

平成 24 年度私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（文部科学省）

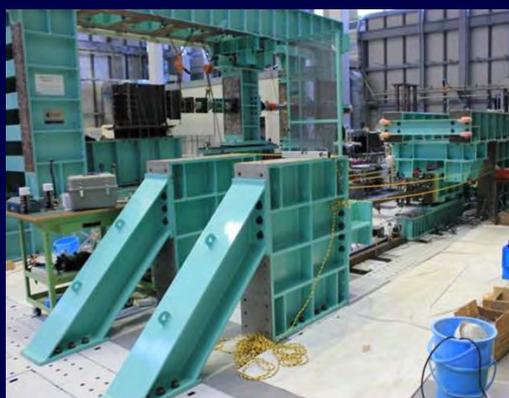
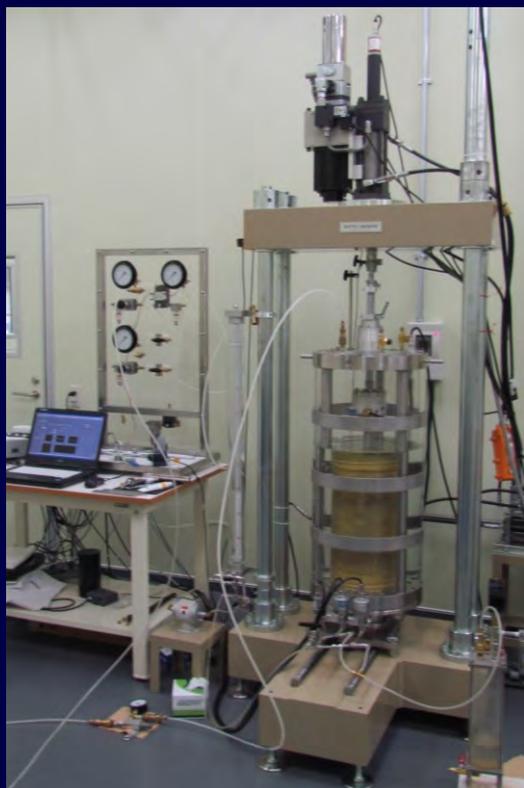
名城大学

自然災害リスク軽減研究センター

Advanced Research Center for Natural Disaster Risk Reduction

# 中間報告書

平成 26 年 6 月



名城大学



名城大学

自然災害リスク軽減研究センター

Advanced Research Center for Natural Disaster Risk Reduction

# 中間報告書

平成 26 年 6 月

まえがき .....	1
研究組織 .....	3
プロジェクトの概要 .....	5
研究成果中間報告 .....	7
活動報告 .....	99
施設概要 .....	159



# ま え が き

「名城大学 自然災害リスク軽減研究センター」は、平成 24 年度私立大学戦略的研究基盤形成支援事業として文部科学省に採択されました「21 世紀型自然災害のリスク軽減に関するプロジェクト」を実施・運営する組織として名城大学に設置されました。

「21 世紀型自然災害のリスク軽減に関するプロジェクト」では、海溝型地震や都市直下型地震などの大地震に加えて、近年の気候変動によって我が国でも頻発しているゲリラ豪雨や昨年フィリピンを襲った巨大台風などの自然現象を対象として、それら 21 世紀型自然災害による都市域での被災ポテンシャルとそれに伴うリスクを適正に評価し、その軽減をはかることを目的としています。

我が国は戦後 65 年あまりにわたり、特に平野部において都市域が爆発的な発展を遂げてきましたが、その経済活動が集中している土地の多くは、わずか 1 世紀前までは湿地帯や陸地ですらなかったところです。先の東日本大震災において、津波や液状化による被害が拡大したのは、この最も被災リスクが高い軟弱な低平地に社会活動が集中している現代日本の社会構造に由来している一面もあります。南海トラフ地震が発生する際には、沿岸部での津波被害のみならず、都市域でも地震動による深刻なダメージを被ることが予想されます。また、広大なゼロメートル地帯を擁する濃尾平野では、昨年フィリピンを襲った平成 25 年台風 30 号のような巨大台風に対するリスクも極めて大きいと考えられます。

また、現在の都市基盤を支える社会資本には、戦後の高度経済成長期に整備されたものが今なお現役として機能しており、それらの中には当初想定されていた耐用年数を過ぎて老齢化が進んでいる構造物も少なくありません。国土強靱化が進められる昨今の状況においてしても、膨大な数の老齢化が進んだ構造物をすべて更新することは極めて困難となっています。そのような社会情勢を背景とした社会資本全体の弱体化が、自然災害を助長していることが 21 世紀型自然災害の大きな特徴のひとつでもあります。そのため、社会資本の高機能化等のハード的な災害リスク軽減の対策のみならず、現代社会においては、経済的かつ合理的な維持管理手法ならびに補修・補強方法

の構築が重要となっています。また、本センターが想定する巨大地震や大規模水害などの自然災害が発生した場合には、都市機能や行政機能が喪失するとともに、膨大な被災者が発生することが見込まれています。機能喪失状態からの被災者自身による自律再建のメカニズムについて十分に検証しておくことは、来るべき災害後から早期復旧・復興するために極めて重要であり、その備えは広義のリスク軽減と位置付けることができます。

さて、平成 24 年に名城大学自然災害リスク軽減研究センターが発足してから 2 年が経過しました。その間、平成 25 年 4 月には大型実験棟を含む研究実験棟Ⅱが竣工したことにより、研究環境が大幅に改善されるとともに、本センターの予算によって最新鋭の研究設備が配備されました。平成 25 年 5 月 31 日には、新研究実験棟のお披露目を兼ねて 1 年遅れではありましたが本センター開所式を実施し、多くの方にお越しいただくことができました。この場をお借りして、お集まりいただきました皆様に厚く御礼申し上げます。また、特筆すべき事項といたしましては、本年 6 月 11 日に、名城大学と国土交通省中部地方整備局との連携・協力に関する協定を締結いたしました。協定は、「教育・研究及び地域社会への貢献」、「社会資本整備・維持」に関して連携・協力してゆくことを約束したものでありますが、特に「地域防災力の向上」を大きな目標としております。この協定締結を機に、本センターの研究成果を社会へフィードバックしてゆくことが期待されるとともに、本センターの研究の重要性が益々高くなってゆくものと考えております。

本報告書は、本センターの発足からの 2 年間の研究成果と活動記録を主にまとめたものです。発展途上の研究が多いものの、個性的な研究が数多くなされていることがおわかりいただけるものと信じております。今後も名城大学自然災害リスク軽減研究センターの活動に、ご理解とご協力をよろしくお願いいたします。

平成 26 年 6 月

自然災害リスク軽減研究センター

代表 小高猛司（理工学部教授）

# 研 究 組 織

## テーマ1：連動型巨大地震に対する土木構造物の安全性と修復性の向上に関する研究

- 葛 漢彬 理工学部 社会基盤デザイン工学科 教授
- 石川 靖晃 理工学部 社会基盤デザイン工学科 教授
- 近藤 明雅 理工学部 環境創造学科 教授
- 渡辺 孝一 理工学部 社会基盤デザイン工学科 准教授
- 岩下健太郎 理工学部 社会基盤デザイン工学科 准教授
- 小塩 達也 理工学部 環境創造学科 准教授
- 川崎 浩司 理工学部 特任教授

## テーマ2：大空間構造物の耐震安全性評価による震災リスクの軽減

- 武藤 厚 理工学部 建築学科 教授
- 立川 剛 理工学部 建築学科 教授
- 村田 賢 理工学部 建築学科 教授
- 寺西 浩司 理工学部 建築学科 教授
- 大塚 貴弘 理工学部 建築学科 准教授
- 平岩 陸 理工学部 建築学科 准教授

## テーマ3：豪雨および水災事象の発生機構とリスク軽減方策に関する研究

- 原田 守博 理工学部 社会基盤デザイン工学科 教授
- 新井 宗之 理工学部 社会基盤デザイン工学科 准教授
- 広瀬 正史 理工学部 環境創造学科 准教授

## テーマ4：水工学－地盤工学の連携による沿岸域低平地の自然災害リスク軽減への挑戦

- ◎ 小高 猛司 理工学部 社会基盤デザイン工学科 教授
- 溝口 敦子 理工学部 社会基盤デザイン工学科 准教授
- 崔 瑛 理工学部 社会基盤デザイン工学科 准教授

## テーマ5：「中核被災者」を主体とした被災限界からの自律再建メカニズムの解明

- 柄谷 友香 都市情報学部都市情報学科 准教授

※ ◎：センター代表兼テーマリーダー，○：テーマリーダー



## プロジェクトの概要

平成 23 年 3 月の東日本大震災がもたらした未曾有の被害により、あらためて巨大災害の恐ろしさを思い知らされました。さらに、平成 23 年 9 月に日本列島を襲った台風 12 号は観測史上最大級の豪雨災害をもたらすとともに、その直後の台風 15 号は東海・関東の都市域に大きなダメージを与えました。また、平成 24 年 7 月には九州北部で記録的な豪雨災害が発生しています。東日本大震災における津波被害にしても、集中豪雨による出水被害にしても、我が国の社会・経済活動が、被災ポテンシャルの高い平野部に集中していることが被害を拡大した一要因となっています。さらに気候変動に伴う豪雨災害は世界規模で頻発しており、我々が想定すべき自然災害に対するリスクは、この数十年の間に急速に増大しています。

「21 世紀型自然災害のリスク軽減に関するプロジェクト」では、現代の社会構造が抱える問題と真摯に向き合い、海溝型地震や都市直下型地震など大地震時の都市域での被災ポテンシャルとそれに伴う震災リスクを適正に評価し、その軽減をはかることを目的のひとつとしています。また、21 世紀型自然災害として地震災害と並んで重要なものは、近年の気候変動に伴い頻発しているゲリラ豪雨とそれに伴う流域圏の水害・土砂災害であります。さらに、豪雨と地震の複合災害ももはや想定外とは考えられないほど現実味を帯びています。本センターでは、地震のみならず、豪雨や台風も 21 世紀型自然災害を引き起こす大きなリスクとして加え、それらのリスクを軽減するための減災研究の推進をはかります。

そのため、本センターでは、前身の名城大学高度制震実験・解析研究センター（ARCSEC）が推進してきた地震に対する防災・減災研究に加えて、近年頻発する流域圏の水害・土砂災害も対象とするとともに、社会資本の高齢化や被災者自身による自律再建メカニズムなどの視点も取り入れた以下の 5 つのテーマを設定し、研究プロジェクトを遂行しています。

- テーマ 1 連動型巨大地震に対する土木建造物の安全性と修復性の向上に関する研究
- テーマ 2 大空間建造物の耐震安全性評価による震災リスクの軽減
- テーマ 3 豪雨および水災事象の発生機構とリスク軽減方策に関する研究
- テーマ 4 水工学－地盤工学の連携による沿岸域低平地の自然災害リスク軽減への挑戦
- テーマ 5 「中核被災者」を主体とした被災限界からの自律再建メカニズムの解明

さらに、それぞれのテーマに、サブテーマを設けて研究を遂行しています。研究の詳細は、次章の研究成果中間報告をご覧ください。

## 研究成果中間報告

研究テーマ 1.....	9
研究テーマ 2.....	41
研究テーマ 3.....	53
研究テーマ 4.....	63
研究テーマ 5.....	93



## 研究テーマ 1 : 連動型巨大地震に対する土木構造物の安全性と修復性の向上に関する研究

### 1-1 各種部材の損傷メカニズムの解明 (研究担当者: 葛 漢彬, 岩下健太郎)

#### 1-1-1 極低サイクル疲労による延性き裂の影響を考慮した橋梁鋼構造物の耐震性評価手法の開発

##### 【研究目的】

現行の鋼橋の耐震設計基準では、座屈に対する安全性照査法は規定されているが極低サイクル疲労（数回から数十回の繰り返しによって疲労破壊する現象）に対する照査法は未整備である。本課題は、極低サイクル疲労による損傷メカニズム（き裂発生、進展および破壊の全過程）を明らかにするとともに、橋梁鋼構造物の耐震性能設計法の高度化を目指すものである。

ここ数年、研究代表者らが極低サイクル疲労によるき裂発生メカニズムの解明を目的とした単柱式鋼製橋脚の繰り返し載荷実験を行ってきたが、数値解析についてはまだ研究の途中である。通常の数値解析手法は、き裂の発生までの挙動予測には概ね適用できるものの、その後の進展さらに破壊までの挙動予測には対応出来ない。

そこで、本課題では、まず、これまでに検討してきた土木構造物の延性き裂に対する評価手法を構造パラメータの変動や載荷履歴の影響を考慮してより一般的な手法に発展させる。次に、延性き裂の評価を考慮できる繰り返し弾塑性モデル (Cyclic Ductile Damage Model) を構築し、その妥当性を材料レベルで検証したうえで、鋼厚肉断面部材の耐震実験による検証も行う。これによって、局部座屈のみならず、き裂の発生、進展および破壊のメカニズムを解明し、損傷・崩壊の全過程を模擬できる解析手法を確立する。

##### 【研究成果】

これまでの研究【名城大学高度制震実験・解析研究センター (ARCSEC) 研究成果報告書、平成 24 年 3 月】において、鋼製橋脚基部および隅角部に発生する極低サイクル疲労による延性き裂発生を shell 解析により評価できる手法 DDIM、および beam 要素を用いたファイバーモデルによる簡易照査法 SDIM を提案してきた。

本研究では、まず、既往の研究において精査しきれていなかった構造パラメータの違いによるひずみ集中補正係数への影響に着目し、パラメトリック解析を行うことで、延性き裂簡易照査法におけるひずみ集中補正係数  $\beta$  の再検討を行った。次式にひずみ集中補正係数  $\beta$  の近似式を示す。

$$\beta = 11.1R_f + 1.18\left(\frac{t}{t_0}\right) - 1.34\bar{\lambda} - 0.0751 \quad (1.1)$$

ここで、 $R_f$  = 幅厚比パラメータ、 $\bar{\lambda}$  = 細長比パラメータ、 $t$  = 板厚および  $t_0 = 9\text{mm}$  である。

また、再検討した  $\beta$  を用いた延性き裂簡易照査法 (MSDIM) による延性き裂発生点の評価を行い、shell 解析と実験から得られた延性き裂発生点との比較を行った。その結果、パラメトリックな解析を行うことで、ひずみ集中補正係数  $\beta$  は幅厚比パラメータ、細長比パラメータ及び板厚といった構造パラメータの影響を受けることを確認した。beam 解析から得られた塑性ひずみ範囲を本研究で提案したひずみ集中補正係数  $\beta$  により補正することで、shell 解析と同等の延性き裂発生評価が可能であることを示した。実験結果と本提案手法による延性き裂発生予測を比較した結果、き裂発生を若干危険側に評価するケースがあるものの、より精度良く予測ができることを確認した。

次に、载荷履歴、特にランダムな载荷の影響を考慮した検討を行った。図-1.1.1 に示すように、あるハーフサイクルで大きな引張または圧縮ひずみ履歴が生じたとき、その次のハーフサイクルへの影響を考慮するために、次式のような補正係数を提案した。

$$K_i = \begin{cases} \exp\left(k_a \frac{\varepsilon_{pr,i} - \varepsilon_{pr,i-1}}{\varepsilon_{pr,i-1}}\right) & \text{if the tension strain range of the previous } (i-1)^{\text{th}} \text{ half - cycle} \\ & \text{is larger than that of the current half - cycle} \\ \exp\left(-\frac{\varepsilon_{pr,i} - \varepsilon_{pr,i-1}}{\varepsilon_{pr,i-1}}\right) & \text{if the compression strain range of the previous } (i-1)^{\text{th}} \text{ half - cycle} \\ & \text{is larger than that of the current half - cycle} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

ここで、 $\varepsilon_{pr,i-1} = (i-1)^{\text{th}}$  ハーフサイクル時の塑性ひずみ範囲、 $\varepsilon_{pr,i} = i^{\text{th}}$  ハーフサイクル時の塑性ひずみ範囲、 $k_a = 3.0$  (材料係数) である。

この影響を損傷度式に取り入れることで、より高精度な評価手法 (EDDIM, EMSDIM) を提案した。その妥当性を示す検証結果を図 1.1.2、図-1.1.3 に示す。また、これらの評価手法を表-1.1.1 にまとめて示す。

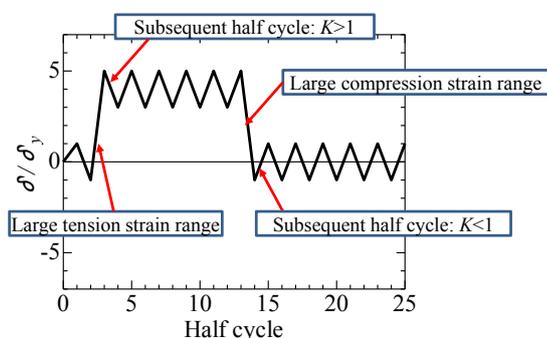


図 1.1.1 ひずみ範囲の急激な変化

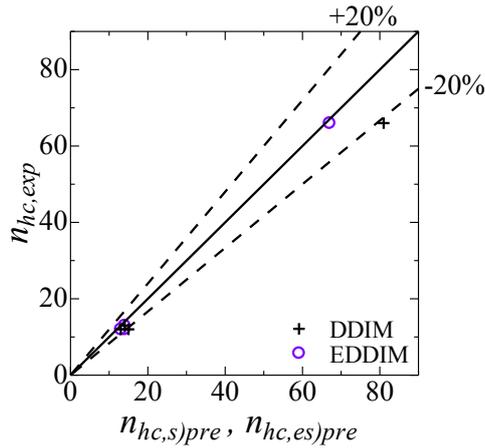


図 1.1.2 DDIM, EDDIM による評価結果と実験結果との比較

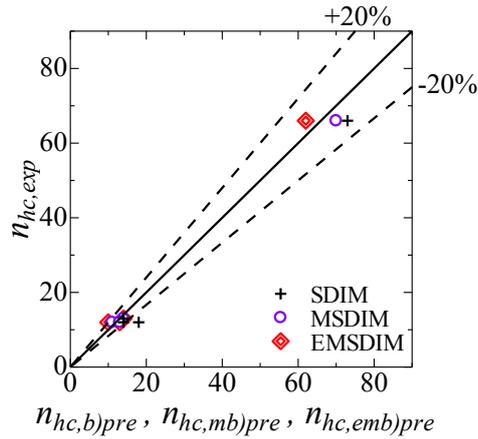


図 1.1.3 SDIM, MSDIM および EMSDIM による評価結果と実験結果との比較

表-1.1.1 各種評価手法

照査法	解析モデル Analysis type	载荷パターン Loading type	評価式 Evaluation Formula
Detailed damage index-based evaluation method (DDIM)	Shell analysis	Regular cyclic loading	$D = C' \sum (\varepsilon_{pr,i})^m$
Enhanced detailed damage index-based evaluation method (EDDIM)	Shell analysis	Regular and random cyclic loadings	$D = C' \sum K_i (\varepsilon_{pr,i})^m$
Simplified damage index-based evaluation method (SDIM)	Fiber analysis	Regular cyclic loading	$D = C' \sum (\beta \cdot \varepsilon_{pr,i})^m$ $\beta = 3.73$
Modified simplified damage index-based evaluation method (MSDIM)	Fiber analysis	Regular cyclic loading	$D = C' \sum (\beta \cdot \varepsilon_{pr,i})^m$ $\beta = 11.1R_f + 1.18 \left( \frac{t}{t_0} \right) - 1.34\bar{\lambda} - 0.0751$
Enhanced modified simplified damage index-based evaluation method (EMSDIM)	Fiber analysis	Regular and random cyclic loadings	$D = C' \sum K_i (\beta \cdot \varepsilon_{pr,i})^m$ $\beta = 11.1R_f + 1.18 \left( \frac{t}{t_0} \right) - 1.34\bar{\lambda} - 0.0751$

次に、き裂の発生に対する評価のみならず、その後の進展、さらに座屈との連成による破壊も評価できる手法の開発を目指す。そのため、シェル要素やソリッド要素を用いた弾塑性解析を実施し、き裂の発生を判定する条件式を導入して、全体座屈、局部座屈、き裂の発生および進展をシミュレーションする。

提案した延性き裂の評価を考慮できる繰り返し弾塑性モデル(Cyclic Ductile Damage Model, CDDM モデル) の概念図を図 1.1.4 に示す。同図から分かるように、このモデルにおいて弾性域、塑性域および軟化域の3段階からなっており、材料塑性化状況を表すパラメータ  $DI$  と材料劣化状況を表す損傷パラメータ  $d$ 、の2つのパラメータが導入されている。

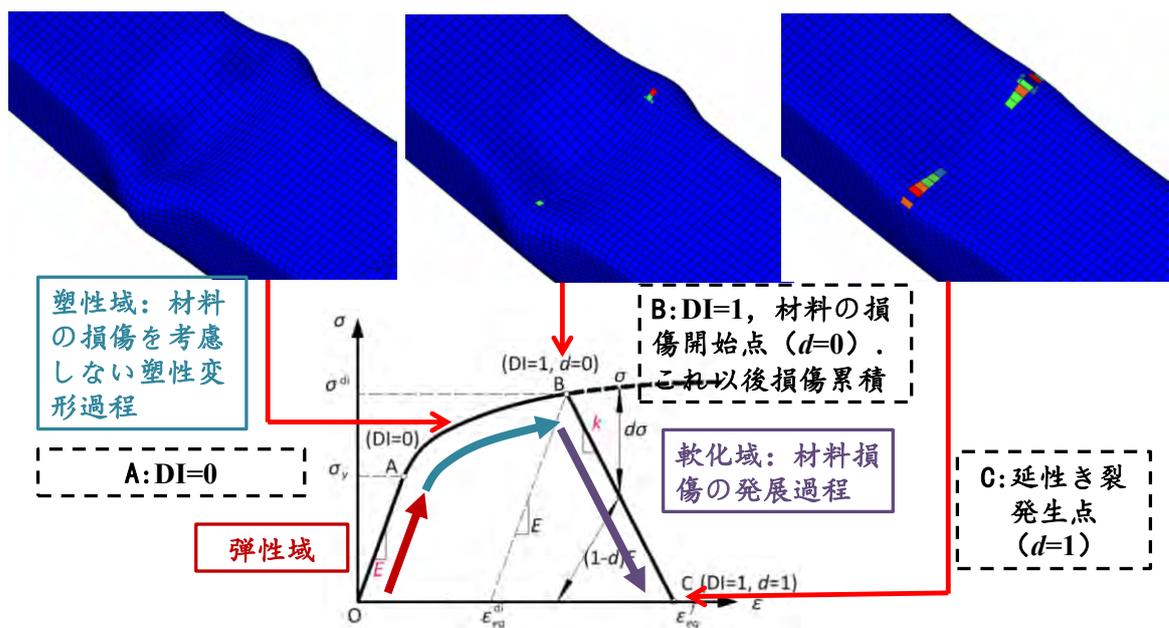
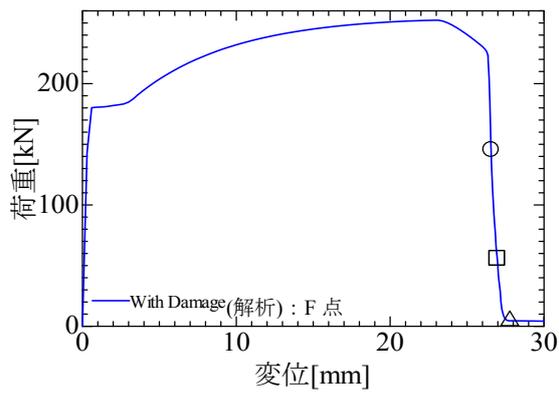


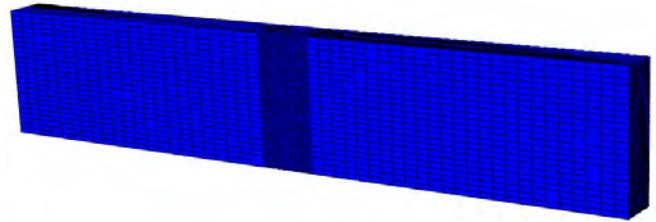
図 1.1.4 CDDM モデルの概念図

本研究では、開発した CDDM モデルを溶接接合部材、鋼製橋脚および鋼管ブレース材に適用した検討を行った、

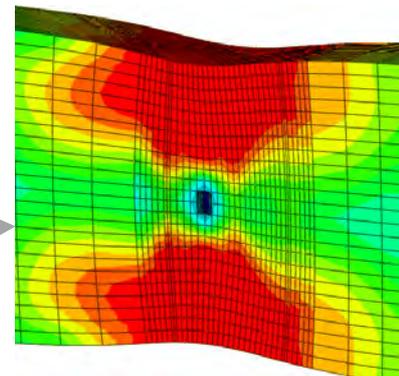
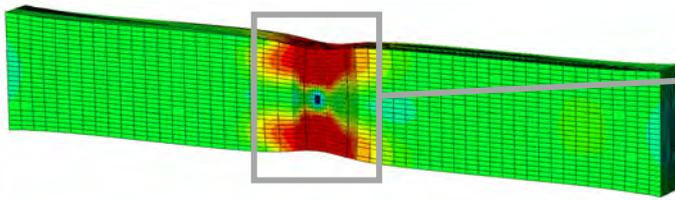
まず、レ形開先による溶接部に切り欠きを有する鋼材 SM490YA を用いての引張試験を実施し、得られた試験結果を基に、材料特性を決定した。また、試験中に確認されている延性き裂発生時および破断時の変位を延性き裂発生基準式へと用いることで単調引張解析にてき裂発生時の荷重および変位、き裂の発生点、進展等の破壊現象をシミュレーションした(図 1.1.5, 図 1.1.6)。



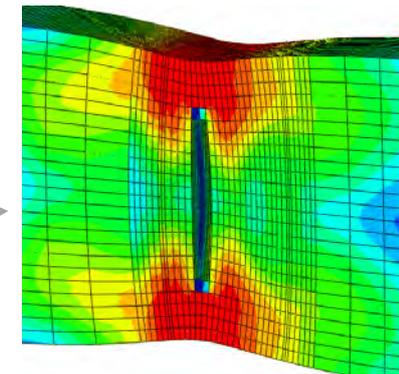
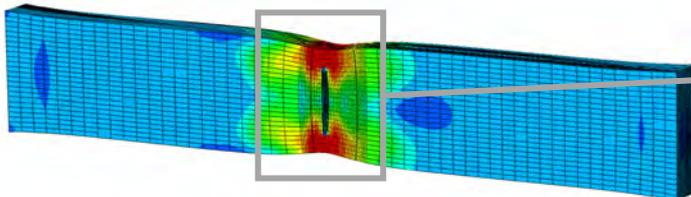
(a) 荷重-変位曲線



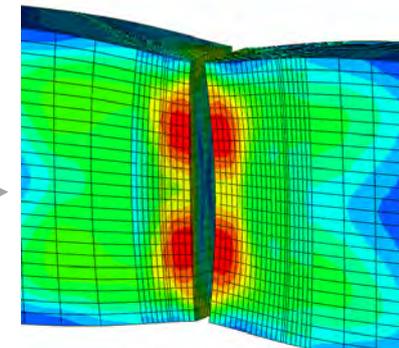
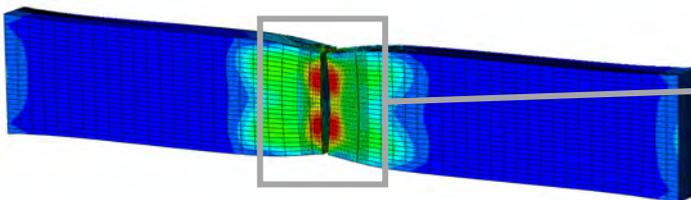
(b) 解析モデル(変形前)



(c) ○点に対応する変形モード

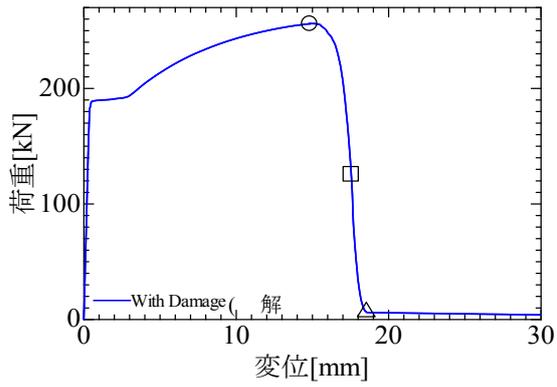


(d) □点に対応する変形モード

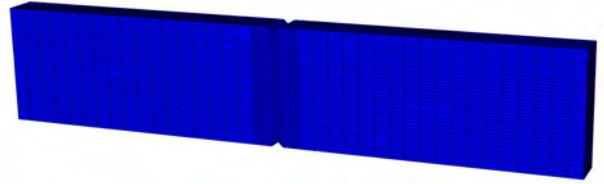


(e) △点に対応する変形モード

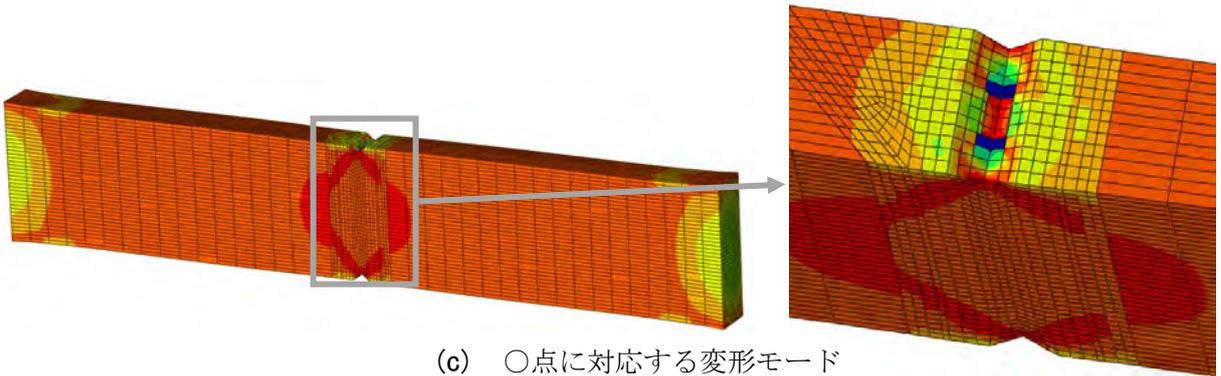
図 1.1.5 切り欠きを有しないレ形開先溶接部材の延性破壊解析結果



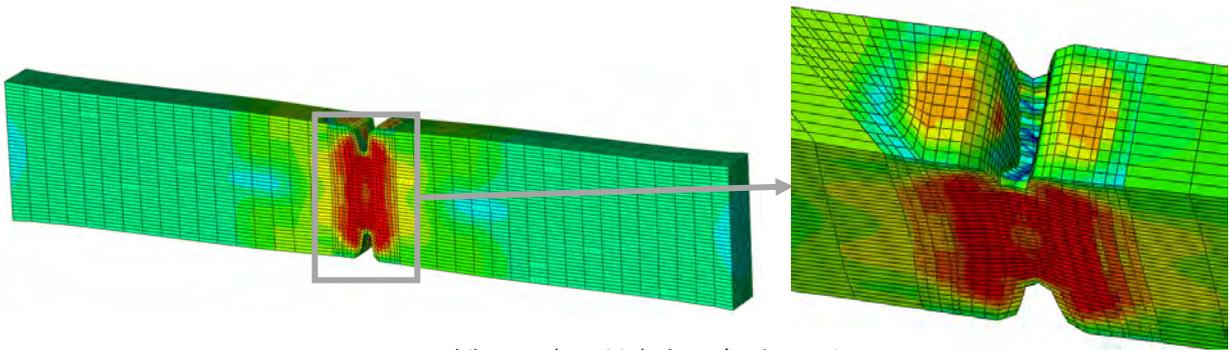
(a) 荷重-変位曲線



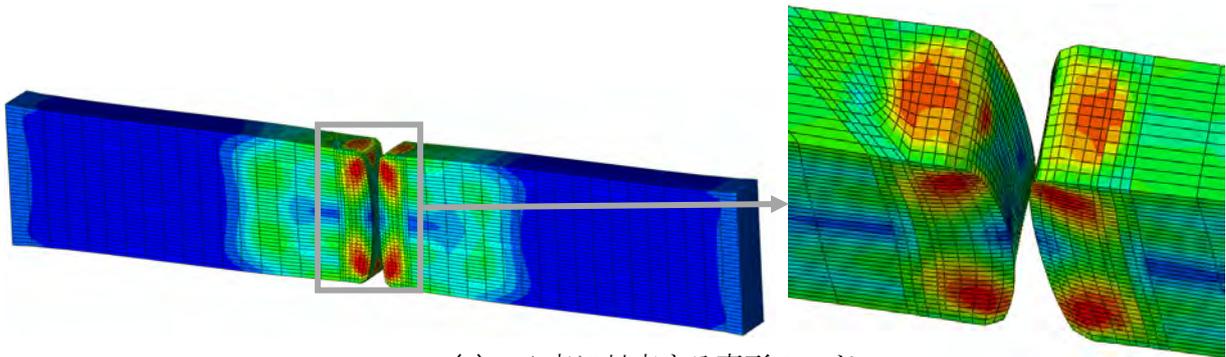
(b) 解析モデル(変形前)



(c) ○点に対応する変形モード



(d) □点に対応する変形モード



(e) △点に対応する変形モード

図 1.1.6 切り欠きを有するレ形開先溶接部材の延性破壊解析結果

また，鋼製橋脚基部の延性破壊現象についてもシミュレーションを行った（図 1.1.7）.

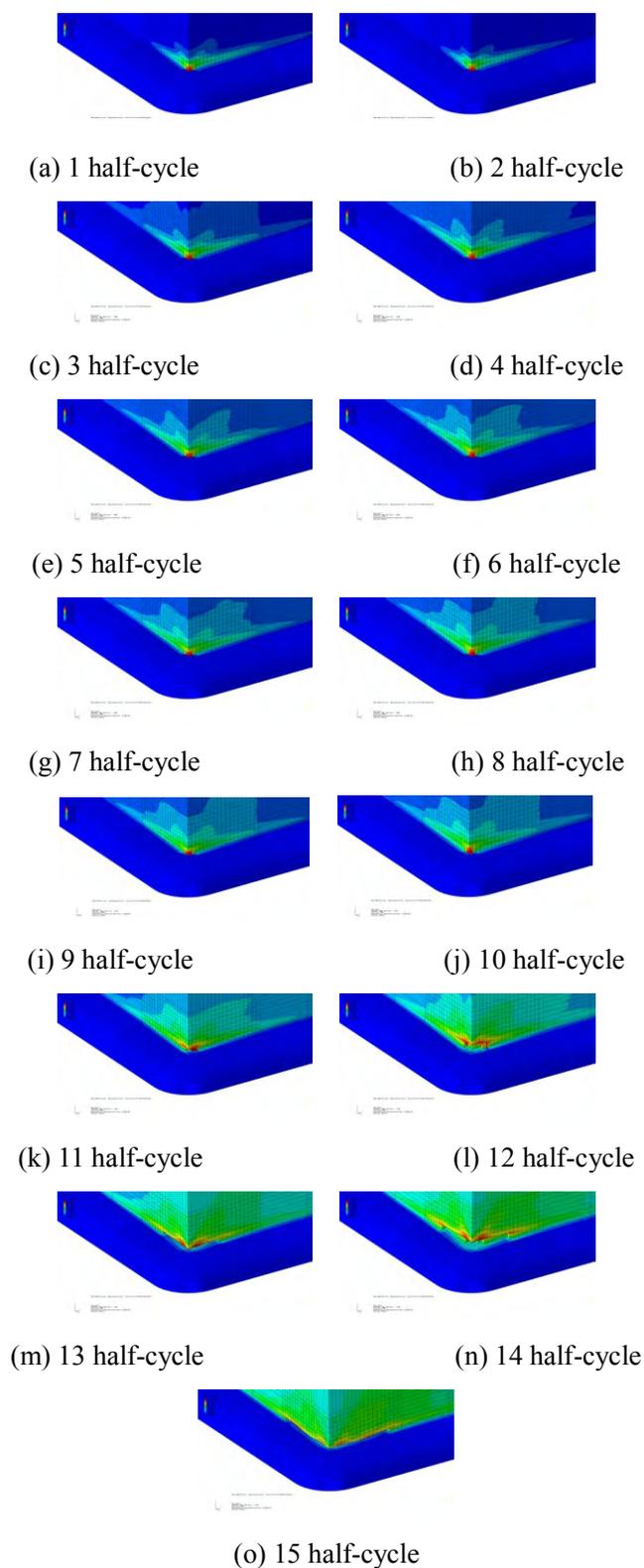


図 1.1.7 鋼製橋脚基部の延性破壊解析結果

さらに、鋼管ブレース部材についても同様な検討を行った結果を図 1.1.8 に示す。

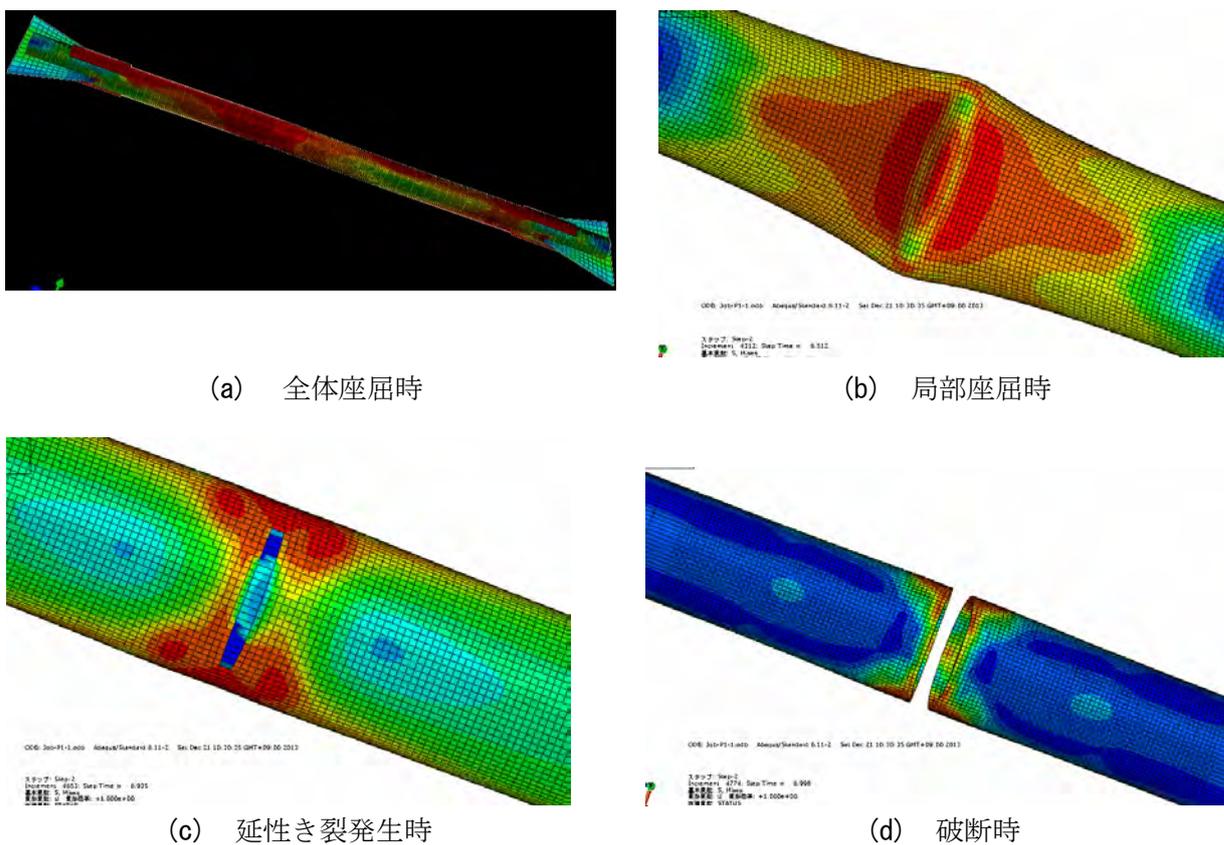


図 1.1.8 P1-1 の破断までの変形モード

以上のように、本提案手法は、各種鋼部材の座屈による損傷から、き裂の発生・破断までの全過程をよい精度でシミュレーションできる。まだ開発の途中にあるが、今後、異なる材種、異なる溶接性状、溶接欠陥、異なる载荷履歴、多くの種類の構造部材などについてより詳しい検討を進めていく予定である。

## 1-1-2 溶接未溶着を有する土木鋼構造物の破壊メカニズムの解明と耐震性能照査法の開発

### 【研究目的】

本研究では、溶接未溶着が存在する鋼製橋脚の隅角部を想定し、完全溶け込み溶接が要求される高い応力レベルが発生する溶接継手において、溶接未溶着が存在する場合における地震時極低サイクル疲労下における破壊挙動の解明を実験および解析の両面から試み、破壊挙動に対する基礎データを提供すると共に、極低サイクル疲労発生初期段階における延性き裂発生の照査法を提案することを目的としている。

溶接未溶着を有する構造物の耐震性および照査法に関する研究は、共同研究者らがここ数年着手したばかりであるが、溶接未溶着が大きい場合耐震性が著しく低下することが実験的に明らかにされている【名城大学高度制震実験・解析研究センター（ARCSEC）研究成果報告書、平成24年3月】。しかしながら、溶接脚長のサイズなど溶接部の性状などに大きく影響され、そのメカニズムを必ずしも解明できていないのが現状である。

そこで、本課題では、溶着未溶着の高さ以外に、フィレット半径、溶接ビード脚長などを取り上げ、これらのパラメータが部材の耐震性能に及ぼす影響を検証したうえで、溶接未溶着などの溶接欠陥を有する既設構造物の大地震時挙動を解明するとともに、補修・補強の必要性を判定する基準を提案することを目的としている。

### 【研究成果】

初年度（H24年度）では、鋼製橋脚隅角部の十字継手を模擬し、十字継手内に溶接未溶着が内在し、設計値における溶接未溶着高さ $a$ およびフィレット半径 $R$ をそれぞれ $a = 0, 2, 5, 8\text{mm}$ ,  $R = 5, 15, 30, 50, 100\text{mm}$ とし、板厚 $t = 12\text{mm}$ 、溶接脚長 $s = 5\text{mm}$ とした実験供試体を用いた繰り返し載荷実験について、実際の供試体各部の溶接脚長および溶け込み深さの測定をし、これらの分布が与える延性き裂発生・進展への影響についての検討を行った。得られた知見を以下に示す。

- 1)  $a = 0\text{mm}$ （完全溶け込み溶接）および $a = 2\text{mm}$ （板厚に対して17%）の供試体では、最初のき裂発生部位に関係なく、柱フランジおよびウェブ板にてき裂が進展したが、 $a = 5\text{mm}$ （板厚に対して42%）以上の供試体では十字溶接継手部でき裂が進展した。
- 2) き裂発生点は、溶接未溶着高さが大きいほど早くなる傾向がみられた。
- 3) 最初のき裂発生位置は、未溶着の大きさや溶け込み深さ、脚長の大きさに起因する明確な傾向がみられず、バラつきがみられた。
- 4) き裂進展による荷重低下時期は、フィレットの半径が大きくなるにつれて遅くなった。
- 5) 溶接脚長がほぼ同じ大きさの場合、溶け込み深さの小さい箇所においてき裂が進展した。
- 6) 荷重低下の要因となる最大のき裂の進展箇所に関して溶接脚長が大きく影響し、溶接脚長の小さい箇所はき裂が進展しやすく、また、溶け込み深さが小さい場合においても、溶接脚長が十分に大きく、他の部分に比べ総溶接脚長が大きければ、その部分でき裂は進展

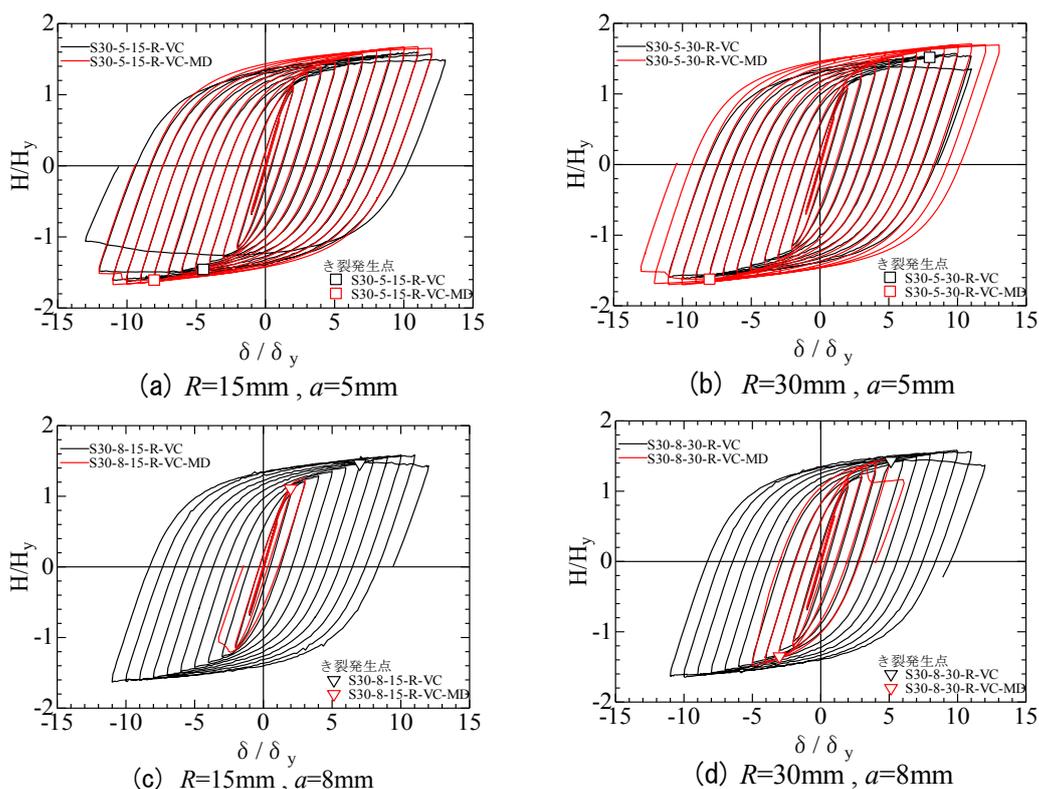


図 1.1.9 水平荷重—水平変位関係に及ぼすビード脚長の影響

しない結果となった。

- 7) 今回の実験では、き裂発生箇所と裏当金の位置との明確な関係性はみられなかった。
- 8) 最初のき裂発生箇所近傍へのひずみ集中などは確認されず、ひずみ分布とき裂発生点の明確な関係は確認されなかったが、最も大きなき裂が進展した箇所ではひずみが大きくなる傾向がみられた。
- 9)  $R = 100\text{mm}$ のように、極端に大きなフィレットを設けた場合、ひずみ集中位置がフランジ中央寄りになることにより、き裂の発生位置も角部近傍ではなくフランジ中央寄りとなった。

今回の実験では、き裂進展に対する脚長等の影響について示したが、これらのパラメータの計測箇所を増やし、より詳細な検討をすることが必要である。また、溶接未溶着部の先端形状について、実験では形状を正確に成形することが難しいため、この影響を解析的に調査する必要がある。

H25年度では、鋼製橋脚隅角部の十字継手溶接部における未溶着高さ、フィレット半径、溶接ビード脚長が変形能およびエネルギー吸収量に与える影響について、縮小モデルを用いた繰り返し載荷実験を行うことで検証した。得られた知見を以下に示す。

- (1) 未溶着部からき裂が発生する状況において、未溶着高さが変形能・エネルギー吸収量に

及ぼす影響は大きく、耐震性能に直接的に影響し、未溶着高さが大きい場合、変形能・エネルギー吸収量共に低下する。

- (2) 同じく未溶着部からき裂が発生する状況において、フィレットが大きいものほどエネルギー吸収量も大きく、フィレット半径がエネルギー吸収量に与える影響は非常に大きい。
- (3) き裂が柱フランジに進展する場合（板厚12mmに対して溶接ビード脚長が15mm程度）、未溶着高さやフィレット半径は変形能・エネルギー吸収量共にあまり影響せず、対して、未溶着部からき裂が発生する場合（板厚12mmに対して溶接ビード脚長が9mm程度）、未溶着高さが8mm程度存在すると急激に変形能が低下し、エネルギー吸収量も非常に小さくなる。
- (4) 溶接ビード脚長が9mm（板厚に対し75%）程度の場合、エネルギー吸収量は未溶着高さの影響を強く受けるが、溶接ビード脚長が15mm（板厚に対し125%）程度存在すると、9mm程度の場合に比べ影響は小さくなる（図1.1.9）。
- (5) 溶接ビード脚長が十分（板厚12mmに対して15mm程度）存在することで、比較的大きな溶接未溶着が存在する場合においても、致命的な耐震性能の低下を避けられる可能性がある。

本検討の結果から、隅角部の耐力はフィレットの有無やその大きさ、溶接欠陥の大きさ、溶接脚長の大きさによって大きく左右されることが明らかになった。今後、隅角部の近接目視点検および溶接部の超音波探傷を行う際には、同時にフィレットの大きさや溶接脚長を計測し、データを蓄積していくことが望まれる。現在の非破壊検査は、試験技術者の技量に大きく委ねられる傾向が見られ、溶接欠陥または未溶着部の大きさを実験や解析のように正確に把握することが困難である。しかし、今後の検査技術の進歩や今回の3つの条件の様々な組み合わせに加え、上部構造の荷重条件や欠陥の延長方向の長さ、その位置などの他のパラメータやスケールファクターを含めた研究の進歩により、具体的に鋼製橋脚隅角部の保有耐力の順位付けのようなものが明らかになる可能性がある。これは、大きな地震が発生した場合に優先的に点検すべき鋼製橋脚がある程度絞り込めることを意味し、交通開放等の早急な判断に活用できる可能性も考えられる。

### 1-1-3 BFRP により補強したコンクリート部材の損傷メカニズムの解明

#### 【研究目的】

コンクリート構造物の耐震補強材として連続繊維複合材 (FRP) が広く用いられており、巨大地震等、衝撃を伴い大きな外力を受ける場合に、繊維材や接着材の損傷や脆性的な FRP の破断、剥離の発生が懸念されている。また、現在の国内外のガイドラインでは、耐震補強においては FRP の破断モードを想定して設計することになっているが、FRP が本来の引張強度を生かし切れず剥離した場合には、補強効果が想定より低くなる可能性がある。さらに、地震により生じる高速荷重や環境劣化を伴う場合には、FRP の剥離が早まる可能性があり、実用化が既に進められている現状から、FRP の剥離メカニズムを明らかにすることは、急務となっている。本研究では、様々な形状の FRP を対象として、その剥離メカニズムを、荷重速度および環境劣化を考慮した研究により明らかにすることを目的としている。

#### 【研究成果】

土木学会の指針に示されている、FRP-コンクリート界面の付着強さに関する評価実験 (供試体の形状を図 1.1.10 に示す。) を、高速荷重を考慮して実施した。なお、本研究では、材

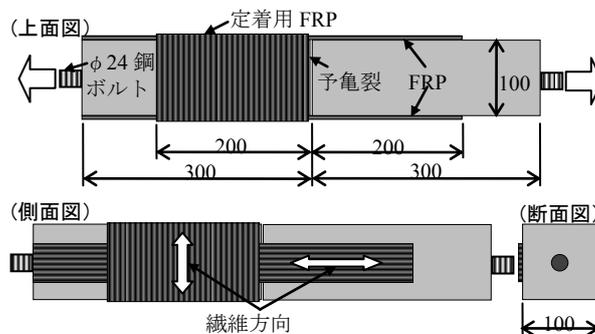


図 1.1.10 両引き付着試験供試体の形状

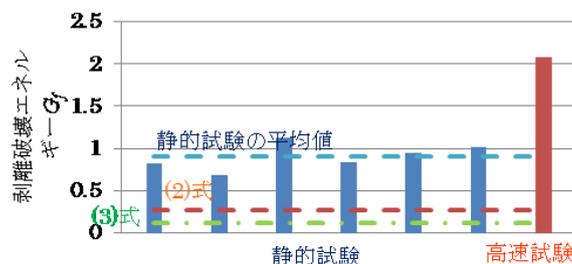


図 1.1.11 界面剥離破壊エネルギーの一覧

料コストの観点から、比較的低価格なバサルト繊維複合材 (BFRP) シートを用いているため、静的な付着挙動を新たに検討することが必要となった。その結果、通常使用される炭素繊維複合材 (CFRP) やアラミド繊維複合材 (AFRP) シートを用いた場合と同様の付着強さ (図

1.1.11 に示すように界面剥離破壊エネルギーで表すことがある。) になることが、実験的に明確となった。図 1.1.11 に示すように、高速荷重を考慮した場合には、BFRP シートに負荷される引張応力が 2 倍以上程度に増加することが明確となった。これは、運動エネルギーが加算されることによるものと推測されるが、補強量をより増加させる必要性が生じる可能性がある。一方、過去の研究において、補強量 (FRP のヤング率×厚み) と損傷モード (破断あるいは剥離) にはある一定の関係があり、その閾値より大きな補強量の場合には、早期剥離の可能性があることが示されているが、その閾値は明らかになっていない現状にもある。そこで、高速荷重が負荷されたケースを想定して、より大きな補強量を考慮するとともに、前記の閾値をより明確にすることで、効率的な補強量の明確化を進める。さらに、次年度以降は、環境条件を加え、複合劣化の影響に関する研究を進める。

## 1-2 修復性に基づく損傷制御構造物の動的応答と制御設計法の確立(研究担当者:葛 漢彬)

### 【研究目的】

制震部材を土木構造物に導入して制震化することで構造物の耐震性を格段に向上させることができるが、本研究では高機能制震部材の開発、制震部材を設置した構造物の地震時特性の解明および修復性に着目した損傷制御設計法の提案を目的としている。

### 【研究成果】

H24 年度では、一層の鋼製ラーメン橋脚およびそれらに導入した BRB、形状記憶合金ダンパー(以後 SMA ダンパーと略称)について道路橋示方書に定められたレベル 2 地震動を用いた地震応答解析を行い、残留変位の観点から地震後の使用性の向上に関する検討を行った。

例として制震ダンパーによって、その違いが比較的顕著に表れた幅厚比パラメータ  $R_f=0.5$ 、橋脚高さ 16m のケースにおける HAN-NS-M の地震動を入力したケースの応答ひずみ、応答変位の結果を図 1.2.1 に示す。

まず、橋脚基部における応答ひずみの比較である。非制震モデルでは応答ひずみが非常に大きく、部材健全度 2 以上を満足できず、残留ひずみが大きく発生している。しかし一点鎖線と実線で示すように BRB や SMA を導入することにより、基部のひずみは格段に抑えられていることがわかる。また、BRB 導入モデルと SMA 導入モデルとを比較すると、SMA に変更することにより残留ひずみではあまり差が見られなかったが、最大応答ひずみをさらに低減できたと言える。

次に、橋脚上部における応答変位の比較について述べる。まず、非制震モデルと BRB 導入モデルの比較だが、非制震モデルでは最大応答変位が大きく、大きな残留変位が発生していることが見て取れる。それに対し、BRB を導入したモデルでは応答変位が抑えられ、変位を低減できたと言える。しかし、残留変位においては低減しきれず、0.043m 程度発生してしまっていることがわかる。そこで BRB 導入モデルと SMA 導入モデルとを比較する。残留変位はほぼ発生することなく地震後の使用性を高いレベルで確保できていると言える。これは、SMA の復元力モデルであるマルチリニア型構成モデルを見てわかるように、BRB と同様にループを描くが最終的には 0 に戻るという形状記憶合金の特性から、残留変位の発生を抑えることができたと考えられる。

以上のように、BRB や SMA といった制震ダンパーを鋼製ラーメン橋脚に導入することにより、橋脚基部の応答ひずみ、橋脚上部の応答変位を大きく低減することができ、また BRB 導入モデルでは低減しきれなかった残留変位も SMA を導入することにより、それを抑えることができる。

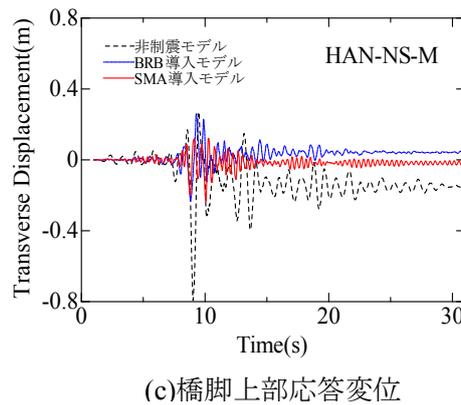
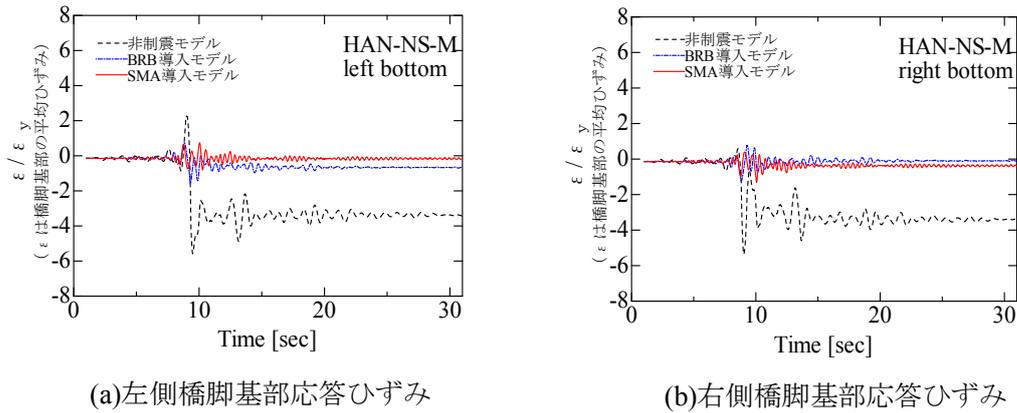


図 1.2.1 HAN-NS-M を導入したモデルの橋脚基部の応答ひずみ，  
橋脚上部の応答変位の比較( $R_f=0.5$ ,  $h=12$ )

H25 年度では，制震ダンパーの設計におけるコンセプトとして最大応答ひずみの制御に着目し，最大応答ひずみを部材健全度 2 における許容値  $2 \varepsilon_y$  以内に抑えるような設計をすることで，残留変位による地震後の使用性の照査も満たすことを検証した．また，SMA ダンパーの地震後の使用性に関する有用性を地震応答解析から得た残留変位および最大応答変位から推定された残留変位，最大応答ひずみ－最大応答変位関係より得られた近似曲線を用いて検証した．

図 1.2.2 に示すのは地震応答解析より得られた各ケースの残留変位である．許容値である  $h/300=0.040$ [m]を点線で示しているが，非制震モデルでは半分以上のケースで許容値を大幅に越えている．特に jrt-ns, tai-ew, yam-ns の 3 ケースでは  $0.26$ [m]を越えており，データ全体でも若干のバラつきがみられる．後述する最大応答ひずみでは全てのケースで  $2 \varepsilon_y$  を越えているため制震ダンパーを導入した．BRB 導入モデルでは残留変位を  $0.020$ [m]以内に抑えることができたが，SMA ダンパー導入モデルでは最大で  $0.007$ [m]，他のケースではほぼゼロという結果となり，地震後の使用性向上に対する制震ダンパー導入の有用性を示すことができた．

図 1.2.3 に示すのは、地震応答解析より得られた残留変位と最大応答変位の関係である。四角で示した非制震モデルでは多少のバラつきがみられるが、経験式によって概ね表すことができる。この経験式は、単柱式鋼製橋脚モデルを用いたハイブリッド地震応答実験から求められた経験式であり、一層一スパン門形ラーメン橋脚への適用は解析的検討がなされているが、制震ダンパーを導入した場合については検討されていない。そのため制震ダンパー導入モデルの応答値は、適用範囲外となった。

一方、制震構造の残留変位は非常に小さいことも図 1.2.4 から分かる。したがって、最大ひずみを  $2\varepsilon_y$  以内に抑えることができれば、地震後の使用性も高い。

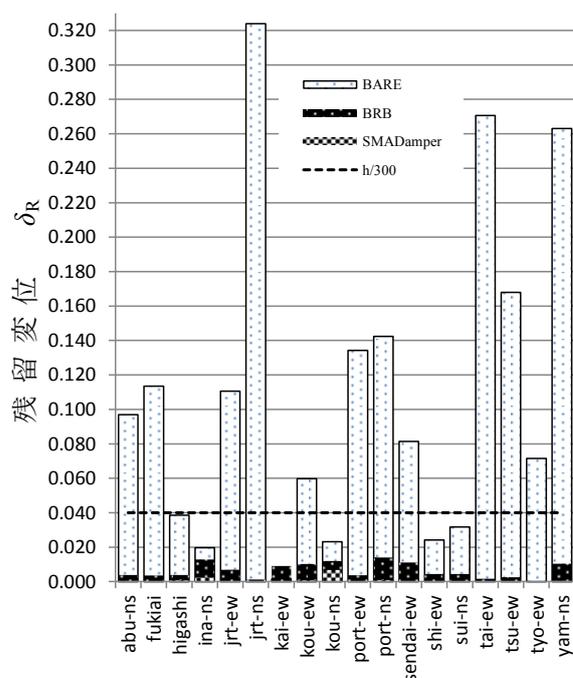


図 1.2.2 地震応答解析から得られる残留変位

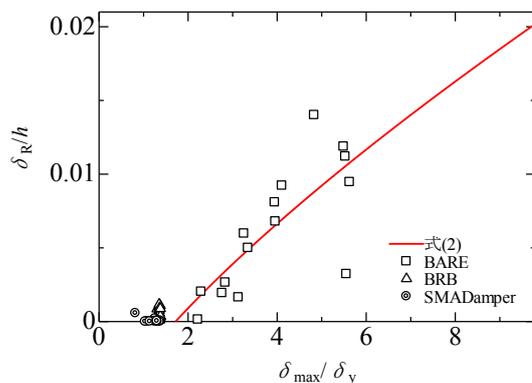
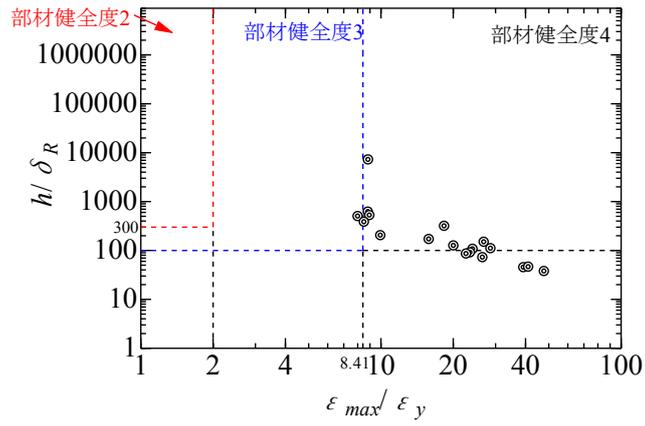
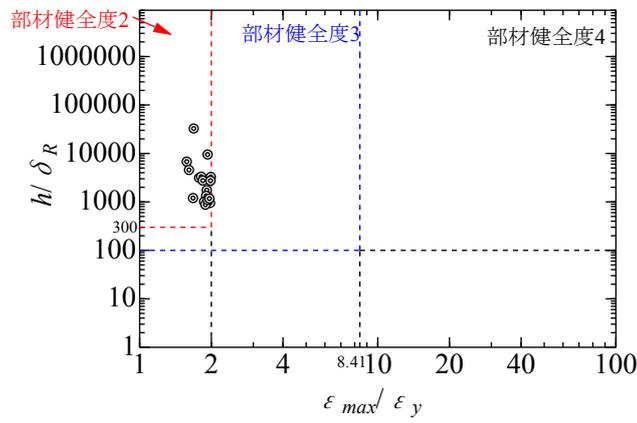


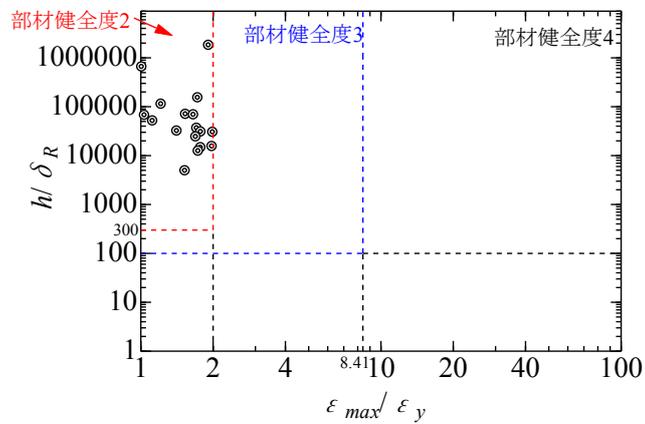
図 1.2.3 地震応答解析より得られた  
残留変位—最大応答変位関係



(a) 非制震構造



(b) BRB による制震構造



(c) SMA ダンパーによる制震構造

図 1.2.4 制震ダンパーの導入による残留変位の低減効果（地震後の使用性向上効果）

### 1-3 相似則を考慮した分散型サブストラクチャ応答実験システムによる土木構造物の制震構造設計法の確立（研究担当者：渡辺孝一）

#### 【研究目的】

橋梁などの構造物に犠牲部材として挿入し、その部材に地震エネルギーを吸収させることで、主構造の損傷を最小限に抑えて健全性を保つことができる座屈拘束ブレース（BRB）の研究開発が精力的に実施されている。本研究は、複数の座屈拘束ブレースを備えた橋脚を対象として、その橋脚に地震動を入力し、制震性能を検証するものである。既往の研究は、ブレースを設置した橋梁の部分模型に対して、振動台による動的加振によって制震効果を検討した事例等がある。しかし、動的加振における実験装置の能力から、実験供試体のサイズが制限されるなど制約条件が多い。本研究は新たに分散した実験システムを同期させ、油圧アクチュエータによる載荷装置と、FEM 解析プログラムを融合した分散型サブストラクチャ応答実験を構築し、その実験システムの応答性を検証した上で、並列に設置した 2 基の座屈拘束ブレースによる鋼製橋脚の制震性能を総合的に検証するものである。

#### 【研究成果】

まず、2カ所での油圧ジャッキを制御するための実験システム構築についてハードウェアと制御ソフトの両面から研究を進めた。ハードウェアについては、油圧ジャッキを増加させたことによる油圧動力不足を解消するために、新たに 7.5kw 容量の油圧ポンプを整備した。ソフトウェアにおいては、2 台の油圧ジャッキ制御に関わる信号を制御するプログラムを開発し、プログラムのバグフィクスを進め、ソフトによる制御精度が確保されることを確認した。

次に、開発した制御システムを用いて、軸降伏型ダンパーを添加することによる鋼製橋脚の制震効果をハイブリッド実験により検証した。対象とする鋼製橋脚は 1 層門型タイプのラーメン橋脚とし、これをファイバー要素により精密に断面分割した数値解析モデルを適用した。ダンパーを配置した橋脚の数値解析モデルの外観を図 1.3.1 に例示する。制震化のため、軸降伏型ダンパーとして高機能座屈拘束ブレース（BRB）を適用し、BRB の配置形式を 2 通りに変化させた。配置形式の一つは幾何学的に配置バランスの良い、2 基の高機能座屈拘束ブレース（BRB）を逆 V 字型に配置であり、対比のため 1 基の BRB を片流れに配置した鋼製橋脚を仮定した。BRB を配置したことによる橋脚の水平剛性と、固有周期は同一として、地震時応答を比較検証した。ハイブリッド実験において、逆 V 字型配置の制震効果を検証する際には、開発した複数油圧アクチュエータを制御システムの特徴を活かし、複数の静的油圧アクチュエータ制御によるハイブリッド実験システムにより 2 基の BRB をそれぞれ独立した実験装置に組み込んで地震時応答を検証し、個々の BRB の応答特性を精密に記録した。実験システムを図 1.3.2 に示す。制震化に適用した BRB の設計にあたっては、相似則を考慮した上で、ブレース部材の全長に対する適切な塑性変形長さの比率を仮定する設計フローを提案し、

この設計手法による制震効果を明らかにした。

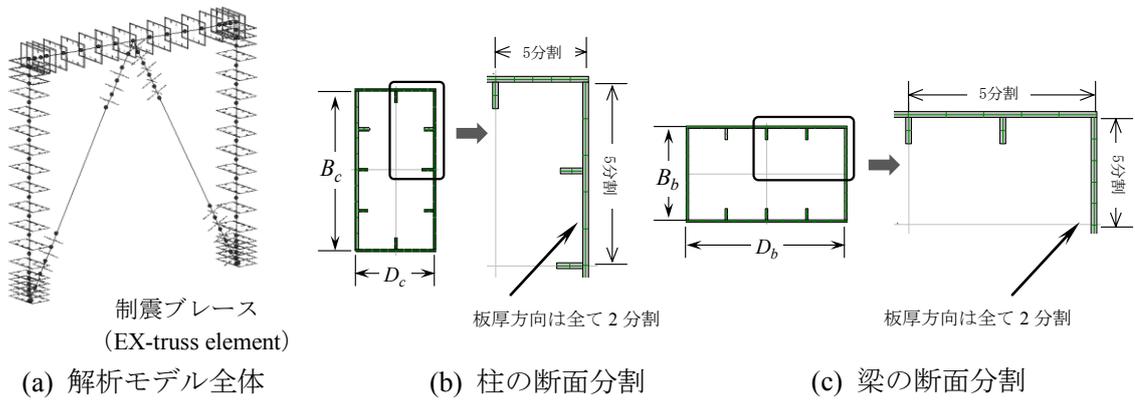


図 1.3.1 BRB 逆 V 字配置の数値解析モデル

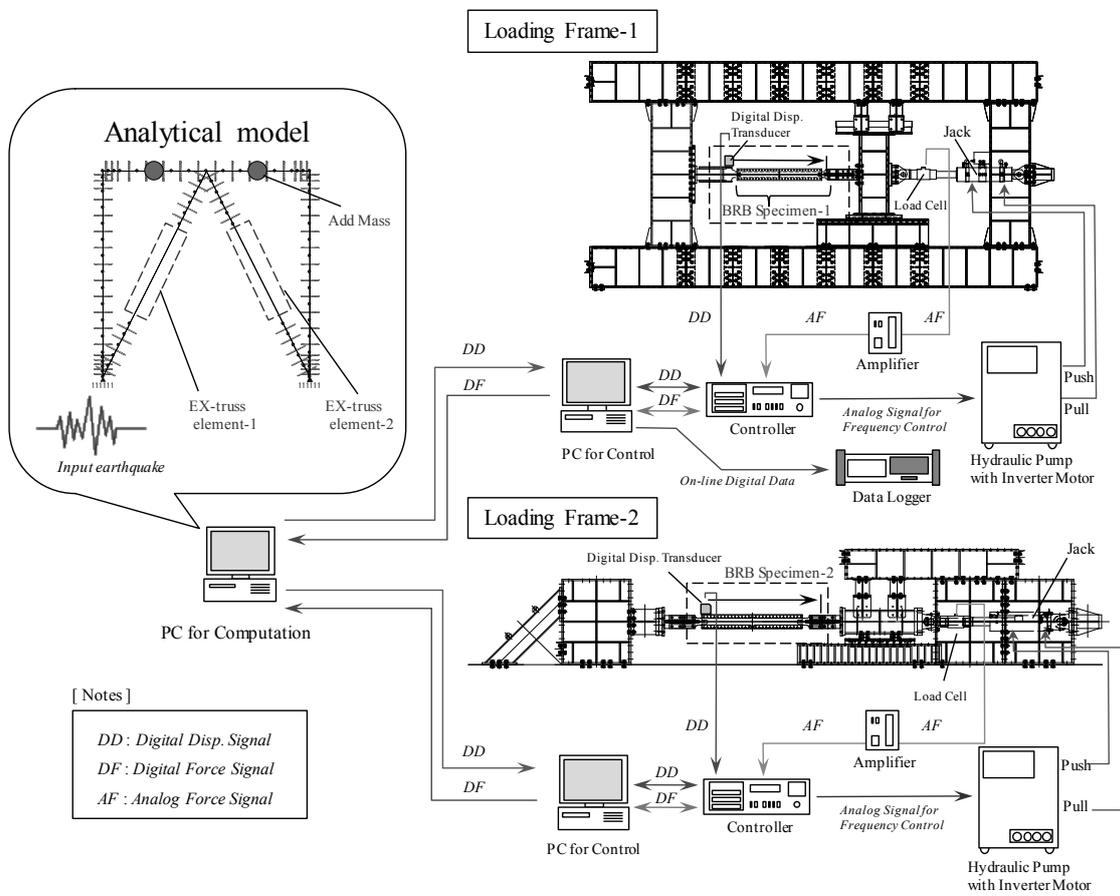


図 1.3.2 ハイブリッド実験システム

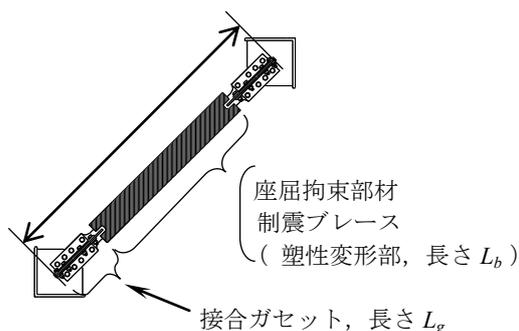


図 1.3.3 ブレース (BRB) の細部構成

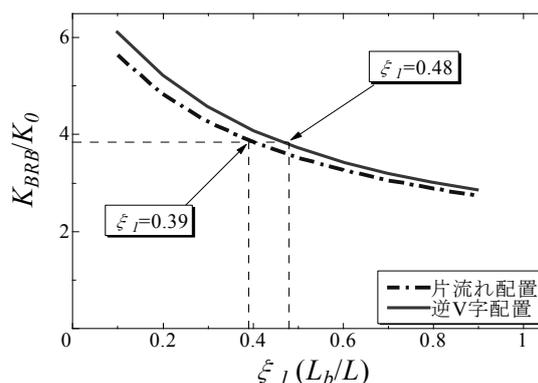


図 1.3.4 ラーメン橋脚の水平剛性の変化

研究の結果得られた知見を列記する. 1) 実大スケールのラーメン橋脚に対する地震時応答をハイブリッド実験で検証し, 提案する BRB による制震化により, レベル 2 地震動の 3 波連続入力に対しても, 橋脚の機能が部材健全度 2 (橋脚の最大応答変位が弾性応答の 2.8 倍以内に収まり, 残留変位が橋脚高さの 1/300 以内に収まること) を満足することを確認した. 適用した制震ブレースの部材構成を図 1.3.3 に示す. BRB の設計にあたっては, 制震ブレース部材長  $L$  の決定に必要な条件式を示し, 図 1.3.4 に示すブレースの等価剛性に考慮した BRB 設計手法が有効であることを明らかにした. 2) ハイブリッド実験の数値演算のため, 前掲した図 1.3.1 に示すような制震ブレースと接合ガセットを模擬したラーメン橋脚の数値解析モデルを構築した. この解析モデルを対象にハイブリッド実験を実施し, 設計した BRB によって十分な制震効果が得られ, 目標とした部材健全度を満たすことを確認した. 3) 鋼製ラーメン橋脚を制震化するための, BRB の配置方式について逆 V 字と片流れを提案して比較した. BRB 設置後の橋脚の水平剛性と固有周期が等しい場合, 入力した地震動の範囲では, 最大応答と残留変位がほぼ同等となることを示した. ただし, BRB の累積塑性変形 (CID) に着目すると, 片流れは限界値 0.7 の 82% に達する値となることを確認した. 今後の検討として, BRB の制震ブレース部材長が短いほど全体座屈を防止するための拘束部材は小型化が可能であるが, 総じて, 適用するブレース断面自体の諸元が非常に大型となり, 実構造へ適用可能・設計製作可能な BRB の開発を進める必要である. さらに, BRB を接合するためのガセットも大型となるので, BRB とその接合部構造を含めた設計法に検討を行う予定である.

#### 1-4 構造物の早期復旧のための診断支援技術（研究担当者：小塩達也）

##### 【研究目的】

道路構造物の健全性を診断するためには、目視による現状の把握に加え、車両走行時の各種の応答値から構造物の剛性や変状の有無等の情報を得ることが求められている。本研究では、従来の方法では測定が困難な道路構造物の変位応答を対象に、遠望から構造物の一部を撮影、これを画像解析することでその点の動的変位波形を取得する方法について検討する。

##### 【研究成果】

具体的な方法として、低コストで高倍率の撮影を可能とするため、フィールドスコープと高倍率のレンズを持つデジタルビデオカメラないしはデジタルカメラを組み合わせた。また、カメラ側の振動による映像のブレを少なくするため、撮影点に用意に照準を合わせることを可能にするために、土木測量用のトランシットの視準部分を加工しカメラおよびレンズを装着した。使用したカメラについて、カメラ側の表示倍率と視準距離に対する撮影範囲の関係を調査したところ、カメラ側の表示倍率に対し、焦点距離はズーム装置の制御ステップの関係で数段階存在することが確認された。一方、この段階の違いが撮影範囲に与える影響は数パーセントと小さく、この誤差を許容すれば、視準距離とカメラの表示倍率から撮影範囲を算定でき、被写体へのマーカー貼付をしないでも画像測定が可能となることが明らかになった。

また、複数のカメラを同期する方法として、撮影時刻のみ同期させた場合に2台のビデオカメラにどの程度の時間差が生じるかを確認した。2台の同じビデオカメラについて全く同じ画像を撮影させ、同じ実時間に対するフレーム数の差を計測した結果、フレーム数は数十 ppm（100万分の1精度、parts per million）の誤差しかないことが確認できた。これにより、10分程度の撮影において、撮影開始時刻が同期されていれば、2つのカメラを同期させて撮影するのと同程度の精度の画像が得られることが明らかになった。一方、民生用デジタルカメラないしはデジタルカメラの動画撮影について撮影開始時刻を同期することは機構的に困難であることから、複数のカメラによる動画像の中に同じ時刻を示すマーカー画像を挿入する方法を検討した。試行の結果、被写体を遠望から撮影している状態でレンズ近傍からフラッシュライトを発光させると、撮影範囲外であっても画面全体が白くなり、マーカー画像として利用可能であることが確認できた。そこで、フラッシュライトを遠隔同期させる方法を調査した結果、民生品として市販されている静止画カメラ用の無線リモコンが適用可能であることが明らかになった。今後は、デジタルカメラにおける高速度動画撮影機能を利用し、上述の方法を実構造物の計測に適用し、その適用性等を検討する。

1-5 連動型巨大地震に対する修復性および自己センシング性を有する新型材料および補強技術（研究担当者：岩下健太郎）

【研究目的】

連動型巨大地震等，大規模震災に対し，より大きな復元力特性を有する新型材料や，復元力特性を向上させる補強技術の開発が期待されている．本研究では，比較的低価格で破断ひずみに優れるバサルト繊維複合材（BFRP）メッシュシートを補強材として内部に埋め込んだ高靱性コンクリート材料を構想し，曲げ応力に対する復元力特性を明らかにすることを目的としている．また，従来用いられる連続繊維複合材（FRP）シート等をコンクリート表面に接着する補強技術や，最近研究開発を進めている BFRP ロッド材の表面接着補強により，コンクリート構造物の復元力特性を高めることも，研究の重要な目的の一つとする．

【研究成果】

本研究では，打設前に BFRP メッシュ表面にエポキシ樹脂を塗布することにより付着を確保した BFRP メッシュ補強モルタルの曲げ挙動を，図 1.5.1 に示すモルタル供試体を用いて実験的に検討し，曲げ性能や靱性能を実験的に検証した．図 1.5.2 の荷重－変位関係に示すように，モルタルの打設直前に，エポキシ樹脂のように水分を含み難い接着材を塗布する方法（ウェットボンディングと呼称される．）を用いることで，モルタルとの付着性が向上され，より大きな曲げ性能や靱性能が得られることが明らかになった．一方，FRP シートや BFRP ロッドをコンクリート表面に接着する補強を実施した構造物の曲げ性能や靱性能についても，実験的検討を進めている．次年度以降，上記の検討をより詳細に進めるとともに，自己センシング性を付与するための方法に関する研究を進める．

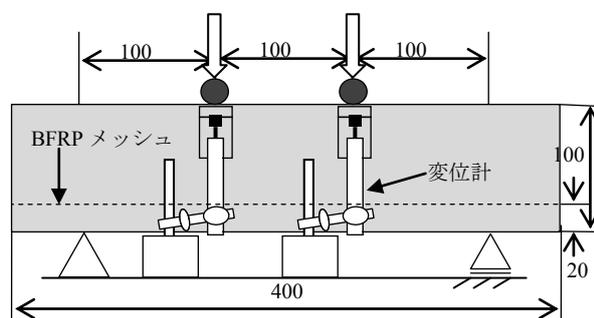
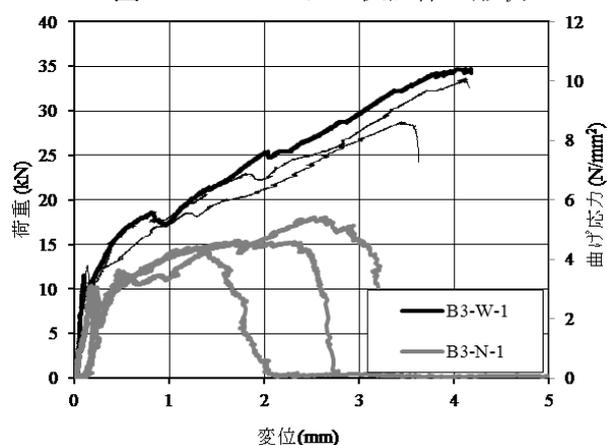


図 1.5.1 モルタル供試体の形状



※B3-W-1：ウェットボンディング有  
B3-N-1：ウェットボンディング無

図 1.5.2 荷重－変位関係

(BFRP メッシュシート埋込モルタル)

1-6 既存構造物の初期損傷ならびに連動型大地震による複合劣化予測 (研究担当者: 石川靖晃)

【研究目的】

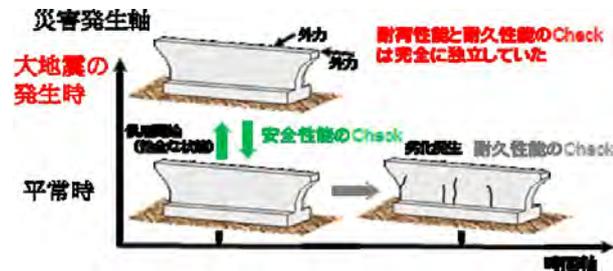
従来の鉄筋コンクリート構造物の劣化予測手法においては、図 1.6.1 (a) に示すように耐荷性能と耐久性能の評価方法は完全に独立していた。そのため、供用開始直後の構造物に対してのみしか、地震力に対する安全性を評価することができなかった。本サブテーマでは、図 1.6.1 (b) に示すように耐荷性能と耐久性能の評価方法を有機的に融合させることにより、経年劣化等により損傷した構造物の、地震力に対する安全性能評価手法を確立することを最終的な目的とする。今後、以下のことを実施する予定である。

- ・鉄筋コンクリート部材の水和熱や乾燥収縮等による劣化現象の把握およびその解析 Code 化
- ・初期応力解析手法と耐荷力解析手法の融合および実構造物レベルでの検証

【研究成果】

1-6-1 RC 部材の乾燥収縮ひび割れ挙動の評価およびその解析的検証

若材齢時コンクリートに対して乾燥収縮解析を実施する場合、材齢極初期から表面部にひび割れが生じる解析解となる傾向となり、実際の現象と異なっていた。従来の解析手法では硬化時コンクリートに対する乾燥収縮ひずみ履歴を若材齢コンクリートにそのまま適用していたことが原因であると思われる。一方、乾燥収縮によって生じる応力はメニスカスに大きく依存するがメニスカスの影響の程度は硬化時と若材齢時では異なると考えられる。既往の研究では乾燥即ち水分移動に伴う応力の発生は、空隙間水のメニスカス形成で負の圧力が空隙水中に生じる結果であるとされている。比表面積が増大することはメニスカスを発生させる場所が増え、小さなメニスカス半径の水柱がより多く生じることを意味している。比表面積変化は水和変化そのものであるから水柱の変化と強度変化は概ね比例関係であると考えられる。この考え方を従来の初期応力解析プログラムに導入することを試みた。さらに、分布



(a) 従来の手法



(b) 今後望まれる手法

図 1.6.1 従来および今後望まれる安全性・耐久性評価手法

ひび割れモデルにより、ひび割れをモデル化した。構成則は、格子等価連続体モデルを使用し、すべての格子モデルに対して Solidification Concept を導入することにより、Aging による硬化現象を考慮した。続いて、上記解析手法に対する検証を行った。図 1.6.2 に示すような拘束試験体を作製し、この試験体を乾燥させることによりひび割れを発生させた。通常の拘束ひび割れ試験では、乾燥開始材齢は打設後 7 日であるが、本検討では材齢ごく初期からの乾燥収縮挙動に焦点を置くため、乾燥開始材齢を打設後 1 日とした。試験体に生じたひび割れ幅、拘束体のひずみおよび鉄筋ひずみの経時変化を測定し、上記解析手法による解析解と比較検討を行った。解析モデルを図 1.6.3 に示す。

ひび割れ幅、拘束体ひずみおよび鉄筋ひずみの経時変化の実測値と本モデルによる解析値との比較

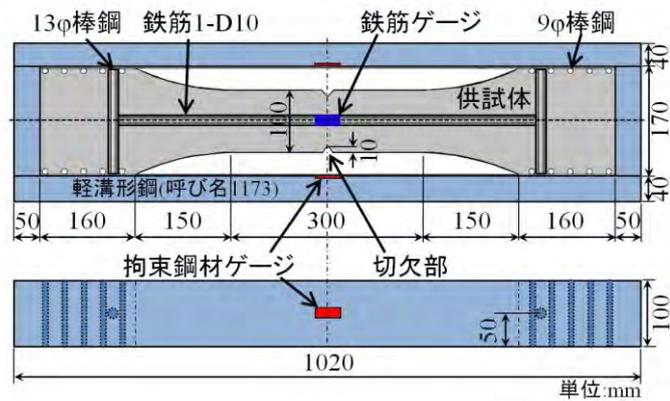


図 1.6.2 拘束試験体

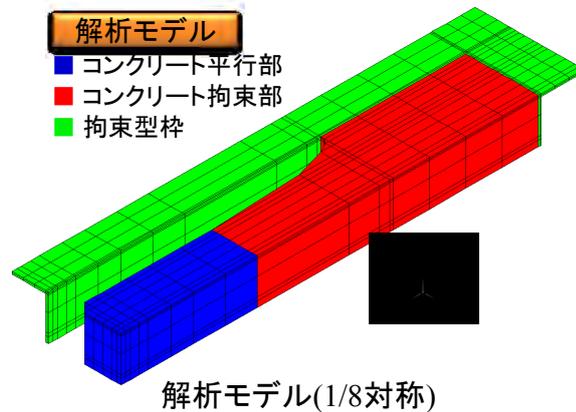


図 1.6.3 拘束試験の解析モデル

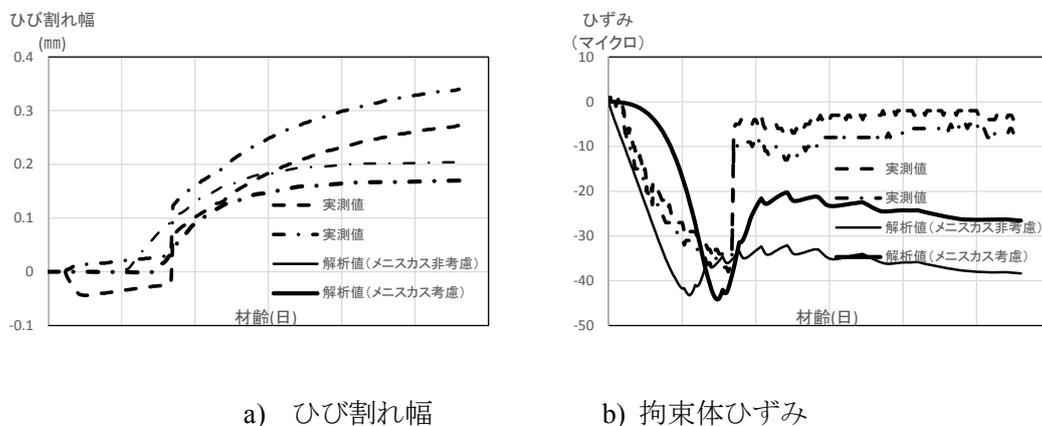


図 1.6.4 拘束試験の実測値とメニスカスの材齢変化を考慮に入れた解析モデルとの比較

の一例を図 1.6.4 に示す。なおこの例においては、周囲相対湿度は 50%RH 一定であり、温度は 20℃一定である。これらの図より、メニスカスの材齢による影響を考慮した方が、従来の考え方と比べ、実際の乾燥収縮によるひび割れ発生を概ね良く捉えることが確認された。言い換えれば、部材レベルではあるが、RC 部材の乾燥による劣化を合理的に予測できる解析手法の方針の目途が立ったと思われる。

### 1-6-2 パイプクーリングを考慮した温度解析 Code の開発

パイプクーリングは、コンクリート内部にパイプを埋め込み、その中に冷却水を通水させることにより、打設時に発生する水和熱を除去するための方法の一つである。パイプクーリングを考慮した温度解析手法は、既往の研究にて既に確立されている。田辺、溝渕らは、パイプ微小区間における熱収支の釣り合いからパイプ内水温の支配方程式を誘導している。さらに、パイプ内水温の支配方程式およびパイプ-コンクリート間の熱伝達境界を、コンクリートの熱伝導方程式と連成させることで、パイプクーリングによる熱除去効果を表現する数理モデルを構築している。最終的に、有限要素にて離散化することにより、

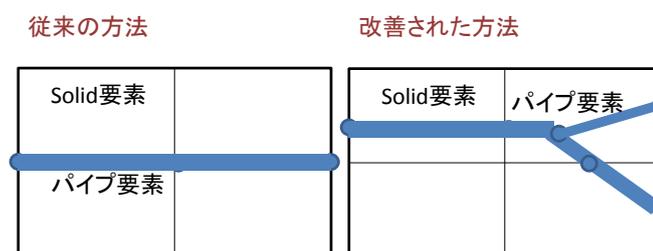


図 1.6.5 従来のパイプレイアウトとその改善

パイプクーリングを考慮した温度解析が可能となる。一方で、数値解析を行う際、図 1.6.5 左に示すように、パイプ節点とコンクリート節点位置を完全に一致させ、かつパイプ要素をコンクリート要素辺に一致させる必要があったり、分岐したパイプレイアウトは不可能であったりする等、パイプレイアウトに関する問題が依然としていくつか存在する。このことがパイプレイアウトの自由度に大きな制約を与えることは明らかであり、多角的な視点からのパイプレイアウトに関する検討を実施する上で大きな障害となっていた。そこで、図 1.6.5 右に示すようにコンクリート要素形状やコンクリート節点位置に依らない自由なパイプレイアウトを数値解析上実現させ、かつ分岐したパイプレイアウトも可能なパイプクーリング温度解析 Code の開発を行った。分岐したパイプレイアウトを解析的に実現するためには、各パイプ要素の流量の経時変化を数値的に把握する必要があるが、ここでは、水工分野で既に確立されている管網解析手法(節点水頭法)を従来の温度解析に Combine させることにより、各パイプ流量を数値的に評価している。

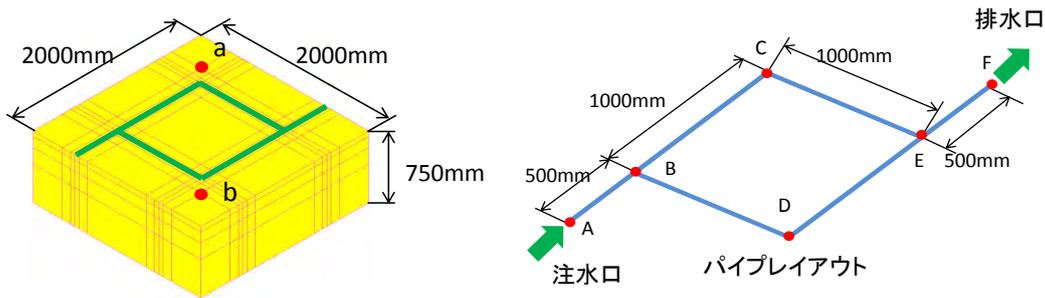


図 1.6.6 解析モデル

コンクリート要素内の任意の位置に分岐したパイプレイアウトを施したマスコンクリートの水和発熱問題に関するシミュレーションの一例を以下に紹介する。図 1.6.6 に解析モデルを、図 1.6.7 に通水後の温度分布の経時変化を示す。この例では、コンクリート表面は断熱境界であり、発熱後 3 日後に  $4.5 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{sec}$  で通水している。合理的な温度解が得られていると思われる。今後、実験との検証を行う必要があるなどやるべき課題は多いが、これらの知見は、コンクリート要素に関する構造データを一度作成すれば、パイプの構造データのみを更新するだけで、温度解析を実施することが可能であることを示唆している。言い換えれば、パイプクーリングを考慮した温度解析に係る検討時間や解析コストが格段に小さくなり、従来の方法よりも、より多角的に温度ひび割れ制御に対する検討が可能となると思われる。

表 1.6.1 各パイプ径と節点水頭法により計算された流量

区間	パイプ径(mm)	流量( $\text{m}^3/\text{sec}$ )
AB	30	$4.50 \times 10^{-4}$
BC	40	$3.88 \times 10^{-4}$
CE	40	$3.88 \times 10^{-4}$
BD	20	$6.23 \times 10^{-5}$
DE	20	$6.23 \times 10^{-5}$
EF	30	$4.50 \times 10^{-4}$

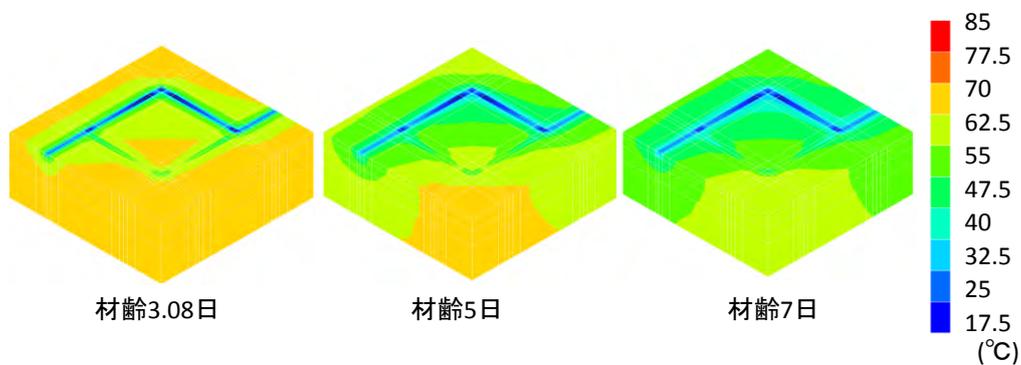


図 1.6.7 通水後の温度分布

## 1-7 地震・津波・漂流物衝突の複合外力を受ける土木構造物の三次元複合非線形動的解析法 (研究担当者：葛 漢彬)

### 【研究目的】

東北地方太平洋沖地震では構造物に対して地震による被害や津波による橋梁流出等の直接的被害の他、漂流物の衝突による損傷といった二次的被害も甚大であった。大型船舶が多い日本の主要港湾において同じような震災を受けた場合には被害の拡大化が予想され、これまでの地震の影響に加え、津波との複合事象に対しても総合的な対策が必要と考えられる。地震、津波といった個々の事象に対する研究は多いが、地震と津波のマルチハザードによる土木構造物への影響を検討した研究は見当たらない。そこで本研究では、地震・津波・衝突の複合現象に着目した長大橋梁の応答に関する数値シミュレーションを実施し、それらを構造設計へ反映するための構造物に対する要求性能および余震作用も含めた地震後の供用性に対する評価方法を構築することを目的としている。

### 【研究成果】

これまでに、長大橋梁を対象として、地震応答解析と、同一震源断層から推定される津波によって漂流物した大型船舶の衝突(図 1.7.1)に関する複合現象の検討を行ってきた【名城大学高度制震実験・解析研究センター (ARCSEC) 研究成果報告書, 平成 24 年 3 月】。これは東北地方太平洋沖地震において発生した津波による漂流物の衝突被害の発生が背景にあり、同じ事象が日本の主要港湾において発生した場合には被害の拡大化が懸念されることから検討を実施したものである。南海トラフの4連動地震を想定した震源断層から、ハイブリッド合成法で作成した広帯域地震波による地震応答解析と、同一震源断層による波源モデルを用いた津波伝播解析を組み合わせて、対象橋梁に対する地震と津波の複合現象を再現し、その後漂流してきた大型船舶が衝突する現象を、橋梁全体系モデルを用いた数値シミュレーションで明らかにした(図 1.7.2)。その結果、地震によって主塔基部が受けた比較的小さな損傷で残留したひずみが衝突力によって助長され、地震の応答を考慮しないケースよりも大きな圧縮ひずみが生じた。それに起因して主塔頂部の残留変位が大きくなる結果となり、地震による損傷レベルが比較的小さいとしても、漂流物の衝突といった二次的被害によってその被害の拡大化が懸念されるといった知見が得られた。

H24 年度では、同一震源断層による地震と津波作用による構造物への影響を明らかにするために、オープンソースの数値流体解析コード OpenFOAM を用いた三次元津波解析(図 1.7.3)と、得られた津波波力を橋梁全体系モデル(図 1.7.4 に示すウィンクラーモデルを基礎-地盤系モデルに採用)に動的に inputs する応答解析を実施し、津波作用時の全体挙動、ケーソン基礎の浮き上りや滑動の有無などを調べた。その結果、ケーソン基礎は図 1.7.5 に示すように僅かな浮き上りが生じたが、地震による損傷範囲が津波波力によって広がることは

なく、基礎の残留変形も見られなかったことから、本検討における想定では津波波力の影響は小さいという結論を得た。結果的にマルチハザード特有の被害モードは得られなかったが、本研究はこれら複合事象を評価するための手法構築に享受できたと考えられる。

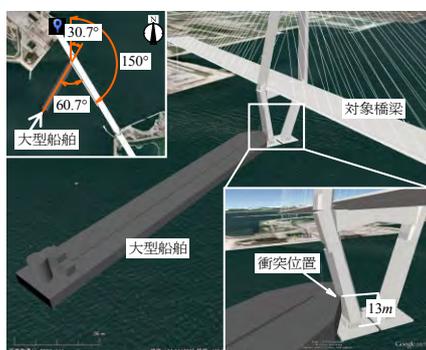


図 1.7.1 漂流船舶衝突イメージ

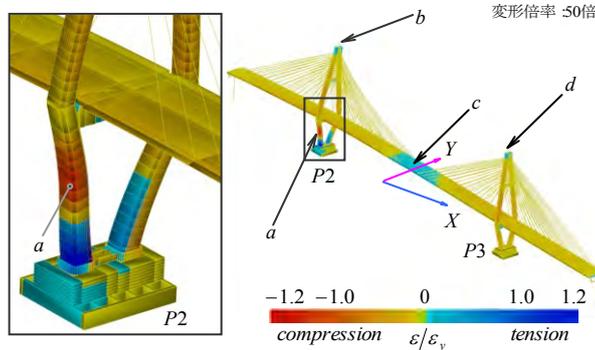


図 1.7.2 船舶衝突による橋梁全体の応答

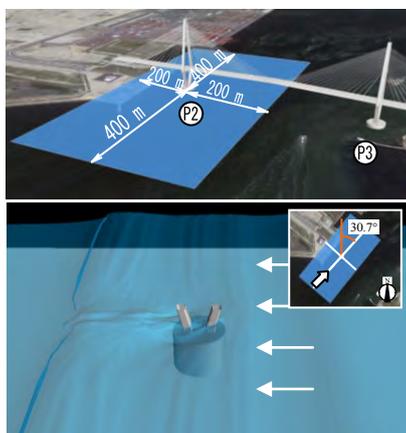


図 1.7.3 三次元津波解析

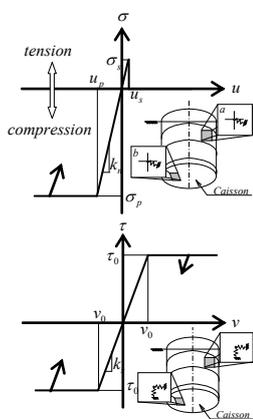


図 1.7.4 ケーソン基礎-地盤系

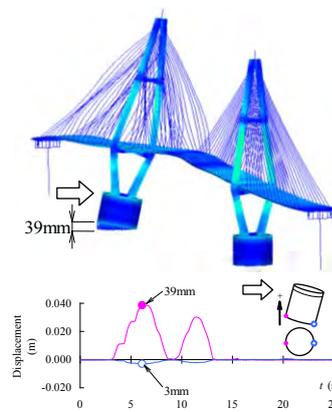


図 1.7.5 津波波力の作用

H25 年度では、本震後、余震を模擬した連続型地震を受ける長大斜張橋の応答性状を地震応答解析によって把握するとともに、本震後復旧時の余震における使用性について検討を行った。

想定した地震は、南海トラフを震源域とする Mw 9 クラスの巨大地震とし、本震の地震波（以下、サイト波）は、統計的グリーン関数法と剛性マトリックス法（波数積分法）を組み合わせ合わせたハイブリッド法で合成した。余震は本震による被害の復旧途中を想定して、本震 1 ヶ月後と 3 ヶ月後とし、本震と合わせて 3 回の連続した地震とした。余震の規模は、東北地方太平洋沖地震における同時期の余震の統計分析で推定した Mw(1st : 7.2, 2nd : 6.9)を仮定した。余震の地震動は、本震の伝播経路特性とサイト特性が同様と仮定し、震源特性の影響のみで評価した。余震の最大加速度は震源特性の影響も含まれる距離減衰式を基に算定した。

解析は、余震前後で十分に振動が減衰しているとして、本震、余震それぞれ 600 s 間の継続時間とし、3 回の地震（水平 2 成分同時）を連続して入力した（図 1.7.6）。比較のために、道路橋示方書に示される設計地震動のうち、Ⅲ種地盤のタイプ I 地震動（以下、道示波）を橋軸方向に 3 回繰り返して入力するケースも実施した。なお、対象橋梁の橋軸方向卓越周期 4.0 s の絶対加速度応答スペクトルはサイト波で約 200 gal、道示波で約 400 gal である。

サイト波を入力した結果からは本震で主塔基部に  $1.17 \varepsilon_y$  のひずみが発生し、主塔頂部に 246 mm の残留変位が残ったものの、余震では本震で受けた損傷が広がることはなく、最大応答は本震が最大であった。対して道示波での主塔基部のひずみは 1 回目  $3.18 \varepsilon_y$ 、2 回目  $3.90 \varepsilon_y$ 、3 回目  $4.15 \varepsilon_y$  と徐々に大きくなり、図 1.7.7 に示すように主塔頂部の最大変位、残留変位は大きくなった。但し、ひずみの時刻歴応答は各地震の入力開始から 150 s 以降で似通っていることから、最大ひずみは徐々に大きくなるものの、余震による残留ひずみの増加は小さく、本震で受けた残留ひずみに収束する傾向が見られる。このとき塑性化した主塔基部の有効破壊長領域で限界ひずみ式による構造安全性の照査を行ったところ、図 1.7.8 に示すように、2 回目の余震では最大損傷度 0.61 となっており、照査を満足する結果となった。道示波およびサイト波を入力したときの主塔柱部の最大ひずみ分布を図 1.7.9 に、主塔基部に最大ひずみが発生した時刻の主塔部に着目したひずみコンターを図 1.7.10 に、それぞれ示す。

さらに、復旧時の余震後の使用に対する安全性を確認するために、主塔水平梁上高位置での残留変位を、道路橋示方書に示される最大変位から算定した。サイト波を入力した場合、本震で最大変位 282 mm が発生したが、全体系プッシュオーバーから得られた照査位置での降伏変位  $\delta y (=382 \text{ mm})$  に達しておらず残留変位はゼロであった。道示波の場合、余震 2 回目で最大変位 740 mm、最大塑性率  $\mu = 1.94$  および残留変位の照査  $\delta R / \delta R_a = 0.31 (\delta R = 145 \text{ mm})$  であり、余震後の使用性を満足する結果となった。

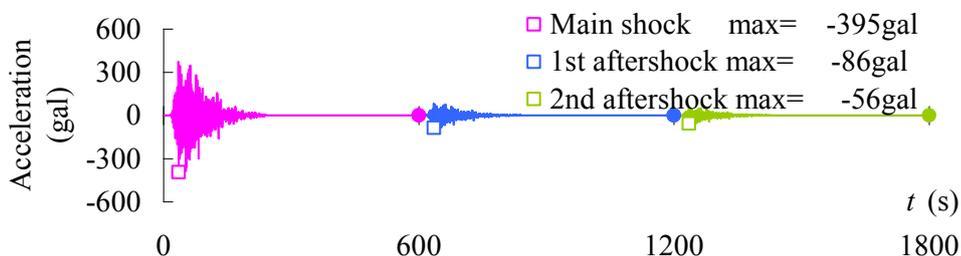


図 1.7.6 橋軸方向成分のサイト波加速度波形

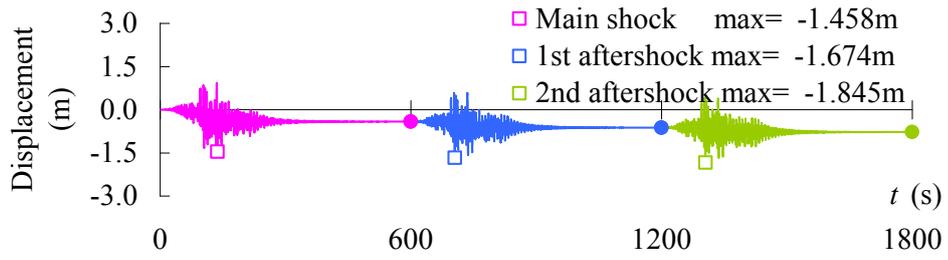


図 1.7.7 道示波入力における主塔頂部応答変位

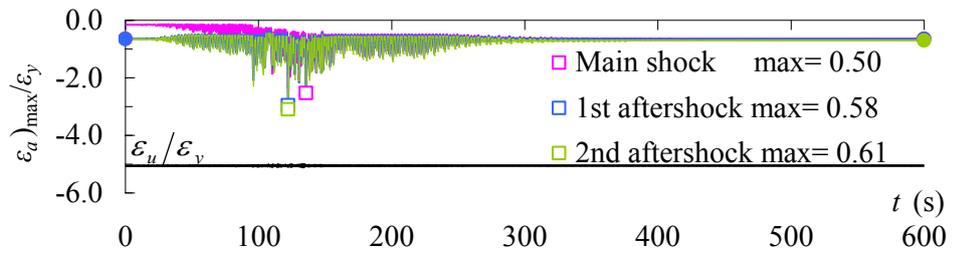


図 1.7.8 道示波入力における主塔基部平均ひずみ

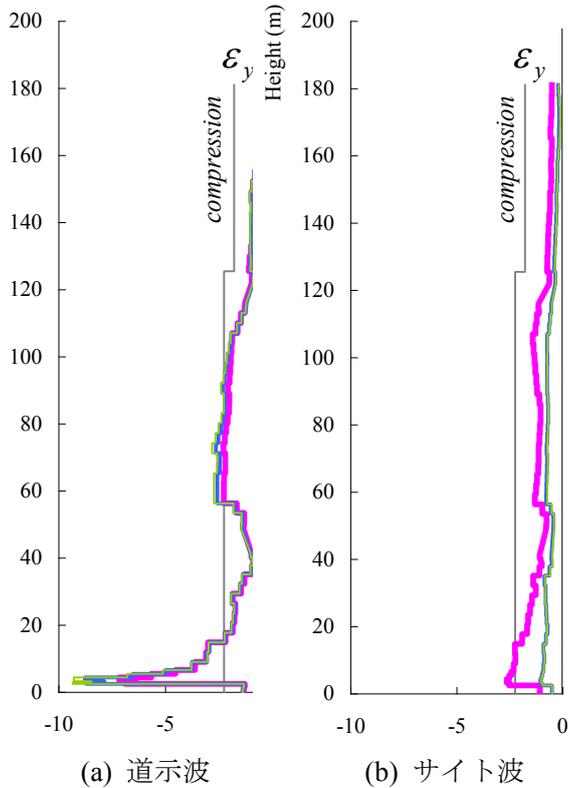


図 1.7.9 主塔最大ひずみ分布

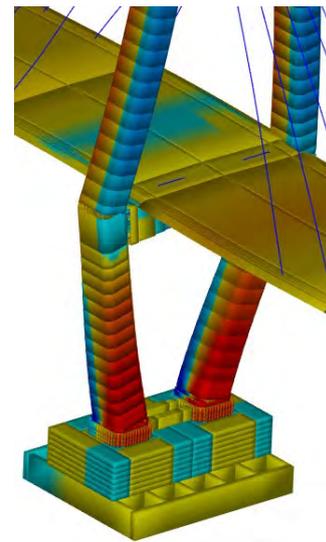


図 1.7.10 道示波入力後のひずみコンター

1-8 構造安全性および地震後の使用性を考慮した損傷照査法の開発および補修補強ガイドラインの作成（研究担当者：テーマ1全員）

**【研究目的】**

（1）～（7）の成果を踏まえ、構造安全性および地震後の使用性を考慮した損傷照査法の開発および補修補強ガイドラインの作成を目的としている。

**【研究成果】**

最終年度に着手する予定である。



## 研究テーマ 2 : 大空間構造物の耐震安全性評価による震災リスクの軽減

### 【研究目的】

阪神淡路大震災後、建築構造物の耐震性能評価・耐震補強手法の研究開発と実施は順次進められてきたが、その対象は重層ラーメン建築構造に対してが殆どであり、動的挙動が複雑な大空間構造物（ドームなど）はその構造系式の特異性から、震災リスクの評価および軽減方法は模索の段階である。一方、大空間構造物は震災時には避難所や活動拠点として使用することが期待されており、震災後の復興という観点からも耐震安全性評価が重要な構造物である。また、東海地域は東海・東南海・南海地震の発生が懸念されており、この地域で大空間構造物の震災リスク軽減を研究することの意義は大きいと考えられる。

検討対象としては鋼構造、鉄筋コンクリート構造（以下 RC 構造）、木質構造であり、前述のように重層構造物に加え、空間構造物に対する検討にも重点を置いて検討を進める。

・鋼構造：リスク評価のためには構造物の倒壊挙動を精度良くシミュレートする必要がある。構造物の倒壊挙動評価では部材の局部座屈が重要な因子となるが、大空間構造物において一般的な重層構造物より重要性が高まる軸力および 2 軸曲げ状態における局部座屈を考慮した要素モデルは現在まで提案されていない。本研究では、倒壊挙動を支配する因子の内、部材の局部座屈に注目した局部座屈を考慮し得る梁要素モデルを提案し、提案要素モデルを用いた数値解析結果を分析することで、大空間構造物の耐震安全性を評価する。

・RC 構造：骨組構造と連続体構造それぞれに対する検討を実施する。骨組構造に関しては、より大入力を想定した各部材のピーク以降の特性までを対象とした非線形解析システムの開発・検証・公開を実施する。連続体構造に関しては種々の曲面の建築への採用や各種産業用容器への適用と大型化が進行している状況を鑑み、主として耐震設計時における想定を超えるレベルでの機能維持や耐震余裕度の評価を検討対象とする。具体的には動的荷重に対する動的な損傷・破壊レベルの推定に用いられるソフトウェアの開発を実施し、同時に検証を目的とした動的破壊実験をアーチ試験体により実施する（三次元震動台を用いる）。次いで、長期における性能評価や構造設計時の検討事項として、コンクリートの収縮・クリープ・温度応力が構造性能に与える影響の分析を、実験に加え、実機での観測を加えた評価を実施する。なお、ここでコンクリートの物性レベルでの検討も併せて行う。

・木質構造：平成 22 年の「公共建築物等木材利用促進法」施行を契機に、幅広く木質構造の適用検討が進んでおり、種々の金物・パネル・免制震等デバイス等の開発と適用が進んでいる。本研究ではこれらの構造要素を数値モデル化し、強震時の挙動評価を可能とするための基礎的検討を実施する。具体的には震動実験による検証を含めた数値解析モデルの提案や、解析システムの公開、構造設計や耐震診断への実際の適用の検討を実施する。

## 【研究成果】

### 2-1 鋼構造（研究担当者：大塚 貴弘，村田 賢）

写真 2.1.1 に示すような軸力と 2 軸曲げを受ける H 形鋼梁柱試験体に対して静的局部座屈実験を行い、数値解析(図 2.1.1)を活用しながらその実験結果を分析しているところである。実験パラメータとしては、幅厚比，広幅・中幅，断面の加力方向に対する傾き，軸力比を設定している。図 2.1.2 に断面形状 H-70×45×1.4×1.6，軸力比  $N/N_y=0.3$ ，断面の傾き  $\alpha=30^\circ$  の試験体に対する実験結果（実線）と解析結果（○）の荷重－変位関係を示す。局部座屈開始点や座屈後の耐力低下勾配も解析結果はほぼ実験結果を再現していると考えられるが，試験体の支持点において材軸回りの回転を拘束していたため解析においても軸回転を拘束した。

また，地震時挙動を高精度に追跡するため梁部材のせん断変形に関する研究を学術論文に纏めた。



写真 2.1.1 最終変形状 (H-70×45×1.4×1.6,  $N/N_y=0.3$ , 傾き  $30^\circ$ )

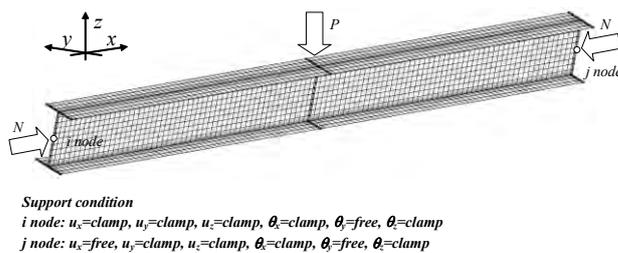


図 2.1.1 解析モデル

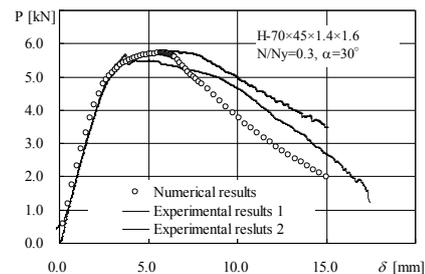


図 2.1.2 荷重－変位関係

H25 年度は欧州などで使用されるウェブ幅厚比の大きい梁部材のせん断座屈後耐力について，これまでに提案したフランジの局部座屈挙動に対する評価手法を拡張した簡便な評価手法を提案することを目的とする。幅厚比が小さい場合には H 形鋼梁部材のせん断耐力は全塑性耐力  $Q_p(=A_w \cdot \tau_y)$  を下回ることはないが，幅厚比が大きく弾性座屈するような場合には弾性座屈後耐力は上昇するものの最大耐力は全塑性耐力を大きく下回る。また，弾性座屈後の部材耐力としては，弾性座屈荷重に加えて張力場理論やフレーム機構による効果を考慮して算出されるがひずみ硬化を伴う材料特性を有する場合の適用については曖昧な点を有している。なお，本研究ではせん断座屈後挙動に及ぼす材料特性の影響も検討するため，震災時に生じる火災を想定し，高温時材料特性をモデル化したラウンドハウス型 (②) に加え弾完全塑性

型の材料モデル (①) についても解析を行っているが、本提案手法は常温時についても適用できると考えられる。

図 2.1.3 に  $L/d=2$  のモデルに対する解析モデルを示し、図 2.1.4 に  $L/d=2$  および 4,  $d/t_w=200$ , ラウンドハウス型の材料特性のモデルに対する変形状を示す。ウェブの弾性座屈後張力場が形成されている様子が見られる。図 2.1.5 に各シアスパン  $L/d$  に対する荷重-変位関係を示す。シアスパン比  $L/d=1$  のモデルでは最大耐力は全塑性耐力の 0.8 倍程度であるが、 $L/d=2$  以上で弾性座屈を起こすウェブ幅厚比 200 のモデルでは大幅に低下する。また、弾完全塑性体のモデル (実線) とラウンドハウス型のモデル (破線) では最大耐力においては大きな違いが見られる。さらに、変形が進展するとウェブ幅厚比や材料特性に係わらず耐力は停留する様子が伺える。

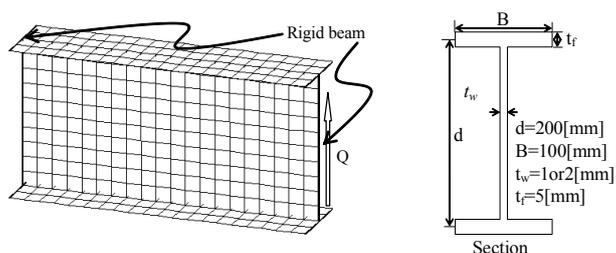


図 2.1.3 解析モデル( $L/d=2$ )

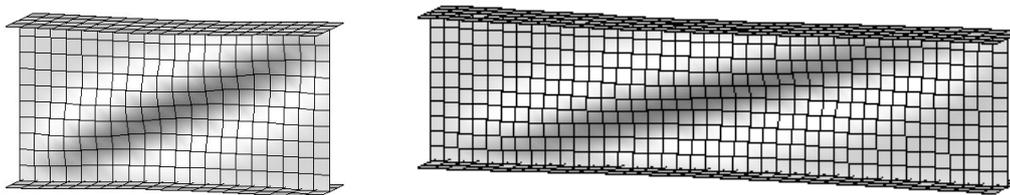
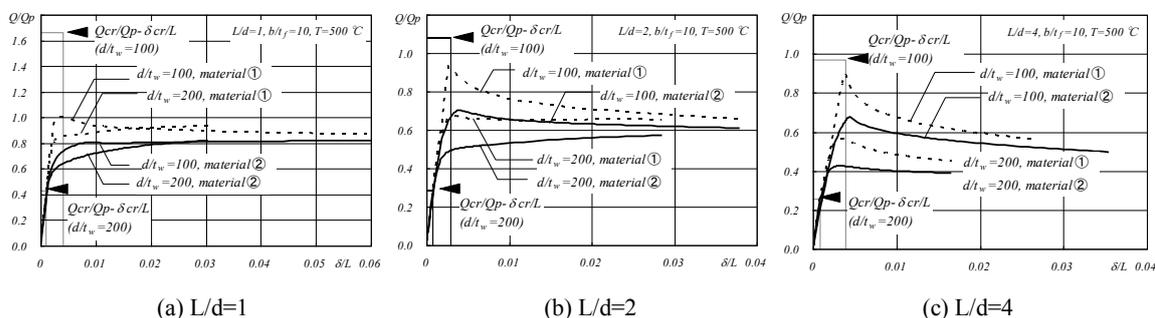


図 2.1.4 変形状( $L/d=2, d/t_w=200, ②$ )

図 2.1.4 変形状( $L/d=4, d/t_w=200, ②$ )



(a)  $L/d=1$

(b)  $L/d=2$

(c)  $L/d=4$

図 2.1.5 荷重-変位関係

フランジの局部座屈同様、ウェブの座屈の進展について弾性座屈変位で叙した無次元化変位を座屈進展パラメータとした座屈耐力関数を用いることで簡便に座屈後の荷重-変位関係を評価する手法を提案した。図 2.1.6 に提案した簡便な評価手法による結果 (●, ○) と FEM による結果 (実線, 破線) を示す。幅厚比や材料特性に係わらず、本提案手法による結果は最大耐力および座屈後挙動を精度良く評価できていると言える。

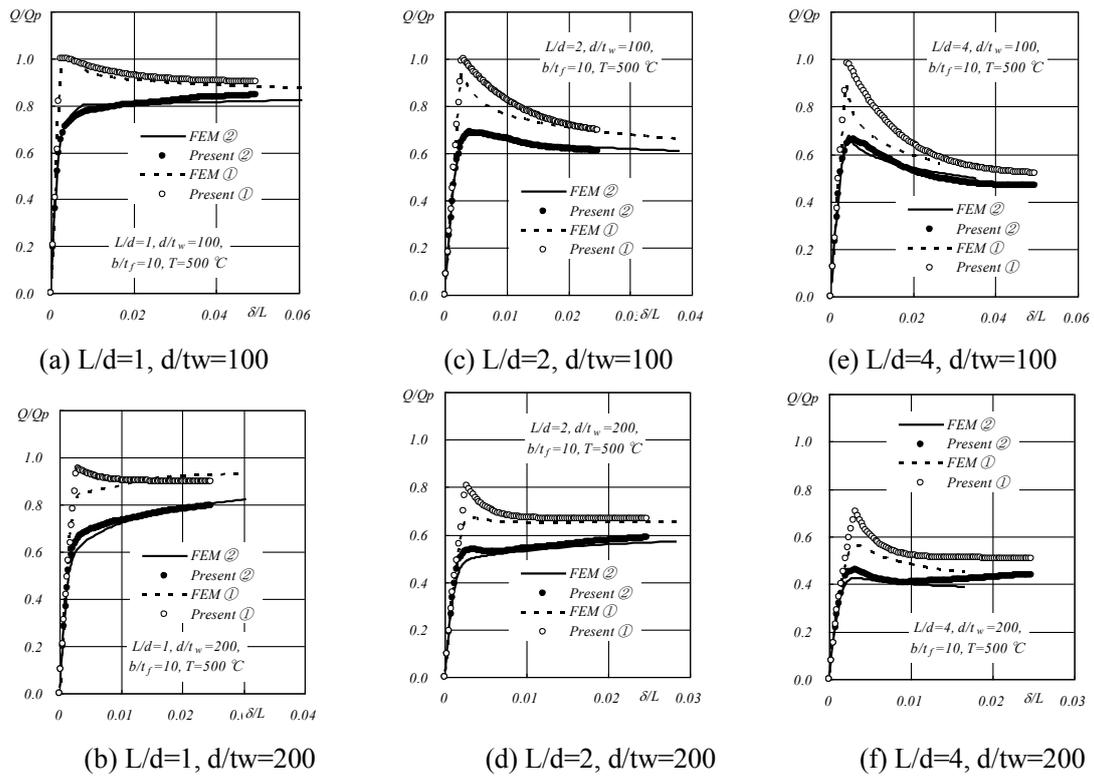


図 2.1.6 荷重-変位関係 (提案モデルと離散化モデルとの比較)

また、大空間構造物の静的実験として写真 2.1.2 のような市販の単層ラチスシェル構造モデル (スパン約 5m, ライズ約 2m) および構成するいくつかの部材を購入し、接合などの部材実験を行うとともに、単層ラチスシェル試験体を組立て、実験の準備を整えた。

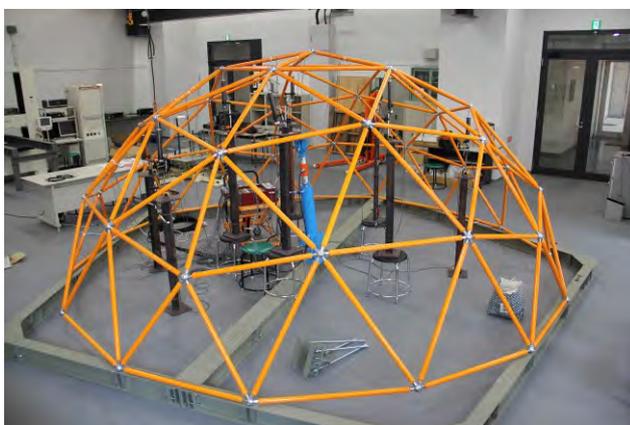


写真 2.1.2 単層ラチスシェル試験体



写真 2.1.3 接合部試験の様子

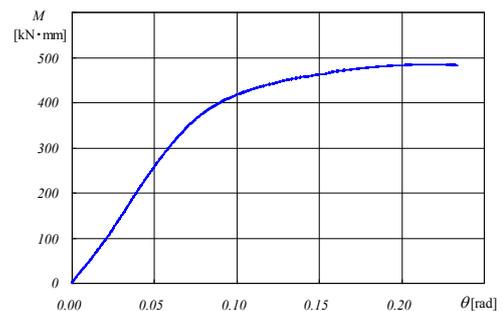


図 2.1.4 接合部曲げ試験

## 2-2 RC フレーム構造の性能評価（研究担当者：武藤 厚，村田 賢）

三次元骨組解析システムへの鉄筋コンクリート部材の弾塑性解析機能の組み込みと応用，およびその公開を実施した．例として既往の文献に示された RC 建物を対象として，静的および動的な弾塑性解析を試みた．

梁モデルは材端曲げばね（CASE1），材端ファイバー（CASE2）を用い，解析を行った．静的解析弾塑性解析では，フレーム方向の解析結果は，文献とほぼ同様の結果を得ることができた．耐震壁方向の解析結果は，CASE1 では文献同様，耐震壁の曲げ降伏先行型で，柱の降伏という結果を得ることができた．一方，CASE2 では，比較対象に比して大きな耐力・剛性を示し，耐震壁のせん断破壊せん断型という結果を得た．このケースでは，耐震壁にひび割れが生じ，せん断破壊した後，構造物が不安定になることで層せん断力が一時低下するが，その後フレームの耐力に移行する結果を示した．また材端ファイバーを用いた場合には，圧縮軸力によって曲げ耐力が増加する様子が分析可能となった．詳細には未検証であるが，一般的な RC 構造物の破壊進展状況として妥当性のある結果を示している．

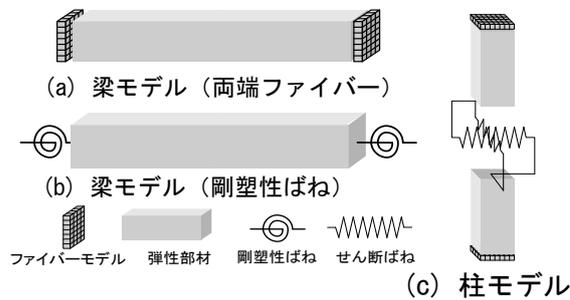


図 2.2.1 部材のモデル化

表 2.2.1 解析ケース

		文献	解析
部材 モデル	架構	3次元	3次元
	梁	材端剛塑性ばね	材端曲げばね(CASE1) 材端ファイバー(CASE2)
	柱	塑性論モデル	材端ファイバー+せん断ばね
	耐震壁	3柱要素モデル	3柱要素モデル
床		剛床仮定	剛床仮定
境界条件		ピン支持	ピン支持

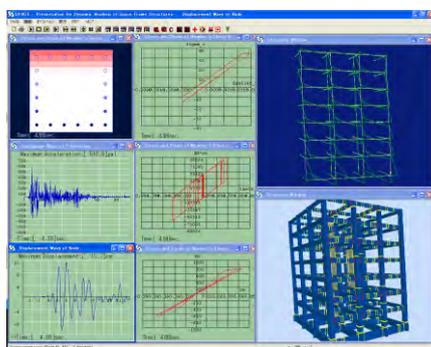
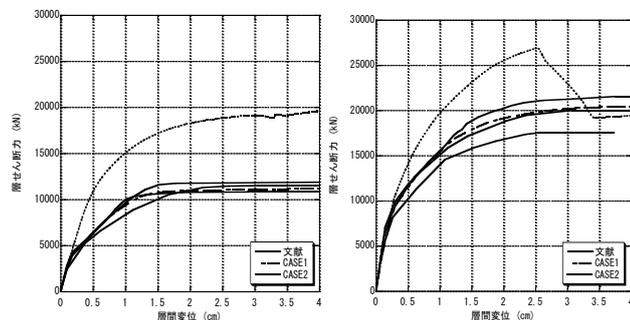


図 2.2.2 解析結果表示例（7層建物）



耐震壁方向の一階 フレーム方向の一階

図 2.2.3 層せん断力-層間変位

動的解析における解析条件を表 2.2.2 に示す．また，解析ケースは，静的解析において文献に示された結果に，比較的近い結果を得られた CASE1 を用いる．骨組系地震応答解析では，耐震壁方向は文献と同等の結果が得られたが，フレーム方向については文献や質点系解析の結果より，剛性が高いという結果を得た．また，変形モードが，文献や質点系解析結果とは

異なっており、減衰に関してはレーリー型を用いたケースのほうが、剛性比例型を用いたケースに比べ、層間変形角が大きくなっている。

表 2.2.2 解析条件

	文献	SPACE
解析モデル	質点系モデル	骨組系・質点系モデル
減衰種類	剛性比例型 <sup>※1</sup>	剛性比例型・レーリー型
減衰定数	3%	3%
地震種類	El-Centro-NS	El-Centro-NS
最大入力速度	50 cm/sec	50 cm/sec
最大入力加速度	510.8 cm/sec <sup>2</sup>	510.8 cm/sec <sup>2</sup>
時間間隔	0.005sec <sup>※2</sup>	0.001sec
時間積分法	Newmark $\beta$ 法 ( $\beta=1/4$ ) <sup>※3</sup>	Newmark $\beta$ 法 ( $\beta=1/4$ )

※1 減衰は 12 ケース中 10 ケースが初期剛性比例型、他のケースは瞬間剛性比例型。

※2 時間間隔は 12 ケース中 10 ケースが 0.005sec、他のケースは 0.001sec。

※3 時間積分法は 12 ケース中 10 ケースが Newmark  $\beta$  法 ( $\beta=1/4$ )、他のケースは  $\beta=1/6$ 。

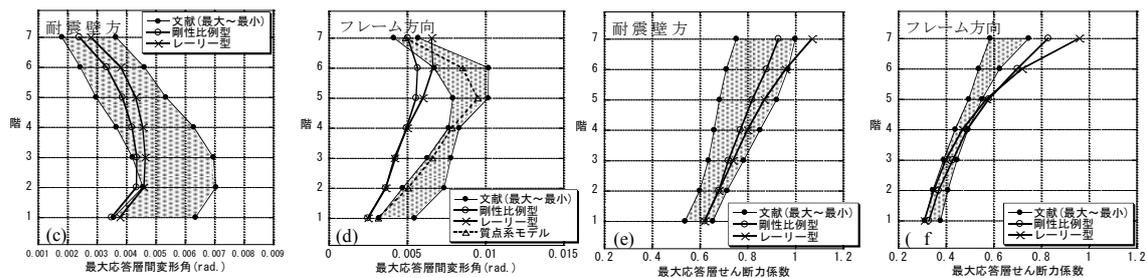
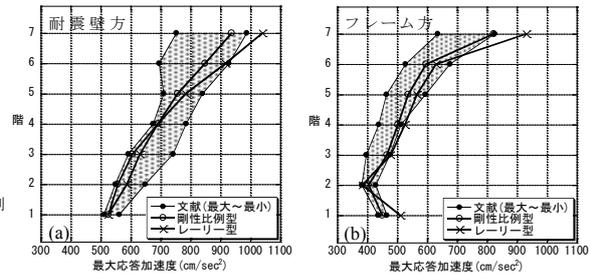
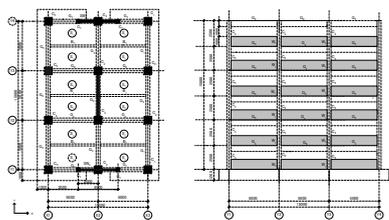


図 2.2.4 地震応答の評価

次に、文献で報告されている実大 RC 建物の震動実験を検討対象とし、水平荷重を  $A_i$  分布より算定し、静的弾塑性解析を行い、実験解との比較・検証を行った結果を示す。

試験体は図 2.2.5 に示す長手方向 (Y 方向) 3 スパン、その直行方向 (X 方向) 2 スパンの 6 階建て RC 壁フレーム構造である。表 2.2.3 に主要部材の配筋の様子をそれぞれ示す。



(a) 基礎階 (b) X1 通り軸

図 2.2.5 建物概要

表 2.2.3 配筋の様子

	梁断面図	柱断面図	壁・耐震壁、柱脚
断面 (mm)			
上端筋	3-D19	8-D19	縦筋 D10@200 2-D10@300
下端筋	2-D19	2-D10@100	横筋 D10@200 2-D10@300
あばら筋	2-D10@200		

X 方向の破壊モードは、梁降伏先行型で、実験の挙動と同様な結果を得ることができた。一方、Y 方向では CASE1 と CASE2 では耐力の観点で大きな差異が生じた。これは CASE2 では耐力壁のモデル化ではせん断ばねも配しており、初期の段階でせん断ばねが耐力を負担したものと考えられる。

比較対象が一事例の数値解析ではあるが、以上の分析結果より当該システムにおける RC 建造物の静的弾塑性解析及び質点系地震応答解析は概ね妥当なものと考えられる。しかし骨組系地震応答解析では、水平剛性が高く評価されるなど未だ検証の余地があり、そのほかの利用上の機能アップ等を含め、継続して開発する予定である。

### 2-3 RC 空間構造の性能評価（研究担当者：武藤 厚，寺西 浩二，平岩 陸）

コンクリート系のむくりのある構造（アーチ，シェル）は一般に高い耐荷力を有するが，座屈や初期不整の影響が指摘され，設計時の安全率の設定に際しては多くの不確定要素があることが問題とされる．形状や境界条件，荷重等に対して大きく異なる変形・損傷・耐力，さらにポストピーク挙動に至るまで，ある程度コンセンサスの得られる評価手法の確立が望まれる．本研究では RC アーチを研究対象とし振動破壊実験を実施し，その数値解析的検証により動的な終局状態までの現象の追跡の可能性を検討し，提案手法の有効性を示すことができた．また現在，次世代に向けたより薄肉・軽量で高強度な曲面構造として提案する炭素繊維シート（以降 CF シート）を用いた CFRC アーチによる補強効果の検証を実施中である．

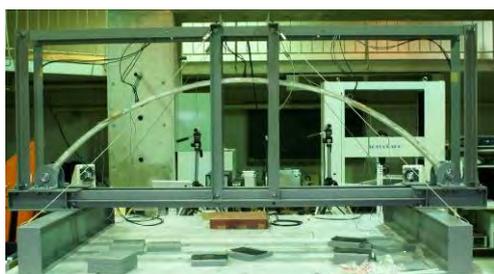


図 2.3.1 実験システム全体

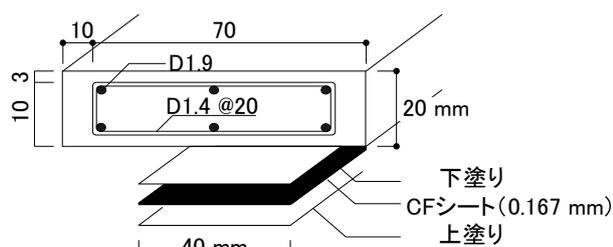


図 2.3.2 断面の概要



図 2.3.3 (a) 全体



図 2.3.3 (b) 詳細

図 2.3.3 型枠の状況

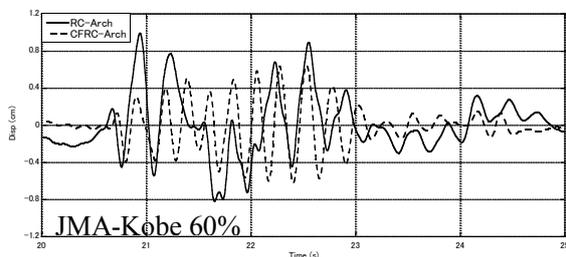


図 2.3.3 変位応答時刻歴

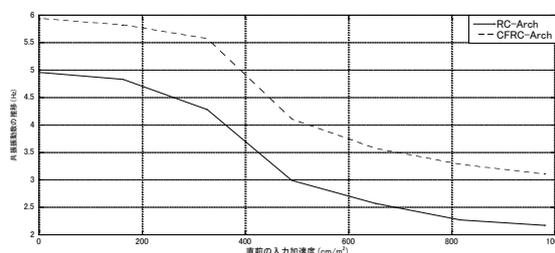


図 2.3.4 共振振動数の推移

図 2.3.1 に示すような実験システムを用い振動破壊実験を行った．試験体の断面の概要と CF シートの接着図を図 2.3.2 に示す．D1.9mm の異形細鉄筋を用いて鉄筋比約 1.0%とした．加えて，せん断補強筋を 20mm 間隔で配筋し，せん断補強筋比約 0.2%と設定したダブル配筋を配筋した．また，下塗りとしてエポキシ樹脂を塗布し，その後 CF シートを同様の接着剤を用い，上から再度含浸させながら塗布した．また，より高精度な試験体の作成のため，昨年まで

段ボールだった型枠を硬質塩化ビニルに変更し、板厚初期不整の抑制と内部が可視化できることによる充填性の向上を図った。図 2.3.3 と図 2.3.4 に示すように CF シートの補強効果により、変位は RC アーチでは最大変位約 1.0cm, CFRC アーチで最大応答変位約 0.65cm と変位が約 65%に抑えられ、おもり載荷後のスワイプ加振によって得られた共振振動数が CFRC アーチは CF シートの効果により RC アーチに比べ 1.2 倍程度高くなった。

また、数値解析による追跡として実験時に振動台に設置した加速度計において測定した値を用いて事後解析を行った。図 2.3.5, 2.3.6 には JMA-Kobe 30%, 90%加振時に RC アーチに設置した加速度計より得た鉛直方向の加速度及び変位応答時刻歴と、円周方向に 30 分割、厚さ方向に 7 分割した梁要素とシェル要素を用い、動的な複合非線形解析を行った数値解析結果を比較して示す。双方とも 30%入力時では良い対応を示す結果が得られたが、損傷の急増する 90%入力時では数値解析上不安定になり計算の継続が不可能となった。

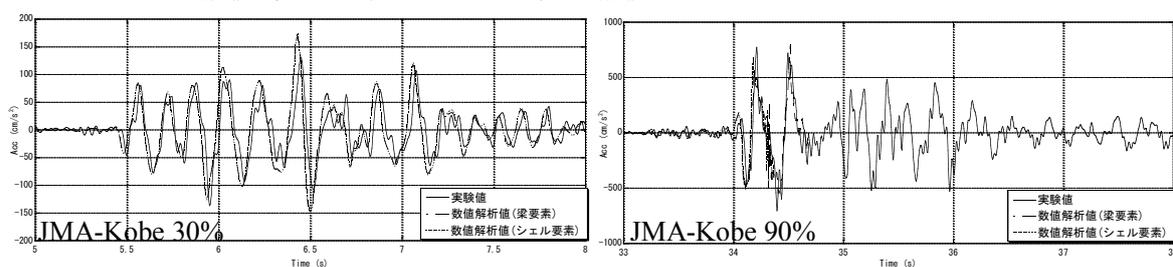


図 2.3.5 Z 方向加速度応答時刻歴

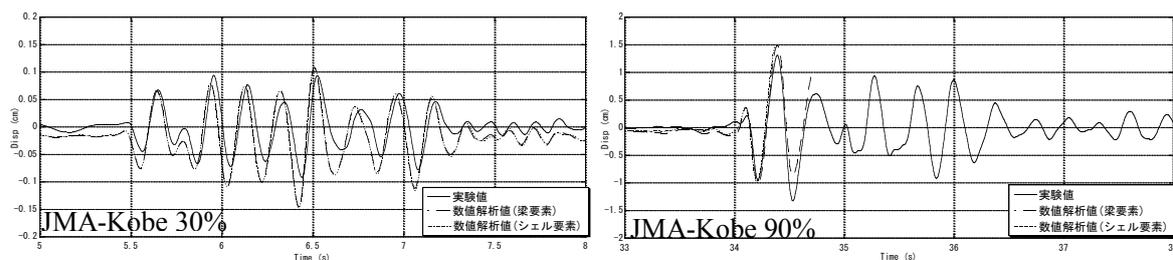


図 2.3.6 Z 方向変位応答時刻歴

また、図 2.3.7 に各要素での損傷を考慮したモデルにおける途中段階での接線剛性を用いた数値解析により、損傷後の固有振動数の変化を追跡することが可能になった。

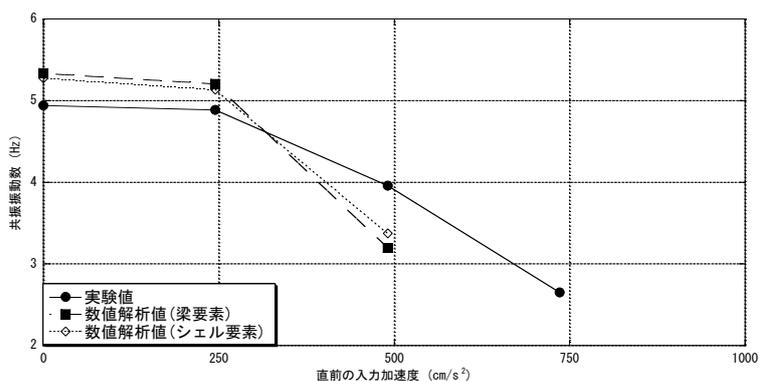


図 2.3.7 固有振動数の推移

次いで、実機のシェルに対する適用検討事例として、劣化の無い新設の RC シェルの駆体のみの構造物を対象に振動特性の同定と変形の連続的な測定を実施した。

①振動特性に関しては、人力加振によるスイープにより実施した。人力加振（屈伸運動）による測定に際し、十分な精度での測定可能な振動レベルが得られるかを検証するために、想定荷重による動的解析を行い、事前に検討した。固有値解析の結果を元に、ターゲットモード毎に測定点を設定した。測定点はモードピーク点、加振点はターゲットモードを十分に励振可能で、かつ局所的な衝撃が少ない位置に設定した。



図 2.3.8 検討対象と 1 次振動モード、2 次振動モード

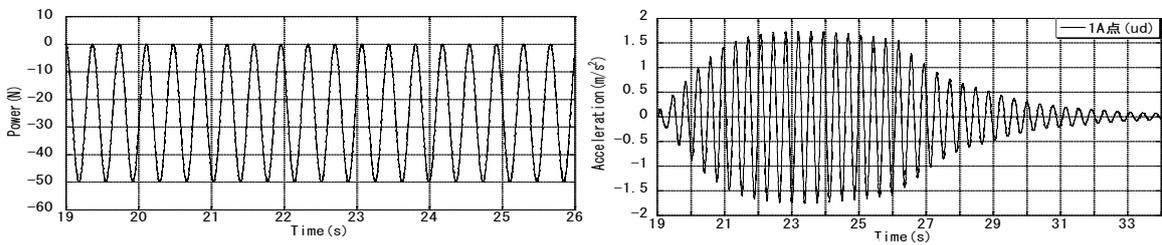


図 2.3.9 人力加振時の加振力と応答加速度

1 次モードと 2 次モードは、予備解析のモードピークと、測定波の位相との対応により同定した。対応する固有振動数は、低周波(0~1 Hz)をカットした波形のスペクトルより 1 次モードを 3.78 (Hz)、2 次モードを 4.63 (Hz)と推定できた。解析では設計用の物性値とコア抜き試験のより得られた値を用いた。実測とコア抜き試験で得られた物性値での解析は良い一致を示した。

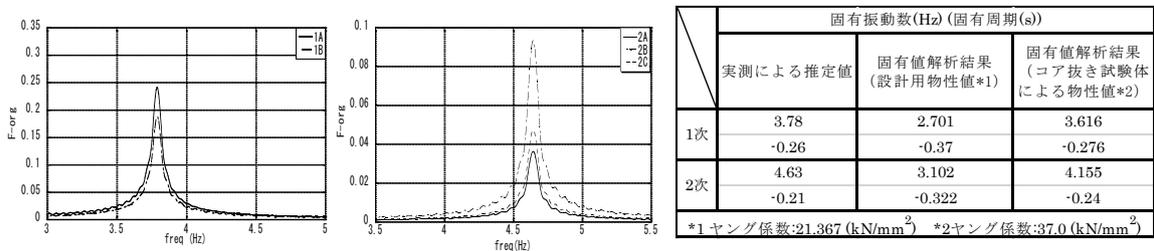


図 2.3.10 1 次モードと 2 次モードのスペクトルと実測と解析の比較

②減衰定数の詳細な検証の為に、無次元化した 1 質点系の時刻歴応答解析結果と比較するために、数値積分に伴う数値減衰の誤差が発生しない Nigam-Jennings 法を採用した。減衰を測定したデータの平均は 1 次モードで  $h=0.80(\%)$ 、2 次モードで  $h=0.65(\%)$ とフィッティングされた。仕上げや二次部材が無く、竣工直後のシェルについて、シェル本体内部での振動レベル

程度（地下逸散は無視できるレベル）であり、小さな値を示したと考えられる。

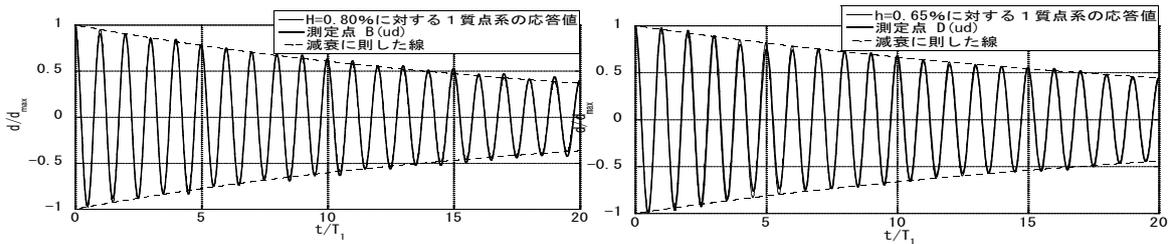


図 2.3.11 1次モードと2次モードのフィッティングの一例

③複合非線形解析を実施し、構造設計段階での想定した物性値と、コア抜き試験体から得られた実際の物性値を用いて、入力波形を kobe-NS+EW+UD として地震応答の差異について検証する。弾塑性解析に際して、構造物全体の配筋を等価に設定した。減衰タイプはレーリー型とし、設計用の減衰を用いた解析は設計段階の1次モード 2.70 (Hz)から 10.0 (Hz)の間で  $h=2.0(\%)$ として推定し、今回測定した減衰を用いる解析では1次モード 3.62 (Hz)で  $h=0.80(\%)$ と2次モード 4.16 (Hz)で  $h=0.65(\%)$ との間で推定し設定した。測定された減衰定数は一般的な構造設計の設定よりも小さく、Kobe 波に対する応答変位は約 20%程度増加する可能性があるとして示された。

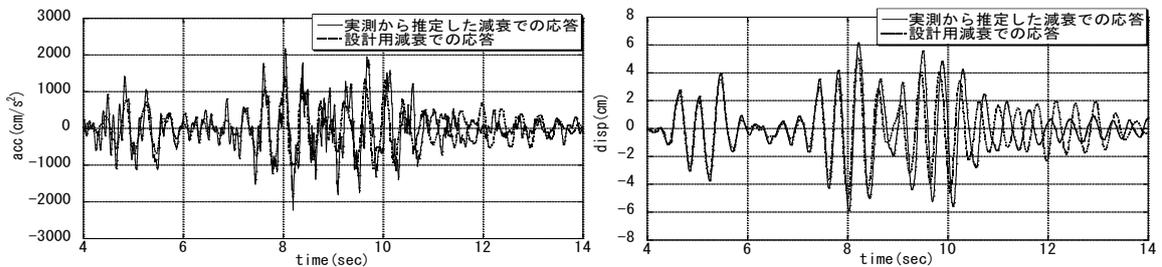


図 2.3.12 加速度応答時刻歴と変位応答時刻

④3年間に渡り、乾燥収縮・クリープ・温度変化の影響による変形特性の観測と、それらが耐力や振動特性に対する影響の評価を実施し、良好な推定モデルが構築可能な段階に至り継続してデータの蓄積を実施中である。

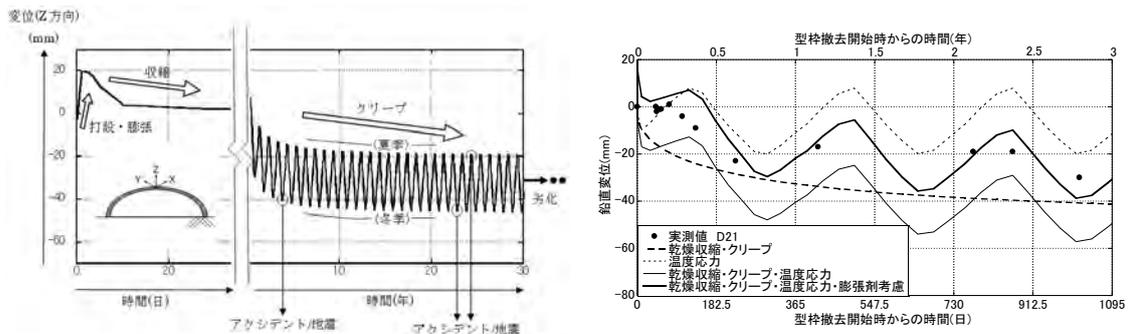


図 2.3.13 長期での現象と計測データの一例

関連してコンクリートの物性に関しては、以下の事項について検討を行った。

- ① 日常環境下の乾燥がコンクリートの力学的性質および乾燥収縮ひずみに及ぼす影響の検討
- ② 調合および使用材料の影響を考慮したコンクリートの乾燥収縮ひずみの推定方法の検討
- ③ 粘弾塑性サスペンション要素法による乾燥収縮挙動のシミュレーション

上記①に関しては、骨材寸法やコンクリート部材の拘束・持続荷重状態を変化させて、日常環境下での乾燥に伴いコンクリート内部に発生するひび割れがコンクリートの乾燥収縮ひずみおよび力学的性質に及ぼす影響について検討した。そして、その結果、以下の知見を得た。(1) 寸法の大きな単一粒度骨材を用いたコンクリートでは、乾燥により、コンクリート内部に微細ひび割れが発生し、そのことに起因して、乾燥収縮ひずみが小さく測定される。また、ヤング係数が大幅に低下する。(2) 拘束・持続荷重状態がコンクリートの乾燥に伴うヤング係数の低下度合いに及ぼす影響は小さい。

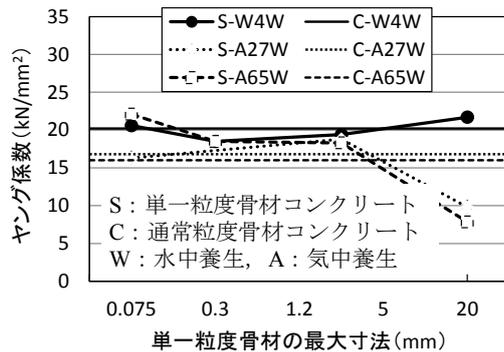
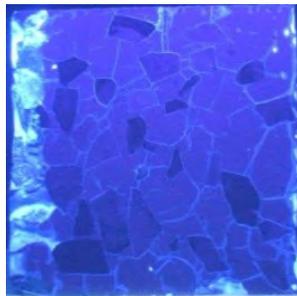


図 2.3.14 骨材寸法の大きいコンクリートに発生する内部ひび割れ寸法  
図 2.3.15 コンクリートのヤング係数と骨材の関係

上記②に関しては、骨材の乾燥収縮ひずみの評価指標を見出すための検討を行い、その結果、以下の知見を得た。(1) 細・粗骨材の気乾含水率および比表面積、粗骨材の直接的な乾燥収縮ひずみの測定値などと骨材原石の乾燥収縮ひずみとの間に高い相関が見られる。したがって、これらの値が骨材の乾燥収縮ひずみの評価指標となり得る。(2) いずれの評価指標にも、骨材の乾燥収縮ひずみとの対応の悪い骨材が必ず一部に存在するので、骨材の乾燥収縮ひずみの推定にあたっては、このことに対する配慮が必要となる。(3) 骨材の乾燥収縮ひずみは、コンクリートの乾燥収縮ひずみに直接的な影響を及ぼす。

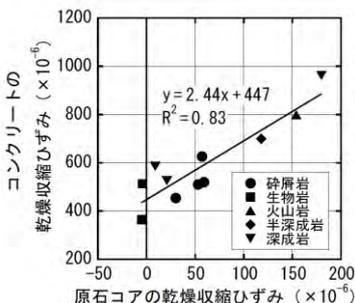


図 2.3.16 コンクリートと骨材の乾燥収縮ひずみの関係

表 2.3.4 骨材の乾燥収縮ひずみの評価試験方法

試験方法	対象骨材	試験方法の特徴			試験に要する期間
		推定精度*	骨材粒子間のばらつきの影響の受けにくさ	試験実施の容易さ	
① 気乾含水率試験	細骨材	△ (0.72)	◎	○	2週間程度
	粗骨材	△ (0.75)			
② 比表面積試験	粗骨材	○ (0.80)	○	○	2週間程度
③ 粗骨材の乾燥収縮試験	粗骨材	◎	△	△	4~6週間程度
④ モルタル薄片の乾燥収縮試験	細骨材	◎ (0.89)	○	△	4週間程度

\* ( ) 内の値は図13~19中に示した寄与率。

上記③については、従来破壊解析手法として用いてきた粘弾塑性サスペンション要素法を用いて、乾燥収縮現象の解析的再現を試みた。この解析手法は、コンクリートを骨材とモルタルの二相とみなした非連続体モデルによる解析でありひび割れの発生が視覚的に再現できる特徴がある。この結果として、図-2.3.17に示すように、拘束状況によってひび割れの発生状況が変化することや、収縮によるひび割れが発生しやすいコンクリート壁の開口部角部から発生するひび割れを再現できることがわかった。

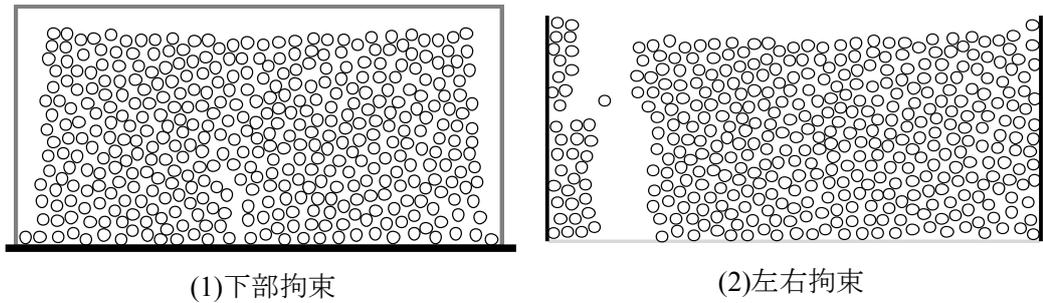


図 2.3.17 拘束状況によるコンクリートのひび割れ発生状況の変化

### 研究テーマ3：豪雨および水災事象の発生機構とリスク軽減方策に関する研究

#### 3-1 短時間強雨および大雨の出現特性に関する解析的研究（研究担当者：広瀬）

##### 【研究目的】

降水の遠隔探査データは強雨・大雨の空間分布や統計的特徴を把握するために有用であり、衛星による全球規模の降水データも気候学的特徴を議論できる程に蓄積されつつある。しかし、局所的かつ稀に発生する極端現象を抽出するためには、観測特性・推定特性・降水特性に依る推定誤差に関する評価が依然として重要であり、最適・最尤推定値のさらなる追究が求められる。

本研究では、衛星搭載降雨レーダ（TRMM PR）データによる強雨・大雨の地域的特徴の検出、さらにはこれらの情報活用可能性の議論の深化に向けて、地上・衛星観測データに基づく降水表現の現状整理と課題の抽出・解決に取り組む。

##### 【研究成果】

平成25年度は、長期間の衛星搭載降雨レーダ（TRMM PR）2A25 v.7 プロダクトを用いて、降水推定特性の評価、降水の局所的特徴の検出と顕著な降水イベントの出現状況の調査を実施した。15年間の鉛直プロファイルデータは380億に達し、降水域に限ると18億のサンプルが蓄積されていた。一連の解析は、気候変動や極端現象の解釈におけるアルゴリズム開発の重要性の再認識につながり、障害となっている問題の解決が優先事項となった。

はじめに、昨年度に引き続き TRMM PR データの新旧プロダクトと最新の各種降水データセット（GPCP, GPCC, AMeDAS10 分値, APHRODITE MA, UDel, TMI, GSMaP, JRA-55）の比較研究を進め、地上雨量計観測網の空間内挿やデータ数密度に関する不確実性を示唆する結果を得た。TRMM PR データのエッジ抽出などによって確かめられる空間非一様性の高い場所の降水気候値はデータ間で顕著に異なっている。また、高時間空間分解能データとしてさらなる活用が期待される GSMaP や TMI などのマイクロ波放射計ベースの衛星データも導入し、現在の気候値の類似度や今後のサンプリング誤差低減がもたらす知見の見通しを探った。図3.1.1は、TRMM PR と走査幅を合わせた TMI の降水気候値と TRMM PR の値の差を示す。

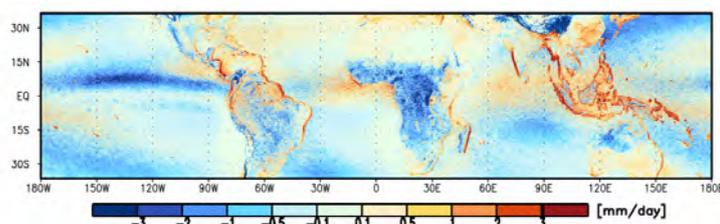


図 3.1.1 PR v.7 と narrow-swath の TMI v.7 の降水気候値の差。0.1°, 1998-2012

地球全体のローカルな現象の表現が可能になりつつあることが分かったが、沿岸部や山岳域など各地域のリトリバル誤差が無視できないレベルの問題であることを確かめる結果となった。

特に陸域降水推定の既知の問題を解決するため、地表面クラッター内の降水推定に焦点を当て、浅い雨の欠損量の推定、地表近傍降水変化の動的推定、感度低下補正等、入射角依存性の地域補正手法の開発に取り組んだ。地表近傍の降水パターンは衛星直下付近の統計をもとに条件別に構築した。アルゴリズムへの実装および詳細な影響評価は今後の課題である。本研究は2月末に打ち上げられた TRMM の後継機である全球降水観測計画 (GPM) 主衛星のデータ解釈にも連結する。GPM 主衛星は緯度±65度まで視野を拡げており、特に中・高緯度の低高度に降る雪や強雨の推定において、地表近傍の統計に関する整合性向上がいっそう重要となる。

アルゴリズム評価や補正手法開発と並行して、利用研究も進めている。一例として、15年間で観測された1.0億の降水システムのうち、各雨域の雨量をもとにして求めた上位1,000の“大雨”の位置を図3.1.2に示す。強雨の分布とは大きく異なり、台風出現頻度および衛星通過頻度が高い日本付近の観測数が顕著に表れている。ここでは既知の強雨等に関する推定誤差の影響が小さくなるように極端現象を定義したが、上述の各種誤差要因による影響については評価を継続して行う必要がある。さらに、TRMM PR データを活用して規模別降水システムの群特性を調べると、急峻な山岳域や海岸付近において地理的に固定された小規模な降水システム群が検出された。この結果は TRMM PR データが降水の空間非一様性を説明する有力なツールである可能性を示すものでもあるが、強雨の統計処理に影響を及ぼす系統的なリトリバル誤差も明らかとなり、現在、補正処理を施した計算を走らせている。例えば、チリの Alejandro Selkirk 島の0.1度気候値は世界最大であったが、これは小規模降水システム群の発現状況などから新しい DEM データの扱いに起因する地表面クラッターの識別エラーと判断した。その他にも、降水時間変化（年々変化、季節変化、週周変化、日変化）の表現特性や高解像度の降水空間一様性（島効果など）の研究もアルゴリズム評価とともに進めている。

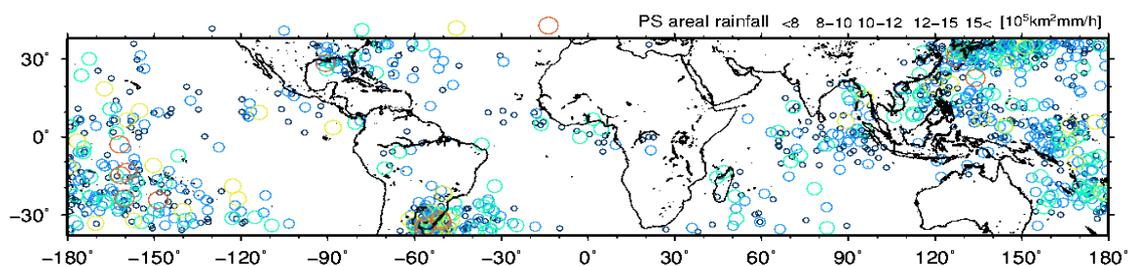


図 3.1.2 1998-2012 年における Areal rainfall [ $\text{km}^2 \text{mm h}^{-1}$ ] 上位 1,000 の降水システムの分布。  
 円の色・大きさは各降水域の等価直径。

## 3-2 短時間強雨に伴う都市河川の出水機構と流出抑制方策に関する研究（研究担当者：原田）

### 【研究目的】

近年頻発している局地型短時間強雨，いわゆる“ゲリラ豪雨”に伴う都市河川の溢水氾濫に対処するには，①豪雨事象の精確な捕捉と，②急激な河川への流出現象の解明が急務であり，実現象の理解を踏まえた上で，③精度の高い流出予測モデルの構築，そして④流出抑制施設の整備や種々の流域管理施策等を通じてリスク軽減を図ることが求められる．本研究では X バンド MP レーダの精度検証ならびに活用方法の検討を行うとともに，名古屋市を流れる植田川・天白川流域を対象に，都市河川への急激な雨水流出過程と流出抑制対策について，現地観測とモデル解析を通じて実証的かつ定量的な検討を行うことを目的とする．

### 【研究成果】

#### 3-2-1 X バンド MP レーダを活用した豪雨事象の精確な捕捉

ゲリラ豪雨はその局所性と突発的な挙動のために，従来の地上雨量計網では捕捉しきれず，豪雨域が時間的空間的にどのような性状であるか不明である．国土交通省では高精度な X バンド MP レーダを各地に配備し，降雨強度のデータを 1 分毎に配信している．本研究では，局地的豪雨による都市河川の洪水流出への影響を評価するため，X バンド MP レーダによる降雨情報を多数の地上雨量計群を用いて検証したのち，レーダ情報を活用して地上雨量計に基づく流域平均降雨の妥当性を評価するとともに，局地的豪雨の時空間特性を考察した．

本研究の内容は次の三点に分けられる．まず，(1) X バンド MP レーダによる地上降雨の捕捉精度について，名古屋市域に高い空間密度で配置された地上雨量計の観測データとの比較を通じて確認するとともに，(2) 河川計画等で用いられる地上雨量計に基づくティーセン法による流域平均降雨の有効性についても検証を試みた．つぎに，(3) X バンド MP レーダ情報に基づき，局地型豪雨の空間特性とその時間的发展について考察した．特に，降雨強度の空間分布にはランダムな成分が含まれることから，ここでは確率場の概念に基づいた統計的な手法によって検討を進めた．本研究により得られた知見は以下の通りである．

##### (1) X バンド MP レーダによる地上降雨の捕捉精度

2011年9月の台風15号による豪雨を対象に高密度の地上雨量計データ（図3.2.1）と比較した結果，両者の相関係数は0.98と高く，レーダ雨量は十分な精度を持つことを確認した（図3.2.2）．しかし図を詳しく見ると，降雨強度が非常に大きい場合には，地上雨量計の方がレーダ雨量を上回っている．一般に転倒マス雨量計は大きな降雨強度に対して過少な値を示すことが指摘されているものの，レーダ雨量はさらに小さめの値を示していることになる．

##### (2) 地上雨量計に基づく流域平均降雨の有効性

植田川および天白川流域（図3.2.3）を対象に，地上雨量計による流域平均降雨について，

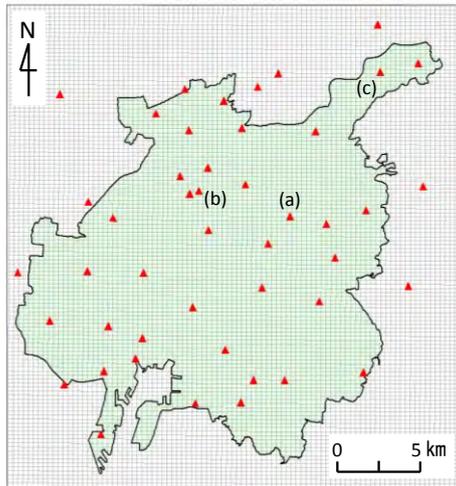


図3.2.1 検証範囲と地上雨量計の配置

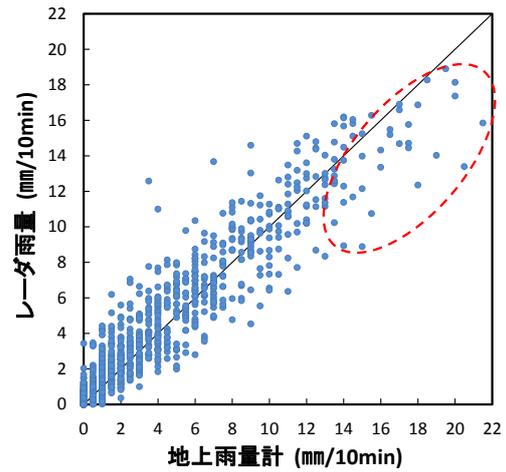


図3.2.2 地上雨量計群によるレーダ情報の検証

レーダ雨量を用いて検証した結果、ティーセン法による雨量はレーダ雨量に基づく値に比べ時間的変動が激しい（図 3.2.4）。これは、空間的に大きな変動性をもつ豪雨分布に対し、一部の地上雨量計が大きな雨量を観測すると、それがティーセン雨量を押し上げる結果となるためと考えられる。このことは、空間的変動が激しい局地的豪雨の場合、流域面積の小さい中小河川では、地上雨量計に依存した流域平均降雨の評価に問題があることを示唆している。



図3.2.3 植田川流域の位置

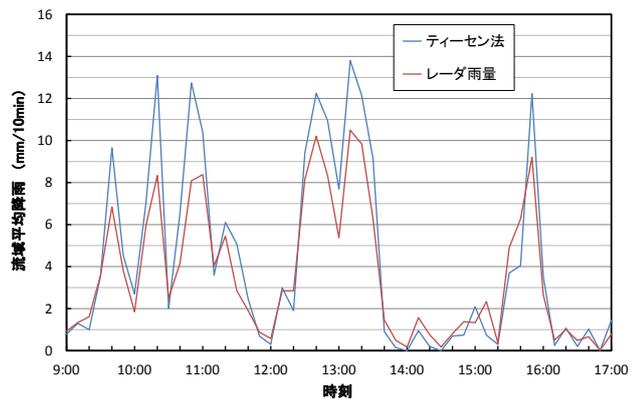


図3.2.4 植田川流域における流域平均降雨の検証

### (3) XバンドMPレーダ情報に基づき、局地型豪雨の空間特性とその時間的发展

時空間的に複雑に変動する豪雨の各地点でのレーダ雨量データ（図 3.2.5）を確率場の実現値と見なし、確率変数のバリオグラムを求めることによって、局地的豪雨の空間的変動特性を定量化した。得られたバリオグラムはホール効果を備えたもので、その時間的发展は、雨が激しくなるにつれて sill が増大、range は短縮する様子が示された（図 3.2.6）。

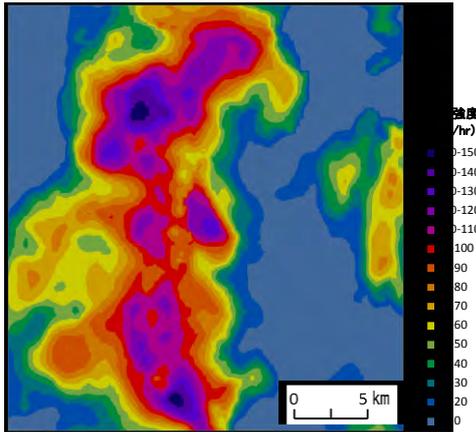


図3.2.5 対象豪雨のレーダ雨量分布の例  
(2013年9月4日16:51)

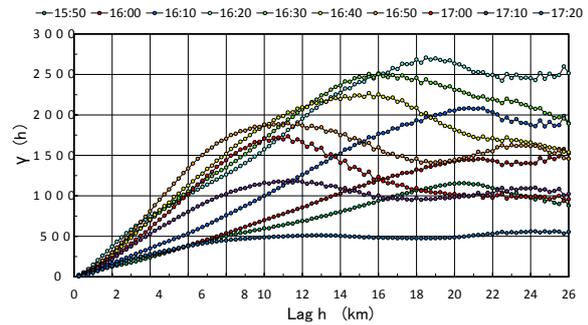


図3.2.6 対象豪雨におけるバリオグラムの時間的发展  
(2013年9月4日15:50~17:20)

### 3-2-2 都市河川における豪雨の急激な流出現象の解明

#### (1) 中小河川における洪水流量観測手法の開発

各地の都市河川の基準点では水位観測は実施されているものの、流速観測が十分に行われていないため、「水位 - 流量曲線」が確立されていない河川が多い。流速観測が不十分な原因として、出水が早いため観測作業が間に合わない、流速変動が鋭敏なため浮子による観測が難しい、洪水観測に適した流速計が無いなどが挙げられる。そこで、洪水時の流速を安全かつ迅速に測定できるように開発された可搬型電波式流速計について、愛知用水の開水路を使用して精度検証を行うとともに（図 3.2.7）、植田川の橋梁に設置して洪水流量の評価を試みた（図 3.2.8）。また、電波流速計から得られるデータは表面流速値であるため、洪水流の流速分布を援用して河道の全断面流量を推算する手法を提案した。今回は小規模な出水を試行的に観測したに過ぎないので、今後、水災上問題となるような規模の豪雨についても観測を進め、都市河川における水位 - 流量曲線の評価に繋げていきたいと考えている。

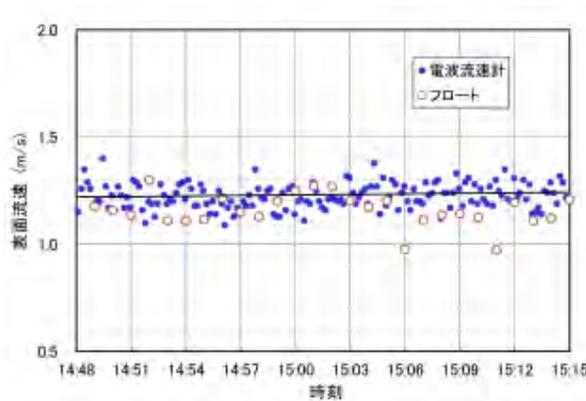


図 3.2.7 電波流速計と浮子の流下速度との比較  
(愛知用水 大高开水路にて)

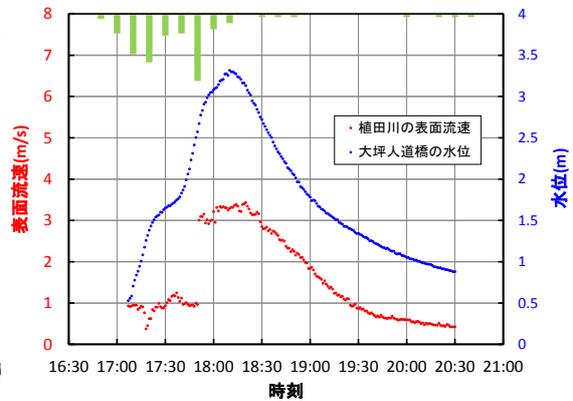


図 3.2.8 植田川における水位流速観測結果  
(2013年9月4日17:00~20:30)

## (2) 河川の水位上昇が雨水吐流出量に及ぼす影響評価

都市河川の洪水流量は、側岸に設けられた多数の雨水吐からの流出量によって形成される。雨水吐は沿川市街地からの雨水排出口であって、内水被害を防ぐ重要な役割を果たしている。その排水機能は雨水管（合流式区域では下水管）の規模と勾配に基づいて設計され、排水先河川の水理条件が考慮されることは少ない。しかしながら、近年、ゲリラ豪雨の頻発によって河川水位が急上昇し、雨水吐が河川水によって閉塞される事態が生じている。本研究では、そうした河川水位上昇によって河道への排水が抑制される現象について、現地観測を踏まえて水理的な評価を試みた。現地観測地点として、植田川の右岸に位置する雨水吐（図 3.2.9）を選定し、新たに開発したスイッチセンサ方式水位計を設置した（図 3.2.10）。観測によって得られた植田川水位および対象とする雨水吐の水位変動（図 3.2.11）によると、18:00 頃には河川水位が雨水吐の高さに接近し、河川水位が雨水吐水位を押し上げる現象を見せている。こうした現象を潜り流出として水理解析した結果（図 3.2.12）、 $1.0\text{m}^3/\text{s}$  付近で小刻みに変動していた雨水吐流出量は  $0.5\text{m}^3/\text{s}$  近くまで急減し、雨水吐流出量が排水先河川の水位上昇によって抑え込まれる事実を示している。



図 3.2.9 対象とする植田川の雨水吐

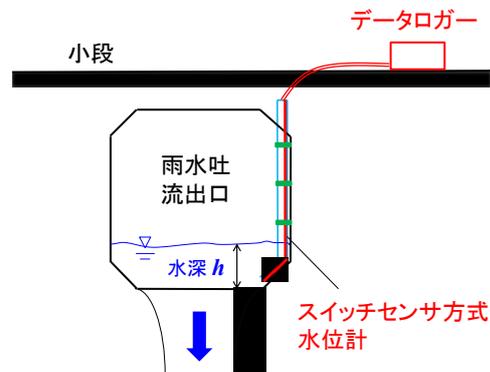


図 3.2.10 雨水吐の水位観測システム

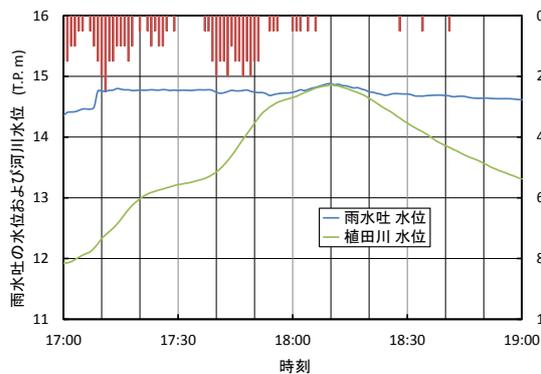


図 3.2.11 河川水位と雨水吐水位の変化  
(2013年9月4日)

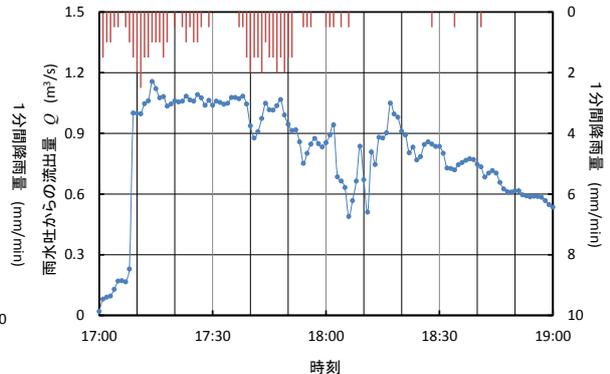


図 3.2.12 雨水吐の流出量変動の試算結果

### 3-3 段波状洪水流を制御する透過性砂防ダム群に関する研究（研究担当者：新井）

#### 【研究目的】

平成 24, 25 年度は, おもに間欠的な土砂流サージの生成機構及びその特性を明らかにすることを目的としている。

間欠的な土石流サージの流下については, 中国の粘性土石流と呼ばれる土石流がよく知られているが, 粘性土石流固有な現象ではなくオーストリア西部の山間部等のヨーロッパアルプスでも間欠的な段波状の土石流あるいは土砂流の流下が観測されてきている。この間欠的な土砂流の生成は流れの不安定性による一種の転波列であることを明らかにしつつある。しかしながら, その流下波動特性はまだ不明の点が多い。ここでは, 転波列性土砂流サージの生成機構を明らかにするとともに, 波動方程式の導出と転波列性サージの波動特性を明らかにすることを目的としている。

#### 【研究成果】

##### 3-3-1 転波列性土砂流サージの生成機構

間欠的に多数の土砂流サージの流下現象は流れの不安定性によるものであることを提案してきているが, 実際の間欠的な土石流の流下現象との比較は必ずしも十分なされてきたとは言えない。しかしながら, 本研究ではオーストリア西部で観測された間欠的な土石流の詳細なデータを基に提案している生成機構との関係を明らかにし, その妥当性を明らかにした。従来の土石流発生機構が河道堆積土砂の浸透流と表流水による静的な安定条件に基づくものであるのに対し, ここでの提案は流れ自身の不安定性による水面形の変化によるもので転波列と呼ばれる現象の一種であることを明らかにした。これにより従来の生成機構のモデルでは説明が困難な多数の間欠的なサージ現象, 緩勾配でのサージ生成・流下現象, 土石流・土砂流の流動機構による違い等を説明することができるものである。

生成条件は下記のようなものである。

$$F_r \geq \frac{\sqrt{\frac{\partial A}{\partial H} S}}{\left(\frac{\partial A}{\partial H}\right) \sqrt{\Psi_0^2 - (2\Psi_0 - 1)\beta}}$$

ここに,

$$F_r = \frac{u_0}{\sqrt{g h_0 \cos \theta}} \quad : \text{フルード数},$$

$$\Psi_0 := \left(\frac{m}{2}\right) \left\{ 1 + \left(\frac{2}{m}\right) - \left(\frac{R}{f'}\right) \left(\frac{\partial f'}{\partial R}\right)_0 \right\},$$

$\beta$  : 運動量補正係数,

$A$  : 流積,

$H$  : 水深,

$S$  : 潤辺,

$u_0$  : 平均流速,

$h_0$  : 平均水深,

$$m : = 1 - R \left( \frac{\partial S}{\partial A} \right),$$

$R$  : 径深,

$f'$  : 摩擦損失係数.

上式の適応例は図 3.3.1 のようである. 図中にはフルード数  $F_r$  と水深粒径比の関係が, 土石流の代表的な流動モデルのダイラタント流体モデル, ビンガム流体モデルおよび粒子衝突・混合流体モデルについて破線, 点線, 実線で示し, 実験結果および桜島・野尻川の観測結果, オーストリア西部の Lattenbach での観測結果を示している. 含有粒子の大きさの違い等による流動機構の変化を説明することができることを示している.

### 3-3-2 波動方程式における初期条件, 運動量補正係数 $\beta$ の影響

傾斜水路上の浅水流の運動方程式を用いた波動方程式において初期条件が波形に与える影響および運動方程式における運動量補正係数  $\beta$  が波形に与える影響について明らかにした. 初期条件の影響については, 初期の波形の形状にかかわらず時間の進行とともに同形の波形になることを明らかにした. これは異なる初期条件の解析解を得, それらの計算結果との比較によるものである. 図 3.3.2 は横軸に無次元流下方向軸  $\xi'$ , 縦軸に平均水深からの水面の無次元変動量  $\eta'$  を表している. (a), (b) は, 初期条件が矩形波, Sine curve の場合の解析結果である. それぞれの曲線は無次元時間  $\tau'$  の進展とともに波形  $\eta'$  が同じような形状になることが分かる. これは初期条件の形状にかかわらず同様な段波状の波形になることを示している. 波形 (水面形) の形状は無次元断面平均流速  $u_0'$  の大きさや河道勾配  $\theta$  に関係していることを明らかにした. また, 浅水流の運動方程式における運動量補正係数  $\beta$  は無次元断面平均流速  $u_0'$  が大きい場合波形に与える影響は小さく  $\beta = 1$  としよよいことを明らかにした.

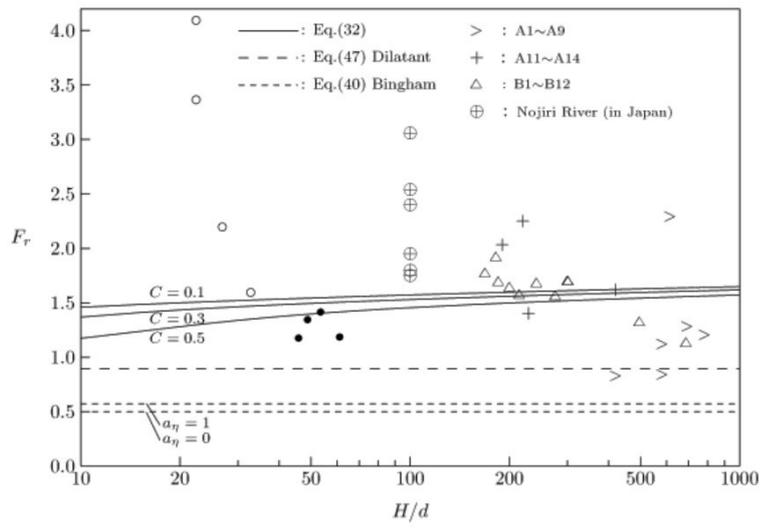


図 3.3.1 間欠性サージ生成条件

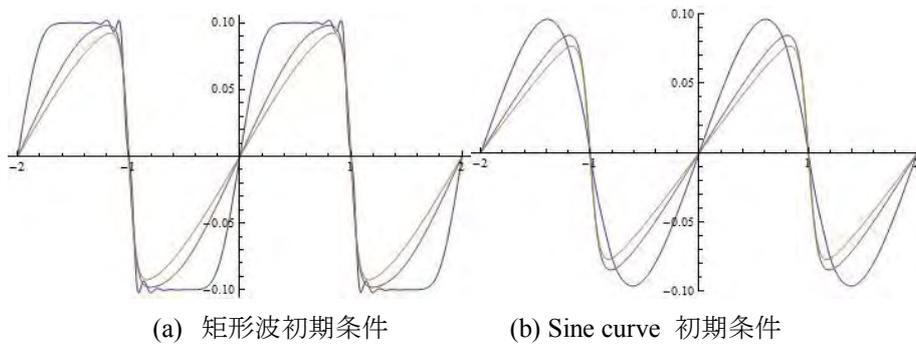


図 3.3.2 初期条件と波形変化 ( $\tau'=0.8, 3, 4$ )



## 研究テーマ4：水工学—地盤工学の連携による沿岸域低平地の自然災害リスク軽減への挑戦

### 4-1 各種河道条件を考慮した越流破堤現象の解明（研究担当者：溝口敦子）

#### 【研究目的】

異常気象等により想定外の降雨の発生などを要因として、最近では毎年のように堤防決壊等河川災害が報告されている。例えば、2011年9月の台風15号による庄内川志段味地区の越水による氾濫や2012年7月の九州北部豪雨災害での矢部川の堤防決壊は記憶に新しい。特に、矢部川の堤防決壊は、長期出水の後、水位のピークが過ぎてから起こっており、その要因は堤体基礎地盤がパイピング現象により流失しその上にあった堤体が崩落し変形したとされ、浸透現象が要因となった堤防の決壊として興味深く取り扱われている。山地と比べ沿岸域低平地は出水時に水位が高い状況が比較的長く続くため堤体への浸透現象が破堤災害を誘発させる可能性が高いと考えられるなど、各河道の特徴により破堤要因とそのリスクは異なる可能性がある。また、河道と堤内地の地盤高の差など河川周辺環境によっても、破堤後の周囲に与える影響も異なることが考えられる。

こうしたことを考慮し、本研究では、越流破堤に至るきっかけと堤体条件が及ぼす破堤現象への影響に着目し、小規模横断堤防を用いた実験によって破堤現象を調べてきた。実験で定性的に現象をとらえたうえで、その後数値解析などを援用し河道条件が及ぼす影響などを検討し、越流破堤現象を解明する。こうした研究を通じ、場所の特徴を考慮したうえで、破堤の予防策と破堤時のリスク軽減に向けた対策の提案が期待される。

#### 【研究成果】

##### 4-1-1 小規模横断堤防を用いた実験概要

ここでは、これまでに実施した研究のうち、越流破堤のきっかけに着目した実験1、堤体材料および被覆条件に着目した実験2の結果について報告する。両実験では、長さ約19m、幅60cmの水路を用いて水路中央に図4.1.1、4.1.2のような横断堤防区間を作り上流側に水をためて越流を誘発させ、破堤させる。実験1では、切り欠きを用いた実験と浸透による堤防の変形を誘発させる実験を実施し、それぞれの現象の違いを検討、実験2では、堤体材料粒径を変化させる実験と堤防の天端、裏法面の被覆状態を変化させる実験を実施し、堤体条件が越流破堤に及ぼす影響を検討した。なお、堤体およびその下の基礎地盤は、実験1では珪砂5号（平均粒径0.55mm）、実験2では珪砂5号と6号（平均粒径0.3mm程度）を用いて密度 $1.5 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ となるように毎回作成している。

また、今回の実験は、堤内地に相当する水路下流側において基礎地盤まで水を入れ飽和させた上で実施している。実験時には、水路側壁ガラスから堤体の横断面および堤体斜め上部からのビデオ撮影で堤防の変形過程、進行速度を把握し、かつ、レーザ変位計を水路横断方

向に動かすことで堤防天端中央およびその周辺の堤防形状（基礎地盤形状）を把握し、破堤口の拡大過程を検討した。また、堤外地となる水路上流部の湛水域に超音波水位計を設置する、または、ビデオ撮影画像を読み取ることで破堤時の水位の変化を把握した。

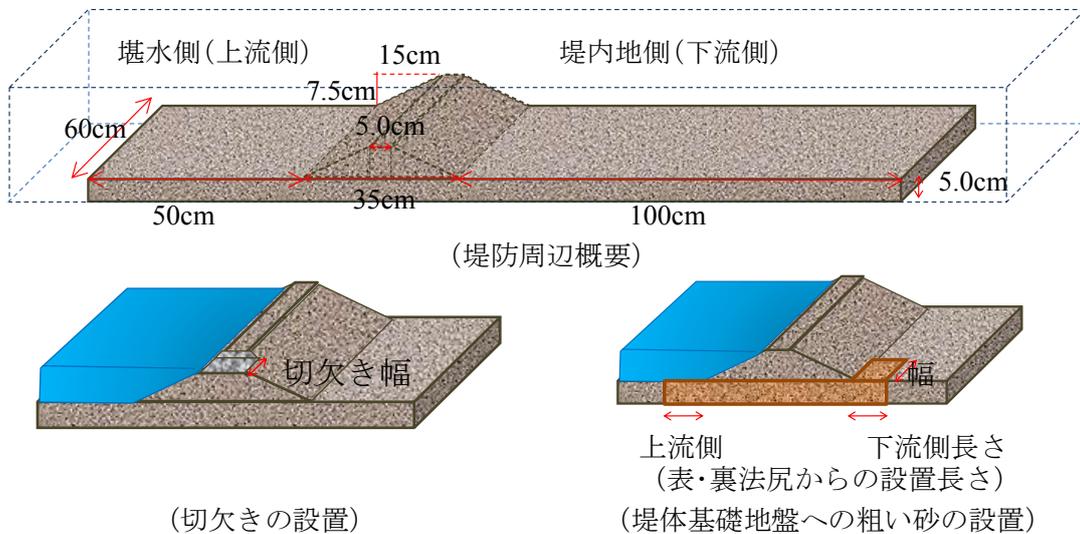


図 4.1.1 実験 1 における堤体周辺の設定

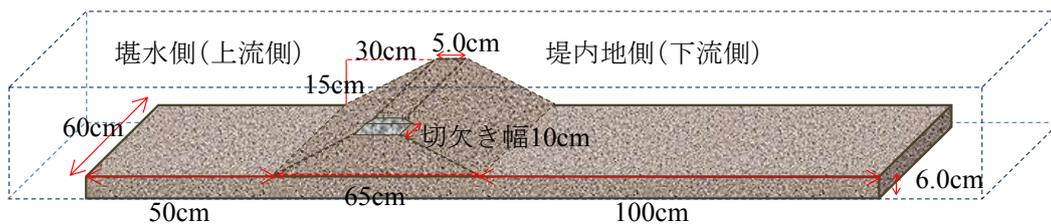


図 4.1.2 実験 2 における堤体周辺の設定

#### 4-1-2 実験 1：越流要因が破堤現象に及ぼす影響

##### (1) 法崩れの誘発条件の検討結果

実験で用いた小規模横断堤防に浸透による変形を誘発させる条件を検討した結果、堤体基礎地盤へ粗い砂を設置させ（図 4.1.1 右下）、かつ、その領域の下流側長さを 0 とすることで堤体の浸透破壊を誘発させることが分かった。この条件で湛水すると、図 4.1.3 に示すように法尻から天端に向かって徐々に法崩れが進む。

ここでは、基礎地盤に珪砂 3 号（平均粒径 2.0mm）を利用しており、堤体材料と比較すると、クレーガー法による透水係数は珪砂 3 号が  $1.8 \times 10^{-2} \text{m/s}$ 、珪砂 5 号が  $8.6 \times 10^{-4} \text{m/s}$  と算定され、大きく異なることがわかる。つまり、堤体に比べ透水係数が高い基礎地盤の 3 号砂部分は容易に水がしみ込み、堤内地側へ抜ける安定した水みちとなり、湛水域と堤内地側の基礎地盤高さとの水位差分の圧力が堤体下へ伝播することになる。ただし、事前実験では下流側長

さが 0 以上となりその水の逃げ道ができれば，上部の堤体には影響を与えないこともわかった．法崩れが誘発される条件では，基礎地盤を置き換える幅を変化させると法面が崩れる幅も図 4.1.4 のように変化し，この実験条件下では必ず基礎地盤の透水性の高い材料を設置した幅で法崩れが発生することが確認された．

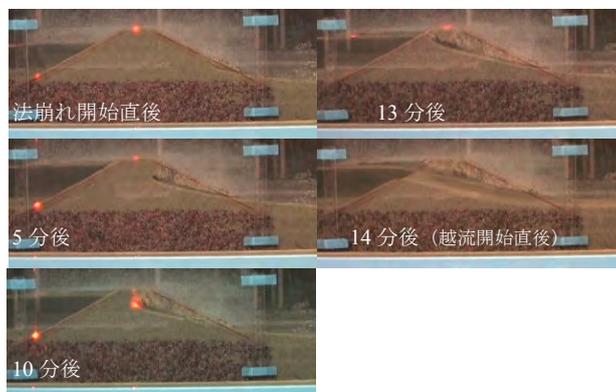


図 4.1.3 法崩れの進行例



図 4.1.4 法面崩れの様子（左図：基盤設置幅 5cm，右図：10cm）

## (2) 越流の要因による破堤過程の違い

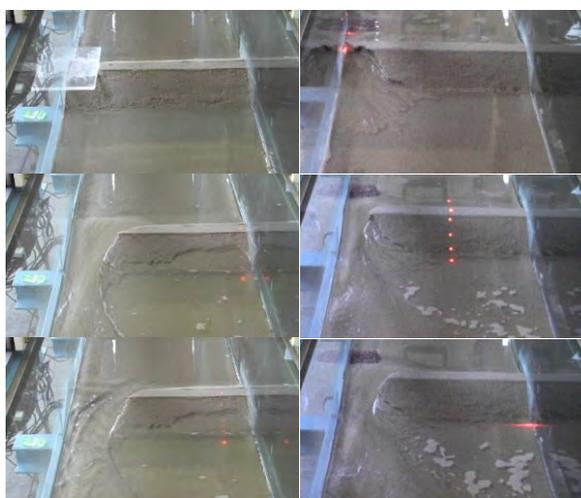
本実験では，堰水前から堤防に切り欠きを設置して越流させるケースと，法崩れを誘発させ越流にいたるケースを実施する．なお，1.2.2 の検討結果からもわかるように法崩れが起って越流にいたる場合，越流にいたるまでに堤体が崩れるため破堤部の堤体幅は薄くなる．一方で，切り欠きを設けた場合，先に天端高さを低くしているのみで堤体幅は変化していない状態での破堤となる．

堤体の法崩れを誘発させ越流を促すケースについては，予備実験結果を用いて堤体下から下流側へはみ出さないように，基礎地盤に透水係数が異なる材料を幅 5cm，10cm で配置し，切り欠きを設けるケースは，幅 5cm，10cm のケースに加え，幅 40cm で切り欠きを設置したうえで実験を実施した．ちなみに，切り欠きを設けるケースには図 4.1.5 にあるように通水開始時には開口部に水のうやアクリル板などを置き，基準の水位に達した時に切り欠きを開口させる方法で実施することとした．

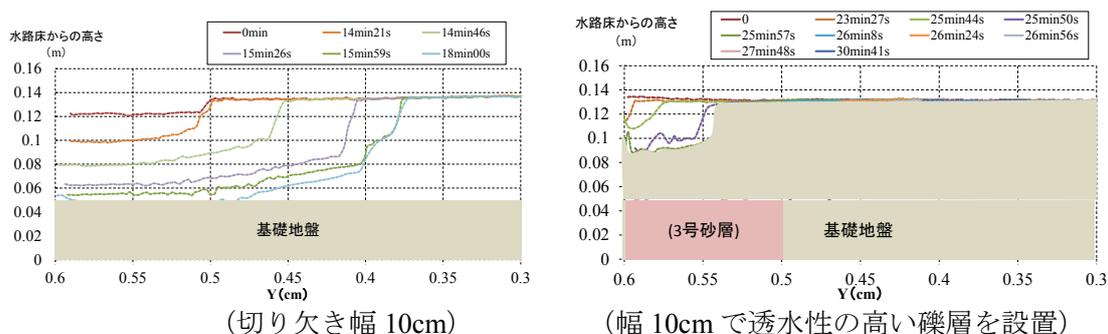
実験結果として，切り欠き幅 10cm を例にとると，天端中央部の破堤口の断面は，図 4.1.6 のように広がっていく．なお，このときの越流開始時間は，14min12s となっている．これに

対し、法崩れをきっかけとしたケースは、**図 4.1.6** に示すように越流が開始する 26min までに大きく変形する。ここで、破堤口の拡大過程を水路側壁での堤防断面の変化、および、開口幅と最深点高さに代表させ時系列で示すと、**図 4.1.7, 8** のようになり、法崩れ開始からの堤防断面の変化がその後の時間変化に影響することがわかる。**図 4.1.5, 6** の開口部の状況もあわせると、本実験では、法崩れの場合には最深点の低下つまり堤体の下刻が先行し起こるため、開口幅については初期段階からそれほど大きく変化しない傾向にあり、切り欠きを設けた越流破堤のほうが下刻に伴う河岸侵食により最終的な開口幅は広がることが分かった。

また、越流開始からの湛水域からの流出流量の変化を湛水域の水位に代替させ**図 4.1.8** にあわせて示すと、幅 5cm, 10cm 両者ともに法崩れによる破堤の方が、急激な水位低下が確認される。つまり、法崩れにより局部的に堤体が変形した場合には、越流開始時に限定された幅でかつ深い破堤幅が確保されているため、そこから多量の水が流出し、湛水位を下げる結果になったといえる。またこうした特徴から、堤内地側にできる落ち堀は、洗掘される場所は限定されたが切り欠きを設けた時よりも深くなることが確認された (**図 4.1.7**)。



**図 4.1.5** 破堤口拡大過程  
(左図：切り欠き、右図：透水性の高い礫層を設置)



**図 4.1.6** 天端中央における拡幅状況

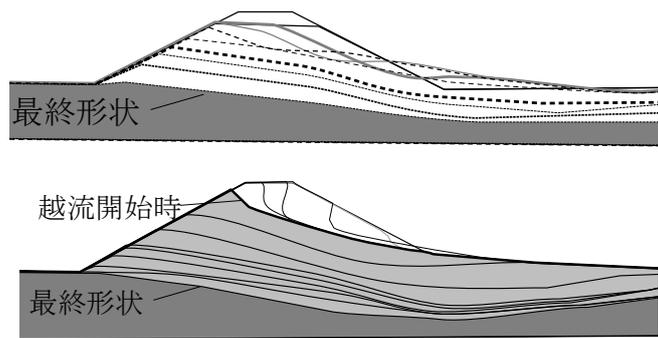


図 4.1.7 堤防の断面変化  
(上図：切り欠き 10cm, 下図：礫層幅 10cm)

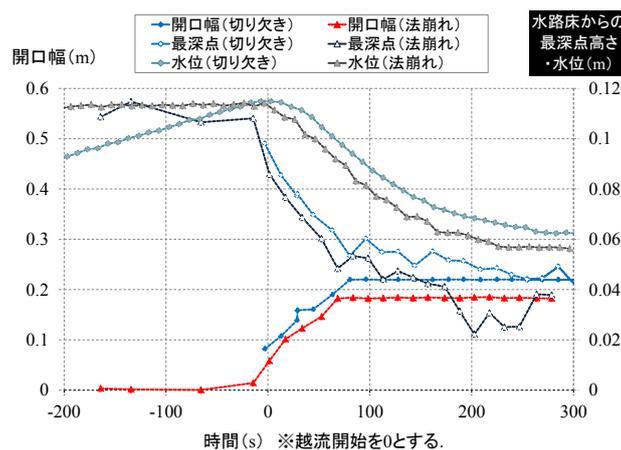


図 4.1.8 切り欠き、法崩れによる破堤過程の違い (幅 10cm)  
天端中央部の破堤口開口幅および最深点深さ、  
湛水域水位の時間変化

#### 4-1-3 実験 2：堤体材料および堤防被覆条件が破堤過程に及ぼす影響

##### (1) 堤体材料と浸潤状態が破堤過程に及ぼす影響

ここでは、堤体材料に珪砂 5 号 (平均粒径 0.55mm)、珪砂 6 号 (平均粒径 0.21mm) を用いて実験を行う。各材料で作成した堤防に、上流側に湛水した上で 6 時間放置したのち越流させた場合と表法面をサランラップで被覆しできるだけ堤体内に浸潤面が進まないよう抑制して湛水したのち越流させた場合を比較した。

その結果、小規模な堤防を用いたため、湿潤状態の違いによる各材料の破堤過程の進行時間にはそれほど大きな変化が現れなかったが、図 4.1.9 のように材料が異なると下刻の進行速度および拡幅時の崩落の特徴に顕著な違いがでた。特に、図 4.1.9 からわかるように材料が細かい方が初期の破堤幅が狭く全体的に深くなる傾向となった。

こうした材料による変化の違いは、粗度、流砂特性と粘着性が異なるために現れると考えられ、今後それらに着目し詳しく検討する予定である。

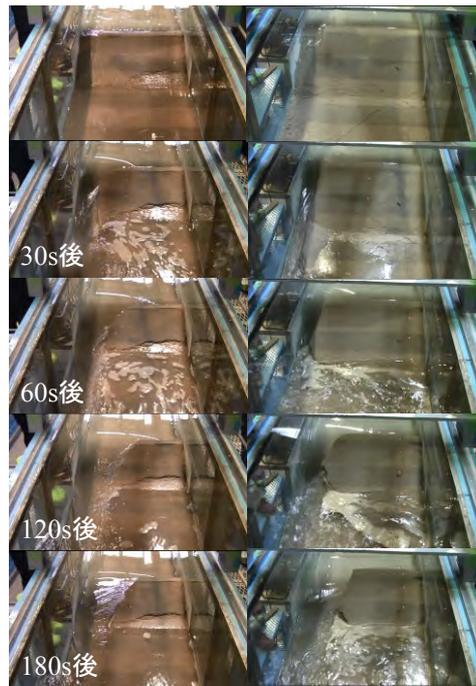


図 4.1.9 堤体材料による破堤過程の違い（左：5号砂，右6号砂）

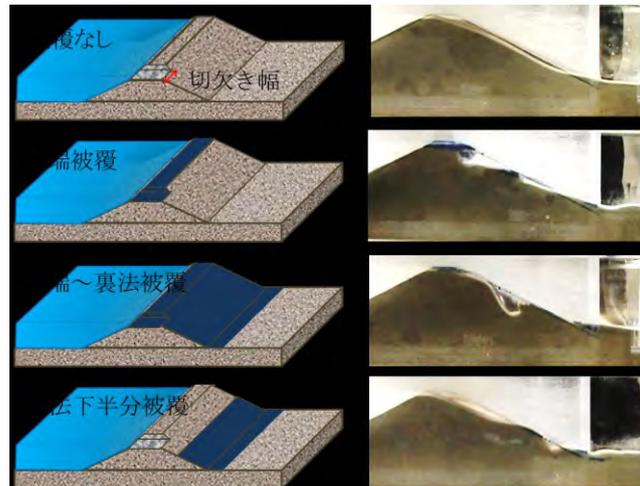


図 4.1.10 被覆位置による初期洗掘位置の違い

(2) 堤体の被覆状態が破堤過程に及ぼす影響

次に、珪砂 6 号を用いて、法面被覆状態を天端、法面などの被覆状態を変化させ破堤過程に及ぼす影響を検討した。被覆状態は、コンクリートなどをイメージし、表面に 3 号砂をかぶせアクリルスプレーで固めたものや脱脂綿を張りつめたものなどを検討した。図 4.1.10 に、アクリルスプレーによる被覆位置の違いが及ぼす初期洗掘位置の違いを示す。これからも分かるように、被覆によって越流開始直後堤防の下刻が抑えられるが、法面を被覆した場合には法尻周辺から堤体材料が徐々に持ち出され、天端のみを被覆したときは法面から下刻が進

み結局は破堤に至る。また、被覆があることにより崩落が抑えられ、オーバーハングした状態で堤体が削られる現象も見られた。こうした検討を通じ、堤体を被覆すると被覆がない場合より越流開始から堤防決壊まで要する時間を引き延ばせる可能性があることが分かった。

#### 4-1-4 結論および今後の課題

上述したように、これまでは小規模破堤実験により定性的な破堤の特性をみてきた。これまでの検討によって、越流の要因により破堤過程が変化すること、堤体材料、被覆状態の堤防自体の条件により特に初期の破堤過程が変化することが分かった。越流要因は越流開始時の堤体の形を変化させるため、堤体材料は材料の流砂特性、粘性特性を変化させるため、被覆状態は堤体の変形を様々な形で抑制するため、それぞれ破堤現象が変化した。今後は、これらの特性を数値解析などで再現させるべく、継続して研究を実施する。さらに河道の特徴が破堤現象に及ぼす影響を考慮したうえで、破堤時の被害を抑えるための対策などを検討していきたい。

## 4-2 沖積低平地における堤防基礎地盤の海溝型地震時の震動特性の解明（研究担当者：小高猛司・崔 瑛）

### 【研究目的】

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震において、軟弱粘土地盤を基礎地盤とする河川堤防が大変状する被害が多数発生した。この原因は、堤体下部の閉封飽和域が地震時に液状化したためであると考えられている。閉封飽和域とは、堤防築堤によって粘性土基礎地盤が長期にわたり圧密沈下し、砂質土堤体が地下水位以深まで沈み込むことにより堤体下部に形成される高含水状態の領域のことである。すなわち、東北地方では堤体内に閉封飽和域が多く存在したために、震災前にはあまり想定していなかった堤体自身の液状化による大変状が多数発生したとされている。しかし、この堤体大変状のメカニズムを検討するためには、閉封飽和域ありきで砂質堤体の液状化のみを議論するのではなく、粘性土基礎地盤が地震時に果たした役割を丁寧に評価してみる作業も必要である。

### 【研究成果】

#### 4-2-1 東北地方の粘性土基礎地盤河川堤防の被災メカニズムの検討

本研究では、地盤解析で多くの実績を有する水-土骨格連成有限変形解析を用いて、粘性土基礎地盤上の河川堤防で想定される一連の現象を解析し、東日本大震災によって被災した河川堤防の被災メカニズムを検討する。

##### (1) 粘性土地盤の室内試験とモデル化

数値解析に先立ち、実際に東日本大震災で被災した河川堤防近傍からサンプリングした粘性土を用いて室内三軸試験を実施し、数値解析に用いる粘性土の弾塑性パラメータを決定した。具体的には、典型的な大変状被害が発生した堤防の堤外地にて、築堤の影響を受けていない粘性土を深度 0.5 ～3.5m から採取し、圧密試験と三軸試験（試験）を実施した。

図 4.2.1 はそれぞれの深度で実施した三軸試験結果とそのシミュレーションの結果を同時に示したものである。構成モデルは、修正カムクレイモデルに構造、過圧密、異方性の概念を導入した SYS Cam-clay model を用いている。ただし、今回の解析では異方性の発展は考慮していない。表 4.2.1 および 2 にシミュレーションで設定した粘性土の初期値と弾塑性パラメータをそれぞれ示す。供試体毎の試験結果のバラツキが大きいため、初期値は供試体ごとに異なるものと仮定しているが、弾塑性パラメータは今回すべての供試体に対して同一とした。

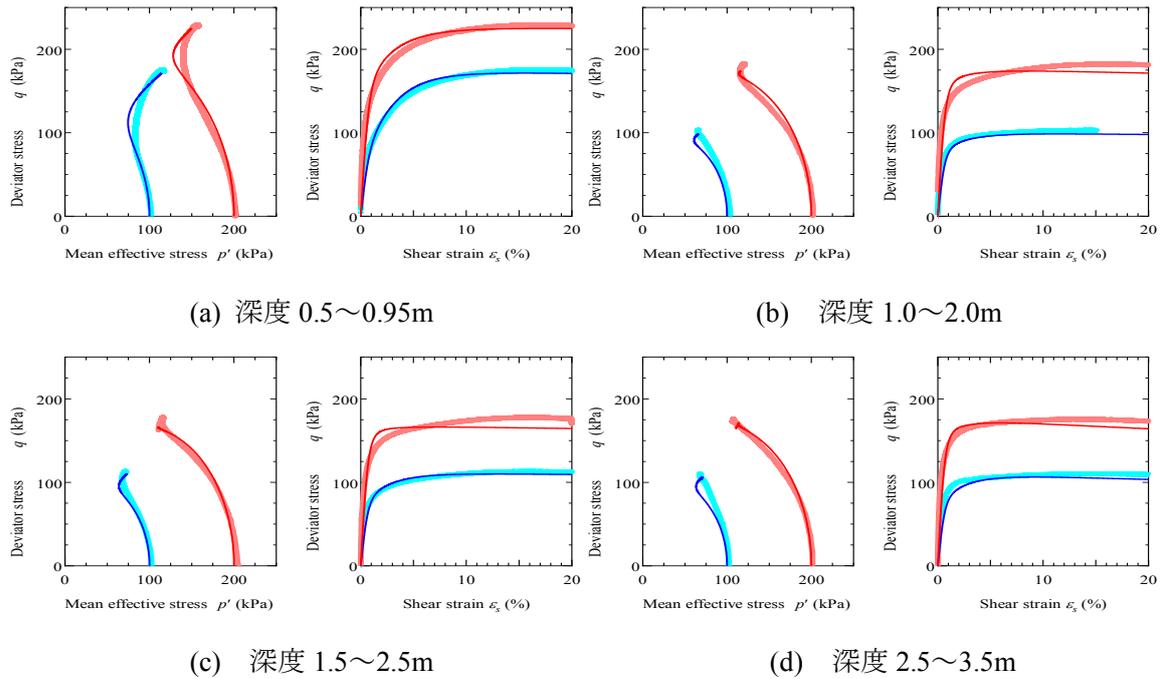


図 4.2.1 三軸試験と SYS Cam-clay model によるその再現  
(太線：試験値，細線：解析値)

表 4.2.1 粘性土の初期値

採取位置		0.5~0.95m		1.0~2.0m		1.5~2.5m		2.5~3.5m	
初期値	初期比体積 $v_0$	2.39	2.28	2.54	2.42	2.51	2.40	2.65	2.57
	初期鉛直応力 $\sigma'_v$ (kPa)	100	200	100	200	100	200	100	200
	初期応力比 $\eta_0$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	初期構造の程度 $1/R_0^*$	1.3	1.1	1.3	1.5	1.3	1.3	2.3	2.8
	初期過圧密比 $1/R_0$	2.38	1.45	1.27	1.11	1.44	1.05	1.42	1.10
	初期異方性の程度 $\zeta_0$	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545

表 4.2.2 粘性土の弾塑性パラメータ

弾塑性	限界状態定数 $M$	1.50
	NCL の切片 $N$	2.54
	圧縮指数 $\tilde{\lambda}$	0.27
	膨潤指数 $\tilde{\kappa}$	0.030
	ポアソン比 $\nu$	0.30
発展則	構造劣化の塑性尺度 (IREV)	4
	$-D_v^p$ と $\ D_s^p\ $ の割合 $c_s$	0.50
	構造劣化指数 $a$ ( $b=c=1.0$ )	0.10
	正規圧密土化指数 $m$	2.00
	回転硬化指数 $br$	0.001
	回転硬化限界面 $m_b$	1.00
物性	土粒子密度 ( $\text{g/cm}^3$ )	2.650

## (2) 解析条件

(1)で示した被災堤防で採取した粘土の力学試験結果をもとに、粘性土基礎地盤上の堤防の築堤～地震時～地震後挙動について GEOASIA を用いて事例解析を実施した。解析に用いた有限要素メッシュおよび境界条件を図 4.2.2 に示す。

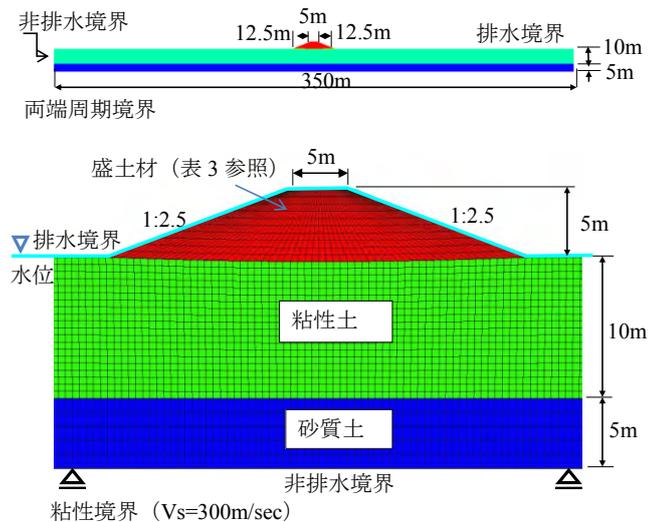


図 4.2.2 有限要素メッシュおよび境界条件

表 4.2.3 基礎地盤と盛土の材料定数

	砂質土	粘性土	盛土材
<b>弾塑性パラメータ</b>			
限界状態定数 $M$	1.20	1.50	1.50
NCL の切片 $N$	1.98	2.54	1.80
圧縮指数 $\tilde{\lambda}$	0.045	0.27	0.10
膨潤指数 $\tilde{\kappa}$	0.020	0.030	0.0022
ポアソン比 $\nu$	0.15	0.3	0.1
<b>発展則パラメータ</b>			
$-D_v^p$ と $\ D_s^p\ $ の割合 $c_s$	1.0	0.5	0.95
構造劣化指数 $a$	2.2	0.1	2.0
構造劣化指数 $b$	1.0	1.0	5.0
構造劣化指数 $c$	1.0	1.0	1.0
正規圧密土化指数 $m$	0.080	2.0	0.20
回転硬化指数 $br$	3.5	0.001	1.0
回転硬化限界面 $m_b$	0.9	1.0	0.2
<b>物性</b>			
土粒子密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.636	2.650	2.601
透水係数 $k$ (cm/s)	$8.25 \times 10^{-3}$	$5.56 \times 10^{-6}$	$1.00 \times 10^{-5}$
<b>初期値</b>			
初期比体積 $v_0$	1.623	2.520	1.629
初期応力比 $K_0$	0.6	0.6	1.0
初期構造の程度 $1/R^*$	2.9	1.55	1.8
初期異方性の程度 $K_\beta$	0.6	0.6	1.0

検討対象とした基礎地盤は 2 層からなる地盤で上層 10m が粘性土地盤で、その下 5m を砂質土層とした。地盤の初期状態は構造の程度、比体積は各層で均一として、土被り圧に応じて過圧密比を鉛直方向に分布させた。水位面は、地表面に位置し、水理境界は、地表面はそれぞれの水位に応じた排水（静水圧）境界とし、両側面、下面は非排水境界とした。また、工学的基盤面にあたる地盤下端は、底面粘性境界（ $V_s=300\text{m/s}$ ）を設定し、地盤左右両端において同じ高さにある節点に等変位条件を課す「周期境界」とした。堤体の盛土については、勾配 1:2.5、高さ 5m とした。施工過程を考慮して 1 層 0.5m ごとに有限要素を追加生成することで再現した。

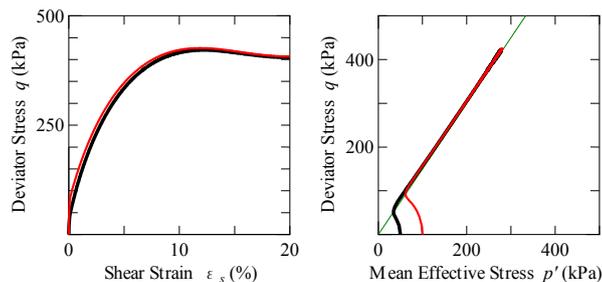


図 4.2.3 盛土材の非排水せん断挙動のシミュレーション

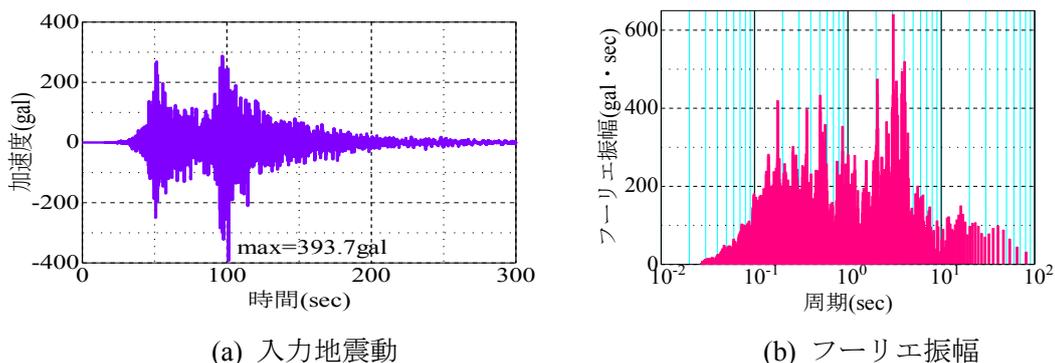


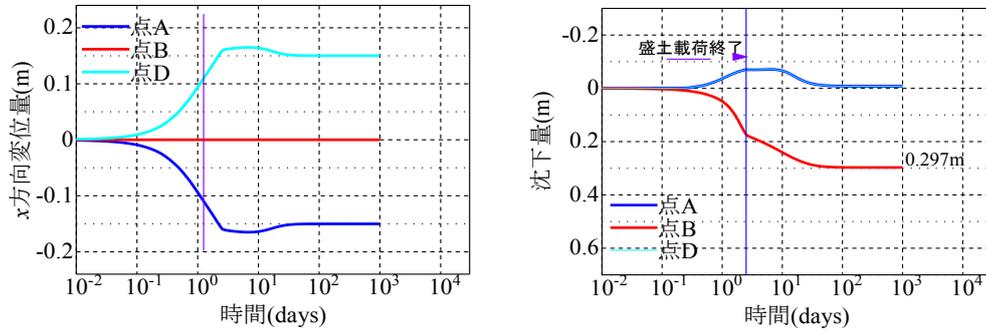
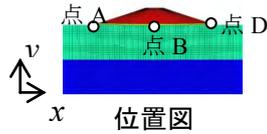
図 4.2.4 入力地震動（補正後）

解析に用いた材料定数および初期値を表 4.2.3 に示す。粘性土については、前章で設定した土質パラメータを用いる。基礎地盤の砂質土については、液状化しない密な砂を設定した。盛土材料は、試料を採取できなかったため、他の堤防盛土から採取したものをを用いた。図 4.2.3 はこの盛土材の非排水せん断挙動をシミュレートしたものであり、実際の解析と同様に比体積、構造の程度を一定として、過圧密比を未知数として計算している。砂に近い中間土の挙動を示す材料であることがわかる。

入力地震動については、2011 年 3 月 11 の KiK-NET 小野田における観測波（EW 成分）を翠川の式により補正し今回の工学的基盤面での入力地震動とした。その入力波とフーリエ振幅を図 4.2.4 に示す。50 秒および 100 秒付近に大きな加速度があり、2 秒～4 秒付近に卓越した周期を持つ地震動である。この地震動を、盛土載荷が完了し、圧密終了した後の地盤に入力し、地震時挙動の解析を行った。

### (3) 解析築堤に伴う圧密沈下

図 4.2.5 に築堤に伴う盛土載荷による地盤の沈下～時間関係を示す。水平地盤に 2 日間で築堤した後に 1000 日にわたっての変状を計算した。最終的に、盛土の法尻点 A、D で 0.15m 側方へ変位し、盛土中央地盤面点 B で 0.30m の沈下となった。圧密終了時のせん断ひずみ分布図を図 4.2.6 に示す。有限変形解析のため、堤体築堤に伴い基礎地盤が沈下していることがわかる。天端直下での 30cm 程度の沈下を最大として、堤体盛土の下部が下に凸に基礎地盤にめり込み、圧密沈下に伴って地下水位以下となった閉封飽和域に相当する部分が新たに形成されたことがわかる。ただし、この段階ではそれほど大きなめり込み量ではない。



(a) x 方向変位

(b) 沈下量

図 4.2.5 盛土載荷による変位～時間関係

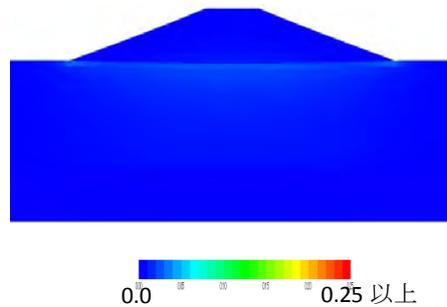


図 4.2.6 盛土載荷による圧密終了時のせん断ひずみ分布（地震入力直前）

#### (4) 地震時挙動

図 4.2.7 は地震入力時の x 方向変位, 沈下, x 方向の応答加速度の時刻歴を示す. 地震終了時には, 盛土の法尻点 A, 点 D で 2.5m 側方へ変位し, 盛土天端中央点 C で 2.5m, 盛土中央地盤面点 B で 1.7m の沈下となった. 水平変位も沈下量も第 2 波目以降に大きく増加しており, 地震動の継続時間が長かったことが, 堤防の変状を大きくした主要な要因のひとつであると考えられる.

図 4.2.8, 9 および 10 に, それぞれせん断ひずみ分布図, 平均有効応力分布図および構造の程度の分布図を示す. 図 4.2.8 のせん断ひずみ分布図を見ると, 第 1 波目の地震動(b)においては, 大きな変化が明確に現れておらず, 第 2 波目以降の地震動(c)において急激に変化が生じており, 継続時間が短ければ, 大きな変状に至らなかったことがわかる.

図 4.2.9 の平均有効応力分布を見ると, 50 秒付近の第 1 波目でも有効応力の変化は堤体で

現れているが、変状をもたらすまでの変化ではなかった。101秒以降の第2波目以降には堤体全域に有効応力の低下領域が広がり、特に低下が著しい部分で図4.2.8に示すようにせん断ひずみも局所的に大きく発生している。具体的には、101秒には法尻付近でせん断ひずみが大きくなり、盛土底面で徐々にせん断ひずみの大きい領域が広がり、ついには、盛土を貫通するようなせん断ひずみの局所化した様子がみられ、盛土の破壊した様子を見ることができる。これは、図4.2.9の有効応力の低下域とよく一致している。

一方、図4.2.10に示す堤体の構造の程度に着目すると、第1波目では構造の劣化がほとんど生じず、地震動の長い継続を経た第2波目に大きな劣化を生じ、大変状に至っている。本解析では堤体土を中間土に近い設定をしたために、地震動の継続時間の影響が現れたが、良質な砂質土であれば構造の劣化がもっと早く、液状化の発生も早いために地震動の継続時間の影響は現れない場合もある。

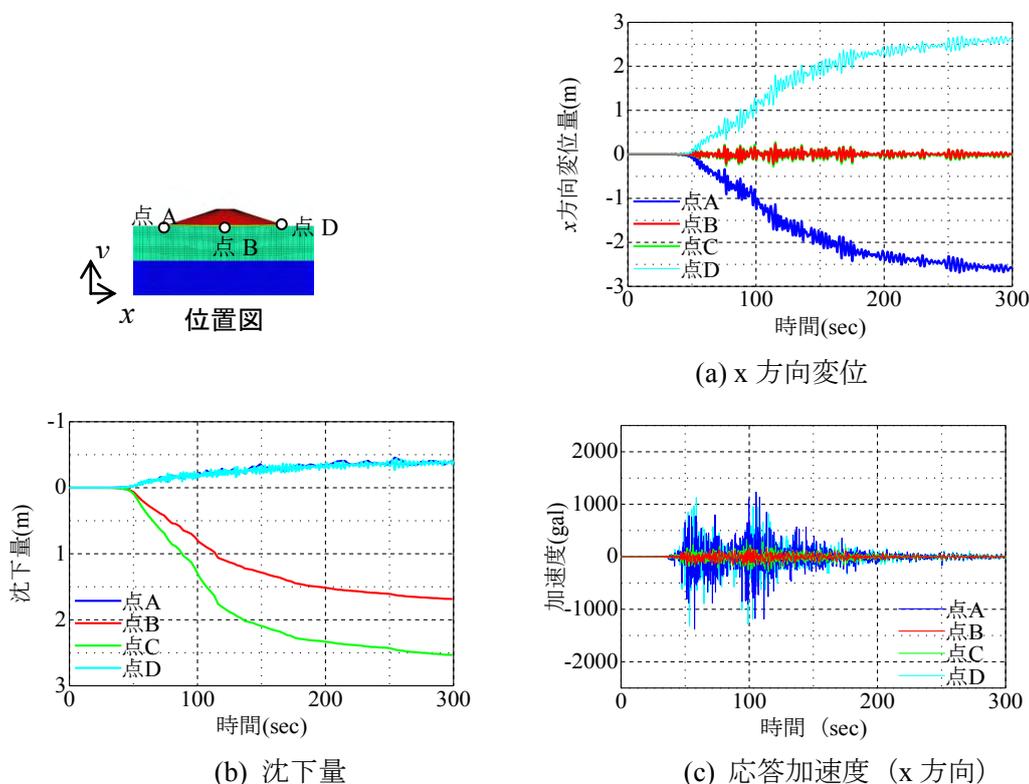


図 4.2.7 地震中の変位および応答加速度

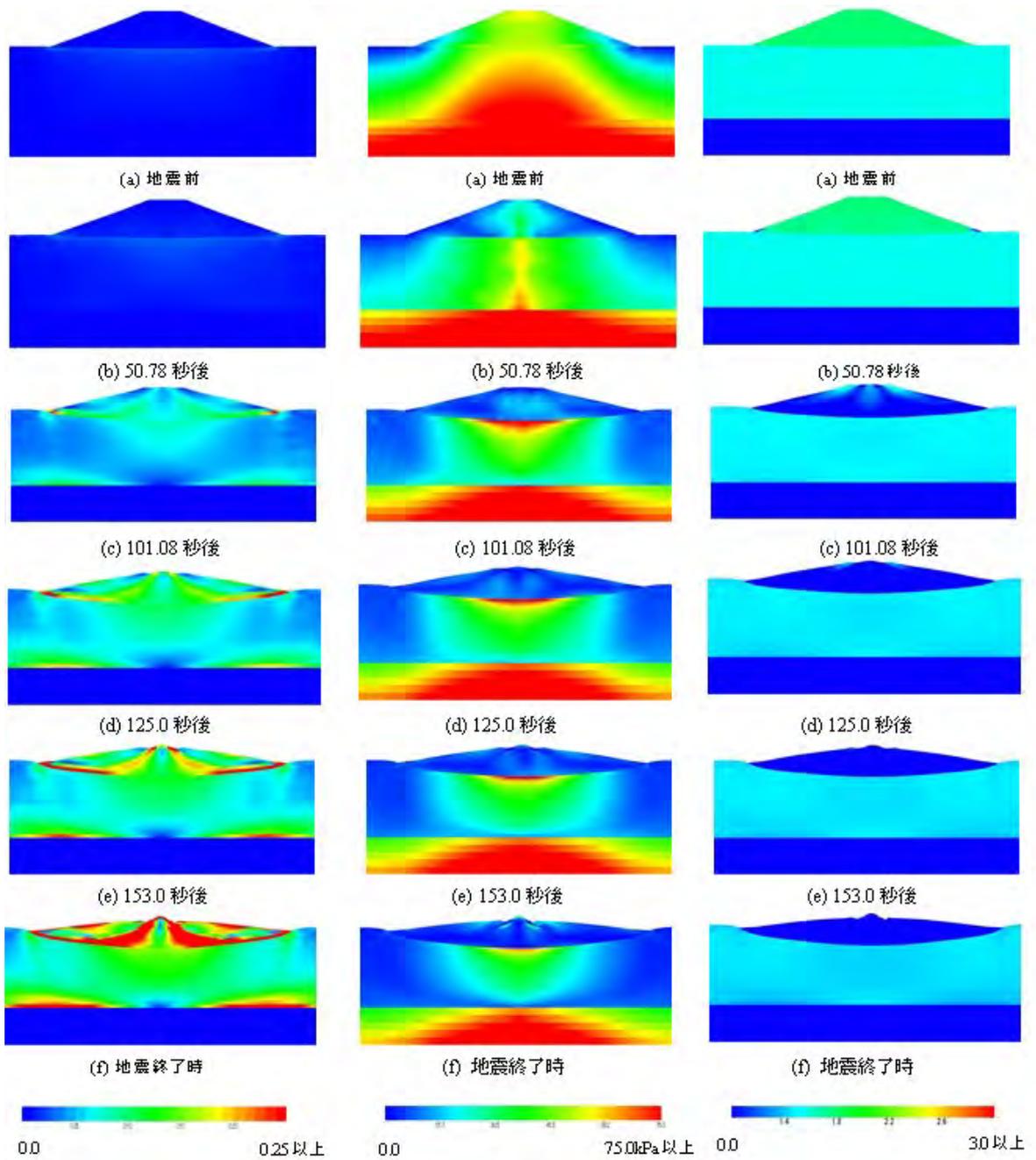
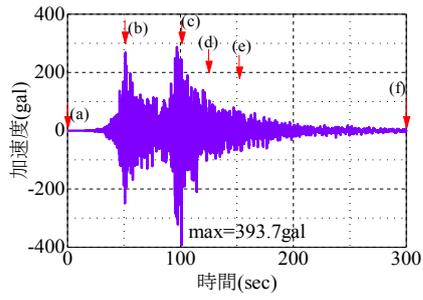


図 4.2.8 地震中のせん断ひずみ 図 4.2.9 地震中の平均有効応力 図 4.2.10 地震中構造の程度

### (5) 地震後挙動

地震後の挙動について、図 4.2.11 に点 A,B,C,D における地震開始時を基準とした変位量を示す。x 方向の変位は、法尻部の点 A と点 D では、地震後に徐々に大きくなる傾向がある。地震開始から 730 秒付近で、大きなせん断ひずみが生じて崩壊した盛土天端付近の変形がさらに大きくなり、隣接する要素が重なったため計算は停止した。ただし、計算が停止するまでは変形はわずかながら徐々に進行している。そのことから、粘性土基礎地盤上の堤防においては、地震後においても沈下が数年に亘って徐々に継続することが示唆される。完全に切り返して地盤改良などを実施した堤防では問題はないが、むしろ地震時には切り返す程の大きな変状がなかった堤防などにおいて、継続沈下の問題が後になって顕在化する可能性もある。

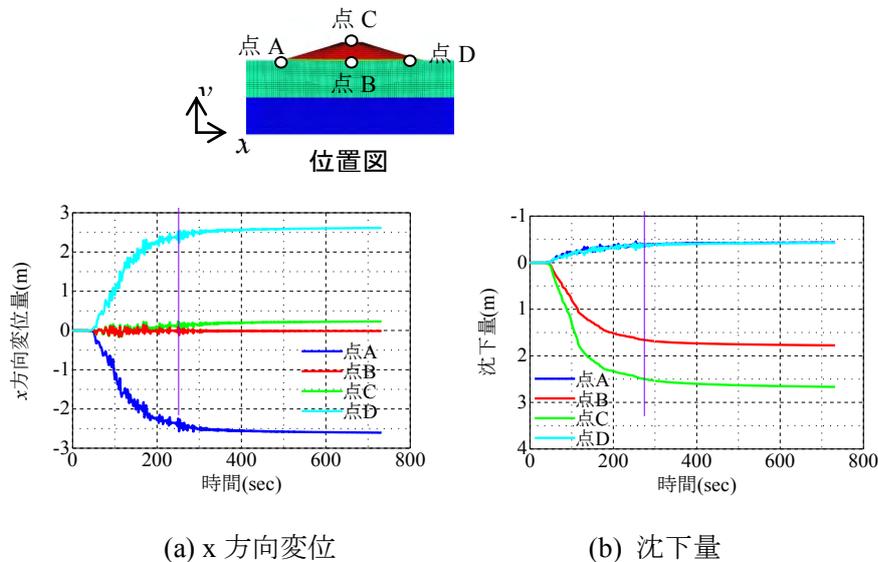


図 4.2.11 地震終了後以降の変位量

### (6) まとめ

現状の被災メカニズムの検証においては、粘性土の地震時変形は考慮されておらず、被災堤防の開削調査で観察された堤体のめり込みは、すべて地震前から存在していたことが前提となって議論されている。そのため、粘性土は R-O モデルなどのほとんど変形が発生しないモデルで事後検証解析がなされており、堤体下部の閉封飽和域の液状化のみに議論が集中している。しかしながら、粘性土地盤についても丁寧に弾塑性体でモデル化して検証すると、地震時にも変形が発生していた可能性があることがわかる。さらに、堤体材料についても細粒分を含む中間土的な砂質土であれば、地震動の継続時間が堤体変状の度合いを決める重要な要素であったことがわかる。堤体材料についても丁寧な弾塑性モデルを用いた議論が必要であることがわかる。

#### 4-3 洪水ならびに地震時の堤防安全性照査技術の開発（研究担当者：小高猛司・崔 瑛）

##### 【研究の背景】

洪水時の河川堤防の安定性照査には、国が定める「河川堤防の構造検討の手引き（以下、手引き）」が用いられている。この「手引き」では、洪水時のすべり安定性を解析するのに用いる土質定数の決定法（すなわち土質定数を求めるための試験条件）も定めているが、平成24年2月の改訂時に、その試験条件の自由度が高まった。しかしながら、試験条件によって得られる強度定数は異なるため、堤体土の粒度や密度などの土質情報によって、土質定数を決定するための適切な試験条件を示すガイドラインの整備が急務となっている。

一方、河川堤防の現状の地震時安定性にも課題が多い。本研究では特に、礫質土基礎地盤の液状化に対する安定性の評価手法の精度向上に資する研究を実施した。

##### 【研究成果】

#### 4-3-1 洪水安定性評価に資する砂質堤体土の強度定数決定のための三軸試験条件の考察

強度定数決定のためのガイドラインの整備にあたり、様々な実堤防試料を用いて各種の排水条件での試験を実施した。ここでは、淀川堤防で採取した乱れの少ない砂質試料を用いて三軸試験を実施し、各種の試験条件で得られた強度定数を比較した結果を示す。

##### (1) 試験試料のサンプリング

実験試料は淀川下流堤防から採取した堤体土であり、天端から深度1~2m, 2~3m, 3~4m, 4~5m および 5~6m の位置からサンドサンプラーによって乱れの少ない砂質試料（以下、各深度の試料を試料1, 2, 3, 4, 5と記す）を採取し、凍結して保管した。表4.3.1に各試験ケースの試験条件と、使用した供試体の情報を示す。試料は凍結したまま成型し、三軸試験装置に設置した後、2重負圧法により飽和化を行い、B値0.95以上を確保した。初期有効拘束圧は、試料1, 2, 4で50および100kPa、試料3, 5は50, 100および150kPaとし、3時間等方圧密した後に排水（CD試験）もしくは非排水せん断（ $\overline{CU}$ 試験）を実施した。なお、載荷速度はいずれの試験でも0.1%/minとした。

##### (2) 試験方法が砂質土のせん断挙動に及ぼす影響

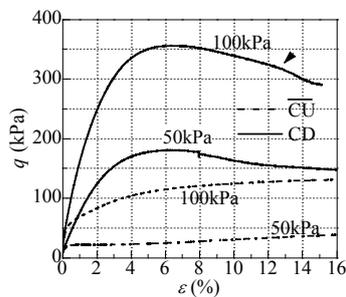
図4.3.1~5に、 $\overline{CU}$ 試験およびCD試験により得られた試験結果を示す。以下、試料ごとに説明する。

試料1（図4.3.1）：軸差応力～軸ひずみ関係より、 $\overline{CU}$ 試験では軸差応力が増加し続けているが、CD試験では軸ひずみ6%程度からひずみ軟化挙動が見られる。有効応力経路を見ると、いずれの有効拘束圧でも塑性圧縮後、膨張に転じている。CD試験における体積ひずみ～

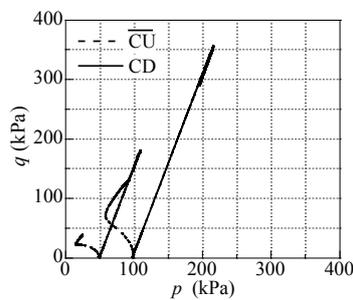
軸ひずみ関係からは、軸ひずみ 2%程度まで圧縮し、その後膨張に転じていることが分かる。

表 4.3.1 供試体情報および試験ケース

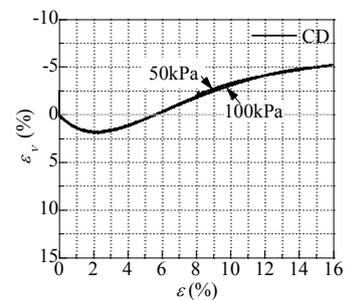
	試験条件	拘束圧(kPa)	乾燥密度(g/cm <sup>3</sup> )	初期間隙比 $e_0$
試料 1	$\overline{CU}$	50	1.49	0.779
		100	1.51	0.754
	CD	50	1.50	0.768
		100	1.49	0.777
試料 2	$\overline{CU}$	50	1.49	0.777
		100	1.49	0.773
	CD	50	1.58	0.679
		50	1.41	0.883
		100	1.45	0.824
試料 3	$\overline{CU}$	50	1.34	0.972
		100	1.43	0.851
		150	1.62	0.638
	CD	50	1.46	0.813
		100	1.32	1.004
試料 4	$\overline{CU}$	50	1.40	0.899
		100	1.29	1.060
	CD	50	1.35	0.963
		100	1.36	0.955
試料 5	$\overline{CU}$	50	1.47	0.799
		50	1.32	1.015
		100	1.45	0.826
		150	1.45	0.828
		150	1.29	1.058
	CD	50	1.46	0.812
		100	1.48	0.792



(a) 軸差応力～軸ひずみ関係

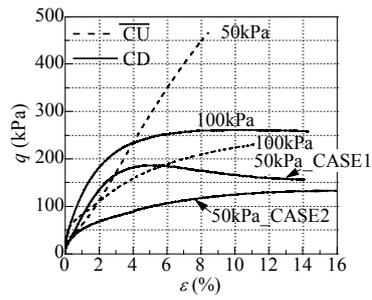


(b) 有効応力経路

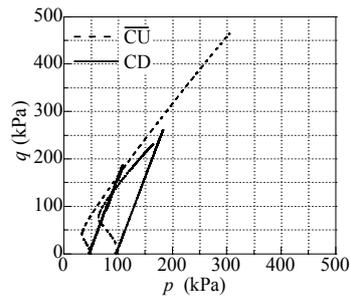


(c) 体積ひずみ～軸ひずみ関係

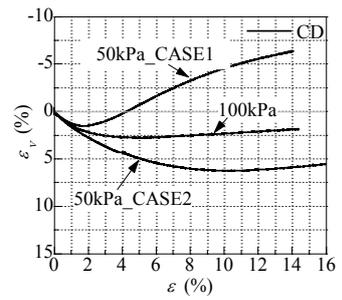
図 4.3.2 試料 1



(a) 軸差応力～軸ひずみ関係

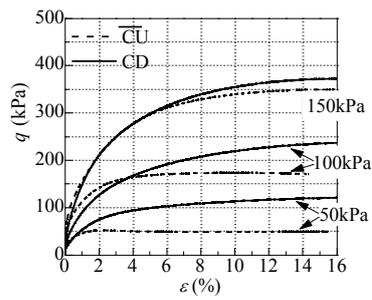


(b) 有効応力経路

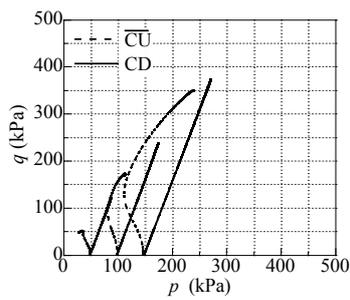


(c) 体積ひずみ～軸ひずみ関係

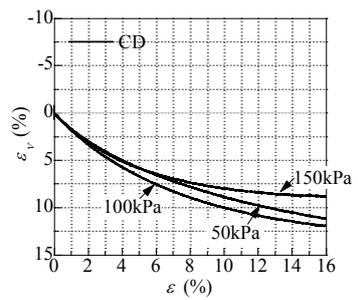
図 4.3.3 試料 2



(a) 軸差応力～軸ひずみ関係

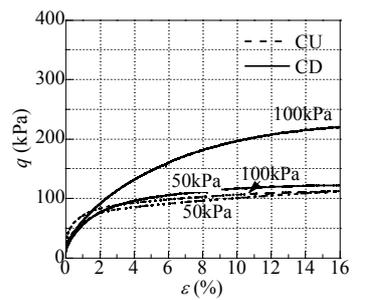


(b) 有効応力経路

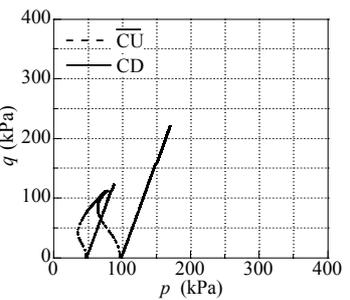


(c) 体積ひずみ～軸ひずみ関係

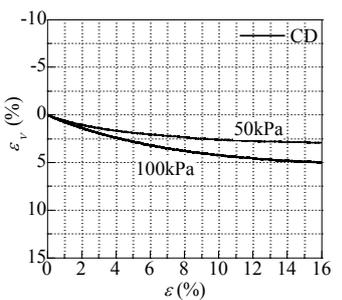
図 4.3.4 試料 3



(a) 軸差応力～軸ひずみ関係

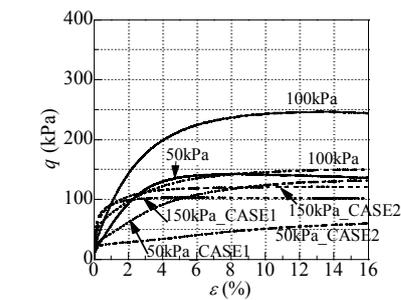


(b) 有効応力経路

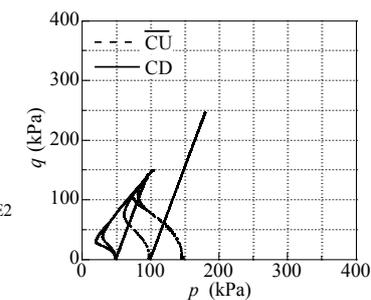


(c) 体積ひずみ～軸ひずみ関係

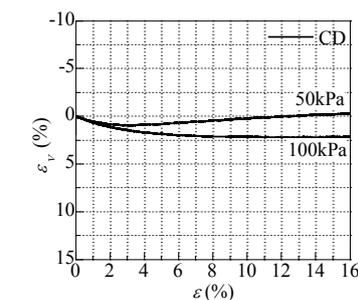
図 4.3.5 試料 4



(a) 軸差応力～軸ひずみ関係



(b) 有効応力経路



(c) 体積ひずみ～軸ひずみ関係

図 4.3.6 試料 5

試料 2 (図 4.3.2) :  $\overline{CU}$  試験では有効拘束圧 50kPa の軸差応力の増加度合いが 100kPa の試験より大きくなっている。有効応力経路で見ても、有効拘束圧 50kPa の供試体は、変相後の塑性膨張が顕著に現れ、負圧による有効拘束圧増加によって軸差応力が増大している様子がよく分かる。CD 試験においては、同じサンプリングチューブの供試体を用いて有効拘束圧 50kPa の同条件の試験を行ったが、軸差応力～軸ひずみ関係および体積ひずみ～軸ひずみ関係から分かるように、両者のせん断挙動は大きく異なっている。特に、CASE1 では試料 1 と同様の挙動を示しているのに対し、CASE2 では軸ひずみ 10%程度まで圧縮し、その後膨張に転じてはいるが CASE1 ほど大きく膨張はしていない。これは、表 4.3.1 に示すように、50kPa\_CASE1 における試料の乾燥密度および間隙比が他ケースと異なることを反映した結果である。

試料 3 (図 4.3.3) :  $\overline{CU}$  試験ではいずれの初期有効拘束圧においても試験中盤から軸差応力はほぼ一定となり、初期有効拘束圧 100kPa, 150kPa の有効応力経路は試料 2 と同じ傾向を示す。初期有効拘束圧 50kPa のみにおいて、変相には至らず塑性圧縮したまま試験を終了している。CD 試験は、いずれの有効拘束圧においてもせん断終了時まで圧縮し続け、軸差応力は単調に増加している。

試料 4 (図 4.3.4) :  $\overline{CU}$  試験および CD 試験ともに、軸差応力が単調増加したまません断終了している。また、 $\overline{CU}$  試験における有効応力経路および CD 試験における体積ひずみ～軸ひずみ関係は試料 3 と同じ傾向を示している。

試料 5 (図 4.3.5) :  $\overline{CU}$  試験では、初期拘束圧 50kPa, 150kPa に対してそれぞれ湿潤密度が異なる 2 つの供試体を用いて試験を行ったが、両者のせん断挙動は大きく異なる。 $\overline{CU}$  試験により得られた有効応力経路は、いずれのケースも試料 1 と同様の傾向を示している。さらに CD 試験の体積ひずみ～軸ひずみ関係より、拘束圧 50kPa の試験では軸ひずみ 3%程度まで圧縮し、その後膨張に転じているが、拘束圧 100kPa の試験では圧縮したまま試験が終了している。

以上の結果により、同じサンプリングチューブ内の堤防土であっても、わずかな深度の違いによって力学的性質が異なる。さらに、同じ深度と見なせる試料でも、試験方法によりそのせん断挙動が大きく異なることが分かった。

### (3) 試験方法が砂質土の強度定数に及ぼす影響

図 4.3.6～8 に、図 4.3.1～5 の試験結果により得られる破壊時のモールの応力円と破壊規準を示し、図中にそれぞれの強度定数を併記する。 $\overline{CU}$  試験は全応力でも整理しており、CU 試験結果に相当する。CU 試験の場合、いずれの試料も拘束圧に整合したモールの円が得られず、包絡線で強度定数を設定するのが難しい。これは、供試体毎のばらつきを反映した試験結果であると考えられる。試料 1, 3, 5 で示す  $\phi_{cu}$  は、仮に拘束圧 100kPa の試験結果から設定した値である。一方、 $\overline{CU}$  試験や CD 試験では、各拘束圧の試験結果は整合しており、モールの応

力円から破壊規準線が決まる。これらの試験条件においては、供試体ごとに異なるせん断中のダイレイタンシー特性が試験結果に反映されるためである。

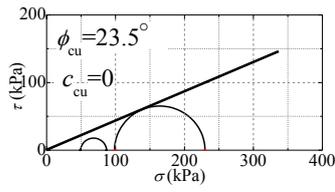
以上の結果より、同試料であっても、有効拘束圧や排水条件などの試験条件の違いによって力学特性が異なることが分かった。一方、 $\overline{CU}$ 試験の結果のみに着目すると、試料1の場合、いずれの初期有効拘束圧においても、せん断初期から塑性圧縮が見られ、変相後に塑性膨張に転じて正のダイレイタンシーが発現している。試料3の場合、いずれの初期有効拘束圧においても試験中盤から軸差応力がほぼ一定となる。試料2および試料4でも、初期拘束圧に係らずほぼ同じせん断挙動を示している。これらの試験結果は、同じ深度にある土は、供試体ごとに乾燥密度および粒度が若干異なるものの、同じ力学特性を有する土であることを示唆している。

また、本研究で用いた「乱れの少ない試料」ではCU試験で強度定数を得るにはばらつきが大きく、明確に決定しづらい。一方、 $\overline{CU}$ 試験、CD試験は強度定数の決定は容易であるが、それを円弧すべり解析に用いるには合理性は現在のところない。なお、本研究で用いた堤体土のように比較的密詰めの試料においては、 $\overline{CU}$ とCD試験の強度定数を比較すると、非排水せん断時の正のダイレイタンシー効果を反映し、やや $\overline{CU}$ 試験の強度定数が大きくなる傾向がある。

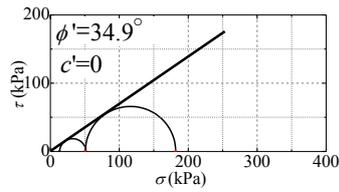
#### (4) まとめと課題

細粒分が多く含まれる堤防土では、サンドサンプラーで現地土の採取が比較的容易であることから、再構成試料を用いずに乱れの少ない試料で試験を実施することが多い。このような土は比較的密詰め構造であるが、人工物である堤防は、深度の違いによって盛土材が大きく異なることがあり、また同じ盛土材と見なせる場合であっても、ごくわずかな深度の違いで、締固め履歴によって乾燥密度が異なるため、試験で得られる力学特性が異なる。特に供試体による試験結果の差は、CU試験に顕著に現れる。一方、試験やCD試験では、供試体のダイレイタンシー特性を反映した結果が得られるため、供試体の差が出にくい長所を有する。堤防の安定性を検討する場合、全応力法である円弧すべり解析にCU試験の強度定数を用いることは合理的ではあるが、本研究で示した試験結果からも「乱れの少ない試料」での試験結果はばらつきが大きい可能性が高いことを考慮すると、少数の箇所の試験結果を安定解析にそのまま用いることは決して適当ではない。一方、やCD試験により得られた強度定数を全応力法の円弧すべり解析に適用する際には、堤防の破壊メカニズムを十分に考慮した上で用いる必要がある。

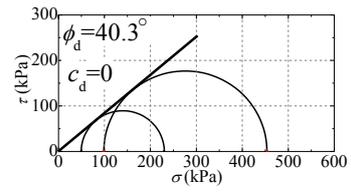
なお、今後は他様々な堤体土に対しても、試験方法がそのせん断挙動および強度定数に及ぼす影響について検討を行う。



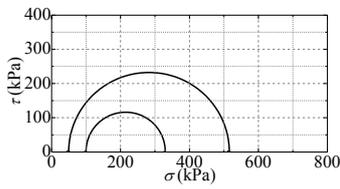
(a) 試料 1



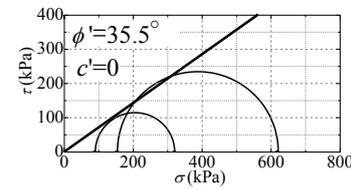
(a) 試料 1



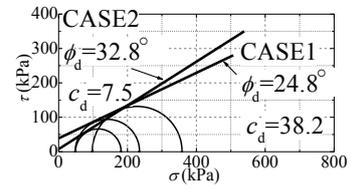
(a) 試料 1



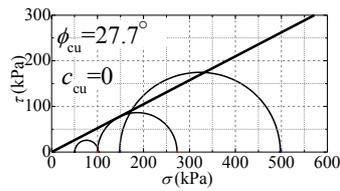
(b) 試料 2



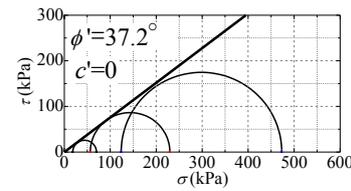
(b) 試料 2



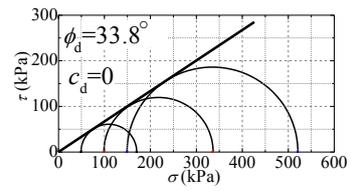
(b) 試料 2



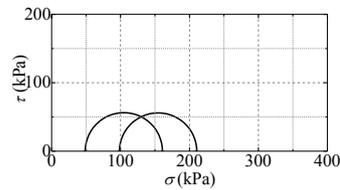
(c) 試料 3



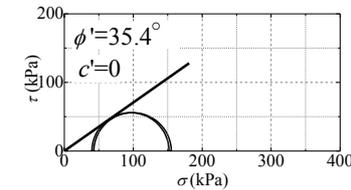
(c) 試料 3



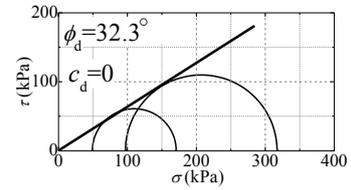
(c) 試料 3



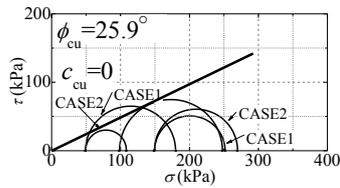
(d) 試料 4



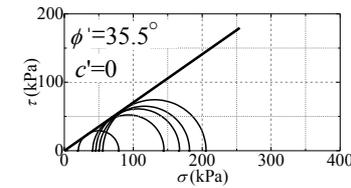
(d) 試料 4



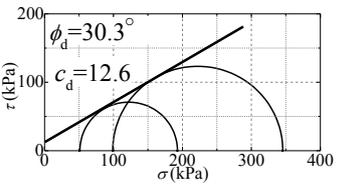
(d) 試料 4



(e) 試料 5



(e) 試料 5



(e) 試料 5

図 4.3.7 全応力のモールの応力円(CU)

図 4.3.8 有効応力のモールの応力円(CU)

図 4.3.9 全応力のモールの応力円(CD)

#### 4-3-2 河川堤防礫質土基礎地盤の液状化危険度評価に資する研究

河川堤防の基礎地盤の液状化危険度の判定には、粒度等によって判定の対象となる土層であるか判断した後に、主に標準貫入試験による N 値を用いて判定がなされる。その際の粒度は、一般に標準貫入試験時にレイモンドサンプラーで採取した試料（通称、ペネ試料）から分析されていることが多い。しかし、比較的大きな礫が混在する礫質土地盤においては、内径 35mm のレイモンドサンプラーで採取したペネ試料だけでは実際の基礎地盤の原粒度を評価することは難しいと思われる。ここでは、河川堤防の礫質土基礎地盤を対象として、3種の調査径でのボーリング調査を行い、標準貫入試験（ペネ試料採取を含む）、コア試料のサンプリング、PS 速度検層、現場透水試験を行った。さらに、採取したペネ試料、コア試料に加えて、バックホウによる直接掘削で採取した原粒度試料も用いて、それぞれの粒度の比較検討を行った。あわせて現場透水試験の結果から、礫質土地盤の透水性に着目した動的特性に関する考察も行った。

##### (1) ボーリング調査

河口部での堤外地高水敷にて、およそ 5m の間隔を空けて一列に 3 本の調査ボーリングを実施した。それぞれのボーリング調査径を表 4.3.2 に示す。それぞれのボーリング孔において、地表面から 1m 間隔で、それぞれ前半の 50cm で標準貫入試験（実際の貫入は 0.15~0.45m の 30cm）を実施して N 値の測定とペネ試料の採取を行い、後半の 50cm で無水掘りによる攪乱試料のコア採取を行った。それぞれのボーリング孔で使用したシングルコアチューブの内径も表 1 に示している。

図 4.3.10 は現地のボーリング柱状図とそれぞれのボーリング孔での N 値をまとめて示したものである。地下水位は深度 4.0~4.5m 付近にあり、3 本のボーリング孔での N 値は、No.1 の 4m 付近、No.3 の 5m 付近で低い箇所が見られるものの概ね類似している。特に地下水以深の地盤深部においても 20 以下が続いており、礫質土としては低い値となっている。

図 4.3.11 はボーリング孔 No.1 と No.2 においてダウンホール法を用いて実施した PS 速度検層の結果である。 $V_s$  が 200m/s 以下であり、礫質土地盤のせん断波速度としてはかなり遅く、N 値が小さいことと整合している。特に、図 4.3.10 の N 値において、No.1 の深度 4.5m 付近で相当低下する部分が見られるが、図 4.3.11 (a) の  $V_s$  においても若干低速度となっている。また、今回の採取場所から 200m 程離れた地点で以前に採取した礫を用いて、相対密度 60% に再構成した三軸供試体に対して  $V_s$  を計測したところ最大  $V_s=194\text{m/s}$ （有効拘束圧 98kPa）と得られており、今回の PS 速度検層の結果とほぼ同等であった。以上のことから、この堤防の基礎地盤は礫質土としてはややゆる詰めであることが推測される。

表 4.3.1 ボーリング調査の概要

ボーリング孔	No.1	No.2	No.3
調査径・外径 (mm)	66	116	140
コアチューブの内径(mm)	50	100	125
透水試験	○	○	—
PS 速度検層	○	○	—

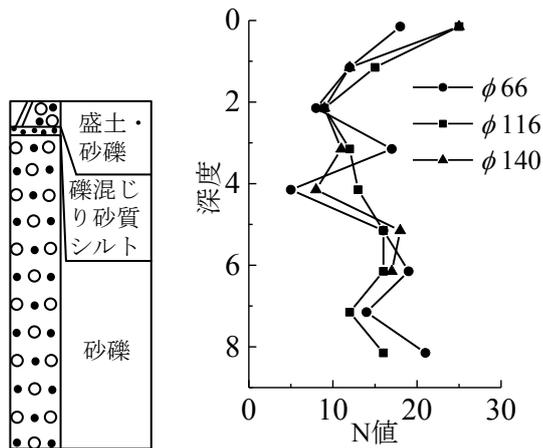


図 4.3.10 地層構成と各ボーリング孔の N 値の分布

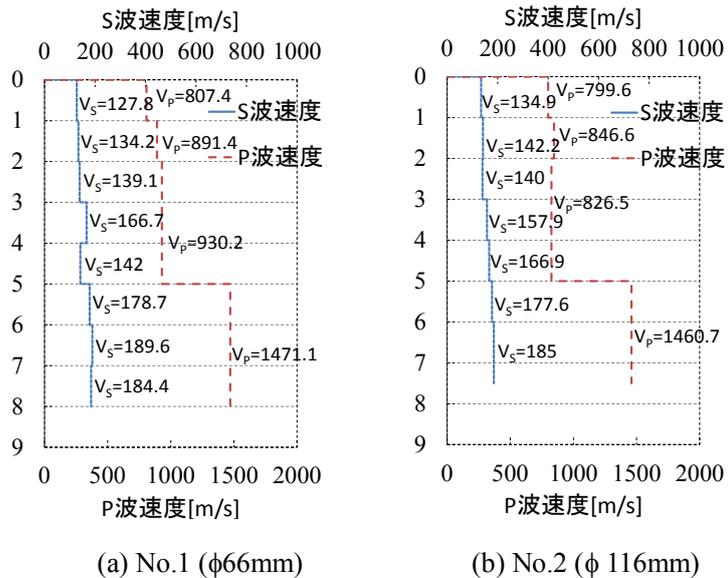
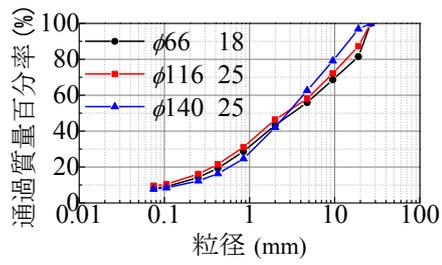
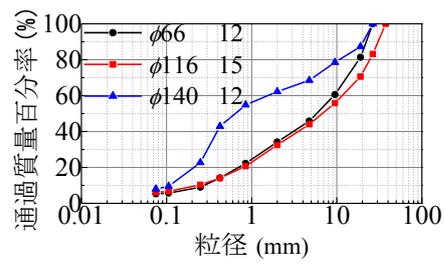


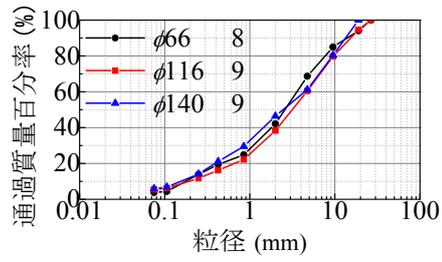
図 4.3.11 PS 速度検層結果



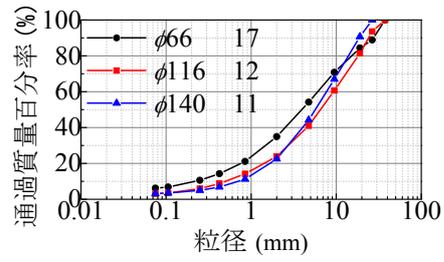
(a) 0.15~0.45m



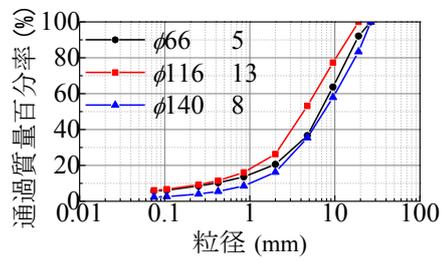
(b) 1.15~1.45m



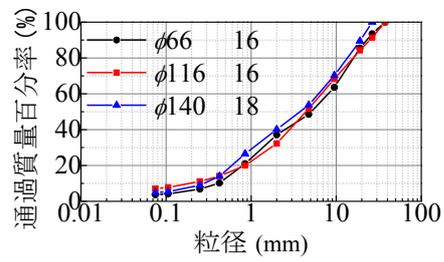
(c) 2.15~2.45m



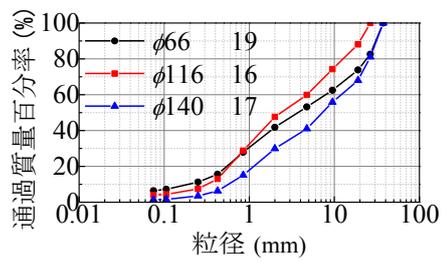
(d) 3.15~3.45m



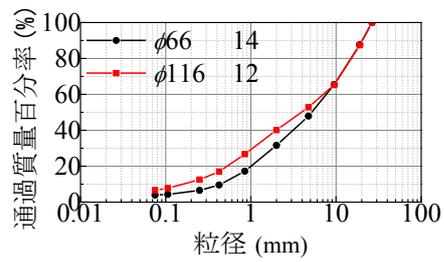
(e) 4.15~4.45m



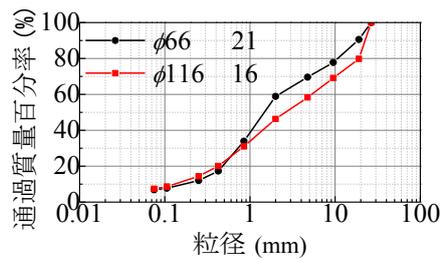
(f) 5.15~5.45m



(g) 6.15~6.45m



(h) 7.15~7.45m



(i) 8.15~8.45m

図 4.3.12 採取深度毎に整理したペネ試料による粒度試験結果

(2) 粒度試験結果

図 4.3.12 はそれぞれの深度におけるペネ試料による粒度試験結果である。凡例のボーリング調査径の横に書いてある数字は、それぞれのペネ試料を採取した際に計測された N 値である。図 4.3.12 (b) の深度 1.15~1.45m において、 $\phi 140\text{mm}$  の No.3 孔で採取した試料の粒度が他のボーリング孔で採取した試料の結果と大きく異なるが、その他の深度においては、多少のばらつきはあるものの、どのボーリング孔であっても、ペネ試料で比較すれば、得られる粒度はほぼ同様である。また、地下水以深の 4m 以深の粒度のいずれにおいても、「50%粒径 10mm 以下、かつ、10%粒径 1mm 以下」になっており、道路橋示方書における液状化判定対象土層に分類される。

図 4.3.13 には各ボーリング孔における全深度のペネ試料の粒度試験結果を示す。土質は深度方向に変わるのはもちろん、平面的にも厳密には同じではないので、図 4.3.13 (a)~(c) の各図を比較してボーリング調査径の影響をむやみに論じることができないが、各深度の粒度曲線は、各図それぞれの曲線群の中においてほぼ同じ位置関係を示している。また、孔径が大きい  $\phi 140\text{mm}$  の曲線のデータのばらつきは他のボーリング径と比べて、感覚的にはあるが若干大きいように思われる。

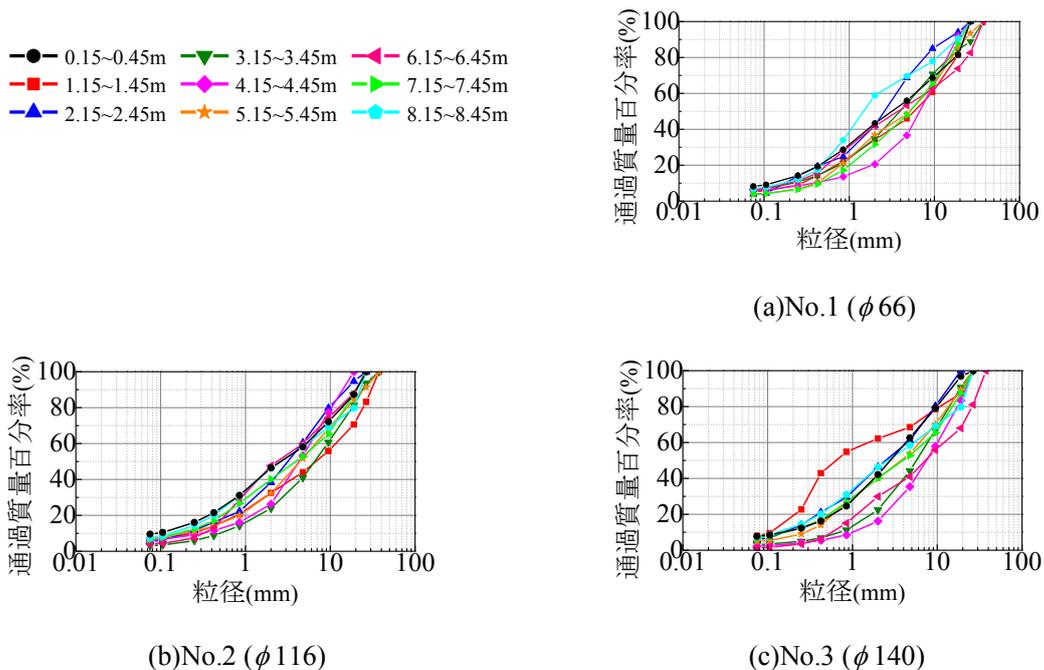
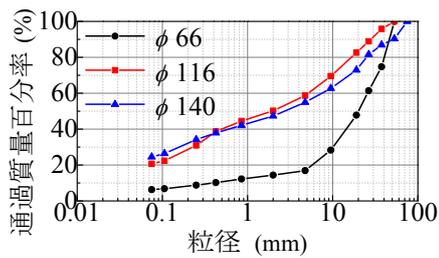
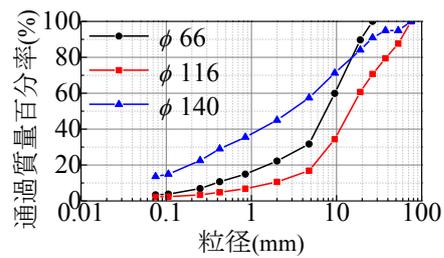


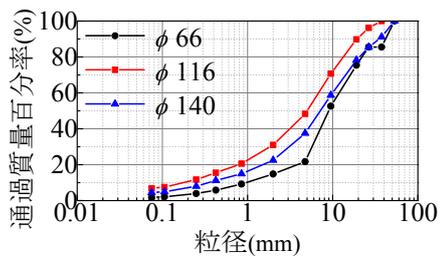
図 4.3.13 調査ボーリング孔毎に整理したペネ試料による粒度試験結果



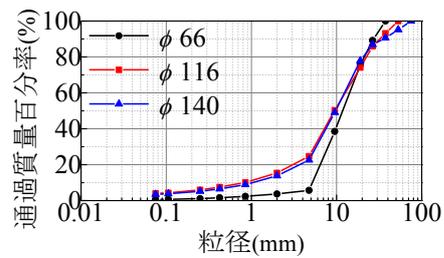
(a) 0.50~1.00m



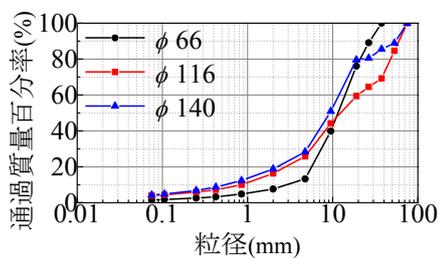
(b) 1.50~2.00m



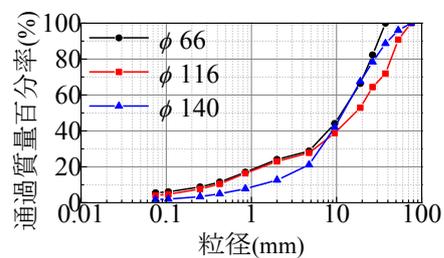
(c) 2.50~3.00m



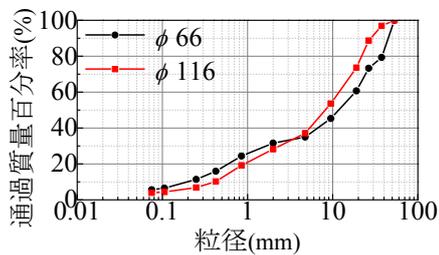
(d) 3.50~4.00m



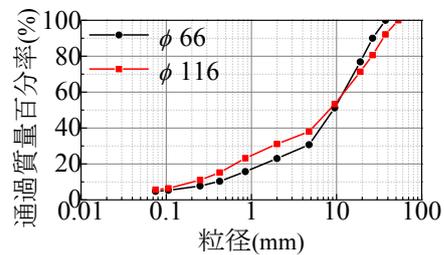
(e) 4.50~5.00m



(f) 5.50~6.00m



(g) 6.50~7.00m



(h) 7.50~8.00m

図 4.3.14 採取深度毎に整理したコア試料による粒度試験結果

図 4.3.14 はそれぞれの採取深度におけるコア試料による粒度試験結果である。図 4.3.12 のペネ試料での結果とは異なり、コアの採取径の違いが、それぞれの粒度の相違として現れている。ただし、図 4.3.14(a)の $\phi 116$ と $\phi 140$ および図 4.3.14(b)の $\phi 140$ のように、地表近くの浅部においては、大きなボーリング径で採取したコア試料の方が小さな粒径の砂分を多く含んでいる場合もある。それ以外においては、総じて図 4.3.12 に示すペネ試料の粒度と比べ、

全般的に粒度曲線は右に寄り、粒径が大きい傾向を示す。液状化判定に関連する地下水位以下の4m以深の粒度を見ると、ボーリング調査径によるばらつきは比較的小さくなるとともに、「50%粒径 10mm 以下、かつ、10%粒径 1mm 以下」から外れる粒度も見られる。

図 4.3.15 にはボーリング孔毎の全深度のコア試料による粒度試験結果を示す。ボーリング No.1 の孔径 $\phi 66$ mm のコア試料の粒度において、粒径 5mm 程度からの礫の割合が急増する傾向が見られる。特に、図 4.3.14 (a), (c) ~ (e) に示す 5m 以浅において、 $\phi 66$ mm のコア試料の砂分の割合が、他の孔径のコア試料に比べて明らかに少ないことがわかる。

図 4.3.16 は各ボーリング孔にて採取されたコア試料の様子である。孔径により粒度が大きく異なった地表面からの 2 本を見比べると、小径の $\phi 66$ mm のコア試料の中にコア径と同じ程度の大きな礫が複数混入していることが目視からもわかる。今回の調査では $\phi 66$ mm のコアに偶然大きな礫が多く混入したのか、あるいはゆるい礫地盤においてはボーリング作業中にコア径程度の礫をサンプリングチューブ内に引き込みやすい性質があるのかは不明であるが、図 4.3.14 (a) の事例は、コア径程度の礫の混入によって、原粒度とは相当程度に異なる粒度が得られる可能性があることを示唆している。

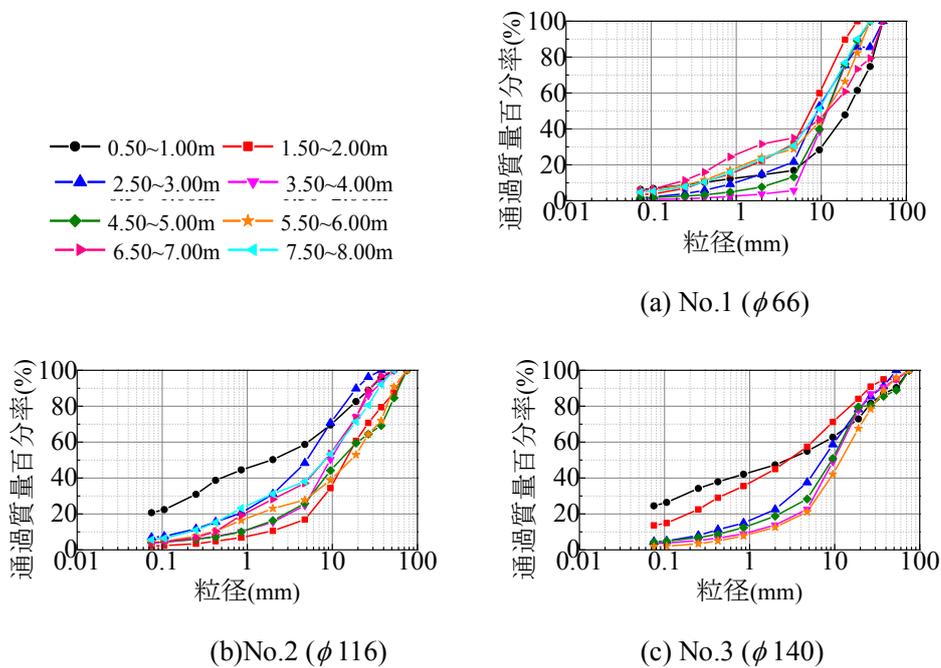


図 4.3.15 調査ボーリング孔毎に整理したコア試料による粒度試験結果

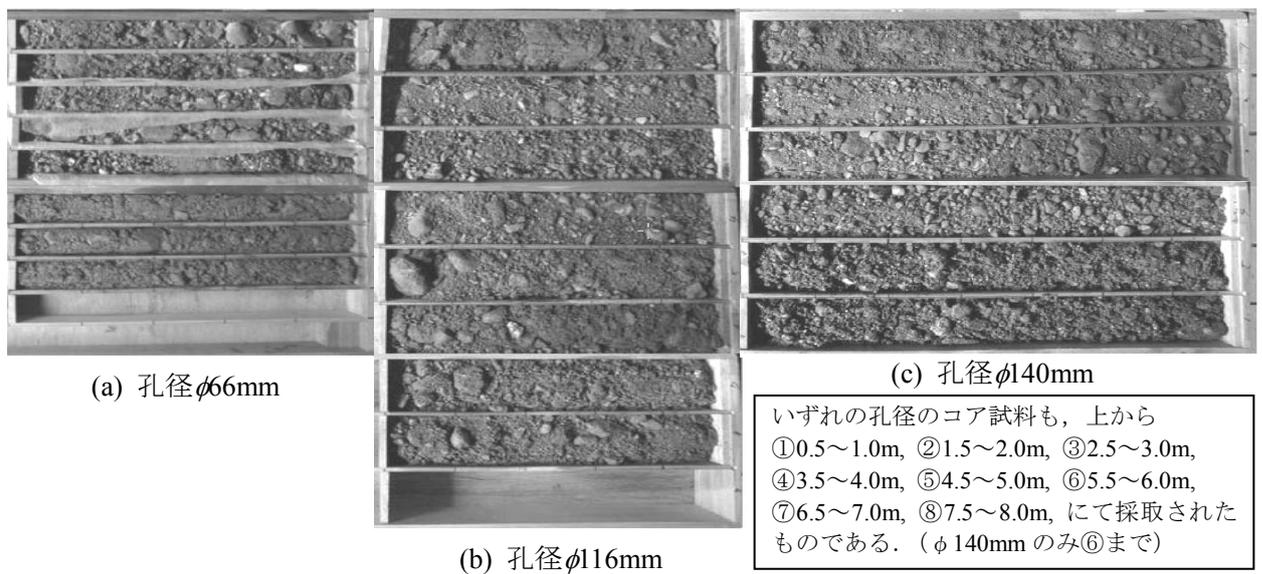


図 4.3.16 各ボーリング孔にて採取されたコア試料

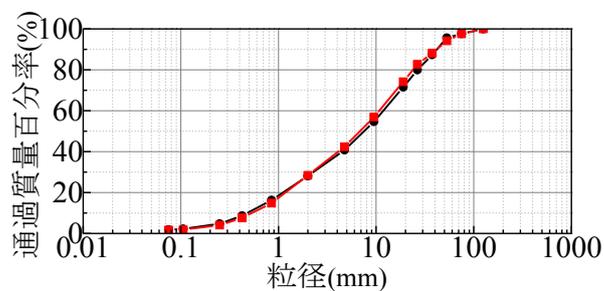


図 4.3.17 原粒度試料の粒度試験結果

本研究では、原地盤の原粒度も把握するために、バックホウによる直接掘削によって原粒度試料の採取も行った。採取場所は、ボーリング調査を実施した地点から水平距離で 20m 程度離れた場所である。今回は地下水位からわずかに下の礫層を、バックホウのシャベルで水ごとすくい取り、細粒分や砂分が流されないようにビニールシートに包んで実験室に搬入した。その後、細粒分を失わないように細心の注意を払いながら自然乾燥をさせたのち、全量乾燥質量約 500kg の採取土を 4 分法にて均等に分割してゆき、およそ 30kg ずつ分取した試料のうち、最も離れた 2 箇所の試料で粒度試験を実施した。図 4.3.17 は原粒度試料の粒度曲線である。2 つの試料はほぼ完全に一致している。採取深度は地下水位の直下であるので、ボーリング調査と比較するのであれば 4.5m 付近が適当である。図 4.3.14 (e) のコア試料の粒度と比較すると、 $\phi 140\text{mm}$  のコア試料の粒度に近いことがわかる。ただし、図 4.3.12 (e) のペネ試料も粒径 10mm 程度までは近い粒度曲線となっているが、10mm を超えた部分では大きく異なっている。

### (3) まとめと課題

本調査の結果、礫質土地盤の原粒度を、標準貫入試験時に採取するペネ試料だけから評価するのは難しいことが示された。したがって、礫質土の物理特性（特に粒度）を正確に得るためには、ボーリングコア試料を用いる必要がある。今回、 $\phi 66$ , 116, 140mm の3種類のボーリング調査径を採用したが、孔径が小さい $\phi 66$ mm の場合には、逆に細礫以下の細かい粒径の土の含有率を過小評価する場合があります、より大きなボーリング径を用いる必要があると判断できた。ただし、適切なボーリング径は対象とする礫地盤の原粒度によって異なると考えられる。

また、ボーリング調査の結果、N値は20以下、PS速度検層による $V_s$ は200m/s以下であり、この礫質土地盤はかなりゆるいと判断でき、現状の判定法では液状化危険度は高いと考えられる。ただし、本調査ではボーリング孔No.1（深度7.0～7.5m）とNo.2（深度8.0～8.5m）において、単孔式の現場透水試験も実施しているが、その透水係数はNo.1およびNo.2それぞれにおいて、 $2.14 \times 10^{-3}$  (m/s)および $3.14 \times 10^{-3}$  (m/s)であり、礫地盤相当に大きな値であった。ゆる詰め礫質土は完全非排水条件下であれば砂質土と同様に液状化することが室内三軸試験で確かめられているが、その一方で、排水条件での単調載荷試験では大きなせん断強度を有することも別途確かめており、透水性の高い礫質土基礎地盤が液状化によって大きく被災するのかどうかは、今後より詳細な検証が必要である。

## 研究テーマ5：「中核被災者」を主体とした被災限界からの自律再建メカニズムの解明

### 【研究目的】

本研究では、東日本大震災後の参与観察を通じて、「被災限界においては、公助を担うべき自治体の機能が著しく低下するが、自助や共助を担う「中核被災者」らの主体性の発揮が公助を補い、全体としての地域再建につながる」という仮説を構築した。その検証に向けて、被災自治体の機能喪失の実態と課題を検討すると共に、それらを補う域内外の多様な主体の自律と連携を把握し、被災限界からの地域再建プロセスを明らかにする。特に、被災者でありながら公助に依りすぎない自主再建に努め、地域再建に貢献する「中核被災者」に着目し、いつどこでどのような役割を担い、地域再建はもとより、被災者ひとり一人の生活再建にどのように影響するのかを長期かつ丹念に調査・分析し、被災地の自律再建メカニズムの解明を目指す。

### 【研究成果】

本研究では、仮設施設により事業を再開した陸前高田市内の4商店街の代表および店舗経営者を対象として、2013年8月29日から9月1日にわたり、被災後から事業再開に至るプロセスに関する約2時間のヒアリング調査を行った。なお、実際には、本稿で対象とする4店舗を含めて20店舗への同様のヒアリング調査を行っており、データベースとして記録している。ヒアリングの内容は、再開の時期ときっかけ、立地場所の選定、従業員の確保、活用した支援制度、各店舗や商店街のコンセプト、本設までの見通しに加えて、来客数や層、売り上げなど経営状況の震災前後の変化を整理した。その結果、スピード重視型や内装・コンセプト重視型など、業種によって「仮設」への考え方や本設に向けた戦略が異なることが見てきた。今回のヒアリング調査および参与観察をもとに、対象とする4事業者の仮設施設による事業再開プロセスに関する考察および比較検討を行った。

#### 5.1.1 仮設施設による事業再開プロセスに関する比較検討

表5.1.1は、仮設商店街の代表店舗へのヒアリング調査に基づき、仮設店舗による営業再開までのプロセスを①～⑩の10項目に分けて示した。表中の③によれば、A, B, C, Dの順に営業再開を果たしているが、その背景には、創業時期（老舗としての役割）や職種、今後の本設を見据えた仮設に対する考え方、それらを踏まえた店舗の内装や外装、商店街のコンセプト、立地へのこだわりが見て取れる。ここでは、各店舗（仮設商店街）の営業再開までのプロセスと影響要因について考察する。

##### (1) スポーツ用品店A「仮設は本設までの簡易型仮店舗」

スポーツ用品店Aは、新聞発表前の2011年4月末に中小機構によるプレハブ建設事業があ

表 5.1.1 陸前高田市内に立地する 4 店舗（仮設商店街）の仮設施設による事業再開プロセス

	スポーツ用品店 A	醤油製造・販売店 B	菓子製造販売店 C	飲食店 D
①店舗概要	昭和55年創業。市内・市外（大船渡市や遠野市など）の学校やスポーツクラブへのスポーツ用品販売を手がける。	明治元年の創業以来150年間「御用聞き商法」による地域密着型の営業を行う。醤油やだしなど地元で愛される商品を提供してきた。	昭和元年創業以来85年間、地域密着型の経営を行ってきた。ゆべしなど気仙を代表する人気商品がある。	2009年11月営業開始。市内では比較的新しい飲食店。カラオケ設備もあり、子供からお年寄りまで幅広い顧客を有する。
②立地場所（仮設商店街）	米崎商店街	高田町和野地区	栃ヶ沢ベース	つどいの丘商店街
③仮設店舗での営業開始日	2011年10月22日	2011年11月20日	2012年5月3日	1号店（鳴石）2011年7月10日 2号店（つどい丘）2012年6月2日
④従業員数	震災前5名、震災後3名。パートを解雇し、社員のみでの再開。	震災前後10名、一旦解雇の後、再雇用。	震災前5名、震災後4名、一旦解雇の後、再雇用。	震災前6～7名（解雇）、震災後6～7名（新規）、人手不足のため、1号店休業中。
⑤客層の変化	客層の変化はなし。震災前と同様に学校やスポーツクラブからの注文を受けている。震災前の8割まで取引数が回復。	震災後も御用聞き商法を行っており、客層の変化はなし。津波被害を免れた台帳を頼りに、地域の各家庭を廻り、訪問販売を行う。	震災前は2店舗（本店：和菓子、支店：洋菓子・パン）のため、店舗によって客層が異なり、基本客層は地元中心。震災後は店舗を統合し、県外やネットなど幅広い客層が来店。	震災前は1日平均50名。震災後は常連客と合わせて、ボランティア等の外部者の来店あり。
⑥営業再開のきっかけ	・震災前から他市の学校等とも取引があり（メーカーへの発注やユニフォームのマーク入れ等）、被災していない市から新学期に間に合うように備品の発注があった。 ・店舗がなくとも、避難所（避難所の運営リーダー）で営業再開。携帯電話に残った情報を用いて、発注者とメーカー・通販との仲介で営業を再開した。	・避難所にいる際に、「支援物資の醤油でなく、ここの醤油が食べた。いつ再開するのか？」といった顧客からの声があり、自分たちの商品が愛されていることを再認識し、醤油造りを何としてでも再開しようと思った。	・震災後しばらくして、支援物資としてお菓子が配給される。貧乏品と考えて控えていたが、徐々に嗜好品が生活に必要な時期になってきたと感じる。 ・8月の復興イベントに参加し、就労支援も兼ねて草加せんべいを製造・販売した。しかし、以前の顧客から「せんべいでなく、ゆべしなど震災前の菓子が食べたい」と求められた。	・迷いはなく、震災後水道が復旧すれば再開しようと考えた。 ・町に集える場所や飲食店がなくなったら困るだろうし、自分がやることで他の飲食店等も再開すると思った。
⑦仮設店舗へのこだわりや工夫	・とにかく早期再開（市内1号店）を目指した。本設ができた際には、現在の商品や陳列棚・ラックをそのまま移動・活用できるように、あえて簡単な取り付けにしている。	・顧客の声に応えるため、早期再開を目指した。醤油造りのための蔵は花巻市老舗の醸造蔵を使わせてもらった。 ・地元での御用聞き商法を続けるため、販売店舗・営業所は元に近い場所にコンテナ設置した。時間を要するため、中小機構のプレハブは活用していない。 ・新たな商品、パッケージを用意し、御用聞き、通販、小売販売の3つの販路をもつ。	・昔ながらを残しつつ、新たな商品バウムクーヘンで顧客にアピールした。 ・赤色のオープンを購入し、それを基調に店舗内装は明るく洒落たデザインにした。 ・コストはかかるが、白く無機質なプレハブ感や被災地のグレーのイメージを忘れられる空間作りこだわった。	・1号店はひと夏（生ビール商戦期）超えられればよいと考えた。土地契約期限を見据えて、移動しやすいコンテナ+プレハブをつなげる造りにした。 ・2号店はプレハブ造だが、町の復興の遅さから長期経営を見据えた本設のつもりで内装を手掛けた。 ・従業員の安定確保が難しく、誰でも同じ味が作れるレシピを作成した。
⑧立地や仮設商店街のコンセプト	・自分の商売（スポーツ用品店）だけでなく、食堂、コンビニ、床屋、花屋など“商店街”としてのバラエティに富むメンバーを集めた。	・候補地は他にもあったが、工場と店舗が元あった場所に近い所での再開に決めた。段階を経ながらの身の丈にあった再建を実践している。	・商店街は地元の老舗（人気店）で固めた。 ・蕎麦を食べて、デザートを買って、洒落た小物を眺めながら気持ちを休める。陸前高田市ならではの土産も買える。内装までこだわった3店舗を回って、被災地でも日常を感じられる場所を目指している。	・まちづくり市民団体や子育て支援、包装資材などもあり、ショッピングとしての機能は弱い。 ・内外からのイベント企画を開催できる「集う場」の提供を主眼に置いている。人が集い、つながる場としての商店街を目指している。
⑨活用した支援制度	・中小機構（プレハブ建設）	・支援制度は活用せず。（コンテナは自社で購入、備品類も職員の各家庭からの持ち寄りで購入。）	・中小機構（プレハブ建設） ・ミュージックセキュリティーズ（ファンド会社） ・産業復興機構による債権買取制度（県）	・中小機構（プレハブ建設） ・雇用創出助成金（県） ・三陸基金 ・一関市民活動センター支援
⑩今後の方針など	・店舗の陳列販売がメインでなく、学校等の顧客とメーカーとの仲介や通販での収益がほとんどであるため、仮設店舗での営業で問題はない。 ・町の復興状況に合わせて、いずれは子供達が集え、町の顔となるべく本設したいと考えている。	・顧客のニーズに合わせて、商品の種類を増やしていきたい。まだ、既存の商品もすべては製造・販売できていない。 ・できれば、元の場所で蔵や工場、店舗を再開したいと考えている。	・町の復興状況に合わせて、既に本設を見据えた仮設店舗の造りにしている。地元で愛される老舗ゆえ、仮設の店舗とはいえ、コストをかけ、手を抜いた造りにはできなかった。仮設店舗は本設に向けた過程と考えている。	・2号店や商店街は本設のつもりで長期経営を目指す。 ・市内の復興スピードやニーズに合わせて、3号店など経営拡大したい。
上記を踏まえた「仮設」店舗の考え方・コンセプト	「仮設」は「本設」までの簡易型仮店舗	「営業・販売」と「製造」を分けた早期かつ段階型の再建	こだわり抜いた「仮設」は「本設」への大切なプロセス	「仮設」でなく、長期経営を見据えた「本設」としての再建

ることを知り、迷わず応募した。当初は同年 7 月のオープン予定であったが、プレハブの大量需要による中小機構との調整の遅れから、3 ヶ月遅れて 10 月のオープンとなった。それでも、市内初の仮設商店街として注目を集めた。

A 店主は、「仮設はあくまで本設までの簡易型の仮店舗」と捉えており、店づくりについて「ここはあくまで仮設店舗であって、震災後、店舗がなくても営業できるようにしてきた。取引先の学校は市内だけでなく、被災しない市外も多い。新学期に向けて、震災直後から発注が始まっていた。まず、早さ重視で什器的にも数十万円と簡易でコストもかけずに、本設に持ってっても大丈夫なような仕掛けで準備してる。そのままぼんと持ってくと、本設の建物ができれば、そのまま次の日から店開けるみたいな感じに、移動しやすいようにすべて作ってる」と話すように、簡易ラックに店内の所狭しと商品がかけられている。店内内装もプレハブ店舗の床にセメントを張っただけというシンプルな造りである。

早期着手のメリットとして、中心市街地の喪失によって土地が限られる中、交通量の多い国道沿いに土地が確保でき、いずれの店舗も震災前より来客数が増えたこと、マスコミの注目は無償の広報につながることで、中小機構への申込が早いこと、プレハブ建設が早かったこと（一斉申込による建設時期の遅れ）、職員の早期再雇用が叶い、自律感や再建への一体感が高まったなどを挙げている。一方で、その後が続く仮設商店街建設の参考モデル（叩き台）となり、後から再建した店舗は再建に時間を要しつつも、NPO 等の外部支援者らから補助や支援を受けることができ、ウッドデッキや内装・外装にこだわるなど自由度・完成度が高まったと評価している。A 店主は「あとから建てたところは、大変だから助けたいと思う支援団体の人たちも結構入ってる。土地の造成費や新規雇用について補助してくれたり。私たちは中小機構と自力のみでやったわけだ。いち早く自律したって感じ」と話す。

## **(2) 醤油製造・販売店 B「営業・販売と製造を分けた早期かつ段階型の再建」**

醤油製造・販売店 B は、震災前には醤油醸造のための蔵と工場、営業所を持っていたがすべて全壊流失した。そのため、再建の見通しが立たない蔵や工場は検討しつつも、地元の顧客の声に押される形で、まずは仮設営業所兼販売店を立ち上げることにした。周囲の状況から中小機構によるプレハブ建設の遅れを知り、自社でプレハブを調達し、什器も職員の各家庭から持ち寄って仮設営業所兼販売店を再開した。活用できる支援制度も少なく、店舗自体は借地にプレハブを設置したのみであり、内装や外装が凝っている店舗とは様相が異なる。

一方、再建に時間を要する蔵や工場については、花巻市にある老舗醸造会社の一部を借り、醤油醸造を始めた。すなわち、顧客の声に答えるべく早期再開を目指し、営業・販売と製造を別の場所で再開し、町の復興状況や経営状況を見据えながらの段階的な再建を目指した。

蔵や工場を替えての再開には苦労もある。醤油製造・販売店 B は、老舗であるため、地元の顧客にとって商品である醤油の味には震災以前のイメージが非常に強く、震災前と同じ味を求めているという。間借りの醸造会社では、以前の通りの醸造過程を再現することが難し

く、微妙な味の変化があるという。震災前の味そのものを期待する顧客に対して応えるのに必死であり、その声が逆にやりがいにつながっているとも話す。B 店主「やっぱり震災前のと味が違うって声が一番多かったですね。ずっと 2 代 3 代とうちのお醤油食べてるから、味にうるさいというか、厳しいというか。みんな子どもの年から食べてる醤油ですから」。

「営業・販売と製造を分けた早期かつ段階型の再建」を目指す B のこだわりは、店舗の造りでなく、立地場所にあった。御用聞き商法（地元の顧客台帳を元に、各家庭を訪問・販売する）での営業・販売が中心で、店舗の内装や外装によって販売が左右されることはない。この点ではスポーツ用品店 A と同様だが、その違いは、立地場所へのこだわりである。B 店主は「やっぱり地元（高田町）でやったほうがいいと思ってね。醤油販売に関わらず残った台帳と記憶を辿って歩き回って。お客さんと共に再建していく証として、早い内うちのこの場所での営業所はとても重要」という。

### （3）菓子製造販売店 C 「こだわり抜いた仮設は本設への大切なプロセス」

菓子製造販売店 C は、中小機構によるプレハブ建設、内装はすべて個人負担で行っている。内装、断熱材、ウッドデッキなど隔々にこだわりが感じられる。その分コストも時間も要したが、その間に民間ファンドの活用や二重ローン債務の買取機構の活用など、人的ネットワークや情報収集により早い段階で支援制度を知り、積極的な申請により可能な限り活用する形で事業を進めた。実は、震災から 2 ヶ月後、関係業者らと共にグループ補助金の申請を検討しており、今後 5 年間の経営計画書を作成していた。結果的にグループ補助への申請はなかったが、この書類がその後の各種申請に活用できた。事業者によっては、慣れない申請書類の作成に手間取り、各種支援制度への申請を諦めるケースもあった。

C 店主は、「仮設は本設への大切なプロセス」と捉えており、内装や外装にこだわりを持ちプレハブ感を感じさせないようにしている。このことについて、「プレハブ的な建物の中でやっても自分たちの商売は駄目だ。やっぱりちょっと余裕があって成り立つ商売なんでプレハブの建物にお菓子を並べても買いたいとも思わないし。（中略）お客さんに買い物をしている間だけは被災地のことを忘れるような店づくりにしましょうと 3 店舗で話して。売り方とか売る雰囲気とかそういったものがトータルしてお菓子だと思う」という。具体的には、余裕を感じる洒落た造りにするために、バウムクーヘンを焼くオーブンの赤色を基調に、店内の内装を明るく統一感を持たせ、仮設店舗ということを忘れさせるような造りにした。また、プレハブとわかる支柱を隠すためにすべての壁にボードを張り、断熱材を入れるなど、徹底的に内装に力を入れている。その分、オーブンを含めた設備費に約 3,500 万円、内装費だけで 7~800 万円の費用を負担している。

また、C 店主は「震災前の本店が頭にあったから、やっぱり仮設でもこうやってきちっとして頑張ってるというのは次の段階に結び付くと思うんです。ただ堀立小屋みたいなところでやっていて 5 年、何年後になるか分かりませんがね、本設を作ったときにやっぱりイメ

ージがドーンと下がってしまう。本設作ったからといってお客さんは戻ってくれるのかなという心配があります」と話すように、こだわり抜いた仮設は本設再建に向けた大切なプロセスと捉えている。

#### (4) 飲食店 D 「仮設でなく長期経営を見据えた本設としての再建」

飲食店 D は、中小機構によるプレハブ建設、商店街の土地代や造成費は支援団体の補助を活用した。その分を内装費に投資し、コンセントの位置やカラオケルームを設けるなど、こだわりを十分に盛り込んだ。D 店主は、仮設商店街および自身の仮設店舗は単なる「仮設」ではなく、長期経営を見据えた「本設」と捉えて再建している。「ここ（つどいの丘店）に居座るつもりです、仮設ですけど。長くここにいるつもりですね。これだけの建物を建ててもらって、これだけの内装をかけて一通りやったわけですから」と話す。1号店である鳴石店はコンテナとプレハブをつなげただけの簡易店舗だが、2号店のつどいの丘店はフルオープンできるように入り口の扉の数を減らしたり、蛍光灯（シャンデリア）の位置、コンセントの位置など細かく要望を出したという。また、店内にはカラオケルームやプラレールが設置されるなど、多様な顧客層の獲得に努めている。町の復興スピードの遅さや高台移転など商圈の変化などを見据えて、長期経営（本人は「本設」と呼ぶ）を想定するからこそ、内装や外装にこだわり、経費をかけた。

内装や外装にこだわり、経費をかけた点では、同様に食品を取り扱う先の菓子製造販売店 C と似ているが、「仮設店舗」に対する捉え方は異なる。飲食店 D では、同種の飲食店の本設にはさらなる経費がかかるため、その場に残して長期経営しながら、町の復興に合わせて異なる特色を持つ店舗（例えば、漫画喫茶やネットカフェ）を新設して事業展開していきたいと考えている。

以上のように、各店舗（仮設商店街）によって、職種や創業時期、今後の本設を見据えた仮設に対する考え方、それらを踏まえた店舗の内装や外装、商店街のコンセプト、立地などが異なることが見えてきた。例えば、A と B の 2 店舗は、早期再建に向けた着手のため、希望に近い土地の選定、早い段階での仮設店舗の設置、職員の早期再雇用による一体感、行政や民間の支援制度は後付けになったものの、高い自律感・再建感をもつことができた。一方、C と D の 2 店舗は、営業開始までに時間を要したが、既に再開された仮設商店街を参考に、それぞれのコンセプトに応じたデザインや設計を取り入れることができ、民間や行政による補助制度を活用しながらの再建が可能であった。

#### 5.1.2 まとめと今後の課題

本稿では、陸前高田市内の 4 事業者（仮設商店街）を対象として、再開の時期ときっかけ、立地場所の選定、従業員の確保、活用した支援制度、各店舗や商店街のコンセプト、本設までの見通しに加えて、来客数や層、売り上げなど経営状況の震災前後の変化を整理した。そ

の結果、職種や創業時期、今後の本設を見据えた仮設に対する考え方によって、スピード重視型あるいはコンセプトに応じた内装等への重視型など、それぞれのこだわりや再開戦略が異なることが見えてきた。

冒頭に述べたように、本稿では、震災後 2 年間の仮設施設による事業再開プロセスに留まっており、今後さらなる継続調査が必要である。本稿で考察したように、中小企業の経営者らは、今後の町の復興状況や顧客である被災者の住まいの立地（商圈）を見据えながらの段階的な再建にならざるを得ない。中小企業の再建に関わる震災後 3 年目の動きとして、2013 年 5 月～6 月にかけて、新しい市役所の位置に関するアンケート調査を実施した<sup>2)</sup>。市役所や病院などの公共施設の周辺には、人口や商業が集積する可能性が高く、その立地場所は商工業者にとって重要な情報となる。今般の調査結果をみると、回答者 3,823 名（回収率：44.9%）のうち 41%が現市役所の位置（高台）を希望しており、嵩上げ後の区画整理地への立地は棄却された。商工業者の中には、震災前に商店の集積地であった場所（区画整理地）で再建したいという声もあり、市全体の復興計画や事業の進捗によって、商工業者の再建計画もなかなか確定しない状況もある。

また、地元の商工業者の再建計画が進まない中、イオンスーパーセンター（大型商業複合施設）の来春開店が計画されている。こうした外部からの動きに対しても、競合するのではなく、外部者と地元商工業者とがいかに連携・協調し、市全体あるいは市を含めた圏域の顧客サービス向上と地元企業の事業継続の両立ができるかが今後の課題である。

## 活動報告

1. 「名城大学自然災害リスク軽減研究センター」開所記念イベント .....	101
2. 「名城大学自然災害リスク軽減研究センター」第1回定期講演会 .....	105
3. 「名城大学自然災害リスク軽減研究センター」第2回定期講演会 .....	106
4. 木質住宅の耐震性能に関する公開実験 .....	107
5. 活動一覧 .....	109



## 1. 「名城大学自然災害リスク軽減研究センター」開所記念イベント

■日時 / 2013年5月31日（金）13:00～

■場所 / 名城大学 天白キャンパス

### ■内容

第一部 特別講演会 13:00～15:30 会場：名城ホール（共通講義棟北 N101）

○開会あいさつ，センターの概要説明

○特別講演

1. 中部の巨大災害に備える社会基盤 ～ スーパー伊勢湾台風を例に  
— 辻本哲郎氏（名古屋大学大学院教授）
2. 空間構造の美しさと安全性  
— 斎藤公男氏（日本大学名誉教授，元建築学会会長）



小林明彦副学長による主催者代表挨拶



小高猛司センター代表の概要説明



辻本哲郎氏による特別講演



斎藤公男氏による特別講演



一般の方を含む 300 名以上の参加者



中部地方整備局協力の併設パネル展

第二部 センター研究説明と施設案内 15:50~17:20 会場：研究実験棟Ⅱ 多目的室



葛 漢彬教授によるテーマ 1 の説明



武藤 厚教授によるテーマ 2 の説明



原田守博教授によるテーマ 3 の説明



柄谷友香准教授によるテーマ 5 の説明



第2部研究紹介の会場の様子



岩下健太郎准教授による劣化環境促進装置の説明



渡辺孝一准教授による大型構造実験システムの説明



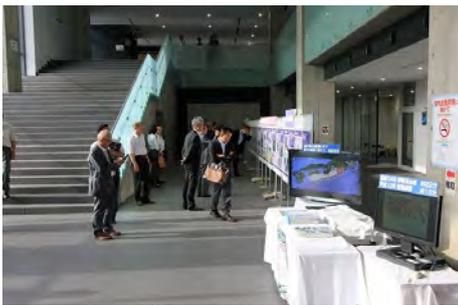
3次元震動台で震度7を体験する参加者



溝口敦子准教授による急勾配水路の説明



小高猛司教授による動的中型三軸試験機の説明



研究実験棟Ⅱのエントランスホールで開催した併設パネル展



# 名城大学 自然災害リスク 軽減研究センター

開所記念イベント **要予約**  
**2013.5.31**

名城大学天白キャンパスにて開催  
※自然災害リスク軽減研究センターHP (<http://ndrr.meijo-u.ac.jp>)より  
お申し込みください。



- 1 動的中空三軸実験装置
- 2 急勾配水路
- 3 3次元振動台
- 4 大型構造実験フレーム

主催：名城大学 自然災害リスク軽減研究センター  
後援：国土交通省中部地方整備局、土木学会中部支部、日本建築学会東海支部、  
地盤工学会中部支部、JSCA中部支部、日本コンクリート工学会中部支部、  
中部地質調査業協会、建設コンサルタンツ協会中部支部、中部地域づくり協会

Advanced Research Center  
for Natural Disaster Risk Reduction

## 第1部 特別講演会 13:00～15:30

場所：共通講義棟北1F・名城ホール

「中部の巨大災害に備える社会基盤  
～スーパー伊勢湾台風を例に」  
辻本 哲郎（名古屋大学大学院教授）

「空間構造の美しさと安全性」  
斎藤 公男（日本大学名誉教授・元建築学会会長）

## 第2部 15:50～17:20 センター研究説明と施設案内

場所：研究実験棟Ⅱ2F・多目的室

センター研究説明  
センター実験施設公開

## 第3部 情報交換会 17:50～19:30

場所：タワー75 15階 レセプションホール

※会費 3,000円が必要です。

### センター概要

名城大学では、「21世紀型自然災害のリスク軽減に関するプロジェクト」が平成24年度私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（文部科学省）に採択され、その実施母体として本センターが設置されました。迫り来る地震災害や近年頻発する流域圏の水害・土砂災害を研究対象とするとともに、社会資本の老齢化や被災者の自律再建などの視点も取り入れた以下の5つの研究テーマに取り組んでいます。

連動型巨大地震に対する  
土木構造物の安全性と  
修復性の向上に関する研究

大空構造物の耐震安全  
性評価による震災リスクの軽減

豪雨および水災事象の発生機構と  
リスク軽減方策に関する研究

水工学-地盤工学の  
連携による沿岸低平地の  
自然災害リスク軽減への挑戦

「中核被災者」を主体とした  
被災限界からの  
自律再建メカニズムの解明

お問い合わせ：NDRR 事務局 (E-mail: [ndrrkaisyo@gmail.com](mailto:ndrrkaisyo@gmail.com))

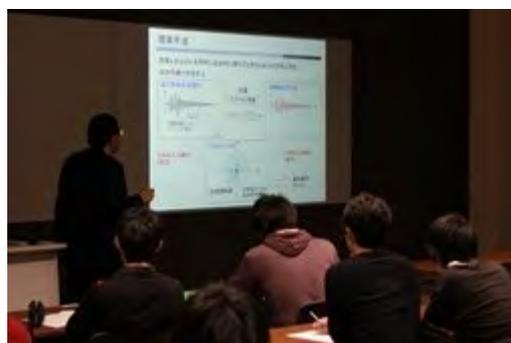
## 2. 「名城大学自然災害リスク軽減研究センター」第1回定期講演会

- 日時 / 2013年12月12日(木) 17:30~18:30(予定)
- 会場 / 名城大学 天白キャンパス 研究実験棟Ⅱ 多目的室(2F K261室)
- 講師 / 京都大学防災研究所 五十嵐晃教授
- 内容 / 免震・制震橋梁と2方向地震動入力応答について

12月12日に、名城大学自然災害リスク軽減研究センター(NDRR)平成25年度第1回定期講演会が開催されました。講師の京都大学防災研究所五十嵐晃教授が「免震・制震橋梁と2方向地震動入力応答について」と題し、橋梁の免震・制震の基礎、最新研究成果特に2方向地震動入力応答、今後の研究の展開と方向について講演されました。教員、大学院生および学部生の約80名が参加しました。講演後に、参加者から多くの質問やコメントがあり、活発な意見交換が行われました。



講演中の様子(その1)



講演中の様子(その2)



質疑応答の様子(その1)



質疑応答の様子(その2)

### 3. 「名城大学自然災害リスク軽減研究センター」第2回定期講演会

■日時 / 2014年2月7日(木) 17:00~18:40

■会場 / 名城大学 天白キャンパス 研究実験棟Ⅱ 多目的室(2F K261室)

■講師 / 中部地方整備局 総括防災調整官 井口泰行氏

企画部 建設専門官 富田直樹氏

■内容 / 中部地方における災害に対する取り組み

2月7日に、名城大学自然災害リスク軽減研究センター(NDRR)平成25年度第2回定期講演会が開催されました。国土交通省中部地方整備局のお二人を講師にお招きし、中部地方の災害に対する取り組みについてご講演いただきました。

富田直樹氏には「最近の災害概要と中部地方整備局の対応について」と題し、2011年9月に紀伊半島で大規模土砂崩壊を引き起こした台風12号災害や、昨年10月に伊豆大島で大規模土石流を引き起こした台風26号災害を例にして、TEC-FORCE(緊急災害対策派遣隊)として災害初動調査の最前線に立たれた経験を交えて、災害時の状況について詳細にお話いただくとともに、中部地方整備局の災害対応の取り組みについて説明していただきました。

井口泰行氏には「南海トラフ巨大地震対策について」と題して、ポスト東日本大震災時代の中部地方の取り組みについてご講演いただきました。南海トラフ地震は、阪神大震災と東日本大震災をあわせたような地震であることを想定して対策しなければならないこと、そのために中部圏戦略会議を立ち上げ、土木・建築はもちろん、警察、消防、自衛隊、経済、運輸、通信、物流など様々な関係機関が連携して南海トラフ地震に向けての防災ならびに発災後の対策を検討していることを紹介いただきました。そのような中、大学の防災に対する役割の重要性にも触れられ、本センターが推進している実務に直結した防災研究への期待にも言及されました。次の日の大雪が心配される寒い日でしたが、終始熱のこもった語り口で聴衆を魅了し、講演の最後には、聴講しているたくさんの学生に向けて、夢を持って仕事をしようという熱いエールを送っていただきました。

すでに定期試験も終わり一般学生が少ない時期でしたが、主催者の予想を大幅に上回る一般聴講者、教員、大学院生および学部生の119名が参加しました。また、講演会場の前には中部地方整備局 企画部の皆様のご協力により、災害に対する取り組みに関するパネル展をしていただきましたが、講演会の前後に多くの参加者が熱心に見入っていました。



講演される富田氏



講演される井口氏



熱心に講演を聴く参加者の様子

#### 4. 木質住宅の耐震性能に関する公開実験 ～標準的な在来工法を模擬した単位フレームの震動実験～

- 日時 / 平成 26 年 2 月 7 日 (金) 18:50~20:00
- 場所 / 名城大学 天白キャンパス 構造耐震実験室 (K-181)
- 内容 / 直下型地震を受ける木造 2 階建住宅の骨組を再現したデモ実験
- 主催 / 名城大学 自然災害リスク軽減研究センター (NDRR)  
名城大学 理工学部・建築学科・武藤研究室

名城大学自然災害リスク軽減研究センター (NDRR) 平成 25 年度第 2 回定期講演会に引き続き、構造耐震実験室に場所を移して「木質住宅の耐震性能に関する公開実験」を開催しました。NDRR プロジェクトの一つである各種構造物の耐震性能評価手法の開発の一貫で、在来工法を中心とした住宅用構造部材の耐震実証実験のデモンストレーションを行いました。

中部地方で実務に携わる建築関係者を含むおよそ30名の参加者や報道関係者が見守る中、武藤教授の解説を交えながら、筋交いと耐震金物で補強された壁構造部材を本センターの3次元震動台を用いて、震度5程度から阪神大震災相当までの数段階にわけて震動させるデモ実験を行いました。この研究は、南海トラフ地震などの大地震も念頭において、在来工法を中心とした各種戸建て住宅の骨組みの地震時挙動の解明や、各種の耐震工法などの補強対策の検討、コンピューターシミュレーション手法の検証などに役立てるためのものです。

実験後も建築関係の参加者を中心に実験体を囲んで熱心に議論が続けられており、本研究への関心の高さがわかりました。



公開実験の様子(1)



公開実験の様子(2)



実験結果を解説する武藤教授

## 葛 漢彬 (テーマ1・テーマリーダー)

### 【研究】

#### [論文]

- 1) 馬越一也, 葛 漢彬, 野中哲也, 原田隆典, 村上啓介: 津波襲来時における大型漂流物の長大橋衝突シミュレーション, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.68, No.2, pp.I\_222-I\_227, 2012.
- 2) Luo, X.Q., Ge, H.B. and Ohashi, M.: Experimental Study on Ductile Crack Initiation in Compact Section Steel Columns, Steel & Composite Structures, Vol.13, No.4, pp.383-396, 2012.
- 3) Kang, L. and Ge, H.B.: Predicting Ductile Crack Initiation of Steel Bridge Structures Due to Extremely Low Cycle Fatigue Using Local and Nonlocal Models, Journal of Earthquake Engineering, Vol.17, pp.323-349, 2013.
- 4) 馬越一也, 葛 漢彬, 野中哲也, 本橋英樹, 原田隆典, 宇佐美勉: 地震被害を受けた長大橋への津波による大型漂流物の衝突に関する解析的アプローチ, 構造工学論文集, Vol.59A, pp.405-416, 2013.
- 5) 速水 景, 葛 漢彬, 羽田新輝, 森 翔吾, 鈴木 俊光: 小さなフィレットを有する鋼製橋脚隅角部の未溶着高さが延性破壊に及ぼす影響, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.69, No.4, pp.I\_429-I\_439, 2013.
- 6) 森 翔吾, 葛 漢彬, 萩野勝哉, 康 瀾: 無補剛断面鋼製橋脚の延性き裂に対する簡易照査法の再検討ー構造パラメータがひずみ集中補正係数に及ぼす影響ー, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.69, No.4, pp.I\_517-I\_527, 2013.
- 7) 羽田新輝, 葛 漢彬, 速水 景, 鈴木俊光: 溶接脚長および溶け込み深さが鋼製橋脚隅角部の延性き裂発生・進展に及ぼす影響, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.69, No.4, pp. I\_989-I\_1001, 2013.
- 8) Ge, H.B., Kang L. and Tsumura, Y.: Extremely Low Cycle Fatigue Tests of Thick-walled Steel Bridge Piers, Journal of Bridge Engineering, ASCE, Vol.18, No.9, pp.858-870, 2013.
- 9) Magoshi, K., Kang, L., Ge, H.B., Nonaka, T., Harada, T. and Murakami, K.(2013): An Evaluation Method for Large Drifting Object-Bridge Collision during Tsunami, Journal of Earthquake and Tsunami, Vol.7, No.2, pp.1350009-1-1350009-14, 2013.
- 10) Ge, H.B., Kang, L. and Hayami, K.: Recent Research Developments in Ductile Fracture of Steel Bridge Structures, Journal of Earthquake and Tsunami, Vol.7, No.3, pp.1350021-1-1350021-27, 2013.
- 11) Ge, H.B. and Kang, L.: Ductile Crack Initiation and Propagation in Steel Bridge Piers Subjected to Random Cyclic Loading, Engineering Structures, Vol.59, pp.809-820, 2014.

- 12) **Ge, H.B.** and Kang, L.: Ductile Crack Initiation and Propagation in Steel Bridge Piers Subjected to Random Cyclic Loading, *Engineering Structures*, Vol.59, pp.809-820, 2014.
- 13) 羽田新輝, **葛 漢彬**: 異なる未溶着高さを有する鋼製橋脚隅角部の耐震性能に及ぼす十字継手部の溶接ビード脚長とフィレット半径の影響に関する研究, *土木学会論文集 A1 (構造・地震工学)*, Vol.70, No.4, 2014. (2014年5月に掲載予定).
- 14) 馬越一也, **葛 漢彬**, 中村真貴, 野中哲也 (2014): 大型ケーソン基礎を有する長大斜張橋への地震と津波の影響に関する解析的検討, *土木学会論文集 A1 (構造・地震工学)*, Vol.70, No.4, 2014. (2014年5月に掲載予定).
- 15) Jia, L.J., **Ge, H.B.** and Suzuki, T. (2014): Effect of Post Weld Treatment on Cracking Behaviors of Beam-Column Connections in Steel Bridge Piers, *Steel & Composite Structures*. (in press)
- 16) Jia, L.J., **Ge, H.B.**, Suzuki, T. and Luo, X.Q. (2014): Experimental Study on Cracking of Thick-walled Welded Beam-column Connections with Incomplete Penetration in Steel Bridge Piers, *Journal of Bridge Engineering, ASCE*. (tentatively accepted)

[発表]

- 1) 渡邊健斗, **葛 漢彬**: 強震継続時間の長い東北地方太平洋沖地震の観測地震動を用いた鋼アーチ橋の地震応答解析, 「強震継続時間が長い地震動に対する土木構造物の耐震性に関するシンポジウム」論文集, 土木学会, pp.128-135, (2012-5)
- 2) 馬越一也, **葛 漢彬**, 野中哲也, 原田隆典, 村上啓介: 津波襲来時における大型漂流物の長大橋衝突シミュレーション, 第37回海洋開発シンポジウム, (2012-6)
- 3) 馬越一也, **葛 漢彬**, 野中哲也, 原田隆典, 宇佐美勉: 津波によって漂流した大型船舶の衝突を受けた鋼斜張橋の安全性評価に関する解析的検討, 第15回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.1-8, (2012-7)
- 4) 速水 景, 羽田新輝, 森 翔吾, 鈴木俊光, **葛 漢彬**: 未溶着を有する鋼製橋脚隅角部の耐震性能に及ぼすフィレット寸法の影響, 第15回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.53-60, (2012-7)
- 5) 渡邊健斗, 神谷 宗, **葛 漢彬**: 異東北地方太平洋沖地震観測地震動を受ける鋼斜張橋の耐震性能に関する検討, 土木学会第67回年次学術講演会講演概要集, I-047, pp.93-94, (2012-9)
- 6) 森 翔吾, 萩野勝哉, **葛 漢彬**: Pushover 解析を用いた延性き裂簡易照査法に関する解析的研究, 土木学会第67回年次学術講演会講演概要集, I-051, pp.101-102, (2012-9)
- 7) 中村佳昭, **葛 漢彬**: 補剛箱形変断面鋼製橋脚の変断面部で座屈しない条件に関する解析的研究, 土木学会第67回年次学術講演会講演概要集, I-052, pp.103-104, (2012-9)

- 8) 鈴木俊光, 速水 景, 羽田新輝, 葛 漢彬 : 未溶着を有する梁-柱部材の十字継手溶接脚長が延性き裂発生に及ぼす影響, 土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集, I-056, pp.111-112, (2012-9)
- 9) 速水 景, 鈴木俊光, 森 翔吾, 葛 漢彬 : 未溶着を有する梁-柱鋼部材のフィレット半径が延性き裂発生に及ぼす影響, 土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集, I-057, pp.113-114, (2012-9)
- 10) 羽田新輝, 速水 景, 鈴木俊光, 葛 漢彬 : 未溶着を有する鋼梁-柱部材の未溶着高さが延性き裂発生に及ぼす影響, 木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集, I-058, pp.115-116, (2012-9)
- 11) 馬越一也, 葛 漢彬, 野中哲也, 原田隆典, 村上啓介 : 津波襲来時における大型漂流物の長大橋への衝突に関する解析的検討, 土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集, I-614, pp.1227-1228, (2012-9)
- 12) Kang, L., Ge, H.B. : Mesh-size Effect Study of Extremely Low Cycle Fatigue Life Prediction for Steel Bridge Piers by Using Different Models, 土木学会第 32 回地震工学研究発表会講演論文集, 論文番号 3-204, (2012-10)
- 13) 中村佳昭, 葛 漢彬 : 補剛箱形変断面鋼製橋脚の変断面部座屈が生じない条件に関する解析的研究, 土木学会第 32 回地震工学研究発表会講演論文集, 論文番号 3-252, (2012-10)
- 14) 速水 景, 葛 漢彬, 羽田新輝, 森 翔吾, 鈴木 俊光 : フィレットを設けない鋼製橋脚隅角部の未溶着高さが延性破壊に及ぼす影響, 土木学会第 32 回地震工学研究発表会講演論文集, 論文番号 3-275, (2012-10)
- 15) 羽田新輝, 葛 漢彬, 速水 景, 鈴木俊光 : 溶接脚長および溶け込み深さが鋼製橋脚隅角部の延性き裂発生・進展に及ぼす影響, 土木学会第 32 回地震工学研究発表会講演論文集, 論文番号 3-276, (2012-10)
- 16) 森 翔吾, 萩野勝哉, 葛 漢彬, 康 瀾 : 鋼製橋脚の延性き裂に対する簡易照査法の再検討ー構造パラメータがひずみ集中補正係数に及ぼす影響ー, 土木学会第 32 回地震工学研究発表会講演論文集, 論文番号 3-277, (2012-10)
- 17) 森 翔吾, 萩野勝哉, 葛 漢彬, 康 瀾 : 構造パラメータが延性き裂発生評価におけるひずみ集中補正係数へ与える影響, 名城大学理工学部研究報告, 第 53 号, pp.52-59, 2013 年 3 月.
- 18) 羽田新輝, 葛 漢彬, 速水 景, 鈴木俊光 : 十字溶接継手部の溶接性状が鋼梁-柱部材の延性き裂発生・進展に及ぼす影響, 名城大学理工学部研究報告, 第 53 号, pp.60-67, 2013 年 3 月.
- 19) 中村佳昭, 葛 漢彬 : 補剛箱形変断面鋼製橋脚の簡易設計法の開発に関する研究, 土木学会中部支部平成 24 年度研究発表会, I-16, pp.31-32, (2013-3).

- 20) Yokoi, T, Kang, L. and **Ge, H.B.**: Ductility of steel segments made of high strength steel SM570 subjected to combined compression and bending, 土木学会中部支部平成 24 年度研究発表会, I-17, pp.33-34, (2013-3).
- 21) 丸山陸也, 渡邊健斗, **葛 漢彬**: 残留変位の低減に着目した鋼製ラーメン橋脚の制震解析, 土木学会中部支部平成 24 年度研究発表会, I-21, pp.41-42, (2013-3).
- 22) 森 翔吾, 山本洋平, **葛 漢彬**, 吉田直樹: 異なる溶接部脚長を有する鋼はり一柱接合部の耐震解析, 土木学会中部支部平成 24 年度研究発表会, I-22, pp.43-44, (2013-3).
- 23) 羽田新輝, 山本和輝, 森 翔吾, **葛 漢彬**: 非対称な溶接未溶着を有する鋼はり一柱接合部の耐震解析, 土木学会中部支部平成 24 年度研究発表会, I-23, pp.45-46, (2013-3).
- 24) 速水 景, **葛 漢彬**, 蔵原英児: 鋼製橋脚隅角部の構造ディテールが十字継手の未溶着端部破壊に及ぼす影響, 土木学会中部支部平成 24 年度研究発表会, I-24, pp.47-48, (2013-3).
- 25) Kang, L., **Ge, H.B.** and Maruyama, R.: A Prediction Model for Ductile Fracture of Steel Bridge Piers, Proc. of Computational Engineering Conference, Vo.18, Paper No.F-2-4, Tokyo, Japan, (2013-6).
- 26) 羽田新輝, 山本和輝, 森 翔吾, **葛 漢彬**: 非対称な溶接未溶着を有する鋼はり一柱接合部のき裂発生に関する繰り返し弾塑性解析, 第 18 回計算工学会講演論文集, CD-ROM, 論文番号 F-3-4, (2013-6) .
- 27) 丸山陸也, 渡邊健斗, **葛 漢彬**: 残留変位の低減に着目した鋼製ラーメン橋脚の制震解析, 第 18 回計算工学会講演論文集, CD-ROM, 論文番号 F-4-3, (2013-6) .
- 28) 森 翔吾, 山本洋平, **葛 漢彬**: 異なる溶接部脚長を有する鋼はり一柱接合部のき裂発生に関する繰り返し弾塑性解析, 第 18 回計算工学会講演論文集, CD-ROM, 論文番号 F-5-2, (2013-6) .
- 29) 羽田新輝, **葛 漢彬**: 未溶着が内在する鋼製橋脚の耐震性能に及ぼす梁一柱接合部における溶接性状の影響, 第 16 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.293-300, (2013-7)
- 30) 丸山陸也, **葛 漢彬**: SMA ダンパーを導入した鋼製ラーメン橋脚の制震効果に及ぼす温度変化の影響に関する検討, 第 16 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.301-308, (2013-7)
- 31) 馬越一也, **葛 漢彬**, 中村真貴, 野中哲也: 津波襲来時における津波波力による大型ケーソン基礎への影響, 第 16 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.337-344, (2013-7)
- 32) 羽田新輝, **葛 漢彬**, 加藤弘務, 森 翔吾: 非対称な溶接未溶着部が鋼製橋脚の延性き裂発生に与える影響の再検討, 木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集, I-057, pp.113-114, (2013-9)
- 33) 丸山陸也, 大場孝太, **葛 漢彬**: SPD のサイズが鋼アーチ橋の耐震性能に及ぼす影響に関する検討, 土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集, I-118, pp.235-236, (2013-9)

- 34) 馬越一也, 葛 漢彬, 野中哲也, 宇佐美勉: 鋼部材の連成座屈強度を近似的に考慮する等価初期たわみ式の提案, 土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集, I-527, pp.1053-1054, (2013-9)
- 35) 葛 漢彬, 丸山陸也: 断面が 3 段階に変化する補剛箱形鋼製橋脚の変断面部座屈が生じない条件式と設計法の提案, 土木学会第 33 回地震工学研究発表会講演論文集, 論文番号 3-402, (2013-10)
- 36) 羽田新輝, 葛 漢彬: 鋼製橋脚隅角部における十字継手部の溶接性状が変形能・エネルギー吸収量に及ぼす影響, 土木学会第 33 回地震工学研究発表会講演論文集, 論文番号 3-487, (2013-10)
- 37) 馬越一也, 葛 漢彬, 中村真貴, 野中哲也: 大型ケーソン基礎を有する長大斜張橋への津波波力の影響に関する検討, 土木学会第 33 回地震工学研究発表会講演論文集, 論文番号 5-448, (2013-10)
- 38) 丸山陸也, 小田秋音, 葛 漢彬: 最大応答ひずみの制御に着目した鋼製ラーメン橋脚の地震後の使用性向上に関する解析的研究, 土木学会中部支部平成 25 年度研究発表会, I-13, pp.25-26, (2014-3).
- 39) 加藤弘務, 森 翔吾, 宇佐美勉, 山崎伸介, 野呂直以, 葛 漢彬: 座屈拘束波形鋼板(BRRP)制震ダンパーの性能実験, 土木学会中部支部平成 25 年度研究発表会, I-18, pp.35-36, (2014-3).
- 40) 稲垣雄己, 康 瀾, 賈 良玖, 葛 漢彬: 繰り返し荷重を受ける鋼管ブレース材の延性き裂発生・進展・破壊の数値シミュレーション, 土木学会中部支部平成 25 年度研究発表会, I-23, pp.45-46, (2014-3).
- 41) 東 武志, 羽田新輝, 葛 漢彬: 異なる荷重パターンが溶接未溶着を有する鋼梁-柱部材の延性き裂発生に及ぼす影響に関する研究, 土木学会中部支部平成 25 年度研究発表会, I-25, pp.49-50, (2014-3).
- 42) 加藤友哉, 東城達哉, 康 瀾, 賈 良玖, 葛 漢彬: 切欠きを有するレ型突合溶接鋼部材の力学特性に関する研究, 土木学会中部支部平成 25 年度研究発表会, I-26, pp.51-52, (2014-3).
- 43) 森 翔吾, 加藤弘務, 宇佐美勉, 山崎伸介, 野呂直以, 葛 漢彬: 数値計算を用いた BRRP ダンパーの芯材設計に関する一提案, 土木学会中部支部平成 25 年度研究発表会, I-29, pp.57-58, (2014-3).
- 44) Kang, L. and Ge, H.B. (2012): A Prediction Model for Ductile Fracture of Steel Bridge Piers, Proc. the 15th World Conference on Earthquake Engineering, Lisbon, Portugal, September 24-28, Paper No.5020, (2012-9)
- 45) Zhang, J.D., Ge, H.B. and Wang, C.Q. (2012): Evaluation of Strength and Ductility of Thin-walled Stiffened Box Sectional Steel Bridge Piers Using Fiber Model, Proc. 2012 International Conference on Vibration, Structural Engineering and Measurement (ICVSEM2012), Shanghai, China, October 19-21, (2012-10).

- 46) Kang, L., **Ge, H.B.** and Mori, S. (2012): A Simplified Method for Evaluating Ductile Crack Initiation in Steel Bridge Structures Subjected to Earthquake Loading, Proc. the First International Symposium on Earthquake Engineering, JAEE, pp.417-426, (2012-11).
- 47) **Ge, H.B.**, Kang, L. and Hayami, K. (2012): Recent Research Developments in Ductile Fracture of Steel Bridge Structures, Proc. the 12th International Symposium on Structural Engineering, Wuhan, China, November 17-19, pp.61-77, (2012-11)
- 48) Kang, L., **Ge, H.B.** and Hada, S.: Experimental Investigation of Ductile Failure of Steel Bridge Piers, Proc. the 12th International Symposium on Structural Engineering, Wuhan, China, November 17-19, Vol. II, pp.1031-1038, (2012-11)
- 49) Liang, R., Wu, J., **Ge, H.B.** and Lei, X. (2012): The Hysteretic Characteristic with P- $\Delta$  Effect and Influence on The Collapse Resistance Capacity of Structure under Earthquakes, Proc. the 12th International Symposium on Structural Engineering, Wuhan, China, November 17-19, pp.1170-1179, (2012-11)
- 50) Chen, Q., Li, T., Wang, C.L., Meng, S.P. and **Ge, H.B.** (2012): Experimental Evaluation on Performance of All-Steel BRBs, Proc. the 12th International Symposium on Structural Engineering, Wuhan, China, November 17-19, pp.1644-1650, (2012-11)
- 51) Li, T., Chen, Q., Wang, C.L., Wu, J. and **Ge, H.B.** (2012): Experimental and Analytical Studies on Torsion of BRBs, Proc. the 12th International Symposium on Structural Engineering, Wuhan, China, November 17-19, pp.1651-1655, (2012-11)
- 52) Magoshi, K., Kang, L., **Ge, H.B.**, Nonaka, T., Harada, T. and Murakami, K.(2012): An Evaluation Method for Large Drifting Object-Bridge Collision during Tsunami, Proc. the 3rd International Symposium on Advances in Urban Safety Conference, Nanjing, China, Nov. 24-25, CD-ROM, (2012-11)
- 53) Mori, S. and **Ge, H.B.**: A Simplified Method for Evaluating Ductile Crack Initiation in Steel Bridge Structures, Proc. of 3rd China-Japan Civil Engineering Student Workshop, Nanjing, China, Feb. 22, (2013-2)
- 54) Maruyama, R. and **Ge, H.B.**: Reduction of Residual Displacement of Frame-typed Steel Piers by Introducing SMA Dampers, Proc. of 3rd China-Japan Civil Engineering Student Workshop, Nanjing, China, Feb. 22, (2013-2)
- 55) **Ge, H.B.**, Kang, L. and Maruyama, R.: Ductility Evaluation Formula for Thin - walled Steel Structures Made of High Strength Structural Steel SM570, Proc. the 5th International Symposium on Innovation & Sustainability of Structures in Civil Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin, China, July 6-7, pp.359-364, (2013-7)

- 56) Maruyama, R., **Ge, H.B.** and Luo, X.Q.: Damage Free Design of Steel Structures Using Seismic Dampers, Proc. 10th Pacific Structural Steel Conference, Singapore, October 8-11, pp.745-750, (2013-10)
- 57) **Ge, H.B.**, Kang, L. and Hada, S.: Effect of Fillet Radius Size on Ductile Fracture of Steel Beam-column Connection with Large Welding Defects, Proc. 5th International Conference on Advances in Experimental Structural Engineering, Taipei, Taiwan, Nov. 8-9, Vol.2, pp.372-379, (2013-11)
- 58) Maruyama, R. and **Ge, H.B.**: Seismic Design of Three-Segmental Stepped Steel Bridge Piers with Stiffened Box Sections, Proc. of 4th China-Japan Civil Engineering Student Workshop, Nanjing, China, March 3, (2014-3)
- 59) Jia, L.J. and **Ge, H.B.**: Ductile Fracture of Structural Steels under Cyclic Large Strain Loading, Proc. of 4th China-Japan Civil Engineering Student Workshop, Nanjing, China, March 3, (2014-3)
- 60) Kato, H. and **Ge, H.B.**: Developing BRRP Seismic Dampers, Proc. of 4th China-Japan Civil Engineering Student Workshop, Nanjing, China, March 3, (2014-3)
- 61) Kato, T. and **Ge, H.B.**: Experiment and Analysis of Welded Structural Steels under Monotonic Loading, Proc. of 4th China-Japan Civil Engineering Student Workshop, Nanjing, China, March 3, (2014-3)

#### 【社会貢献】

##### [委員]

平成 25 年 4 月	土木学会「鋼・合成構造標準示方書(耐震設計編)」改定委員会幹事
平成 25 年 9 月	学術誌「Journal of Earthquake and Tsunami」編集委員
平成 24 年 4 月	「橋梁保全技術研修協議会」委員, 同協議会キャリア教育・研修部 会委員, 同協議会教育プログラム開発部会委員, 認定審議会委員
平成 24 年 12 月	国際会議「The 13th International Symposium on Structural Engineering (Hefei, China)」学術委員会委員
平成 24 年 5 月	国際会議「The International Forum on Anti-seismic Technology for Building Structures (Nanjing, China)」学術委員会副委員長
平成 24 年 8 月	国際会議「The International Symposium on Reliability Engineering and Risk Management (ISRERM'2012) (Yokohama, Japan)」Technical Committee 委員
平成 24 年 11 月	国際会議「The 12th International Symposium on Structural Engineering (Wuhan, China)」学術委員会委員

平成 24 年 11 月	国際会議「The 3rd International Symposium on Advances in Urban Safety (Nanjing, China)」組織委員会副委員長
平成 25 年 7 月	国際会議「The 5th International Symposium on Innovation & Sustainability of Structures in Civil Engineering (Harbin, China)」学術委員会委員
平成 25 年 10 月	国際会議「The 5th International Conference on Advances in Experimental Structural Engineering (Taipei, Taiwan)」学術委員会委員
[講演]	
2012 年 11 月 16 日	鋼橋の延性破壊照査法の研究と中国の鋼橋建設の現状, 日本橋梁建設協会橋梁技術発表会および講演会で講演 (資料 1)

中部地区

平成24年度

# 橋梁技術発表会及び講演会

— 快適環境をつなぐ鋼橋 —

参加費無料  
定員200名  
申込先着順

**会場** 東建ホール・丸の内(東建本社3F) 平成24年  
〒460-0002 名古屋市中区丸の内2-1-33  
TEL 052-232-8070

**日時** 11月16日(金) 13:00~17:05

13:00~13:10 **開会の辞** 一般社団法人日本橋梁建設協会  
会長 星間 祐治

13:10~13:40 **橋建協報告**  
次世代に贈る100年橋梁  
—鋼橋の長寿命化に向けて—  
企画委員会 広報小委員会

**申込方法**  
①Fax. 052-872-6464(裏面の用紙に記載)  
②ホームページ(URL) <http://www.jasbc.or.jp/>  
の「技術発表会申し込み受付」まで(受付は9月下旬から)

**申込期限**  
平成24年11月2日(金)

**連絡先** 一般社団法人日本橋梁建設協会 中部事務所  
〒456-8691 名古屋市熱田区三本松町1-1  
日本車輛製造内 Tel. 052-872-6464

**継続教育** 土木学会認定CPD(継続教育)プログラム  
全国土木施工管理技士会連合会認定CPDSプログラム

※東京地区は 10月12日(金) 銀座プロセサムホール  
大阪地区は 10月26日(金) ドーンセンター  
東北地区は 11月 7日(水) 仙台国際センター  
九州地区は 11月22日(木) レンラNTT夢天神ホール 開催です。  
申し込み等詳細はホームページでご確認ください。

発表原稿のPPTはホームページに掲載しますので、ご希望のかたはダウンロードするようお願いいたします。

## 第1部:技術発表会

13:40~14:20 **1.コンパクト断面設計を採用した鋼連続合成桁橋**  
—首都圏中央連絡自動車道 金谷郷高架橋工事—  
技術委員会 設計小委員会 佐々木 力

14:20~14:30 **休憩**

14:30~15:10 **2.コンクリート系床版の保全技術について**  
—鋼道路橋における床版保全の留意点—  
技術委員会 保全委員会 小林 岳彦

15:10~15:50 **3.トルコ共和国耐震補強工事報告**  
—長大吊橋の耐震補強工事—  
企画委員会 国際小委員会 河原 謙二郎

15:50~16:00 **休憩**

## 第2部:特別講演会

16:00~17:00 **1.鋼橋の延性破壊照査法の研究進展と中国の鋼橋建設の現状**

名城大学 理工学部  
建設システム工学科  
教授 葛 漢彬



17:00~17:05 **閉会の辞** 公益社団法人土木学会 中部支部  
支部長 梅山 和成

## アクセス



●名古屋市営地下鉄 桜通線・鶴舞線「丸の内」駅下車  
1番出口より徒歩1分

主催: 日本橋梁建設協会 <http://www.jasbc.or.jp/> 共催: 公益社団法人土木学会中部支部

中部  
地区

## 技術発表会概要

## 1 コンパクト断面設計を採用した鋼連続合成桁橋

—首都圏中央連絡自動車道 金谷郷高架橋工事—

金谷郷高架橋は、千葉県大網白里町に位置する鋼5径間連続合成2主桁橋であり、交差道路の建築限界の制限により桁高が低く抑えられ計画されていた。そして、桁高の抑制のみならずリダンダンシーのある構造への改善を目指し、更なる合理化を実現するために、国内で初めて、コンパクト断面設計を実橋で適用したものである。本報告では、コンパクト断面の設計方法を中心に、設計の概要を報告する。

## 2 コンクリート系床版の保全技術について

—鋼道路橋における床版保全の留意点—

鋼橋の損傷事例の7割はコンクリート床版のひび割れや剥離などの劣化損傷が占めているといわれている。これらの劣化損傷に対する処置は、床版だけでなく鋼橋の特性に配慮し、当初の設計上の目的を損なわないよう適切に補修や補強を行うことが重要である。当協会でも過去に実施した床版補修や補強の事例紹介、失敗事例の報告などから、鋼道路橋における床版保全の留意点について取りまとめた成果を紹介する。

## 3 トルコ共和国耐震補強工事報告

—長大吊橋の耐震補強工事—

トルコ共和国におけるイスタンブール長大橋耐震補強プロジェクトは日本の特別円借款によって実施され、株式会社IHが受注し施工を行った。本プロジェクトでは、地震災害時に最も重要である路線が選定され、その中には第1および第2ボスボラス橋などの長大吊橋や新日ゴールデンホーン橋などの鋼桁、およびコンクリートの桁橋が含まれている。ここではこれら耐震補強工事の設計、架設など、工事の概要について紹介を行う。

## 特別講演会

1 鋼橋の延性破壊照査法の研究進展と  
中国の鋼橋建設の現状

葛 漢彬

名古屋大学  
理工学域機械システム工学科  
教授

—略歴—

1986年 7月 鄭中科技大学(中国)卒業  
1991年 3月 名古屋大学工学部工学研究科  
修士課程修了  
1994年 3月 名古屋大学工学部工学研究科  
博士課程修了  
1994年 3月 博士(工学)(名古屋大学)  
1994年 4月 名古屋大学助手  
1998年 4月 名古屋大学助教授  
2007年 4月 名古屋大学教授  
2008年 4月 名城大学教授  
中国鄭中科技大学・河海大学・東南大学・河海大学  
客員教授

—専門分野—

構造工学、耐震工学

—研究分野—

鋼橋造りの耐震・制震

—所属学会—

土木学会/日本地震工学会/  
日本鋼橋協会

—受賞—

1995年 土木学会論文賞  
1999年 構造工学シンポジウム論文賞

講演概要

大地震に対する鋼製橋脚の延性性能を向上させる方策として、厚肉断面の採用やコンクリートの充填が提案されている。それらの研究成果によれば、厚肉断面の採用などで局部屈曲の発生を遅らせることができ、変形性能が大きく改善される。しかし、これまでの実験では、脚部などのひずみ集中部にクラックが生じ、その進展が進行すれば脆性的な破壊が発生することが明らかにされている。すなわち、破壊形式は局部屈曲の発生に先行して、延性を阻害する脆性的な破壊が生じる可能性がある。局所の耐震照査においては、局部屈曲に対する照査が確立できているのに対し、き裂の発生メカニズムの解明などが少しずつ進んでいる段階であるが、照査手法の提案までには至っていないのが現状である。本講演では、ここ8年間の延性破壊照査法の開発に関する研究進展について報告する。また、中国の鋼橋建設の現状についても紹介する。

FAX番号:052-872-6464

平成24年度

11月16日(金)

橋梁技術発表会

[中部地区]

参加申込書

所 属	団体名	所属
氏 名	役職	氏名
住 所	〒	
電話番号	FAX番号	
E-mail		

前回参加の有無 有 ・ 無

## 石川 靖晃（テーマ1）

### 【研究】

### 【論文】

- 1) 伊藤睦, 石川靖晃, 上田尚史, 田辺忠顕: 初期応力を考慮した RC 構造物の耐荷力解析手法の構築, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.2, pp.19-24, 2012 【2004.pdf】

### 【発表】

- 1) 岡田崇宏, 石川靖晃: メニスカスの時間変化を考慮した乾燥収縮解析, pp.379-380, 土木学会中部支部研究発表会, CD-ROM, 2013.
- 2) 池村穰, 石川靖晃: パイプクーリング解析の新たな展開, pp.391-392, 土木学会中部支部研究発表会, CD-ROM, 2013.
- 3) 池村穰, 石川靖晃: 任意のパイプレイアウトが可能なパイプクーリング解析手法の構築, 第68回年次学術講演会講演概要集, 土木学会, CD-ROM, 2013 【5-221.pdf】.
- 4) 岡田崇宏, 石川靖晃: 材齢極初期からのコンクリートの乾燥収縮解析に関する基礎的研究, 第68回年次学術講演会講演概要集, 土木学会, CD-ROM, 2013.
- 5) **Ishikawa, Y.**, Mizobuchi, T. and Tanabe, T.: Development of FEM Thermal Analysis for Concrete Structures with Pipe Cooling System, Mechanics and Physics of Creep, Shrinkage, and Durability of Concrete (Proc. Of the 9th International Conference of Creep, Shrinkage and Durability Mechanics), ASCE, pp.491-498, 2013.
- 6) 池村穰, 石川靖晃: 任意のパイプレイアウトに対するパイプクーリング解析手法の提案, 第22回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム, プレストレストコンクリート工学会, pp.59-64, 2013.
- 7) 岡田崇宏, 石川靖晃: 材齢極初期におけるコンクリートの乾燥収縮挙動の解析, 第22回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム, プレストレストコンクリート工学会, pp.65-70, 2013.

## 渡辺 孝一（テーマ1）

<b>【研究】</b>
<b>【論文】</b> 1) 渡辺孝一，篠田将旭，吉野廣一，佐藤大介：制震ブレースを挿入した鋼製ラーメン橋脚の並列ハイブリッド実験システムによる制震性能の検証，鋼構造論文集 No.82（印刷中）
<b>【発表】</b> 1) 佐藤大介，篠田将旭，渡辺孝一：並列ハイブリッド実験システムによる制震ブレースを挿入した鋼製ラーメン橋脚の制震性能の検証，土木学会中部支部講演概要集 CD-ROM, I-17, pp.33-34, 2014.3 2) 篠田，将旭将旭，横地功圭，渡辺孝一：面内曲げを受けるトラス格点部のボルト滑り耐力，土木学会第 68 回年次学術講演会プログラム CD-ROM, I-602, pp.1204-1205, 2013.9 3) 佐藤大介，天野貴敏，篠田将旭，渡辺孝一：ブレースを支持するガセットプレートの面外曲げ挙動に関する実験的検討，土木学会第 68 回年次学術講演会プログラム CD-ROM, I-602, pp.1205-1206, 2013.9
<b>【社会貢献】</b>
<b>【委員】</b> 平成 28 年 3 月 31 日まで 一般社団法人日本アルミニウム協会 アルミニウム合金製制震ダンパー実用化検討委員会 委員 平成 26 年 4 月 1 日～平成 27 年 3 月 31 日 東海構造研究グループ 平成 26 年度 SGST 研究会 幹事
<b>【その他】</b>
<b>【雑誌】</b> 「Japan Steel Bridge Competition 2013 開催される」，橋梁と基礎 2013 vol.47 11 号, p.95, (資料 2)

## Japan Steel Bridge Competition 2013 開催される

## はじめに

Japan Steel Bridge Competition 2013(以下、JSBC 2013)が8月31日と9月1日に愛知県の名城大学天白キャンパスで開催された。2009年のプレ大会も含めると本大会で5回目となる。本稿はJSBC 2013について、目的、ルール、および大会当日の状況を報告するものである。



写真-1 偏心荷重状況

写真-2 総合1位のチームと橋  
(室蘭工業大学)

## 1. 競技内容

競技の概要は、「各チームが作製した長さ4mの鋼製橋梁をいかに速く架設するか、300kgのおもりを載せて、所定のたわみにいかに近づけるか、そして橋梁がいかに意匠的に美しいかを競い合う」ことである。大会の主旨は、

- ①橋梁全体の橋梁形式や概念を構想する設計能力の育成
- ②学部において学習する工学知識の応用
- ③作業者同士お互い協力することによる協調性の育成
- ④全国の土木学生間の交流

を目的としており、ものづくりの楽しさを学び、課題解決能力を養いながら、チームワークの大切さを実感する格好の機会である。

JSBCでは、図-1を基本構造としながら、様々な発想が設計に盛り込めるよう毎大会ルール改定を行っている。今大会は載荷ルールを改定した。過去大会とおもりの総重量は同じであるが、写真-1のように橋軸直角方向に偏心荷重とした。この状態で荷重を安定して支持し、最終的に支間中央の平均たわみを目標値の6mmに近づけることが求められたため、設計のハードルが一段高められたと言える。一方で、継手構造に関する細部の規制を見直して、架設時間の短縮や、構造の単純化が図れるようにした。競技ルールの詳細は、大会ホームページを参照されたい<sup>1)</sup>。

## 2. 参加チームと競技結果

台風15号の襲来により、競技中止の心配もされるなか、初参戦の2大学に加え、長岡高専、熊本高専が参加し、大会最多の19チームによる盛大な競技会が開催された。大会初日の8月31日は、ルールの最終確認、各チーム紹介の後、全体懇親会が行われた。翌9月1日は、早朝より開会式を行い、午前には架設競技、プレゼンテーションをはさんで午後には載荷競技を実施した。入賞結果を表-1に示す。室蘭工業大学は、部門での入賞は逃すも着実に得点を伸ばし、初出場で総合1位という快挙を成し遂げた(写真-2)。

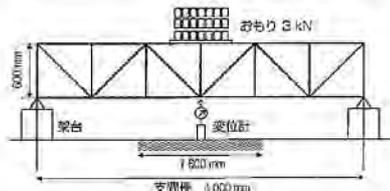


図-1 橋梁寸法等概要



写真-3 全体集合写真

表-1 入賞結果

大学・高専	入賞結果	大学・高専	入賞結果
室蘭工業大学	総合1位	鳥取大学	美観部門1位
熊本高専	総合2位	大阪市立大学	美観部門2位
熊本大学	総合3位	岐阜大学	架設部門1位
熊本高専	構造部門1位	横浜国立大学	架設部門2位
熊本大学	構造部門2位		

【参加大学・高専】

名古屋工業大学、長岡高専(初)、熊本大学、熊本高専(初)、名城大学、愛知工業大学、摂南大学、東京工業大学、名古屋大学、鳥取大学、横浜国立大学、室蘭工業大学(初)、大阪市立大学、岩手大学(初)、東京都立大学、関東学院大学、広島大学、岐阜大学、京都大学(エントリー順)

## おわりに

今大会では経験豊かなチームが参戦するも、初出場の室蘭工業大学チームが総合1位、同じく熊本高専が構造部門で1位、総合2位に輝いた。総合上位チームの橋の完成度は見事であり、無駄のないシンプルな構造から、原点回帰を考えさせられた。また、今回の偏心荷重に合わせ左右非対称とした橋梁形式もあり、大会を重ねるごとに、橋のデザインレベルが上がっていることを実感したが、誌面の都合で掲載できないことをお詫びする。各参加チームの橋については、大会ホームページに掲載しているので、ぜひご覧いただきたい<sup>1)</sup>。

また、同大会に対するご理解、ご協力を重ねてお願いする次第である。最後に、(一社)日本鉄鋼連盟と(一社)日本橋梁建設協会のご後援をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

(文責：名城大学 渡辺 孝一、大阪市立大学 松村 政秀、岐阜大学 木下 幸治、岩手大学 大西 弘志)

【参考文献】

1) [http://bricom.jp/?page\\_id=194](http://bricom.jp/?page_id=194)

## 岩下 健太郎 (テーマ1)

### 【研究】

#### [論文]

- 1) 佐藤 大地, 岩下 健太郎, 稲垣 廣人, 高見 肇 : エポキシ樹脂で付着確保した BFRP メッシュ補強モルタルの曲げ挙動, コンクリート工学年次論文集, 日本コンクリート工学会, Vol.35, No.2, pp.307-312, 2013.
- 2) 岩下健太郎, 佐藤大地, 馬場 進, 松本信行 : バサルト繊維シートとコンクリートの付着特性, コンクリート工学年次論文集, 日本コンクリート工学会, Vol.36, 2014.

#### [発表]

- 1) 柴垣泰史, 岩下健太郎, 松本信行, 神崎豊裕 : BFRP シートの両面付着試験における荷重速度の影響, 平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会, CD-ROM, 2014.
- 2) 佐藤大地, 岩下健太郎, 八木洋介, 吉田光秀 : FRP ロッドを接着補強した RC 梁の曲げ挙動に関する解析的研究, 第 13 回コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 日本材料学会, pp. 593-596, 2013.
- 3) 佐藤大地, 岩下健太郎, 八木洋介, 吉田光秀 : エポキシ樹脂充填鋼管を用いた FRP ロッドの接着継手の強度に関する研究, 第 22 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp. 495-498, 2013.
- 4) 佐藤大地, 河上和久, 岩下健太郎, 稲垣廣人, 呉智仁, 佐藤譲得, 松本信行, 高見肇, 神崎豊裕 : CFRP-BFRP 積層メッシュ補強モルタルの曲げ特性, 土木学会第 68 回年次学術講演会, V-19, pp. 37-38, CD-ROM, 2013.
- 5) 佐藤大地, 河上和久, 岩下健太郎, 稲垣廣人, 呉智仁, 高見肇 : BFRP メッシュ混入モルタルの曲げ挙動に関する研究, 平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会, CD-ROM, 2013.
- 6) 田中竜蔵, 大嶋翔志, 岩下健太郎 : コンクリートに接着した FRP シートの有効付着長に関する研究, 平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会, CD-ROM, 2013.
- 7) 佐藤大地, 岩下健太郎, 森政嘉, 稲垣廣人, 呉智仁, 佐藤譲得, 松本信行, 高見肇, 神崎豊裕 : BFRP メッシュ補強モルタル部材への非線形 FEM 解析の適用に関する研究, 日本材料学会東海支部第 7 回学術講演会, No.211, 2013.
- 8) K. Iwashita, D. Sato, Y. Mori, N. Matsumoto, Y. Kanzaki: Flexural behavior of mortar prisms internally embedded BFRP and hybrid mesh sheets with wet-bonding process, The 7th international Conference on Fiber Reinforced Polymer (FRP) Composites in Civil Engineering (CICE 2014), Vancouver, 2014.

**【社会貢献】**

**[委員]**

平成 22 年 5 月～

土木学会複合構造委員会 FRP によるコンクリート構造の補強設計小委員会 (H209) 委員

## 川崎 浩司（テーマ1）

### 【研究】

#### [論文]

- 1) 川崎浩司・松野哲弥(2014) : 3次元固気液多相乱流数値モデル DOLPHIN-3D への高精度界面捕獲法 THINC/WLIC 法の導入, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.70, No.2 (2014年9月に掲載予定) .
- 2) 川崎浩司・鈴木一輝・高杉有輝・青木伸一(2014) : 海象観測データに基づく台風 0918 号襲来時における三河湾の水塊構造の変動特性, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.70, No.2 (2014年9月に掲載予定) .
- 3) 有光 剛・大江一也・川崎浩司 (2014) : 陸上構造物への作用波圧に及ぼす遡上津波の入射角の影響, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.70, No.2 (2014年9月に掲載予定) .

#### [発表]

- 1) Hirano, K., Bunya S., Murakami, T., Iizuka, S., Nakatani, T., Shimokawa, S. and Kawasaki, K. (2014): Prediction of Typhoon Storm Surge Flood in Tokyo Bay Using Unstructured Model ADCIRC under Global Warming Scenario, Proceedings of the 4th Joint US-European Fluids Engineering Summer Meeting, ASME, FEDSM2014-21682, 10p(in Press).
- 2) Kiku, M. and Kawasaki,K. (2014): Proposal of Numerical Wave Flume for Wave Overtopping Computation Considering Wind External Force, Proceedings of the 34th International Conference on Coastal Engineering 2014 (Accepted).
- 3) Kiku, M. and Kawasaki,K. (2014): Proposal of Numerical Wave Flume for Wave Overtopping Computation Considering Wind External Force, Proceedings of the 34th International Conference on Coastal Engineering 2014 (Accepted).
- 4) 川崎浩司・松野哲弥 : 3次元固気液多相乱流数値モデル DOLPHIN-3D における界面捕獲手法の高度化, 日本混相流学会混相流シンポジウム 2014 講演論文集 (2014年7月に掲載予定) .

### 【社会貢献】

#### [委員]

- |           |  |
|-----------|--|
| 2011年7月～  | 愛知県飛島村防災会議・委員                          |
| 2011年11月～ | 東海四県三市防災・危機管理に関する連絡会・津波対策に係る勉強会・アドバイザー |
| 2011年12月～ | 愛知県沿岸市町村等津波対策推進協議会・アドバイザー              |
| 2012年8月～  | 四日市市地域防災計画見直し委員会・副委員長                  |

2013年10月～	愛知県衣浦港・三河港港湾 BCP 検討会議・委員
2013年10月～	愛知県衣浦港港湾 BCP 作業部会・委員
<b>[講演]</b>	
2014年4月23日	2013年台風 Haiyan によるフィリピン高潮災害，災害科学研究所・ジオテク講演会（資料3）
<b>【その他】</b>	
<b>[ラジオ]</b>	
2014年4月2日	TBS ラジオ「荒川強啓 デイ・キャッチ！」
<b>[テレビ]</b>	
2014年4月2日	東海テレビ「FNN スーパーニュース」（資料4）
2014年4月30日	フジテレビ・FNN スピーク「防災 FNN：いのちを守る」（資料5）
<b>[新聞]</b>	
2014年5月7日	川崎浩司：読売新聞・読売プレミアム・コラムの森「まるわかり海の科学」（資料6）

## 第11回 ジオテク講演会

主催：(一財)災害科学研究所、同 ジオテク研究会  
 後援：(公社)土木学会関西支部、(公社)地盤工学会関西支部  
 (土木学会・CPD)(全国土木施工管理技士会連合会・CPDS)認定

今年度の災害科学研究所・ジオテク講演会のテーマは、「最近の豪雨・台風災害」です。  
 本講演会では、ここ数年に発生した国内外の豪雨・台風による被害の全貌を知ることができます。  
 皆様奮ってご参加いただきますよう、お願い申し上げます。

### 記

◎日時：平成26年4月23日(水) 13:00~17:00(受付開始 12:40)  
 ◎場所：大阪大学中之島センター 10F メモリアルホール(大阪市北区中之島4-3-53)

### ◎プログラム：

13:00-13:10 開会の挨拶 災害科学研究所 理事長 松井 保

13:10-14:00 講演「2013年台風Haiyanによるフィリピン高潮災害」  
 (株)ハイドロソフト技術研究所 川崎 浩司

14:00-14:50 講演「平成25年台風26号による伊豆大島豪雨災害」  
 京都大学 防災研究所 竹林 洋史

休憩

15:10-16:00 講演「平成24年九州北部豪雨による鉄道トンネルの被害と復旧」  
 九州旅客鉄道(株) 鉄道事業本部 施設部工事課 山手 宏幸

16:00-16:50 講演「平成23年台風12号による紀伊半島の地盤災害」  
 立命館大学 理工学部 深川 良一

17:00 閉会

◎参加費：3,000円(消費税8%含む)(資料代含む)

◎その他：都合により講師やテーマに変更のある場合があります。

◎参加申込：次頁の参加申込書に必要事項をご記入の上、FAX または電子メールでお申込みください。  
 (申込締切4月21日、定員150名、申込み先着順)

### お問合せ先

(一財)災害科学研究所 TEL 06-6202-5602 FAX 06-6202-5603  
 E-mail: saiken@osi.or.jp ホームページ: <http://osi.or.jp/>



東海テレビ「FNN スーパーニュース」



フジテレビ・FNNスピーク「防災 FNN : いのちを守る」

読売新聞 ▶ YOMIURI ONLINE

▶ 本よみり堂デジタル ▶ yomiDr.

読売プレミアム  
YOMIURI PREMIUM2014年  
5月7日水曜日 ▶ 10年前の今日

文字 小 中 大

ユーザー設定 ヘルプ ログアウト

myニュース スクラップブック

ニュース 総合 朝夕刊主要 社会 政治 経済 国際 スポーツ 東京五輪 教育科学 文化芸能 地域 特典・案内  
 特集・コラム おすすめ 人生案内 生活医療 社説・編集手帳 解説連載 小説漫画 コラムの森 数独 校間道場  
 コラムの森 ニュースコラム テレビの冒険 340コラム 海の科学 パズワード つれづれコラム

特集・コラム コラムの森 コラムの森

## [まるわかり海の科学]百聞は一見に……

2014年5月6日6時0分 読売新聞

あれは大学受験のころだから、もうかれこれ30年以上もむかしの話。理系の受験生だったのに、数学が苦手だった。

なにしろ式を見てもイメージがわからない。図形を表す数式をもとに、その面積や体積を求める問題。方程式がこれこれこう解をもつ条件を求めよ、なんていう問題もよくあった。図やグラフを描いて、とにかく目で見てイメージがわくように苦闘した。うまくいくと、意外にたやすく解けたりする。だから、高校1年生になった息子にも、「いいか、方程式はグラフだからな。考えて解くのではなく、見て解くのだ」と言ってみたりする。まあ、数学が苦手だったオヤジのいうことだから、あまり説得力はないか……。

いやいや、お話ししたかったのは受験談議ではない。見てイメージを膨らませることは、科学の成果を社会に伝えるときにとても大切だということです。

## 数式を視覚に訴える工夫

このあいだ東京で開かれた海洋工学のシンポジウムを聞いていたら、数式の計算結果をわかりやすい動画にすると、こんなにも訴える力が増すのかといたく感ずる発表がふたつあった。

これらは、いずれも津波に関するものだった。突然ですが、下にある手書きの説明を見てほしい。この式がなんだかわかるだろうか。これは海面を伝わる津波を表す方程式だ。見る人が見れば、単純な原理をストレートに表して、物理学を象徴するようなシンプルで美しい式なのだが、イメージはまったくわからないのがふつうですね。「これが津波の式です」といわれても、実感が伴わない。

この式を使って津波をシミュレーションした結果も、コンピューターが打ち出す数字の羅列。意味がつかめないのも、それをたとえば「このあたりまで浸水します」という色分けの図にして示す。ここまでは、多くの研究発表や政府の記者発表などでも、すでに行われている。

ハイドロソフト技術研究所の川崎浩司・研究開発センター長は、さらにひと工夫した。そうして科学的に求めた津波浸水の計算結果に、ふだん見慣れている街の風景を重ねたのだ。そのために名古屋港の近辺を車で走り回り、前後左右、360度の景色を録画した。

シンポジウムの発表では、近い将来に発生が予想される南海トラフ地震を想定した。地震発生から約2時間はなにこともなかった見慣れた街が、いったん水がやってくると5分ほどで水浸しになってしまう様子が紹介された。避難できるだけの時間はあるので、あせる必要はない。だが、水が来るときはあっという間だから、油断してはいけない。そんなことが、理屈ではなく実感として追ってくる。

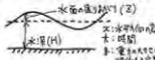
三重県尾鷲市の街をモデルにした動画では、水が道路の遠くからやってきて、あっという間に水位が高まっていく。水が見えてから逃げて、逃げきれない。

住民にも見てもらった川崎さんは、「自分の知っている街だと、『ああ、水はあっちから来るんだ』というように、実感をもって受けとめてもらえるようです」という。

これはなんの式でしう？

$$\frac{1}{gH} \frac{\partial \xi}{\partial t} = \frac{\partial \xi}{\partial x^2}$$

じつは、これが津波の方程式



いつもの見慣れた街が津波に襲われる。そのリアルさが、科学的な津波予測を住民の生活感覚に結びつける。動画下の数字は津波発生からの経過時間、時間・



200人に電子書籍無料プレゼント  
 思い出のマーニー試写会…2000人招待  
 愛猫 写真コンテスト結果はこちら  
 2周年記念 タブレット100台が当たる!  
 春の健康生活 プレゼント特集はこちら

検索キーワード

▶ 詳細検索

おすすめコンテンツ



全国試写会2000人を招待



- ▶ ニュースコラム  
ニュースの裏側に迫ります。
- ▶ COME ON ギモン  
あなたの疑問を投稿してください!
- ▶ 世界先読みパスワード  
世界の潮流を先読みします!
- ▶ 経済FOCUS 開拓者たち  
新たな市場に挑む経営者たちの群像
- ▶ コラムの森  
記者コラムや人気ライターのエッセイなど。
- ▶ もっと詳しく! なぜなに日本語  
日本語、その奥深さを再発見してみませんか。



天気 森 設定

	5/7	5/8
文京区	22°C —°C	23°C 15°C
札幌市中央 区	18°C —°C	20°C 9°C

▶ 他の地域

交通情報 森 設定

ご登録の路線は平常運転です。

プロ野球情報 5/7の試合

巨	—	D	18:00開始
ヤ	—	広	18:00開始
中	—	神	18:00開始

もうひとつの「百聞は

一見に如かず」を発表したのは、東京大学海洋アライアンスの丹羽淑博・特任准教授。こちらは、高校の物理の授業で津波を実感させる工夫だ。冒頭で紹介した津波の方程式を都立日比谷高校(わたしの母校だ!)で教え、これがほんとうに水面を伝わる波を表していることを、生徒みずからパソコンでシミュレーションさせて実感させた。



津波が海岸に押し寄せる様子のシミュレーション。高校物理の授業で生徒に実習させた。クリックすると動画が見られる。横方向の数字は距離で、縦方向は海面の水位。この動画は実際には2時間の動きを表している。水面の盛り上がり巨大なスケールで眺めてくることがわかる(丹羽淑博氏提供)

分・秒の前で表示されている(川崎浩司氏提供)



「[まるわかり海の科学]百聞は一見に……」

津波の方程式を使ってシミュレーションすれば、津波がパソコン上で再現される。当たり前のことだが、これを軽く見てはいけぬ。津波に似たものでよいのなら、科学とは関係のないたんなるアニメでも描くことができる。丹羽さんの試みは、それとは違う。高度に抽象化された物理の方程式を、みずから手を動かし、視覚に訴えることで生活実感に引き戻す作業なのだ。数式と生活実感の橋渡しといってもよい。これは学校教育での試みだが、科学を社会に伝える技術としても注目に値すると思う。

#### 科学を伝えるには「実感」が大切

今回、科学を「見せる」ことにこだわったのには、わけがある。科学のうちでもとくに物理は、どうしてもわたしたち一般人の感覚とは離れがちになる。というか、一般人の感覚から離れることで進歩してきた。だからこそ、津波のような物理現象を社会に伝え、ナルホドと思ってもらうには、感覚に訴えることが大切なのだ。

もうすこし具体的にお話ししよう。物理系の科学は、複雑な自然現象のなかに単純な原理を見つけたらとする試みだ。ときには、ありえないほど単純化する。その典型例が、高校の物理で登場する「質点(しつてん)」の考え方だ(※1)。質点とは、重さはあるが大きさがない仮想的な物体。大学入試では、「質点がこの坂を滑り降りるとき、どれくらいの速さが出るか」というような問題がたりする。

この質点には面くらいましたね。これって、ありえない。大きさがないんだったら、そもそも物体がないんだから重さもないでしょう。生活感覚からまったく離れた絵空事に思える。こんな勉強、やっても意味がないように思える。

だが、じつはこの単純化こそが物理の最大の武器なのだ。もし大きさのあるボールが坂を転がって落ちるとすれば、ボールの位置が下がってくることのほかに、ボールの回転も考えなければならぬ。そうなる話は複雑になる。だから、まずは単純に位置の変化だけを考えたい。そのためには「大きさをゼロ」にしてしまおう。話を単純にするためには、こんな大胆な考え方だて迷うことなく取り入れる。そして、単純に考えた事柄を数式で表す。いったん数式にしてしまえば、あとはあれこれ悩まずに式を解くだけでよい。回転のことは後まわし。こうして、順を追って理解を深めていくのが、物理の基本的な考え方だ。

このような考え方が、科学が苦手な人にとってはアダになる。物理的に考えようとすればするほど、生活実感から離れていく。数式に持ち込むという物理の得意技も、抵抗感に輪をかけていく。ついに、「物理って、なんだがよくわかんない……」。物理の悲しい宿命といってもいい。

だからこそ、津波のような物理系の研究成果を、物理の世界で生きているプロではない一般人の人に説明するには、そこに生活実感を取り戻すことが必要なのだと思う。そのひと手間をかけるのが、ここで紹介したように研究者自身の場合もあれば、サイエンスライターなどの場合もあるだろう。その方法にも、このような「百聞は一見に如かず」方式もあれば、わかりやすい文章で実感してもらうというやり方もある。

科学は、この社会を支え、そして社会に支えられている。だから、川崎さんや丹羽さんのような「伝える努力」は、科学にとってオマケではなく、社会との関係において根本的に大切なのだ。

最後に一言。今回のお話では、街が津波に飲み込まれる映像を紹介した。東日本大震災で被災した方にとっては、もう見たくもない映像だったと思う。だが、科学はいま、被災地の復興や、近い将来に発生が予想される南海トラフ地震について、なんとか社会の力になりたいと研究を重ねている。わたしが所属している東京大学海洋アライアンスも、今年度から新たに津波

株価	▲一覧	為替	▲一覧
TOPIX 5月7日11:25		米ドル 5月7日11:40	
1157.20(-25.28)		101.62-101.65	
日経平均 5月7日11:25		ユーロ 5月7日11:39	
14132.76(-324.75)		141.52-141.56	

#### アクセスランキング

1時間	24時間
1 スマホ通信、広告より遅い? 総務省が実測実験へ	5/7 7:48
2 閉館した静岡の温泉旅館、渋谷区民の保養施設に	5/7 7:57
3 ソウル地下鉄事故、半日前の信号異常に対応せず	5/7 10:57
4 マンション前に頭蓋骨などが入った段ボール箱	5/7 10:24
5 働き手「70歳まで」…新生産年齢人口に	5/7 8:16

#### myニュース

◆設定

気になるキーワードを登録しておけば、毎日配信される記事の中から該当する記事を自動でピックアップします。

◆myニュースの使い方

#### 動画

▲一覧



「[まるわかり海の科学]百聞は一見に……」

#### スクラップブック(0/1000)

▲一覧

スクラップした記事はありません。

気になった記事や後で読みたい記事は、「スクラップボタン」を押すだけで簡単に保存できます。保存した記事はスマートフォンからも読むことができます。

◆スクラップブックの使い方

## [まるわかり海の科学] 百間は一見に…… : 読売プレミアム

3/3 ページ

防災のプロジェクトを立ちあげた。科学の成果を社会に生かすには、まずそれを社会に伝え、受け入れるかどうかを社会の側に判断してもらう必要がある。科学には「伝える」ことが欠かせない。今回の連載を読んで不快に感じた方々、どうかその思いをくんで、ご容赦ください。

〔※1〕「真点」という言葉は、載っている教科書と載っていない教科書がある。もっとも、載っていないくても、とくに指定がないかぎり物体の大きさや回転は考えていない。暗黙のうちに真点は登場している。



保坂直紀(ほさか・なおき)

東京大学海洋アライアンス上席主幹研究員。都立日比谷高校卒。東京大学で海洋物理学を専攻して博士課程中退。東京工業大学で科学報道の研究により博士(学術)。元読売新聞科学部記者。気象予報士。



この記事をストックする

[一覧へ](#)   [教育科学](#)   [海の科学](#)   [コラムの森](#)

## 参考記事

Powered by Sciph

コラムの森	【まるわかり海の科学】プレートはなぜ動く？	4/15 400
コラムの森	【まるわかり海の科学】貝のヒッチハイク	3/11 400
コラムの森	【まるわかり海の科学】南岸低気圧と暴潮	3/18 400
コラムの森	【まるわかり海の科学】大雪と地球温暖化	3/4 400
コラムの森	【まるわかり海の科学】ニーニョ3兄弟	3/18 400

© 読売新聞社 提出し、記事、写真の無断転載を禁止します。

[▶ サイトマップ](#)  
 [▶ 会社案内](#)  
 [▶ 利用規約](#)  
 [▶ サイトポリシー](#)  
 [▶ 特定商取引法に基づく表示](#)  
 [▶ お問い合わせ](#)  
 | Ver.224

## 武藤 厚 (テーマ2・テーマリーダー)

### 【研究】

#### [論文]

- 1) 武藤 厚, 前田大介, 梶原由貴, 村田 賢: 「スペースフレームの3次元解析システムの拡張と応用—鉄筋コンクリート部材の弾塑性解析機能の組込みと検証—」, 構造工学論文集, 日本建築学会, Vol.59B, pp. 505-512, (2013-3)
- 2) 原 亮, 加藤史郎, 中澤祥二, 武藤 厚: 「周辺補剛された4点支持鉄筋コンクリートドーム屋根の耐力に関する解析的分析—形状初期不整と想定地震荷重の耐力に与える影響—」, 日本建築学会構造系論文集, 日本建築学会, Vol.78, No.685, pp. 503-511, (2013-3)

#### [発表]

- 1) Atsushi MUTOH, Yuhki ITO, Hirotohi KOMATSU, Mutsuro SASAKI, Evaluation of Thermal, Shrinkage and Creep Effects in Shallow RC Shells by Measurements and Analyses, IASS-APCS, 2012, (CD-ROM, total 6 pages), (2012-5)
- 3) Atsushi MUTOH, Shun MURAMOTO and Akihiro MASUDA, Study on Nonlinear Vibration Characteristics of RC/CFRC Arches by Vibration Tests and Simulations, IASS, 2013, (CD-ROM, total 5 pages), (2013-9)
- 4) Atsushi MUTOH, H. Komatsu and M. Sasaki, Evaluation of Vibration, Creep/Shrinkage and Thermal Effects of Shallow RC Shells by Measurements and Analysis, The 14-th Int'l Conf. Computational Structures Technology, Civil-Comp Press(UK), total 12 pages(CD-ROM), (2013-9)
- 5) 武藤 厚: 「RCアーチの振動破壊とRCシェルの長期変形のシミュレーション」, 2013年度日本建築学会大会・構造部門(応用力学)パネルディスカッション資料(共著)～建物の強非線形挙動の再現における可能性と課題～, 日本建築学会, 応用力学運営委員会, pp. 32-39, (2013-8)
- 6) 村本 駿, 後藤秀和, 伊藤雄基, 益田彰宏, 武藤 厚: 「RC曲面構造における複合非線形挙動の予測に関する試み(その7 RCアーチの振動破壊実験について(ダブル配筋))」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 687-688, (2012-9)
- 7) 伊藤雄基, 益田彰宏, 小松宏年, 佐々木睦朗, 武藤 厚: 「大型RCシェルの長期変形と構造特性に関する実証的研究(その1 偏平な自由曲面シェルにおける変形の測定について)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 683-684, (2012-9)
- 8) 益田彰宏, 伊藤雄基, 小松宏年, 佐々木睦朗, 武藤 厚: 「大型RCシェルの長期変形と構造特性に関する実証的研究(その2 温度・収縮・クリープ特性と構造性能に関する推定)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 685-686, (2012-9)

- 9) 後藤秀和, 水野真史, **武藤 厚**: 「合掌造の構造特性の評価に関する研究 (その4 小屋組の振動特性について)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 471-472, (2012-9)
- 10) 水野真史, 村本 駿, 大塚貴弘, **武藤 厚**: 「震動台を用いた地震防災教育への応用の試み (その1 強震時の室内挙動再現によるコンテンツ)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 43-44, (2012-9)
- 11) **武藤 厚**, 伊藤雄基, 益田彰宏, 小松宏年, 佐々木睦朗, **武藤 厚**: 「大型 RC シェルの長期変形と構造特性に関する実証的研究 (その3 建設から3年間の変形特性と構造特性について)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 853-854, (2013-8)
- 12) 村本 駿, 益田彰宏, 伊藤夕華, **武藤 厚**: 「RC 曲面構造における複合非線形挙動の予測に関する試み (その8 RC アーチの振動破壊性状とCF シートの補強効果について)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 847-848, (2013-8)
- 13) 高味えり, 伊藤雄基, **武藤 厚**: 「組積造による歴史的建造物の構造特性に関する再検証の試み (その4 ブールジュ大聖堂の構造特性に関する推定)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 965-966, (2013-8)
- 14) 益田晃宏, 三浦徳人, **武藤 厚**, 元結正次郎, 大谷友香, 藤田康仁: 「ラブル・コア工法を用いた教会堂の振動特性について (その2 エチミアジン大聖堂の3次元モデルによる振動特性の評価)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 929-930, (2013-8)
- 15) 三浦徳人, 益田晃宏, **武藤 厚**, 元結正次郎, 大谷友香, 藤田康仁: 「ラブル・コア工法を用いた教の振動特性について (その3 リプシュメ教会の3次元モデルによる振動特性の評価)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 931-932, (2013-8)

## 【社会貢献】

### [委員]

(財)愛知県・建築住宅センター・耐震診断判定部会および同・耐震改修評定部会・委員  
 日本建築学会・代議員 (第12期)  
 日本建築学会・構造委員会・RCシェル構造小委員会・主査  
 日本建築学会・構造委員会・強非線形問題の理論と応用小委員会・委員  
 "Asian Pacific Conf. on Shell and Spatial Struct 2015 Scientific Committee"  
 日本建築学会・構造委員会・空間構造における数値解析小委員会・委員  
 名古屋歴史的建造物保存活用推進会議・委員



# 公明以外の推薦認めず

## 統一地方選 自民県連、公認候補で

自民党県連は八日、選挙対策本部会議を名古屋市内で開き、来年四月の統一地方選について、公明党以外の政党推薦を受けた場合、自民県連は公認しない方針を決めた。

自民の県会議員の中には、前回選で大村秀章知事が率いる地域政党「日本一愛知の会」の推薦を受けた議員も多いが、次回は日本一愛知との連携は不可能となる。

自民県連は、県議選と名古屋市議選では、すべての選挙区に公認候補を擁立する方針も確認した。

藤川政人本部長(参院議員)は会議終了後、報道陣の取材に「七月、ろ」との見通しを示した。

議員定数と選挙区割り、見直しを進めており、三月末をめどに結論を出す予定。定数や選挙区割りの確定を受けて公認候補の選定に入る。

(垣見洋樹)

# 木造住宅の耐震調査

## 名古屋 建築士らに「公開実験」

南海トラフ地震や直下型地震の発生が懸念される中、木造住宅の構造部材の耐震性を調べる「公開実験」が七日夜、名古屋市中白区の名城大自然災害リスク軽減研究センターで実施された。

理工学部建築学科の武藤厚教授と学生らが実施。地域で住宅の設計や耐震補強に携わる建築士ら五十人が見学した。

実験では、地震を人工的に起こす装置を使い、一九九五年の阪神揺れを再現し、木造住宅一階の柱や筋交いを模した高さ三メートル、幅一・八メートルの木材がどのような揺れで損傷するかを検証したところ、木材は震度5強の揺れではほとんど変化しなかったが、震度6強〜7の激しい揺れになると「パキパキ」と音とともに割れた。

武藤教授は「東日本大震災後、市民の耐震への意識は高くなってわかれ建築関係者が、さらに安全な家造りのアイデアを考えていければ」と話した。

(相坂穰)

# 民政移管進むミャンマー

軍政から民政移管が進むミャンマーのミヤ・テイン憲法裁判所長官(左)が八日、名古屋市中種区の名古屋大で開かれた日本のアジア法学者名大で意見交換

との意見交換会に出席した。昨年、ミャンマーに日本法律研究センターを設置した名大との交流の一環。ミャンマーの憲法や裁判所の役割を解説した後、質疑が行われた。

# 憲法裁判所長官が解説

日本側は憲法裁判所の審理対象や手続き、過去の判例について質問。テイン長官は「行政、立法、司法の機関から申し立てのあった法律の違憲審査が憲法裁判所の役割。判決の効力をいかに担保するか、議論が続いている」と現状を説明した。

ミャンマーは二〇〇八年に制定した新憲法に基づき、一一年三月に憲法裁判所を設置。長官は二二年に



柱や筋交いを模した木材の前で実験内容を説明する武藤教授(名城大)

筋交いを模した高さ三メートル、幅一・八メートルの木材がどのような揺れで損傷するかを検証したところ、木材は震度5強の揺れではほとんど変化しなかったが、震度6強〜7の激しい揺れになると「パキパキ」と音とともに割れた。

武藤教授は「東日本大震災後、市民の耐震への意識は高くなってわかれ建築関係者が、さらに安全な家造りのアイデアを考えていければ」と話した。

(相坂穰)



ミヤ・テイン長官(左)は、憲法裁判所の役割について説明した。

2013年 10月22日

**建築学科武藤ゼミが白雲閣とオアシス21のイベントで研究発表**

理工学部建築学科の武藤厚教授研究室が10月13日、名古屋市などが主催する「第3回白雲閣なごや歴まちびとステーション事業」への出展依頼により参加しました。イベントはあいちトリエンナーレ2013オープンアーキテクチャーの特別連帯事業の一環で実施されたものです。

「白雲閣」は、岐阜県白川村にあった合掌造りの民家。ダム建設のため昭和30年代に名古屋市緑区大高町に移築され、高級料亭として知られました。現在休業中ですが、今回は地域のイベントのために一般に開放されました。大高地区の歴史や白雲閣が現在に至る経緯などのパネル展示やスクリーンを使った説明が行われ、学生たちは、合掌造り構造物に関する研究の成果として、3次元CGや構造体再現模型を用いて発表しました。

10月22日には、栄オアシス21で行われた「愛知県建築士事務所協会キャンペーンinオアシス21」の構造デザイン関連での出展依頼により参加。耐震や太陽光発電、建築相談などの建築に関係する団体のブースの一角に建築・耐震コーナーを開設し、構造物の解析事例や建築模型を展示。訪れる人々に建築物の構造特性等の説明を行いました。また、当日、大工のあり方について学ぶ「大工塾」の学生たちが実演で用いた6畳ほどの小屋組を寄贈してもらい、名城大学研究実験棟Ⅱにある重量実験棟内に構造用教材として設置。講義の中で建築の構造理解に活用中です。



<http://ndrr.meijo-u.ac.jp/news.html>

## 村田 賢（テーマ2）

### 【研究】

#### [論文]

- 1) 武藤 厚, 前田大介, 梶原由貴, 村田 賢: 「スペースフレームの3次元解析システムの拡張と応用—鉄筋コンクリート部材の弾塑性解析機能の組み込みと検証—」, 構造工学論文集, 日本建築学会, Vol.59B, pp. 505-512, (2013-3)

## 大塚 貴弘（テーマ2）

### 【研究】

[論文]

[発表]

- 1) 大塚貴弘, Markus Knobloch, Mario Fontana : ウェブ幅厚比の大きい H 形鋼梁の高温時せん断座屈後耐力, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 北海道, 構造 I , pp.345-346, CD-ROM, 2013.8. 【20173.pdf】
- 2) Ohtsuka, T., Knobloch M., Fontana M. : Shear capacity of steel plate girders with slender webs in fire, Proceedings of the Fifth International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation (SEMC), Cape Town, South Africa, pp.1-6(CD-ROM), 2013.9 【CH318.pdf】

## 平岩 陸（テーマ2）

### 【研究】

#### [論文]

- 1) 平岩陸, 朴相俊: 収縮ひび割れの発生に及ぼす拘束状況の影響に関する解析的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.490-495, 2012.7.
- 2) 平岩陸, 朴相俊: コンクリート壁の開口部における収縮ひび割れに関する解析的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.1, pp.499-504, 2013.7.

#### [発表]

- 1) 平岩陸, 朴相俊: コンクリートの収縮に及ぼす骨材寸法の影響に関する解析的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), A-1, pp.689-690, 2012.9.
- 2) 平岩陸, 朴相俊: コンクリートの収縮が圧縮強度に与える影響に関する解析的研究, 日本建築学会東海支部研究報告集, No.51, pp.69-72, 2013.2.
- 3) 平岩陸, 朴相俊: 粘弾塑性サスペンション要素法によるコンクリート壁開口部における乾燥収縮ひび割れ解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道), A-1, pp.71-73, 2013.8.
- 4) 平岩陸, 朴相俊: 内部拘束によるコンクリートの収縮ひび割れ発生状況に関する解析的研究, 日本建築学会東海支部研究報告集, No.52, pp.5-8, 2014.2.

## 原田 守博（テーマ3・テーマリーダー）

### 【研究】

#### [論文]

- 1) 原田守博・羽澄貴史：XバンドMPレーダ情報に基づく局地的短時間豪雨の雨域性状の確率論的評価，土木学会論文集 B1(水工学) Vol.70, No.4, I\_511-I\_516, 2014.

#### [発表]

- 1) 原田守博，丹羽直人，橋本和馬：可搬型電波流速計を用いた都市河川の洪水流量観測，平成24年度土木学会中部支部研究発表会概要集，II-16，pp.105-106，2013.
- 2) 原田守博：可搬型電波流速計を用いた都市河川の洪水流量観測 –ゲリラ豪雨に伴う急激な洪水流出の実態把握に向けて–，名城大学総合研究所紀要，第18号，pp.149-152，2013.
- 3) 塚原大輔，原田守博，瀧本陽平，山下泰世：豪雨時における都市河川の水位上昇が雨水吐流出量に及ぼす影響，平成25年度土木学会中部支部研究発表会概要集，II-40，pp.145-146，2014.

### 【社会貢献】

#### [委員]

平成12年4月～現在	国土交通省河川技術懇談会委員（庄内川リバーカウンセラー）
平成15年12月～現在	愛知県河川整備計画流域委員会委員
平成25年4月～現在	愛知県管理河川治水計画検討会委員
平成24年11月～現在	愛知県環境審議会専門委員
平成24年8月～現在	名古屋市環境審議会委員
平成25年12月～現在	なごや水の環復活推進協議会委員

## 新井 宗之 (テーマ 3)

### 【研究】

#### [論文]

- 1) 新井宗之, 安田孝志, 中川一: 山地河道における浅水流に関する波動方程式の導出とその解析解の検討, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.69, No.4, I\_961-I966, 2013.2.
- 2) M.Arai, J.Huebl, R.Kaitna: Occurrence conditions of roll waves for three grain-fluid models and comparison with results from experiments and field observation, Geophysical Journal International, Oxford University Press (The Royal Astronomical Society), Vol.195 (3), pp.1464-1480, 2013.10.

#### [発表]

- 1) M. Arai: A research of wave equation of shallow water with sediment on inclined channel, European Geosciences Union 2013 Assembly, NH3.10 Documentation and monitoring of landslides and debris flows for mathematical modelling and design of mitigation measures, EGU2013-6520, 2013.4.
- 2) M. Arai and H. Nakagawa: "A study on wave equation and solutions of shallow water on inclined channel", Proceedings of the 12th International Symposium on River Sedimentation, ISRS 2013, Kyoto Japan, pp.553-558, 2013.9.
- 3) 仙波学, 新井宗之, 石川雄規: 転波列性土砂流サージの波動方程式に関する一検討, 土木学会第 68 回年次学術講演会概要集, II-017, pp.33-34, 2013.9.
- 4) 石川雄規, 新井宗之, 仙波学: 転波列サージの波動特性の流量変化に関する実験的検討, 土木学会第 68 回年次学術講演会概要集, II-018, pp.35-36, 2013.9.
- 5) 新井宗之: 運動量補正係数  $\beta$  を含む浅水流運動方程式に基づく波動方程式に関する一検討, 土木学会第 68 回年次学術講演会概要集, II-019, pp.37-38, 2013.9.
- 6) 寺川 大貴, 新井 宗之, 石川 雄規, 仙波 学: 傾斜水路における転波列性サージの波の分散性に関する実験的検討, 平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-36, pp.137-138, 2014.3.
- 7) 仙波 学, 新井 宗之, 石川 雄規: 転波列性サージのスリットダム通過における初期ピークの低減に関する検討, 平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-37, pp.139-140, 2014.3.
- 8) M. Arai: A research of phase velocity of roll waves for debris flow, European Geosciences Union 2012 Assembly, NH3.10 Documentation and monitoring of landslides and debris flows for mathematical modeling and design of mitigation measures, EGU2012-6719, 2012.4.
- 9) 新井宗之, 安田孝志: 転波列性土砂流サージの波動方程式に関する一検討, 土木学会年次学術講演会概要集, II-24, 2012.9.

- 10) **新井宗之**, 久野浩太, 石川雄規: 転波列性土石流サージの波動特性に関する実験的研究, 土木学会年次学術講演会概要集, II-25, 2012.9.
- 11) **新井宗之**: 運動量補正係数を含む浅水流の運動方程式による波動方程式に関する検討, 平成24年度土木学会中部支部研究発表会概要集, II-9, 2013.3.
- 12) 石川雄規, **新井宗之**, 浅田浩行, 仙波学: 傾斜水路における転波列性サージ波動特性実験に関する検討, 平成24年度土木学会中部支部研究発表会概要集, II-27, 2013.3.

**【社会貢献】**

**[委員]**

平成24年度(～平成25年3月) 国土交通省中部地方整備局 天竜川上流河川事務所 鷺流峡治水技術検討会

### 広瀬 正史 (テーマ 3)

#### 【研究】

#### [発表]

- 1) 土井啓史, 広瀬正史 : TRMM PR と AMeDAS による降水季節変化の地域的特徴, 日本気象学会 2012 年度春季大会予稿集, p. 374. 2012.
- 2) **Hirose, M.:** Fine-scale rainfall characteristics stratified by scale-based precipitation systems, Proc. of the 4th TRMM and GPM international science conference, 2012.
- 3) **Hirose, M.:** Rainfall measurement from space (2), Proc. of the 22nd international hydrological programme (IHP) training course, 2012.
- 4) **Hirose, M.:** Climatological characteristics of TRMM PR rainfall, Proc. of Asia Oceania Geosciences Society meeting, AS15-A014, 2013.
- 5) 広瀬正史: 衛星搭載降雨レーダデータの気候学的利用について, 日本気象学会 2013 年度秋季大会予稿集, p. 120, 2013. [hirose03.pdf](#)
- 6) **Hirose, M.:** Evaluation of rainfall climatology from the long-term spaceborne radar data (2), JAXA Joint PI workshop, PMM session, 2014.

小高 猛司（テーマ4・テーマリーダー，センター代表）

【研究】

[論文]

- 1) 小高猛司，崔瑛，李圭太，兼松祐志，小林芳樹：三軸試験の試験条件が河川堤防土の強度定数に及ぼす影響河川技術論文集，第19巻，pp.81-87, 2013.
- 2) 小高猛司，崔瑛，小林芳樹，兼松祐志，李圭太：河川堤防砂の構造の程度が力学特性の評価に及ぼす影響，河川技術論文集，第18巻，pp.339-344, 2012.
- 3) 森 涼香，小高猛司，兼松祐志：再構成供試体作製時の含水比が礫混じり砂の力学特性に及ぼす影響，地盤材料試験・地盤調査の精度とばらつきに関するシンポジウム論文集，pp.169-172, 2012.
- 4) 吉田賢史，小高猛司，三好直輔，福沢宏樹：粘性土の中空ねじりせん断試験における端面摩擦と供試体寸法に関する検討，地盤材料試験・地盤調査の精度とばらつきに関するシンポジウム論文集，pp.169-172, 2012.

[発表]

- 1) 小高猛司，野田利弘，吉川高広，高稲敏浩，李圭太，崔瑛：粘土基礎地盤上の河川堤防の被災メカニズムに関する一考察，地盤工学会特別シンポジウムー東日本大震災を乗り越えてー発表論文集，pp.219-224, 2014.
- 2) 吉川高広，野田利弘，小高猛司，高稲敏浩：粘性土地盤上の不飽和盛土の施工時・地震中・地震後挙動に関する空気～水～土骨格連成解析，地盤工学会特別シンポジウムー東日本大震災を乗り越えてー発表論文集，pp.248-254, 2014.
- 3) T. Kodaka, T. Noda, T. Yoshikawa and T. Takeine: Seismic and Postseismic Behavior of River Levee on Soft Clay Ground, Keynote Lecture, MS22, The 1st International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems, COMPSAFE 2014, pp.138-139, 2014.
- 4) 大野雄貴，小高猛司，崔瑛，吉田賢史：東日本大震災で被災した河川堤防の基礎地盤粘性土の圧縮およびせん断特性，平成25年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，CD-ROM, 2014.
- 5) 小林芳樹，兼松祐志，小高猛司，崔瑛，石原雅規，原 忠，李圭太，ボーリング試料による礫地盤の粒度評価と液状化対象土層の判定に関する考察，平成25年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，CD-ROM, 2014.
- 6) 平松佑一，本城勇介，大竹 雄，李圭太，小高猛司：堤体地盤の不確実性を考慮した河川堤防の信頼性解析，平成25年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，CD-ROM, 2014.

- 7) 吉川高広, 野田利弘, **小高猛司**, 高稲敏浩: 粘性土地盤上の不飽和盛土の施工時・地震中・地震後挙動に関する空気～水～土骨格連成解析, 平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, CD-ROM, 2014.
- 8) **小高猛司**, 李圭太, 崔瑛, 兼松祐志, 小林芳樹: 砂質堤体土の強度定数評価のための三軸試験条件の考察, 第 1 回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム講演概要集, pp.67-70, 2013.
- 9) 石原雅規, **小高猛司**, 原忠, 李圭太: 礫質土の粒度評価におけるボーリング調査径に関する研究, 第 1 回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム講演概要集, pp.87-90, 2013.
- 10) 平松佑一, 本城勇介, 大竹 雄, 李 圭太, **小高猛司**: 堤体地盤調査データの統計解析に基づく河川堤防の信頼性評価, 第 1 回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム講演概要集, pp.49-50, 2013.
- 11) 兼松祐志, 小林芳樹, **小高猛司**, 崔瑛, 李圭太: 細粒分を多く含む堤防砂質土の三軸試験のシミュレーション, 第 68 回土木学会年次学術講演会 CD-ROM, pp.341-342, 2013.
- 12) 小林芳樹, 兼松祐志, **小高猛司**, 崔瑛, 李圭太: 細粒分を多く含む堤体砂質土の各種三軸試験による力学特性の評価, 第 68 回土木学会年次学術講演会 CD-ROM, pp.343-344, 2013.
- 13) 平松佑一, 本城勇介, 大竹 雄, 李 圭太, **小高猛司**: 応答曲面を用いた河川堤防浸透安定性評価における信頼性解析, 第 68 回土木学会年次学術講演会 CD-ROM, pp.397-398, 2013.
- 14) 中村太意, **小高猛司**, 崔瑛, 李圭太, 榎本文勇: 土被りが異なる樋門周辺の空洞化に関する模型実験, 第 68 回土木学会年次学術講演会 CD-ROM, pp.407-408, 2013.
- 15) 大野雄貴, **小高猛司**, 崔瑛, 吉田賢史: 異方応力条件下の粘土のひずみ制御繰返し単純せん断試験, 第 68 回土木学会年次学術講演会 CD-ROM, pp.659-660, 2013.
- 16) 平松佑一, 本城勇介, 大竹 雄, 李 圭太, **小高猛司**: 河川堤防における信頼性解析の適用性に関する研究, 第 48 回地盤工学会研究発表会講演集, CD-ROM, pp.227-228, 2013.
- 17) **小高猛司**, 崔瑛, 大野雄貴, 吉田賢史: 異方応力条件下の粘土の繰返し載荷時の即時変形とその後の圧密変形, 第 48 回地盤工学会研究発表会講演集, CD-ROM, pp.469-470, 2013.
- 18) **小高猛司**, 崔瑛, 兼松祐志, 森涼香, 小林芳樹, 李圭太: 各種三軸試験条件で得られる河川堤防土の強度定数の評価, 第 48 回地盤工学会研究発表会講演集, CD-ROM, pp.565-566, 2013.
- 19) **小高猛司**, 崔瑛, 小林芳樹, 兼松祐志, 森涼香, 李圭太, 坪田邦治, 加藤雅也: 液状化が懸念される堤防基礎礫質土の大型三軸試験, 第 48 回地盤工学会研究発表会講演集, CD-ROM, pp.587-588, 2013.
- 20) **小高猛司**, 崔瑛, 中村太意, 李圭太, 榎本文勇: 堤体内樋門周辺のゆるみ領域の生成・発達に関する模型実験第 48 回地盤工学会研究発表会講演集, CD-ROM, pp.1175-1176, 2013.
- 21) **T. Kodaka**, Y. Cui, S. Mori and Y. Kanematsu: Soil structure in gravel-mixed sand specimen and its influence on mechanical behavior, Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris, 2013.

- 22) 小高猛司, 崔瑛, 李圭太, 他2名: 河川堤防土の強度定数決定のための試験条件についての一考察, 第25回中部地盤工学シンポジウム論文集, pp. 55-60, 2013.
- 23) 中村太意, 崔瑛, 小高猛司, 李圭太, 榎本文勇: 河川堤防樋門周辺地盤内のゆるみ領域や空洞の生成, 発達現象の観察, 第25回中部地盤工学シンポジウム論文集, pp. 61-68, 2013.
- 24) 小林芳樹, 間宮健太, 森涼香, 兼松祐志, 小高猛司, 崔瑛, 李圭太, 坪田邦治, 加藤雅也: 非排水および排水せん断時のゆる詰め砂礫地盤の力学挙動に関する考察, 平成24年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, III-020, pp.203-204, 2013.
- 25) 大野雄貴, 吉田賢史, 小高猛司, 崔瑛: 自然堆積粘土のひずみ制御繰返し単純せん断試験, 平成24年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, III-022, pp.207-208, 2013..
- 26) 兼松祐志, 森涼香, 小林芳樹, 間宮健太, 小高猛司, 崔瑛, 李圭太: 河川堤防土の力学特性の評価する上での排水条件の検討, 平成24年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, III-031, pp.225-226, 2013.
- 27) 吉田賢史, 小高猛司, 崔瑛, 三好直輔: 繰返し単純せん断試験による自然堆積粘土の地震時ならびに地震後挙動の一考察, 第67回年次土木学会学術講演会講演概要集, III-259, pp.517-518, 2012.
- 28) 森涼香, 兼松祐志, 小高猛司, 崔瑛, 李圭太: 再構成供試体の骨格構造が力学挙動に及ぼす影響の三軸シミュレーションによる検討, 第67回年次土木学会学術講演会講演概要集, III-366, pp.731-732, 2012.
- 29) 兼松祐志, 森涼香, 小高猛司, 崔瑛, 李圭太: 同一試料を繰り返して用いて再構成した供試体の三軸試験結果, 第67回年次土木学会学術講演会講演概要集, III-2367, pp.733-734, 2012.
- 30) 兼松祐志, 森涼香, 小高猛司, 崔瑛, 李圭太: 初期含水比の違いが河川堤防砂の力学特性に及ぼす影響とその三軸試験シミュレーション, 第24回中部地盤工学シンポジウム論文集, pp. 35-42, 2012.
- 31) 兼松祐志, 小高猛司, 崔瑛, 森涼香, 李圭太: 供試体再構成時の含水比の違いによる礫混じり砂の変形, 強度特性の変化, 第47回地盤工学会研究発表会講演集, CD-ROM, pp.341-342, 2012.
- 32) 森涼香, 小高猛司, 崔瑛, 兼松祐志, 李圭太: 構造の異なる礫混じり砂再構成供試体の三軸試験シミュレーション, 第47回地盤工学会研究発表会講演集, CD-ROM, pp.343-344, 2012.
- 33) 吉田賢史, 小高猛司, 三好直輔, 崔瑛: 不攪乱自然堆積粘土の繰返し単純せん断後の変形について, 第47回地盤工学会研究発表会講演集, CD-ROM, pp.315-316, 2012.

## 【社会貢献】

### [委員]

- 2010年6月～ 土木学会 原子力土木委員会 地盤安定性評価部会 委員
- 2011年6月～ Soils and Foundation 編集委員会 委員 (2012年6月～幹事委員)
- 2011年9月～ 土木学会 地盤工学委員会 堤防小委員会委員 (WG3 主査)
- 2011年9月～ 地盤工学会 震災特別委員会地盤変状メカニズム研究委員会委員 (WG5 主査)
- 2012年4月～ 中日本高速道路 名古屋支社管内 のり面防災対策検討会 委員兼幹事
- 2014年5月～ 地盤工学会 実務シリーズ書籍「河川堤防の調査・検討から設計・モニタリングまで」出版編集委員会 委員長
- 2014年6月～ 国土交通省 堤防技術研究委員会 委員
- 2014年6月～ Soils and Foundation 編集委員会 副委員長

### [講演]

- 2013年11月20日 公益財団法人河川財団名古屋研究発表会 「東日本大震災における粘土基礎地盤上の河川堤防の変状メカニズムの検討」(資料9)
- 2013年12月20日 公益社団法人地盤工学会中部支部 イブニングセミナー 「第6回講演会」 「河川堤防の安全性評価の信頼性向上のための地盤工学の課題と展望」(資料10)
- 2014年3月3日 一般財団法人国土技術研究センター 堤防委員会 基調講演 「土の材料特性と河川堤防の安全性について」(資料11)
- 2014年4月14日 The 1st International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems, COMPSAFE 2014, Keynote Lecture in MS-22 「Seismic and Postseismic Behavior of River Levee on Soft Clay Ground」(資料12)



この「第7回 公益財団法人河川財団名古屋研究発表会」は「土木学会CPDプログラム」として認定されています。

## 第7回

# 公益財団法人 河川財団 名古屋研究発表会

—河川財団研究発表並びに河川整備基金助成事業成果発表—

**日時** H25 11/20 水 13:00～17:30

**会場** 愛知県産業労働センター「ウインクあいち」1001大会議室  
名古屋市中村区名駅4丁目4-38 TEL.052-571-6131

**交通**

- JR名古屋駅桜通口からミッドランドスクエア方面徒歩5分
- ユニモール地下街 5番出口 徒歩2分

### プログラム

13:00	開会・主催者挨拶	名古屋事務所長 平光 文男
13:05	来賓挨拶	中部地方整備局 河川部 河川調査官 堀 与志郎
— 講 演 —		
13:10	講演「近年の降雨と豪雨の予測」	日本気象協会 北村 泰宏
14:25	休憩—15分—	
— 研 究 発 表 —		
14:40	「河川に関する歴史の資料整理・公開方法に関する研究～ 木曾三川下流域治水史年表中間報告」	名古屋事務所 平光 文男
15:10	「河川堤防等における生態緑化技術の開発に関する研究」	河川総合研究所 山本 嘉昭
— 研 究 成 果 発 表 —		
15:40	「巨大災害に備える広域避難計画策定のための空間的分析」	愛知工業大学 小池 則満 奈良女子大学 西村 雄一郎
16:30	休憩—20分—	
— 基 金 助 成 事 業 成 果 発 表 —		
16:50	「東日本大震災における粘性土基礎地盤上の河川堤防の変状メカニズムの検討」	名城大学 小高 隼司
17:20	質疑応答	
17:30	閉 会	

**講演者プロフィール** 気象予報士 **北村 泰宏** (KINOMOTO TAISIRO)



● 所 属 日本気象協会

● 業務経歴、現在の業務

1974年 (財)日本気象協会福岡本部入社、豊後地区中津市石橋養蚕専修学校での20の成品予報業務、気象解読業務に従事。

1985年 (財)東海本部に転籍、CBC-TV天気キャスター全般当、

2005年 大塚、常葉子創設者に従事。

● メッセージ

これまでは気象情報を中心に情報の提供を行ってききましたが、これからは防災気象情報も含めて、わかりやすい気象情報の提供に努めています。

● 趣 味

シフト勤務(ジャズ)、本格的射撃、大のサウズファン

● 過去の出演番組

えんぴつずき!さらすべ、CBCニュースワイド(気象予報-中部日本放送)など

**主催** 公益財団法人 河川財団 名古屋事務所 〒463-0068 名古屋市中区山崎町三丁目710番地 TEL.052-388-7891

FAX.052-388-7918

▼ 裏面に申込書があります

## 堤防委員会

### 第18回会議次第

1. 日時 平成26年3月3日（月）15時～18時
2. 場所 （一財）国土技術研究センター第二・三会議室
3. 議事次第
  - (1) 開会
  - (2) 議題
    - 1) 基調講演「土の材料特性と河川堤防の安全性について」  
小高 猛司 先生  
（名城大学工学部社会基盤デザイン工学科 教授）
    - 2) 話題提供「河川氾濫の頻度と気候温暖化の間に関係はあるのか？」  
東畑 郁生 先生  
（東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻 教授）
  - 3) 今後の予定
- (3) 閉会

## 中部支部イブニングセミナー「第6回講演会」開催のご案内

開催日時 : 2013年12月20日(金)  
 会 場 : 名古屋工業大学2号館0211講義室  
 講 師 : 小高猛司 (名城大学 理工学部 教授)

主催 : 公益社団法人 地盤工学会中部支部

中部支部では月1回のペースでイブニングセミナーを開催しています。平成25年度は6回を計画していますが、今年度最終回は、名城大学の小高猛司氏を講師に迎え、「河川堤防の安全性評価の信頼性向上のための地盤工学の課題と展望」と題したセミナーを下記の要領で行います。講義開始時間を社会人の会員も参加しやすい18:30に設定しておりますので、仕事帰りに奮ってご参加下さい。

G-CPDポイント数 : 2

日 時 : 平成25年12月20日(金) 18:30~20:30  
 場 所 : 名古屋工業大学2号館0211講義室(1階,旧F1教室)  
会場までのアクセスはこちら(地下鉄、JRの駅から徒歩10分)  
 会 費 : 個人会員/特別会員500円 学生会員300円 非会員1,000円  
 講 師 : 小高 猛司 (名城大学 理工学部 社会基盤デザイン工学科 教授)  
 内 容 : 河川堤防の安全性評価の信頼性向上のための地盤工学の課題と展望

近年頻発する水害や迫り来る巨大地震に備えて河川堤防の安全性評価の信頼性を高めるために、堤防は土構造物であるという原点に立ち返り、より土質力学的に堤防を評価する流れができつつあります。しかし、その反面、今まで見過ごされてきた地盤工学の課題も多く見られるようになってきました。本セミナーでは、講師が現在携わっている研究プロジェクトや研究委員会などで検討されている最新の知見に基づき、河川堤防の安全性評価の信頼性向上のための地盤工学の課題と展望について報告します。具体的には、浸透すべり破壊照査に用いる土質定数の評価、粘性土から礫質土までの各種基礎地盤上の堤防の耐震性評価、河川構造物を含む堤防の安全性評価、など。

### 申込方法 :

参加ご希望の方は、氏名 所属 連絡先 会員・特別会員・非会員の別を下記までメールまたはFAXにてお知らせください。(参加費は当日お支払いください。)

申込先 : 公益社団法人 地盤工学会中部支部

〒460-0008

名古屋市中区栄二丁目9番26号ポラビル8F

電話 : 052-222-3747 FAX : 052-222-3773 E-mail : jibanchu@jeans.ocn.ne.jp

## The 1st International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems

### Session 3F MS22-1

Time: 13:00 - 15:00 Monday, April 14, 2014

Location: Room F

Chair: Akira Murakami (Kyoto Univ.)

#### 3F-1 (Time: 13:00 - 13:40)

Title	[Keynote] Seismic and Postseismic Behavior of River Levee on Soft Clay Ground
Author	*Takeshi Kodaka (Meijo Univ., Japan), Toshihiro Noda, Takahiro Yoshikawa (Nagoya Univ., Japan), Toshihiro Takeine (Asanuma, Japan)
Page	pp. 138 - 139

#### 3F-2 (Time: 13:40 - 14:00)

Title	Seismic Response Analysis of River Embankments Constructed on the Alternately Layered Soft Ground
Author	*Kentaro Nakai, Toshihiro Noda, Kenta Kato (Nagoya Univ., Japan)
Page	pp. 140 - 143

#### 3F-3 (Time: 14:00 - 14:20)

Title	Dynamic Analyses of Deformed Embankments due to Foundation Consolidation
Author	*Ryosuke Uzuoka, Yasuhiro Ikami (Univ. of Tokushima, Japan)
Page	pp. 144 - 145

#### 3F-4 (Time: 14:20 - 14:40)

Title	Stability Analysis of Wave Propagation for Investigation of Triggering Conditions of Liquefaction
Author	*Jian Chen, Hideyuki O-tani (RIKEN, Japan), Muneo Horii (Univ. of Tokyo, Japan)
Page	pp. 146 - 149

#### 3F-5 (Time: 14:40 - 15:00)

Title	Numerical Experiments on the Influence by Shear Deformation to the Formation of Décollement Zone
Author	*Yuhei Kurimoto (Nagoya Inst. of Tech., Japan), Yuzuru Yamamoto, Hide Sakaguchi (JAMSTEC, Japan), Feng Zhang (Nagoya Inst. of Tech., Japan)
Page	pp. 150 - 153

## 溝口 敦子（テーマ４）

<b>【研究】</b>	
[論文]	
1) 溝口敦子：越流の誘因が破堤過程に及ぼす影響の実験的検討，河川技術論文集，Vol. 19，土木学会，pp.45-50，2013.	
[発表]	
1) 溝口敦子：破堤のきっかけと越流破堤過程に関する実験的検討，土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集，II-26，日本大学生産工学部津田沼キャンパス，pp.123-124，CD-ROM，2013.	
<b>【社会貢献】</b>	
[委員]	
2005 年 09 月～現在	土木学会水工学委員会河川部会
2013 年 09 月～現在	土木学会応用力学委員会地区幹事
2012 年 11 月～現在	東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会ファシリテータ
2013 年 2 月～現在	名古屋市堀川水辺活用協議会 委員
2013 年 7 月 8 日～現在	国土交通省中部地方整備局 美和ダム再開発 湖内堆砂対策 施設検討委員会 委員
2013 年 4 月 1 日～現在	(一社) 中部地域づくり協会 公益助成審査委員会委員
2013 年 9 月～現在	国土交通省中部地方整備局 矢作川流域圏懇談会 委員
[講演]	
2013 年 12 月 3 日	「河床変動現象と管理への適用」平成 24 年度中部河川技術研修研修会講演（資料 13）

## 平成24年度 中部河川技術研修計画

1. 実施主体: 中部河川技術研修実行委員会
2. 研修テーマ: 『河川の維持管理』
3. 実施日: 平成24年12月3・4日(月・火)
4. 場 所: ウィンク愛知
5. プログラム

【1日目】	
13:00	開 会 (901大会議室)
13:10~14:00	基調講演 「これからの河川整備と管理」 ●辻本 哲郎(名古屋大学大学院工学研究科 教授)
14:00~14:50	講 義「川についての様々なとらえ方」 ～人とのつながりから移動床現象まで～ ●藤田 裕一郎(岐阜大学流域圏科学研究センター 教授)
14:50~15:40	講 義「移動床過程と河道管理」 ●溝口 敦子(名城大学工学部建設システム工学科 准教授)
16:00~18:00	休 憩 オリエンテーション 分科会メンバーによる事前打ち合わせ
【2日目】	
9:15	集合(グループ毎に各部屋で研修開始)
9:15~12:00	グループ別討議(事前レポート発表、討議、発表用PPT作成等) 休 憩(昼 食)
13:00~14:30	グループ別討議(発表用PPT作成、発表準備等)
14:45~16:45	報告会(901大会議室) 9分科会による報告と質疑応答(1分科会あたり10分~15分)
16:45	閉 会

## 崔 瑛 (テーマ4)

### 【研究】

#### [論文]

- 1) 小高猛司, 崔瑛, 李圭太, 兼松祐志, 小林芳樹: 三軸試験の試験条件が河川堤防土の強度定数に及ぼす影響河川技術論文集, 第19巻, pp.81-87, 2013.
- 2) 小高猛司, 崔瑛, 小林芳樹, 兼松祐志, 李圭太: 河川堤防砂の構造の程度が力学特性の評価に及ぼす影響, 河川技術論文集 18, pp. 165-177, 2012.

#### [発表]

- 1) 小高猛司, 野田利弘, 吉川高広, 高稲敏浩, 李圭太, 崔瑛: 粘土基礎地盤上の河川堤防の被災メカニズムに関する一考察, 地盤工学会特別シンポジウム—東日本大震災を乗り越えて—発表論文集, pp.219-224, 2014.
- 2) 大野雄貴, 小高猛司, 崔瑛, 吉田賢史: 東日本大震災で被災した河川堤防の基礎地盤粘性土の圧縮およびせん断特性, 平成25年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, CD-ROM, 2014.3.
- 3) 小林芳樹, 兼松祐志, 小高猛司, 崔瑛, 石原雅規, 原忠, 李圭太, ボーリング試料による礫地盤の粒度評価と液状化対象土層の判定に関する考察, 平成25年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, CD-ROM, 2014.3.
- 4) 小高猛司, 李圭太, 崔瑛, 兼松祐志, 小林芳樹: 砂質堤体土の強度定数評価のための三軸試験条件の考察, 第1回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム講演概要集, pp.67-70, 2013.
- 5) 小高猛司, 崔瑛, 大野雄貴, 吉田賢史: 異方応力条件下の粘土の繰返し載荷時の即時変形とその後の圧密変形, 第48回地盤工学会研究発表会講演集, CD-ROM, 2013.7.
- 6) 小高猛司, 崔瑛, 中村太意, 李圭太, 榎本文勇: 堤体内樋門周辺ゆるみ領域の生成・発達に関する模型実験第48回地盤工学会研究発表会講演集, CD-ROM, 2013.7.
- 7) 小高猛司, 崔瑛, 小林芳樹, 兼松祐志, 森涼香, 李圭太, 坪田邦治, 加藤雅也: 液状化が懸念される堤防基礎礫質土の大型三軸試験, 第48回地盤工学会研究発表会講演集, CD-ROM, 2013.7.
- 8) 小高猛司, 崔瑛, 兼松祐志, 森涼香, 小林芳樹, 李圭太: 各種三軸試験条件で得られる河川堤防土の強度定数の評価, 第48回地盤工学会研究発表会講演集, CD-ROM, 2013.7.
- 9) 大野雄貴, 小高猛司, 崔瑛, 吉田賢史: 異方応力条件下の粘土のひずみ制御繰返し単純せん断試験, 第68回土木学会年次学術講演会 CD-ROM, 2013.8.
- 10) 中村太意, 小高猛司, 崔瑛, 李圭太, 榎本文勇: 土被りが異なる樋門周辺の空洞化に関する模型実験, 第68回土木学会年次学術講演会 CD-ROM, 2013.8.

- 11) 兼松祐志, 小林芳樹, 小高猛司, **崔瑛**, 李圭太: 細粒分を多く含む堤防砂質土の三軸試験のシミュレーション, 第 68 回土木学会年次学術講演会 CD-ROM, 2013.8.
- 12) 小林芳樹, 兼松祐志, 小高猛司, **崔瑛**, 李圭太: 細粒分を多く含む堤体砂質土の各種三軸試験による力学特性の評価, 第 68 回土木学会年次学術講演会 CD-ROM, 2013.8.
- 13) T. Kodaka, **Y. Cui**, S. Mori and Y. Kanematsu: Soil structure in gravel-mixed sand specimen and its influence on mechanical behavior, Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris, 2013.
- 14) 中村太意, **崔瑛**, 小高猛司, 李圭太, 榎本文勇: 河川堤防樋門周辺地盤内のゆるみ領域や空洞の生成, 発達現象の観察第 25 回中部地盤工学シンポジウム論文集 (査読有), pp. 61-68, 2013
- 15) 小高猛司, **崔瑛**, 李圭太, 他 2 名: 河川堤防土の強度定数決定のための試験条件についての一考察, 第 25 回中部地盤工学シンポジウム論文集 (査読有), pp. 55-60, 2013.
- 16) 兼松祐志, 森涼香, 小高猛司, **崔瑛**, 李圭太: 初期含水比の違いが河川堤防砂の力学特性に及ぼす影響とその三軸試験シミュレーション, 第 24 回中部地盤工学シンポジウム論文集, 2012.8.
- 17) 兼松祐志, 小高猛司, **崔瑛**, 森涼香, 李圭太: 供試体再構成時の含水比の違いによる礫混じり砂の変形, 強度特性の変化, 第 47 回地盤工学会研究発表会講演集, CD-ROM, pp.341-342, 2012.7.
- 18) 森涼香, 小高猛司, **崔瑛**, 兼松祐志, 李圭太: 構造の異なる礫混じり砂再構成供試体の三軸試験シミュレーション, 第 47 回地盤工学会研究発表会講演集, CD-ROM, pp.343-344, 2012.7.
- 19) 吉田賢史, 小高猛司, 三好直輔, **崔瑛**: 不攪乱自然堆積粘土の繰返し単純せん断後の変形について, 第 47 回地盤工学会研究発表会講演集, CD-ROM, pp.315-316, 2012.7.
- 20) 吉田賢史, 小高猛司, **崔瑛**, 三好直輔: 繰返し単純せん断試験による自然堆積粘土の地震時ならびに地震後挙動の一考察, 第 67 回年次土木学会学術講演会講演概要集, III-259, pp.517-518, 2012. 9.
- 21) 森涼香, 兼松祐志, 小高猛司, **崔瑛**, 李圭太: 再構成供試体の骨格構造が力学挙動に及ぼす影響の三軸シミュレーションによる検討, 第 67 回年次土木学会学術講演会講演概要集, III-366, pp.731-732, 2012. 9.
- 22) 兼松祐志, 森涼香, 小高猛司, **崔瑛**, 李圭太: 同一試料を繰り返して用いて再構成した供試体の三軸試験結果, 第 67 回年次土木学会学術講演会講演概要集, III-2367, pp.733-734, 2012. 9.
- 23) 小林芳樹, 間宮健太, 森涼香, 兼松祐志, 小高猛司, **崔瑛**, 李圭太, 坪田邦治, 加藤雅也: 非排水および排水せん断時のゆる詰め砂礫地盤の力学挙動に関する考察, 平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, III-020, pp.203-204, 2013. 3.
- 24) 大野雄貴, 吉田賢史, 小高猛司, **崔瑛**: 自然堆積粘土のひずみ制御繰返し単純せん断試験, 平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, III-022, pp.207-208, 2013. 3.

25) 兼松祐志, 森 涼香, 小林芳樹, 間宮健太, 小高猛司, 崔瑛, 李圭太 : 河川堤防土の力学特性の評価する上での排水条件の検討, 平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, III-031, pp.225-226, 2013. 3.

**【社会貢献】**

**[委員]**

2014 年 5 月～現在	土木学会堤防小委員会 委員
2014 年 4 月～2015 年 3 月	地盤工学会 講座小委員会 委員
2010 年 6 月～現在	地盤工学会中部支部 第 8 部会 委員
2010 年 6 月～現在	地盤工学会中部支部 第 1 部会 委員

## 柄谷 友香（テーマ5・テーマリーダー）

### 【研究】

#### [著書]

- 1) 木村周平・杉戸信彦・柄谷友香編：災害フィールドワーク論，古今書院，2014年6月（発行予定）。
- 2) 柄谷友香：防災を考える—水・土砂災害適応策の深化に向けて—，「行政支援」を「行政サービス」に変えるための自助・共助・公助の役割—2006年7月鹿児島県北部豪雨災害を事例として—（共著，第3章担当），公益社団法人日本河川協会編，技報堂出版，pp79-121，2012.

#### [論文]

- 1) 柄谷友香・鍵屋一：障害福祉施設における防災計画上の課題と事業継続計画（BCP）策定に向けた試み，日本福祉のまちづくり学会，福祉のまちづくり研究，2014年7月（掲載決定）。
- 2) 柄谷友香：東日本大震災後の地域・生活再建を支える「中核被災者」の役割と可能性—陸前高田市の自主防災組織による避難所運営を事例として—，名城大学総合研究所総合学術研究論文集，No.12，CD-ROM，2013.
- 3) 山田忠・松本康夫・柄谷友香：水害常襲地域における転入者の水害に関する知識と家屋対策に関する分析，土木学会論文集 F6（安全問題），Vol.68，No.2，CD-ROM，2013（査読有）。
- 4) Tadashi Yamada, Yuka Karatani: Effects of Local Community Activities on Views Concerning Flood Responses and Countermeasures, Journal of Hydrosience and Hydraulic Engineering, CD-ROM, 2012

#### [発表]

- 1) 田中聡，重川希志依，佐藤翔輔，柄谷友香，河本尋子：名取市における借り上げ仮設住宅に居住する被災者の再建過程に関する一考察，地域安全学会東日本大震災連続ワークショップ in 大船渡，No.2，CD-ROM，2013.
- 2) 柄谷友香：中小企業の仮設施設による事業再開プロセスに関する一考察，地域安全学会東日本大震災連続ワークショップ in 大船渡 2013，No.2，CD-ROM，2013.

### 【社会貢献】

#### [委員]

- |                 |   |
|-----------------|---|
| 2010年5月～現在      | 春日井市「春日井市都市計画審議会」委員                     |
| 2010年5月～2012年4月 | 可児市「可児市土地利用対策委員会」委員                     |
| 2010年6月～2013年3月 | （財）地震予知総合研究振興会「地域地震防災基準に関する基本問題研究委員会」委員 |

2010年6月～現在	地域安全学会理事
2010年8月～2011年1月	内閣府中央防災会議「専門委員」・「災害時の避難に関する専門調査会」委員
2011年4月～2014年3月	岐阜県「国土利用計画審議会」委員
2011年4月～2013年3月	社団法人中部建設協会「公益助成審査委員会」委員
2011年8月～2012年3月	名古屋市「地震対策専門委員」委員
2011年9月～2013年9月	尼崎市「尼崎市開発審査会」委員
2011年8月～2013年8月	岐阜県「景観審議会」委員
2011年10月～2013年9月	可児市「都市計画審議会」委員
2011年10月～2012年11月	内閣府「災害時の避難に関する専門調査会 避難指針 WG 及び防災・災害情報 WG」委員
2011年10月～2012年3月	国土交通省中部地方整備局「東海・東南海・南海地震対策中部圏戦略会議」委員
2012年3月～2013年3月	国土交通省中部地方整備局「地震・津波災害に強いまちづくり検討委員会」委員
2012年4月～2014年3月	岐阜県「地震防災行動計画検討委員会」委員
2012年4月～2014年3月	国土交通省中部地方整備局「東海・東南海・南海地震対策中部圏戦略会議」委員
2012年4月～2014年3月	静岡県「河川審議会」委員
2012年4月～2014年3月	国土交通省中部地方整備局「事業評価監視委員会」委員
2012年5月～2014年5月	春日井市「都市計画審議会」委員
2012年6月～2014年6月	土木学会「企画委員会」委員
2012年6月～2013年3月	応用地質(株)、(株)三菱総合研究所「愛知県東海・東南海・南海地震等被害予測調査 災害ワーキング委員会」委員
2012年6月～2014年6月	公益社団法人土木学会「企画部門 企画委員会」委員兼幹事
2012年9月～2013年3月	可児市「防災会議」委員
2012年10月～現在	犬山市「景観審議会」委員
2012年12月～2014年11月	岡崎市「防災会議」委員
2013年3月～2014年3月	岐阜県「防災会議」委員
2013年3月～現在	文部科学省「地震調査研究推進本部」専門委員
2013年4月～2014年3月	名古屋市「地震対策専門委員会」委員
2013年6月～2014年3月	国土交通省中部地方整備局「地震・津波災害に強いまちづくり検討委員会」委員
2013年7月～2014年3月	愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査「災害対応ワーキング委員会」

2013年7月～現在	名古屋市「名古屋大都市圏戦略有識者検討会」委員
2013年8月～2015年9月	岐阜県「景観審議会」委員
2013年10月～2015年9月	可児市「都市計画審議会」委員
2013年12月～現在	国土交通省「社会資本整備審議会」専門委員
2014年1月～2014年3月	名古屋港管理組合「社会資本総合整備計画評価会議」委員
2014年3月～2015年3月	国立民族学博物館共同研究員
2014年3月～2016年3月	国土交通省「東海・東南海・南海地震対策中部圏戦略会議」委員
2014年3月～2016年3月	静岡県知事「静岡県河川審議会」委員

**[講演・外部講師]**

2012年7月	社団法人日本橋梁建設協会 東日本大震災調査報告セミナー
2012年11月	内閣府 平成24年度国家公務員防災担当職員合同研修
2013年2月	平成24年度名古屋市女性会館後期主催講義
2013年2月	国土交通省中部地方整備局 木曾川下流河川事務所 防災に関する勉強会
2013年3月	岩手大学 女性研究者研究活動支援事業総括シンポジウム
2013年4月	国土交通大学校 平成25年度専門課程 水災害危機管理研修
2013年4月	国立大学法人静岡大学防災総合センター講演会
2013年5月	岐阜県職員研修所研修「部局等連携研修（危機管理部門）」
2013年5月	刈谷市 平成25年度防災講演会
2013年9月	土木学会全国大会「100周年記念討論会」研究者発表
2013年9月	静岡大学防災フェロー講座
2013年10月	京都大学市民講座「豪雨災害から身を守る」
2014年2月	名古屋大学減災連携研究センター「減災まちづくり研究会」
2014年2月	岩手県社会福祉協議会「災害時の障害福祉施設の事業継続計画を考える研修」
2014年4月	国土交通大学校 平成26年度専門課程 水災害危機管理研修
2014年7月	高知市「平成26年度防災人づくり塾」（決定）
2014年8月	岐阜県立可茂特別支援学校「防災研修」（決定）
2014年9月	静岡大学「ふじのくに防災フェロー養成講座」（決定）
2014年10月	徳島県美波町「防災シンポジウム」（決定）

## 施設概要

1. 構造実験载荷システム .....	161
2. 劣化環境促進装置 .....	163
3. 三次元地震波震動台性能増強システム .....	165
4. 急勾配水路 .....	167
5. 動的中型三軸試験装置 .....	169



## 1. 構造実験载荷システム

### 1-1. 施設概要

構造耐震実験室に整備された構造実験システムは、油圧シリンダ、ポンプ（写真 1.1）、構造フレームユニット（図 1.1, 写真 1.2）から構成されている。今後展開される実験に応じて、自在に組換えすることで多様な载荷実験に対応できる。また、構造実験システムを展開するための反力床は専用に設計した鉄骨部材を格子状に接合して、強固な PC スラブと一体化した構造である。定期的に配置されたボルト孔により、構造フレームを確実に固定することができる。



写真 1.1 油圧ポンプ



写真 1.2 载荷装置設置状況

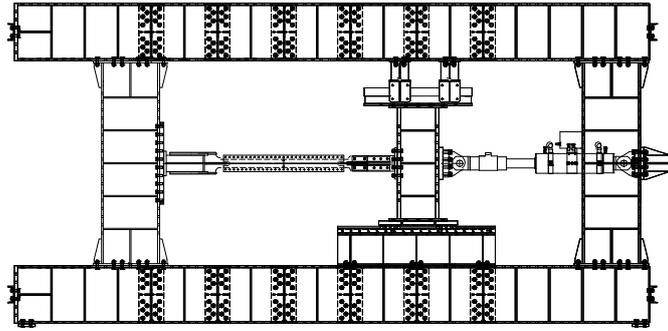
### 1-2. どのような研究を行うか

連動型巨大地震に対する土木構造物の安全性と修復性の向上に関する研究に関連した、各種载荷実験を実施する。例えば、修復性に基づく損傷制御構造物の動的応答と制御設計法の確立のため、鋼製橋脚の部分模型に対する低サイクル疲労実験を実施、土木構造物の制震構造設計法の確立のため、相似則を考慮した分散型サブストラクチャ応答実験を実施する。

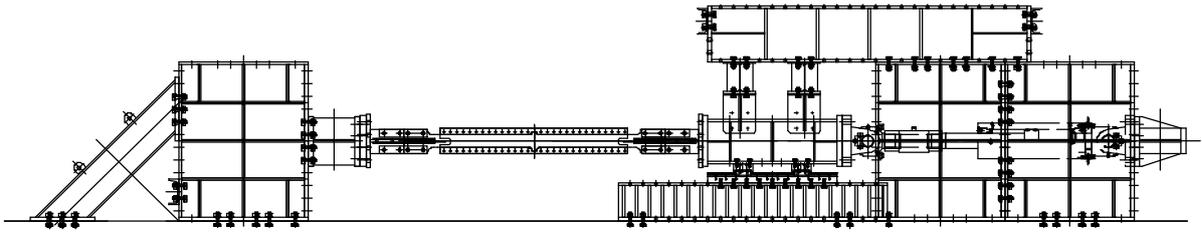
## 3. 期待される成果

動的挙動が複雑な高架橋など各種土木構造物を対象にし、連動型巨大地震時挙動や破壊・崩壊メカニズムを明らかにすることにより、現状より高度な耐震解析法の提案と有効な損傷制御設計法・補強法を提案することで土木構造物の耐震設計の理論と手法の高度化が図られ、倒壊・落橋といったリスクの軽減を目指した耐震安全性の確保が期待できる。

平成 25 年度までの成果では、図 1.1 および写真 1.2 に示す载荷システムを用いて、ラーメン橋脚に軸降伏型ダンパーを設置することを想定したハイブリッド実験を実施して、制震効果を検証した。



(a) 載荷フレーム 1 号機



(b) 載荷フレーム 2 号機

図 1.1 構造実験載荷システム設置例

## 2. 劣化環境促進装置

### 2-1 施設概要

劣化環境促進装置は、室内の温度、湿度を自由自在に制御することにより、室内に劣化環境を再現するための装置である。本装置は、主にプレハブパネル、温調ユニットおよび操作パネルから構成される(写真 2.1)。再現できる温度範囲は、 $-10^{\circ}\text{C}\sim+80^{\circ}\text{C}$ であり、 $\pm 0.75^{\circ}\text{C}$ の精度で制御可能である。湿度に関しては、20%R.H.~95%R.H.の範囲で、かつ $\pm 5\%$ の精度で制御可能である。本装置での制御の一例を図 2.1 に示す。温度上昇(降下)時間は $1^{\circ}\text{C}/1$ 分以上である。恒温恒湿モードや繰り返しモードを組み合わせて設定することにより、任意の温度および湿度履歴をプログラムすることができる。温度については $0.1^{\circ}\text{C}$ 、湿度については1%R.H.、時間については1分単位で設定することができる。保存可能なプログラムパターンは最大45であり、かつ繰り返し数をほぼ無限に設定することができる。運転モードはプログラムモードと定値モードの2種類あり、プログラムモードでは0~999時間59分、定値モードでは0~20000時間の範囲にて運転時間を設定することができる。

厚さ75mmのプレハブパネルよりなる幅2000mm×奥行き3000mm×高さ2100mmの部屋である。内板の表面材として、耐久性に優れたステンレス鋼(SUS304)が施されている。また、パネル芯材として硬質ウレタンが使用されている。さらに、有効寸法幅1400mm×高さ1800mmの両開き扉がプレハブパネルに設けられている。



写真 2.1 劣化環境促進装置外観、操作パネル、および内装

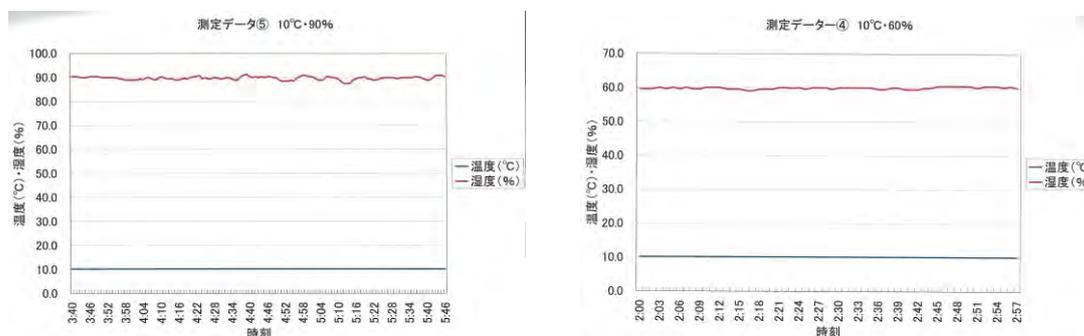


図 2.1 プレハブパネル内の温度および湿度制御の一例

### 2-2 どのような研究を行うか

#### (1) 様々な環境条件下におけるコンクリートの拘束ひび割れ試験 (写真 2.2)

コンクリート部材の劣化要因のひとつである乾燥収縮は、温度や相対湿度変化等の環境条件に大きく依存する。本装置を用いて、温度条件および相対湿度を様々に変動させた条件の下で、コンクリー

ト部材の乾燥収縮による拘束ひび割れ試験を実施する。室内で部材を打設作製することにより、材齢ごく初期を含めた乾燥収縮挙動を評価できることが特徴である。乾燥収縮量やひび割れ幅およびひび割れ発生時期と温度、相対湿度との関連性を明らかにする。

### (2) 温度サイクル劣化を考慮した FRP 接着界面の付着強さ測定実験 (写真 2.3)

コンクリート構造物の耐震補強材として連続繊維複合材 (FRP) が広く用いられているが、巨大地震等、衝撃を伴い大きな外力を受ける場合に、接着材の損傷、ならびに脆性的な FRP 剥離の発生が懸念されている。また、長期供用時に温度変化等による接着材の環境劣化も懸念されている。本研究では、衝撃的な外力と温度サイクルによる劣化を複合的に考慮した FRP の剥離メカニズムを検証する。

### (3) 温度サイクル劣化を考慮したバサルト繊維メッシュの引き抜け強さと補強効果の確認実験 (写真 2.4)

大規模地震災害を背景に、コンクリート構造物およびその構成材料に対してより大きな靱性が求められており、格子状のバサルト繊維メッシュを混入させることでコンクリートの靱性向上を図る研究を実施している。静的荷重下では、大きな靱性補強効果が得られているが、バサルト繊維メッシュの引き抜けに伴い補強効果が失われることもわかっており、長期供用時の温度サイクルによる繊維補強材とコンクリートの界面劣化が懸念される。本研究では、環境劣化促進装置を用いて、温度サイクルによる界面劣化のメカニズムを明らかにする。



写真 2.2 乾燥収縮による拘束ひび割れ試験実施風景



写真 2.3 付着強さ試験の状況



写真 2.4 補強効果確認実験の状況

## 2-3 期待される成果

本施設を利用する研究に期待される成果は以下のとおりである。

- (1) 乾燥収縮によるコンクリートの変形挙動と温度および湿度との関係が包括的に明らかになる。このことは、乾燥収縮変形に関する理論モデルの緻密化に直ちに結びつき、乾燥収縮による劣化シミュレーションの予測精度の向上が期待される。加えて、施設内に載荷治具を設置することにより、乾燥収縮による劣化データを収集しながら、同時に外荷重による損傷を与えることが可能であり、初期劣化と外荷重による複合劣化問題について部材レベルで検証できることが期待される。
- (2) コンクリートと連続繊維補強材の接着界面に及ぼす温度サイクルの影響と、温度サイクルによる界面劣化がその補強効果に及ぼす影響を明らかにする。このことは、現在盛んに用いられている連続繊維材による補強技術の信頼性向上に結び付くものと期待される。

### 3. 三次元地震波震動台性能増強システム

#### 3-1 施設概要

既設の三次元震動台に加振器を1台増設し、電力増幅器と3軸同時振動台を部分改造することで、X方向の加振能力を2倍に性能増強した(1ton 載荷時の地震波再現時で、0.75G⇒1.5G)。さらに、汎用的な加振システムと組み合わせることで、各種建築構造物の基本架構に対する性能評価試験が可能となる。本装置は駆動方式として永久磁石方式を採用しているため、騒音を抑えるとともに広い周波数帯域(0.1～50Hz)にわたって振動波形の精度が高く、実地震波も忠実に再現することができる。

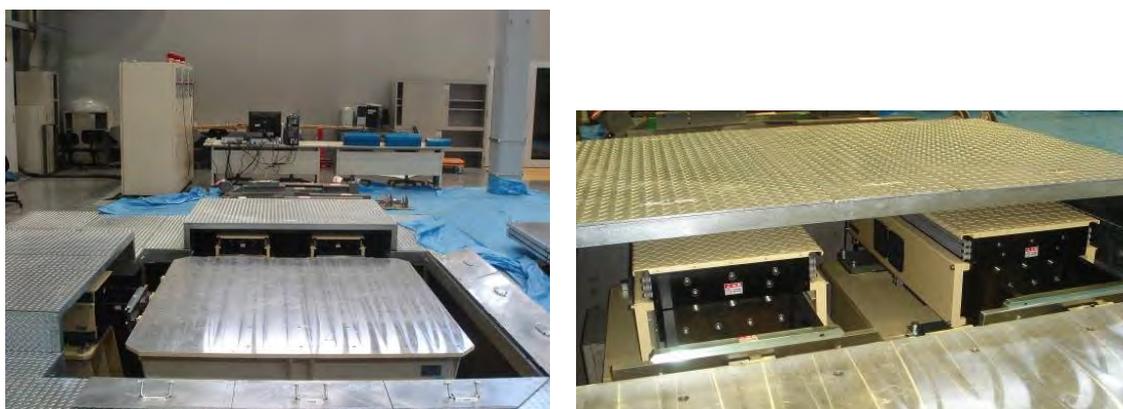


図 3.1 三次元震動台 (左：全景，右：駆動部)

#### 3-2 どのような研究を行うか

薄肉で扁平な RC アーチモデルの動的実験を行い、RC アーチにおける損傷・破壊現象を再現分析し、その結果を用いて数値解析手法の高度化を行う。また、炭素繊維シートによる補強効果を検証し、既存施設への耐震補強や新設の設計に関する提案を行う。

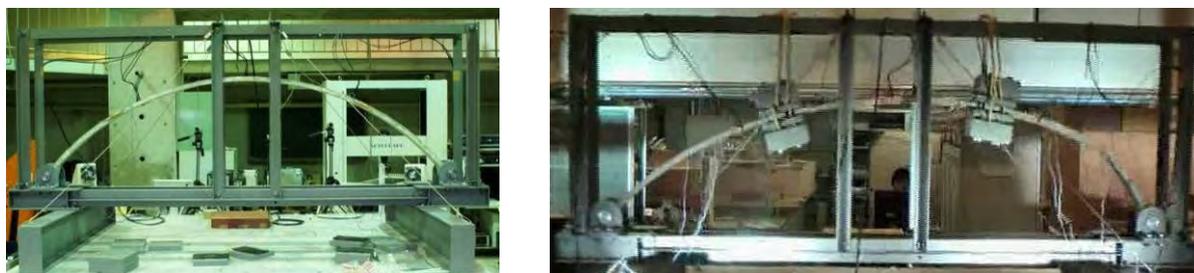


図 3.2 三次元震動台上の試験体の様子 (左：セットアップ時，右：加振時)

木質構造については、現在一般的に建築例の多い在来工法を中心に、各種の補強金物、あるいは制震デバイスを組み込んだ住宅用のフレームの実大モデルを1スパン取り出し、震動実験を実施することにより、その振動特性や耐震性能、および各種工法による比較を実施し、振動特性の基礎データを蓄積し、数値解析手法の検証を実施する。

### <STEP1>

国産材を用い在来工法で単位木質フレームを製作し、静的実験を行う柱頭位置で水平力を繰り返し与えることにより、在来工法での静的耐力の確認、評価を試みる。

### <STEP2>

現在、一般的に幅広く用いられている接合金物を使用し、試験体を製作し、Step1 同様の実験を行い静的耐力の確認、接合金物が与える耐力への影響を評価する。

それぞれの実験より得られた結果を用い数値解析的検討により、木質骨組での性能の評価を行っていく。

また、近年建築物の耐震性能評価のみならず居室内部の家具の地震時挙動や固定方法が問題となっているが、数値解析で得られた建築物地震時応答を本設備に入力することで、地震時の居室の揺れを三次元で再現し、家具の挙動を把握する。

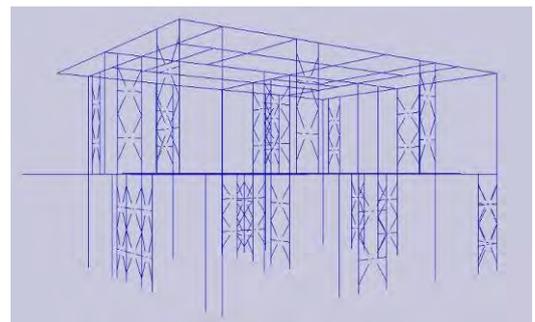
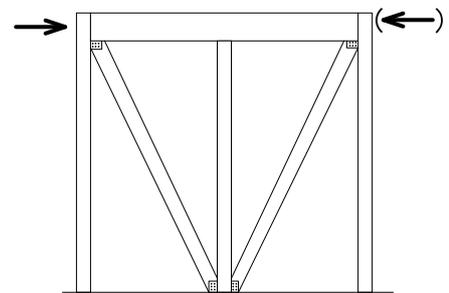


図 3.3 木質構造の耐震研究例

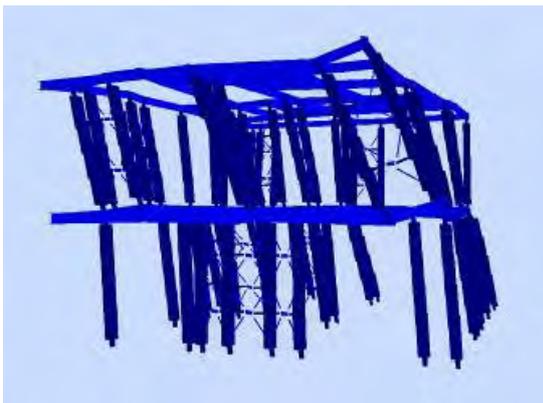


図 3.4 家具等の地震時挙動の研究例

### 3-3 期待される成果

RC 構造物に対しては、各種エネルギー関連施設の安全性向上策としての容器構造の半地下化・完全埋設化や、近年の各種モニュメントとなる建築のルーフィングの大型化に関連し、それらの耐震設計の高度化が可能となる。

木質構造に関しては、一般の戸建住宅の耐震性能の検証や新しい工法やデバイスの有効性の検証・さらに数値解析手法の検証用のデータを提供することにより、基礎データの充実に貢献する。

また、各種構造物の居室内部の家具の挙動を把握するとともに、効果的な固定方法の開発を行う。さらに研究成果を活用し、地域住民への啓発活動も行う。

## 4. 急勾配水路

### 4-1 施設概要

本施設は、幅 20cm、深さ 40cm、長さ 10m のガラス壁を有する水路であり、水平 ~ 30 度まで傾けることができる。下流端にエスカレーションゲートを有する水路部分、受水槽（沈砂槽）、ポンプから構成され、流水は自己循環式となっている。本水路は急勾配で起こる流砂、土石流の基礎現象を室内で再現し、それに伴う流れ、河床高変化の計測を可能とする装置である。なお、給砂装置を搭載することにより一定量の土砂供給を可能とし、かつ、計測台車を載せることで、水位および河床の変化を計測することも可能である。



図 4.1 急勾配水路の全景

### 4-2 どのような研究を行うか

本水路を用いて以下の研究を行う予定である。

#### (1) 急勾配流れにおける流砂現象の解明

本水路が急勾配に設定できることを利用し、堤防法面での土砂の流れ、堤防洗掘につながる急勾配河川における河岸浸食災害等を踏まえ、基礎知見として急勾配流れでの流砂現象の解明をめざす。ここでは、急勾配水路を用いた実験により、例えばレーザーによる流れの可視化を実施し PIV・PTV を援用して粒径に対し水深が小さい場（相対水深が小さい場）の流砂現象と流速分布を計測する。さらに数値解析なども援用し、流砂量や河床変動の予測方法について検討する予定である。

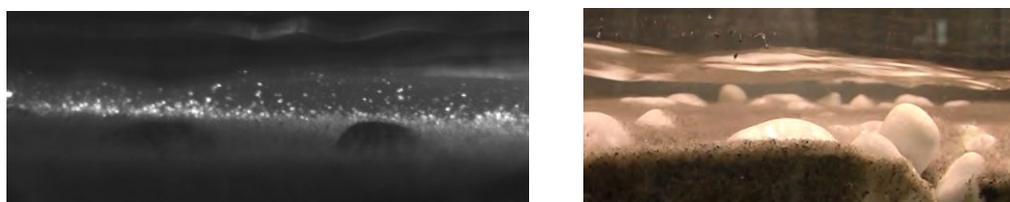


図 4.2 相対水深が低い場での流れイメージ

(左は解析用画像)



図 4.3 レーザーによる流れの可視化システム

## (2) 浸透流および越水を誘因とした破堤現象の解明

破堤の原因として浸透流によって堤防が変形する破堤現象に着目し、例えば水路横断堤防を用いて、そのメカニズムおよび破堤過程について検討する。特に横断堤防を水路内に設置し、上流側に湛水していくと、浸透流による浸潤面の進行やそれに伴う堤体の変形を計測することができ、メカニズムを知ることができる。こうしたメカニズムの基盤条件や堤防の内部条件による違いを解明していくとともに、他の実験装置を用いるなどしてその変形がその後の破堤現象に及ぼす影響の検討へ発展させることができる。

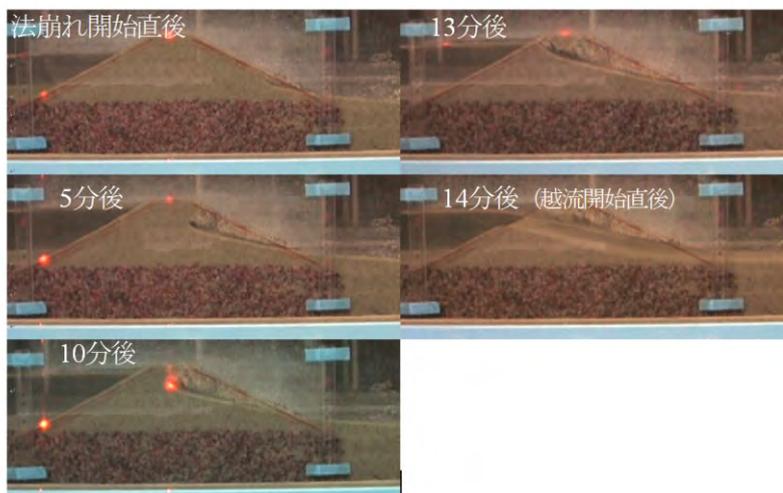


図 4.4 浸透流による堤防変形イメージ

### 4-3 期待される成果

本水路は、水災害の研究の枠組みのうち、主に流砂現象、移動床現象の基礎的知見の収集を実現する装置となる。ここでは、特に上記のような研究を実施することにより、主に土砂移動をメインとした基礎的知見が収集され、さらにそれら知見と数値解析等を援用することによって、破堤リスクの軽減や河川災害のリスク軽減につながる知見を得られると期待できる。

## 5. 動的中型三軸試験装置

### 5-1 施設概要

写真 5.1 に本実験装置の全景および大型三軸供試体の様子を示す。本試験装置は、直径 20cm、高さ 40cm までの中型供試体を用いて、最大粒径 38mm 程度の礫粒子を含む地盤材料の精密な静的力学特性ならびに液状化をはじめとする動的力学特性を解明することができる。

載荷駆動には、小型のハイブリッド油圧アクチュエータを用い、静的載荷時には最大荷重 50kN、載荷速度は 0.050mm/s～0.0005mm/s で可変となる。一方、動的載荷時には、最大荷重 10kN、載荷周波数は 0.01～10Hz である。また、直径 20cm の中型供試体のみならず、直径 10cm の供試体まで対応可能である。

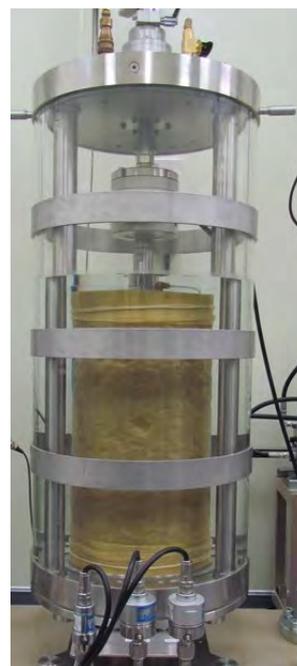
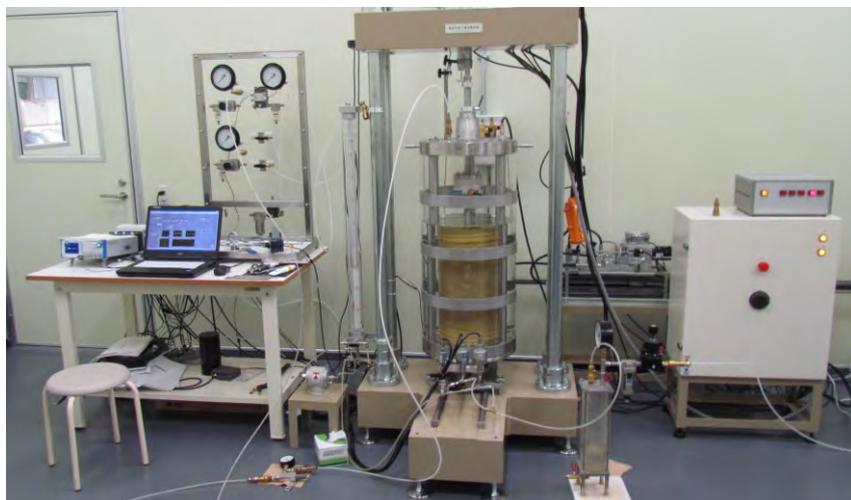


写真 5.1 動的中型三軸試験装置および供試体の様子  
(供試体寸法 直径 20cm, 高さ 40cm)

### 5-2 どのような研究を行うか

南海トラフ地震により、四国の河川をはじめとして、広域にわたる砂礫土を基礎地盤とする河川堤防において液状化被害が懸念されている。大きな粒径の礫を含む原粒度礫質土地盤の試験は、通常、小さな粒径のみに粒度を調整した試験試料を用いて、小型の試験装置を用いて実施される。しかし、砂礫土の力学特性は粒度調整によって大きく変わってしまうため、正確な力学特性を把握するためには原粒度のままの試料で実施可能な大きな供試体を扱える本装置のような試験設備が必要となる。本装置によって、継続時間が長い海溝型地震を模擬した繰返し載荷試験を実施し、砂礫地盤上の河川堤防の地震時安全性を検討することが可能となる。(写真 5.2, 5.3)



写真 5.2 液状化が懸念される砂礫地盤の採取状況（四国 N 川）



写真 5.3 液状化が懸念される砂礫地盤材料  
（四国 N 川・実験室搬入後の様子）

### 5-3 期待される成果

現状の砂礫土を基礎地盤とする堤防の多くが現行評価法の液状化判定を受けて要耐震対策とされているが、それらの堤防の中には、液状化対策工で使用するドレーン材とさほど変わらない粒度構成の砂礫の基礎地盤を有する場合も散見される。すなわち、現行の液状化判定法には、対象とする地盤の透水性が考慮されておらず、本来透水性が高い砂礫地盤において、現行法の予測通りに本当に液状化するのかどうかは不明であるのが実情である。本装置を用いて原粒度の砂礫に対して、通常の完全排水条件のみならず、部分的に排水を許す部分排水条件下での液状化試験を実施することにより、海溝型地震時の真の砂礫地盤の挙動を予測することが可能となる。今後も同種の地盤での液状化対策の必要性が検討される事例が多く発生すると予想されるが、その際に適正な判定が可能となっていることの経済効果は非常に高い。