

## 地歌舞伎小屋明治座の耐震改修の調査研究プロジェクト

プロジェクト代表者：衣笠総合研究機構・教授 鈴木 祥之

共同研究者：吉富 信太、向坊 恭介

### 【研究計画の概要】

岐阜県指定重要有形民俗文化財である加子母明治座は、構造安全性や耐震安全性上の問題が指摘されており、耐久性調査、構造詳細調査、構造解析等を実施して耐震性能を明らかにするとともに重要文化財であることを念頭に明治座の耐震補強案また改修案を提案する。具体的には、以下の調査研究を行う。

- 1) 構法歴史調査：明治座の歴史とともに文化財的、意匠的な価値を調査する。
- 2) 構造詳細調査：構造軸組および接合部の詳細調査を実施する。
- 3) 耐久性調査：腐朽や蟻害など虫害による木材の劣化状態を調査し、部材の取り替えなど修復方法を提案する。
- 4) 木材調査：柱、横架材など主要な部材の樹種鑑定、含水率測定、強度推定などを実施する。
- 5) 構造解析：構造詳細調査をもとに建築物全体および各部の構造解析を実施する。
- 6) 構造実験：接合部や軸組（土壁、板壁等）の構造実験等を実施する。
- 7) 耐震性能評価：まず、現状の状態での耐震診断を行う。次に屋根葺き材を変更した場合や耐震補強を想定して耐震性能を評価する。

以上の調査研究により、明治座の歴史とともに文化財的、意匠的な価値を損なわないことを前提とする耐震改修案を提案する。

### 【研究成果】

#### I. 研究成果の概要

岐阜県指定の重要文化財（岐阜県指定重要有形民俗文化財、昭和 47 年 7 月 12 日）である加子母明治座は、明治 27 年 12 月創建であり、経年劣化や構造安全性や耐震安全性上の問題が指摘されており、中津川市や加子母むらづくり協議会のもと明治座の改修・保存に向けて明治座耐震改修検討委員会（委員長：鈴木祥之）が設置され、明治座の構造や耐震性などの予備調査を行った。その調査から、現状の明治座は、屋根仕上げがセメント瓦で劣化しており、雨漏れを生じている。また、柱間隔が大きく柱の座屈や長年の経年による梁のゆがみや柱の曲げ等が見られ、構造安全性上の問題、また耐震要素も少なく耐震安全性上も問題があり、構造補強、耐震補強などの改修が必要であることが判明した。

このような状況を踏まえ、明治座の耐久性調査による木部劣化や地盤調査、構造詳細調査、構造解析等を実施して構造安全性、耐震安全性における問題を明確にするとともに、岐阜県指定の重要文化財であることを念頭に構法・歴史調査を行い、明治座の文化財的・意匠的価値を損なわない構造補強や耐震補強の方針を策定した。この方針に基づいて、耐震補強方法の技術開発と検証を行い、近似応答解析、地震応答解析を実施して耐震性能評価を行い、構造補強設計や耐震補強設計を行い、構造補強・改修案また耐震補強・改修案を提案した。

## Ⅱ．研究成果の詳細

岐阜県指定重要有形民俗文化財である加子母明治座を修復・保存することを目的として、中津川市、加子母むらづくり協議会のもとに、以下の調査研究を行った。

### 1) 構法・歴史調査

明治座の構法や歴史とともに文化財的、意匠的な価値を調査し、明治座の文化財的・意匠的価値を損なわない構造補強、耐震補強など改修案を提案した。

### 2) 地盤調査

ボーリング調査では、敷地内の 2 箇所において機械ボーリング、標準貫入試験、PS 検層を実施して、地盤支持力や表層地盤の地震時増幅特性を調べた。また、北西側の基礎は地盤沈下が見られた。

### 3) 現状調査・構造詳細調査

明治座の現状調査を実施し、基本的な平面図、立面図、伏図（基礎、1 階床、2 階床、天井、屋根）を作成した。さらに、構造軸組、小屋組の調査および接合部の詳細調査を実施した。ここでは、建築物の復元力特性の算定に不可欠な構造要素や継手・仕口の接合部を全点数調査し、構造軸組図を作成した。構造部材、特に柱、梁桁など横架材の損傷や傾き、曲げなどの損傷調査、基礎や柱脚の不同沈下の調査を実施した。また、建築物の振動計測を行い、振動特性を把握した。これらの調査結果に基づき、長期及び短期荷重に対する構造安全性の診断を行った。

### 4) 耐久性調査

床下部、外周および屋根部分の腐朽や蟻害など虫害による木材の劣化状態を調査した。その調査に基づき、劣化分析し、部材の取り替えなど修復方法を提案した。今後、部分解体時に再調査し、明治座の維持管理に役立てる。

### 5) 木材調査

木材調査では、柱、横架材など主要な部材の樹種鑑定、含水率測定、さらに応力波伝播速度を用いた非破壊検査、伝播速度から計算されるヤング係数と基準強度推定などを実施した。特に、初見で判明した座屈している柱、湾曲している柱の強度推定を行い、これらの柱を含む軸組の構造解析の基礎資料とした。今後、部分解体時に再調査を行う。

### 6) 構造要素の検証実験

明治座の主要な耐震要素である板壁や土壁について、詳細調査に基づき性能検証実験を行った。特に特徴的な顕しの貫を有する土壁の耐震性能を明らかにした。これらの実験で得られた板壁や土壁の復元力特性は構造解析や地震応答解析の資料とした。

### 7) 構造解析

構造詳細調査、木材調査をもとに、建築物全体および各部、特に小屋組トラス、大スパン部の柱－横架材について構造解析を実施して、構造上主要な部材の安全性を検討した。

### 8) 耐震性能評価（耐震診断）

まず、現状の状態で、稀に発生する地震動、極めて稀に発生する地震動に対する耐震性能評価（耐震診断）を行った。

#### (1) 耐震性能を検証するための方法

伝統構法の耐震性能を検証する方法としては、限界耐力計算で用いられている近似応答解析が適切と考えられる。近似応答解析は伝統構法の大きな変形性能を生かして地震時の応答変形

を計算することが可能で、伝統構法の明治座の耐震性能検証の手段として適切である。地震時の応答変形を計算する手法として、より高度な時刻歴応答解析（一般に超高層建築物や免震構造の耐震性能を検証する方法として用いられている）による検討も行った。

## (2) 耐震性能のクライテリア

### ・積雪荷重を考慮しない場合

損傷限界層間変形角（代表層間変形角） $1/90\text{rad}$

安全限界層間変形角（代表層間変形角） $1/20\text{rad}$

安全限界層間変形角（最大層間変形角） $1/15\text{rad}$

### ・積雪荷重を考慮する場合

積雪荷重を考慮する場合には、建築物の崩壊・倒壊を防止することを目的とし、安全限界層間変形角を崩壊・倒壊限界層間変形角とする。

崩壊・倒壊限界層間変形角（代表層間変形角） $1/13\text{rad}$

崩壊・倒壊限界層間変形角（最大層間変形角） $1/10\text{rad}$

## (3) 建築物の重量算定

①固定荷重：耐震性能を適切に評価するためには、建築物重量を精度よく算定する必要がある。屋根は現状のセメント瓦として重量算定した。

②積雪荷重：現在地は冬季に積雪が見込まれるために、積雪荷重を考慮する必要がある。積雪荷重の算定では最大積雪量は岐阜県が定める値  $70\text{cm}$  に準拠し、単位重量は実情を考慮して設定した。

③積載荷重：積載荷重は、栈敷席に収容する観客数によって変化するので、2種類のケースについて算定した。

## (4) 建築物の復元力算定

近似応答計算には建築物の復元力の算定が必要になるが、土壁や板壁の性能検証実験を参考にして算定を行った。

## (5) 近似応答解析

地震時の応答は、積載荷重および積雪荷重との組み合わせにより大きく変化するために、

①積載重量（観客）なし・積雪なし

②積載重量（観客）あり・積雪なし

③積載重量（観客）なし・積雪あり

④積載重量（観客）あり・積雪あり

の上記4ケースについて解析を行った。なお、積載荷重について、考慮する場合はさらに2種類のケースについて解析を行った。

## (6) 時刻歴応答解析

参考までに、時刻歴応答解析を行い、耐震性能を検証した。

以上の結果、耐震性能を満足しない結果となり、耐震補強が必要とされるので、耐震補強設計を行った。

## 9) 耐震補強設計

耐震補強方法を検討し、補強材の設置等を考慮した近似応答解析、地震応答解析を実施して、耐震性能評価を行った。その方法等は耐震診断と同様であるが、屋根については、現状のセメ

ント瓦から建設当初の石置き板葺き屋根仕様に戻すことが計画されているので、その詳細を検討し重量算定した。

耐震補強方法としては、

- ・板壁（片面および両面が貫に吸い付く）補強
- ・はしご型フレームによる補強
- ・水平構面の増設等による補強
- ・足固め、地長押の増設による補強

を実験、解析から補強効果を検証した。これらの補強のもとに、近似応答解析、地震応答解析などを実施して耐震性能を評価した。

以上の調査研究により、明治座の文化財的、意匠的な価値を損なわないことを前提とする耐震改修案を提案した。

### Ⅲ. 今後の研究計画・展開

今後、改修工事に伴って、1 階床や屋根仕上げの撤去など部分的解体が進めば、再度、構造詳細調査、耐久性調査を実施して、具体的な改修方法等を検討する。地歌舞伎小屋明治座の耐震改修の調査研究の成果は、工事記録とともに報告書を作成するとともに学会等で発表する予定である。また、地芝居が日本一盛んな東濃地方に現存するその他の地歌舞伎小屋に改修技術の適用を目指す。

### Ⅳ. その他特記事項

地歌舞伎小屋明治座の耐震改修の調査研究の一部は、中津川市からの平成 26 年度立命館大学奨学寄付金により実施された。