟で大きな被害が見られた。被害原因は、短柱のせん断破壊によると考えられる。

3) 9月26日十勝沖地震¹¹⁾

釧路空港管制塔、空港ターミナルビル等において、天井材および野縁の落下の被害が見られた。被害原因の1つとして、地震時に天井の段差がある部分において局所的に大きな力が作用したためと考えられる。

8. 3 RC造建築物の被害

2003年5月26日の宮城県沖の地震、7月26日の宮城県北部地震および9月26日の十勝沖地震によるRC造建築物の被害のうち、被害の比較的大きかった7月26日の宮城県北部地震による被害性状を以下に示す。

・中破以上の被害を受けた建築物は、いずれも建築基準法に新耐震設計法が導入される

1981年より前に建てられた建築物である。

- ・河南町の深谷病院及び鹿島台町の鹿島台国民健康保険病院でそれぞれ病棟1棟が大破、河南町の北村小学校校舎が大破、鹿島台町役場が中破するなどの被害を受けた。災害時に重要な社会的機能を果たすべき建築物の耐震診断・耐震補強は依然として緊急かつ重要な課題である。
- ・耐震補強を実施済みの建築物(矢本東小、矢本第二中の校舎各1棟)には被害が無く、また1978年宮城県沖地震で被災し補修・補強が行われた鳴瀬町野蒜小学校校舎は被害軽微であり、耐震補強の効果が確認された。

鹿島台国保病院は、RC造の3階建南棟(1972年築)と3階建北棟(1966年築)および北西部にある2階建木造棟(築年不明)より構成されており、大きな被害は1966年築の鉄筋コンクリート造北棟の3階部分で確認された(写真-6.1～写真-6.5、図-7)。



写真-6.1 南棟全景



写真-6.2 北棟3階



図-7 病棟の配置



写真-6.3 南面柱の被害



写真-6.4 南東隅柱の被害



写真-6.5 東面柱の被害

8. 4 木造建築物の被害

7月26日宮城県北部地震で木造建築物の被害が目立った地域を図-8に地図上の分布として示す。地震断層に沿った地域で木造建築物の被害が見られた。

倒壊や大破に至った木造住宅は、開放的な構造の農家型住宅(写真-7)や、道路に面して開口の大きい店舗併用住宅(写真-8)が多い。また構造的に不連続な増築や、1階軽量鉄骨造+2階在来軸組構法の住宅など、構造的に無理のある建物にも層崩壊等の被害が発生していた。傾斜地や盛土、軟弱地盤における地盤変状に伴う基礎や上部構造の被害が見られた。比較的新しい住宅でも、被害が発生している。構造的な被害が軽微な場合でも、瓦のずれや落下(特に棟瓦の落下)が多く見られた。

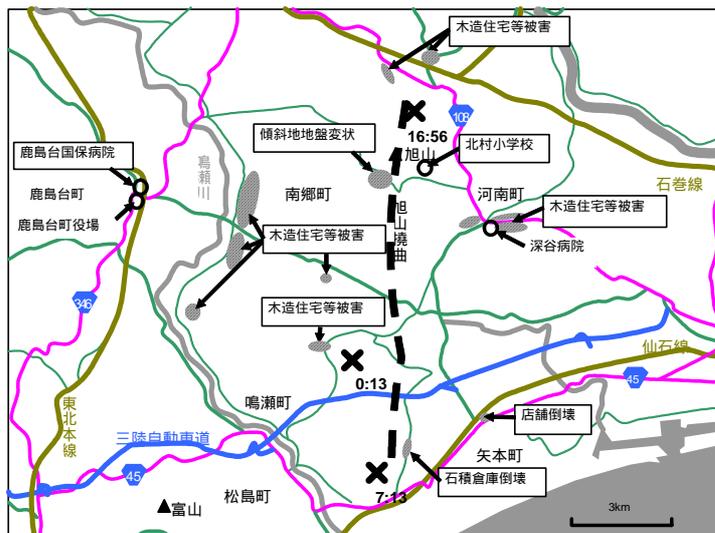


図-8 7月26日宮城県北部地震による
木造建築物の被害発生地域



写真-7 木造住宅の被害例



写真-8 店舗併用住宅被害例

被災地域には水害対策として、壁の下部を石積み、上部を土塗壁とした倉庫(納屋)が多く、その倒壊が多かった。石積み部分は横の石相互をかすがいでとめる程度である。学校や病院、庁舎など、木造の公共建築物の被害は比較的軽微であった。社寺建築の中には、大破又は一部倒壊など、大きな被害を受けたものがある。

今後の対策としては、木造住宅や社寺建築の耐震診断・耐震補強の推進、地盤変状対策としての適切な擁壁や基礎の設置、及び石積みを用いた納屋の耐震対策が必要である。

8.5 2次部材等の被害

8.5.1 天井仕上げ¹¹⁾

十勝沖地震により、平成13年芸予地震(2001.3.24)での被害¹²⁾と同様に、比較的広い天井面を覆う天井が落下する被害が生じた。その1例として、釧路空港ターミナルビルの被害状況を示す。

当ビルは鉄骨造3階建(平成8年6月竣工、建物高さ19.6m)であり、建物中央部の南北36m、東西18mの部分が、吹抜けのロビーとなっている。吹抜け部分の天井は、天井高さ9,730mm(天井西側の約2.5m幅の部分では数十cm高い)の鋼製下地材を用いた在来工法による天井である。天井の吊りボルトにはブレースが3.6m×4.4mグリッドで配置されている。天井は西側で一段高くなっており、その段差位置では補強用振れ止めに加えて、補剛のためと思われるブレースが随所に配置されている。

図-9及び写真-9に示すように、吹抜け部分の天井650m²のうち、約1/2に当たる約300m²の天井材及び野縁が落下した。西側で一段高くなった部分では落下は見られなかった。天井に段差(図-9中に太線で示す)のある部分の低い天井側(東側)において天井の落下が最も顕著であった。地震により天井の揺れが大きくなった結果、水平方向の剛性が非常

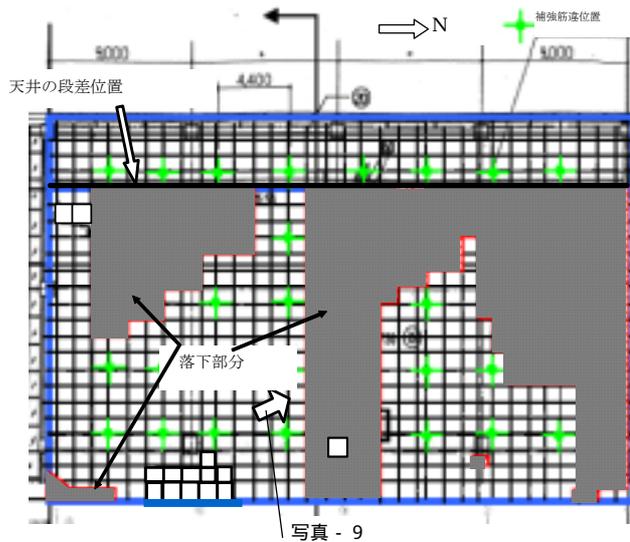


図-9 落下した天井の部分



写真-9 落下した天井の様子



写真-10 岩塀の倒壊例

に高いと考えられる天井の段差位置において局所的な力が生じ、野縁受けと野縁との間にあるクリップと呼ばれる接合具が破壊して天井が落下したものと考えられる。

8. 5. 2 塀

7月26日宮城県北部地震において、ブロック塀の倒壊が多数見られた。倒壊したものは鉄筋の挿入が不十分なもの、あるいは施工不良と思われるものであった。また写真-10に示すような石積みの塀の被害も多く見られ、横の石相互をかすがいでとめる程度の脆弱な接合であった。これらも人的被害に繋がる恐れがあり、適切な対策を講じる必要がある。

8. 6 まとめ

平成15年に発生した主な被害地震に関する建築物の被害状況を示した。木造建築物やRC造建築物に大きな構造的被害が見られた。これらの建築物には新耐震設計法が導入される1981年より前に建てられた建築物が多く、災害時に重要な社会的機能を果たすべき建築物の耐震診断・耐震補強は緊急かつ重要な課題である。ガラス、棚、天井、換気設備等の非構造部材や設備の被害により建物の機能を損ねたり、落下して人的被害につながる可能性がある。建築構造の応答加速度、応答変形を十分に考慮して非構造部材や設備の設計を行う必要がある。

9. 港湾施設

9. 1 宮城県沖地震及び宮城県北部地震による港湾施設の被災

宮城県沖地震では岩手県の大船渡港(写真-11参照)、宮城県の石巻港、仙台塩釜港等7港で、7月の宮城県北部地震では石巻港で液状化現象の発生、エプロンの沈下等の被災を受けたが、いずれも比較的軽微であり、岸壁の供用停止など港湾機能への大きな影響はなかった。

宮城県沖地震では気象庁の計測震度「6弱」、K-NET などによる1Gを超える最大加速度などの情報から、甚大な被害が想定された。しかしながら、一部液状化の発生、エプロンの沈下等は発生したが、港湾施設において致命的な被災はなかった。この理由として入力地震動において高周波成分が卓越し、港湾構造物が応答しなかったこと、リアス地形という地区における施設整備であるため、大規模な埋立地盤を有する施設が限られていたこと、過去に地震を経験した施設が多かったことが考えられる。宮城県沖地震では設計震度を越えた地震力が作用したと考えられる施設が宮古港、大船渡港に多数存在し、無被災であった。今回の地震においては何故被災しなかったのかという視点での調査・解析が必要と考えられる¹³⁾。



写真-11 大船渡港野々田地区-13m岸壁の被災状況

9. 2 十勝沖地震による港湾施設の被災

港湾施設では、苫小牧港、釧路港、十勝港、根室港などで岸壁の沈下や前出し、背後用地の液状化、沈下等の被災があった。特に、釧路港西港区第4ふ頭の被災の程度が釧路港の他のふ頭に比べても大きく、岸壁(-10m)で延長100mにわたり50cm程度沈下し施設使用が不可能な状態となった(図-10、写真-12参照)。一方、グラベルコンパクションパイル工法などで液状化対策が施された施設では、沈下やクラック等の軽微な被害はあったものの、施設の使用を停止するような事態には至らず、対策の効果が見られる¹⁴⁾。

釧路港における強震観測記録から設計震度0.2に対して東西方向0.26、南北方向0.22



図-10 釧路港西港区平面図



写真-12 釧路港西ふ頭岸壁の被災状況

の作用震度であった。同等の外力を受けた釧路港西港区の各ふ頭の被災の程度が異なる理由は、以下のように考えられる。第1から第3ふ頭は、1993年釧路沖地震、1994年北海道東方沖地震と過去大きな地震に2回遭遇しているのに対して、第4ふ頭は昨年末に供用を開始した新しいふ頭で初めて大きな地震に遭遇した。第1から第3ふ頭は、地震後の復旧工事などを実施しており、安定性が増していたものと考えられ、設計震度を越える今回の地震においても比較的安定していたものと考えられる。

9. 3 十勝沖地震による港湾活動への影響

苫小牧港は北海道を代表する流通港湾であり、工業港である。苫小牧港に立地する精油所のタンク火災により、本州とのフェリー航路や国際コンテナ航路が利用している苫小牧港西港地区で地震発生直後に入港禁止措置がとられ、フェリーの等の遅延や他港へシフトするなどの影響があった。

9月26日の火災では、RORO船など最大27隻が沖合で待機し、フェリーが最長約10時間の入港遅れを生じた。その後、一旦、鎮火したのち別のタンクから再出火した28日の火災では港長指示による全船退避、港長許可船舶以外入港禁止措置がとられ、30日に解除された。この間タンカー、一般貨物船、フェリー、RORO船等最大47隻が沖待ちを余儀なくされ、フェリー、RORO船が苫小牧港東港区および室蘭港にそれぞれ9隻、8隻シフトした。また苫小牧港西港区のフェリーを利用していた貨物トラックの大部分が苫小牧東港区および室蘭港の利用で、また、一部の貨物トラックは函館港および小樽港の利用で補われたと考えられる。

タンク火災の影響による損失額は公式に試算されていないが、相当額にのぼると想定される。地震による直接被害以外にも臨海部に立地する石油類や化学物質等のタンクが被災し、タンク火災や流出事故を引き起こした場合、救援活動や災害復旧活動に支障を生じるだけでなく、地域経済への影響も大きいため、物流等のネットワークを確保するための広域的な対策計画の策定手法についての調査研究を進めることが必要であると考えられる。

10. 津波

10. 1 十勝沖地震津波の特徴

10. 1. 1 津波高の分布

今回の津波では根室・釧路・十勝・日高・胆振の沿岸に津波が来襲し、震源に近い十勝川河口付近では人的な被害も引き起こした。沿岸に来襲した津波高は、港湾内等の海面の変動として捕らえられる検潮記録、津波が直接的に達した(通過した)高さで斜面や建物に漂着物や変色などの残された痕跡で確認される痕跡高、津波が陸地をはい上がって到達した最高の高さである遡上高として確認できる。

図-11 に気象庁がとりまとめた津波高を示す。襟裳岬以東で1～4m、襟裳岬以西で1～3mの津波高が観測されている¹⁵⁾。潮位記録で見ると最も高い値を示しているのが、十勝港で2.5m、根室港、釧路港、浦河港等で1m～1.3m程度である³⁾。震源に近い十勝港では地震発生後数分で潮位の上昇が観測され、釧路港で5時6分、浦河港で5時7分に第1波が観測され、数分から10数分で海岸まで達している。今回の津波の特徴として、最大の津波波高が遅れて観測されている地点が多いことと津波継続時間が長かったことがあげられる。これに対して、沿岸に到達した津波の多重反射¹⁶⁾やエッジ波¹⁷⁾の発生があったと指摘されている。今後、こうした沿岸域での津波の挙動や津波継続時間をより精確に予測する手法の開発が必要であると考えられる。

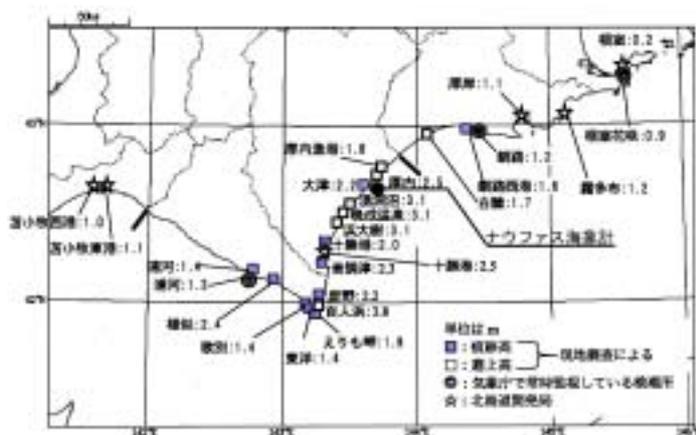


図-11 十勝沖地震津波の津波波高
(参考文献¹⁵⁾より作成)

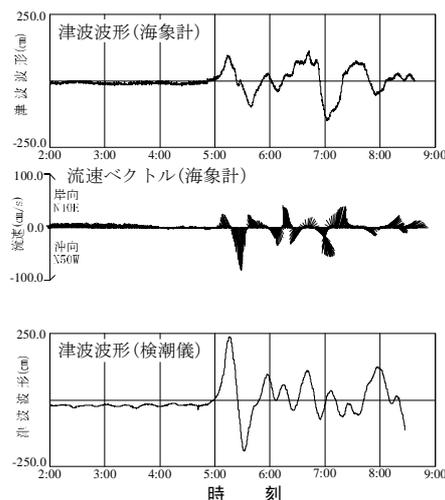


図-12 ナウファスで観測された津波波形と流速ベクトル(十勝港)

10. 1. 2 全国港湾海洋波浪情報網により観測された沖合津波波形

沖合での津波波形が全国港湾海洋波浪情報網(ナウファス)で観測されている。ナウファスは、国土交通省が全国に展開している波浪観測網で現在の主力観測機器は沖合における水位変動と流速変動を単一の海底設置センサーで観測できる海象計である。十勝沖地震津波は十勝港(大津漁港)、苫小牧港をはじめ、久慈港・石巻港・小名浜港の沖合ナウファス海象計等で観測されている。

図-12 に大津沖の水深-25m 地点に設置された十勝港沖合ナウファス海象計で得られた沖合津波偏差、流速ベクトルの経時変化及び十勝港における検潮記録を示す。第1波、第2波は、沖合津波偏差と検潮記録は類似した変動を示し、時間の経過に従い両者の波形は異なった動きを示すようになる。第1波、第2波の頃までは押し波時に岸向きの流れが引き波時に沖向きの流れが観測されているが、それ以降は、沿岸方向の流れが次第に大きくなっていく¹⁸⁾。これは、多重反射等の津波の挙動が捉えられたものと考えられ、今後、ナウファスで得られた情報を活用することで津波予測の再現性の向上を図ることが期待できる。

10. 1. 3 津波の河川遡上

十勝川を遡上する津波がテレビで繰り返し放映された。津波の河川遡上は、これまで日本海中部地震津波の際の能代川等で確認されているが、遡上した範囲、水位等は明らかではなかった。十勝川では 11km ポスト付近まで津波が遡上したことが水位観測から確認された¹⁹⁾。河川堤防、水門等が地震による被災を受け、津波が来襲した場合河川からの浸水という複合災害の可能性が現実のものとして示唆され、防災対策の強化を図る上で貴重な記録が得られた。

10.2 津波による被害の特徴と今後の課題

10.2.1 被害の概要

津波による被害が発生したのは、釧路港、十勝川河口付近の大津漁港、十勝港、日高側の様似漁港、浦河港等である。釧路港では貯木場内に水面保管されていた材木の流出、十勝港では貨物用のコンテナや駐車車両が津波にさらわれ、あるいは陸上で押し流された



写真-13 津波により冠水した十勝港
(広尾海上保安署提供)



写真-14 十勝港内に流出した貨物用コンテナ
(広尾海上保安署提供)

(写真-13、14、15 参照)。斜路上に陸置きされていた漁船等船舶の転倒も各地で発生している。また、港湾内の倉庫に蔵置されていた貨物等も被災している。

高い確率で発生するとされている東海地震、東南海・南海地震等では、より規模の大きな津波の来襲が想定され、木材や貨物などが漂流し、陸上の家屋、海岸堤防や陸間などの海岸保全施設等が被害を受けることも想定される。しかし、漂流物の挙動や漂流物が衝突した際の外力の予測・評価手法は確立されておらず、今後の重要な研究分野であると考えられる。



写真-15 岸壁に打ち上げられた漁船
(十勝港)

10.2.2 情報伝達・避難体制

津波が比較的大きかった北海道太平洋沿岸中部・東部では、4時56分に津波警報が発令され、9時に津波注意報に切り替えられ、18時30分に津波注意報が解除された。この間の自治体の対応については、報道されているように、自治体から住民への避難勧告の発令の有無、発令時間、解除時間がそれぞれの自治体で異なっていたことが指摘されている。避難勧告が出された最も早いところで5時00分、多くの自治体が5時台の前半である。また、一部避難勧告を発出しなかった自治体もあった。解除時間は、多くが津波注意報に

切り替わった9時以降の9時台から10時台であるが、津波警報発令中の9時前に解除した自治体もある²⁰⁾。この点については、既に総務省消防庁から各自治体に向けて避難対策の強化を図る旨通知されているところである。

一方、今回の津波では、早いところでは数分程度で第1波が到達しており、釧路、浦河でも10数分で、避難勧告が発令された時点で既に津波が到達していたところが多い。住民への情報伝達の迅速化を図る必要があることと併せ、住民に避難場所や避難ルートを予め周知しておくことが不可欠である。このための手段として住民も参加した形で津波ハザードマップを作成し、周知を図ることが有効な手段である。また、ハザードマップは住民それぞれが、自分の住む場所のリスクを理解することや、避難勧告等を出す対象となるエリアをよりきめ細かく設定する上でも重要な役割を果たす。しかし、ハザードマップの作成には浸水シミュレーションの実施など高度な技術的知見と多額のコストを要し、一自治体のみで対応しがたい課題であり、広域的な津波シミュレーションデータの提供など国としての技術的支援を強化することが必要であると考えられる。

筆者が直接ヒアリングした自治体の対策から今後の参考になる事例を示す。

- 1)防災無線の受信機を全戸に設置し、住民への同時通報体制が整っていたことが有効に働いた。
- 2)避難勧告の対象が小さなコミュニティであることから住民の相互協力による避難が可能であった。
- 3)過去の津波の記憶・教訓を風化させない。

また、上記以外の課題として、避難勧告の発令が比較的長時間にわたり、避難勧告解除までに時間がかかるため、臨海部や港頭地区への立ち入りができず、救援活動の初動をどうするか、漁業者や立地企業からの立ち入りの要請にどのように対処していくのか等の課題が明らかにされた。

1 1. 震後対応の課題

1 1. 1 震後対応調査の意義と調査範囲

地震に備え、地域の防災性能を向上させるために、ハードの対策の重要性は揺るぎない。しかし、ハード対策は時間を要するものであり、予算にも限りがある。したがって現在の社会環境下で地震が発生した場合に、被害を軽減するために鍵となるのは、地震直後に適切な初動の対応をとることである。

5月26日の地震では震度の割に被害が少なかったために震後対応がある程度早く沈静化し、震後1週間程度という、危機管理に当たった職員の記憶の新しいうちに、震後対応について聞き取り調査を行うことができた。体制構築、初動段階での被害の把握、他機関との連携の実態、マスコミ・一般への対応など地震直後の対応に属するもの、および地震に備える平常時からの準備状況、その他について防災担当者へのヒアリングを実施した。ここでは東北での調査を主に、その後実施した2003年十勝沖地震についての同趣意の調査も踏まえつつ、震後対応の課題について主要な観点を示す。

1 1. 2. 調査結果を踏まえた今後の危機管理上の課題

東北地整の危機対応そのものは、参集から情報伝達・集約等まで全般的に適切な対応がなされており、マニュアルに規定された事項に則った行動、マスコミ対応も円滑であった。北海道開発局でも大変苦心されつつも全般的に対応は適切であった。

しかし、それとは別に更に大きな災害を想定した場合や、円滑な対応の確実性の観点からは、東北地整における対応を踏まえると、今後の地震直後の危機管理において、共通課題が浮かび上がってくるように思われる。以下に主要な課題を示す。

(1)連絡手段の確保

報道でも取り上げられているとおり、輻輳により携帯電話が繋がらなくなる事態はほぼ確実に起こり、危機管理において混乱を招く大きな要因であるが、これに対処する具体の対策は必ずしも十分ではない。以下に列挙する障害を念頭に入れるなどの具体の備えが必要である。

1)施設点検委託業者、道路モニター等外部の業務支援時の通信は携帯電話及び一般回線が使用されており、このような支援制度を整備していても、輻輳によりそのメリットを生かせないケースは十分にあり得る。

2)災害時優先電話の導入が進んでおり、1)のような場合でも利用可能であった事例があった。一方、どの電話機が該当するかを明らかにしておくなど、効果的に活用するための準備を十分にすべきである。

3)職員及びその家族の安否確認が一般電話の輻輳により困難になることが予想され、安否が確認できない不安により職務への集中に支障が生じる。

また、情報通信手段が持つ脆弱性、情報通信の障害によって起こりうる混乱について体系的な考察が必要と考える。

(2)情報システムの活用および災害業務全体の再編成

災害情報の集約・共有・提供にあたってはコンピュータを利用した情報システムの活用が一般的に勧められているところであるが、今回も含め、現場では電話とFAXを利用して、特に混乱せず対応ができているのが実態であった。また既に整備されたシステムが災害時に全く使われなかった事例がある一方で、メールや掲示板、デジタルカメラを上手に活用した事例もあった。また被害箇所数が多くなると、FAX送受信量が増大するため受信資料の整理が困難になるなど混乱を危惧する意見もある。

これまで情報システムなどのツールとその他の手段の役割分担、またこのような支援ツールを含めた災害業務のあり方というものが十分に論じられたことはない。今後は災害業務の合理化に向けて、情報システムの活用を含めた災害業務全体の再編成が研究される必要がある。

(3)災害時の教訓に関する知識の共有

今回の調査では顕著に見られた訳ではないが、災害時の対応について調査をすると、多少なりともかつて他の地方整備局等で発生した同じ問題によって苦労したという話を聞く。知識があったとしても対処が容易でない場合もあるのは確かであるが、知識が浸透していれば事前に備えることが可能であったと思われるものもある。現在、他地整の災害時の教

訓が報告されていないということはないが、これが必ずしも適切に活かされないのは、防災担当者の勉強不足と片づけるのではなく、これを容易に収集し活かすための仕組み作りが必要と言える。

11.3 まとめ

今回の調査によって、まだ災害対応についての防災担当者の記憶が新しいうちに、震後対応の実情および問題意識など貴重な情報を得ることができた。各地の防災担当者にとってチェックリスト代わりになるような個別の知見は別途国総研資料¹⁾にまとめたので、ここでは紹介しなかったが、そのような個別の知見も、各組織の危機管理の参考になると考える。上に挙げた大局的な課題については危機管理技術研究センターにおいて現在検討中、ないしは本年度開始した「リアルタイム災害情報システムの開発」研究において検討予定である。

12. 3地震から得られた教訓

本年に集中して発生した3つの被害地震は、1995年兵庫県南部地震、2000年鳥取県西部地震以来のものであった。被害の規模は、1995年兵庫県南部地震や、来るべき東海地震、東南海地震、南海地震などの被害想定に比べれば小規模ではあったが、今後の地震対策を考える上で教訓とすべき特徴もいくつか見られた。以下に主な事項を列挙して現時点でのまとめとしたい。

(1)長期地震予測

9月26日十勝沖地震は、地震調査研究推進本部がこの3月に長期予測を行った地震に該当するものであるという見解が、同本部より発表された。長期予測された地震が実際に起こった初めての地震であった。少なくとも発生周期性の高い海溝型地震については、確実に再発するものであることを実感させた。今後の地震発生が確実視されている東海地震、東南海地震、南海地震、あるいは宮城県沖地震等に対する備えを急ぐべきである。

(2)降雨と地震の同時生起

7月26日宮城県北部地震は降雨時に発生した。このため、河川部局では出水対応を取っている最中に、同時に地震対応も行わねばならず、体制面の苦労があった。幸いに河川水位が地震後に低下していったので、二次災害に至らなかったのは幸いであった。また、事前降雨により斜面災害が比較的多くなった傾向が見られる。体制面、ハード対策の両面において、降雨の影響を視野に入れておく必要がある。

(3)津波

9月26日十勝沖地震津波は、津波の継続時間が長い、最大の津波偏差が遅れて観測されるという特徴があった。津波の継続時間や沿岸部での津波挙動を避難情報提供などに反映させる必要があるだろう。また、津波の河川遡上が観測されたことから、河川堤防等が被災した状態で津波が来襲するという事態を考慮することが望まれる。

(4)長周期地震動

9月26日十勝沖地震では、一部地域で、1995年兵庫県南部地震を上回る長周期地震動

が観測された。一説には、苫小牧の石油タンクの火災の原因とされている。海溝型地震では長周期地震動が発生する可能性が高いので、固有周期の長い大規模構造物の耐震設計・耐震評価においては、長周期地震動の影響を注意深く考慮する必要がある。

(5)耐震補強対策

橋梁、河川堤防、港湾などにおいて、特に 1995 年兵庫県南部地震以降に既設構造物に対して行われてきた耐震補強対策、および前回地震で被災した後にとられた改良復旧の効果が実証的に示された。得られたデータを耐震補強対策の合理化のために有効に活用することが望まれる。

また木造・RC 造建築物でも新耐震設計法が導入される(1981 年)前に建てられた建築物に構造的被害が多く見られた。一方耐震補強された建築物で被害が無かったことから、建築物の耐震診断・耐震補強は緊急かつ重要な課題である。また 2 次部材(天井仕上げ)や塀の被害も多く、非構造部材の耐震性の確認も重要となる。

(6)災害危機管理

今回の地震でも電話回線の輻輳が発生した。大地震の際には、通信手段の途絶・輻輳がさらに大きくなるので、大地震を視野に入れた再点検や新技術の導入などを検討しておくことが望まれる。

十勝沖地震では僅か 1 週間前に地震を想定して実施した災害担当者手作りのロールプレイング訓練が危機対応に効果を発揮した事例があった。今後は明快な被害イメージに立脚した危機管理を促すために、地震被害想定の方定手法の開発と被害想定の方及が必要である。

9 月 26 日十勝沖地震津波では、不幸なことに 2 名が行方不明となった。地域住民への情報伝達については自治体間で対応が不統一であるという課題はあるものの、住民の意識の意識も高く、避難は比較的スムーズに行われた。今後、釣り客等海岸・沿岸利用者への情報伝達手段を確立することが望まれる。また、津波ハザードマップを早期に作成することが必要である。

謝辞

現地調査を行うにあたって、国土交通省、東北地方整備局、北海道開発局、(独)北海道開発土木研究所、宮城県、北海道、および管内の関係市町村等の関係各位には、地震発生後間もない多忙な時期にもかかわらず、多大なご支援とご協力を賜った。ここに深甚なる謝意を表します。

本報告をまとめるにあたって、国土技術政策総合研究所、土木研究所、建築研究所、及び港湾空港技術研究所より派遣された調査チームの速報資料、および 4 機関合同の調査報告書^{10),13)}を全面的に活用させていただいた。したがって、ここに記された内容の多くは、緊急調査メンバー等によるものである。併せて謝意を表します。

参考文献

- 1) 消防庁ホームページ他.
- 2) 建設省省土木研究所：河川堤防の液状化対策工法設計施工マニュアル（案）土木研究所資料 第 3513 号，1997. 10.
- 3) 国土交通省土木研究所：山岳盛土の地震時流動破壊現象に関する実験的研究報告書、土木研究所資料 第 3807 号，平成 13 年 3 月.
- 4) 建設省省土木研究所：1993 年釧路沖地震、1994 年北海道東方沖地震及び 1994 年三陸はるか沖地震による下水道施設の被害調査、土木研究所資料 第 3498 号，1998. 2.
- 5) 消防庁：宮城県沖を震源とする地震(第 27 報)：平成 15 年 7 月 2 日 17 時発表、消防庁ホームページ
- 6) 消防庁：宮城県北部を震源とする地震(第 40 報)：平成 15 年 10 月 24 日 18 時発表、同上
- 7) 北海道庁：「平成 15 年十勝沖地震」対策・被害状況(第 23 報)：平成 15 年 10 月 17 日 9 時発表、北海道庁ホームページ
- 8) 国土技術政策総合研究所：平成 15 年 5 月 26 日宮城県沖地震被害に係わる現地調査報告書、国総研資料、No. 115、2003. 9、pp. 58-70
- 9) (社) 日本建築学会災害委員会・日本建築学会災害調査 WG：2003 年 7 月 26 日宮城県北部の地震災害調査速報」2003 年 8 月 31 日
- 10) 国土技術政策総合研究所、独立行政法人土木研究所、独立行政法人建築研究所：平成 15 年 7 月 26 日宮城北部地震現地調査報告書（仮称）（予定）
- 11) 国土交通省、独立行政法人建築研究所：大規模空間を持つ建築物の天井の崩落対策について、記者発表資料、平成 15 年 10 月
- 12) 西山功他：芸予地震による体育館天井の落下被害の調査とその対策、日本建築学会技術報告集、No. 16、2002. 12
- 13) 国土技術政策総合研究所、独立行政法人土木研究所、独立行政法人建築研究所：平成 15 年 5 月 26 日宮城県沖地震に係わる現地調査報告書，2003. 10.、あるいは、国土技術政策総合研究所：同上、国土技術政策総合研究所資料，No. 115，2003.
- 14) (独) 港湾空港技術研究所：平成 15 年(2003 年)十勝沖地震現場調査速報第 3 報(暫定版)(2003. 10. 27. 16:00 現在)，(独) 港湾空港技術研究所ホームページ <http://www.pari.go.jp/>.
- 15) 気象庁：『平成 15 年(2003 年)十勝沖地震』の津波現地調査について，2003/10/28
- 16) 今村文彦：平成 15 年(2003 年)十勝沖地震津波関連調査班メモ，「03 年十勝沖地震調査団」調査速報について，(社) 土木学会ホームページ <http://www.jsce.or.jp/>.
- 17) 藤間功司：2003 十勝沖地震による津波，(社) 土木学会 2003 年十勝沖地震現地合同調査記者会見資料，2003.
- 18) 永井紀彦，小川英明：平成 15 年(2003 年)十勝沖地震津波波形の特性，港湾空港技術研究資料，2004(予定)

- 19) (独)北海道開発土木研究所環境水工部河川研究室：十勝沖地震に伴い発生した津波の河川遡上調査概要報告(速報)，(独)北海道開発土木研究所ホームページ <http://www.ceri.go.jp>
- 20) 北海道総務部総合防災対策室防災課：「平成 15 年 十勝沖地震」対策・災害状況(第 23 報)，2003，北海道ホームページ <http://www.pref.hokkaido.jp/>.