

**カフラマンマラシュ（トルコ南東部）地震関連
国際緊急共同研究・調査支援プログラム（J-RAPID）
終了報告書 概要**

1. 研究課題名：「トルコの建築物の耐震性能調査と改善に向けた課題整理に関する調査研究」
2. 研究期間：2023 年 8 月～2024 年 7 月
3. 主な参加研究者名：楠 浩一, Alper Ilki

日本側

| | 氏名 | 役職 | 所属 | 研究分担 |
|---------------|-------|-----|--------|-------|
| 研究代表者 | 楠 浩一 | 教授 | 東京大学 | 分析・提案 |
| 共同研究者 | 真田靖士 | 教授 | 大阪大学 | 観測点 |
| 共同研究者 | 日比野陽 | 准教授 | 名古屋大学 | 微動観測 |
| 共同研究者 | 田尻清太郎 | 准教授 | 東京大学 | 解析 |
| 共同研究者 | 毎田悠承 | 准教授 | 東京大学 | 被災度 |
| 共同研究者 | 杉本訓祥 | 教授 | 横浜国立大学 | 解析 |
| 研究期間中の全参加研究者数 | | | 8名 | |

相手側

| | 氏名 | 役職 | 所属 | 研究分担 |
|---------------|---------------------|---------------------|--------------------------|-------|
| 研究代表者 | Alper Ilki | Professor | Istanbul Technical Univ. | 分析・提案 |
| 共同研究者 | Hilmi Lus | Professor | Bogazici University | 微動観測 |
| 共同研究者 | Kutay Orakcal | Professor | Bogazici University | 解析 |
| 共同研究者 | Cem Demir | Research Assistant | Istanbul Technical Univ. | 被災度 |
| 共同研究者 | Caglar Goksu Akkaya | Associate professor | Istanbul Technical Univ. | 観測点 |
| 研究期間中の全参加研究者数 | | | 5名 | |

4. 共同研究調査の目的

2023 年 2 月にトルコ南部を震源とする大きな地震が発生した。それを受け、2023 年 3 月に実施した調査結果では、現行基準で建てられた鉄筋コンクリート構造でも一部で甚大な被害が確認された。同様の被害を再び起こさないために、本研究調査において今回の地震災害から耐震設計法及び施工方法における改善すべき点を抽出して整理し、改善の方向性を示すことを目的とする。

5. 共同研究調査の成果

5-1 共同研究調査の成果、今後の展開見込、社会への波及効果

本共同研究調査から下記の成果が得られた。

- ・RC 建物の鉄筋の本数は、建物高さに応じて増加する傾向がある。しかし、トルコでは柱の寸法が変わらないことが多いため、柱の鉄筋の配置が密になりすぎて、付着強度が不足して破壊した。

- ・多くの RC 建物において、コンクリートの打ち継ぎ部でコールドジョイントが見られた。コンクリートが一体化されておらず、弱点となっていた。
- ・倒壊した建物で基準に準拠しているものは見つからなかった。地震前にこれらの基準を満たさない建物を耐震補強していれば、多くの命が救われる可能性がある。

今後の展開見込、社会への波及効果として以下が考えられる。

- ・本調査研究により得られた教訓を今後のトルコの耐震設計に適用することで、建物の地震被害を低減できると考えられる。
- ・コールドジョイントなどの施工不良が多く見られたが、本研究調査の教訓をトルコの社会全体に共有することで、施工が改善され、今後多くの命が救われる可能性がある。

5-2 国際連携の成果

- ・災害復興に向けて両国が共同で調査研究を実施して、問題点を整理し社会に提示していくことで、トルコの地震災害に対するレジリエンス力の向上につながった。
- ・他の団体でも共同で実施した災害調査結果と本研究調査を合同で災害報告書としてまとめることができた。さらに、他のプロジェクトにおいてもトルコの研究者らとトルコの耐震工学技術向上を目指した研究を推進しており、本調査研究の成果をこのプロジェクトの中でも共有し、展開することで、トルコの耐震工学上の課題と解決方法の明確化につながり、トルコの耐震工学発展に寄与することができた。

6. 本研究調査に関連したワークショップ等の開催、主な口頭発表・論文発表・その他成果物（例：提言書、マニュアル、プログラム、特許）、受賞等（5件まで）

| | |
|------|---|
| 口頭発表 | 日比野陽, 大西直毅, 中村聡宏, 尹ロク現, 楠浩一: 2023年トルコ・シリア地震における鉄筋コンクリート造建物の被害の概要, 第16回日本地震工学シンポジウム |
| 口頭発表 | 田尻清太郎, Ufuk Yazgan, 前田匡樹, 劉虹, Shegay Alex, モニカル ジョナサン, 浅井竜也, ラウファード マーディ, 杉本訓祥, 中村聡宏, 尹ロク現, 大西直毅, 楠浩一, 丸谷聡: 2023年トルコ地震で被災した鉄筋コンクリート造建物の詳細調査, 第16回日本地震工学シンポジウム |
| 口頭発表 | 毎田悠承, 真田靖士, Castro Juan Jose, Unal Goktug: 2023年トルコ・シリア地震における強震観測点周辺の建物被害状況に関する一考察, 第16回日本地震工学シンポジウム |
| 論文 | Ilki, A., K. Orakcal, C. Goksu, C. Demir, B. Sari, K. Kusunoki: Field observations from February 2023 Kahramanmaraş, and Hatay earthquakes and structural design suggestions for reduction of future losses, fib Symposium 2023 |
| 論文 | Kusunoki, K., A. Ilki, Sanada Y., C.G. Akkaya, Hibino Y., Maida Y.: Preliminary report on the field reconnaissance due to the 2023 Turkey-Syria Earthquake, fib Symposium 2023 |

International Urgent Collaborative Projects
Regarding the 2023 Southeastern Türkiye Earthquakes within the J-RAPID Program

1. Title of the Project : Investigation of the seismic performance of buildings in Turkey and sorting out the issues to be improved
2. Research/Investigation Period : 2023.8 ~ 2024.7
3. Main Investigators : Koichi Kusunoki, Alper Ilki

Japanese Team

| | Name | Title | Affiliation | Project role |
|--|--------------------|------------------|------------------------------|-----------------------|
| Principal Investigator | Koichi Kusunoki | Professor | University of Tokyo | Analysis, Proposal |
| Collaborator | Yasushi Sanada | Professor | Osaka University | Building Survey |
| Collaborator | Yu Hibino | Assoc. Professor | Nagoya University | Vibration measurement |
| Collaborator | Seitaro Tajiri | Assoc. Professor | University of Tokyo | Analysis |
| Collaborator | Yusuke Maida | Assoc. Professor | University of Tokyo | Damage assessment |
| Collaborator | Kuniyoshi Sugimoto | Professor | Yokohama National University | Analysis |
| Total Number of participating researchers in the project:8 | | | | |

Counterpart Team

| | Name | Title | Affiliation | Project role |
|---|---------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|
| Principal Investigator | Alper Ilki | Professor | Istanbul Technical Univ. | Analysis Proposal |
| Collaborator | Hilmi Lus | Professor | Bogazici University | Vibration measurement |
| Collaborator | Kutay Orakcal | Professor | Bogazici University | Analysis |
| Collaborator | Cem Demir | Research Assistant | Istanbul Technical Univ. | Damage assessment |
| Collaborator | Caglar Goksu Akkaya | Associate professor | Istanbul Technical Univ. | Building Survey |
| Total Number of participating researchers in the project: 5 | | | | |

4. Objectives and Challenges

In February 2023, a major earthquake struck southern Turkey. Following this event, a survey conducted in March 2023 revealed that even reinforced concrete structures built according to current standards experienced significant damage in some areas. To prevent similar damage from occurring again, this study aims to identify and organize the areas that need improvement in seismic design methods and construction practices based on the lessons learned from this earthquake disaster. These would be used as guidance for improvements.

5. Results of the research/survey activities

5-1. Results of joint research. Expected future development, ripple effect on society

The following findings were obtained from this joint research study:

- The number of reinforcing bars in RC (reinforced concrete) buildings tends to increase with building height. However, in Turkey, column dimensions often remain unchanged, leading to overly dense reinforcement within the columns. This resulted in insufficient bond strength, leading to failure.
- Many RC buildings exhibited cold joints at the construction joints, where the concrete had not properly spliced, creating weak joints.
- None of the collapsed buildings were found to be compliant with the standards. If these non-compliant buildings had been retrofitted for earthquake resistance before the earthquake, many lives might have been saved.

Future Prospects and Societal Impact:

- By applying the lessons learned from this research to future seismic design in Turkey, it is believed that earthquake damage to buildings can be reduced.
- Although many construction defects such as cold joints were observed, sharing the lessons from this study with the broader Turkish society could lead to improvements in construction practices, potentially saving many lives in the future.

5-2. Added Value from International collaborative work

- In the effort toward disaster recovery, the joint research conducted by both countries helped identify and organize the issues, presenting them to society. This collaboration contributed to enhancing Turkey's resilience against earthquake disasters.
- The results of this research, along with disaster investigation findings conducted jointly by other organizations, were compiled into a comprehensive disaster report. Furthermore, in other projects aimed at improving Turkey's seismic engineering technologies, research has been promoted in collaboration with Turkish researchers. By sharing and expanding the findings of this study within these projects, it has helped clarify the challenges and solutions in Turkish seismic engineering, thereby contributing to the advancement of earthquake engineering in Turkey.

6. Organized workshops/seminars, presentations, papers and other deliverables

| | |
|---------------|--|
| Presentation | Hibino Y., Onishi N., Nakamura A., Yoon R., Kusunoki K., 2023. Overview of Damage to Reinforced Concrete Buildings in the Turkey-Syria Earthquake, 16th Japan Earthquake Engineering Symposium |
| Presentation | Tajiri S., Yazgan U., Maeda M., Liu H., Shegay A., Monical J., Asai T., Raoiffard M., Sugimoto K., Nakamura A., Yoon R., Onishi N., Kusunoki K., Maruya ., 2023 Detailed Investigation of Reinforced Concrete Buildings Damaged by the 2023 Turkey Earthquake, 16th Japan Earthquake Engineering Symposium |
| Presentation | Maida Y., Sanada Y., Castro JJ., Goktug U., A study on building damage around strong earthquake observation points in the 2023 Turkey-Syria earthquake, 16th Japan Earthquake Engineering Symposium |
| Journal Paper | Ilki, A., K. Orakcal, C. Goksu, C. Demir, B. Sari, K. Kusunoki: Field observations from February 2023 Kahramanmaraş, and Hatay earthquakes and structural design suggestions for reduction of future losses, fib Symposium 2023 |
| Journal Paper | Kusunoki, K., A. Ilki, Sanada Y., C.G. Akkaya, Hibino Y., Maida Y.: Preliminary report on the field reconnaissance due to the 2023 Turkey-Syria Earthquake, fib Symposium 2023 |