

【G】五重塔の耐震

五重塔はなぜ地震に強い！

皆の広場 素人の地震・耐震考⑧ 「五重塔の耐震性」

* 【1】はじめに

- * (1) 仏塔の変遷
- * (2) 日本の仏塔

* 【2】五重塔の耐震性

- * (1) 五重塔地震時の応答
- * (2) 五重塔はなぜ地震に強い

* 【3】まとめ

* 2025. 5. 10 自文科 永野 徹

【1】はじめに

(1) 仏塔の変遷

- ① 仏塔の伝搬 (インド～中国～朝鮮)
- ② 中国と朝鮮の仏塔
- ③ 日本の仏塔

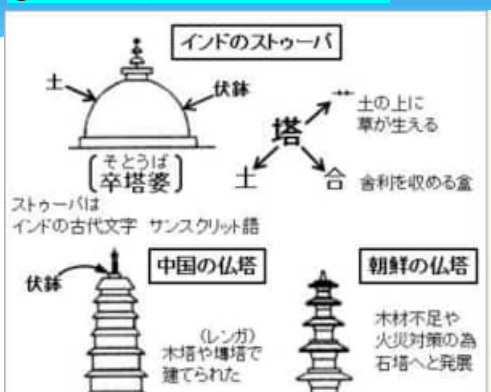
(2) 五重塔 (日本)

- ① 法隆寺五重塔
- ② 五重塔の構造詳細
- ③ 五重塔の屋根構造

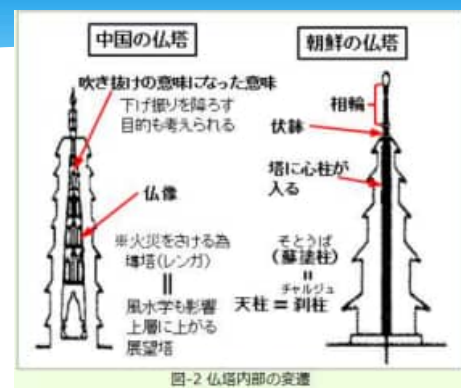
(1) 仏塔の変遷

① 仏塔の伝搬 (インド～中国～朝鮮)

早川 (立命館)



② 中国と朝鮮の仏塔



③ 日本の仏塔 (組上げ構法)

※ 骨組み構造となる (日本固有)

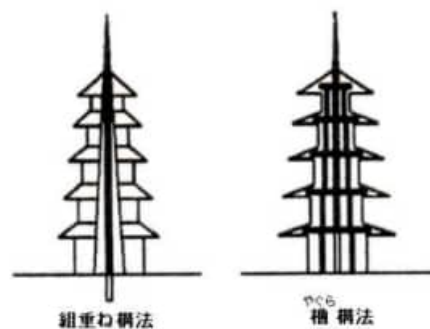


図-3 日本独自の発展 (組上げ構法)

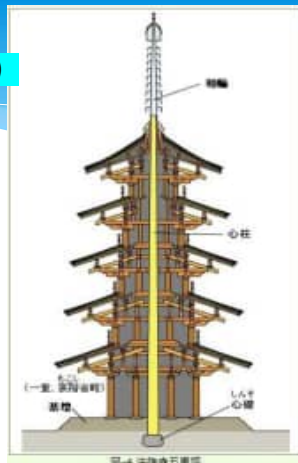
(2) 五重塔 (日本の代表的仏塔)

1) 五重塔

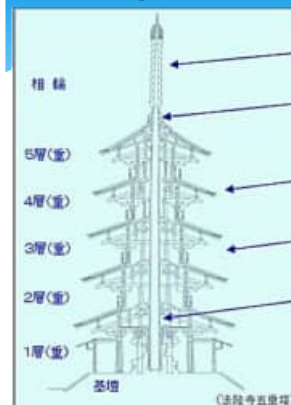
- * ① 法隆寺五重塔
- * ② 五重塔の構造詳細
- * ③ 五重塔の屋根構造

①法隆寺五重塔

断面図（塔身・心柱）



②五重塔の構造詳細



- 5層の頂部には相輪が取り付けられ、心柱の先端に被さっている。相輪の長さは全高の4分の1から3分の1に及ぶ。
- 心柱は断れないように5層の頂部で水平方向を支持されている。1層～4層との間には間柱が設けられている。
- 屋根は庇が長く重量がある。庇の幅は塔身の幅の2倍から3倍に及ぶ。
- 各層は軸部、組物、軒より成り、下層から順に組まれ、積み重ねられている。
- 心柱は2.5本の柱が組まわされてできていて、地上の心礎の上に据え置かれている。

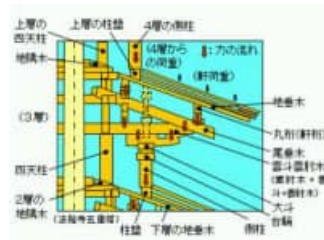
(1)中には地下下の心礎の上に据え置かれたり、1層の天井の梁上に設置されたり、4、5層から吊り下げられたりしているものもある。

③五重塔の屋根部詳細

(図：フランド地震防災プロジェクト)
「五重塔は耐震設計の教科書」

五重塔

骨組み構造



[2] 五重塔の耐震性

＊ (1) 五重塔地震時の応答

- ＊ 1) 振動解析モデル
- ＊ 2) 振動解析結果
- ＊ 3) 振動モード
- ＊ 4) 振動性状

＊ (2) 五重塔はなぜ地震に強いのか

- ＊ 1) 心柱の効果
- ＊ 2) 五重塔の柔構造骨組み

(1) 五重塔地震時の応答

1) 耐震解析モデル（曲げ剪断＋ロッキング）



2) 五重塔振動解析結果（T社）

表-3 解析による固有周期
Table 3 Natural period
by eigenvalue analysis

次数	固有周期 (sec)
1次	1.477
2次	0.577
3次	0.291
4次	0.194
5次	0.153

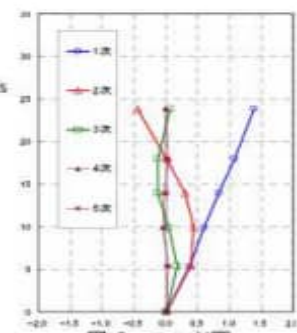
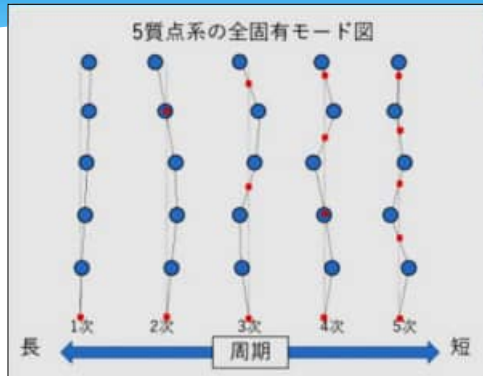


図-6 モード図
Fig. 6 Mode figure

3) 五重塔振動モード (構造計画研所)



4) 五重塔の振動性状 (1次～5次)



(2) 五重塔はなぜ地震に強いのか？ (五重塔柔構造：エネルギー吸収と長周期化)

- * 1) 心柱の効果？
- * ①制震・免震効果は不十分？(1次モード)
- * ②心柱は浮上り防止効果有り(3,4次モード)
- * 2) 五重塔の柔構造骨組み(エネルギー吸収・免震)
- * ①塔体のエネルギー吸収
- * ②地震時の変形特性
- * ③五重塔の柔構造

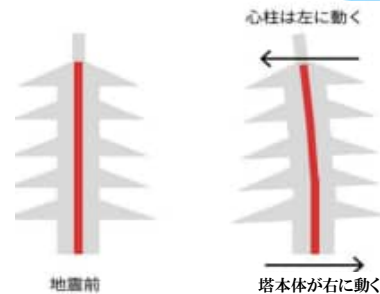
1) 心柱の地震効果は？

①心柱の制震・免震効果は不十分 (1次モード)

五重塔心柱の質量制震は微小・底部すべり免振は不完全

(1. 心柱は吊下げでない、2. 心柱の底部はローラでない)

※ハルカス・スカイタワーは質量制震(マスダンパー)を採用



②心柱に塔体浮上り防止効果有り(3,4次モード)



2) 五重塔柔構造骨組み(応答低減)

①地震エネルギー吸収(柔構造・長周期化)

(大屋根) 回転慣性による免振(柱) ロッキング 長周期化で剪断力の低下
(軒組物) 鉛直変形でエネルギー吸収、(間柱) 剪断変形エネルギー吸収

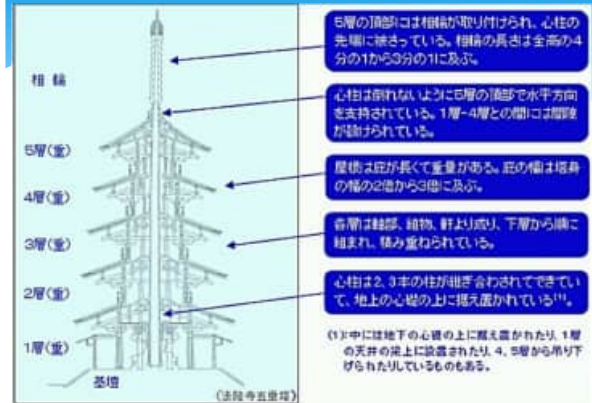


②地震時の変形特性：

1. 曲げ変形：軸部（変形小） 屋根組（角変位有り）
2. 剪断変形：軸部（平行四辺形変位） 屋根部（変形小）



【3】まとめ（五重塔は柔構造）



おわり

*
*

ご清聴ありがとうございました。