

戦略的国際科学技術協力推進事業 (CONCERT-Japan)

1. 研究課題名：「鉄筋コンクリート架構と内蔵組積造架を一体化する革新的耐震補強工法の開発」
2. 研究期間：平成 25 年 4 月～平成 27 年 3 月
3. 支援額： 総額 9,450,000 円
4. 主な参加研究者名：

日本側 (研究代表者を含め 6 名までを記載)

|               | 氏名            | 所属             | 役職    |
|---------------|---------------|----------------|-------|
| 研究代表者         | 中埜良昭          | 東京大学生産技術研究所    | 教授    |
| 研究者           | 真田靖士          | 大阪大学大学院工学研究科   | 准教授   |
| 研究者           | 崔 琥           | 東京大学生産技術研究所    | 助教    |
| 研究者           | 松川和人          | 東京大学生産技術研究所    | 助教    |
| 研究者           | Devjyoti Paul | 東京大学大学院工学系研究科  | 大学院学生 |
| 研究者           | 鈴木有美          | 大阪大学工学部地球総合工学科 | 学部学生  |
| 研究期間中の全参加研究者数 |               | 7名             |       |

相手側 (研究代表者を含め 6 名までを記載)

|               | 氏名             | 所属  | 役職              |
|---------------|----------------|---|-----------------|
| 研究代表者         | Polat Gulkan   | Department of Civil Engineering, Cankaya University               | Department Head |
| 研究者           | Haluk Sucuoglu | Department of Civil Engineering, Middle East Technical University | Professor       |
| 研究者           | Baris Binici   | Department of Civil Engineering, Middle East Technical University | Professor       |
| 研究者           | Oguz Gunes     | Civil Engineering Department of Istanbul Technical University     | Professor       |
| 研究期間中の全参加研究者数 |                | 4名  |                 |

|               | 氏名               | 所属   | 役職   |
|---------------|------------------|--|--|
| 研究代表者         | Ekkehard Fehling | Faculty of Civil and Environmental Engineering, University of Kassel | Head of Section of Concrete and Masonry Structures |
| 研究者           | Thomas Pfetzing  | Faculty of Civil and Environmental Engineering, University of Kassel | Research Assistant                                 |
| 研究者           | Mohammed Ismail  | Faculty of Civil and Environmental Engineering, University of Kassel | Research Assistant                                 |
| 研究期間中の全参加研究者数 |                  | 3名   |  |

## 5. 研究・交流の目的

トルコ、日本およびドイツの研究者で構成される本プロジェクトは、主として新築の鉄筋コンクリート造架構に内蔵された組積造壁が面外転倒せず安定して面内方向の水平耐力に寄与できる、比較的平易な手法でありながら効果の高い革新的耐震化工法の開発を主目的としたものである。トルコの研究チームは主に文献調査および静的加力実験を、日本の研究チームは提案する耐震化工法の有効性検証に不可欠な振動台実験および予備静的載荷実験を、ドイツの研究チームは有限要素法を用いた数値解析を、それぞれ担当する。トルコと日本の研究チームそれぞれで静的加力実験を行ったのち、日本の研究チームが振動台実験を行い、ドイツの研究チームが有限要素解析を行う。また、日本の耐震化技術とトルコ、ドイツの組積造研究の長年の知見を統合し、合理的な耐震化工法を開発するとともに、その設計法の確立を目指す。本研究により世界的に広く分布するものの、早急に耐震脆弱性の改善を要する組積造壁を内蔵する建物の飛躍的な耐震安全性の向上に繋がることが期待される。

## 6. 研究・交流の成果

### 6-1 研究の成果

鉄筋コンクリート造架構に内蔵された無補強組積造壁は架構面内方向への耐力や剛性の向上に大いに寄与するものの、地震時には壁体が早期に面外方向に転倒する事例が数多く報告されている。そこで、トルコ、日本、ドイツの3カ国の研究者で構成される本プロジェクトでは、鉄筋コンクリート造架構に内蔵された組積造壁が面外転倒せず安定して面内方向の水平耐力に寄与できる革新的耐震化工法の開発を主目的としている。トルコ側から提案された耐震化工法である「タイシステム」は、壁体の高さ方向の目地モルタルにいくつかの「タイ」と呼ぶ鋼製プレート板を設置し、それを両側柱に定着されたチャンネル鋼に固定することで、壁体の面外方向への挙動を抑制する手法である。このシステムは、設置が簡便であること、日本とトルコの研究チームそれぞれで行った静的加力実験より、「タイ」設置の有無に関わらず「面内」方向への耐震性はほぼ同程度であること、日本の研究チームで行った振動台実験より、「タイ」設置により壁体の「面外」転倒が阻止されたこと、などから、この研究成果は耐震脆弱性の改善が急がれる無補強組積造壁を内蔵する建物の飛躍的な耐震安全性の向上に繋がる新たな知見と技術が得られた。

本プロジェクトで掲げた耐震化工法の開発とその有効性の検証は、日本の研究チームが有する耐震化技術とその高度な実験的検証手法、トルコの研究チームによる無補強組積造壁を有する鉄筋コンクリート造架構の設計・施工慣行を反映した革新的な耐震化工法の提案、ドイツの研究チームによる組積造を対象とした解析的研究に関する長年の知見を統合することによりはじめて実現したものである。ここでは、単独の研究チームではより時間を要したであろうレベルの検討・分析を、各国の得意な研究分野を担当することで所定の研究期間内に実現したこと、各国の異なる建設事情を理解できたこと、その上で研究ニーズを十分理解した研究を効率よく実施できたこと、などから期待どおりの相乗効果があった。

今後、本プロジェクトで開発した革新的耐震化工法における設計法やガイドラインを確立するとともに、実建物への適用を視野において引き続き共同研究を進める計画で、平成27年6月にドイツ・カッセル大学で開催するワークショップではその共同研究計画についても議論する予定である。無補強組積造壁を含む鉄筋コンクリート造架構は世界的に多数ある。ここで提案した耐震化工法の設計・施工に関する技術指針をまとめ公表することにより、簡便ではあるがその大きな効果が期待できる技術の社会実装に繋がり、この種の建物の耐震安全性の飛躍的な向上に繋がる。

### 6-2 人的交流の成果

プロジェクト期間内では、3回にわたって研究交流を行った。第1回目は、実験実施前の平成25年12月下旬にトルコでワークショップを開催し、実験に向けての意見交換を行っ

た。第2回目は静的実験実施中の平成26年5月にトルコで、第3回目は振動台実験実施中の平成26年11月に日本で、それぞれ実験見学を兼ねたワークショップを開催し、実験結果の解釈等について議論を行った。これらの研究交流により、各国の研究代表者のみならず共同研究者間において、各国の研究環境や設計・施工慣行などについて理解を深める良い機会となった。特に、日本の研究チームからは、将来研究者を目指す学部4年の学生や外国人大学院学生（インドおよびブルガリア）が参加し、トルコおよびドイツの若手研究者と研究交流を深めることができた。さらに、外国人大学院学生においてはこの種の研究実績と経験が帰国後の研究活動への有効な基盤となることと期待される。

なお、各国の研究チームの特徴、技術、知見、経験を活かした密度の高い共同研究が実現したことから、トルコの研究チームは本研究テーマの継続的な展開を強く希望しており、日本の研究チームも是非これに応じたい。その議論を行うためのワークショップを平成27年6月にドイツ・カッセル大学で開催する予定である。

#### 7. 本研究交流による主な論文発表・主要学会での発表・特許出願

| 論文<br>or<br>特許 | ・論文の場合：著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年<br>・特許の場合：知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、出願番号、出願人、発明者等   | 特記<br>事項 |
|----------------|--|----------|
| 論文             | Devjyoti Paul, Ho Choi, Kazuto Matsukawa, Yoshiaki Nakano: Development of Diagonal Strut Mechanism of URM Wall Infilled RC Frame for Single and Double-Bays, Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, No.43, 2015.3 |          |
| 論文             | 鈴木有美, 鈴木卓, 真田靖士, 松川和人, 崔琥, 中埜良昭, トルコのRC建築で用いられる無補強組積造充填壁を有する架構の静的載荷実験, 日本建築学会近畿支部研究発表会, 2015.6   | 掲載<br>確定 |
| 論文             | 崔琥, Devjyoti Paul, 鈴木有美, 松川和人, 真田靖士, 中埜良昭, Seismic Capacity Evaluation of URM Infill Built in RC Frame, Part1 Outline of Experiment, 日本建築学会大会学術講演会, 2015.9   | 掲載<br>確定 |
| 論文             | 鈴木有美, Devjyoti Paul, 崔琥, 松川和人, 真田靖士, 中埜良昭, Seismic Capacity Evaluation of URM Infill Built in RC Frame, Part2 Failure Behavior and Lateral Load-Drift Relationships, 日本建築学会大会学術講演会, 2015.9   | 掲載<br>確定 |
| 論文             | Devjyoti Paul, 鈴木有美, 崔琥, 松川和人, 真田靖士, 中埜良昭, Seismic Capacity Evaluation of URM Infill Built in RC Frame, Part3 Shear Strength Evaluation of URM Infill, 日本建築学会大会学術講演会, 2015.9   | 掲載<br>確定 |