

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

|                   |  |
|-------------------|--|
| 題目(和文)            | RC片持架構で支持された鉄骨屋根体育館支承部の応答評価および設計法  |
| Title(English)    |  |
| 著者(和文)            | 成田和彦   |
| Author(English)   | Kazuhiko Narita  |
| 出典(和文)            | 学位:博士(工学),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第10156号,<br>授与年月日:2016年3月26日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:竹内 徹,小河 利行,坂田 弘安,堀田 久人,五十嵐 規矩夫   |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第10156号,<br>Conferred date:2016/3/26,<br>Degree Type:Course doctor,<br>Examiner:,,,, |
| 学位種別(和文)          | 博士論文   |
| Category(English) | Doctoral Thesis  |
| 種別(和文)            | 論文要旨   |
| Type(English)     | Summary  |

# 論文要旨

## THESIS SUMMARY

|                |        |    |                           |           |      |
|----------------|--------|----|---------------------------|-----------|------|
| 専攻:            | 建築学    | 専攻 | 申請学位(専攻分野):               | 博士        | (工学) |
| Department of  |        |    | Academic Degree Requested | Doctor of |      |
| 学生氏名:          | 成田 和彦  |    | 指導教員(主):                  | 竹内 徹      |      |
| Student's Name |        |    | Academic Advisor(main)    |           |      |
| Kazuhiko       | narita |    | 指導教員(副):                  |           |      |
|                |        |    | Academic Advisor(sub)     |           |      |

### 要旨(和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「RC 片持架構で支持された鉄骨屋根体育館支承部の応答評価および設計法」と題し、過去の地震被害で鉄骨屋根と鉄筋コンクリート(RC)支持構造を持つ学校体育館等の空間構造に多く見られる鉄骨屋根支承部の破壊メカニズム、応答評価およびその損傷制御手法について論じたものであり、以下の 7 章より構成されている。

第 1 章「序論」では、本研究の背景を述べ、空間構造の耐震診断・改修手法に関する既往の研究を概観し、その問題点を指摘し、本研究の目的を述べている。特に対象とする構造は一般的な重層構造とは異なる複雑な地震応答特性を持ち、かつ RC と鉄骨の複合構造であるため過去の研究例が少なく、その対策が現在の設計・診断諸規準類で整備されていないことを示している。

第 2 章「RC 片持ち架構を有する鉄骨屋根体育館の耐震性能」では、2011 年東日本大震災において被害を受けた実在の高校体育館を忠実に模擬した構造解析モデルを作成し、同地震の際に近傍で採れた観測波を用いて時刻歴応答解析を行うことで実際の被害を再現し、その損傷メカニズムについて分析を行っている。その結果、RC 片持ち妻面壁が地震により構面外に大きく振動応答することが、RC 架構と鉄骨造屋根間の定着部破壊や屋根ブレース座屈等、実際に観察された被害の主要因となり得ることを明らかにしている。また、妻面壁の構面外応答により発生する定着部反力が妻面壁の重量と棟部の最大応答加速度に比例することを明らかにしている。

第 3 章「鉄骨屋根体育館における RC 片持架構の応答評価」では、前章で仮定された RC 片持架構の応答特性に関してより一般化した解を得るために、建物の階数、スパン長、桁行長などの規模や躯体部剛性、屋根面剛性を变化させた同種構造を有する体育館架構について広範に検討を行っている。その結果、RC 片持壁架構の最大応答加速度は妻面 RC 壁・屋根棟部系と側面架構軒部を含む躯体部とからなる 2 質点系で表現したモデルにおいて屋根部一等価 1 質点系の固有周期比  $R_T$  が 1 付近で最大となり、反力も最大となることを明らかにしている。また屋根面がブレース構造の場合には妻壁が内側に振れる際に小梁が座屈する危険性があること等を明らかにしている。さらに、2 質点系の固有値解析を応用し刺激関数について屋根部一等価 1 質点系の質量比  $R_M$  と固有周期比  $R_T$  をパラメータとする簡易な近似式を導き、これらを用いて RC 片持架構の重心部最大応答加速度、棟部応答加速度を簡易に評価する手法を提案するとともに時刻歴応答解析結果と比較することでその妥当性を示している。

第 4 章「エネルギー吸収型支承を用いた RC 片持架構の応答制御」では、既存の同種体育館において支承部反力を増大させず RC 片持ち架構の応答変位を制御するための解決策として、支承部にエネルギー吸収型支承を導入することで妻壁と屋根面の相対変位に対し応答制御を行う手法を提案し、その効果について解析的な分析・検討を行っている。従来の支承部を固定とする設計では片持ち壁及び屋根面の応答加速度が大きくなるとともに必要な支承部反力、小梁の部材断面、必要ブレース量も大きくなり、ルーズホールを設けた支承では相対変位が過大となり支承部周辺の損傷を回避できない場合がある。これに対し、粘性ダンパーまたは弾塑性ダンパーを支承部に組み込むことにより、相対変位を設計クライテリア内に抑えることが可能であることを明らかにしている。

第 5 章「摩擦ダンパーを用いた鉄骨屋根体育館の動的載荷実験および応答評価」では、屋根支承部に設置し得る規模・製作コストの上で現実的な解決策となり得る摩擦ダンパーを用いたエネルギー吸収型支承を実際に製作して動的載荷実験を行い、その履歴特性を確認している。実験により得られた履歴特性をモデル化した時刻歴応答解析の結果、この摩擦ダンパー支承を用いた場合、レベル 2 地震動に対し定着部耐力以下のすべり耐力で支承部の相対変位を許容範囲内に制御し得ることを示している。また、側面躯体部による妻壁・屋根系の応答増幅特性を非比例減衰系の 2 質点モデルおよび複素固有値解析を用いて精度よく評価している。

第 6 章「RC 片持架構を有する鉄骨屋根体育館支承部の応答評価および設計法」では前章までの知見を総合し、鉄骨屋根と RC 片持ち支持構造を有する学校体育館における鉄骨屋根定着部反力およびルーズホール付支承部の相対変位、および支承部に摩擦ダンパーを導入した場合の効果について精度よく簡便に評価し、ダンパーに要求されるすべり耐力および最大相対変形、棟部加速度等のダンパー要求性能を算出する手法を提案している。さらに、より簡易かつ安全側の評価が得られる多様な手法も示している。

第 7 章「結論」では、本研究で得られた成果を統括して述べている。

備考: 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。  
Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).  
注意: 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。  
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

# 論文要旨

## THESIS SUMMARY

|                |        |    |
|----------------|--------|----|
| 専攻：            | 建築学    | 専攻 |
| Department of  |        |    |
| 学生氏名：          | 成田 和彦  |    |
| Student's Name |        |    |
| Kazuhiko       | narita |    |

|                           |           |      |
|---------------------------|-----------|------|
| 申請学位 (専攻分野)：              | 博士        | (工学) |
| Academic Degree Requested | Doctor of |      |
| 指導教員 (主)：                 | 竹内 徹      |      |
| Academic Advisor(main)    |           |      |
| 指導教員 (副)：                 |           |      |
| Academic Advisor(sub)     |           |      |

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

**1. Introduction**

In the 2011 Tohoku Earthquake, a large number of school gymnasia suffered damage and were unable to be used as shelters. One of the most typical damage observed in steel roof gymnasia supported by RC frame were failures at the anchored connections of steel roof bearings on RC frames. In this paper, the reaction forces at the anchored connections, the displacements at the roller bearings, and the design requirements of the friction dampers are discussed, followed by proposal of simple design methods for these connections.

**2. Seismic performance of school gymnasia with steel roofs supported by cantilevered RC wall frames**

The action of cantilevered RC walls supporting steel roofs is researched using analytical model of actual damaged gymnasium in 2011 earthquake. The obtained analytical results are evaluated on the observed damages.

**3. Seismic response evaluation of cantilevered RC wall frames in school gymnasia with steel roofs.**

The action of cantilevered RC walls supporting steel roofs is investigated using parametric analysis model of various school gymnasia. Based on the analytical results, a simple response evaluation method for the cantilevered frames and reaction forces at roof bearings are proposed.

**4. Response control of cantilevered RC walls with energy-dissipation roof bearings**

A seismic retrofit method inserting energy-dissipation elements into roof bearings is discussed and their response reduction effects on an actual gymnasium damaged in 2011 Tohoku Earthquake is investigated. A simplified response evaluation method using equivalent SDOF system and an equivalent linearization technique are proposed to determine the optimum design of the energy-dissipation roof bearings.

**5. Dynamic loading tests and response evaluation of steel roof bearings with friction dampers**

A detailed energy-dissipation bearing with friction dampers for steel roof reducing the response of cantilevered RC walls is fabricated and dynamic loading tests are carried out. Using the experimental results, their response reduction effect is confirmed by analytical models.

**6. Conclusions**

The practical evaluation methods that we proposed of the reaction forces at the anchored connections, of the displacements at the roller bearings, and of the design requirements of the friction dampers, are compared with the time history analysis results. The proposed method is confirmed to be appropriate.

(355word)

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).