

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2022

課題番号：21K18793

研究課題名（和文）光学計測から拓く発展途上国の鉄筋コンクリート建物の地震防災

研究課題名（英文）Earthquake Disaster Mitigation of RC Buildings in Developing Countries Based on an Experiment Study with Optical Sensing

研究代表者

眞田 靖士（Sanada, Yasushi）

大阪大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：80334358

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：近年の発展途上国の地震災害では、鉄筋コンクリート造（RC）建物において基規準を満足しない配筋により大きな被害に繋がった事例が観察されている。本研究ではRC建物の最も深刻な基規準不適合の事例として鉄筋とコンクリートの一体性不足に着目した。研究対象として、発展途上国で見られる梁主筋が接合部に適切に定着されていない（不十分な定着長さで直線定着されている）RC建物の柱梁接合部を模擬するモデルを計画、製作した。梁主筋の定着部のひずみをとくに光ファイバー式ひずみセンサにより計測し、梁主筋の定着部の信頼性の高いひずみデータ、すなわちコンクリートとの付着性能に関する高精度な実験データを取得することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の特筆すべき意義は鉄筋コンクリート造建物を対象とする従来の実験研究で得られている実験データ、とくに鉄筋とコンクリートの一体性の主指標（付着性能）に関する既存の実験データの信頼性を見直した点にある。光ファイバー式ひずみセンサを導入して、梁主筋の定着部の信頼性の高いひずみデータ、すなわちコンクリートとの付着性能に関する高精度な実験データを取得した点に学術的意義があり、この実験データに基づき発展途上国で見られる梁主筋が適切に定着されていない（梁主筋が定着破壊する）接合部の耐震性能を明らかにした点に社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：Recent earthquake disasters in developing countries have revealed that reinforced concrete (RC) buildings were severely damaged because of substandard rebar arrangements. This study focused on a lack of structural integrity between rebar and concrete which was one of the most serious problems found in the earthquake-affected areas. A beam-column joint model was designed considering substandard beam rebar anchorage with insufficient length of the straight anchorage representing that in RC buildings in the developing countries. Sensing with Fiber Bragg Gratings (FBG) sensors clarified rebar strain behavior along the beam rebar anchorage with high reliability; thus, high-quality experimental data on averaged bond stress between the rebar and concrete were successfully obtained.

研究分野：地震防災

キーワード：発展途上国建築 RC 付着 ひずみ計測 光ファイバー

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

近年のアジア圏発展途上国の大規模な地震災害では、当該諸国で広く用いられる鉄筋コンクリート構造（RC）建物において、基規準を満足しない配筋がなされた結果、人命に関わる大きな被害に繋がった事例が図1のように数多く観察されていた。この種の基規準不適合な建物は発展途上国に膨大に潜在すると考えられるが、大規模な地震が発生するなどして初めて明らかになるため、同図は氷山の一角に過ぎないという深刻な社会背景があり、未だに世界各地で解消されていない。



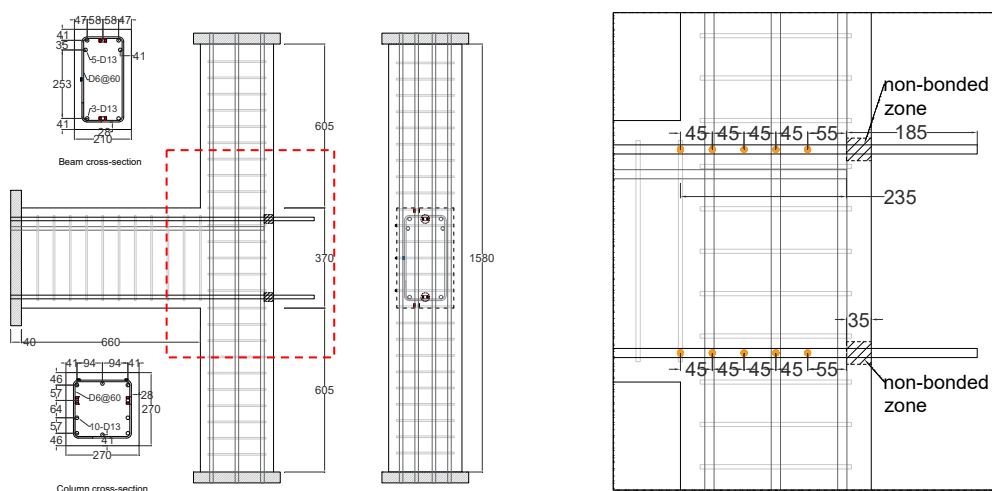
図1 研究の背景：基規準を満足しない配筋による人命に関わる被害事例  
（左：パキスタン・カシミール地震，右：インドネシア・スマトラ島沖地震）

2. 研究の目的

本研究の目的はRC建物の最も深刻な基規準不適合の事例として、鉄筋の定着不足（図1左：梁主筋が柱に短く定着された結果、容易に抜け出し本来の役割を發揮できない事例）に着目し、とくにRC建物を対象とする従来の実験研究で得られている実験データ、とくに鉄筋とコンクリートの一体性の主指標（付着性能）に関する既存の実験データの信頼性を見直すことである。

3. 研究の方法

研究対象として、発展途上国で見られる梁主筋が接合部に適切に定着されていない（不十分な定着長さで直線定着されている）RC建物の柱梁接合部を模擬する縮尺70%の構造実験用試験体を設計、製作した（図2）。とくに梁主筋の定着部のひずみの計測方法を変動因子とする2体の試験体を計画した。



単位：mm

図2 構造実験用試験体（左：柱梁接合部試験体の全体，右：梁主筋定着部のひずみ計測点）

RC構造の鉄筋とコンクリートの付着性能（両者の一体性を維持する性能）は、従来は図3のように実験的に評価されてきた：⑦付着を計測したい区間を挟む二点における鉄筋のひずみを電気抵抗式ひずみセンサーより計測し、⑧鉄筋のひずみに基づき鉄筋断面の応力を求め、⑨二点間の応力の差分が付着により伝達される応力度として平均的に評価されてきた。従来の電気抵抗式ひずみセンサーは図4左のように防水処理して鉄筋に設置されるため、センサーの設置そのものが付着性能に影響する。そこでこの問題を解消するため、図4右の光ファイバー式ひずみ

センサーを用いる 2 通りの計測方法により、鉄筋とコンクリートの付着性能を実験的に計測する計画とした。

構造実験のための荷重装置を図 5 に示す。荷重方法は水平方向の正負交番繰り返し荷重とし、柱の部材角に基づいて同図右下のように強制変位を与えた。

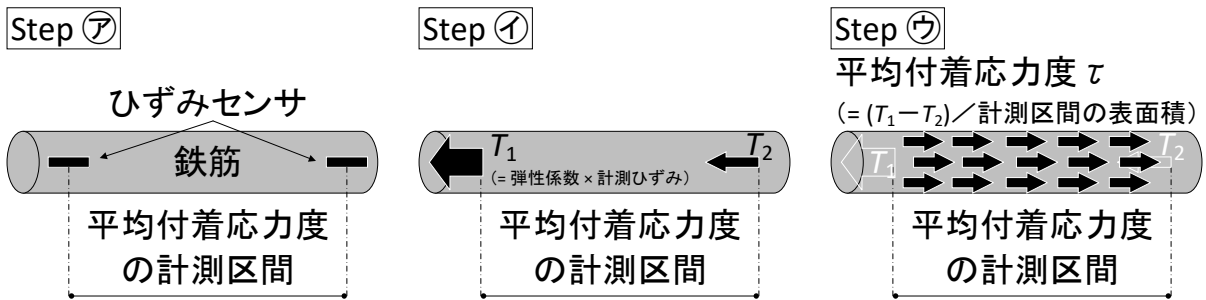
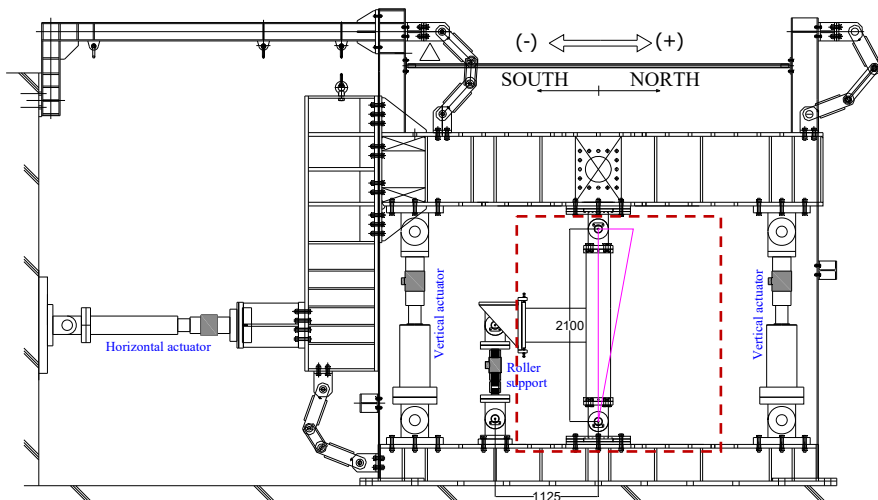


図 3 鉄筋とコンクリートの付着性能の計測の概念図



図 4 ひずみセンサーの設置 (左：電気抵抗式，右：光ファイバー式)



単位：mm

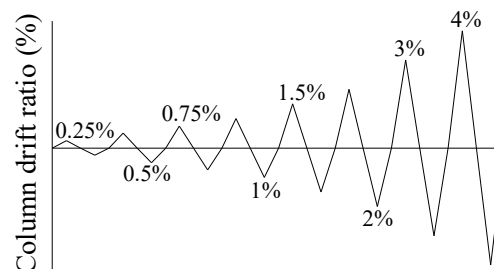
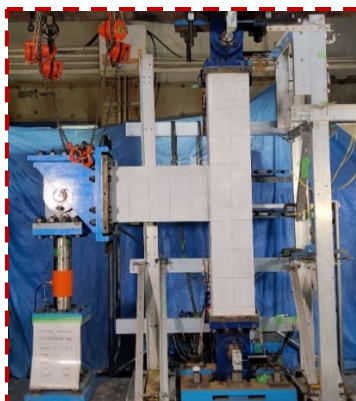


図 5 構造実験の荷重計画 (上：全体，左下：試験体拡大写真，右下：水平荷重プログラム)

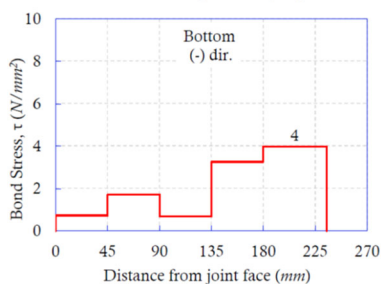
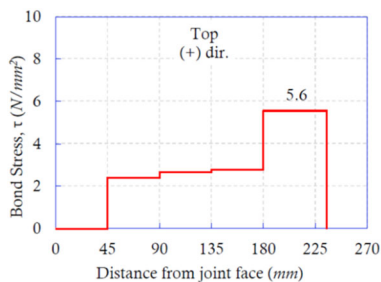
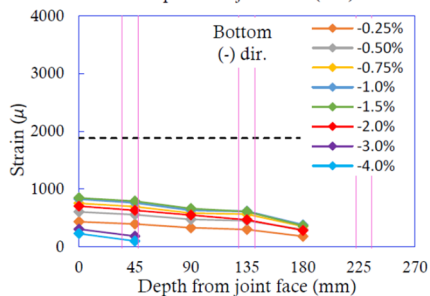
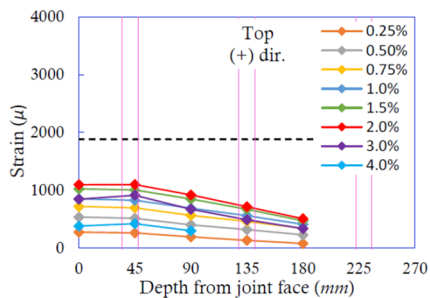
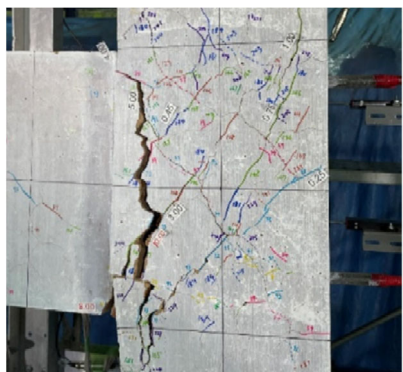
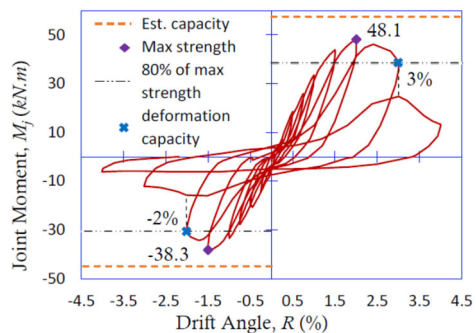
#### 4. 研究成果

梁主筋の定着部のひずみの計測方法を変動因子とする 2 体の試験体の構造実験を実施した結果、下記にまとめる主要な知見が得られた。

- (1) 電気抵抗式ひずみセンサーを設置した試験体 1 は、光ファイバー式ひずみセンサーを設置した試験体 2 よりも、耐震性能が低下した (図 6 の水平荷重-変形角関係より)。これは前者の場合に (図 4 左)、梁主筋の定着部の付着性能を低下させたことに起因し、より詳細な実験結果については後述する。
- (2) 上記の結果、梁主筋の定着部のひずみ計測方法は試験体のとくに正載荷時の破壊機構に影響した (図 6 の最終破壊状況より)。試験体 1 では梁主筋の定着部の付着劣化に伴い同主筋の引き抜き破壊を生じ、その結果、破壊後の水平耐力の低下が著しかった。一方、試験体 2 は上記の破壊が抑制された結果、柱梁接合部のせん断破壊が生じ、水平耐力の劣化は相対的に緩やかであった。
- (3) 試験体 1 の電気抵抗式ひずみセンサーを設置した梁主筋は降伏ひずみに到達することなく引き抜き破壊を生じた。一方、試験体 2 の光ファイバー式ひずみセンサーを設置した梁主筋は降伏ひずみに達した (図 6 の梁主筋ひずみ度より；図中の破線が降伏ひずみ)。
- (4) 試験体 1 の梁主筋の最大付着応力度は、試験体 2 を下回った。電気抵抗式ひずみセンサーの設置が梁主筋の定着部の付着性能を低下させることを実験的に確認した (図 6 の最大付着応力度より)。

とくに梁主筋が接合部に適切に定着されていない (不十分な定着長さで直線定着されている) RC 建物を対象に、本研究で取得された梁主筋の定着部の付着性能に関する実験データは既往の研究で得られていたものよりも高精度なものであり、国内外における学術的な価値が高い。本研究で採用した光ファイバー式ひずみセンサーを用いる鉄筋ひずみの計測方法によって類似の実験データの蓄積を進めることは、梁主筋の定着不足に関する基規準不適合な RC 建物のより適切な耐震性能評価に資することはもとより、鉄筋とコンクリートの付着性能に起因する RC 建物の既存の構造性能評価法の将来的な改善に繋がる可能性がある。したがって、本研究の開発技術に基づき継続的に実験データの蓄積を進めることが今後の課題である。

試験体 1 (電気抵抗式ひずみセンサー)



試験体 2 (光ファイバー式ひずみセンサー)

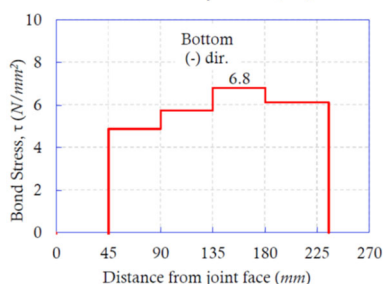
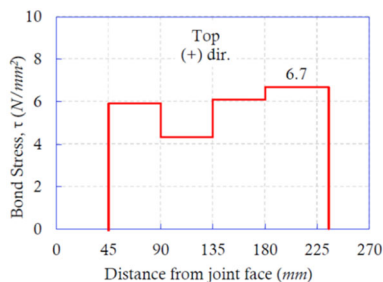
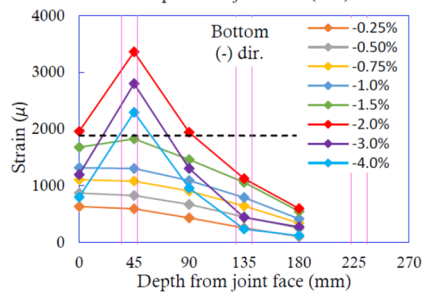
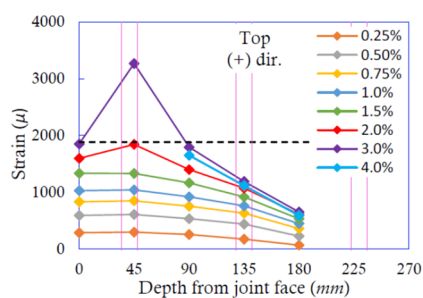
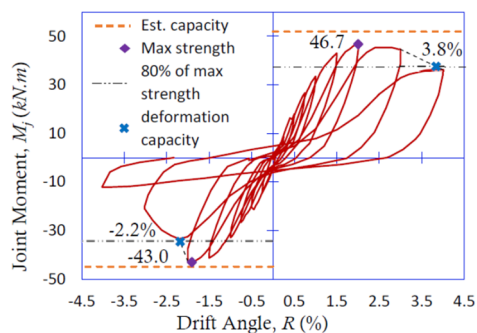


図 6 実験結果

(上から, 水平荷重-変形角関係, 最終破壊状況, 梁主筋ひずみ度, 最大付着応力度)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	松本 幸大  (Matsumoto Yukihiro)  (00435447)	豊橋技術科学大学・エレクトロニクス先端融合研究所・教授    (13904)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関