

災害に強い社会の構築に向けた具体的アクション

【企画趣旨】



コーディネーター
丸山 久一
MARUYAMA Kyuichi

土木学会 理事（調査研究部門担当）
長岡技術科学大学 教授

東日本を襲った地震、津波から1年が経過しようとしている。発災直後の国交省、自衛隊、消防、警察等の組織だった緊急対応は際だったものがあり、また、被災された人々の支援に駆けつけた多数のボランティアは献身的であって、わが国の底力を示したものと言える。ただ、津波による被災地域があまりにも広範囲であったことと、初めての経験である原子力発電所のメルトダウンにより、復旧・復興への歩みは必ずしも順調ではない。

このセッションでは、被災した東日本地域の復旧・復興に資するのみならず、今後の発生が懸念されている東海、東南海、南海地震の影響を受ける地域に対しても参考となるよう、災害に強い社会の構築に必要な技術という観点から、具体的な技術およびそのレベルの現状、今後の課題等について議論することを目的とする。

地震動による被災としては、17年前（1995年1月）に阪神地区を襲った直下型地震（兵庫県南部地震）によるものが大きい。木造住宅の倒壊および火災の発生により、犠牲となった方々は6,400人を超えた。さらに、耐震技術では世界一と誇っていた鉄筋コンクリート構造物が倒壊し、“安全神話”が崩壊したと言われた。

この惨状を目の当たりにして、コンクリート構造技術者は、総力を挙げて耐震性能の解明、耐震設計法の整備、既設構造物の耐震補強技術の開発に取り組むこととなった。その成果は、その後の地震や今回の地震においても示されていると思われる。阪田先生には、コンクリート工学の専門家として、これまでの経緯、今後の課題等について具体的にお話いただくこととした。

津波による人的被害が甚大で、大きく報道されているが、個人資産の喪失という観点では、液状化や地滑りによる住宅被害が非常に大きかった。地盤の液状化現象が

最初に注目されたのは、1964年6月に発生した新潟地震である。鉄筋コンクリート造のアパートビルが大きく傾いたのが象徴的であった。

1995年の兵庫県南部地震以降、土構造物としての道路や鉄道の盛土についても、耐震補強技術が開発されている。日下部先生には、これまでの地盤の耐震補強方法のお話をいただくとともに、今回の広範囲な液状化現象についても、技術的課題、今後の対応について述べていただくこととした。

原子力発電所の事故に関連して、一時的に、津波高さの想定のおおきな責任が土木学会にあると誤解された。原子力発電所の建設が40年以上前であること、土木学会で津波に関する評価手法をまとめたのが2002年であることを公表して、誤解を解くことができた。

津波の伝播に関するシミュレーション技術は、数値計算技術の高度化に伴って、相当のレベルに達しつつある。ただ、当該地域における津波高さの予測精度は、地震の源となる海底地盤の崩壊規模に大きく依存するため、地震の予測モデルをどう扱うかにかかっている。これに関して、当麻氏に技術の変遷、現状および今後の課題についてお話いただくこととした。

最後に、アメリカから海岸工学が専門のEwingさんをお迎えする。Ewingさんは、ASCEの調査団の一員として、発災直後から被災地に入り、港湾空港技術研究所のチームと連携して、港湾および海岸の構造物、施設の被災状況を調査し、洗掘、地盤沈下、防潮林などの問題点を指摘するとともに、港湾および海岸構造物をいかに粘り強い構造物とするかについての提言もしている。港湾、海岸構造物の問題点と今後の課題について、幅広い経験をもとに、お話をいただくこととした。

【講演】



阪田 憲次
SAKATA Kenji

1967年 京都大学工学部土木工学科卒業。1977年 岡山大学助教授、1988年 岡山大学教授、2009年 岡山大学名誉教授。2010年 土木学会会長。工学博士。専門は、コンクリート工学。

講演題目：「コンクリート構造物の地震・津波に対する安全性」

土木構造物、とりわけコンクリート構造物の耐震技術および耐震性能については、1995年の阪神・淡路大震災を契機として進歩・向上した。橋梁、住宅等のコンクリート構造物が地震により壊滅的な被害を受けたことを受け、その耐震性能について、設計から材料・施工まで、総合的に検討され、新たな耐震設計法が導入された。

東日本大震災における鉄筋コンクリート橋梁構造物の被害は、全体として、これまで改善されてきた耐震設計の考え方で予想される範囲内であった。鉄道高架橋では、破壊安全度の評価に基づき耐震補強を施していた橋脚は無被害であったが、これから補強を予定していた箇所には曲げ破壊が生じていた。阪

神・淡路大震災以降の調査・研究および技術開発に基づくコンクリート構造物の耐震補強施策や改訂された耐震設計法は、2004年の新潟県中越地震に加え、今回の地震でもその有効性が検証されたと言える。

一方、海岸線近くの道路橋、鉄道橋においては、津波により重量のあるコンクリート桁も押し流された。津波により押し流された種々の橋桁では、落橋防止装置は破壊され、鋼桁やトラスなどの軽い桁は上流数百mにまで流されていた。PC桁を固定した橋脚では、桁で受けた津波の力により地震では見られない破壊が生じ、桁の落下に至ったものがあった。コンクリート構造物の津波に対する耐力については、今後の研究課題である。



日下部 治
KUSAKABE Osamu

1975年東京工業大学大学院修士課程修了、1982年ケンブリッジ大学大学院博士課程修了。1975年東京工業大学助手、1984年宇都宮大学助教授、1991年広島大学教授、1996年東京工業大学教授、2011年東京工業大学名誉教授、2011年茨城工業高等専門学校長、現在に至る。Ph. D. 2010年から地盤工学会会長。専門は、地盤工学。

講演題目：「土構造物の安全性向上にむけて」

東日本大震災の被災調査結果からは、近年の耐震設計規準で設計・施工された構造物（社会インフラ、高層建築・産業施設とその基礎）や新幹線等の補強土構造物、ロックフィルダム、地盤の液状化対策を行なった土構造物は被害が殆どなく、地盤工学の技術・指針が有効であったことが確認された。反面、宅地地盤の液状化や丘陵地造成宅地等の個人に所属する地盤・盛土の変形・沈下については、近年の指針・規準・法令や予測法に基づいた設計・対策が不徹底であったことが明らかとなってきている。まだ旧規準下で造られた膨大な数の土構造物（河川堤防、宅地、ため池等）は被害が多数・大規模であり、今後どのように耐震診断と耐震補強していくかが地盤工学的

課題であるとともに、社会全体の課題である。

土構造物の安全性向上に向けて次の2つのアクションが必要であろう。①旧規準に基づき構築された土構造物の安全性向上に関するアクション：優先順位を考慮して、締固め・排水等の地盤工学本来の原則を護り、補強土工法・地盤改良工法など新しい地盤技術を使った土構造物の強化を図る。②地盤情報の公開、宅地の性能の説明義務も含めた立法へのアクション：1) 災害が生じた場合には社会に大きな影響を与える私有埋立地産業施設やため池・旧鉱山施設等に関する地盤情報の取扱いと公開に向けた体制整備、2) 30年以上経ている旧技術規準で建設された土構造物に関する管理責任に関する法整備。



当麻 純一
TOHMA Junichi

1979年 早稲田大学大学院建設工学専攻修士課程修了、(財)電力中央研究所入所。2005年 地球工学研究所長、2010年 知的財産センター所長、現在に至る。2009年～2011年 土木学会地震工学委員会委員長。2011年～ 土木学会原子力土木委員会委員長。博士(工学)。専門は、地震工学。

講演題目：「津波安全のための土木工学の取り組み—研究の変遷と今後の課題—」

我が国では、津波数値シミュレーション技術の発達を背景に、1990年代ころから、沿岸域の防災のための津波予測が多くなされてきた。土木学会では、これら数値解析法の精度や、モデルに含まれる不確かさを十分に考慮したうえで、原子力発電所のような重要施設に適した設計津波水位の標準的な方法を提案した(2002年)。その後も地震学的見地からの新知見を反映や、数値モデルの高精度化が続けられてきた。

東日本大震災では想定を大きく上回る津波が生じ、こうした津波数値シミュレーションの与条件である、断層モデルの設定に人知の及ばないところがあることが明らかになった。すなわち、地震・津波予測技術の限界を露呈した。しかし、最新の関連分野の研

究動向を注意深く見れば、最悪の自然現象を科学合理性をもって追究し、さらに健全な想像力を働かせることにより、社会の安全のために貢献できる道筋とそのための技術者の役割が見いだせるはずである。

このたびの震災を教訓に、「極めてまれであるが発生する可能性がある」と想定することが適切な津波を設定する必要を再認識し、そのためにはどのような技術課題があるのかを述べる。水位推計のみならず、敷地への遡上、地上構造物への波力、土砂移動、山体崩壊や地滑りの影響など関連課題を具体例で示す。こうした努力は、地域防災において海岸防御施設で対応できない避難レベルの大津波を想定する際や、原子力発電所のような重要施設の津波対策に役立つ。



Lesley Carol Ewing

Sr. Coastal Engineer at State of California, Environmental Engineer Rural Electrification Administration 1979-1986, University of Southern California Ph.D, Coastal Engineering 2008-2012 Proposed Research Topic Community Resilience to Coastal Disasters: From Sea Level Rise to Tsunamis, University of California, Berkeley M.Eng, Coastal Engineering 1986-1988

講演題目：「Lessons Learned about Coastal Structures Inundated by the Tohoku Tsunami」

The March 11, 2011, magnitude 9.0 Great East Japan earthquake generated a tsunami that affected the entire Pacific Basin. Soon after the tsunami, the Coasts, Oceans, Ports and Rivers Institute of the American Society of Civil Engineers assembled a coastal structures team to work with engineers from the Port and Airport Research Institute to undertake a reconnaissance trip in Japan to investigate the earthquake and tsunami effects specific to engineered coastal structures, coastal landforms, and coastal processes. The team sought to ascertain why some structures remained viable while others failed, many with disastrous consequences. The team observed examples of five major categories of coastal protection structures: coastal dikes, tsunami seawalls, floodwater gates, breakwaters, and vegetated greenbelts.

Lessons Learned

- Overtopping damage is often the result of unforeseen conditions – flow conditions that were not considered as part of the design process. Contingency planning will become an important element of decisions on rebuilding and future choices for the damaged communities in Japan.
- Strong inter-segment connections are important if a structure or wall is to function as a continuous unit.

The failure of a single section of a structure can accelerate the failure of adjacent sections and increase damage to areas shoreward of the failed section.

- Tie-ins, end attachments, and abutment protection are important design details for both structures and foundations. Extreme events highlight the weaknesses of poor connections and tie-in design or installation.
- Scour was a significant source for structural instability or failure. All manner of scour was evident in the inundation areas. Scour on the land-side of structures and at ends was very common. Much of the scour could be considered a nuisance, but in some locations, it was sufficient to damage structures or put them in danger.
- Greenbelts do not necessarily provide effective protection from a tsunami, especially the extreme tsunami inundation and fast moving currents generated in the Great East Japan event.
- Subsidence provides a preview of the possible future coastal problems from both seismic activity and rising sea level. Large-scale subsidence poses a significant regional concern. Unlike differential settlement and lateral spreading, large-scale subsidence defies an effective property-by-property treatment.