

## 記者発表用リリース文

平成 25 年 4 月 10 日

### 東日本大震災からの復興へ向けてコンクリート工学の面からの第二次提言 ～公益社団法人 日本コンクリート工学会 特別委員会報告～

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震は、非常に強い地震動と津波によって、日本人が少なくとも 20 世紀以降において経験したこともないほどに、極めて広域にわたる甚大な被害と多くの犠牲者を出す大災害を引き起こした。この東日本大震災に対して、公益社団法人 日本コンクリート工学会（以下、JCI と略称する）は「東日本大震災に関する特別委員会」を設置し、コンクリート工学の立場から社会に貢献できるよう、多方面からの調査・検討を行ってきた。この特別委員会は、本委員会に加えて ①「材料生産・施工小委員会」、②「構造設計小委員会」、③「エネルギー関連施設小委員会」の 3 つの小委員会と 5 つの WG からなり、延べ 100 人を超える委員から構成された。この委員会活動の中間報告として、2012 年 2 月 27 日に第一次提言を公表した。そしてこの度、予定された 2 年間の活動を終了し、これまでの委員会活動の成果を取りまとめた 600 頁を超える報告書を作成するとともに第二次提言をまとめたので、ここに公表するとともに、4 月 24 日・東京ならびに 5 月 8 日・大阪で成果報告会を開催することとした。

この報告書には、コンクリート工学の視点からとらえた東日本大震災の被害状況の整理と分析、そこから得られた様々な教訓ならびに復興のための諸課題と対策、海外における原子力発電所事故の調査結果から分かったコンクリートへの影響や福島第一原子力発電所の構造物の損傷を評価するための学術的な知見の整理、ならびにこの事故によって拡散した放射能による汚染の防止・封じ込めに資するコンクリート技術について記述している。第一編において今回の地震動の特徴ならびに津波の特徴を概観した後、第二編では材料・施工に関わる調査結果と今後の対策について、第三編では鉄道・道路、建築ならびに港湾・海岸に関わる調査結果と今後の対策について、第四編では原子力発電所の事故に関わる調査と今後の対策について述べている。さらに、第五編では JCI から出された第一次ならびに第二次提言についてまとめている。

本日より紹介する日本コンクリート工学会からの東日本大震災に関する第二次提言には、後述するように 6 つの項目に対する合計 14 の提言が盛り込まれている。その概要は、以下の通りである。

## A 地震対策について

現行の耐震設計法で建造されたコンクリート構造物と耐震補強されたコンクリート構造物ならびに免震構造の建築物には、ほとんど目立った被害はなかった。ただ、耐震性能が不十分なままのコンクリート構造物には、従来同様の被害が認められた。従って、耐震性能が不十分なコンクリート構造物には、適切な耐震補強法を用いて**早急に補強**を施す必要がある。また、現行技術よりもさらに有効で利用しやすい**耐震補強技術の開発**が望まれる。

鉄筋コンクリート造建築物には、柱やはりなどの構造部材には被害がほとんど見られなかったものの、間仕切り壁や腰壁・垂れ壁などの非構造部材が破壊して継続使用できず、復旧に時間がかかったものもあった。コンクリート橋梁構造物などでは、本震には何とか耐えたものの、強い余震により大きな損傷を生じたものがあった。コンクリート構造物の構造計画・設計においては、設定したレベルを超える地震作用を受けても崩壊はせず復旧が迅速になされるよう、**耐震性能の余裕度や非構造部材の挙動等に配慮**する必要がある。

## B 津波対策について

中央防災会議より、100年に一回程度発生レベル1津波と1000年に一回程度発生レベル2津波それぞれへの対処に関する考え方が示された。防波堤や防潮堤などの既存コンクリート構造物においては、この考え方にに基づき、必要に応じて嵩上げや補強などの対策を講じて、耐津波性能を向上させる必要がある。

鉄筋コンクリート造建築物の設計では、一般に津波に対する安全確認を行っていなかった。しかしながら、浸水深が比較的深い地域でも、木造や鉄骨造などの建築物と異なり、甚大な被害を免れた鉄筋コンクリート造建築物が数多く見られた。海岸地域においては、高台移転や避難施設の配置など都市・地域計画的な観点も取り入れた津波防災対策が検討されているが、**津波避難ビルなどには耐津波性能の高い鉄筋コンクリート造建築物を積極的に活用**していく事が求められる。そのためには、津波荷重や津波による建築物の破壊メカニズムのより詳細な解明を行うとともに、継続使用・早期復旧など様々な要求性能に対応する設計法の開発が求められる。

一方、港湾・漁港・海岸構造物は、地震と津波による作用に対して設計されている。東日本大震災では、地震作用に対しては十分な抵抗性を示したが、津波の引き波や越流による作用、地震による液状化と津波との複合作用等により被災した構造物が見られた。今後の港湾・漁港・海岸構造物の設計においては、これらの影響を適切に考慮し、津波による洗堀を防止するとともに、**構造体としても粘り強い構造とし、容易には転倒・倒壊しないものとする**必要がある。このような粘り強い構造を実現するためには、①作用する外力と

構造物の移動・沈下に関する評価，②巨大な津波の長時間作用の下でのコンクリート構造物の安全性に関する評価，③地震と津波による複合作用下でのコンクリート構造物の耐荷・変形メカニズムの解明，などの技術開発が求められる。

## C 材料生産・施工上の対策について

東日本大震災では，避難を優先して人的被害を最小限にとどめた企業があった。業務中の避難には，現場責任者の率先した声掛けと行動が有効であり，日常の訓練が効果を高めたことが確認された。なお，建設工事現場における避難マニュアルは，完備されているとは言い難い。**工事現場の避難マニュアルを整備し，日頃より教育・訓練を行うべきである。**

建設工事中の仮設内の作業環境は，工事完成後の環境と比べ安全性に劣る場合が多いことは否めない。また，コンクリートの打込み工事は時間の制約があり，避難を優先することでコンクリートの凝結・硬化などによる機器・機械などの物的被害が増大する場合もある。しかし，**人命保護に基づく十分な安全確認を行うことが最優先**であることを，改めて肝に銘じる必要がある。

レディーミクストコンクリートの生産施設では，津波被害で制御室の復旧に 3 か月を要しただけでなく，生産情報の流出により J I S の再認証などに遅れが生じた。津波被害からの防御のための制御施設の移動だけでなく，**生産情報の保管方法などの検討**も必要であることが教訓として得られた。生産活動を早期に復旧させるためには，**緊急時の法的緩和措置をあらかじめ定めておく**ことが必要である。

また，東日本大震災では，建設資材の生産施設が被災により停止を余儀なくされ，復旧に時間を要した。さらに，通常時に比べて品質や性能が低下したものも少なくなかった。しかし，東日本大震災後の復旧・復興時においては，膨大な量の建設資材が必要となり，通常以上の資材・機材が必要とされた。これらの資材・機材については，**平常時とは異なる緊急時対応としての品質・性能・用途などの技術的検討**が不可避である。また，被災地に生産拠点がある材料を用いて許認可を得た被災地以外の建設工事においても，材料の供給不足により，工事に影響を与えた事例が少なからずあった。許認可の取得方法について，東日本大震災のような**甚大な被害を受けた場合には，被災地以外でも特別な措置**を講じることができるように，**基準類の整備**が必要である。

#### D 福島第一原子力発電所の事故に関わる今後の対策について

原子炉建屋は水素爆発による損傷を受けた。また、原子炉圧力容器底部から約2000℃に達する溶融核燃料が原子炉圧力容器を支える部材（以下、ペDESTAL）の底盤（非構造部材）のコンクリート面に落下し、この周辺の鉄筋コンクリート部材ならびに鋼製格納容器が極めて高温に加熱されたと考えられる。この鉄筋コンクリート部材の残存性能評価のためには、現状の損傷程度の評価が不可欠であり、適用可能な非破壊・微破壊・破壊試験方法を検討して、**コンクリートの表面ひび割れ・欠損・強度低下・鉄筋腐食等の調査を早急かつ継続的に実施**する必要がある。人が容易に近づけない状況においては、ロボット等を用いた遠隔操作によるビデオ撮影や非・微破壊的な調査手法を確立する必要がある。

また、損傷を受けた鉄筋コンクリート部材は、将来の廃炉に至るまでの相当期間、温湿度や放射線などの作用を受け続けながら建屋そのものならびに原子炉圧力容器を支持し続けなければならない。そのためには、**損傷を受けた鉄筋コンクリート部材の変形特性や強度低下などの長期にわたる残存性能の変化に関する知見を集積**しなければならない。特に、原子炉の冷却のために海水が注入され、その後40℃前後の環境下において継続的な水の注入が行われたことにより、コンクリート中の鉄筋の腐食が促進される可能性がある。このような状況における鉄筋コンクリート部材に対し、想定される外力や環境条件などを整理し、関連するコンクリートや鉄筋の耐久性に関する知見を踏まえて**劣化度の予測手法を提案**し、コンクリートや鉄筋さらには鉄筋コンクリート部材の**長期にわたる残存性能の変化を推定**する必要がある。

継続的に冷却水が注入されている現在、汚染水の一部の外部への漏洩が懸念されており、**放射性物質の汚染拡大防止**が必要とされている。例えば建屋内への地下水流入の防止方法、原子炉循環注水ラインの小ループ化のための原子炉格納容器周りの止水方法、さらには遮蔽性能の高い地中連壁等の構築による汚染水の周辺土壌中への拡散防止方法などの確立が必要と考えられる。さらに、構造物の損傷の定量化を踏まえ、放射性物質の漏洩を防止するためのコンクリート技術、例えば高流動コンクリートや水中不分離性コンクリート等による損傷部の遠隔充填技術などの**具体的な手法を早急に整備**する必要がある。

その一方で、今後の地震発生により原子炉圧力容器や配管系などが破損することで放射性物質がさらに拡散することも避けなければならない。そのためには、**損傷・劣化した鉄筋コンクリート部材が機器ならびに配管系の耐震安全性に及ぼす影響**を明らかにする必要がある。現在の原子力施設の機器ならびに配管系に及ぼす支持部材の影響を明らかにし、**特に損傷危険度の高い部位を推定**するとともに**支持部材の残存性能の評価**ならびに必要な**補強方法を検討**する必要がある。さらに将来的には、地盤・構造体・機器の3つの部

分で構成される全体系の応答を算定して、原子力施設がシステムとして頑健であることを確認する技術を、関連分野と連携・協力して構築することが必要である。

## E 復旧・復興に向けて

地震や津波により発生したがれきには、コンクリートがらの他、様々なものが含まれている。がれき処理を効率的に行う上で分別上の課題もあるが、その他に考慮すべきものとして津波による塩化物や重金属の溶出ならびに汚染が危惧されるものもある。問題のレベルに応じた対応をしなければならないことは勿論であるが、これらのがれきの中、特にコンクリートがらは被災地の復旧のための貴重な資源でもある。これらの材料を用途に応じて適材適所で使用できるように、**処理と利用を効果的に行うための区分化や基準化**、内在する成分の影響を勘案した**活用技術の開発と利用方法の整備**が必要である。なお、災害ごとに特別な基準を新たに定めなくてもよいように、**災害復旧用の基準**をあらかじめ定めおき、復旧段階ではそれを運用し、復興段階では平常時の基準に速やかに移行できるような基準の整備が必要である。

一方、事故により放出された放射性物質の環境中への再拡散防止のために、水との接触を低減して溶出を抑制したり、飛散を防止するためには、**セメント固化（固形化、不溶化）が有効な技術**の一つである。また、放射性物質によって汚染された原子力発電所施設外のコンクリート構造物の除染とともに、高線量の放射線で汚染された施設内の大量のコンクリートの合理的な除染が不可欠である。浸透した放射性物質の分布状況と空間線量率の関係に加え、放射性物質の可溶性成分の存在割合などの把握が重要である。

さらに、**放射能汚染物質の中間貯蔵や最終処分**において、汚染レベルによっては、コンクリートの活用が求められる。コンクリートに求められる要求性能を明確にするとともに、経済的に合理的な範囲内で関連技術を活用し、良質なコンクリート構造物を構築すべきである。

放射能汚染が危惧される地域からの建設資材の活用については、まず第一に放射能汚染の有無を適切に評価し、安全で安心なコンクリートの供給を確実に行う必要がある。その上で、**放射能汚染レベルが十分に低いコンクリート用材料**については、リスクと便益のバランスを考えた上で、用途を限定した再利用の可能性を検討すべきである。環境評価技術の確立とともに、流通・供用・廃棄におけるトレーサビリティの確保や管理システムの構築、および情報開示体制の整備が不可欠である。

## F 提言の実現と他学協会等との連携・協力について

ここに示した第二次提言の内容はコンクリート工学の面からのものではあるが、解決すべき問題の範囲は広く、ここに掲げた提言の多くは日本コンクリート工学会のみで単独に実現できるものではないと認識している。従って、今後も引き続いて**関連する学会や協会**ならびに**関係諸機関などとの連携・協力体制**の下に提言の実現に取り組む必要がある。

今回、報告書に取りまとめた特別委員会の活動成果が、東日本大震災からの一日も早い復興と、近い将来起こるかもしれないと危惧されている新たな巨大地震や大津波による被害を可能な限り小さく抑えることに大きく貢献できることを願っている。

## 日本コンクリート工学会からの東日本大震災に関する第二次提言

### A 地震対策について

(既存コンクリート構造物について)

- (1) 耐震性能が不十分な既存コンクリート構造物に対しては、耐震補強の早急な実施を促す。

(今後の課題について)

- (2) 新たに建造するコンクリート構造物については、設定レベルを超えた地震作用を受けても崩壊せず、かつ迅速な復旧を可能とする耐震計画・耐震設計法を確立する。

### B 津波対策について

(既存コンクリート構造物について)

- (1) 防波堤や防潮堤などのコンクリート構造物に対しては、中央防災会議等で示された方針に基づき、速やかな対策を講じる必要がある。

(今後の課題について)

- (2) 津波避難施設の計画においては、耐津波性能の高いコンクリート構造物の積極的な活用を促す。
- (3) 港湾・漁港・海岸構造物においては、津波の引き波による水圧や越流、地震による液状化との複合作用を考慮して、粘り強い構造物とする設計法の確立を目指す。

### C 材料生産・施工上の対策について

(被災時の避難活動について)

- (1) 建設工事現場における仮設の安全性は恒久時よりも低いことを認識し、大地震時には人命保護を第一とする避難・誘導を行うとともに、工事再開は安全性を十分に確認した後とすることが肝要である。

(生産活動について)

- (2) 平常時の法律・法令が復旧・復興の障害とならないように、緊急時対応の法的な緩和措置などをあらかじめ定めておくことが望まれる。また、生産者は、JIS 認証事業などの継続・再建に必要な各種情報について、当該地域外にもバックアップを取っておくことが推奨される。

#### D 福島第一原子力発電所の事故に関わる今後の対策について

(構造物の残存性能評価)

- (1) 外力の推定、遠隔的な調査・測定手法などにより、事故時の爆風荷重・海水・高温の影響を受けた鉄筋コンクリート部材の残存性能を評価する。

(構造物の将来における残存性能の推定)

- (2) 廃炉までの期間、温度・湿度・放射線・塩化物等の影響を受けるコンクリートや鉄筋さらには鉄筋コンクリート部材の長期にわたる残存性能の変化を推定するとともに、必要に応じて構造体の補修・補強方法を検討し、提案する。

(放射性物質の漏洩防止)

- (3) 鉄筋コンクリート部材ならびに機器・配管系の損傷を考慮し、原子力発電所建屋からの放射性物質の拡散防止方法を確立する。

#### E 復旧・復興に向けて

(がれきの処理と利用)

- (1) 地震や津波によって発生したがれきの処理と利用を効果的に行うための基準化、がれきを処理せずにそのまま利用するための技術的判断基準の確立、ならびにがれきに内在する成分の影響を勘案した利用等に役立てるために、現行技術の集積と活用、ならびに新たな技術の開発を促進する。

(放射能汚染への対応)

- (2) 原子力発電所施設から周囲環境に放出された放射性物質の再拡散防止、ならびに放射性物質によって汚染されたコンクリートの除染や廃棄物の処理・処分に、コンクリート工学分野の技術を積極的に活用できるように、有効な技術情報の提供を行う。

(放射能汚染レベルが十分に低い資材の活用)

- (3) コンクリートの安全性を確保した上で、放射能汚染レベルが十分に低い建設資材の活用を検討するための技術的知見を整備する。

#### F 提言の実現と他学協会等との連携・協力について

関連学協会や関係機関などとの連携・協力を引き続き図りながら、提言の実現に取り組む。

以 上