

# 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

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自然災害リスク軽減研究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

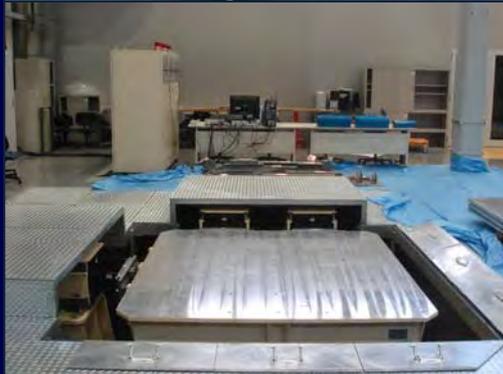
大空間構造物の耐震安全  
性評価による震災リスクの軽減

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  
連携による沿岸域低平地の  
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

大型構造実験フレーム



# 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 (NDRR)

http://ndrr.meijo-u.ac.jp/

文部科学省 平成24年度私立大学戦略的基盤研究形成支援事業

## 21世紀型自然災害のリスク軽減に関するプロジェクト

人口・資産が集中する都市域での震災や、頻発・激化する集中豪雨に伴う水害・土砂災害など、現代社会が直面する「21世紀型自然災害」のリスク軽減をはかるため、先端的な防災・減災研究をハード・ソフトの両面から推進してゆきます。

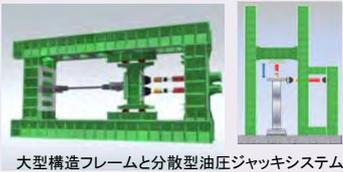
### 1. 連動型巨大地震に対する土木構造物の安全性と修復性の向上に関する研究

- ① 大地震時構造部材の損傷評価手法の提案
- ② 修復性に基づく損傷制御構造物の耐震設計法の開発
- 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開発

サブストラクチャ応答実験システム



連動型地震で損傷した橋梁の例



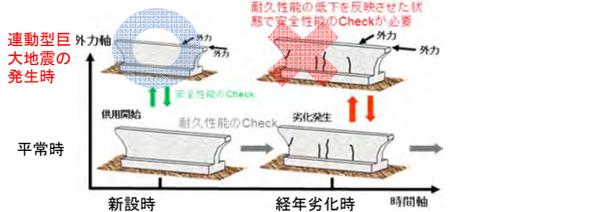
大型構造フレームと分散型油圧ジャッキシステム



都市高架橋の倒壊 (1995.1.17阪神淡路大震災)



都市高架橋の被害 (2011.3.11東日本大震災)



- ④ 構造物の早期復旧のための診断支援技術
- 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
- 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



恒温恒湿環境槽



劣化促進後のRC部材



劣化シミュレーション (赤色はひび割れ)

- ⑦ 地震後の構造安全性および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確立

### 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

- ① 鋼構造の倒壊挙動の高精度な評価手法の開発



鋼構造の被害



- ② 鉄筋コンクリート造空間構造の耐震性能評価手法の開発



鉄筋コンクリート造の被害



- ③ 木造の倒壊挙動の高精度の予測手法や免震・制震



木造住宅の被害



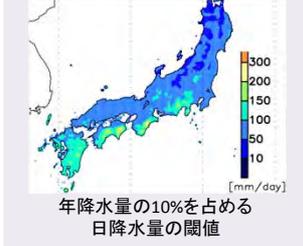
3次元実地震波再現装置

### 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

- 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
- ② 短時間強雨に伴う都市河川の水害発生機構と流出抑制方策
- 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



豪雨時



年降水量の10%を占める日降水量の閾値



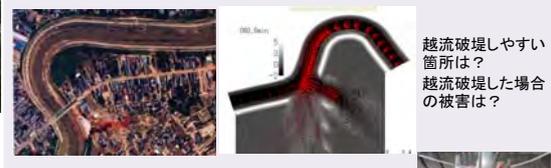
最近設置されたXバンドMPレーダ

### 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

- ① 各種河道条件を考慮した越流破堤現象の解明



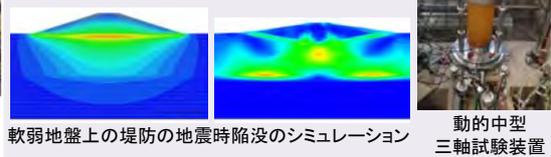
豪雨による破堤 (2004.10.20台風23号)



- 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

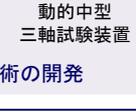


地震による陥没 (2011.3.11東日本大震災)



軟弱地盤上の堤防の地震時陥没のシミュレーション

- ③ 洪水ならびに地震時の堤防安全性照査技術の開発



動的中型三軸試験装置

### 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

- ① 被災限界における自治体(陸前高田市)の機能喪失の実態と課題の解明

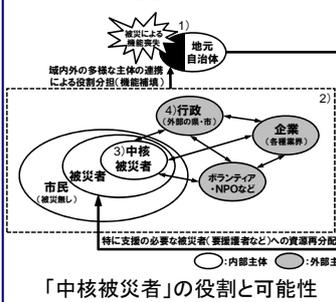


「公助」を補う、「自助・共助」が真に支援が必要な要援護者らへの再分配となる



被災自治体(陸前高田市等)の災害対応は？ 広域支援(名古屋市等)はどの程度有効か？

- ② 自律再建に向けた「中核被災者」の役割と影響分析



「中核被災者」の役割と可能性



中核被災者はいかに動いたのか？ 地域復興や生活再建への影響は？

- ③ 自律再建プロセスに基づく防災研修の教材作成とその実施

# Advanced Research Center for Natural Disaster Risk Reduction (NDRR)

名城大学 自然災害リスク軽減研究センター

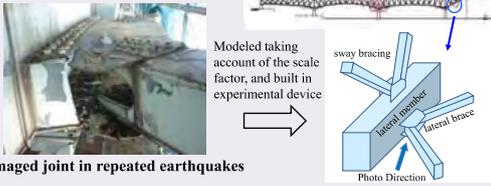
<http://ndrr.meijo-u.ac.jp/>

Meijo University's "Research Project for '21st Century-Type' Natural Disaster Risk Reduction" was adopted as a Strategic Research Base Development Program for Private Universities by MEXT Japan (the Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology) in 2012 (S1201023), and NDRR was launched. NDRR promotes advanced research in the prevention and reduction of disasters in order to reduce the risks of "21st century-type" natural disasters that faced by modern society, which include floods and landslide damage caused by torrential rain and earthquakes in urban areas.

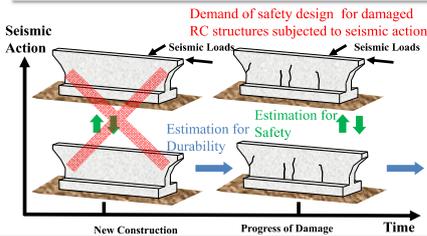
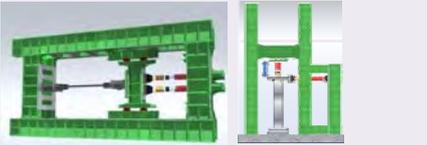
## 1. Upgrading of Structural Safety and Post-Earthquake Serviceability of Infrastructures against Repeated Huge Earthquakes

- Proposing damage evaluation methods for structural members
- Developing seismic design methods of structures considering the post earthquake serviceability
- Developing damage control design methods based on the distributed substructure response testing system taking account of the scale factor

Distributed substructure response testing system



Damaged joint in repeated earthquakes



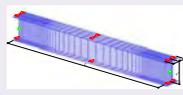
- Establishment of diagnosis supporting technology for early restoration of infrastructures
- Application of smart composite materials with reparability and self-sensing for infrastructures
- Estimation of combined deterioration by initial damage and seismic action for existing RC structures



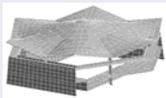
- Development of damage control design methods and repairing/reinforcing guidelines for infrastructures considering structural safety and post earthquake serviceability

## 2. Reduction of the earthquake disaster risk by the earthquake-resistant evaluation of the buildings

- development of precise evaluation method for steel members



- earthquake-resistance evaluation for the RC space structures

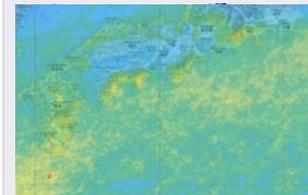


- evaluation of wooden houses and inspection for the dampers



## 3. Mechanisms of Hydro-disaster by Heavy Rainfall and Risk Reduction Procedures

- Spatiotemporal variation of heavy rainfall
- Runoff Process and flood control of urban stream
- Research on check-dam system to control roll waves of flow with sediment

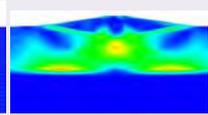
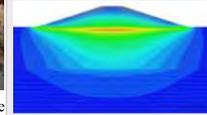


## 4. Reduction of the risk of natural disaster in coastal low-lying area by cooperation of hydraulics and geotechniques

- Research for levee breaching process on the geographical condition of a river



- Clarification of the seismic behavior of the foundation ground of levee that constructed on alluvial low-lying area



- Development of the safety evaluation method of levee during flood and earthquake

## 5. The Roles and Possibility of "Core Victims" who Support Reconstruction of Community and Life after the Great East Japan Earthquake

- Realities and challenges related to decreased function of local government



- The roles of "Core Victims(Resilience)" for independence reconstruction by their own

We indicate the importance of the existence and roles of "core victims" who constitute the core in reconstruction of community and life in order to supplement such "disaster limitation". Moreover, taking the example of activities of voluntary disaster reduction organization in Rikuzentakata City where the evacuation center was mainly operated by the power of citizens soon after the earthquake.



- Teaching materials and implementation of disaster reduction training based on the reconstruction process by victims' resilience

# 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 (NDRR)

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

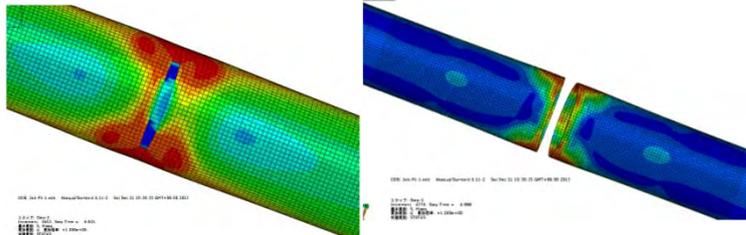
文部科学省 平成24年度私立大学戦略的基盤研究形成支援事業

## 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)

2011年の東日本大震災では、これまでの耐震補強等の成果により地震による損傷はある程度抑えられた事例が多く見受けられたが、高速道路や鉄道の高架橋の復旧には数日から数週間を要するなど、修復性や使用性の観点からはまだ十分とは言えないのが現状である。その主な理由として、土木構造物の激強震時特性、崩壊過程が正確に把握されておらず、耐震解析法および耐震性能評価法の精度が十分でないことが考えられる。本研究では、動的挙動が複雑な長大橋梁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・補強法の開発を行う。本研究の成果により、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。

### 鋼構造部材の損傷メカニズムの解明

本研究では、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、延性き裂の評価を考慮できる繰返し弾塑性モデル(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。これにより、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。



鋼管ブレース部材のき裂発生・進展・破断解析事例

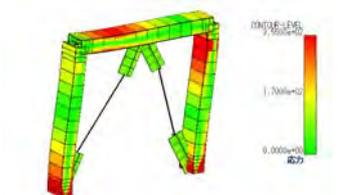
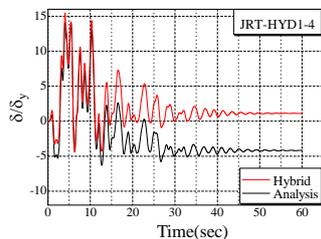
本提案手法は、各種鋼部材の座屈による損傷から、き裂の発生・破断までの全過程をよい精度でシミュレーションできる。まだ開発の途中にあるが、今後、異なる材種、異なる溶接性状、溶接欠陥、異なる載荷履歴、多くの種類の構造部材などについてより詳しい検討を進めていく予定である。

### 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開発

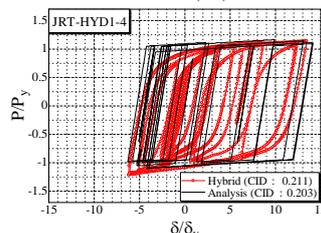
本研究では、複数の座屈拘束ブレースを備えた橋脚を対象として、相似則を考慮したサブストラクチャ応答実験システムにより、座屈拘束ブレースによる鋼製橋脚の制震性能を総合的に検証し、鋼製橋脚の制震化のための設計手法を構築する。



ハイブリッド実験状況



ブレースにより制震化した橋脚モデル



レベル2地震応答結果

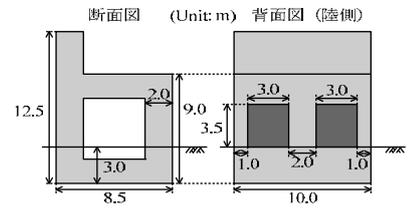
実大スケールのラーメン橋脚に対する地震時応答をハイブリッド実験で検証し、提案するBRBによる制震化により、レベル2地震動の3波連続入力に対しても、橋脚の機能が部材健全度2(橋脚の最大応答変位が弾性応答の2.8倍以内に収まり、残留変位が橋脚高さの1/300以内に収まること)を満足することを確認した。

### 3次元流体-構造解析による防潮堤の津波被災メカニズムの解明

本研究では、2011年の東北地方太平洋沖地震で被災した釜石市唐丹町の小白浜漁港の防潮堤を対象に3次元流体-構造解析を行い、防潮堤の被災メカニズムについて数値的に検討を行う。



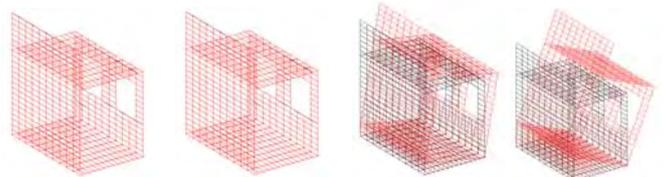
津波により倒壊した防潮堤



小白浜漁港防潮堤の模式図



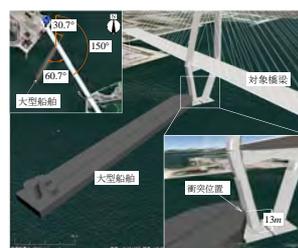
3次元津波解析による防潮堤付近の水面挙動



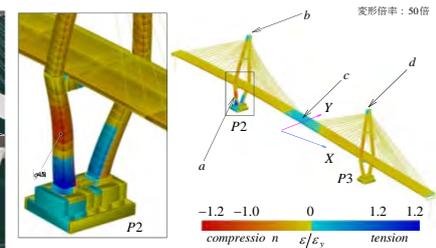
3次元構造解析による防潮堤の被災状況(変形倍率5倍)

### 地震・津波・漂流物衝突の複合外力を受ける土木構造物の3次元複合非線形動的解析法の開発

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使用性に対する評価方法を構築する。



漂流船舶衝突イメージ



船舶衝突による橋梁全体の応答

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、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、橋梁全体モデルを用いた数値シミュレーションで明らかにした。

# 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 (NDRR)

http://ndrr.meijo-u.ac.jp/

文部科学省 平成24年度私立大学戦略的基盤研究形成支援事業

## 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(2)

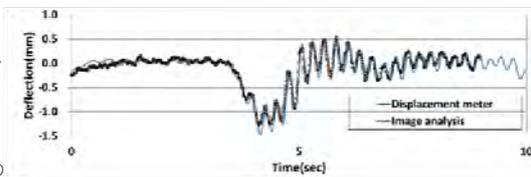
安全性と修復性の向上を目指すためには、耐震性能評価手法の高精度化に加え、性能評価の基となる土木構造物の劣化状態を正確に把握したうえで、劣化に関する情報を耐震性能評価手法に的確に反映させる必要がある。本研究では、土木構造物の劣化診断技術の高精度化や、鋼材腐食や初期ひび割れなどの各種劣化問題に対する予測精度の向上、さらには炭素繊維などの新材料による補修・補強技術の合理化を行う。本研究の成果により、剥落や倒壊といったリスクの軽減や現状よりさらに高度化された損傷制御設計法の確立が期待できる。

### 構造物の早期復旧のための診断支援技術

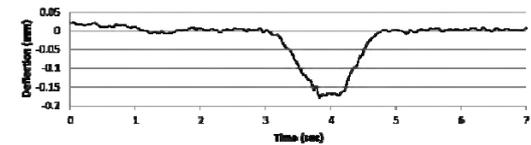
本研究では、被災後の使用性判断や修復時の現状診断を支援する技術として、実構造物の変位を非接触で遠望より測定する技術を開発する。具体的には、高速度動画撮影機能をもつデジタルカメラに超望遠レンズを組み合わせ、構造物の変位状況を遠望より撮影、取得した動画画像から画像解析ソフトウェアにより変位波形として抽出する。



撮影システム



鋼道路橋のたわみ測定事例(視準距離30m)

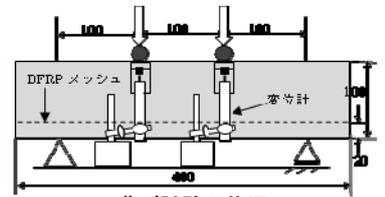


PC桁橋のたわみ測定事例(視準距離9m)

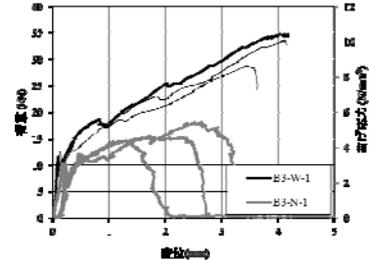
変位一画素のキャリブレーションは、ズーム倍率と別途レーザー距離計で測定する視準距離によって推定、ターゲットを用いない完全な非接触測定を実現した。なお、視準距離20mからの画素単位の変位分解能は約0.06mmであり、サブピクセルの画像解析によりこれを上回る高い分解能が得られることが明らかになった。

### 連動型巨大地震に対する修復性を有する新型材料および補強技術

本研究では、連動型巨大地震等の大規模震災に対し、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ことから、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検討する。



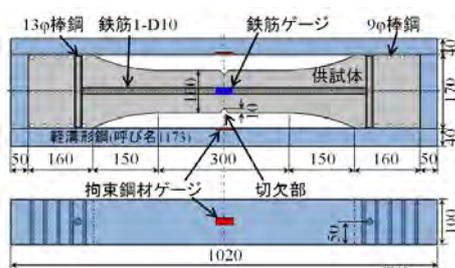
打設前にBFRPメッシュ表面にエポキシ樹脂を塗布することにより付着を確保したBFRPメッシュ補強モルタルの曲げ挙動を実験的に検討し、曲げ性能や靱性能を実験的に検証した。荷重-変位関係に示すように、モルタルの打設直前に、エポキシ樹脂のように水分を含み難い接着材を塗布する方法(ウェットボンディング)と呼ばれる)を用いることで、モルタルとの付着性が向上され、より大きな曲げ性能や靱性能が得られることが明らかになった。



※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

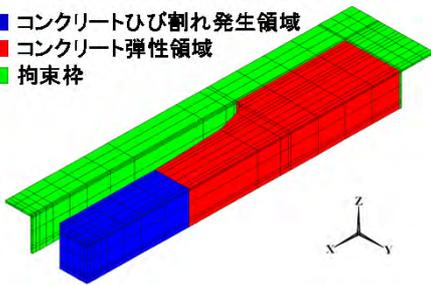
### 既存構造物の初期損傷ならびに連動型大地震による複合劣化予測技術

本研究では、RC構造物の耐荷性能と耐久性能を評価する解析手法を融合させることにより、経年劣化等により損傷したRC構造物に対して、地震力などに対する安全性能を数値的に予測可能な解析Codeの開発を行う。従来は、施工直後の健全な状態に対して安全性の評価が行われていたが、この解析Codeが開発されれば、劣化している既存構造物の安全性能を合理的に評価できることが期待される。

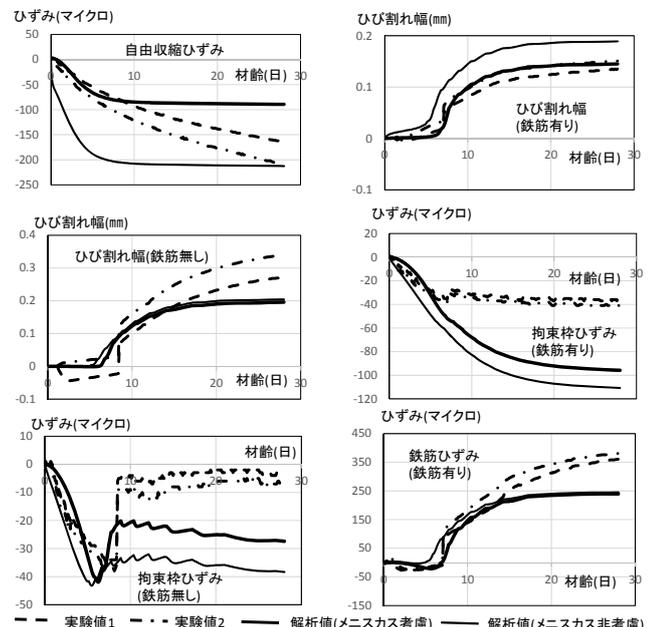


拘束ひび割れ試験体

- コンクリートひび割れ発生領域
- コンクリート弾性領域
- 拘束枠



これまで、若材齢RC部材の乾燥収縮ひび割れ挙動について拘束ひび割れ試験を実施し、開発した解析コードを用いて試験に対する数値シミュレーションを実施した。若材齢コンクリートの乾燥収縮挙動に関しては不明な点が多かったが、従来の乾燥収縮解析手法に、メニスカスの材齢変化を考慮すれば、若材齢時の乾燥収縮ひび割れ挙動をより正確に予測できることが確認された。



実測値と解析値との比較

# 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 (NDRR)

http://ndrr.meijo-u.ac.jp/

文部科学省 平成24年度私立大学戦略的基盤研究形成支援事業

## 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

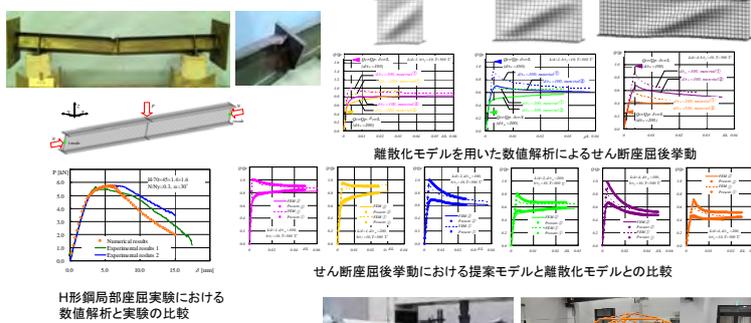
阪神淡路大震災後、建築構造物の耐震性能評価・耐震補強は順次進められてきたが、現在、耐震安全性評価手法が整備されているのは重層ラーメン建築構造に対してであり、動的挙動が複雑な大空間構造物(ドームなど)はその構造系式の特殊性から対策が困難な場合が多く、震災リスクの評価および軽減方法は模索の段階である。一方、大空間構造物は震災時には避難所や活動拠点として使用することが期待されており、震災後の復興という観点からもより一層耐震安全性評価が重要な構造物である。また、東海地域は東海・東南海・南海地震の発生が懸念されており、この地域で大空間構造物の震災リスク軽減を研究することの意義は大きいと考えられる。対象とする大空間構造物としては、構造種別毎に、鋼構造、鉄筋コンクリート構造・木質構造の3種類に分けて進める。

### 鋼構造

#### 部材の局部座屈挙動を評価し得る梁要素モデルの開発

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、数値解析を活用しながら実験結果を分析している。

ウェブ幅厚比の大きなH形鋼梁部材に対して数値解析を用いてせん断座屈後挙動の評価を行うとともに、これまでに提案している鋼板の座屈耐力関数を適用した簡便な荷重-変位関係推定法を提案した。



#### 単層ラチスシェルの静的加力実験

鋼構造空間骨組モデルとして市販の単層ラチスシェル(スパン5m, ライズ2m)に対する接合部曲げ試験、静的加力実験を行い、開発中の要素モデルの適用性を確認する。また、妥当性を確認した要素モデルを利用して動的解析を行い、空間構造物の耐震性を評価する。



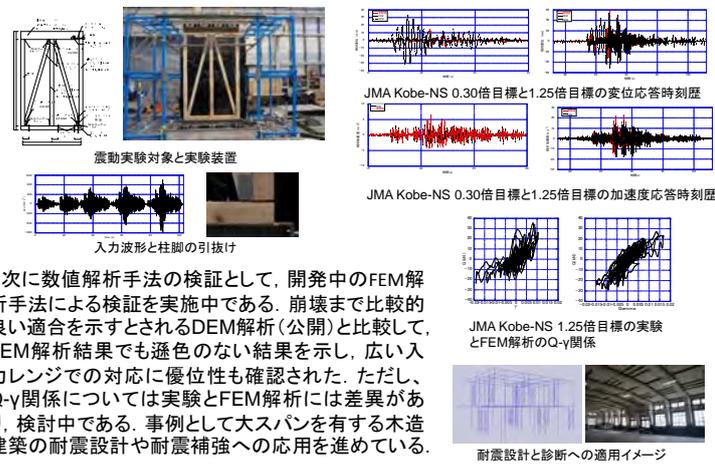
単層ラチスシェル試験体

### 木質構造

#### 木質構造の性能評価

戸建住宅の多くを占める在来工法を中心に、各種の金物やデバイスを組み込んだ実大の単位フレームを取り出して震動実験を実施し、限界挙動までの基礎データを蓄積する。次いで数値解析手法の検証を実施し、建物全体の評価を可能とする。

事例として、東海地方で事例の多いフレーム形式を対象に、木造2階建て住宅の1階・1架構を取り出し、単位フレームの震動実験により動的挙動の評価を行った。実験は1方向加振とし、JMA-kobe NSの0.25倍~1.25倍の範囲で実施した。

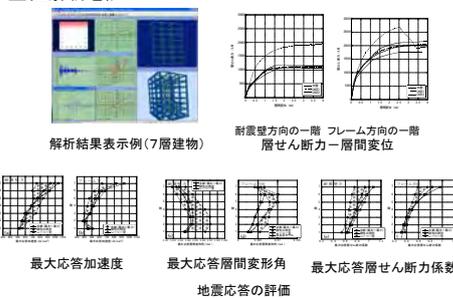


次に数値解析手法の検証として、開発中のFEM解析手法による検証を実施中である。崩壊まで比較的良い適合を示すとされるDEM解析(公開)と比較して、FEM解析結果でも遜色のない結果を示し、広い入力レンジでの対応に優位性も確認された。ただし、Q-Y関係については実験とFEM解析には差異があり、検討中である。事例として大スパンを有する木造建築の耐震設計や耐震補強への応用を進めている。

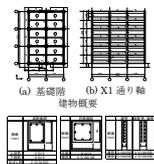
### 鉄筋コンクリート構造

#### RCフレーム構造の性能評価

3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。例として典型的な中層の集合住宅を模擬した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。



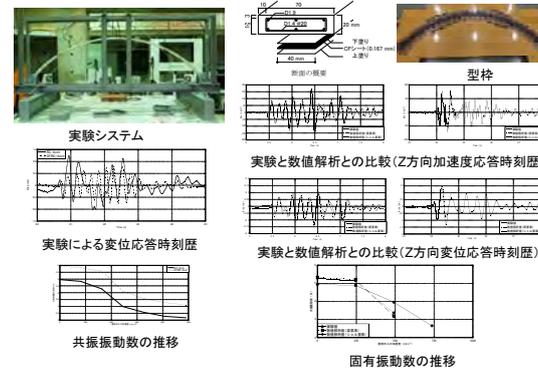
次いで、既往の実大RC建物の震動実験を比較検討対象とし、水平荷重をAi分布より算定し、静的弾塑性解析と地震応答解析を行い、実験解との比較・検証を行った。



限定された事例の数値解析ではあるが、当該システムにおけるRC構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。一方、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もあるが、実現象の再現に関しては優位性もあり、今後も継続して開発する予定である。

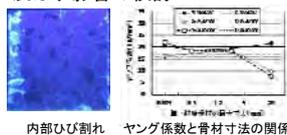
#### RC空間構造の性能評価

RCアーチを研究対象とし振動破壊実験を実施し、その数値解析の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証し、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。



#### コンクリートの物性からの検討

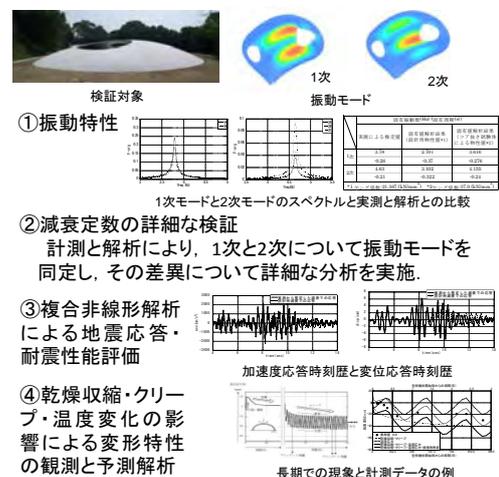
① 日常環境下の乾燥がコンクリートの力学的性質および乾燥収縮ひずみに及ぼす影響の検討



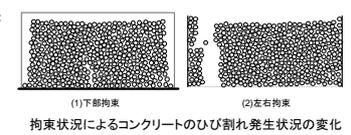
② 調査および使用材料の影響を考慮したコンクリートの乾燥収縮ひずみの推定方法の検討



実機のシェルに対する検証事例として、新設のRCシェルの駆体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。またシミュレーション手法を開発・検証した。



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



# 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 (NDRR)

http://ndrr.meijo-u.ac.jp/

文部科学省 平成24年度私立大学戦略的基盤研究形成支援事業

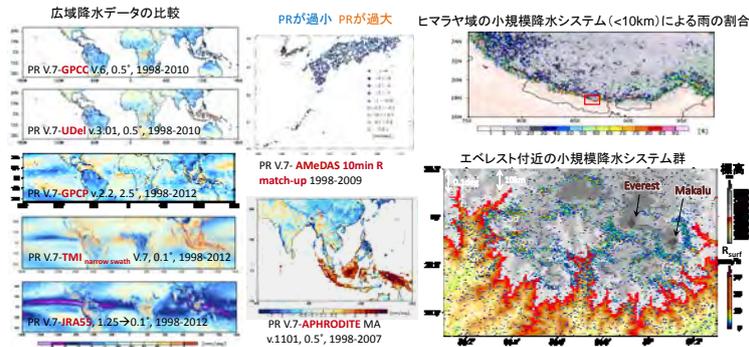
## テーマ3 豪雨および水災事象の発生機構とリスク軽減方策に関する研究

日本列島は台風の通過経路に位置するだけでなく、梅雨と秋雨の前線が停滞することによって、豪雨災害の起こりやすい地理的特徴をもつ。さらに近年の気候変動に伴い、局地型集中豪雨いわゆるゲリラ豪雨が頻発し、短時間にかつてないほどの強雨に見舞われるようになった。こうした気象的要因に加え、急峻な地形と脆弱な地盤をもつ我が国の地形的要因、近年の臨海低平地への人口と資産の集中といった社会的要因が複合することによって、豪雨に伴う洪水流や土石流による水害はますます激化し、21世紀型自然災害ともいふべき事態となっている。本研究では、短時間豪雨の発生とそれに起因する河川災害・山地災害について、気象学・水文学・水理学・砂防工学といった多面的な観点から検討するとともに、豪雨災害、とくにゲリラ豪雨に伴う都市域の浸水リスクと段波状洪水流の氾濫リスクの軽減に関して減災研究の推進もはかることとする。

### 短時間強雨および大雨の出現特性に関する解析的研究

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必要である。

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。



代表的な広域降水データセットを用いた降水気候値の地域的特徴に関する比較研究から、地上雨量計観測網の空間内挿法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。また、TRMM PRデータを活用して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局所的特徴が検出された。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したが、強雨の統計処理に影響を及ぼす系統的なトリール誤差 (地表面クラッターの混入等) も見出されており、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を再認識することとなった。現在は、利用研究と並行して、メインローブクラッター内の降水鉛直分布の推定等、入射角依存性に関する地域補正手法の開発も進めている。

### 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

本研究の平成24, 25年度の目的は、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た。間欠的な土砂流サージの生成は流れの不安定性による一種の転流列であることを明らかにした。これは従来の土石流発生条件が河道堆積土砂における流水を荷重とする静的安定条件によるモデルと異なるものである。これにより中国・雲南省・蔣家溝で観測される粘性土砂流に代表される多数のサージ状の土砂流下現象を合理的に説明することが可能となった。また、この流れの不安定性に基づく生成機構の解明によりヨーロッパで観測される粘性土砂流とは異なる間欠的な土砂流下現象も説明が可能で、流動機構の違いにより生成条件が異なることも明らかにした。その生成条件は図1のようである。

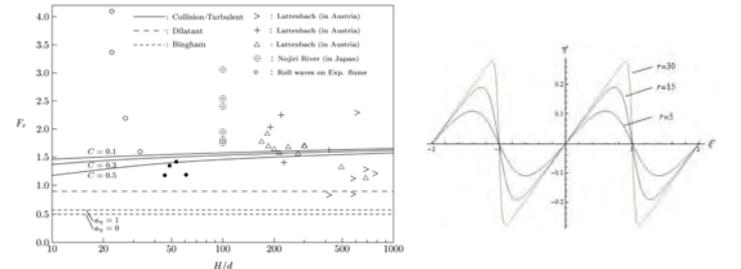


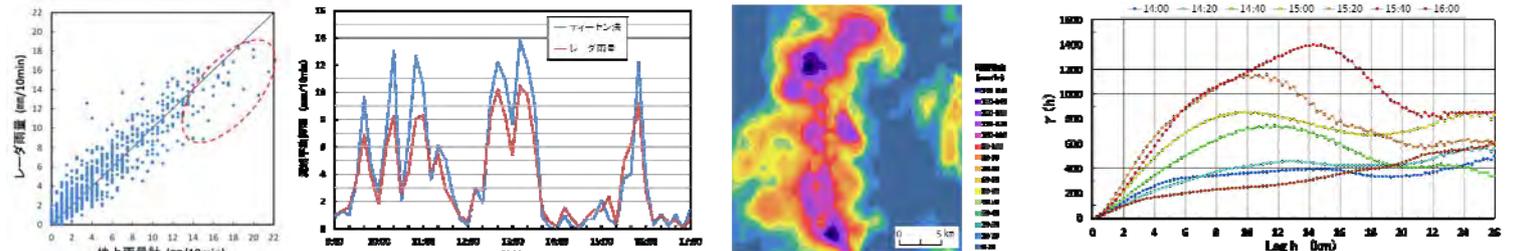
図1 サージ生成条件

図2 波動方程式の計算例

さらに、生成条件で用いた浅水流運動方程式を基に、従来の波動方程式を導出する手法を用いて、傾斜水路上の土砂流を考慮した波動方程式を導出した。その結果は散逸項と分散項を含む非線形方程式で、従来のBurgers方程式とKorteweg-deVries(KdV)方程式を合わせた形の波動方程式となることを明らかにした。この波動方程式に関する詳細な検討は現在進めているところである。従来の波動理論で用いられているGardner-Morikawa変換における速度パラメータを長波の波速とするとBurgers方程式と同形の波動方程式になることを明らかにし、図2はその計算結果の一例である。図は、流速が速くなると波形の先端部の勾配が急峻化することを示し、観測結果や実験結果と同様な傾向を示している。

### 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

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。



- ① レーダ雨量を高密度の地上雨量計と比較した結果、十分な精度を持つことを確認したが、降雨強度が特に大きい場合、レーダ雨量は小さめの値となることが示された。
- ② 地上雨量計による流域平均降雨をレーダ雨量を用いて検証した結果、中小河川の場合、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が示唆された。
- ③ 豪雨域の各地点でのレーダ雨量データ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結果、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。
- ④ 都市河川における急激な流出現象の解明に向け、電波流速計を用いた洪水流量観測手法の開発および河川の水位上昇が雨水吐流出量に及ぼす影響を評価した。

# 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 (NDRR)

http://ndrr.meijo-u.ac.jp/

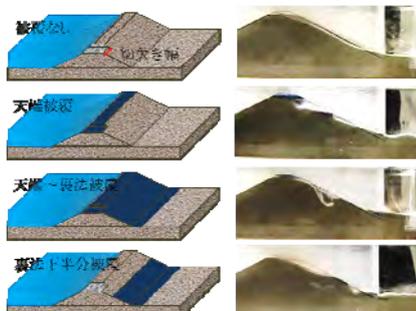
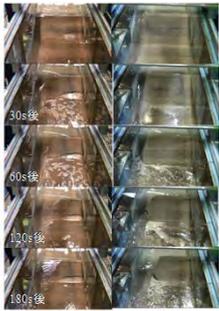
文部科学省 平成24年度私立大学戦略的基盤研究形成支援事業

## 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

我が国の社会活動は地震や洪水による被災ポテンシャルの高い沿岸域低平地の都市部に集中しており、ひとたび災害に見舞われると甚大な被害となる。洪水や高潮から低平地を守る社会基盤は盛土構造物である堤防であるが、近年頻発する豪雨災害によって多くの堤防が被災している。さらに、先の東日本大震災では膨大な数の河川堤防が崩壊し、津波による2次災害を受けた事例も多い。もし、地震が梅雨や台風に重なっていた場合には、2次水害も甚大となったことは間違いない。一方、南海トラフ地震が発生した場合に東海地方への津波襲来は確実であり、その際堤防が崩壊している場合には、名古屋市中心部までが浸水するとの試算もある。本研究では、水工学と地盤工学の研究分野の研究者が連携し、堤防の安全性評価の観点から沿岸域低平地における自然災害の被災リスクの軽減への挑戦を試みる。

### 各種河道条件を考慮した越流破堤現象の解明

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、河道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。



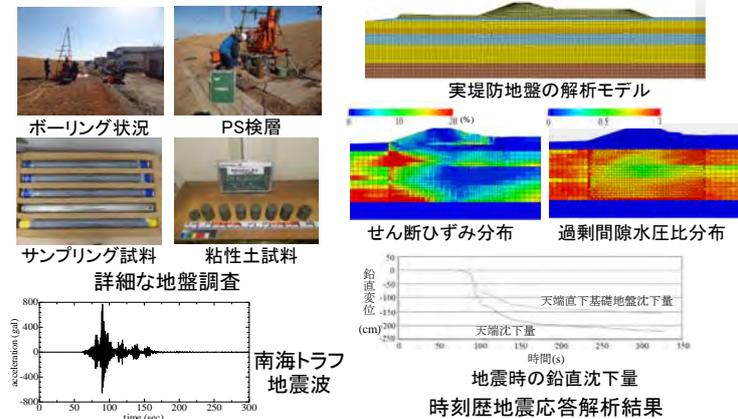
堤体材料による破堤過程の違い (左:5号砂, 右6号砂)

被覆位置による初期洗掘位置の違い

これまでの検討により、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わかった。越流にいたる要因は越流開始時の堤体の形に関わるため、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。最終的には河道の特徴が破堤現象に及ぼす影響を取り入れ、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。

### 沖積低平地における堤防基礎地盤の南海トラフ巨大地震時挙動予測

本研究では、東海地方の実河川堤防を対象として、南海トラフ巨大地震時の変状予測解析を実施した。ボーリング調査、PS検層、不攪乱試料のサンプリング、さらにそれを用いた各種の室内土質試験などの詳細な地盤調査を実施した上で、解析地盤モデルを構築した。想定される南海トラフ地震波を用いた有効応力時刻歴地震応答解析を実施し、現状の照査外水位に対する堤体変状について検討した。

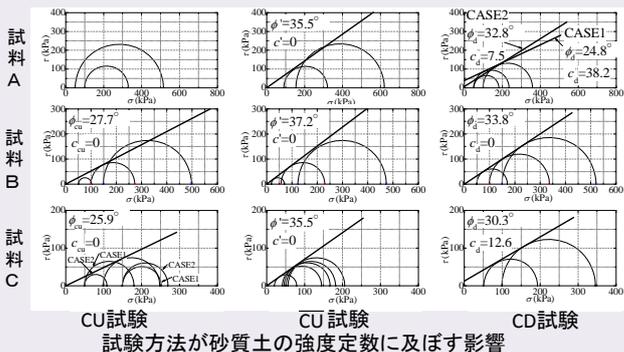


南海トラフ巨大地震時には、上部の砂質土層のみならず、深部の比較的密詰めの砂層も液状化あるいはそれに近い状態になり、堤体に大変状が発生する危険性があることがわかった。レベル2地震の中でも最大級の巨大地震を扱うような場合には、照査対象となる河川堤防の重要度に応じて、詳細な地盤調査と高精度の数値解析を実施する必要がある。

### 河川堤防の安全性照査技術の開発

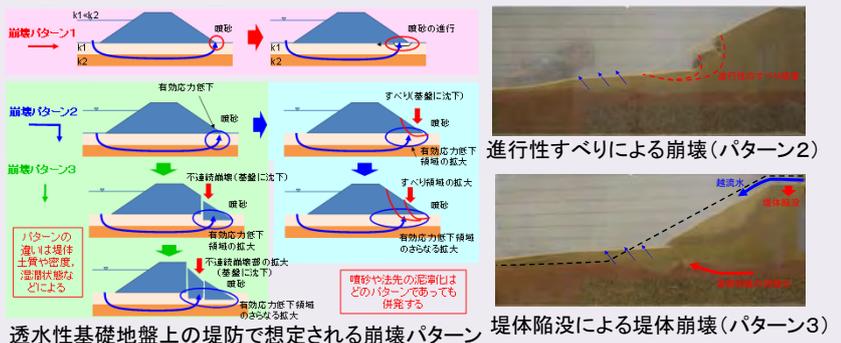
洪水時の河川堤防は、堤体浸透に伴うすべり破壊と透水性基礎地盤に起因するパイピング破壊が懸念される。形状規定主義で整備されてきた河川堤防であるが、近年頻発する豪雨による外力の先鋭化に伴い、地盤構造物として性能が求められる時代になっている。本研究では、浸透時のすべり破壊に対しては、土質力学に立脚した合理的かつ高精度の解析を行うための土質定数の設定法を提案し、設計実務のマニュアルに反映させている。一方、パイピング破壊については、透水性基礎地盤に着目し、破堤に至るまで至る堤体不安定化のメカニズムの解明を行い、破堤危険度の高い地盤構成にある堤防を絞り込み、治水対策優先度を決定する技術の開発を目指している。

#### 砂および砂礫堤体土の適正な土質定数設定法の提案



強度定数設定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。上図は乱れの少ない砂質試料を用いて三軸試験を実施し、各種の試験条件を比較した例である。砂質系材料におけるCU試験の不合理性を示す一方、CUやCD試験も強度を過大評価する危険性が明らかとなり、変相力状態において強度定数を決定することが最も合理的であることを弾塑性論から明らかにした。

#### 透水性基礎地盤に起因する堤防の破堤危険度評価法の開発



低平地の河川堤防は度々重なる氾濫域に築堤されており、堤体のみならず基礎地盤の性状も複雑であることが多い。透水性が高く、かつ複雑な地層構成の基礎地盤を有する堤防では、洪水時に法尻に高い動水勾配が集中することによって、噴砂等の被災のみならず、場合によっては決壊に至る大変状が発生する危険性を有するものもある。本研究では、模型実験と数値解析によって、透水性基礎地盤に起因する堤防の不安定化のメカニズムを解明するとともに、破堤危険度評価手法を開発し、河川堤防の治水対策優先度の決定に役立てる。

# 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 (NDRR)

http://ndrr.meijo-u.ac.jp/

文部科学省 平成24年度私立大学戦略的基盤研究形成支援事業

## 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

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、被災地内外の多様な主体の自律と連携を調査・分析し、広域巨大災害からの自律再建プロセスを明らかにする。本パネルでは、平成26年度の重点テーマである『被災者個人のレジリエンスによる自主住宅移転再建とそれに伴う市街地空間形成』を紹介する。

### 1. 研究の背景と目的

#### (1) 研究の背景—巨大津波による「土地被災・持家被災」—

① **現地再建と限定できず、「移転」を伴う住宅再建を迫られる**  
災害危険区域による土地利用規制のみならず、津波リスクの回避、日常生活の利便性などを鑑みて、被災者は新たに住む場所を模索している。

② **復興都市計画事業の長期化が住宅再建を遅らせるように作用する**  
復興都市計画事業の対象となる割合は全壊家屋の約1/4。復興の長期化を避けて、早期に生活再建したいという思いが自主住宅移転再建を後押しする。

③ **被災地沿岸部では持家が多く、民間賃貸住宅ストックが少ない**  
持家が公営住宅という限定的な選択肢では住宅復興は遅げられない。自力再建を基本として、それを促す施策が必要とされている。

被災者の自律的な意思決定や行動が早期の「自主住宅移転再建」という新たな住宅再建のカチを顕在化させている

#### (2) 研究の目的—「望ましい住宅復興」のカチを構想する— 【望ましい住宅復興の視座・定義】

被災者が自律的かつ早期に生活回復を果たせる(①)と共に、その結果が社会の脆弱性を克服し、社会的(②)かつ空間的(③)に持続可能な地域再建を進めていくプロセス

##### ① 個人・世帯の効用:「生活回復」の視座

自主住宅移転再建は早期の生活回復をもたらす、個人・世帯の効用を高めることが期待される。合わせて、地域マネジメント(地域再生)の観点も不可欠。

##### ② 社会的持続可能性:「コミュニティ機能」の視座

移転先の新規住宅地における安全性や、自治会活動などコミュニティ機能の維持が求められる。

##### ③ 空間的持続可能性:「コンパクト化」の視座

被災地での人口減少や少子高齢化、雇用機会の縮減を鑑みれば、地域マネジメントという観点からコンパクトな市街地形成が求められる。

自主住宅移転再建を「個人の効用(①)」、「社会的持続可能性(②)」、「空間的持続可能性(③)」の観点で評価し、将来の広域巨大災害における住宅再建と地域再生のあり方を構想する

### 2. 研究の方法—再建先の特定と空間分布の可視化—

#### (1) 自主住宅移転再建先(場所)の特定方法

##### ① 調査対象エリア(9市町)の特定

災害前の住宅地図と浸水区域を照合し、津波による浸水被害を受けており、かつ空地が多く存在する既成市街地を特定し、現地踏査による目視調査を行った。その結果、大磯町、大船渡市、陸前高田市、気仙沼市、南三陸町、女川町、石巻市、東松島市、山元町の9市町を調査対象エリアとした。

##### ② 自主住宅移転再建先の特定

震災前後の住宅地図を比較して、震災前の空地・未宅地に、震災後着工した建物を特定する作業を行った(図1参照、約2,500件/9市町を特定済み)。その後、各戸訪問調査により、「震災の影響により自主移転したか否か」を確認した。

#### (2) 新規着工建物の空間分布と市街地空間形成の可視化

(1)で得られたデータをGISに入力し、ポイントデータには、ID、緯度・経度、建物・入居種別を属性として付与した。また、震災前の市街地形状(公共建物、家屋、道路、鉄道等)及び震災後の津波浸水区域、災害危険区域をレイヤとして重ね、自主住宅移転再建に伴う市街地形成の変容を可視化し、非コンパクト化や分布傾向の把握を可能にした。



図1 震災前後の住宅地図を用いた自主住宅移転再建先の特定(一例)

### 3. 自主住宅移転再建がもたらす市街地空間形成—陸前高田市と東松島市を事例として—

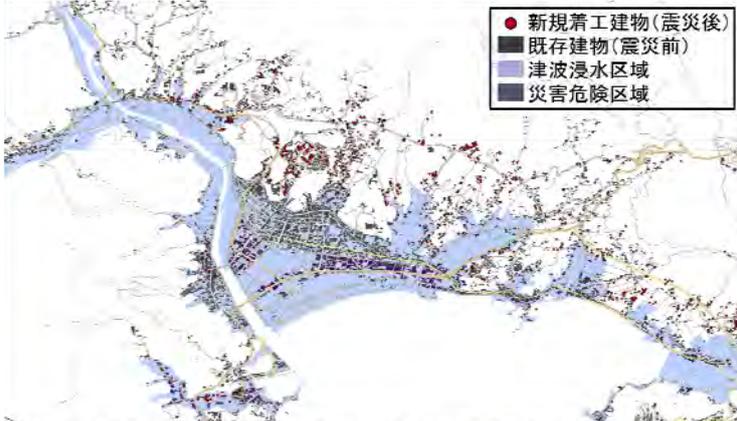


図2 震災後の自主住宅移転再建に伴う市街地空間形成(陸前高田市)

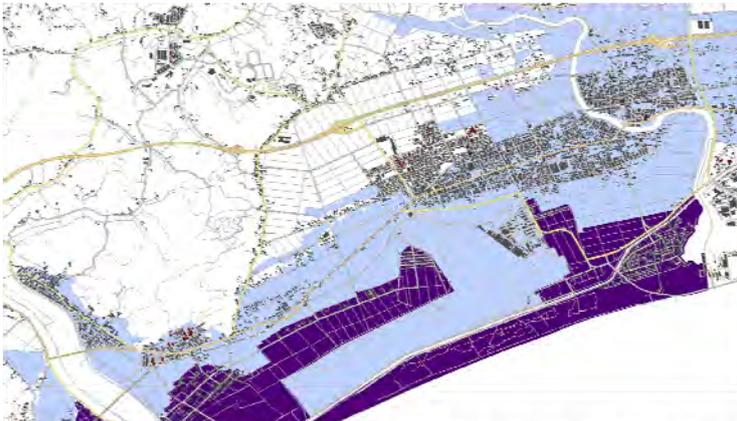


図3 震災後の自主住宅移転再建に伴う市街地空間形成(東松島市)

#### (1) 陸前高田市【新規宅地開発×スプロール型】

##### 浸水境界線や既存道路沿いを中心に広範囲に散らばった分布

- ① 浸水区域: 大×震災前の余白地: 小→移転者を域内で受け止められない
- ② 市役所や鉄道など公共施設のダメージ大→既存市街地吸引力の減退
- ③ 第一次産業従事者の高齢化・後継者問題→山林・農地・果樹園(りんご畑)の宅地転用と造成の増大
- ④ 震災前の居住コミュニティ(町・自治会単位)への強いこだわり(3町5村の合併)→③と合わせて宅地転用と造成、インフラ設置整備費をかけてでも町内に留まる傾向

#### (2) 東松島市【既存宅地への差し込み×インフィル型】

##### 鉄道・商業施設を中心に既存宅地差し込み型のまとまった分布

- ① 浸水区域: 大×震災前の余白地: 大→移転者を域内で受け止める
- ② 商業施設や市役所、鉄道など公共施設のダメージ小→生活空間としての機能の保持→市街地吸引力の維持
- ③ 災害危険区域の明示や新たなインターチェンジの計画(震災前)など比較的まちなかのカチが見通しやすい

### 4. まとめと今後の課題

■ 自主住宅移転再建に伴う市街地空間形成の変容を可視化し、その要因として、既存の宅地造成地の供給量(リダンダンシー)、商業・公共・交通施設の有無(利便性)、既存のコミュニティへのこだわり(緩和性)を抽出した。

■ 過疎化・高齢化が進む中、市街地の拡大・低密度化はインフラ整備や維持コストの増大、モビリティ・アクセシビリティの低下、隣保コミュニティの不活性化に繋がる。将来の広域巨大災害に向けて、個人・世帯の生活回復と共に、コンパクトな市街地空間形成に向けた支援制度や復興戦略が求められる。

■ 今後は、9市町の自主住宅移転再建者に対する質問紙調査を実施し、行動プロセスとその効用、移転先コミュニティ機能の実態と課題を解明する。

# 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 (NDRR)

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

文部科学省 平成24年度私立大学戦略的基盤研究形成支援事業

## 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

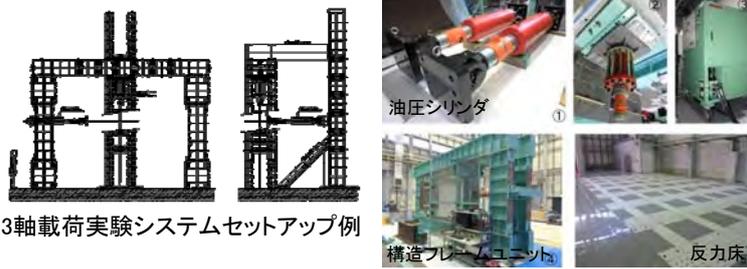
2011年の東日本大震災では、これまでの耐震補強等の成果により地震による損傷はある程度抑えられた事例が多く見受けられたが、高速道路や鉄道の高架橋の復旧には数日から数週間を要するなど、修復性や使用性の観点からはまだ十分とは言えないのが現状である。その主な理由として、土木構造物の激強震時特性、崩壊過程が正確に把握されておらず、耐震解析法および耐震性能評価法の精度が十分でないことが考えられる。本研究では、動的挙動が複雑な高架橋など各種土木構造物を対象にし、連動型巨大地震時挙動や破壊・崩壊メカニズムを明らかにすることにより、現状より高度な耐震解析法の提案と有効な損傷制御設計法・補強法の開発を行う。本研究の成果により、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。

### 大型構造実験システム

#### 設備の概要:

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、構造フレームユニット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載荷実験に対応できる。スィベルジョイントを備えた油圧ジャッキ2基と、2軸受けスライダを併用することで、水平2軸+1軸(死荷重)の3軸同時載荷実験を行うことが可能である。油圧ジャッキの動力ポンプはモータ容量7.5kwを備え、載荷実験に必要な油圧流量を安定して供給する能力を備えている。

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。規則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。

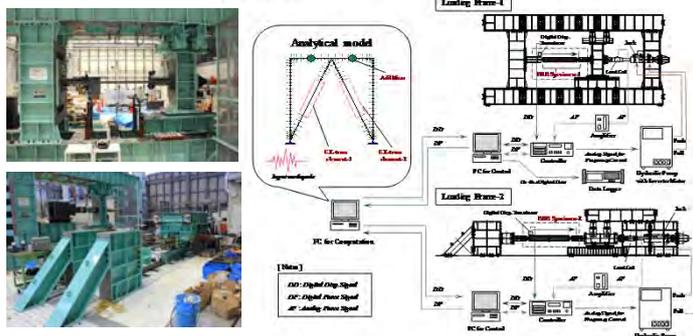


3軸載荷実験システムセットアップ例

#### 研究内容例:

##### 座屈拘束ブレース(BRB)の研究開発

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。



分散型ハイブリッド実験システム

### 劣化環境促進装置

#### 設備の概要:

2m×2m×3mの小部屋および温度湿度制御ユニットから構成されており、部屋内温度および湿度をそれぞれ-10~+80°C、20~95%RHの範囲で制御するための装置である。

コントローラにプログラミング機能があり、温度や湿度の自動的な変更やサイクル運転が可能である。霜対策が講じられており、部屋内の温度および湿度を精度良く制御できる。



外観

内部の様子

#### 研究内容例:

##### (1)様々な温度および湿度条件下におけるコンクリートの拘束ひび割れ試験

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。



乾燥収縮による拘束ひび割れ試験実施風景

ひび割れ発生状況

##### (2)FRPの剥離メカニズムに関する研究

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。

# 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 (NDRR)

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

文部科学省 平成24年度私立大学戦略的基盤研究形成支援事業

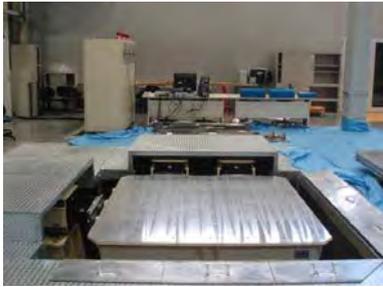
## テーマ2 大空間構造物の耐震安全性評価による震災リスクの軽減

阪神淡路大震災後、建築構造物の耐震性能評価・耐震補強は順次進められてきたが、現在、耐震安全性評価手法が整備されているのは重層ラーメン建築構造に対してであり、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殊性から対策が困難な場合が多く、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より一層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。対象とする大空間構造物としては、構造種別毎に、鋼構造、鉄筋コンクリート構造・木質構造の3種類に分けて進める。

### 三次元地震波震動台

#### 設備の概要:

本設備はプロジェクトの主要課題を研究するために必要とされる三軸(水平二軸/垂直一軸)方向同時加振が可能な地震波震動台である。駆動方式として永久磁石方式を採用しているため、騒音を抑えた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。平成24年度には水平一軸方向の加振力を倍増し、より大きな地震力の入力を可能とした。



#### 主要装置構成:

- ・振動加振器(水平): SSV-850LL(1ton載荷時/最大加速度 地震波0.75G, 最大変位±20cm)\*
  - ・振動加振器(垂直): SSV-850MM(最大加速度 地震波0.83G, 最大変位±7.5cm)
  - ・地震波振動台: TBH-20K-3D-70T(2×2m, 最大積載7t)
- \*2012年のプロジェクト初年度の整備にて、水平1方向を0.75G⇒1.5Gに増強

#### 研究内容例:

##### (1) RCアーチの非線形挙動に対する動的実験

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シエルの大型化に関連し、それらの耐震設計の高度化を目的とする。薄肉で扁平なRCアーチモデルの動的な損傷・破壊現象を再現し分析し、その結果を用いて数値解析手法の高度化を行う。



##### (2) 木造住宅の単位フレーム震動実験

木造住宅の耐震性能確保と工場のため、東海地方で多く用いられる架構の単位フレームの震動実験を行い、その動的挙動評価を行った。



##### (3) 建物内部の家具転倒実験と補強法の開発

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。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3次元で再現し、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っている。また研究成果を活用し地域住民への啓発活動も行っている。



#### 研究内容例:

##### (1) 単層ラテスシエルの静的実験

鋼構造空間骨組モデルとして市販の単層ラテスシエルの静的加力実験を行い、開発中の要素モデルの適用性検証を行う。



### 精密万能試験機

#### 設備の概要:

本試験装置は材料試験から部材試験あるいは小型の構造物試験まで多様な試験体に対して加力する万能試験機である。ねじ弁式を採用しているためメンテナンスが容易であるとともに、騒音を抑え安全かつ高精度に加力することが可能となっている。また、高温引張試験を実施できるよう加熱炉および温度制御装置等を備えている。



精密万能試験機

#### 主要装置構成:

- ・島津オートグラフ AG-100kNIS-400S(幅広)  
(最大荷重100kN, 倍率1~100, クロスヘッド速度範囲0.0005~1000mm/min)
- ・高温引張加熱炉 B-7-12(加熱温度300~1100°C)

#### 研究内容例:

##### (1) H形鋼梁柱部材局部座屈実験

鋼構造物の倒壊挙動を精度良くかつ簡便に評価するために、局部座屈挙動を考慮した梁要素モデルの開発を行っている。本試験装置を利用し、縮小梁柱部材に対する軸力導入3点曲げ試験を実施し、軸力+曲げ(1軸または2軸)加力下におけるH形鋼局部座屈後挙動の分析を行っている。



### 油圧ポンプユニット

#### 設備の概要:

空間構造モデルなど多様な構造モデルに対して静的加力試験が行えるよう変更可能な加力システムである。

#### 主要装置構成:

- ・油圧ジャッキ 最大荷重: 押・引200kN  
ストローク: ±200mm
- ・油圧ポンプユニット モーター容量: 2.2kW  
圧力×吐出量: 70MPa×1.15Liter/min



# 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 (NDRR)

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

文部科学省 平成24年度私立大学戦略的基盤研究形成支援事業

## 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

日本列島は台風の通過経路に位置するだけでなく、梅雨と秋雨の前線が停滞することによって、豪雨災害の起こりやすい地理的特徴をもつ。さらに近年の気候変動に伴い、局地型集中豪雨いわゆるゲリラ豪雨が頻発し、短時間にかつてないほどの強雨に見舞われるようになった。こうした気象的要因に加え、急峻な地形と脆弱な地盤をもつ我が国の地形的要因、近年の臨海低平地への人口と資産の集中といった社会的要因が複合することによって、豪雨に伴う洪水流や土石流による水害はますます激化し、21世紀型自然災害ともいふべき事態となっている。本研究では、短時間豪雨の発生とそれに起因する河川災害・山地災害について、気象学・水文学・水理学・砂防工学といった多面的な観点から検討するとともに、豪雨災害、とくにゲリラ豪雨に伴う都市域の浸水リスクと段波状洪水流の氾濫リスクの軽減に関して減災研究の推進もはかることとする。

### 急勾配水路

#### 設備の概要:

本設備は、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。

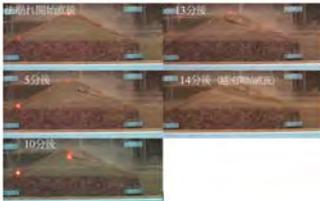


急勾配水路の全景

#### 研究内容例:

##### (1) 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、河川水位が堤防高を超えて（越水による）発生する破堤現象と浸透流によって堤防が変形することにより最終的に越流が起こ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。ここでは、特に浸透流によってどのように堤体が変形していくか、そのメカニズムを解明するとともに、破堤を小規模堤防で再現し、その変形がその後の破堤現象に及ぼす影響を検討する。



浸透流による堤防変形イメージ



越流破堤イメージ

##### (2) 急勾配流れにおける流砂現象の解明

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、その検討に必要な基礎知見となる急勾配流れ下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。



相対水深が低い場での流れイメージ



レーザーによる流れの可視化システム

### 可変勾配水路

#### 設備の概要:

本設備は、幅60cm、深さ40cm、長さ19mのガラス壁を有する水路であり、水平～1/30勾配（1.9度相当）に傾けることができる。屋外には低水槽、高水槽、ポンプ、沈砂槽、排水路が設置され、流水は循環式となっている。なお、低水槽から直接電磁流量バルブを通じて水を供給すれば流量を電子制御でき、実河川の出水時などを想定し供給流量を変化させることが可能である。本設備は、比較的水路幅と長さが確保されているために、基礎的な水理実験から流砂、中規模河床形態の挙動を再現、計測することができる。



可変勾配水路の全景

### 間欠性土砂流サージ実験水路(学外)

#### 設備の概要:

仕様: 硬質透明アクリル製直線水路、水路長56m、水路幅10cm、水路深15cm、可変勾配0～3°、循環式、インバータによる流量制御

#### 特徴・構成:

- ・ 間欠性土砂流サージ用水路としては日本では最長の部類の実験水路
- ・ ボルテックス型ポンプの使用により粒径5mm程度まで流水中に固体粒子含有可能
- ・ 組み立て式のため水路延長や可搬が可能
- ・ 循環式のため長時間の転波列生成が可能



間欠性土砂流サージ実験水路の全景

\*京都大学防災研究所の協力により同研究所・宇治川オープンラボラトリー（京都市伏見区）内に水路を設置し、実験を行っている

# 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 (NDRR)

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

文部科学省 平成24年度私立大学戦略的基盤研究形成支援事業

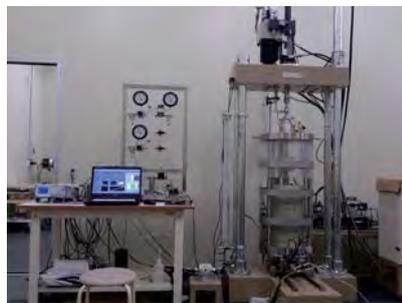
## テーマ4 水工学—地盤工学の連携による沿岸域低平地の自然災害リスク軽減への挑戦

我が国の社会活動は地震や洪水による被災ポテンシャルの高い沿岸域低平地の都市部に集中しており、ひとたび災害に見舞われると甚大な被害となる。洪水や高潮から低平地を守る社会基盤は盛土構造物である堤防であるが、近年頻発する豪雨災害によって多くの堤防が被災している。さらに、先の東日本大震災では膨大な数の河川堤防が崩壊し、津波による2次災害を受けた事例も多い。もし、地震が梅雨や台風に重なっていた場合には、2次水害も甚大となったことは間違いない。一方、南海トラフ地震が発生した場合に東海地方への津波襲来は確実であり、その際堤防が崩壊している場合には、名古屋市中心部までが浸水するとの試算もある。本研究では、水工学と地盤工学の研究分野の研究者が連携し、堤防の安全性評価の観点から沿岸域低平地における自然災害の被災リスクの軽減への挑戦を試みる。

### 動的中型三軸試験装置

#### 設備の概要:

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特性を解明することが可能である。また、直径20cmの大径供試体のみならず通常の三軸試験で用いられる直径5cmの小径供試体まで様々な供試体寸法に対応できるため寸法効果の検討も可能である。



動的中型三軸試験装置

#### 研究内容例:

##### ◇礫質土地盤の地震時液状化特性の把握

南海トラフ地震により、四国をはじめとする多くの礫質土を基礎地盤とする河川堤防の液状化が懸念されている。大きな粒径の礫を含む原粒度礫質土地盤の試験は、通常、小粒径のみに粒度調整した供試体を用いて実施されるが、礫質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試験が実施可能な大きな供試体径の試験装置が必須となる。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、礫質土地盤上の河川堤防の安全性を検討する。

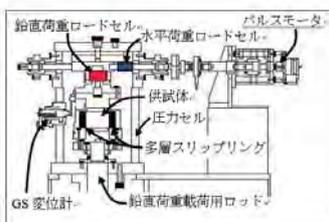
### 繰返し単純せん断試験装置

#### 設備の概要:

本設備は地盤材料の地震時の力学挙動を精密かつ簡易に計測するための単純せん断試験装置である。載荷機構にはパルスモーターとハーモニックドライブ減速機を用いており、広範なせん断ひずみ速度(0.002~0.6%/min)での試験が可能である。また、繰返し載荷の反転時には、ほとんどバックラッシュが生じない。供試体寸法は直径60mm、高さ30mmとしており、シンウォールサンプラーで採取した自然堆積粘土での試験が無理なく実施できる。なお、せん断中の単純せん断モードを可能な限り確保するために、右下図に示すように、メンブレンを被せた供試体の外側に、供試体径と同じ内径の穴を持つ厚さ1mmのドーナツ形状の多層スリップリングを30枚積層させて設置し、供試体側面形状を等変位に拘束しながら非排水条件による定体積せん断を実施する。



単純せん断試験装置



### 三軸圧縮試験装置

#### 設備の概要:

本試験装置は、小型供試体を用いて、砂質土あるいは粘性土の精密な静的および動的な力学特性を把握することが可能である。スクリュージャッキによる静的載荷は載荷速度0.002%/min~2.0%/minの性能を有し、空圧サーボによる動的載荷あたっては周波数1~0.01Hzの性能を有している。



三軸圧縮試験装置

#### 研究内容例:

##### ◇各種堤防土の力学特性の把握と強度定数の同定

堤防土の安定性照査を行うための強度定数は、それを求める試験条件によって大きく変わるため適切な試験条件で強度定数を決める必要がある。本装置を用いて、河川堤防で採取した多くの堤防土を用いて、三軸試験を実施することにより、各種の試験条件で得られる強度定数について、土質特性と対比しながら検討を行っている。

### 中空ねじりせん断試験装置

#### 設備の概要:

本設備は地盤材料の地震時の力学挙動を精密に計測するための中空ねじりせん断試験装置である。中空円筒供試体を採用することで、自然堆積地盤内の異方的な初期有効応力状態を忠実に再現した上で、純粋な繰返し単純せん断を載荷することが可能となる。本装置の特長は、ACサーボモータの駆動を2つの電磁クラッチならびに電磁ブレーキを用いて制御する特殊機構を有していることであり、瞬時に正転、反転を切り替えて精密予圧ボールねじに駆動力を伝達できる。そのため、反転時のバックラッシュが全くなく、微小ひずみレベルから大ひずみレベルまでをカバーして精密な繰返し載荷を可能としている。粘性土から砂質土まで幅広い地盤材料をカバーし、また、ペDESTALを変換することにより、繰返し三軸試験も実施可能である。



中空ねじりせん断試験装置

#### 研究内容例:

##### ◇各種堤防土の力学特性の把握と強度定数の同定

中空ねじりせん断試験装置の最大の特長は、地盤内の常時応力状態を負荷した上で、地震時の繰返し応力を純粋なせん断力として負荷できることである。そのため、繰返しせん断中の応力~ひずみ関係や有効力経路などの動的な力学挙動を正確に把握することが可能である。さらに、試験結果は数値シミュレーションに用いる地盤定数の同定に用いられる。

## 21世紀型自然災害のリスク軽減に関するプロジェクト

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月の台風12号と15号は山間部のみならず東海・関東の都市域に大きなダメージを与え、その後も平成24年7月の九州北部豪雨、平成25年に関西全域に豪雨をもたらした台風18号、平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害、平成27年9月台風18号による鬼怒川堤防決壊など、毎年のように自然災害が我が国の都市域に大きな被害を与えています。東日本大震災における津波被害にしても、台風などの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。

名城大学自然災害リスク軽減研究センターが推進する「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、都市域での震災や流域圏の水害・土砂災害など、現代社会が直面している自然災害を「21世紀型自然災害」と位置付け、そのリスクを適正に評価し、かつ軽減をはかる方策の提案を目指しています。

### 自然災害リスク軽減研究センターの研究体制

名城大学理工学部と都市情報学部の総勢18名の研究者が連携し、減災研究に取り組んでいます。

代表 小高猛司

副代表 武藤 厚、葛 漢彬

研究メンバー

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
- 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
- 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 教授

(平成29年1月現在)



研究実験棟Ⅱ(2013年3月竣工)



大型実験棟(2013年3月竣工)

自然災害リスク軽減研究センターの詳細は下記のWEBサイトへ

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