

提言：南海トラフ超巨大災害に対する 実効性ある防災対策

金沢工業大学 地域防災環境科学研究所

教授・所長 高畠 秀雄

南海トラフ巨大地震により太平洋側の都市部に甚大な被害が発生します。日本を沈没させる恐れのある激甚災害に対して実効性のある防災対策を平成25年度 私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（文部科学省）の採択を受けて3年間研究をしてきました。

本シンポジウムでは、研究成果に基づいた**提言**を実施することとなりました。皆様にはご多用の折恐縮でございますが、ご参加をいただき、共に我が国の持続発展を支える防災対策について語り合いたいと考えています。何卒万障お繰り合わせの上、ご出席の程よろしくお願ひ申し上げます。

記

日 時：平成28年2月23日（火） 10：00～16：25

場 所：大阪国際会議場 12階 特別会議場：大阪市北区中之島5-3-51

参加料：無料

主 催：金沢工業大学オープンリサーチセンター 地域防災環境科学研究所

後 援：国土交通省<近畿地方整備局 中部地方整備局 北陸地方整備局>

連絡先：〒924-0838 石川県白山市八束穂3-1

シンポジウム窓口 堀 TEL：076-274-7009 FAX：076-274-7102

E-Mail：ides@mlist.kanazawa-it.ac.jp

講演内容：HP：<http://www.kanazawa-it.ac.jp/ides/>

講演内容を事前に確認できます。

提言：南海トラフ超巨大災害に対する実効性ある防災対策

タイムスケジュール (受付:9時～ 会場:大阪国際会議場 12階 特別会議場)

10:00-10:20	主催者 挨拶 巨大地震に対する提言
10:00	杓掛 哲男 元・防災担当国務大臣
10:10	高島 秀雄 金沢工業大学 地域防災環境科学研究所 所長
10:20-11:30	セッション1：巨大地震に対する提言
10:20	1-4 高島 秀雄 金沢工業大学 教授 「長周期地震動による超高層ビルの横揺れ対策」について
10:30	1-5 田村 修次 東京工業大学大学院 准教授 「巨大地震による市街地の液状化対策」について
10:40	2-2 竹脇 出 京都大学大学院 教授 「巨大地震と巨大津波の連動作用における構造物の耐震対策」について
10:50	1-7 後藤 正美 金沢工業大学 教授 「巨大地震による既存木造住宅の耐震化対策」について
11:00-11:30	質疑等
11:30-12:30	昼休憩
12:30-13:30	セッション2：巨大津波に対する提言
12:30	1-2 栗山 善昭 国立研究開発法人港湾空港技術研究所 研究主監 「巨大津波に対する港湾施設の防災対策」について
12:40	1-3 増田 達男 金沢工業大学 教授 「巨大津波による火災対策」について
12:50	1-8 西村 督 金沢工業大学 教授 「巨大津波による大型石油タンクの防災対策」について
13:00-13:30	質疑等
13:30-15:10	セッション3：避難・支援に対する提言
13:30	1-1 田村 正行 京都大学大学院 教授 「超巨大災害発生直後における被害状況の迅速な把握対策」について
13:40	1-10 木村 定雄 金沢工業大学 教授 「超巨大災害での地域行政と地域住民が連携した防災力の向上対策」について
13:50	2-6 円井 基史 金沢工業大学 准教授 「超長期滞在避難所及び仮設住宅での生活環境改善対策」について
14:00	2-5 垂水 弘夫 金沢工業大学 教授 「超巨大災害時の自然エネルギー利用による地域の創電・節電対策」について
14:10	1-6 山岸 邦彰 金沢工業大学 准教授 「巨大津波による建物被害の迅速な災害復興対策」について
14:20	2-4 川村 國夫 金沢工業大学 教授 「救援・支援活動に使用する幹線道路の防災対策」について
14:30	2-3 宮里 心一 金沢工業大学 教授 「巨大地震・巨大津波による過大荷重を受けた社会資本施設の維持管理対策」について
14:40-15:10	質疑等
15:10-15:20	休憩
15:20-16:20	全体討議
16:20-16:25	まとめ 田村 正行

提言：南海トラフ超巨大災害に対する 実効性ある防災対策

研究報告会 出欠ご回答票

該当箇所に「〇」を付けて2月13日(土)までにご返信下さい。

★ 2月23日(火) 10:00~16:25 ★		
大阪府立国際会議場：大阪市北区中之島5-3-51		
	御出席	御欠席
御住所	〒 -	
会社名		
御氏名		

この FAX 用紙または下記メール宛でお申込みください <2月13日(土) 必着>

FAX: 076-274-7102

メールの方は ides@mlist.kanazawa-it.ac.jp

Subject: 「公開シンポジウム」

お問い合わせ先：金沢工業大学地域防災環境科学研究所

〒924-0838 石川県白山市八束穂3-1

提言 1-1 超巨大災害発生直後における被害状況の迅速な把握対策

田村正行 (京都大学 教授)

1. 問題

大規模災害の発生時には、広域の被害状況を迅速に把握し避難・救援活動を支援する必要がある。そのために、地上調査に加えて航空機や衛星から撮影したリモートセンシング画像の効果的な利用が求められている。

2. 研究成果

本研究では、全天候型で夜間観測も可能な衛星搭載レーダーの利用に重点をおき以下の成果を得た。

- (1) 衛星搭載レーダーを用いて地盤液状化の発生範囲を抽出する方法を開発した。
- (2) 衛星搭載レーダーを用いて津波による被害範囲を抽出する方法を開発した。
- (3) 衛星搭載レーダーと電子基準点データを組み合わせて、地盤変動を高精度に検出する方法を開発した。

3. 提言

大規模災害発生時における被害状況の把握には、光学センサに加えてレーダーの利用が有効である。その利点は次のとおり。(1) 全天候型で夜間観測も可能、(2) 光学センサでは検出の難しい地盤液状化や地盤変動などをレーダー位相情報を用いて検出できる。

大規模災害に迅速に対応するには、現行の衛星の観測頻度では不十分である(例えば 2014 年に JAXA より打ち上げられた ALOS-2 の場合、回帰日数は 14 日)。観測頻度を上げるために、民間衛星、情報衛星、航空機も含めた観測態勢の整備が急務である。

4. 提言の実効性

衛星搭載レーダー画像を用いることにより、地盤液状化、津波被害、地盤変動を検出できることを実証した。使用したデータは、2011 年の東日本大震災時に撮影された ALOS-PALSAR 画像である。



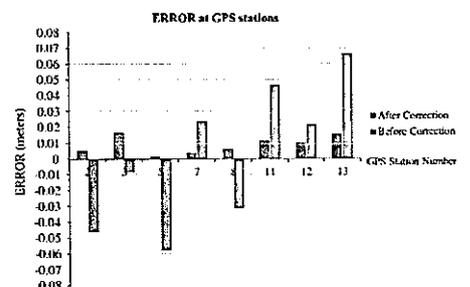
検出された浦安市の地盤液状化地点 (赤色の部分)。



検出された石巻市の津波被災地点 (黒色の部分)。



レーダー画像の撮影範囲と電子基準点の位置



検出した地盤変動と検証用電子基準点データとの比較。赤棒：電子基準点による補正無し、青棒：電子基準点による補正あり

提言 1-2 巨大津波に対する港湾施設の防災対策

栗山善昭 (港湾空港技術研究所 研究主監)

1. 問題

港湾は、日本の経済を支える物流の中心であるとともに、重化学工業をはじめとする産業活動の場であり、さらに、災害時には緊急物資輸送の拠点となる。したがって、港湾区域の防災対策の強化は、非常に重要な課題である。

2. 研究成果

- (1) 東日本大震災における防波堤の被災メカニズムを整理した。釜石港の湾口防波堤は、押し波時におけるケーソン前後での水圧差によって滑動した可能性が高いのに対して、八戸港では防波堤の港内側のマウンドの洗掘が防波堤の支持力破壊あるいは転倒を引き起こしたと考えられること、女川港の湾口防波堤では引き波時にケーソンが港外側に移動したことなどをまとめた。また、対策として、腹付工が有効なことも確認した。
- (2) 東日本大震災では、防波堤堤頭部や開口部、防波堤に沿った領域で洗掘が生じていたのに対して、港内では土砂の堆積が生じていた。港内におけるこれらの地形変化を推定する数値シミュレーションモデルを開発し、その妥当性を確認した。

3. 提言

防波堤の変位は、ケーソンの港内側のマウンドをケーソンの高さの 1/3 程度にまで嵩上げする腹付工などで制御する。津波による航路内の土砂の堆積に対しては、本研究で開発した数値シミュレーションモデル等で津波による堆積量を推定し、浚渫方法などをあらかじめ検討し準備しておく。

4. 提言の実効性

下図は港内の地形変化の実測値と計算値とを比較したものである。計算は、港内の堆積と防波堤近傍の洗掘を定量的にも良く再現しており、津波による港内の地形変化推定に使用できるレベルにある。

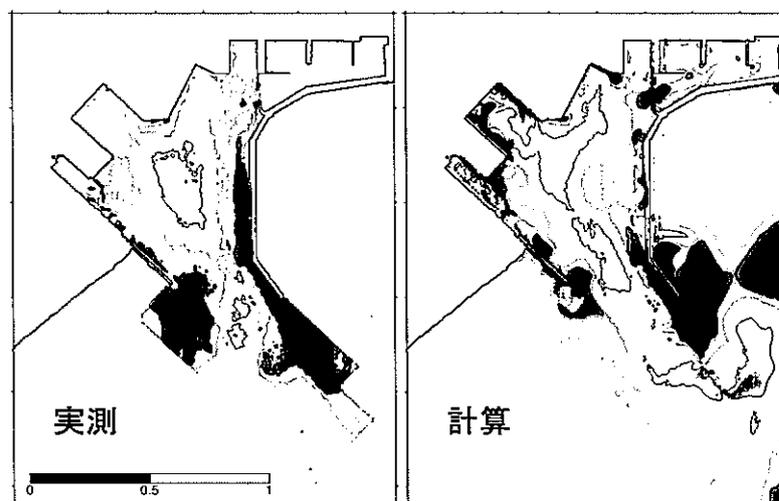


図 港内地形変化の実測値と計算値との比較。寒色が洗掘を、暖色が堆積を示す。

提言 1-3 巨大津波による火災対策

増田達男 (金沢工業大学 教授)

1. 問題

東日本大震災で発生した火災の約半数は津波火災であった。南海トラフ地震の対象地域ではさらに巨大な津波が予測され、大都市および大規模石油コンビナートが連続している。津波火災の脅威は深刻である。

2. 研究成果

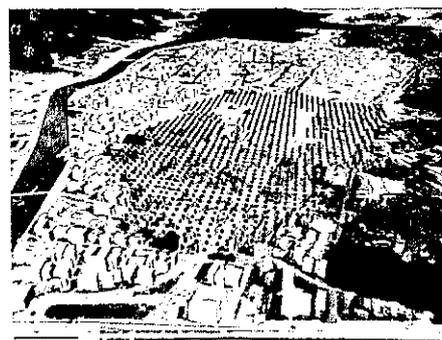
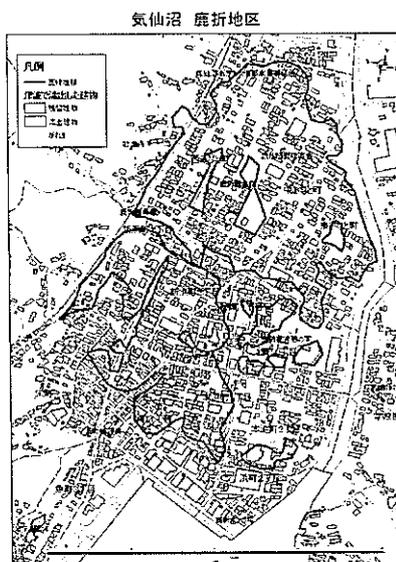
- (1) 現地調査および公開情報により、津波火災の発生経緯を明らかにし、かつシナリオを作成した。
- (2) 水理実験により、瓦礫の流動と堆積の特性を明らかにした。
- (3) 海上火災実験により陸上に比べ延焼が速く、かつ風の影響を受け、一層危険であることを明らかにした。
- (4) 瓦礫火災シミュレーションプログラムを開発し、津波火災の予測手法を構築した。

3. 提言

- (1) 石油タンクへの船舶などの衝突破損は未対策であり、人工樹林柵および防護ケージを提案した。
- (2) 避難ビルの周囲に瓦礫を寄せ付けない防護柵を提案した。
- (3) 海上火災は瓦礫と重油の混合状態で発生するため、瓦礫の流出防止柵を提案した。
- (4) 初期消火が有効であるため、監視装置や大型消火弾等の遠距離消火法を提案した。
- (5) 特定できる津波火災の出火原因の 3/4 は車両であり、電気系統の対策を提案した。

4. 提言の実効性

- (1) 石油タンク・避難ビル・瓦礫の流出等に対して、人工樹林や防護柵を施すことによって減災が可能となる。
- (2) 遠距離からの監視システムや消火弾等によって有効な初期消火が可能となる。
- (3) 車両の電気系統を抑えることによって、最大で出火の 3/4 を防止することができる。



提言 1-4 長周期地震動による超高層ビルの横揺れ対策

高島秀雄 (金沢工業大学 教授)

1. 問題

超高層ビルが長周期地震動により大きな横揺れを発生し、社会問題となっている。長周期地震動に対する超高層ビルの耐震性能を簡易に評価できる動的解析法が要望されている。

2. 研究成果

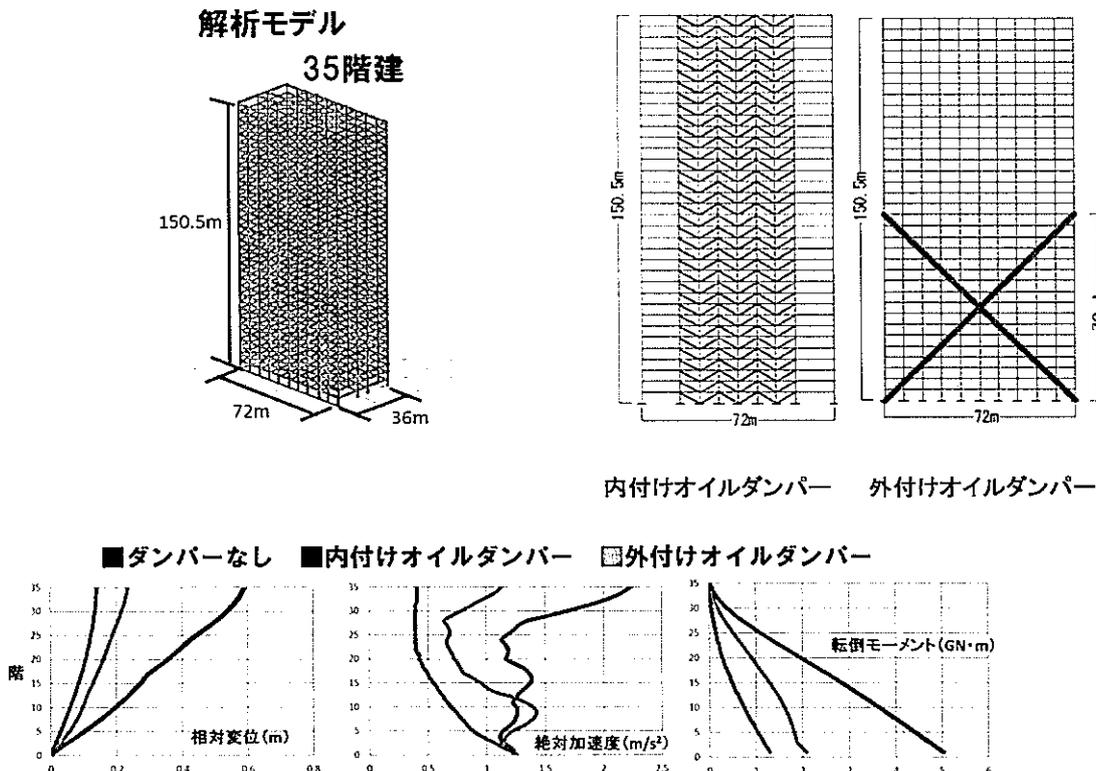
- (1) 長周期地震動の作用に対して超高層ビルの耐震性能を簡易に診断する簡易耐震診断法を開発した。
- (2) 長周期地震動に対する耐震性能が不足する既存超高層ビルに対しては、適切なオイルダンパーの設置により、耐震性能を確保できることを明らかにし、耐震補強の効果を診断できる簡易耐震補強法を開発した。
- (3) 上記開発した理論のソフトを用いると、長周期地震動及び短周期地震動に対して、超高層ビルの耐震性能を短時間で且つ簡易に判断できる。

3. 提言

開発した簡易解析法を既存及び新築の超高層ビルの動的解析に用いることにより、長周期地震動及び短周期地震動に対する耐震診断及び耐震補強を簡易に診断できる。予備設計及び本設計での利用により、合理的な構造計画を達成出来る。実務技術者を対象に著書(ソフト付)を出版した。

4. 提言の実効性

35階超高層ビルに対して、長周期地震動(浦安—NS)の作用に対する動的応答結果は、内付オイルダンパー及び外付けオイルダンパーの設置により著しく改善される。



提言 1-5 巨大地震による市街地の液状化対策

田村修次(東京工業大学 准教授)

1. 問題

大地震では、多くの市街地で液状化の発生が予想される。市街地で液状化が発生すると、多くの戸建て住宅が沈下・傾斜するとともに、水道・下水道などのライフラインが長期間にわたり止まるため、市民生活への影響が極めて大きい。本課題では主に戸建て住宅の液状化被害軽減方法について検討する。

2. 研究成果

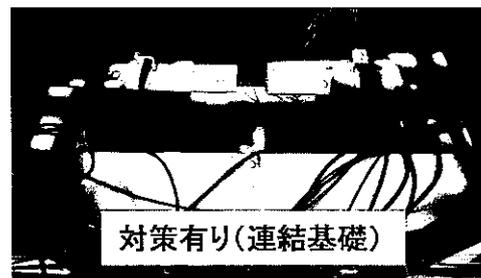
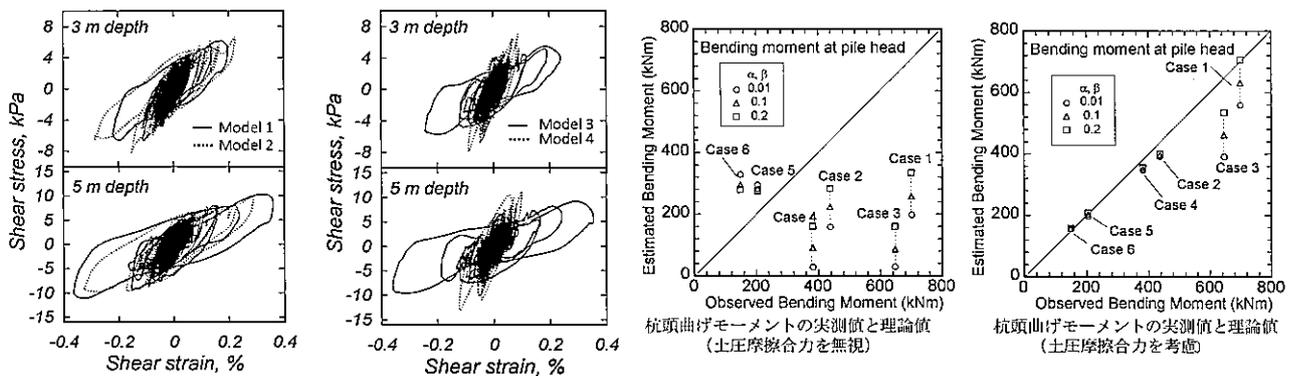
- (1) 柱状地盤改良の液状化地盤に対する適用性を明らかにした。
- (2) 基礎根入れ部に作用する地震時土圧を考慮できる杭応力評価法を提案した。
- (3) 液状化層が厚い場合における戸建て住宅の対策として、浮き基礎と杭基礎を併用した工法を提案した。
- (4) 既存戸建て住宅の液状化対策として、戸建て住宅の基礎を連結する工法を提案した。

3. 提言

液状化が予想される地盤条件で柱状地盤改良を行う場合、地盤改良体を液状化層の下部の非液状化層に十分根入れさせることが重要である。液状化地盤では、地盤変位は大きくなり、地震時土圧が外力として基礎根入れ部に作用し、杭応力が大きくなる。この効果を考慮するためには、基礎根入れ効果を考慮した応答変位法で杭応力を評価する必要がある。液状化層が厚い場合における戸建て住宅の対策として、浮き基礎と杭基礎を併用した工法や基礎連結工法で、戸建て住宅の沈下・傾斜を大幅に軽減することができる。

4. 提言の実効性

柱状地盤改良体を根入れさせることで、地盤のせん断ひずみを小さくすることができる。根入れを考慮した応答変位法は杭頭曲げモーメントを精度良く推定することができる。基礎を連結することで、液状化時の戸建て住宅の不同沈下を大幅に軽減することができる。



提言 1-6 巨大津波による建物被害の迅速な災害復興対策

山岸邦彰 (金沢工業大学 准教授)

1. 問題

南海トラフ巨大地震の再来が予想されながら、経済原理を優先してその対策が遅々として進まない。一部の事業所では事業継続計画を立案するも、その実効性が問題視されている。災害復興の側面として事業継続に着目し、事業所が円滑かつ容易に、さらに実効性のある事業継続計画の立案に資する情報・ツールが希求されている。

2. 研究成果

- (1) 建築物の非構造物(特に天井)に対する Fragility 曲線の計算方法を開発した。
- (2) 復旧曲線のプロトタイプ(基準化復旧曲線)を提案した。
- (3) 2011年東北地方太平洋沖地震における事業中断要因を抽出した。
- (4) 地震, 風, 洪水に対するリスク計算方法を提案した。
- (5) 事業環境リスクの計算方法を提案した。

3. 提言

自助、共助を促す事業継続計画の実効性を高める情報の提供が必要である。開発した計算方法や得られた情報を用いることにより、これまで定性的に判断していた事象を定量的に把握することができるようになり、費用対効果の向上や経営資源の最適配分を指向した事業継続計画を立案できるようになる。また、リスク集中地域の合理的なリスク分散が可能になり、わが国産業のレジリエンシーを高めることができるようになる。

4. 提言の実効性

以下は(2)の成果の例である。2011年東北地方太平洋沖地震後の事業継続アンケートの結果から、操業率の回復状況を定量化した。震度の大きさによって操業率の回復は異なる。これらの結果から事業継続計画の策定上の重要事項である目標復旧時間を設定するための目安を知ることができる。

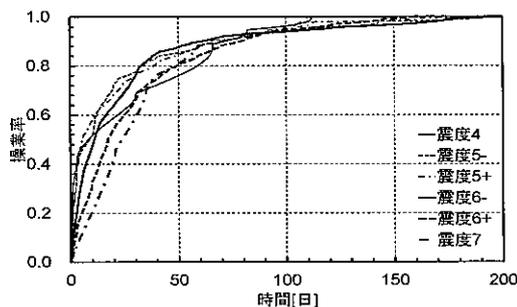


図1 震度別の復旧関数

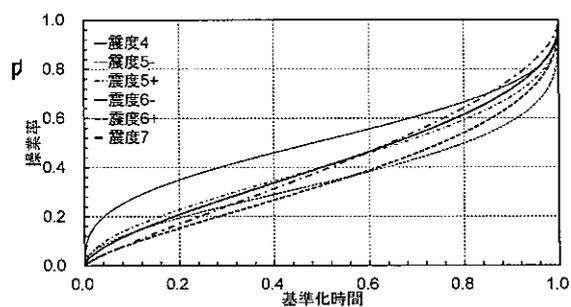


図2 震度別の基準化復旧曲線

提言 課題 1-7 巨大地震による既存木造住宅の耐震化対策

後藤正美 (金沢工業大学 教授)

1. 問題

既存の木造住宅の地震被害が多数報告されている。現行の基準に適合しない既存不適格の建物に対して耐震補強が急がれる。安価、短工期で断熱性能を有する耐力壁の開発が望まれている。

2. 研究成果

(1) 木造住宅の耐震補強法として、高強度の発泡材を用いた耐震壁(壁倍率 1.5 の強度を有する)を開発し、岐阜県高山市のモデル住宅に適用して検証データを得た。

3. 提言

開発した高強度発泡材を適用した壁は、壁倍率が 1.5 相当の性能を有しており、取付作業も格段に容易となったので、既存の木造住宅の耐震補強が安価で短工期で実施できる。

4. 提言の実効性

被災時の仮設住宅を想定した試験棟および復興住宅を想定したモデルハウスへ適用し、施工性と断熱性などを確認した。

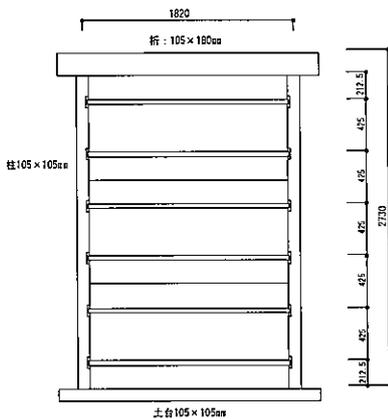


図 1 試験体の一例

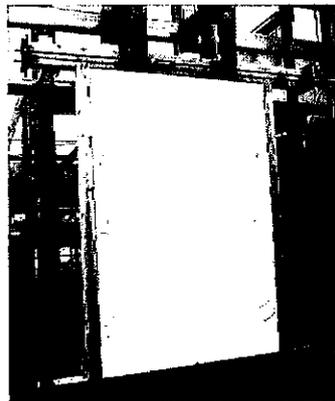


写真 1 静的水平加力実験の様子

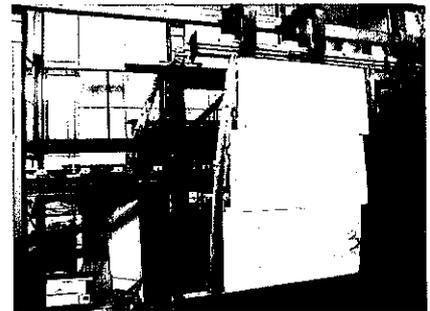


写真 2 大変形時の損傷状



写真 3 試験棟の建設

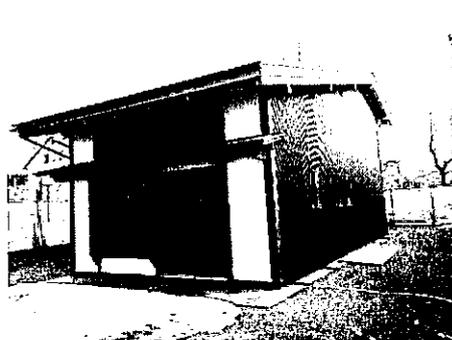


写真 4 モデルハウスへの適用 (外観)



写真 5 内観

提言 1-8 巨大津波による大型石油タンクの防災対策

西村 督 (金沢工業大学 教授)

1. 問題

平成 23 年東北地方太平洋沖地震をはじめ巨大津波により、臨海部に位置する石油タンクの浮き上がり・転倒や基礎の洗掘などの構造被害が発生しているが、既存大型石油タンクの巨大津波に対する補強設計は十分に検討・実施されていない。

2. 研究成果

- (1) 大型石油タンクの津波に対する補強設計方針として、5m を超える想定浸水深に対してタンクの移動(浮き上がり・滑動)を防止する使用限界状態設計とし、基礎とタンクの構造補強モデルを提示した。
- (2) 津波に対する大型石油タンクの限界状態解析法を弾塑性構造物の限界曲線解析を基に開発した。その解析結果から、タンクの径は限界状態への影響が大きく、鉛直波圧による波力、波力モーメントが支配的な外力であることを明らかにした。
- (3) タンクの形状、内液比率、津波浸水深を設定すれば、補強要素の必要補強量が得られる設計チャートを提示した。

3. 提言

基礎の洗掘を防止しタンク底部への水の浸入を防ぐことは、支配的外力の鉛直波力・波力モーメントを低減しタンクの移動防止策として有効である。

4. 提言の実効性

補強されたタンク(図 1、表 1)の限界状態解析の結果(図 2)から、タンクの径は限界状態に対する外力効果が大きい。また内液比率 c_2 が低い場合、移動防止対策の効果が高い。

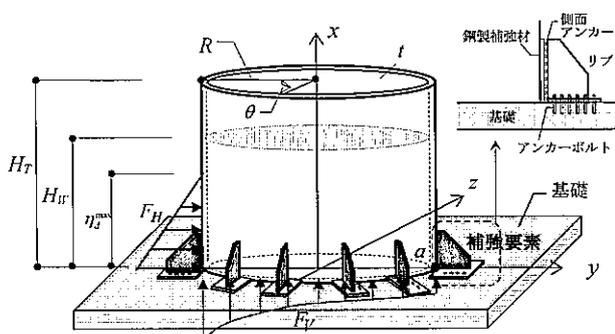


図 1. 補強されたタンクの解析モデル

- E_s : タンクのヤング係数
- E_c : コンクリートのヤング係数 $= E_s/15$
- ρ_0 : 海水の密度 1023 kg/m^3
- ρ_T : タンクの密度 7850 kg/m^3
- ρ_L : 内容物の密度 850 kg/m^3
- 補強要素 アンカー: SNR400B, M24 リブ: Fc24
- f_t : アンカーの短期許容引張応力度 235 N/mm^2
- f_c : コンクリートの短期許容圧縮応力度 16 N/mm^2
- f_s : アンカーの短期許容せん断応力度 135 N/mm^2
- f_c : コンクリートの短期許容せん断応力度 1.10 N/mm^2
- 補強要素の数: 20 各補強要素のアンカーの本数: 24 本
- 引張、圧縮合力の位置: タンク側板から 1.0 m 外側

表 1. 解析の緒元

	H_T (m)	R (m)	t (mm)	E_s (N/mm ²)	E_c (N/mm ²)
T1	20	10	19	2.06×10^5	1.37×10^4
T2		15			
T3		20			

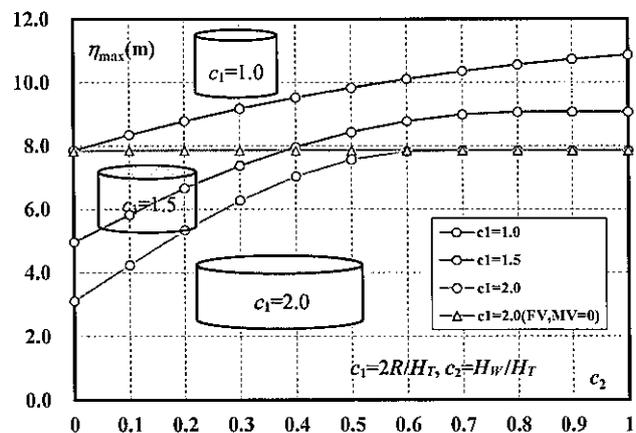


図 2. 最大浸水深 η_{\max} - 内液比率 c_2

提言 1-9 超巨大災害発生時の避難勧告・指示の効果的情報伝達対策

土田義郎（金沢工業大学 教授）

1. 問題

避難勧告や避難指示の防災放送を聞いても、実際には逃げない住民が多数存在する。正常化の偏見を減少させるための仕組みとして、アナウンスを行う側の訓練システムを提供する必要がある。

2. 研究成果

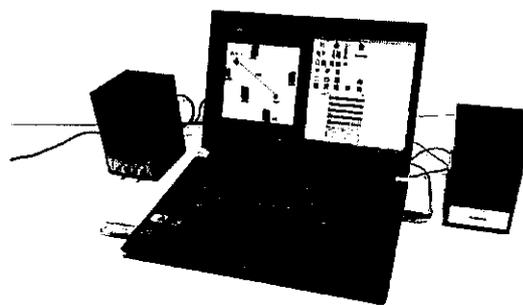
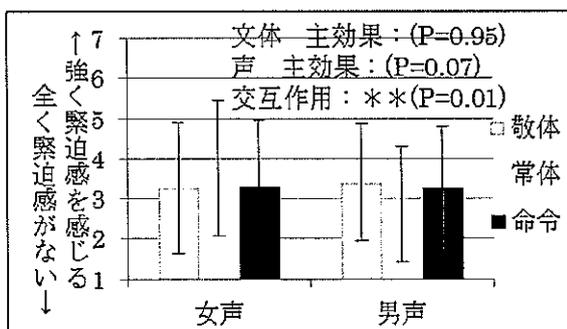
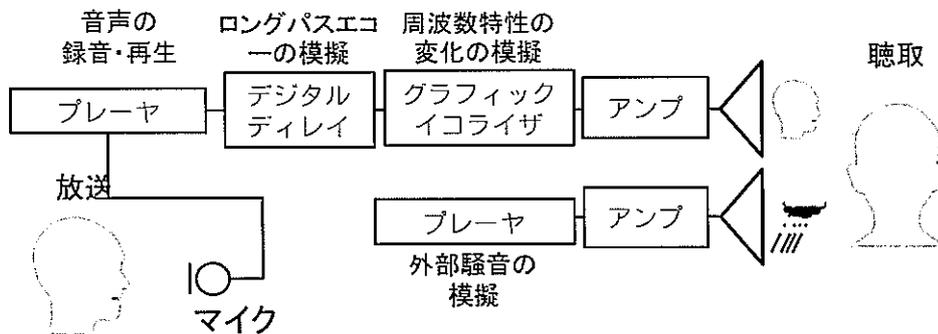
- (1) アナウンスの仕方によって、受ける印象が異なることを示した。
- (2) 長距離伝搬する音声の完全なシミュレーションは難しいが、反射音や外部騒音、周波数特性の変化などを擬似的に再現するシミュレーターは実現可能であることを示した。
- (3) 上記のシミュレーターを適用した教育・訓練システムによって、アナウンスする側のスキル向上に役立てることができ、また、市民に興味を持ってもらえるような防災訓練も構築できる。

3. 提言

考案したシステムを実際に適用できるソフトウェアを開発した。長距離伝搬したアナウンスのシミュレーションを聴取し、言語による尺度を用いて評定する。防災訓練や市民を交えたワークショップによって、防災放送に興味を持ってもらう。

4. 提言の実効性

アナウンスの適切さを話者にフィードバックできる。この経験により、非常時においてもより適切なアナウンスを行うことができるようになる。



提言 1-10 超巨大災害での地域行政と地域住民が連携した防災力の向上対策

木村定雄 (金沢工業大学 教授)

1. 問題

地域ごとの災害ハザードによって異なる地域防災計画の実行可能性(行政職員の役割認識・住民の行動認識)をリスクコミュニケーションの見地から測定・評価できる手法を構築して防災訓練に反映し、防災力を強化することに寄与する。

2. 研究成果

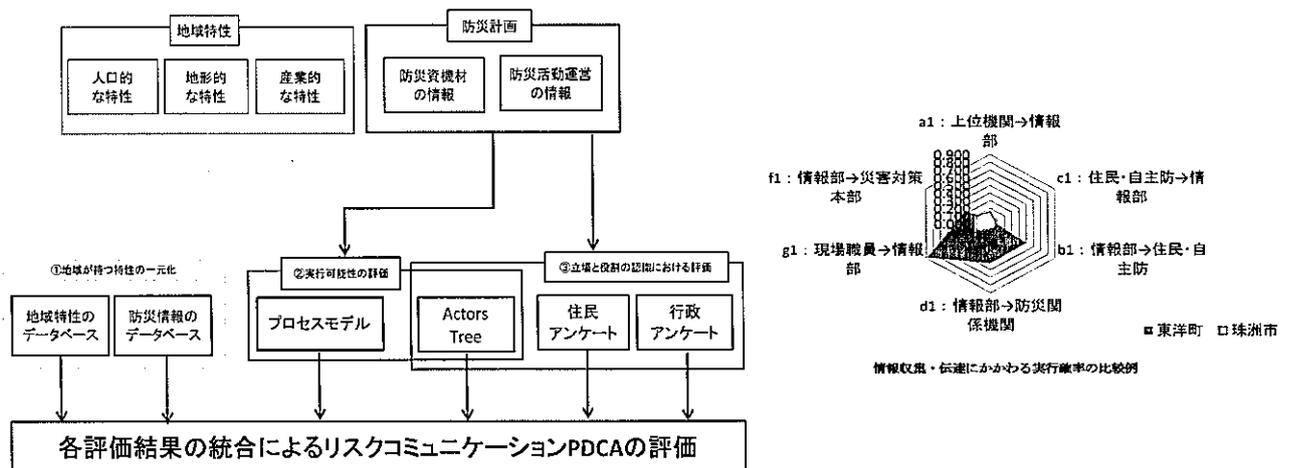
- (1) 地域防災計画の可視化手法をプロセスモデルとして構築した。
- (2) 地域特性情報の共有化手法(地域情報データベースの構築)と地域防災計画の実行可能性の測定・評価手法を構築した。
- (3) とくに、災害ハザードが異なる2つの市町を対象として、地域防災計画の災害応急段階の実行可能性を測定・評価し、行政役割の脆弱性を分析してその結果を発信した(石川県珠洲市および高知県東洋町)。

3. 提言

本研究における防災力評価は地域防災計画の実行における脆弱性をより具体的に明らかにすることができることから、予防段階などの防災・減災活動における行政組織の継続的改善を図るうえで重要な意味をもつ。

4. 提言の実効性

防災・減災活動の質向上においては、まず、地域防災計画を策定する末端の地方行政の役割は大きい。本研究の成果は各地方行政の日頃の防災訓練に活用され、地域のコミュニティの防災・減災活動の脆弱性を改善する実践行為に役立つものと考えられる。他方、災害応急対策計画における行政職員の役割認識を測定するためのアンケート調査を実施する行為そのことが、行政職員の地域防災計画の内容の学習となることも明らかとなった。



提言 2-1 巨大津波に対する地下街及び地下鉄の防災対策

牧 紀男(京都大学 教授)

1. 問題

M9 クラスの南海トラフ地震では地下街・地下水への浸水発生が想定されているが、どういった被害が発生するのか、どういった対策が必要なのかが明らかになっていない。

2. 研究成果

- (1) 止水板設置状況についての現地調査を行い梅田の地下街での止水板の設置状況は約半数にとどまっていることが明らかになった。
- (2) 梅田の地下街の利用者に対するインタビュー調査の結果、地下街への浸水が発生することは認識しているが、避難路等について確認している人は 15%にすぎないことが明らかになった。
- (3) 梅田の地下街のテナントに対するインタビュー調査の結果、地震や津波が発生した場合に備えて、お客様の避難や安全管理について 71.4%が作成していないことが明らかになった。
- (4) 梅田の地下街の利用者に対するインタビュー調査の結果、災害時の避難行動について特に何も考えていない人は、男性 88%、女性 92%に上ることが明らかになった。

3. 提言

南海トラフの巨大地震時の地下街の浸水対策として、地下街の滞在者に大地震発生時には地上へ避難し、さらに内陸へ移動することを周知する、テナント等に対して今後、2 時間をいう時間を考慮した地下街からの避難のあり方について検討を要請する、避難を判断するのに必要なトリガー情報を充実させる、地下鉄の災害対応計画を作成する、ことが重要である。

4. 提言の実効性

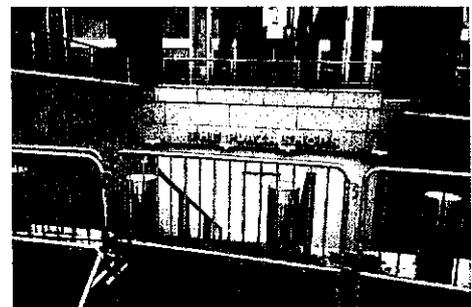
梅田の地下街については津波到達までに 2 時間程度の猶予があり、また地盤沈下による浸水被害も想定されないことから地下街から避難することにより命を守ることが可能になる。

出入り口NO	H (高さ)	W (幅)	種別	写真
T-00				
T-75		2180	なし	
T-10	2100		サイン	
M13	300	2180	サイン	
M1340	300	2180	サイン	
M14	300	2080	サイン	
M1440	300	2080	サイン	

止水板設置状況

調査項目	調査内容	調査結果	備考
地下街への浸水	100%未満	0	1 地下街への浸水は、地下街の構造や防水工事の状況によって異なる。調査結果を参考に、必要に応じて対策を講ずる。
	100%以上	2	
	不明	0	
地下街からの避難	100%未満	0	2 地下街からの避難は、地下街の構造や防水工事の状況によって異なる。調査結果を参考に、必要に応じて対策を講ずる。
	100%以上	1	
	不明	0	
地下街の安全管理	100%未満	0	3 地下街の安全管理は、地下街の構造や防水工事の状況によって異なる。調査結果を参考に、必要に応じて対策を講ずる。
	100%以上	0	
	不明	0	
地下街の避難計画	100%未満	0	4 地下街の避難計画は、地下街の構造や防水工事の状況によって異なる。調査結果を参考に、必要に応じて対策を講ずる。
	100%以上	0	
	不明	0	

浸水率は54.3%



ハリケーン・サンディによるニューヨークの地下街被害

提言 2-2 巨大地震と巨大津波の連動作用における構造物の耐震対策

竹脇 出(京都大学 教授)

1. 問題

2011年の東北地方太平洋沖地震では、巨大地震によって液状化したと推測される地盤上に存在する杭支持建物が、直後に巨大津波を受けて転倒したと思われる事例がいくつか報告された。巨大地震と巨大津波の連動作用に対して如何に対応すべきかが喫緊の課題となっている。

2. 研究成果

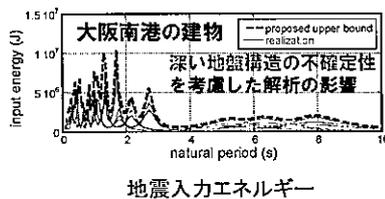
- (1) 応答スペクトル法と p-multiplier 法を用いた液状化地盤での杭の地震時挙動の簡易評価法を開発した。
- (2) 地震動により地盤が液状化した直後に津波荷重を受けた場合の解析を実施し、建物高さが杭の設計に及ぼす影響を明らかにした。
- (3) 実地盤のデータを用いた解析により、深い地盤構造が長周期地震動を受ける超高層建物の応答に重要な役割を果たすことを明らかにした。
- (4) パルス性地震に対する弾塑性応答簡易評価法の津波に対する応答評価への適用を目的として、ダブルインパルスを受ける建物の弾塑性応答簡易評価法を開発した。

3. 提言

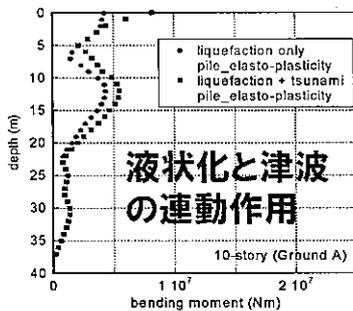
建物層数が増えると避難にとっては好都合であるが、浸水深が増加した場合に大きな力が杭に作用することになるため、それに対する安全性に十分注意する必要がある。すなわち、想定外の浸水深の増加による杭径の検討を行う必要がある。また、津波に対する建物被害を閉形表現で求める手法を展開する必要がある。

4. 提言の実効性

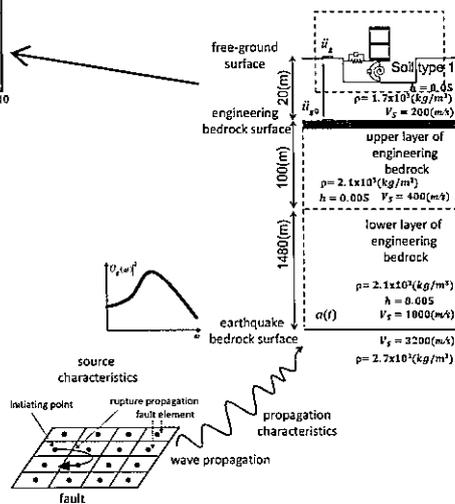
津波避難ビルにおける杭設計の新たな知見を得た。今後の杭の設計に反映させることが可能である。さらに、衝撃的な地震に対する弾塑性解析法を津波による影響解析に拡張する道筋を示した。今後、記録地震動に対する解析や津波に対する解析に利用できる。



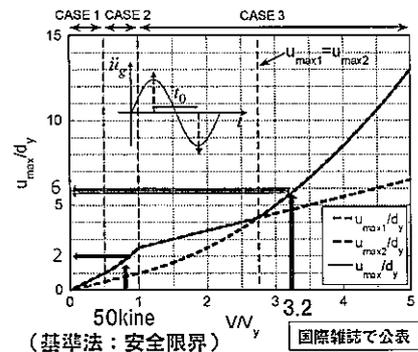
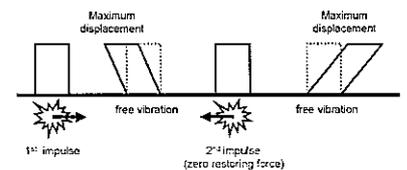
地震入力エネルギー



杭の曲げモーメント分布



深い地盤構造の影響解析



津波荷重のインパルスによる
近似評価の可能性

提言 2-3 巨大地震・巨大津波による過大荷重を受けた社会資本施設の 維持管理対策

宮里心一 (金沢工業大学 教授)

1. 問題

巨大地震によりコンクリート構造物にひび割れが発生し、その後の巨大津波により塩害が進行する懸念がある。したがって、過大荷重を受けた社会資本施設を合理的に診断・評価・対策する手法が要望されている。

2. 研究成果

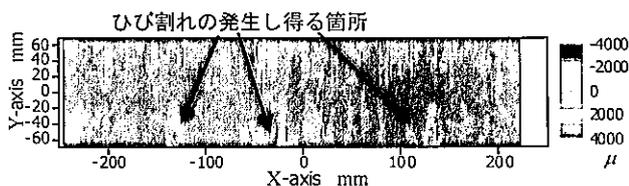
- (1) デジタル画像相関法を用いて、目視で確認できる以前に、鉄筋コンクリート梁の曲げひび割れを検出する方法を開発できた。
- (2) ひび割れ部に生じる局部腐食では、終局時に急激な破壊に至り、極めて危険な状態になることを明らかにできた。
- (3) 予め表面含浸材を含ませた布をひび割れ開口面に当てておくと、けい酸塩がひび割れ内部へ含浸することを明らかにできた。

3. 提言

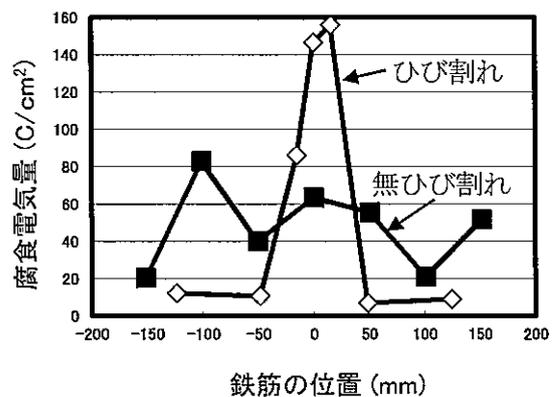
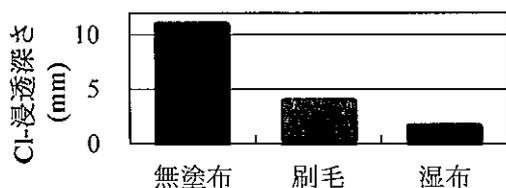
巨大地震による過大荷重を受けた鉄筋コンクリートに対して、高精度なデジタルカメラを用いた画像処理技術で、ひび割れを生じている可能性の高い箇所を特定する。また、その様なひび割れが発生した箇所に、巨大津波で塩水が浸透すると、局部腐食が進行し、安全性が極めて損なわれる。したがって、けい酸塩系表面含浸材をひび割れ内部へ浸透させることで、震災後の応急対策として遮水性や遮塩性を高められる。

4. 提言の実効性

巨大地震・巨大津波により過大荷重を受けたコンクリート構造物に対して、刷毛・ローラー・布およびバケツ等の簡易容器を用いたけい酸塩系表面含浸工法を応急対策として適用することで、ひび割れから内部鉄筋へ塩水が供給される量を低減し、耐荷力の低下を抑制できる。



ひび割れの発生し得る可能性の高い箇所の検出
(曲げ荷重が 14kN で目視確認できるひび割れを 5kN で予測)



ひび割れ部での局所的な腐食進行の確認

けい酸塩系表面含浸工法で塩分浸透は 1/3 以下に低減

提言 2-5 超巨大災害時の自然エネルギー利用による地域の創電・節電対策

垂水弘夫 (金沢工業大学 教授)

1. 問題

発災時の避難所として地域の小学校・中学校が指定されている場合が多い。巨大災害時には外部からのエネルギー供給は当分の間期待できず、しかしその状況の中で400人規模の想定数の避難者に対して、生命と健康維持のための最低限の電力及び熱供給を行える建築・設備を整備しておく必要がある。

2. 研究成果

- (1) 南海トラフ地震防災対策推進地域・津波避難対策特別強化地域に指定されている兵庫県洲本市を対象に小学校を訪問調査し、必要な資料・図面等を入手して、適用可能な太陽光パネル設置面積を導出した。
- (2) 屋根傾斜面・外壁鉛直面(方位)に応じた時間帯別日射量・太陽光発電量の地域通年データを作成した。
- (3) 避難者の最低限の生活に必要なエネルギー需要及び学校への避難者数の時間経過による減少、さらに発災時期をパラメータに組み込んだ避難施設エネルギー需給モデルを開発し、避難施設として学校建築が備えるべき太陽光発電・蓄電池・コージェネレーション設備の各容量を提示した。

3. 提言

現在学校建築への設置が進められている10kW程度の太陽光発電では、避難者数400人を想定している多くの小学校等において、そのエネルギー供給能力が全く不足することを示すとともに、必要な太陽光発電・蓄電池・コージェネレーション設備の各設置容量を提示できた。避難所機能を備える新たな学校建築について、自然エネルギー(太陽光)の利用割合を判断指標として、エネルギー供給設備の構成を決定できる研究成果を提供したものである。

4. 提言の実効性

洲本市の気候・天候下において400人の避難者を収容する場合、1月発災で電力需要の60%以上を自然エネルギー利用とするためには、(太陽光発電出力270kW+蓄電池容量180kWh+コージェネレーション設備出力120kW)のエネルギー供給設備を設置する必要があることなどを明確にできた。

暖房の必要な1月発災時における太陽光発電・蓄電池・コージェネレーション(CGS)設備の能力別電力供給内訳

		太陽光 270kW				太陽光 180kW				太陽光 90kW			
		32673				21782				10891			
		180kWh	120kWh	60kWh	0kWh	180kWh	120kWh	60kWh	0kWh	180kWh	120kWh	60kWh	0kWh
CGS 180kW	太陽光発電オンサイト消費量(kWh/月) : P1	15106	13582	11960	10026	13453	12234	10819	9049	8262	7932	7480	6554
	蓄電量(kWh/月) : P2	5516	3832	2069	0	4747	3410	1883	0	1829	1463	975	0
	コージェネ発電量(kWh/月) : P3	9166	10690	12312	14245	10819	12038	13453	15223	16010	16340	16792	17718
	(P1/P0)×100	62%	56%	49%	41%	55%	50%	45%	37%	34%	33%	31%	27%
	(P3/P0)×100	38%	44%	51%	59%	45%	50%	55%	63%	66%	67%	69%	73%
	((P1+P3)/P0)×100	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
CGS 120kW	太陽光発電オンサイト消費量(kWh/月) : P1	15106	13582	11960	10026	13453	12234	10819	9049	8262	7932	7480	6554
	蓄電量(kWh/月) : P2	5516	3832	2069	0	4747	3410	1883	0	1829	1463	975	0
	コージェネ発電量(kWh/月) : P3	9166	10690	12312	14245	10819	12038	13453	15223	16010	16340	16792	17718
	(P1/P0)×100	62%	56%	49%	41%	55%	50%	45%	37%	34%	33%	31%	27%
	(P3/P0)×100	38%	44%	51%	59%	45%	50%	55%	63%	66%	67%	69%	73%
	((P1+P3)/P0)×100	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
CGS 60kW	太陽光発電オンサイト消費量(kWh/月) : P1	15106	13582	11960	10026	13453	12234	10819	9049	8262	7932	7480	6554
	蓄電量(kWh/月) : P2	5516	3832	2069	0	4747	3410	1883	0	1829	1463	975	0
	コージェネ発電量(kWh/月) : P3	8282	9723	11215	13042	9853	10978	12284	13976	14634	14963	15416	16341
	(P1/P0)×100	62%	56%	49%	41%	55%	50%	45%	37%	34%	33%	31%	27%
	(P3/P0)×100	34%	40%	46%	54%	41%	45%	51%	58%	60%	62%	64%	67%
	((P1+P3)/P0)×100	96%	96%	95%	95%	96%	95%	95%	94%	94%	94%	94%	

月間電力需要量 P0: 24271 (kWh/月)
 (月間電力需要量を太陽光+CGSで100%賚えた設定能力に網掛け)

提言 2-6 超長期滞在避難所及び仮設住宅での生活環境改善対策

円井基史(金沢工業大学 准教授)

1. 問題

南海トラフ地震による災害では、これまで経験したスケールを遥かに超えることから、避難所および仮設住宅での超長期間の避難生活が予想される。東日本大震災等での教訓を踏まえ、避難所および仮設住宅での生活環境の改善策を提示する。

2. 研究成果

東日本大震災で建設された宮城県石巻市仮設開成・大橋団地の仮設住宅(プレハブ平屋長屋タイプ)を対象に、避難所と仮設住宅の生活環境に関するアンケート調査、および夏季の屋外熱環境実測を行い、以下の結果を得た。

- (1) 避難所生活に関するアンケートについて、1000 部配布し 166 の回答を得た。避難場所・時間経過による温熱環境の違い、物資供給、就寝スペース、プライバシー等について、被災者の具体的なコメントを得て当時の状況を整理した。
- (2) 仮設住宅の温熱環境に関するアンケートについて、震災から3年半経過した2014年に1240部配布し188の回答を得た。建設メーカー、住戸配置と周辺環境等の違いによる温熱環境・快適性への影響を把握した。
- (3) 夏季実測により、立地条件・周辺環境の影響として、夜間の川風や冷気流による気温低減効果を仮設住宅団地内で確認した。東西に長い住棟の間隔(通路幅)は建設当初4mであったが、その後風除室等の増築により通路幅は2.5m程度に狭くなっている。夏季は風速低下による暑熱環境の悪化(日中気温が通路外より1~2℃高くなる)、冬季は日照障害が引き起こされており、計画段階からの改善が必要である。

3. 提言

- (1) 東日本大震災では阪神・淡路大震災より長期間に渡り(具体的には発災4週間以降も)避難所の物資不足が続いた傾向にあった(これは沿岸部広域にわたる被災と現地での深刻なガソリン不足によるものと指摘される)。今後の南海トラフ地震に向け、十分な物資の備蓄を行う必要性が示唆される。
- (2) 仮設住宅について、現在2年間とされる居住期間を大きく超えることを想定すべきである。建設メーカーや構造・構法の違いによる居住性の不満が存在するため、一定の居住性能を担保することが望まれる。団地の建設立地および住戸の配置により居住環境が異なることを配慮したい。特に今回の調査で、計画段階から住棟間隔を見直す必要性が明らかとなっている。

4. 提言の実効性

限られた仮設住宅の建設用地により多くの住戸を建て、より多くの被災者を受け入れる意図は理解できるが、今回調査を行なった仮設開成・大橋団地の場合、当初計画になかった風除室を増築したこと、そしてそれが冬季の日照、夏季の暑熱環境に悪影響を与えていること、さらに4年以上の長期に渡って居住することを考えれば、住棟の間隔(通路幅)は見直すべきである。建設の前段階から、風除室、配置計画、日照・通風計画、温熱環境を考慮して、見直し改善が必要である。具体的な数値を挙げるなら、東西に長い長屋平屋形式であれば、冬至で4時間の日照を確保する観点より、南北の住棟間隔は最低でも6mは空けるべきである。