

バングラデシュ国

都市の急激な高密度化に伴う 災害脆弱性を克服する技術開発と 都市政策への戦略的展開プロジェクト

研究代表者
東京大学 生産技術研究所
教授 中埜良昭

プロジェクトの目的・ゴール

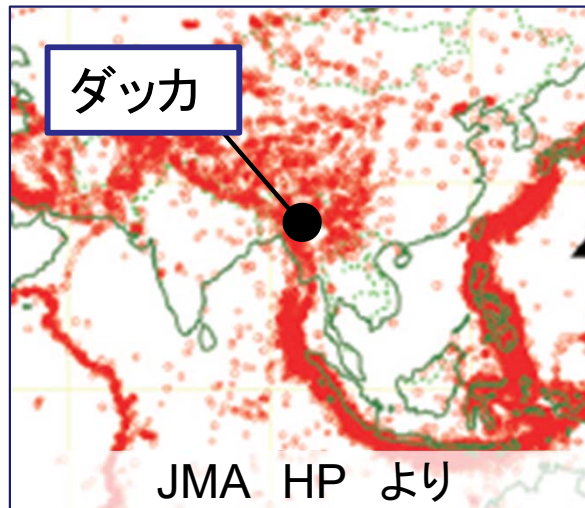
バングラデシュ国首都ダッカの建築物を対象に、**地震等の過剰外力**に対する災害脆弱性を克服するための**診断・補強技術**、ならびにその**補強効果の評価手法**を開発し、より安全な都市を築くための戦略提案に結び付けること

研究の背景 –なぜバングラデシュか？

- チャイナプラス1, アジア最後のフロンティアとも呼ばれる一方, 首都ダッカは**世界で最も地震に対して脆弱な都市**※とされる
- 耐震性は日本の建物の約1/2~1/4 ※国連, 世界銀行などによる
- ダッカに被害をもたらした1897年アッサム大地震から100年以上経過し, その間に高密度化が進行 ⇒ひと揺れすると大被害の恐れ



高密度化が進むダッカ市



JMA HP より



縫製工場の重力崩壊死者1000人超

- JICA 技術協力PJT CNCRPが2011年にスタート(⇒後継:BSPP)
- 一方, 2013年縫製工場の重力崩壊事故は, 日本の産業に影響 (ユニクロ ← 東レ工場@バ国)
- 2014年の**日 - バ パートナーシップ共同宣言**
ODAを通じてた防災分野, 地震対策などへの技術協力明示



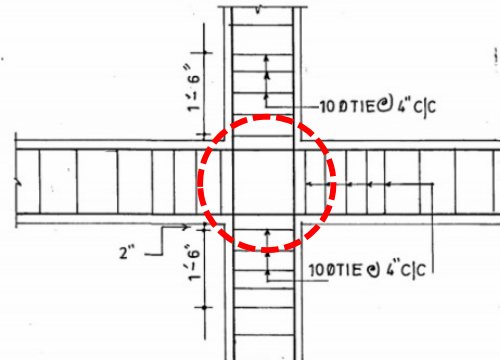
研究の背景 —バ国の建物の現状

■ 日本の技術は直接的な解答になりうるか???

□ コンクリート強度が著しく低い, 配筋が不適切, など



レンガチップを骨材として利用



鉄筋の不足



鉄骨ブレースでの補強も容易でない(バ国ODA事例, 2014)

□ 建物は地震がなくとも崩壊するほど,
著しく脆弱(超高軸力で振動に対する余裕がない)

※過去10年で4回発生, 2013年は死者1000人超

⇒従来の診断・補強手法だけでは×

□ 多数の既存ストック(45万棟@ダッカ市)

⇒途上国の限られた予算の中では, 補強建物の選定に優先順位をつけざるを得ないが, どうやって実現する?

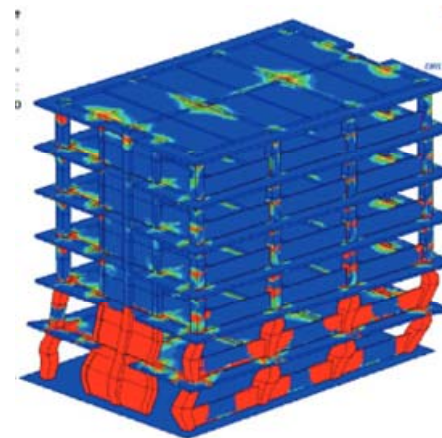
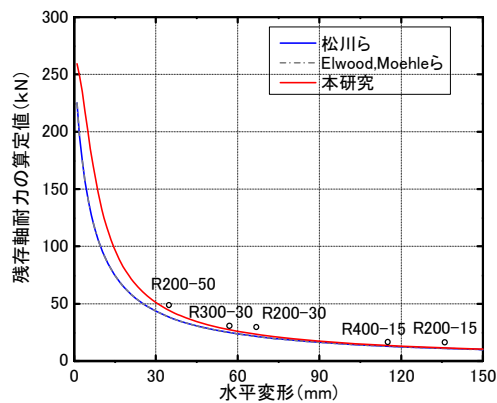


バ国での地震によらない崩壊事例

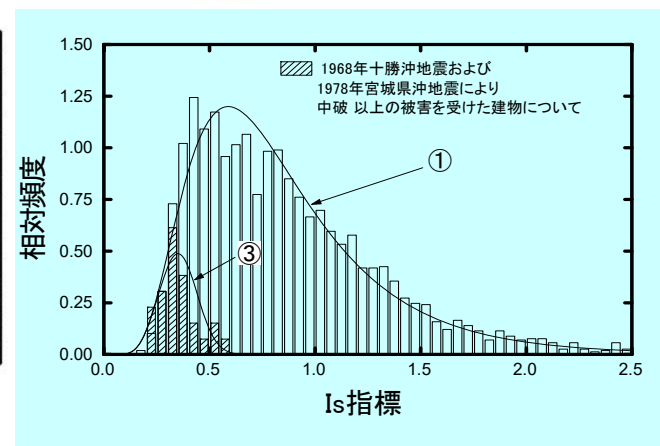
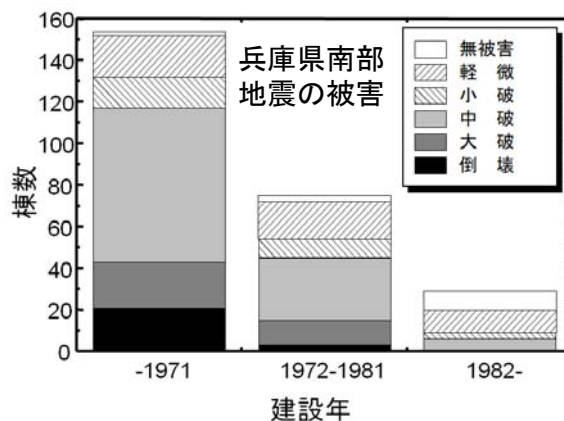
対費用の補強効果を考慮することに加えて, 高密度化した都市では, 都市スケールで補強の優先順位を決定することが, 極めて重要

研究の背景 — 日本では... 50年(～100年)の蓄積

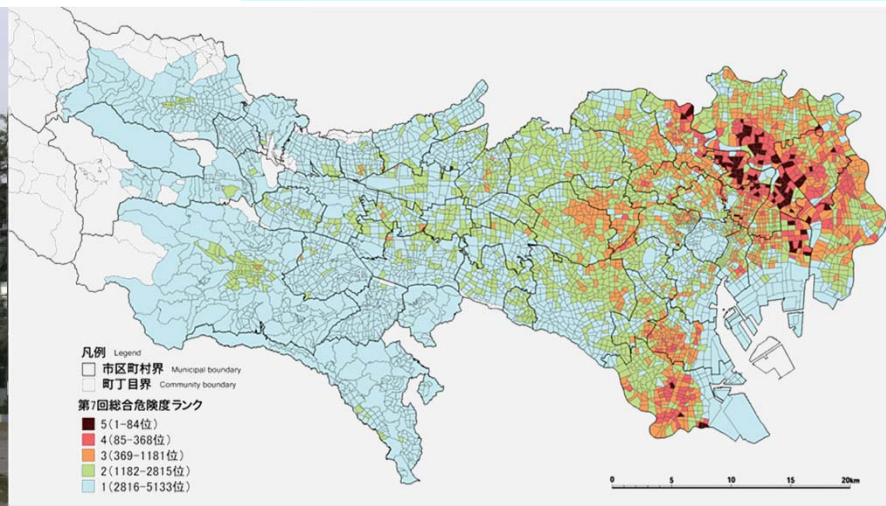
■ 要素技術



■ 実証データ



■ 適用事例



研究の背景 — いっぽう、バ国では... エビデンスと実力の不足

- 基礎的な構造実験／分析データが**ない**
- 構造実験施設／経験も**貧弱**
- 近年は被害地震の経験**なし**(ダッカ市), 被害統計**なし**
- 建物の本当の耐震性能(実力)／要求性能レベルは**不明**
- 地震防災の観点から対策を優先すべき建物／地域の特定は**困難**
- 検証されたデータに基づく被害推定／補強効果を推定する手法が**ない** . . . など:**エビデンス不足と性能の実力不明**

⇒ まずは基礎研究データを蓄積／分析するとともに、地道な研究成果に基づく技術・手法の開発が必要

- **個別要素技術**: **バ国の建物特性を反映しかつ研究成果・実証結果に基づく性能評価手法, 性能改善手法の開発**
- **全体把握技術**: **簡便だが合理的・客観性を担保した性能評価手法, 被害率(被害分布)推定手法の開発 . . . など** 5

研究の目標

上位目標(将来)
建築基準(BNBC)
への反映

■ 4つの課題設定とプロジェクト目標

バ国の安全な建築・都市の実現と経済安定への貢献

研究成果の日本を含む世界的な活用

4つのプロジェクト目標

- ④ 高密度化した都市の対災害強靱化戦略(都市計画)のための手法提示
WG4: 姥浦 + Akter
- ③ 低品質建築を対象とした新たな補強技術の開発
WG3: 真田 + Anam/Amin
- ② 崩壊診断法の開発とその適用による特定街区の事例分析
WG2: 前田 + Rafiqul
- ① ダッカの都市・建築の実態把握と課題抽出
WG1: 中埜 + Ashrafur

首都ダッカの安全性向上のための診断・補強

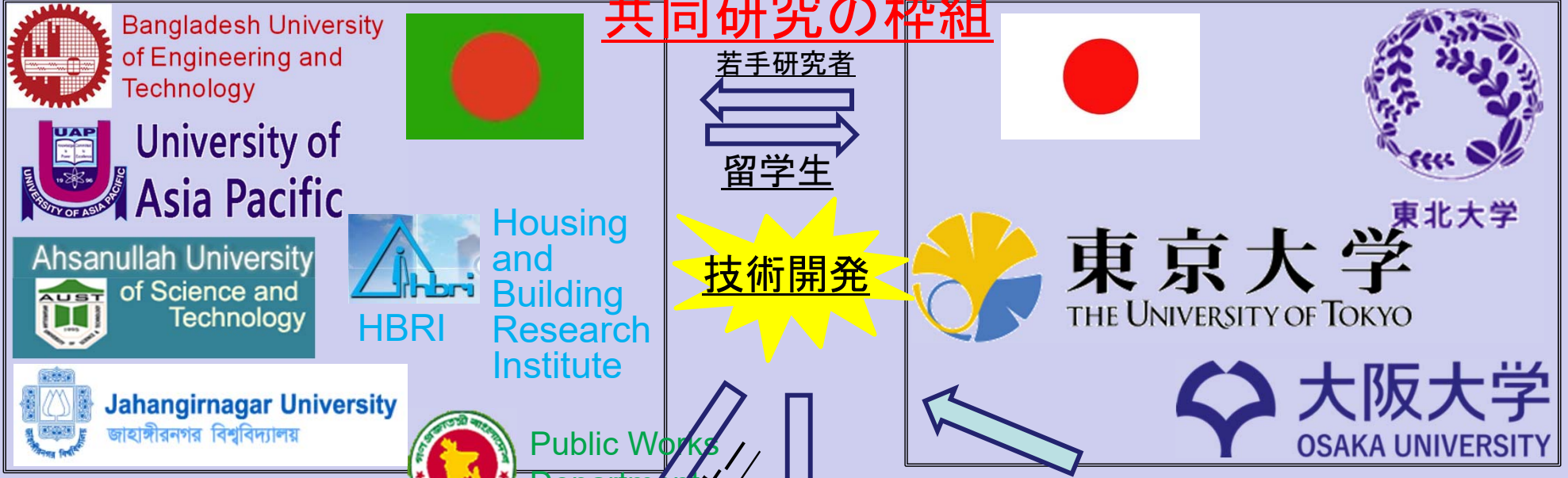
技術の開発とその高効率な実装手法の提案

- ・耐震診断, 補強手法の開発
- ・上記を効率よく適用するための戦略策定手法の提示

随時, 関連ODA事業を通じて社会実装
※論文の発表だけが最終目標ではない

実施体制

共同研究の枠組



ハイレベルWS



現地技術者 IAB
設計者

実装

並走するODA事業
での実装



- ・基標準の更新 (2020年ごろ予定)
- ・第8次5か年計画 (2021~25年)



実装フィールド: ダッカ

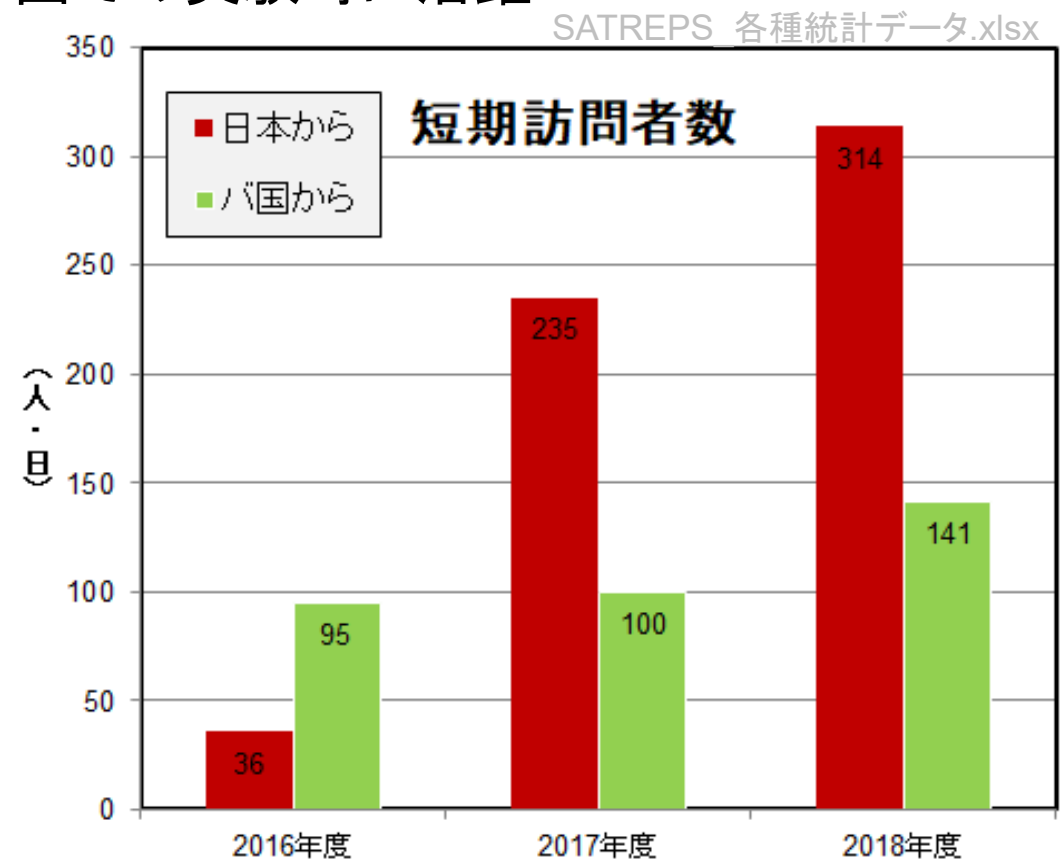
安全優先の観点からの研究計画の主な変更点

■ 2016年7月のダッカ襲撃事件⇒日本側研究者の渡航制限

- ✓ バ国側研究者の招へいによる日本でのWS開催(全WG)
- ✓ 奨学プログラムによる修士・博士課程等への留学(全WG)
- ✓ 日本で実施する実験の準備・実施への参加(WG2, 3)

※特にPJT初期段階での招へいは、結果的にはPJTの目的、研究コンセプト、ノウハウを共有し相互理解を深めるうえで極めて効果的であった

⇒短期研修を経験した若手は現在バ国での実験時に活躍



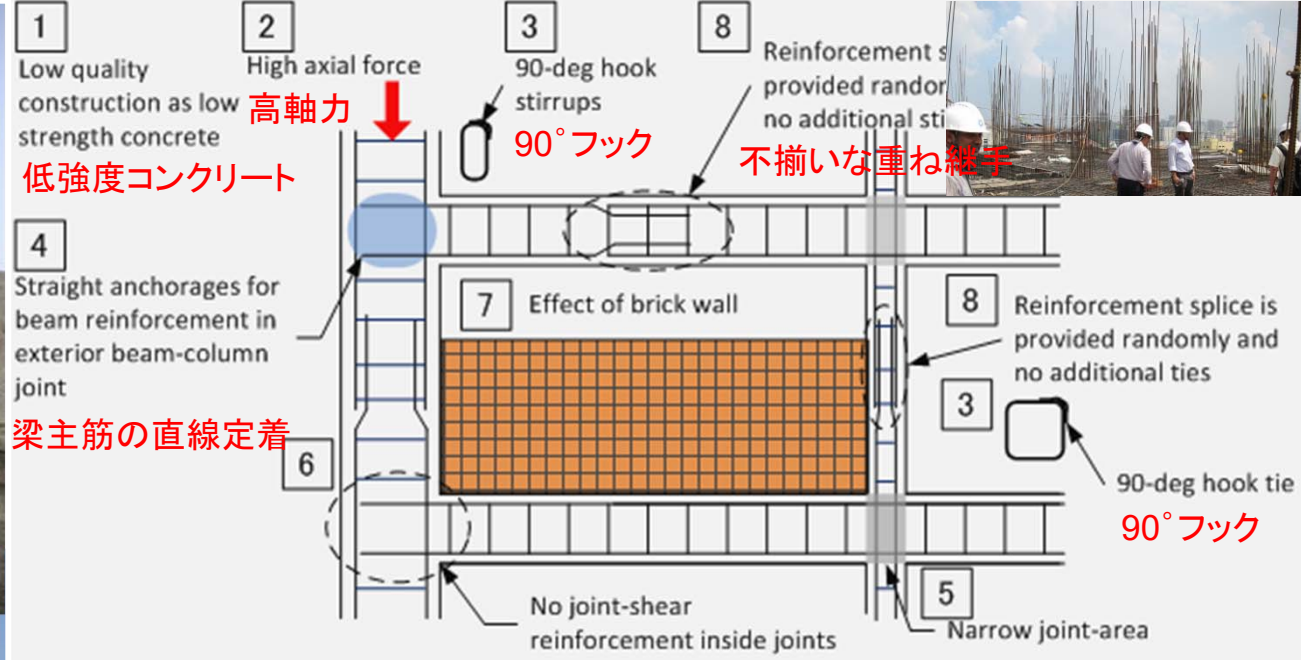
■ 設計・施工慣行の課題抽出【全員】

- 先行の技術協力PJT (CNCRP PJT) 成果の活用
- 近隣諸国の被害事例との比較

⇒WG2: 実態を反映した構造実験計画への反映

↓ 先行したCNCRP PJTの成果

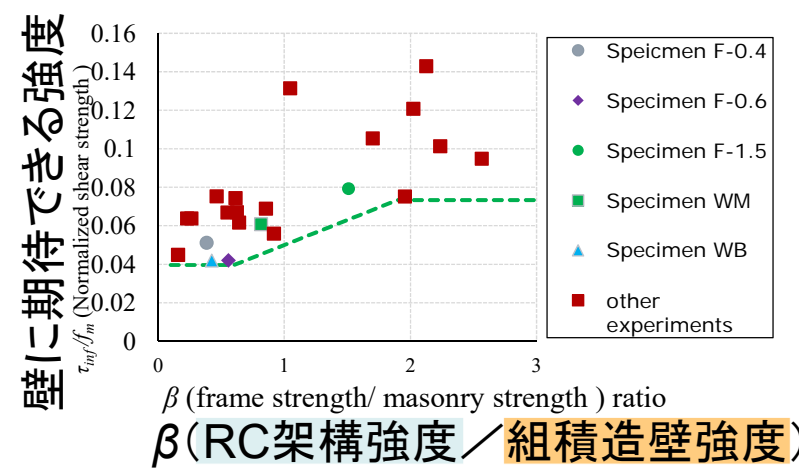
2005 Kshmir EQ



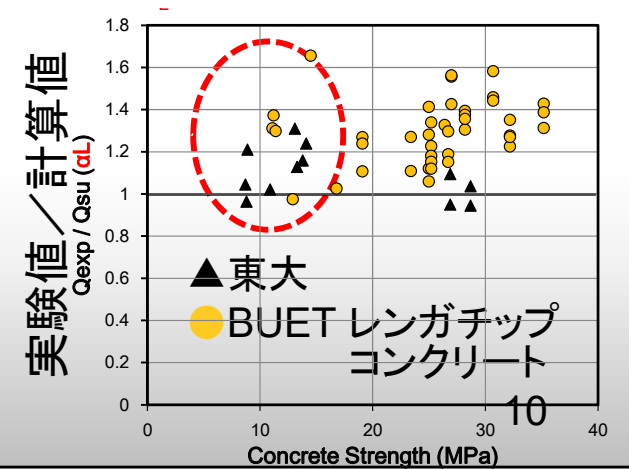
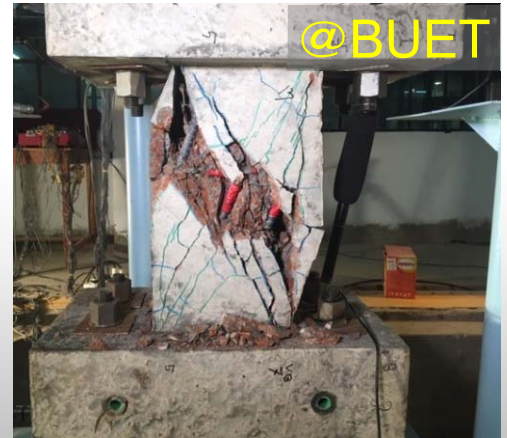
現場調査・確認@ダッカ

■ 性能評価のための実験的・解析的研究

- 組積造壁を含むRC架構の耐力評価(2次診断用)の提案【東北大】
- ⇒ (RC架構強度 / 組積造壁強度) の関数で定式化可能



- 低強度コンクリート柱の耐力評価(2次診断用)の提案【東大, BUET】
- ⇒ 強度低減係数を考慮することで下限値を評価可能



■ 1次診断法の開発と適用【東北大, HBRI】

◆ 実験データの蓄積

⇒これまで無視されていたURM壁の挙動を含む建築物の「耐震性能評価」が可能に

※地震外力に対する強度や変形性能の評価式が提示可能に

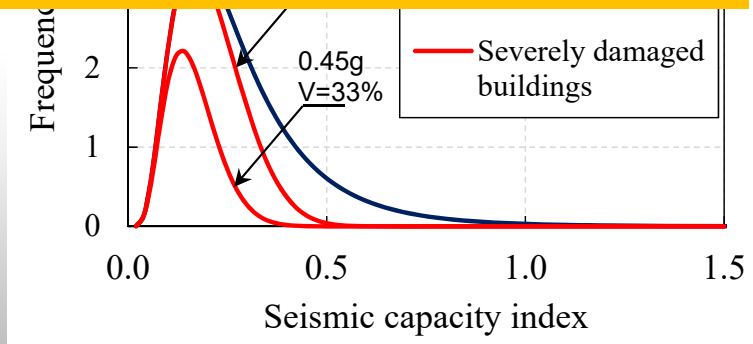
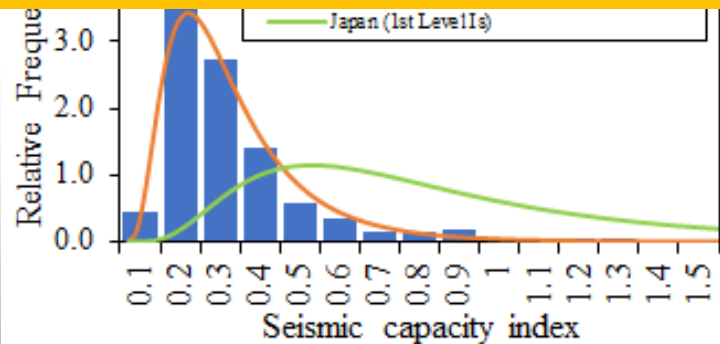
⇒バ国の既存建物群(既存ストック)の「耐震性能の実力」が徐々に明らかになってきた(どの程度の性能の建物がどれくらいの割合で存在するか, の基礎的だが極めて重要なデータがようやく明らかになった)

⇒将来の地震に対する被害予測が可能に

※PJT前半での最大の成果

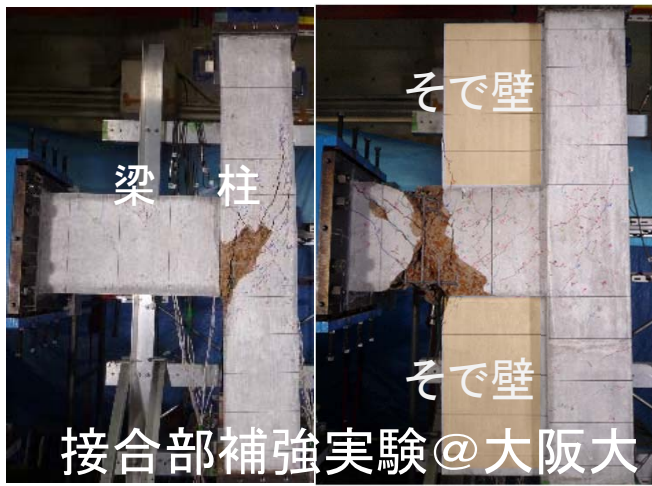
Column area ratio (I_c), %

582棟対象⇒

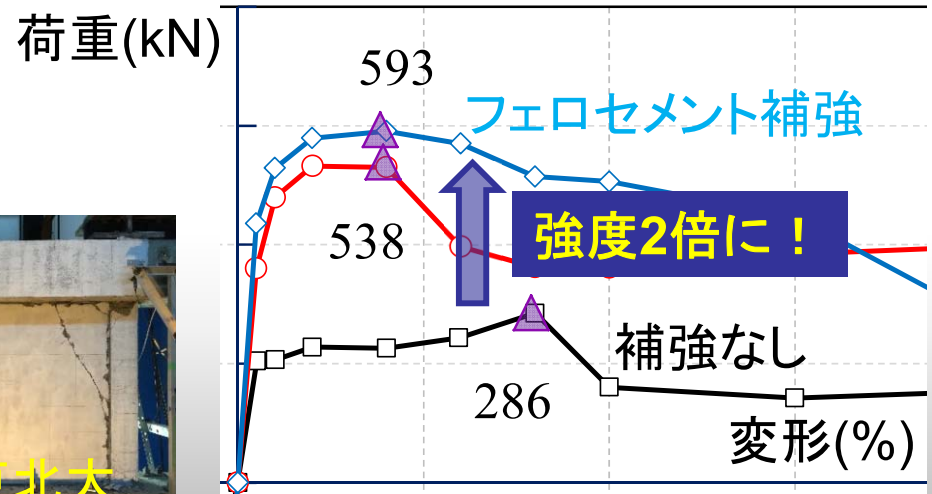
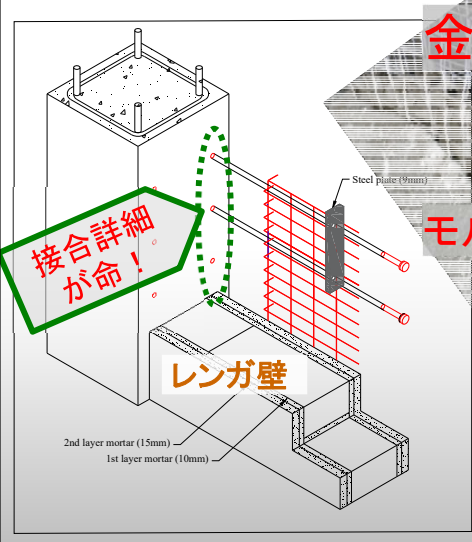


■ 補強工法の提案【大阪大, 東北大, 東大, BUET】

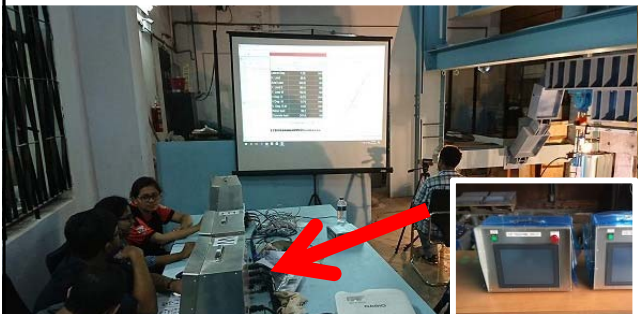
➤ **RC袖壁補強**: 柱梁接合部, フラットプレートの『**構造一体性**』補強 (要素技術としての「あと施工アンカー」の挙動もバ国で実験済み)



➤ **フェロセメント補強**: 金網とモルタルを用いたレンガ壁の補強



供与機材の活用状況



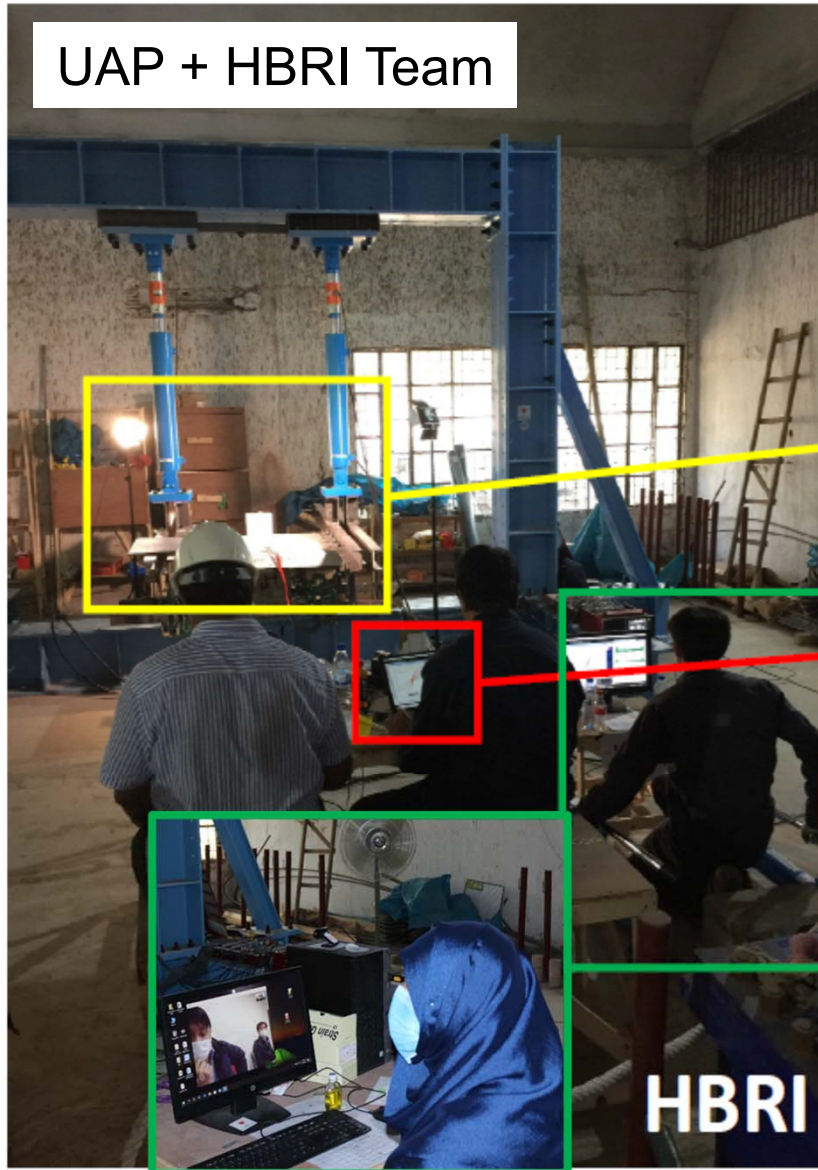
■ First remote loading test between HBRI & OsakaU

バングラデシュ (HBRI)

@大阪大 (JPN)

UAP + HBRI Team

2020 September



Online communication between the general operator @Osaka U. and the loading operator @HBRI

SATREPSに関連した学位取得および受賞実績 ほか

■ 博士論文

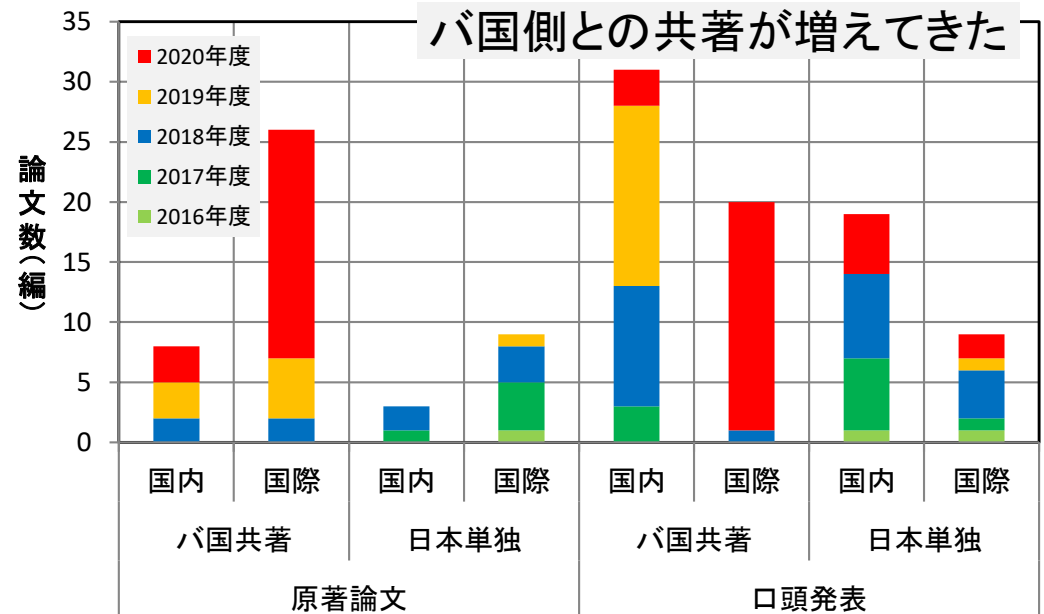
- 既取得: 3名(東北大): 帰国後もSATREPS
- 在籍中: 4名(東大, 東北大, 阪大)

■ 受賞

- 鈴木涼平(東大) 2017年度日本建築学会 若手優秀発表賞
- Hamood ALWASHALI(東北大) 2018年度日本建築学会 若手優秀発表賞
- 金雪美(阪大) 2018年度日本建築学会 若手優秀発表賞
- Syafri Wardi(阪大) 2018年度日本建築学会 若手優秀発表賞
- Md. Shafiu ISLAM(東北大) 2018年度日本建築学会 若手優秀発表賞
- Hamood ALWASHALI(東北大) 2018年度日本建築学会 若手優秀発表賞

■ 成果の発信(最近の事例)

- 17WCEE: 19編の論文発表(うち8編)



■ 4ガイドラインの提示(研究成果の集大成)⇒実務で活用

◆ 構造技術ガイドライン

User's Manual on
**VISUAL RATING (VR)
FOR POTENTIAL SEISMIC
VULNERABILITY
ASSESSMENT**
of Existing Reinforced Concrete
Buildings in Bangladesh

①簡易診断VR
(印刷準備中)

Technical Guidelines for
**SEISMIC
EVALUATION OF**
Existing Reinforced
Concrete Buildings
in Bangladesh
for Extended Application of PWD
Seismic Evaluation Manual

②耐震診断
(印刷準備中)

Technical Guidelines for
**SEISMIC RETROFIT
DESIGN OF**
Existing Reinforced
Concrete Buildings
in Bangladesh
for Extended Application of PWD
Seismic Retrofit Design Manual

③耐震補強
(査読中)

◆ 都市計画戦略 ガイドライン

TOWARDS
SEISMIC
RESILIENCE OF
DHAKA CITY:
An Urban Planning
Perspective

④補強戦略
(執筆中)

- ① ② セミナー開催済み(対面+ZOOM)
- ③ ④ セミナー開催予定(④HLM)

③の適用事例



バ国側の若手が開発・適用に極めて積極的



- 実験設備のオペレーションと構造実験の経験蓄積→自信
- 現地の材料・建築特性を反映した評価手法の提示・ツールの蓄積(※単に海外の手法(e.g. 米国FEMA等)を真似たものではなく、**エビデンス**と**構造理論**に基づいた手法)
 - ⇒ 周辺諸国へ適用可能性／からの期待(ネパール, ミャンマー他)
 - ⇒ バ国側主導で独自研究へさらに展開, 新たな研究テーマの発掘, 成果の社会実装に展開されつつある 例えば...
- ✓ 組積造ガイドラインの提案(HBRI**自主研究**として進行中)
- ✓ CFRP(炭素繊維)による柱の補強方法の提案(BUET**自主研究** //)
- ✓ 国際シンポ(Disaster Risk Reduction)の開催(BUET**企画**, **10/13開催**)
- ✓ 補強工法の適用(「**③補強G**」を活用した設計⇒**BSPP PJT**で施工中)
- ✓ Sylhet市(バ国で最も地震活動度の高い地域)でのガイドラインの適用(進行中: サンプル調査への「**①VR G**」「**②診断G**」の適用)
- ✓ Dhaka市内の膨大な既存ストックへの適用に向けたPJT提案(準備中: HBRI⇒バ国政府, 「**①VR G**」「**②診断G**」「**③補強G**」「**④戦略G**」の適用)



ご清聴ありがとうございました