

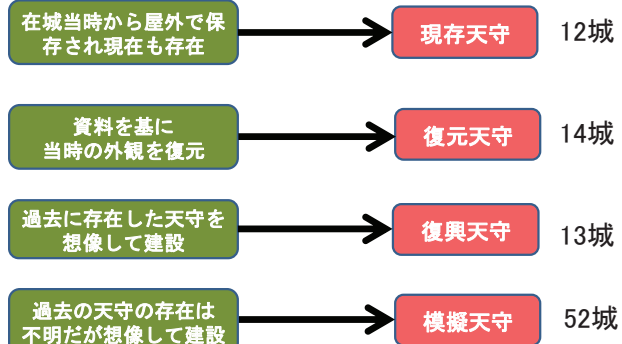
天守を有する91城の地震被害評価

福井工業高等専門学校 吉田雅穂
 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 市橋有咲

対象構造物

- 現存する5万箇所近くの城址は中世(鎌倉～安土桃山)の天守も石垣もない山城
- 近世(江戸)以降, 石垣や水堀, 天守のある城下町が増加したが, 江戸の**一国一城令**や**明治の廢城令**, さらに**戦災**や**自然災害**によってその多くが消失
- 昭和の戦後, 各地で城の復元や復興が行われ, 天守を有する91城が存在するが, 江戸以前からその姿を残す現存天守はわずか12城

天守を有する91城の分類



研究の背景と目的

- 文化財建造物の歴史的価値, 地域のランドマークとしての観光資源を末永く保存することが必要
- 被災した城を復元する場合, 再び文化財指定を受けるには築城当時の工法や材料で再建しなければならず, 膨大なコストと時間が必要

1948年福井地震

丸岡城の天守と石垣が崩壊し, 当時は国宝に指定されていたが災害によって文化的価値を失う危機に直面

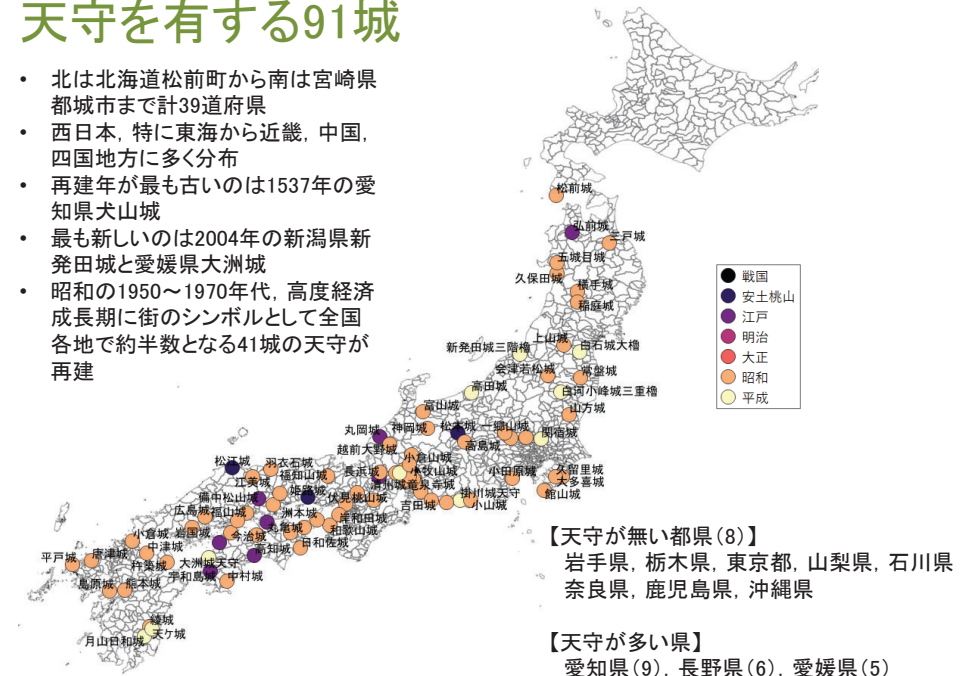


- 収集資料を基に天守と石垣の地震リスクを評価して, 今後の地震で損傷する可能性の高い城を抽出

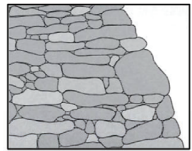
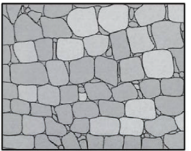
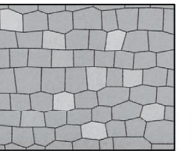
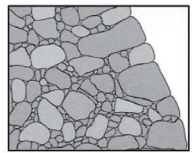
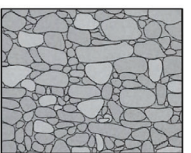
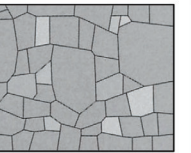
• 丸岡町震災記念誌編集委員会・お天守がとんだ, 194p, 2000
 • 重要文化財丸岡城天守修理委員会・重要文化財丸岡城天守修理工事報告書, 37p, 1955

天守を有する91城

- 北は北海道松前町から南は宮崎県都城市まで計39道府県
- 西日本, 特に東海から近畿, 中国, 四国地方に多く分布
- 再建年が最も古いのは1537年の愛知県犬山城
- 最も新しいのは2004年の新潟県新発田城と愛媛県大洲城
- 昭和の1950～1970年代, 高度経済成長期に街のシンボルとして全国各地で約半数となる41城の天守が再建



石垣の分類

	野面積 (16世紀中期～)	打込接 (16世紀後期～)	切込接 (17世紀初期～)
	自然石を加工せずに積む。石材は丸みを帯びたものが多くなるため、石同士の間隙が大きくなる。	自然石をある程度加工して積む。石材は角張ったものが多くなり、石同士の間隙が減る。	自然石や切石を徹底的に加工して積む。石材は直線的な辺を持つ多角形となり、間隙は完全になくなる。
布積			
乱積			

石材の加工程度

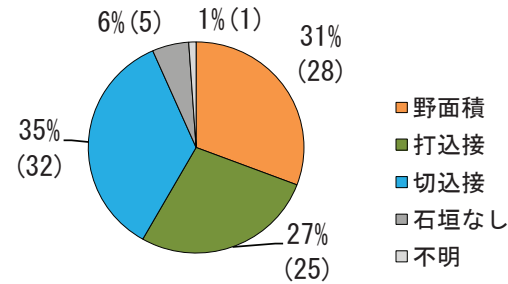
- ・野面積: 自然石を使用, 隙間が多い
- ・打込接: 割石を使用, 隙間が少ない
- ・切込接: 隙間が全くない
⇒排水性に問題

石積方法

- ・布積: 横方向の石の列が揃う
⇒せん断強度に問題
- ・乱積: 横方向の石の列が乱れる

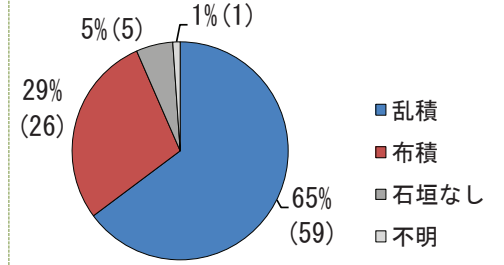
・ 堀口健武, 本間朋樹, 本間智恵子, 余湖浩一, 三宅勝, 齊藤文夫, 尾形竜一: 石垣の城を極める! 奥城をゆく6. イカロス出版, p.98, 2018.
・ 三浦正幸: 城のつくり方図典改定新版, pp.46-59, 小学館, 2017.

石垣の特徴



石の加工程度

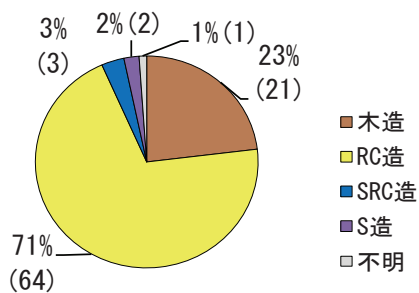
産地による石の種類や当時の経済状況に影響される。



石の積み方

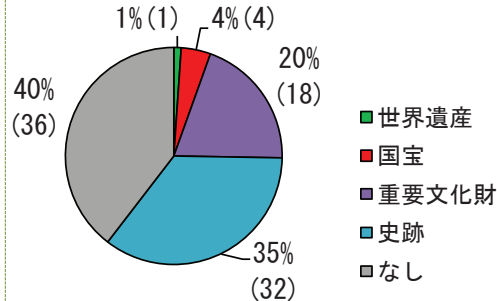
乱積は横目地が通らないためせん断力に強く, 布積よりも崩れにくいだが, 積み上げに高い技術を要する。

天守の特徴



天守の構造

1950年施行の建築基準法によって, 木造の高層建築が規制されたため, 戦後に再建された多くがRC造やSRC造で建造せざるを得なかった。



文化財指定の有無

60%が文化財指定を受けており, 地震災害から守る必要性が高い。

既往地震における城の被害(計91事例)

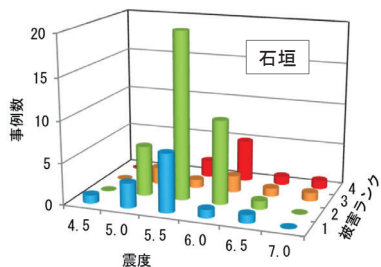
番号	市町村名	城名	西暦	月	日	地震名	マグニチュード	震度	被害状況(石垣)	被害状況(天守)	被害状況(櫓)
1	若松市	若松城	1611	9	27		6.9	6	悉く崩れ	破損	破損
2	小浜市	小浜城	1662	6	16		7~7.6	6	破損		破損
3	広島市	広島城	1686	1	4		7~7.4	5強	1559m損		
4	弘前市	弘前城	1694	6	19		7	5	破損		
5	千代田区	江戸城	1703	12	31	元禄地震	7.9~8.2	5~6	破損		破損
6	千代田区	江戸城	1706	10	21		5.8	5	多少破損		
7	大洲市	伊予大洲城	1707	10	28	宝永地震	8.4	5~6	破壊	崩壊	
8	京都市	淀城	1707	10	28	宝永地震	8.4	4~5		壁落	潰れ, 破損多し
9	犬山市	犬山城	1707	10	28	宝永地震	8.4	5	石抜け破損あり		
10	小浜市	小浜城	1707	10	28	宝永地震	8.4	5		破損	破損

被害ランクに変換

被害ランク	1	2	3	4
石垣	所々, 多少, 孕み, 狂い	破損, 崩れ	多し	悉く, 残らず, 大破
天守	所々, 瓦落ち, ひび割れ	破損, 傾き, 崩れ, 潰れ	多し	悉く, 全壊, 大破

・ 宇佐美隆夫, 新編 日本地震総覧 [増補改訂版], 493p, 東京大学出版会, 1996. ・ 宇津徳治, 嶋悦三, 吉井 敏尙, 山科健一郎: 地震の辞典第2版, 657p., 2011.
・ 内閣府防災情報のページ: 第5章城郭被害図に見る宝永地震. http://www.bousai.go.jp/kyoiku/kyokun/kyoikunnokeishou/res/1707_houeijsishu/pdf/09_chap05.pdf

震度と被害ランクの関係

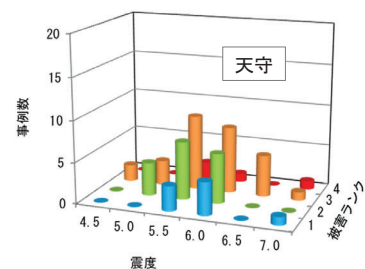


- 震度5.0(5強)以上で被害が発生し始める。
- 破損や崩れ等のランク2の被害は震度5.5(6弱)を境に増大



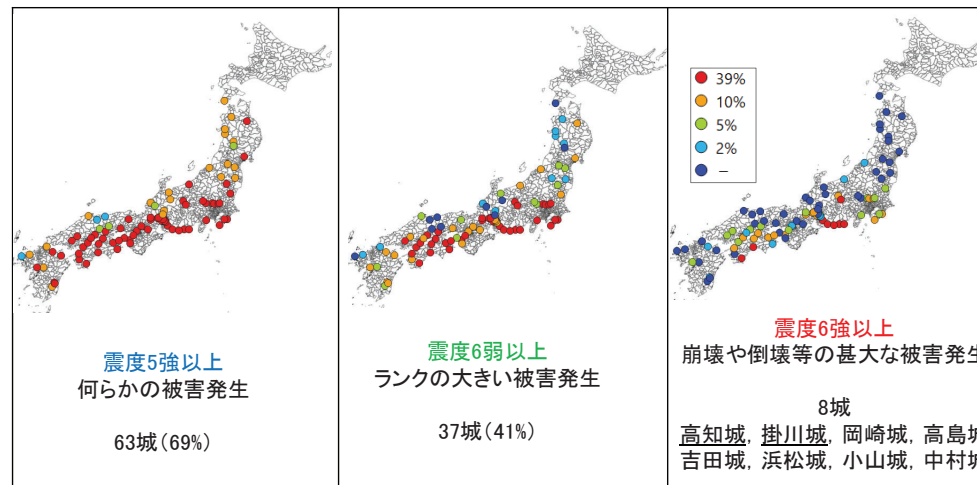
地震リスク評価では震度5強と震度6弱を閾値として使用

5弱	4.5 - 4.9
5強	5.0 - 5.4
6弱	5.5 - 5.9
6強	6.0 - 6.4
7	6.5以上



被害ランク	1	2	3	4
石垣	所々、多少 孕み、狂い	破損、崩れ	多し	悉く、残らず 大破
天守	所々、瓦落ち ひび割れ	破損、傾き 崩れ、潰れ	多し	悉く、全壊 大破

地震ハザード

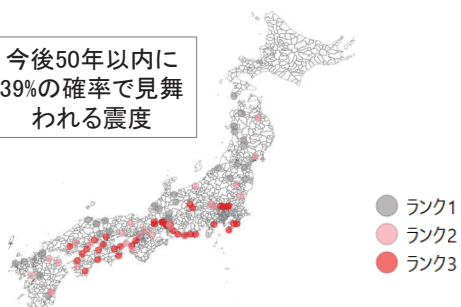


確率論的地震動予測地図(2019年, 全ての地震, 平均ケース)において今後50年以内に任意の震度以上になる確率が2%, 5%, 10%, 39%となる城を色分けし, 再現期間101年に相当する39%の城●に着目

・ 地震ハザードステーションJ-SHIS: 確率論的地震動予測地図, <http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/JSHIS2/download.html?lang=jp>

地震リスク

今後50年以内に
39%の確率で見舞
われる震度



ランク	1	2	3
震度	5弱以下	5強	6弱以上
リスク	被害なし	何らかの被害発生	ランクの大きい被害発生
該当数	28城	26城	37城

表層地盤増幅率



ランク	1	2	3
表層地盤増幅率	1.4未満	1.4以上2.0未満	2.0以上
リスク	やや低め	中程度から高め	高め
該当数	67城	19城	5城

- ・ 両指標共にランク3は、大垣城、岡崎城、騎西城、墨俣城、館山城の5城で、昭和期に再建されたRC造ではあるが、想定される地震は震度6弱以上、表層地盤増幅率が2を上回るため被災する可能性は低い
- ・ 木造である現存天守12城のうち5城が震度のランクが3で、かつ表層地盤増幅率がランク2となる高知城と彦根城が特に地震リスクが高い

まとめ

1. 天守を有する91城のうち、江戸以前からその姿を残す現存天守は12城しかなく、約半数が戦後の高度経済成長期に街のシンボルとして再建された。しかし、国宝や重要文化財の指定を受けた天守があり、地震災害から守る必要性が高い。
2. 既往地震における石垣と天守の被害は、震度5強で発生し始め、震度6弱を超えると被害程度が大きくなる。
3. 今後50年以内に甚大な被害が発生する可能性がある、震度6強以上となる確率が39%となるのは、高知城、掛川城、岡崎城、高島城、吉田城、浜松城、小山城、中村城の8城である。
4. 城の地震リスクを震度と表層地盤増幅率で評価した結果、木造である現存天守では高知城と彦根城が特にリスクが高い。