

# 新潟県中越沖地震による海岸港湾施設の被害

## および海底古木による漁業被害の現地調査

A FIELD INVESTIGATION ON THE DAMAGE OF COASTAL, PORT AND HARBOUR FACILITIES CAUSED BY THE NIIGATAKEN CHUETSU-OKI EARTHQUAKE IN 2007

泉宮尊司<sup>1</sup>・石橋邦彦<sup>2</sup>

Takashi IZUMIYA and Kunihiko ISHIBASHI

<sup>1</sup>正会員 工博 新潟大学教授 工学部建設学科 (〒950-2181 新潟市西区五十嵐二町8050番地)  
<sup>2</sup>正会員 新潟大学技術専門職員 工学部建設学科 (〒950-2181 新潟市西区五十嵐二町8050番地)

A field investigation has been carried out to investigate the damage of coastal, port and harbour facilities caused by the Niigataken Chuetsu-oki Earthquake in 2007. The instrumental JMA seismic intensity of a strong 6 was registered in Kariwa village, Kashiwazaki and Nagaoka cities, in Niigata, Japan. The damages to coastal, port and harbour facilities were investigated. The old seawalls at Osaki coast in Kashiwazaki were broken due to strong seismic motions. Several coastal facilities were partly broken due to liquefaction occurred by the severe ground shaking. The corners of concrete caissons used for a breakwater were broken off due to strong collisions. There are many old woods appeared on a sea bottom surface after the earthquake in the region offshore from Izumozaki town to Kashiwazaki city. The woods might appear to floating up to the sea bottom surface due to the liquefaction of sea bottom sediments.

**Key Words :** *Chuetsu-oki earthquake, coastal facilities, port and harbour facilities, damage, liquefaction*

### 1. はじめに

2007年7月16日午前10時13分頃、新潟県中越沖でマグニチュード6.8の地震が発生し、死者15名、重軽傷者2,315名、全壊家屋1319棟、半壊家屋4764棟の大きな被害が発生した<sup>1)</sup>。3年前に発生した中越地震は、同じ地震規模のM6.8であるが、脆弱な新第三紀層が広く分布する内陸直下で発生したため、内陸部でより大きな被害が発生している。

中越沖地震は、中越地震の震源から僅かに50km程度離れた位置の海岸から約10kmの海底で発生した地震であり、沿岸部ほど震源に近くより強い地震動が観測されている。このため沿岸部の施設の被災状況を詳しく把握することは、海岸保全施設等の耐震強度を見極めるためにも重要な調査である。また、近年では護岸等の海岸施設の老朽化が問題になりつつあり、地震発生後に襲来する津波に対して防御施設として十分に機能するかを確認する必要がある。

そこで本調査は、新潟県中越沖地震によって、海岸施設および港湾施設にどのような被害が発生したかを調査する共に、海底に埋没していた古木が地震による液状化で海底面上に浮き上がり、漁業被害をもたらした海底古木の特性を調査することを目的として行った。

### 2. 中越沖地震の概要

新潟県中越沖地震は、2007年7月16日午前10時13分頃、上中越沖の北緯37度33.4分、東経138度36.5分、深さ17kmで発生した。マグニチュードは暫定値で6.8と発表され、震度6強が柏崎市中央町、西山町池浦および刈羽村割町、長岡市小国町法坂等で観測された。柏崎市西山町池浦では、合成最大加速度1018.9gal、出雲崎町米田(震央距離9.3km)では震度6弱であったが、合成最大加速度701galを観測している(気象庁<sup>2)</sup>, 2007)。また、地震発生に伴って津波も観測され、柏崎および小木で0.2m~0.3mの第1波を観測している。柏崎港では、港が震源域に向かって開いていることもあり、1mを超える津波が観測されている。

地震断層は、余震分布から南東傾斜の逆断層であると発表されたが、上中越地域の沿岸部は地震波速度の遅い地層が厚いことと、海側に地震観測がなされていなかったため、余震震源位置の精度がそれほど高くなく、南東傾斜かあるいは北西傾斜のいずれであるか、海底地震計の観測がなされてから判定された。その結果によると、大局的には南東傾斜の逆断層運動により発生したが、震源域北東部では北西傾斜の断層も活動したと考えられている。

中越沖地震で特徴的なことは、柏崎市中央町で

観測された速度波形にパルス的な波形が3波存在し、その最大速度は100cm/sを遥かに超えており、2004年の中越地震で震度7を観測した川口町(速度記録)や1995年の兵庫県南部地震の海洋気象台の記録と同程度以上であることである。また、加速度波形には液状化が発生したと見られるサイクリックモビリティが明確に見られたことである<sup>3)</sup>。

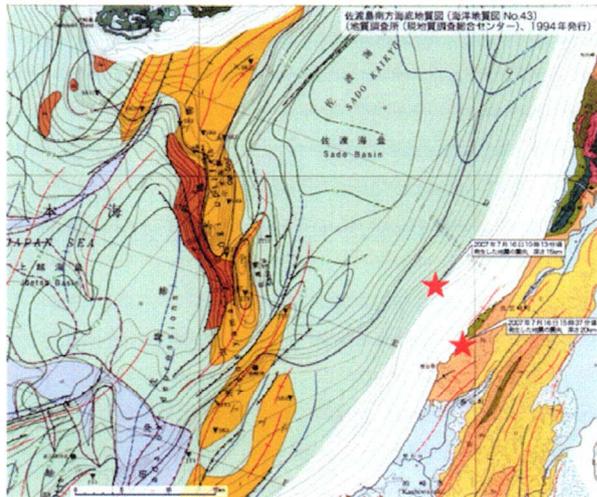


図-1 新潟県上中越地域の地質と地震の震源  
(佐渡島海底地質図, 地質調査総合センター<sup>4)</sup>より)

中越沖地震が発生した地域は、図-1 に示すように、新第三紀層からなる丘陵地と砂丘地に囲まれた平野で形成されており、それらは第四紀層から成っている。また、砂丘地背後の低地は地下水位が高く、液状化被害が発生しやすくなっている。

### 3. 海岸および港湾施設の被災状況

中越沖地震による海岸港湾施設等の被災の現地調査は、2007年7月27日に行った。調査範囲は、大河津分水および寺泊海岸から柏崎港までの河川、海岸線にほぼ沿って行った。調査対象は、海岸護岸、海岸道路、漁港および港湾施設、海浜公園等であり、その被災状況を考察した。

寺泊港より東側の地域においては、分水堤防や道路に極めて小さいひび割れが数箇所見られた他は顕著な被害は見受けられなかった。しかしながら、出雲崎周辺から海岸道路の亀裂等の変状が見られた。柏崎市西山町の海岸道路国道352号では、写真-1および写真-2に示すように、路肩部の亀裂の発生や路面が液状化により10cm~40cm程度沈下していた。写真-2では、路面が40cm程度沈下しているが、路面の高さが約4m程度であるので、約10%の沈下である。出雲崎から西山町にかけては、丘陵あるいは山地が海岸に迫っている地形であるため、地震の2日前からの降雨の影響が現れやすく、地下水位が高かった



写真-1 道路路肩の亀裂(西山町, 国道352号)

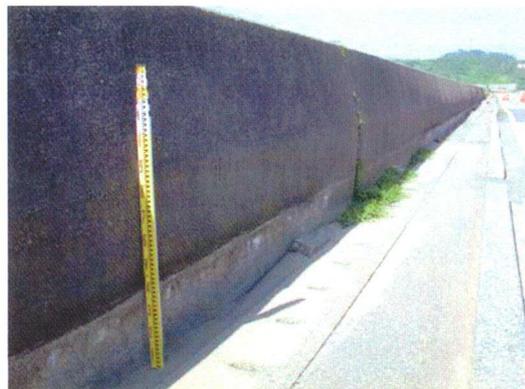


写真-2 海岸護岸背後の路面の沈下(大崎, 国道352号)



写真-3 倒壊したやや古い護岸(大崎海水浴場)

ことが液状化を発生させやすくしていたと考えられる。一方、護岸自体には大きな変状が認められなかった箇所が多くあった。この地域では、震度6強から震度6弱が観測されたと推測されるが、岩石層が地表近くにあることが幸いして、大きな破壊は生じていなかった。

写真-3は、同じく西山町の大崎海水浴場付近の倒壊した護岸を撮影したものである。この護岸は、杭基礎のないやや古い護岸で、打ち継ぎ目から分離

しているようであった。写真-4は、同じく大崎海水浴場付近の海岸護岸であるが、背後は液状化により噴砂の跡が残っている。しかしながら、液状化は表層近くで発生しているようで護岸等のはらみ出し等は見られず、写真からはほとんど変形を受けていない状況である。このように、前面に砂浜が存在しており、液状化が発生しても護岸基礎部まで達していなければ、ほぼ健全なままで済む事例があることが見出された。



写真-4 護岸の背後の液状化による噴砂  
(大崎海水浴場)

一方、出雲崎漁港および柏崎港では、防波堤のケーソンの衝突による角部の損傷や若干の変位が認められた。また、柏崎港では一部の箇所では岸壁のはらみ出しや沈下が見られたものの、写真-5および6に見られるように修復は必要ではあるが、一部を除き使用不可能な状態には至っていなかった。写真-5には、自衛隊の輸送艦が接岸しており、給水や支援助物資の供給の大いに役立っている状況にあった。写真-6は、地震時に繫留杭とエプロン部分の相対運動により、衝突が生じて繫留施設側のコンクリートが圧壊したものと見られる。

柏崎港に近い西港町の海岸道路では、写真-7に示すようにインターロッキングブロックが波状に被災しており、丁度地震波が凍結されて残ったような感じであった。この写真からは、道路進行方向に対して直角方向から地震波が襲来して来た様子が伺える。この方向は、地震断層が柏崎の沖合いまで伸びているので、地震断層の走行の真横から襲来して来たことになる。

みなとまち海浜公園では、写真-8および9に示すように、液状化による基礎部の流動化により、緩傾斜護岸やインターロッキングブロックの被災が多く認められた。これらの被災は、液状化により側方流動が生じて地盤が亀裂が発生することにより起きたものと考えられる。このような被害は、今回の中越沖地震だけでなく、中越地震および兵庫県南部地震の際にも多く確認されているものである。液状化が

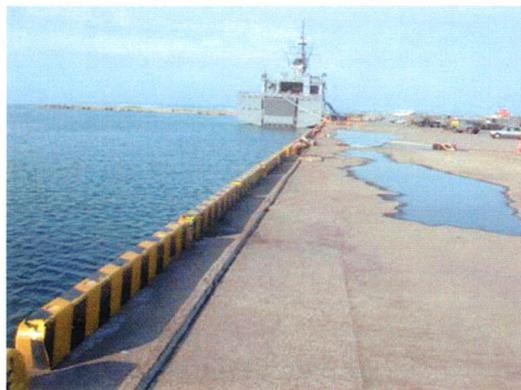


写真-5 柏崎港中浜岸壁とエプロンの沈下



写真-6 繫留施設の被害(柏崎港)



写真-7 インターロッキングブロックの被災

発生していたことは、写真-10に示すように側溝から噴砂の跡があることから分る。

写真-11は、埋設された緩傾斜護岸の先端部のブロックの間に砂が落ち込んでできた陥没孔群である。前々日から降雨があったため、地下水位が高く液状化が発生しやすかったため、ブロック同士で相対的な変位が生じ、間隙が大きくなった際に上部の砂が落ち込んで出来たものと考えられる。なお、これまでの調査では、自然海浜で大きな波浪が直接襲来している砂浜では、液状化発生の際の形跡は認められなかった。

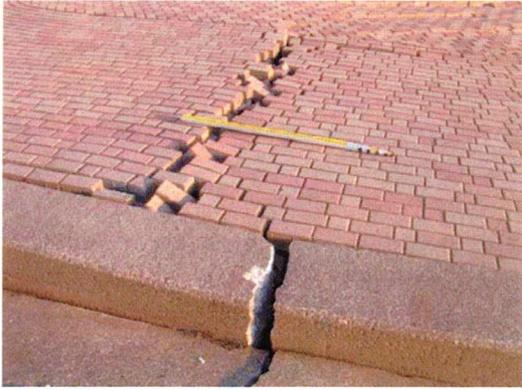


写真-8 インターロッキングブロックの被災

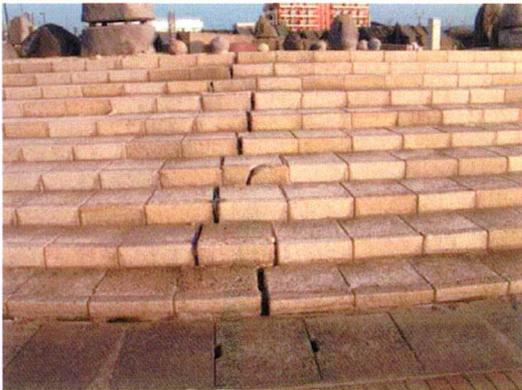


写真-9 緩傾斜護岸の亀裂



写真-10 側溝における噴砂の跡



写真-11 緩傾斜護岸先端部にできた陥没孔群

#### 4. 漁業被害をもたらした海底古木の特徴

中越沖地震では、地震の際に海底古木が海底面に浮上して、タイやヒラメ漁の網にかかることで問題となった。漁業被害をもたらした海底古木は、柏崎北方沖から出雲崎町の沖合いの長さ約 20km、幅約 2km に亘って回収されていた<sup>5)</sup>。この海域の水深は、約 70m から 100m であり、丁度マダイやヒラメの漁場と一致した海域で、海底面に浮上した古木が網にかかって被害が発生していた。そこで海底古木を入手して、海底古木の形状と密度等を調査した。さらに、海底古木に関する情報を収集し、海底で液状化が発生する可能性について調査した。

写真-12 および 13 は、出雲崎漁港で回収された古木群を示したものである。いずれの古木も丸くなっており、相当に古いと思われるものは、炭化した状態であった。山形大学の桜井教授および(独)産業総合技術研究所の活断層研究センターの調査によると、古木の年代は 6500 年前から 3100 年前の縄文時代中期から後期のものであるとマスコミなどに公表された<sup>5)</sup>。

海底古木の樹種については、新潟大学の中田ら<sup>6)</sup>が光学顕微鏡を用いて調査し、トチノキ、ヤチダモ、カエデ属、およびヤナギ属等であることを明らかにしている。彼らは、樹種組成からは落葉広葉樹が中心で、溪谷、河川および湿地などに生育場所を持つものが多いとしている。このことから、河川周辺に育成していた樹木が、洪水や土石流により流され河川から日本海に流されたものと推測される。

古木が海水よりも軽い時には、波浪による定常漂流力と風による吹送力が働くので、波打ち際まで打ち上げられことになる。しかしながら、海水とほぼ同程度の密度になると、砕波帯内での滞在時間が長くなり、やがて戻り流れ等によって、沖合いに徐々に流されて行ったものと推測される。海底古木が丸いのは、砕波帯内に存在した時期の磨耗によるものと考えられる。



写真-12 回収された海底古木(出雲崎漁港, その1)



写真-13 回収された海底古木(出雲崎漁港, その2)



写真-14 炭化した海底古木の断面

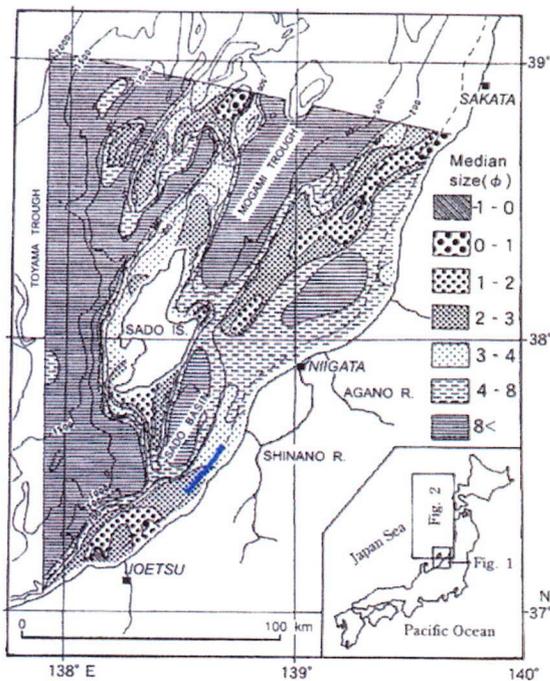


図-2 新潟沖海域における表層堆積物の粒度分布 (片山ら, 1991 および寺島ら, 2005 による)

海底古木の密度は  $1.041 \sim 1.086 \text{g/cm}^3$  程度であり、木材ではあるが海水よりやや重くなっている。このことから、古木は水深が 70m から 100m 程度の海底に沈み、長期間を経て埋没していったものとみられる。70m 以深の堆積速度は、それほど大きくなく、1 年あたり 0.5mm から 5mm 程度とすると、100 年間で 5cm から 50cm 程度、1000 年間では 50cm から 5m 程度にも及ぶことになる。ここで問題となることは、このような海域の海底でも液状化が発生するかである。

能登半島地震の際に海上保安庁<sup>7)</sup>が震源付近の海底を調査したところ、多くの泥噴火の跡が発見されている。このことから、能登半島地震では震源近くの海底で液状化が発生していたことが明らかとなった。一方、同じく海上保安庁が中越沖地震発生後に震源付近の海底を調査したところ<sup>8)</sup>、能登半島地震のような泥噴火跡は見出されなかった。

新潟県水産海洋研究所は水中ビデオを用いて、海底古木の存在状況を調査していたので<sup>9)</sup>、それを入力して海底の状況および液状化の発生の有無を調べてみた。水中ビデオには、まだ所々に古木が見られたが、噴泥跡は明確には確認できなかった。なお、海底には、数 cm から 10 数 cm 程度の穴が幾つか見られたが、シルトが覆いかぶさっていたため、それが噴砂孔の跡なのか、底生生物の巣穴であるか区別することはできなかった。

海底で液状化が発生するためには、底質に砂質成分が多く含まれている必要がある。新潟沖海域の底質粒径は、地質調査所の片山・中嶋ら<sup>10)</sup>が調査しており、それによると上越市沖から巻町の沖合いには、細砂あるいは泥混じりの砂が分布していることが分った。図-2 は、片山・中嶋ら<sup>10)</sup>による新潟沖海域における表層堆積物の粒度分布図であり、海底古木が採取された場所を実曲線で示している。この図に示されているように、上越市沖から柏崎、出雲崎の沖には礫から細砂が広がっていることが分る。また、粟島沖合いにも砂礫層が広く分布しており、新潟地震の際にも古木が回収されている。

寺島・今井ら<sup>11)</sup>は、図-2 示す海域で底質の微量セレンの地球化学的挙動を調べるために、この海域で底質をサンプリングしており、丁度柏崎沖から出雲崎沖の底質も 3 地点で採取している。その結果によれば、柏崎沖の水深 93m では Muddy fine sand(0.075mm-0.25mm)で含泥率 10.9%、西山町沖合いの水深 117m では Muddy medium sand (0.25mm-0.85mm)で含泥率 10.6%、出雲崎沖の水深 85m でも Muddy fine sand(0.075mm-0.25mm)で含泥率 21.4%であった。この結果より、海底古木が回収された海域の底質は砂質であり、水深の割にはかなり含泥率が低く、十分に液状化が発生し得る土質である<sup>12)</sup>。

また海底古木が回収された海域は、丁度中越沖地震の地震断層の直上であり、震源に関してもほぼ直上に沿って分布しており、地震加速度は陸地で観測された値よりも大きいと推定される。よって、地

震動の大きさおよび底質の粒度から、十分に液状化が発生したと考えられる。

## 5. 結論

新潟県中越沖地震によって、海岸施設および港湾施設にどのような被害が発生したかを調査し、被害の状況とその特徴を調べた。また、海底に埋没していた古木が海底面上に浮き上がる機構について調べた結果、以下のことが明らかとなった。

(1) 2007年新潟県中越沖地震は、震度6強を観測し、地震加速度が1000gal以上を観測した地点が存在し、地震速度も100cm/sを超える地震動であり、中越地震や兵庫県南部地震と比較しても地震動の大きい所では同程度であると言える。

(2)地震動による家屋の倒壊が数多く発生したが、地震断層がほぼ海域にあったこと、および津波が比較的小さかったことが2次災害を小さくしていたと考えられる。

(3)液状化による被害が見られたが、背後地の地盤が高く、前に砂浜が存在している場所では護岸の被害は比較的軽微であった。基礎杭のない古い護岸は、打ち継ぎ目等から剥離被災していた。

(4)港湾の防波堤および岸壁には、一部にはらみ出しや衝突痕が見られたが、一部を除いて利用可能な状態にあった。このため、災害の復旧や物資の支援に大変役立っていた状況であった。

(5)地盤の液状化により側方流動が生じ、引張りが生じる所では、亀裂が発生していた。また、緩傾斜護岸では、地中にあるブロックの相対的な運動により間隙ができ、陥没孔が多数発生していた。

(6)中越沖地震発生と共に出現した海底古木は、

底質が砂質であったため液状化が発生し、海底面に浮上して来たものと推測された。

## 参考文献

- 1) 国土交通省北陸地方整備局：平成19年(2007年)の新潟県中越沖地震、～被害・復旧状況と支援状況～、平成19年7月23日12:00現在、速報版、pp.1-15、2007。
- 2) 気象庁：災害時自然災害報告書、地震・津波速報、平成19年(2007年)新潟県中越沖地震、第3号、pp.12-25、2007。
- 3) 後藤浩之：震源地域における地震動特性、土木学会2007年新潟県中越沖地震災害調査報告会資料一、土木学会、8月22日、2007。
- 4) 地質調査総合センター：佐渡島海底地質図、1994。
- 5) 朝日新聞：大量古木、マダイ漁直撃 中越沖地震で海底から浮上?、<http://www.asahi.com/national/update/0724/>、2007。
- 6) 中田誠、細田佳宏、立石雅昭、宮下純夫：出雲崎沖の海底古木の樹種と成因に関する推察、<http://geo.sc.niigata-u.ac.jp/~070716/rep07/nkt1025.pdf2p>、2007。
- 7) 海上保安庁海洋情報部：能登半島地震に伴う変動地形を観測-能登半島地震の震源域海底調査速報-、5月11日、2007。
- 8) 海上保安庁海洋情報部：新潟県中越沖地震の震源域の海底調査結果について(速報)8月6日、2007。
- 9) 新潟県水産海洋研究所：柏崎沖海底古木調査結果概要について、7月27日、寺泊沖海底古木調査結果概要について、8月7日、<http://www.pref.niigata.jp/norin/chiiki/suikai/index.htm>
- 10) 片山肇、中嶋健、池原研：新潟沖の表層堆積物、岡島行信編、日本海中部東縁部大陸棚周辺海域の海洋地質学的研究、平成2年度研究概要報告書、一新潟県沖海域一、地質調査所、pp.47-73、1991。
- 11) 寺島滋、今井登、池原研、片山肇、岡井貴司、御子柴真澄、大田充恒：日本海東部の海底堆積物中の微量セレンの地球科学的研究、地質調査所報告、第56巻、第9/10号、pp.325-340、2005。
- 12) The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan: Technical Standards and Commentaries For Port and Harbour Facilities in Japan, OCDI, pp.169-196、2002。