

大規模災害に対する提言

— プレストレストコンクリート技術の役割と展開 —

河村 直彦*1・池田 尚治*2・上杉 泰右*3・花島 崇*4

阪神淡路大震災および東日本大震災では、多数の国民の生命および財産の損失を受けた。また、東海・東南海・南海地震も確実視されている。このような大災害に対して、PC工学会PC技術規準委員会において防災懇談会を設け、PC技術をどのように防災に役立てることができるかを議論し、また、合せてPC技術者の役割や一般市民としてできる防災についても議論して委員会としての提言をまとめた。

本報告は、上述の趣旨の内容についてPC技術規準委員会の委員会報告として会員および読者に公表するものである。

キーワード：大規模災害、地震、津波、提言

1. はじめに

阪神淡路大震災および東日本大震災では、多数の国民の生命および財産の損失を受けた。また、東海・東南海・南海地震も確実視されている。

地震災害に対しては阪神淡路大震災以降に研究が進み、重要構造物が倒壊する危険性は相当程度低くなっている。一方で津波災害に対してはまだまだ研究途上である。また、近年は火山災害や集中豪雨なども頻発する状況である。

このような大災害に対して、PC技術を有効に使うことにより、被害を大幅に低減できるのではないかとの思いがある。そこで、PC工学会技術規準委員会において防災懇談会を設け、PC技術およびPC技術者が防災に果たすべき役割について議論し、その結果を提言としてまとめた。

本稿は、2章に防災提言の全文を示し、必要な箇所に解説を加えている。さらに本提言に附属する防災白書から引用した資料を3章に示す。防災提言自体は平成27年3月9日付であるが、資料は最新情報として平成27年版防災白書（平成27年6月発行）の図表を用いている。

なお、防災懇談会メンバーは、2章末に示す9名であり、本稿の原案は本来9名の共同著作である。

2. 大規模災害に対するプレストレストコンクリート技術の役割と展開の提言

2.1 提言の趣旨

1995年の阪神淡路大震災では、大都市神戸を中心に直下型地震に見舞われ6000人以上の死者が出た。2011年3月11日の東日本大震災では、地震後の津波により18000人以上の死者・行方不明者の発生とともに福島第一原子力発電所が被災して未曾有の原子力発電所事故が勃発した。

古くは1498年の明応地震の津波により人口の少ない当時に40000人の死者が出たとされている。これと同等の地震が今発生すればその被害は想像を超えるものになりかねない。一方、東海・東南海・南海の巨大地震の発生が確実視されている現在、わが国では万難を排して来たるべき大地震と大津波に取り組まなければならない。大規模災害には、火山の大噴火被災や地震に伴う大火災、伊勢湾台風のような大規模高潮被災などもある。

本提言は、現代および次世代の社会が備えるべき主として自然現象に起因する大規模災害を想定して、その対策に最新のプレストレストコンクリート技術が大いに貢献すべくその役割と技術の展開について述べるものである。

なお、予測の困難な大津波に対しては、防災施設のみに頼ることなく潜在的な被災者である各人が浮力を創造的に身に着ける対策などもきわめて重要である。

2.2 わが国の災害作用と取り組むべき課題

本提言の対象は、自然現象により引き起こされる大規模な災害とする。また、自然現象によって引き起こされる派生的な大災害、たとえば津波による原子力発電所事故、地震による地盤の液状化によってエネルギー施設などが大規模に被災する、なども考慮することが必須である。一方、ヒューマンエラーやテロリズムによる大災害のリスクも認識することが必要である。ただし、他国からの侵略による災害についてはここでは考慮しない。

自然災害による死者・行方不明者数は、昭和30年代までは毎年数百～数千人の被災者を生じていたが、昭和40年代以降はダム・河川堤防・分水路のような防災施設の整備、構造物の耐震化などにより、頻繁に発生する自然現象に対しては生命・財産の損失は大幅に減少している。しかし、今後とも一層の防災努力が必要である（資料-1）。一方、百年、数百年あるいは千年単位で発生する大地震お

*1 Naohiko KAWAMURA：(株)ピーエス三菱 技術本部 技術部

*2 Shoji IKEDA：(株)複合研究機構

*3 Taisuke UESUGI：八千代エンジニアリング(株)

*4 Takashi HANAJIMA：(株)日本構造橋梁研究所

よびそれに伴う大津波に対しては、対策が不十分であったことがわかる。なお、わが国では1959（昭和34）年の伊勢湾台風による大災害を契機として災害対策基本法が1961年に公布された。

災害を引き起こす自然現象を図-1に示す。なお、横軸は再現期間、縦軸は予報または警報の発令から被災までの避難準備可能な対処時間をとる。また、各現象を示す楕円の大きさは概略の被災の規模を示す。図-1は過去のデータや災害の状況などをイメージして作成したが、それぞれの自然現象は再現期間が長くなれば図-2に示す大津波の場合の例のように当然その規模も大きくなり、一方、対処時間が長くなれば被災の規模も小さくなる。したがって、災害を引き起こす自然現象については図-1の概念図に加えて図-2に示すような規模の増大や縮小があることを認識しなければならない。図-2の状況を認識することにより「想定外」という安易な評価方法を用いることなく自然現象と論理的に対峙できるものと考えられる。

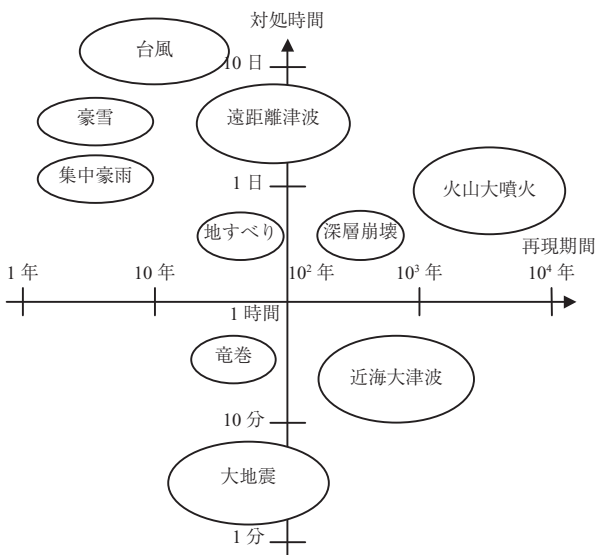


図-1 自然現象の分類（楕円の大きさは災害の規模を表す）

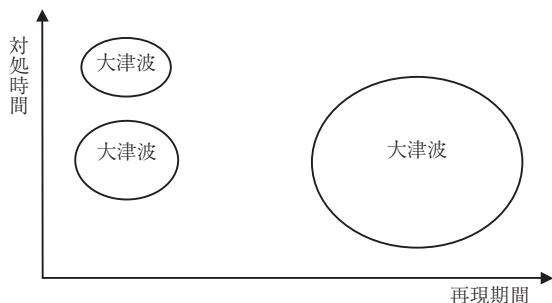


図-2 大津波の再現期間および対処時間と災害の規模のイメージ

発生頻度が高い自然現象に対しては普段から物心両面で準備がなされているが、そのなかでも発生までの予報・警

報による対処時間が短い自然現象ではたびたび災害は引き起こされている。

一方、発生頻度のきわめて低い自然現象に対しては日常生活や経済的な観点からもその対策を立てることは容易でなく、さらに発生までの対処時間が短ければ自然災害としての被害は決定的に甚大となり得る。この頻度を単に確率論的に考えれば現実には大災害の到来を認識することは容易でない。しかしながら大地震の発生については地殻の累積ひずみの解放に起因する確定論的な力学現象であるから単なる確率論的な頻度とはべつに予測に基づいた対策が必要となる。このような考え方で、各種の自然現象について検討すると、現時点では想定されている大地震および近海大津波への対応が緊急な優先度をもつと考えられる。とくに、東海・東南海・南海の巨大地震や首都直下地震については今後30年以内に70%の確率で発生するとされており、対応の急がれる自然現象である。

【解説】

図-1における対処時間とは、自然現象の発生より前に確保することができる予報・警報時間および災害からの避難時間を勘案して示すものである。また、楕円の大きさは「概略の被災の規模」としているが、あくまでもイメージであり、具体的な死傷者数や損失金額を示すものではない。

図-2の意図は、以下のとおりである。

- ・自然現象の再現期間が長くなれば、被災規模は大きくなる：左右の並びによる比較で表現
- ・同じ自然現象であっても、対処時間を取ることができれば、被災規模は小さくなる：上下の並びによる比較で表現

したがって、防災に対する有効な手段として、対処時間を取ることである。具体的には、防波堤や防潮堤の整備・避難経路の確保といったハード面の整備、予報精度の向上・早期の警報発令といったソフト面の整備が考えられる。

東海・東南海・南海の巨大地震や首都直下地震をはじめとした地震動に対しては、橋梁などの耐震化が進んでおり、人的・経済的被害もある程度限定的になると思われるが今後も大地震に対する対策を真摯に続けていかなければならない。その一方で、大地震に伴う大津波への対応はまだまったくの途上である。したがって、警報から襲来までの時間が短い近海大津波への対応がまずは急務であると考えられる（資料-2）。

一方、広範囲に被害を及ぼす自然現象として火山大噴火があげられる（資料-3、4）。噴火時の飛散物の落下と降灰、火砕流、溶岩流、火山灰の成層圏到達による地球の低温暖化など、世界各地で過去に多くの火山噴火による大災害が発生してきた。1792年の雲仙岳の噴火では火山性地震による眉山の山体崩壊によって九十九島が生じるとともに大津波が発生して15000人もの死者が出たのである。富士山は1707年に大噴火しており、今後もし大噴火すれば

首都機能をはじめ周辺部の施設が大打撃を受けることが予想される。したがって、広範囲に影響を及ぼす恐れのある火山大噴火について、火山災害に関する認識を強くもつことが重要である。火山の大噴火に関しては一般に事前の予知が可能なが大地震や大津波の場合と異なるが上述の雲仙岳の火山活動の場合のような大津波の発生、および1985年のコロンビア国のネバドレルイス山の噴火による大泥流の発生（死者25,000人）などを予知することは困難である。

2.3 プレストレストコンクリート技術が果たすべき役割

(1) 性能の特性

プレストレストコンクリート構造物は、他の構造物と比較して以下の性能上の特性をもつ。

- a) 高強度コンクリートとPC鋼材の緊張による高性能コンクリート部材によって構成されるPC構造物は平常時にはコンクリートにひび割れが発生せず各種の防災施設構造物として耐久的で、かつ、経済的な特性をもつことが可能である。
- b) 強じんな復元特性と共振回避性能とを合せもつため、大地震に対する応答の増幅を低減しつつ、地震後には変形は元に戻る。たとえば、鉛直プレストレスが導入されたPC柱やPC橋脚は、比類のない耐震性能を保持することが可能である。
- c) 薄い壁厚をもつPC中空函体構造物は耐久的な浮体構造として機能できるので津波対策の構造物として所用の機能を果たすことが可能である。
- d) プレキャスト化による施工の合理化、プレストレスによる部材接合の優位性など、設計の自由度が大きく、各種の防災機能を対象として最適な性能をもつ構造物を創造することが可能である。
- e) 損傷を受けた構造物に対して、外ケーブルの追加などの手法により比較的容易に復旧することが可能である。この場合、対象はプレストレストコンクリート構造物ばかりでなく、鉄筋コンクリート構造物や場合によっては鋼構造物も対象となり得る。
- f) 必要最小限のメンテナンスで所期の性能を維持することができる。
- g) 延焼火災に対し、相当な耐火性能を保持できる。
- h) コンクリートにひび割れを生じさせないことが可能であることから放射性物質の格納時の漏洩防止および放射線拡散の抑制に優れている。
- i) 防災構造物のみでなく、災害復旧工事に際して堰堤や土留めの安定化にグラウンドアンカーなどプレストレスト技術を応用することが可能である。

このような特徴は防災構造物に最適な特性となる可能性があり、防災に対してプレストレストコンクリート構造物が果たす役割は大きい筈である。今後ともこの特性を十分に発揮できる構造物の研究開発を鋭意進め、プレストレストコンクリート構造を適用することによって優れた防災構造物が建設できることを積極的に提案することが必要である。

【解説】

b) に記述した「共振回避性能」とは、構造物に発生するひび割れが進展するに伴い、固有周期が刻々と変化することで共振を回避することをいう。この性能はPC構造だけでなく、一般の鉄筋コンクリート構造（RC構造）がもつ特性である。一方、RC構造は一般に復元特性を有していない。また、鋼構造は共振しやすく、座屈や降伏後は復元特性を喪失する。

したがって、復元性能と共振回避性能の両者を合せもつPC構造は、防災構造に適しているといえる。

(2) 機能

上述の性能を発揮することによってプレストレストコンクリート構造の防災構造物は、被災時の外乱に対して以下の機能を果たすこととなる。

- a) 自然現象による水圧などの圧力を強靱な曲げおよびせん断機構によって抵抗することにより防災機能を果たすもの（例：防波堤・防潮堤）
- b) 自然現象のエネルギーに反発またはエネルギーを吸収することにより防災機能を果たすもの（例：ロックシェッド）
- c) 耐久的な部材や耐火性能の高い部材により構成される構造によって避難場所を確保することにより、防災機能を果たすもの（例：津波避難タワー）
- d) 強靱な復元性能を有する高層フレームや高架構造を築造して津波や地震に対し安全に機能するとともに道路や鉄道のネットワークの構造物として被災時の避難や災害復旧に寄与する機能（例：人工台地、交通ネットワークの橋梁構造物）

いずれの機能をもたせるかについては、PC構造の特性を把握したうえで計画時によく検討する必要がある。なお、機能には意図しないケースが潜在的に存在することがあり得ることに留意しなければならない。

【解説】

機能とは、「コンクリート設計施工規準－性能創造型設計－」²⁾によれば構造物が果たすべき役割であり、本節は防災構造物がもつべき機能を述べたものである。防災構造物の機能は、一般の構造物のように荷重に抵抗するだけでなく、エネルギー吸収機能、避難場所確保機能、災害復旧支援機能のようなさまざまな機能が考えられる。

最後の「機能には意図しないケースが潜在的に存在することがあり得ること」とは、たとえば耐荷性能をもたせた建築構造物は避難場所確保機能をもっているというように、特定の機能を持たせた構造物は他の機能を潜在的にもっているということである。

(3) プレストレストコンクリート技術者

一方、プレストレストコンクリート技術者は、構造物の設計施工において上述のPC構造物の持つ本来の性能について十分に認識し、以下の事項を念頭に置いてその性能を

防災のために発揮させることが重要である。

- a) 材料の非線形性や構造物の不静定性、動的特性を認識して、その挙動を定性的・定量的に把握する。
- b) 多種多様な材料について、力学的強度や化学的抵抗性などを判断して材料を選択し、最適な構造物を構築する。
- c) 再現期間の著しく長い大津波などに対して防災構造物を建設する場合には、平常時にも社会基盤として活用できるような複合防災施設を建設することにより防災と日常生活との調和を図ることを探求する¹⁾。
- d) 自然の外乱や災害に関する学習に心掛け、情報を収集するとともに、一社会人として突然発生する大災害に対して必要な準備を整えたくうえで周辺の市民に防災の重要性を啓蒙する。

以上述べたように、プレストレストコンクリート技術および技術者が活躍して適切な防災構造物を創造することは、わが国の防災に対して大きく貢献することになると考えられる。それゆえ、プレストレストコンクリート工学会およびその会員は、プレストレストコンクリート技術の適用による防災構造物の開発と発展を鋭意進めていく必要のあることを強く提言する。

【解説】

PC技術者はPC構造の専門家としての側面と、一般市民としての側面がある。ハード面での防災は専門家としての領域であるが、防災はハード面とソフト面の両面で行うものであり、ソフト面としての防災、たとえば避難訓練の実施などにも積極的に参加すること

が望まれる。さらに、防災に役立つノウハウの提供も行うのがよい。

(4) 付 記

PC防災懇談会は、当工学会のPC技術規準委員会において発議され、理事会において同委員会の中に設立することが承認されたものである。当懇談会では鋭意議論を行って提言原案の推敲を重ね、2015年2月23日に提言完成版(案)の起草を終えた。この完成版(案)をPC技術規準委員会においてメール審議で検討後に同年3月9日の理事会に報告し了承を得ることとした。

なお、当工学会ではコンクリート構造物の劣化問題が社会的問題となった時に理事会としての見解「コンクリート構造物への懸念に対する見解」を1999年11月号の工学会誌に公表した³⁾。

平成27年3月9日

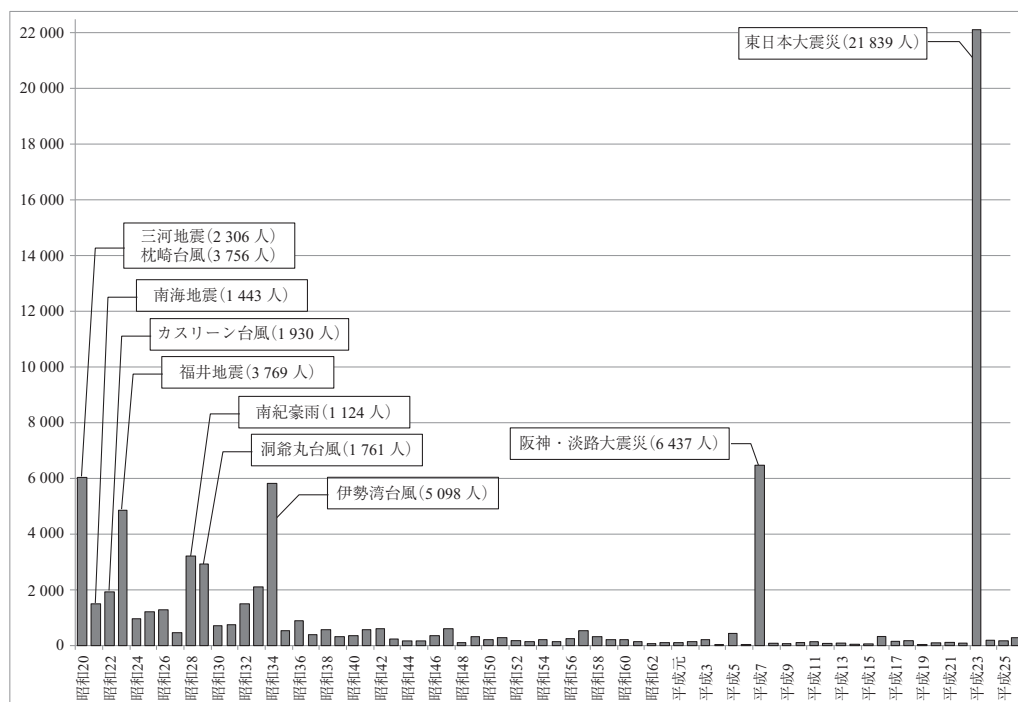
プレストレストコンクリート工学会 PC技術規準委員会
PC防災懇談会

池田尚治, 上杉泰右, 太田 誠, 春日昭夫, 加藤敏明, 河村直彦(座長), 堤 忠彦, 花島 崇, 山本 徹

3. 資料について

本提言に附属する防災白書から引用した資料をここに示す。防災提言自体は平成27年3月9日付であるが、資料は最新情報として平成27年版防災白書(平成27年6月発行)の図表を用いている。

資料 - 1 わが国の自然災害による死者・行方不明者数(内閣府 平成27年版防災白書 附属資料8⁴⁾)



(注)平成7年の死者のうち、阪神・淡路大震災の死者について、いわゆる関連死919人を含む(兵庫県資料)
平成23年の死者・行方不明者は内閣府取りまとめによる速報値
(平成23年の死者・行方不明者のうち、東日本大震災については、消防庁資料(「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)の被害状況」(平成27年3月1日現在)により、死者には震災関連死を含む。)
出典:昭和20年は主な災害による死者・行方不明者(理科年表による)。昭和21~27年は日本気象災害年報、昭和28年~37年は警察庁資料、昭和38年以降は消防庁資料をもとに内閣府作成

○ 委員会報告 ○

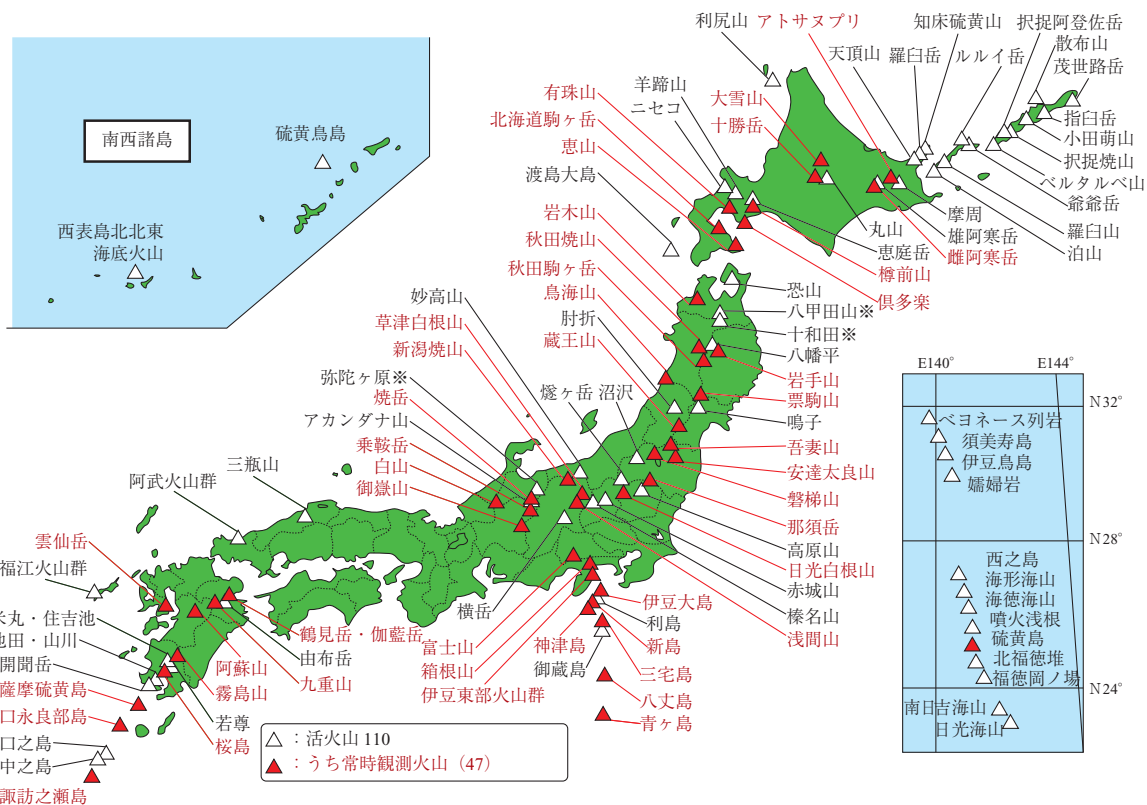
資料 - 2 わが国の主な地震・津波による被災者数（内閣府 平成 27 年版防災白書 附属資料 5⁴⁾）に◎を防災懇談会にて追加）

災害名		年月日	死者・行方不明者数
濃尾地震	(M8.0)	1891 年 (明治 24 年) 10 月 28 日	7 273 人
◎明治三陸地震津波	(M8.25)	1896 年 (明治 29 年) 6 月 15 日	約 22 000 人
関東大地震	(M7.9)	1923 年 (大正 12 年) 9 月 1 日	約 105 000 人
北丹後地震	(M7.3)	1927 年 (昭和 2 年) 3 月 7 日	2 925 人
◎昭和三陸地震津波	(M8.1)	1933 年 (昭和 8 年) 3 月 3 日	3 064 人
鳥取地震	(M7.2)	1943 年 (昭和 18 年) 9 月 10 日	1 083 人
東南海地震	(M7.9)	1944 年 (昭和 19 年) 12 月 7 日	1 251 人
三河地震	(M6.8)	1945 年 (昭和 20 年) 1 月 13 日	2 306 人
南海地震	(M8.0)	1946 年 (昭和 21 年) 12 月 21 日	1 443 人
福井地震	(M7.1)	1948 年 (昭和 23 年) 6 月 28 日	3 769 人
十勝沖地震	(M8.2)	1952 年 (昭和 27 年) 3 月 4 日	33 人
◎1960 年チリ地震津波	(Mw9.5)	1960 年 (昭和 35 年) 5 月 23 日	142 人
新潟地震	(M7.5)	1964 年 (昭和 39 年) 6 月 16 日	26 人
1968 年十勝沖地震	(M7.9)	1968 年 (昭和 43 年) 5 月 16 日	52 人
1974 年伊豆半島沖地震	(M6.9)	1974 年 (昭和 49 年) 5 月 9 日	30 人
1978 年伊豆大島近海地震	(M7.0)	1978 年 (昭和 53 年) 1 月 14 日	25 人
1978 年宮城県沖地震	(M7.4)	1978 年 (昭和 53 年) 6 月 12 日	28 人
◎昭和 58 年 (1983 年) 日本海中部地震	(M7.7)	1983 年 (昭和 58 年) 5 月 26 日	104 人
昭和 59 年 (1984 年) 長野県西部地震	(M6.8)	1984 年 (昭和 59 年) 9 月 14 日	29 人
◎平成 5 年 (1993 年) 北海道南西沖地震	(M7.8)	1993 年 (平成 5 年) 7 月 12 日	230 人
平成 7 年 (1995 年) 兵庫県南部地震	(M7.3)	1995 年 (平成 7 年) 1 月 17 日	6 437 人
平成 16 年 (2004 年) 新潟県中越地震	(M6.8)	2004 年 (平成 16 年) 10 月 23 日	68 人
平成 20 年 (2008 年) 岩手・宮城内陸地震	(M7.2)	2008 年 (平成 20 年) 6 月 14 日	23 人
◎平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震	(Mw9.0)	2011 年 (平成 23 年) 3 月 11 日	21 839 人

※ Mw：モーメントマグニチュード

- 注) 1. 戦前については死者・行方不明者が 1 000 人を超える被害地震、戦後については死者・行方不明者が 20 人を超える被害地震を掲載した。
 2. 関東地震の死者・行方不明者数は、理科年表 (2006 年版) の改訂に基づき、約 142 000 人から約 105 000 人へと変更した。
 3. 兵庫県南部地震の死者・行方不明者については平成 17 年 12 月 22 日現在の数値。いわゆる関連死を除く地震発生当日の地震動に基づく建物倒壊・火災等を直接原因とする死者は、5 521 人。
 4. 東日本大震災の死者 (震災関連死含む)・行方不明者数については平成 27 年 3 月 1 日現在の数値。
 出典：理科年表、消防庁資料、警察庁資料、日本被害地震総覧、緊急災害対策本部資料
 上表の内、◎があるものは津波被害が主因である。

資料 - 3 わが国の活火山の分布 (平成 27 年版防災白書 附属資料 4⁴⁾)



出典：気象庁資料

資料 - 4 わが国の主な火山噴火および噴火災害（内閣府 平成 27 年版防災白書 附属資料 20⁴⁾、霧島山新燃岳・口之永良部島（新岳）は防災懇談会にて追加）

噴火年	火山名	犠牲者数	噴火及び被害の特徴
1640年（寛永17年）	北海道駒ヶ岳※	700余	山体崩壊、岩屑なだれ、津波、多量の降灰、火砕流
1663年（寛文3年）	有珠山※	5	近辺の家屋は消失または埋没
1663年（寛文3年）	雲仙岳	30余	溶岩流、火口よりの出水が氾濫
1667年（寛文7年）	樽前山※		火砕流、多量の降灰・軽石
1694年（元禄7年）	北海道駒ヶ岳		地震・火山雷を伴う噴火、軽石降下、火砕流発生
1707年（宝永4年）	富士山※		「宝永噴火」、多量の降灰、終息後の土砂災害
1721年（享保6年）	浅間山	15	噴石
1739年（元文4年）	樽前山※		火砕流、多量の降灰・軽石
1741年（寛保元年）	渡島大島	1467	山体崩壊、岩屑なだれによる大津波発生
1769年（明和5年）	有珠山		大量の降灰・軽石、火砕流
1777年（安永6年）	伊豆大島		「安永の大噴火」、溶岩流、スコリア降下
1779年（安永8年）	桜島※	150余	「安永の大噴火」、噴石、溶岩流
1781年（天明元年）	桜島	15	高免沖の島で噴火、津波
1783年（天明3年）	浅間山	1151	「天明大噴火」、火砕流、溶岩流、土石なだれ、吾妻川、利根川の洪水
1785年（天明5年）	青ヶ島	130～140	噴石、泥土、島民の1/3以上が犠牲。以後50年余無人島
1792年（寛政4年）	雲仙岳	15000	「島原大変肥後迷惑」、眉山の崩壊による対岸の津波
1822年（文政5年）	有珠山	50～103	火砕流、旧アブタ集落全滅
1853年（嘉永6年）	有珠山		多量の火山灰・軽石、溶岩ドーム形成、火砕流
1856年（安政3年）	北海道駒ヶ岳	21～29	降下軽石、火砕流
1888年（明治21年）	磐梯山※	461～477	岩屑なだれによる5村11部落が埋没、土石流（火山泥流）
1900年（明治33年）	安達太良山	72	噴石、火口の硫黄採掘所全壊
1902年（明治35年）	伊豆鳥島	125	全島民が犠牲
1914年（大正3年）	桜島※	58	「大正大噴火」、火山雷、溶岩流、地震、空振、村落埋没、多量の降灰
1926年（大正15年）	十勝岳	144	大規模火山泥流、上富良野、美瑛埋没
1929年（昭和4年）	北海道駒ヶ岳	2	多量の降灰・軽石、火砕流、火山ガス被害
1940年（昭和15年）	三宅島	11	多量の火山灰・火山弾、溶岩流
1952年（昭和27年）	ベヨネース列岩（明神礁）	31	火砕サージ
1943～45年（昭和18～20年）	有珠山	1	多量の火山灰、噴石、昭和新山形成
1958年（昭和33年）	阿蘇山	12	噴石
1991年（平成3年）	雲仙岳	43	火砕流、土石流
2010～11年（平成22～23年）	霧島山新燃岳		火砕流
2014年（平成26年）	御嶽山	57	噴石
2015年（平成27年）	口之永良部島（新岳）		水蒸気爆発、多量の降灰

注：「死者行方不明者10名以上の噴火災害」または「見かけ体積0.1km³以上の噴出物があったとされる大規模噴火」について掲載※は、見かけ体積1km³以上の噴出物があった噴火

出典：日本活火山総覧（第4版）（気象庁編平成25年）をもとに内閣府作成

4. おわりに

わが国にとって自然災害への備えは欠かすことができない。とくに津波災害への対策は急務となっている。このような大災害に対して、防災構造物にプレストレストコンクリート技術を適用することはきわめて有効であり、今後の活用を望むものである。

さらに、本提言を読まれた技術者が防災構造物に取り組み、これから起こりうる自然現象に対して防災・減災に資することを願うものである。

ここで述べた提言は、PC技術規準委員会の中に設けた防災懇談会で議論した結果を原案として取りまとめ、PC技術規準委員会としての提言としてPC工学会理事会において承認を得たものである。委員会としての提言としたこ

とは、提言の公表が喫緊に必要なからである。この提言に関し、会員各位からの積極的なご意見やご指摘をお願いしたい。

参考文献

- 1) 池田尚治、町田篤彦：大災害に備えての平成防災17条憲章に関する提案、プレストレストコンクリート、Vol.55, No.1, pp.52-56, Jan. 2013
- 2) プレストレストコンクリート技術協会：コンクリート設計施工規準－性能創造型設計－、2011年9月
- 3) プレストレストコンクリート技術協会理事会：コンクリート構造物への懸念に対する見解、プレストレストコンクリート、Vol.41, No.6, pp.1-4, Nov. 1999
- 4) 内閣府：平成27年版防災白書、2015年6月

【2015年7月28日受付】