

強震観測記録に基づく日本大学生産工学部 4号館における 耐震補強効果に関する研究

— その1 建築モデルと観測システムの概要 —

日大生産工(学部) ○大崎 美羽 日大生産工 藤本 利昭
日大生産工(院) 桐山 拓也

1. まえがき

近年では、南海トラフ地震や首都直下型地震といった大規模な地震発生の予測がされており、今後、予測を上回る大規模な地震が起きた際に、地震外力に耐えられる強靱な建物が必要であると考えます。そこで本研究では、実建物の地震時挙動を把握する目的で、本学部津田沼キャンパス4号館を対象に、強震計データをもとに耐震補強前後の建物の振動性状の変化の比較および、耐震補強の効果の確認を行う。

本報告では、検討対象とした4号館の建物モデルの概要および、強震観測システムの概要について報告する。

2. 対象建物概要

4号館の外観写真を図1に、津田沼キャンパス内の強震計配置図を図2に示す。キャンパス内の強震計は、37号館、4号館、39号館、5号館、Free Field（自由地盤）の5か所に設置している。4号館の建物詳細を表1に示す。対象とする4号館は、キャンパス内東側に位置する建物で、竣工は1962年である。4号館の建物規模は、地上4階、地下1階建ての東西方向に細長い平面形状である。構造は、鉄筋コンクリート（Reinforced Concrete：以下RC）構造であり、



図1 外観写真



図2 強震計配置図

Study on the Effectiveness of Seismic Reinforcement of Building No. 4, College of Industrial Engineering, Nihon University, Based on Strong-Motion Earthquake Observation Records

— Part 1 Overview of Building Models and Observation Systems —

Miu OSAKI, Toshiaki FUJIMOTO and Takuya KIRIYAMA

建物の南北方向は、耐震壁付きラーメン構造、東西方向は、純ラーメン構造である。2020年に耐震補強工事が行われている。4号館では、2013年に地上4階と地下1階に強震計を設置して以来、継続的に強震観測を行っている。

3. 解析手法

本研究で使用した建築構造計算ソフトウェアは、ユニオンシステム株式会社の「Super Build/SS7」¹⁾ (以下SS7) と「SS21/3D・Dynamic PRO」²⁾ (以下SS21) の2種類である。SS7は、一貫構造計算プログラムであり、4号館の耐震補強前後の建物をそれぞれモデル化する際に使用する。SS21は、一貫構造計算ソフトウェア「SS7」の計算結果をもとに、立体フレームモデルによる部材レベルの動的弾塑性応答解析を行うソフトウェアであり、4号館の耐震補強前後それぞれの固有値解析および、地震時の応答値を求める際に使用する。

4. 補強前建物モデル概要

4.1. モデル化手法

耐震補強前の建物モデルを図3に示す。最初に、SS7を使用して、耐震補強前の建物モデルの作成を行った。作成にあたっては、既存の設計図³⁾および、日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」⁴⁾ (以下RC規準) を参考に作成した。実際の建物の固有周期とモデル化した建物の固有周期がほぼ一致するようにするため、梁、柱、床の剛性評価法と梁、柱接合部の剛域について検討し、考慮した。

4.2. 剛性

梁、柱の初期剛性評価は、全部材をひび割れによる剛性低下は考慮しないものとして、部材を線材モデルに置換し、袖壁付き柱や腰壁垂れ壁付き梁は、1本の柱または梁としてモデル化を行う。なお床は剛床仮定とした。

4.3. 剛域

図4に、モデルでの剛域の評価について示す。梁、柱のモデル化にあたり、梁と柱の剛接点の剛域をどのように評価するかにより、建物の固有周期に影響を及ぼす。今回は、剛域を考慮した。剛域はハンチがある場合とない場合で設定が異なるが、今回対象の4号館はハンチがないことから、RC規準をもとに一般的に用いられる部材せいの0.25倍の値で設定を行った。

表1 建物詳細

	耐震補強前	耐震補強後
上部構造	RC造	RC造
基礎構造	直接基礎(布基礎)	直接基礎(布基礎)
建築面積(m ²)	653.17	653.17
建物高さ(m)	20.855	20.855
根入れ深さ(m)	4.075	4.075
固有周期(sec.)	NS:0.38 EW:0.36	—
強震計位置(地表面)	GL-2.2m	GL-2.2m
強震計位置(基礎上)	B1F	B1F

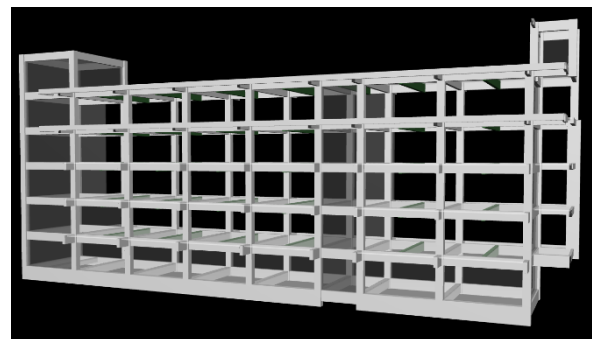


図3 補強前建物モデル

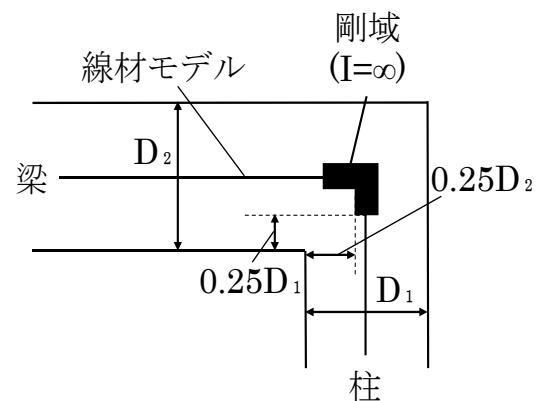


図4 架構部の剛域説明図

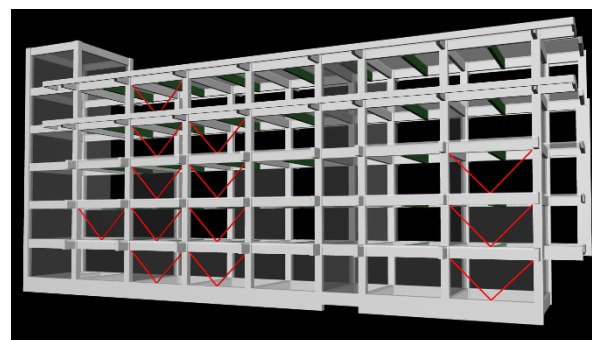


図5 補強後建物モデル

5. 補強後建物モデル概要

耐震補強後の建物モデルを図5に示す。耐震補強後の建物モデルを作成するにあたり、2.2と同様に、SS7を使用して耐震補強後における既存の設計図⁵⁾をもとに作成した。4号館の耐震補強設置階平面図を図6に、軸組図上の耐震補強設置位置を図7に示す。2020年に行われた耐震補強工事により、鉄骨鋼管ブレース補強および、RC増設壁補強の2種類の補強が各階に施されている。

鉄骨鋼管ブレース補強については、鉄骨ブレース増設による耐震補強工法の1つであり、斜材をH形鋼ではなく、円形鋼管の端部にピン接合機構を有する引張・圧縮構造部材を用いた工法で、水平耐力を高めるために適用される。特徴は、パネルなどで覆わず、むき出しのまま直接塗装仕上げが可能であり、円形鋼管であることから、あらゆる構造の耐震、制震補強部材として適用できる。

RC増設壁補強については、間仕切り壁やピロティ部分などに鉄筋コンクリートによる新たな耐力壁を増設し、周囲の既存する梁、柱、壁との取り合い部分にできる間隙に無収縮モルタルを注入して一体化を図る方法である。特徴として、新たな耐力壁を増設することにより、鉄骨鋼管ブレースと同様に建物の水平耐力を向上させることができる。

作成した建物モデルは、SS21を使用して固有値解析を行い、耐震補強前後の建物モデルの固有周期の比較を行った。なお、固有値解析による検証・結果について、後報(その2)⁶⁾で報告する。

6. 強震観測システム概要

4号館に使用している強震計概要を表2に示す。使用している強震計は、表2に示すようにSMAC-MD型強震計(9成分)であり、センサーは、サーボ型加速度計でどちらも(株)ミットヨ製である。地上4階、地下1階それぞれ独立に2ヶ所の収録器で収録しており、ラジオを用いた時刻校正を行っている。

4号館の強震計設置階平面図を図8に、断面図上の強震計設置位置を図9に示す。地上4階は、上層階測定位置における地震時応答の違いを測定する目的で北側の廊下に沿ってほぼ等間隔に3ヶ所柱頭部(天井位置)に3成分のセンサーを、中央部の4階床に収録器を設置した。地下1階は、ロッキング振動を測定する目的で地下1階床の南北方向の南側床と北側の柱頭部

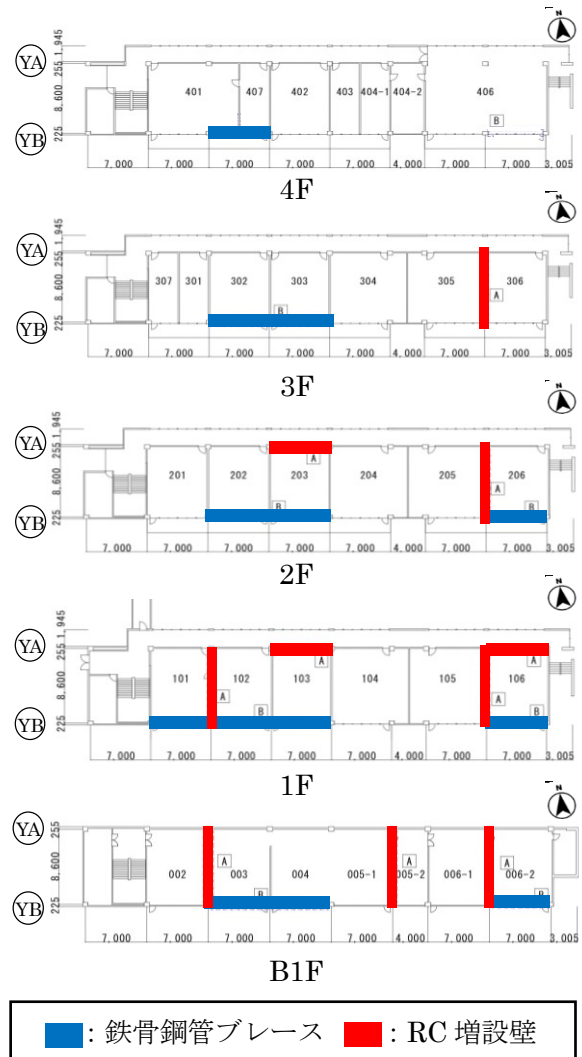


図6 4号館平面図

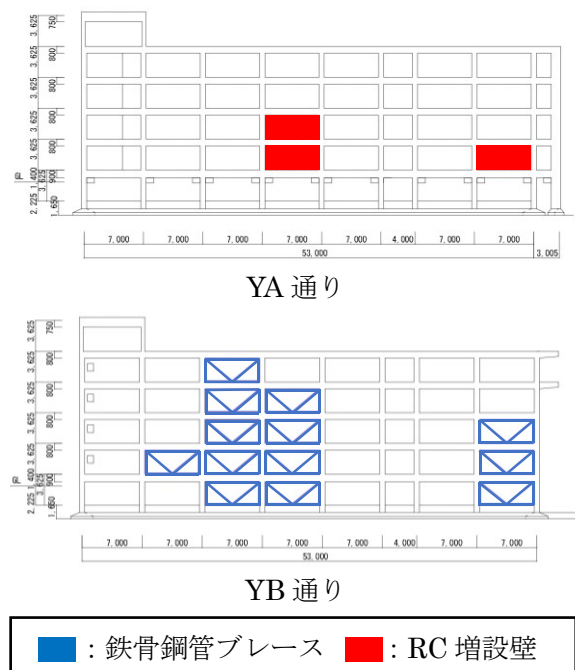


図7 4号館軸組図

に3成分のセンサーを、北側床にセンサー内蔵型の収録器を設置した。4号館全体では、合計6ヶ所にセンサーを設置し、強震観測を行っている。なお各センサーによる振動の測定方向は、NS（南北）方向、EW（東西）方向、UD（上下）方向の3方向成分である⁷⁻¹⁰。

7. まとめ

本研究では、日本大学生産工学部津田沼キャンパス4号館を対象とした耐震補強前後の振動性状の比較および、解析による耐震補強の効果の確認を行う。本報告では、対象とした津田沼キャンパス4号館の建物モデルの耐震補強前後それぞれの概要および、4号館における強震観測システムの概要について述べた。

耐震補強前後の振動性状の比較および、弾塑性解析、固有値解析による耐震補強の効果についての検討は、後報（その2）⁶で報告する。

参考文献

- 1) ユニオンシステム株式会社:一貫構造計算ソフトウェア『Super Build/SS7』, (参照2023-09-29)
- 2) ユニオンシステム株式会社:立体フレーム動的弾塑性応答解析ソフトウェア『SS21/3D・Dynamic PRO』, (参照2023-09-29)
- 3) 津田沼校舎新築工事設計図面, 1962
- 4) 日本建築学会:鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 第8版第2刷, 2010.6, pp.87-88, pp.93-94.
- 5) 株式会社伊藤喜三郎建築研究所:日本大学生産工学部津田沼校舎4号館耐震補強工事設計図面, 2020
- 6) 桐山拓也, 藤本利昭, 大崎美羽:強震計観測記録に基づく日本大学生産工学部4号館における耐震補強効果に関する研究—その2 解析および観測結果—, 第56回日本大学生産工学部学術講演会講演概要
- 7) 高島秩, 藤本利昭, 師橋憲貴, 川島晃:日本大学生産工学部4号館の振動性状に関する研究, 修士学位論文, 2015.3, p.10.
- 8) 奥山溪太, 田部秋亮, 藤本利昭:津田沼キャンパス4号館の耐震補強による振動性状の変化に関する研究, 卒業研究論文, 2021.3, pp.11-12.
- 9) 大橋勇飛, 中島拓哉, 三角侑大:津田沼キャンパス内の建物における地震時応答に関する研究, 卒業研究論文, 2020.3, p.18.
- 10) 郡司和弥, 高島秩, 藤本利昭, 師橋憲貴, 下村修一, 工藤一嘉:日本大学生産工学部における強震観測—その5 ロッキング振動の検討—, 第48回日本大学生産工学部学術講演会講演概要, 2015.12

表2 強震計概要

機種	SMAC-MD
メーカー	(株)アカシア (現(株)ミットヨ)
開発年	1988年
加速度計	アカシV401-BT
センサー	サーボ型加速度計
測定成分数	標準3ch,最大9ch
測定振動数範囲	DC-31Hz平坦
サンプリング振動数	100Hz
測定加速度範囲	±2G(100Gal)
分解能 (実行)	15mgal
ADコンバータ	15bit
トリガレベル	0.5~32cm/s ²
トリガロジック	任意の3成分のAND/OR
記録時間	0.5時間(9成分)
使用箇所	4号館地下1階, 屋上
時間校正	ラジオ

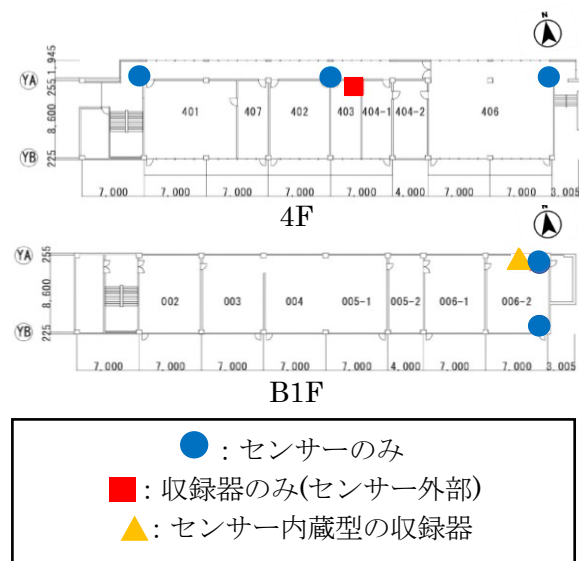


図8 強震計設置階平面図

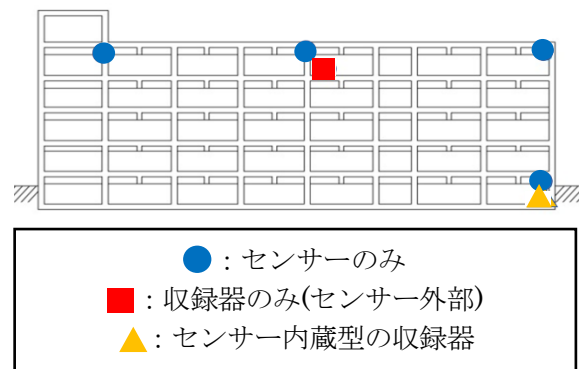


図9 強震計設置位置断面図