

■宇土櫓続櫓概要

- ・ 続櫓一重櫓、一部二階、総本瓦葺
- ・ 面積：193.97㎡

■これまでの経緯

【平成29年度（2017年度）】

- ・ 熊本城宇土櫓続櫓解体保存工事による部材の回収、保管

【平成30年度（2018年度）】

- ・ 続櫓下部石垣（西面）については、積み直しを含めた復旧の検討が必要

【令和元年度（2019年度）】

- ・ 続櫓周辺石垣について、復旧措置の検討（非解体または解体）
（・ 宇土櫓五階櫓について、全解体を見据えた修理方針とする旨を報告）

【令和2年度（2020年度）建築・石垣・構造合同WG】

- ・ 建造物（櫓）と史跡（石垣）で（すり合わせながら）並行した検討が必要

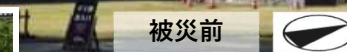
【令和3年（2021年度）5月】

- ・ 続櫓下部石垣については、『外部補強（はばき石垣）+西面解体修理』を行う方針にて検討を進める
外部補強の規模、解体修理範囲については、引き続き検討を行う

令和3年度に宇土櫓続櫓の耐震補強を先行して検討

■審議事項（耐震補強案）

- ・ 現況耐震性能（報告）
- ・ 鉄骨補強案耐震性能



国指定重要文化財 熊本城 宇土櫓続櫓

耐震性能評価における前提条件、検討方針及び判定基準

1. 前提条件

建造物下石垣は、常時から大地震動時まで変状がない前提です。
すべての柱・横架材は健全で土壁は確実な施工がなされている前提です。

2. 検討方針

文化庁文化財保護部「重要文化財(建造物)耐震診断指針 平成 24 年 6 月改正」及び「重要文化財(建造物)耐震診断実施要領 平成 24 年 6 月改正」(以下「耐震診断指針」と略称)を適用して、大地震動時の応答値(応答層せん断力、層間変形角及び部材応力)を求め、耐震性能を評価します。

3. 耐震性能の目標値

1) 目標設定の与条件

震災前の宇土櫓は、一年を通して続櫓及び五階櫓内部の一般公開が行われている状況でした。宇土櫓の復旧後の利活用としては、不特定多数を建造物内に入場させることを目標とします。

2) 目標値の設定

本建造物の耐震性能の目標値は、「耐震診断指針」に規定する大地震動時に倒壊せず、生命に重大な危害を及ぼさない「安全確保水準」レベルとします。

性能に関する項目	目安	備考
層間変形角	代表： 1/30 以下 ※ 最大： 1/15 以下	水平変位量/桁高さ
木造部材の耐力確認	基準強度以下	鉛直支持能力確保

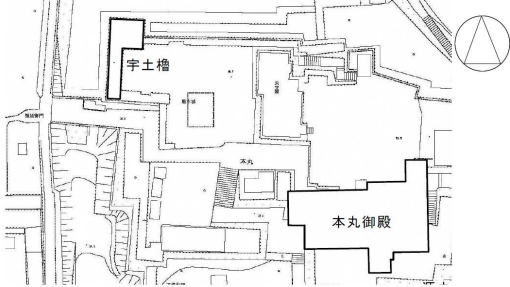
※ 文化庁文化財保護部「重要文化財(建造物)耐震診断・耐震補強の手引き」(平成 29 年 3 月)P.33 に、「柱の曲げ変形等変形能力があり、柱の折損等による急激な抵抗力の低下が生じない場合には非倒壊限界変形角を 1/15 程度設定することもある」という記述があります。対象建物において曲げ折れるおそれのある柱がなく、倒壊には至らないと判断できる場合には、目標値を緩和する判断もできます。

4. 地震地域係数

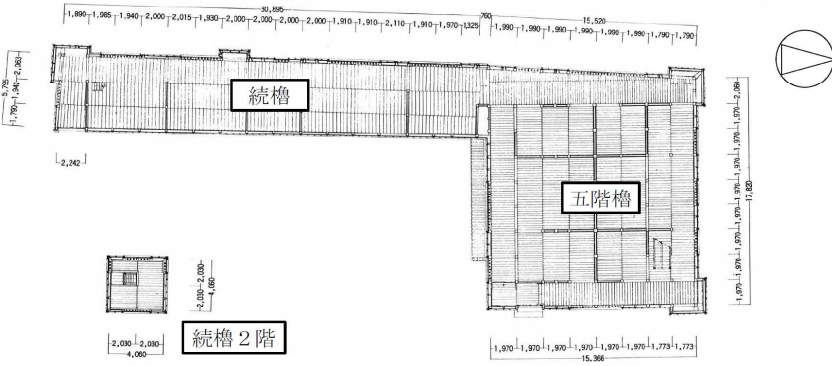
地震地域係数は、「耐震診断指針」・建築基準法に準拠し、0.9 です。

5. 検討範囲

宇土櫓続櫓は、その端部で宇土櫓五階櫓に接続しており 2 つの櫓を総称して宇土櫓と称する 1 の建造物です。本検討は、宇土櫓続櫓のみを検討対象としました。
その理由は、平成 28 年熊本地震で続櫓と五階櫓は、接続部が容易に外れて別挙動し、続櫓部分のみが倒壊しました。したがって、続櫓と五階櫓は構造上別棟として検討を行うこととします。



熊本城 宇土櫓 配置図



熊本城 宇土櫓 平面図

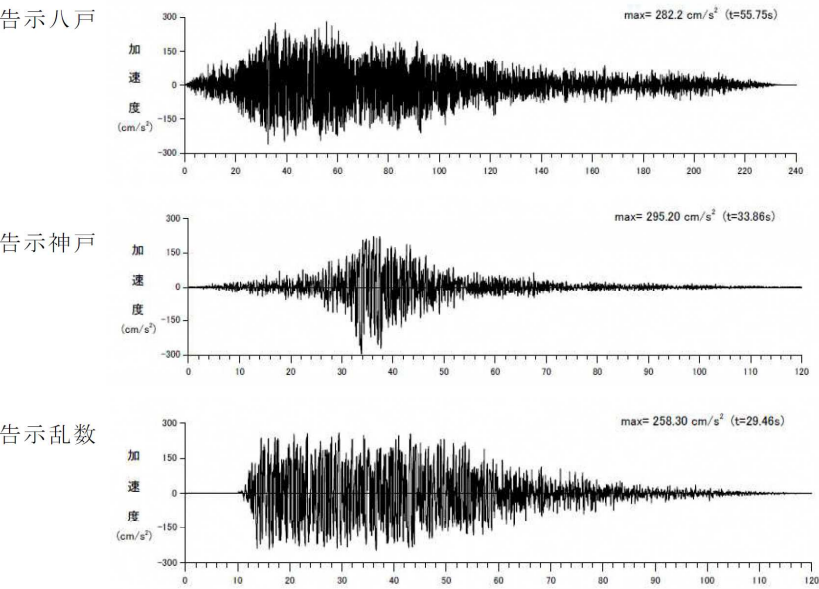
6. 検討方法

大地震動時の応答値は、時刻歴応答解析により、建造物の各部分に連続的に生ずる応力及び変形を把握します。続櫓は、部分 2 階の架構で、高さ方向の外力分布について、Ai 分布(告示第 1793 号第 3) もしくは、Bdi 分布(告示第 1457 号第 4) を採用することは適切でないと判断したため、時刻歴応答解析を採用しました。
また、耐風性能については、極稀暴風時(風速 43.0m/秒に相当する)における水平力を建築基準法及び告示にもとづいて算出し、大地震動時の水平力と比較します。

7. 入力地震動

入力地震動の最大加速度・最大速度・解析時間及び加速度時刻歴を示します。

種類	地震動波形	大地震動時		解析時間 (sec)
		速度(cm/s)	加速度(cm/s ²)	
告示波	告示波 八戸位相	70.3	282.2	240
	告示波 神戸位相	67.5	295.2	120
	告示波 乱数位相	61.9	258.3	120



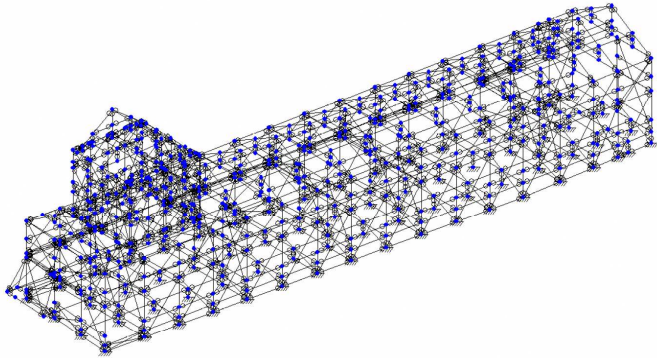
耐震診断用地震波作成の詳細は、以下の報告書にまとめられています。

「重要文化財 熊本城宇土櫓ほか 2 棟基礎診断に係る構造検討業務 入力地震動作成報告書」

平成 30 年 7 月

8. 耐震診断の諸元と力学モデル

建物の諸元		本建造物	備 考
階高 (mm)	平屋	4,100	石口～軒桁天端の平均
地震用建物重量	屋根	1380.3	1 階壁上半分～屋根・2 階
Wi (Σ Wi) (kN)	1 階	757.9 (2138.2)	1 階壁下半分
地震地域係数 Z		0.9	告示第 1793 号 第 1 熊本市 0.9

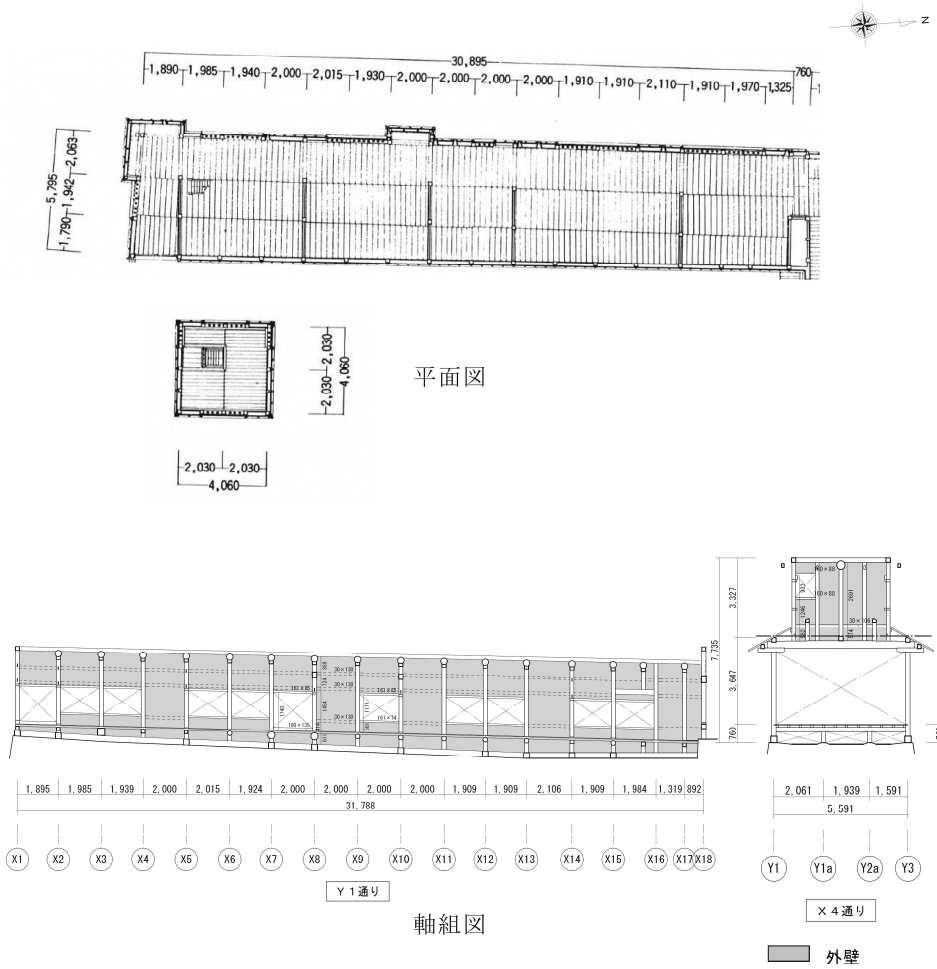


モデル図 (3D)

- ・ 水平抵抗要素は、土塗り壁です。(現況)
- ・ 土塗り壁の剛性と耐力は、柱面内の壁厚分を有効壁厚とし、履歴則はバイリニアスリップとします。
- ・ 櫓下の石垣(支点)は、上下及び水平方向に移動しない前提です。
- ・ 木架構は、部材型立体架構にモデル化しました。
その理由は、建物重量の正確な把握、直交フレームの影響の考慮、水平構面の影響を考慮した水平力分担の算出及び自由度の高い補強計画が可能である等です。
- ・ 水平荷重時の柱の浮上りを考慮し、屋根面は転ばし垂木程度の剛性を仮定します。

現況の耐震性能概要

平面図・軸組図

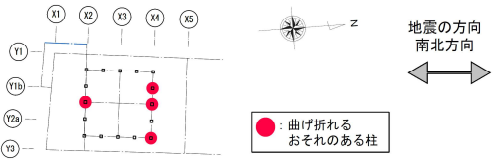


耐震性能

項 目			南北方向(波形名)		東西方向(波形名)	
固有周期 (秒)			1.070		1.833	
応答層せん断力			460.0	告示神戸	181.0	告示八戸
応答層せん断力係数			0.333	//	0.131	//
応答層間変形角 (rad)	1 階	代表	1/27	//	1/10	告示神戸
		最大	1/23	//	1/ 7	告示乱数

目標値を満足しない

応答予測値において、1階柱に曲げ折れの恐れのある柱はないことを確認した。
2階柱の大地震動時の部材応力を確認したところ、南北方向大地震動時において、
曲げ基準強度に達する柱がある。2階部分の崩壊のおそれがあると考えられる。



極稀暴風時風圧力との比較 (kN)

方向	極稀暴風*1	大地震動時	地震力/風圧力	判定
南北方向	115.2	460.0	3.99	地震力卓越
東西方向	323.1	181.0	0.56	風圧力卓越

*1: 堀底と石垣天端の標高差 18.5m を考慮した風圧力

東西方向は、地震力より風圧力が卓越している。

補強案の耐震性能概要

