

文化財石垣 耐震診断指針（案）

1. 目的

本指針は、特別史跡・史跡のうち、中・近世城郭の石垣や国宝・重要文化財（建造物）の基礎となっている石垣の耐震対策を進めるにあたって推奨される標準的な手順と方法、補強を行うにあたって取り得る補強方法と留意点について示すものである。

石垣整備の基本的な方針は、『石垣整備のてびき』（文化庁文化財部記念物課監修 2015年）に倣うものとし、本指針は上記てびきで書かれていない地震等の外力に対する工学的な検討と対策の方法について示す。てびきに示す石垣整備の流れと、本指針で示す石垣の耐震対策の進め方の関係は図1『石垣整備のてびき』と石垣耐震診断の関係のとおりである。

石垣に関する安全性確保の考え方は、「文化財建造物等の地震時における安全性確保に関する指針」、「重要文化財（建造物）耐震診断指針」の趣旨に準じ、大地震に対しても人命に重大な影響を与えないことを目標とし、性能が不足する場合まずは立入を制限するなど活用方針を見直す対処方針の作成を行い、立入制限等による安全性確保が困難な場合は史跡や建造物等の文化財的価値を著しく損なわない範囲で安全対策工の設置、補強を実施するものとする。

なお、本指針及び予備診断、基礎診断実施要領は、現状の知見、研究成果に基づき定めたものであり、今後新たな事例、知見、研究成果の蓄積により改定の可能性がある。

2. 適用範囲

本指針は特別史跡・史跡に指定されている中・近世城郭の石垣、及び国宝・重要文化財（建造物）の基礎となっている石垣に適用する。

上記以外の石垣（グスクや築石が極めて小さいなどの特殊な石垣）は適用範囲外とするが、本指針の趣旨に鑑み、適用可能な範囲で耐震対策を検討するのが望ましい。

適用範囲のうち、以下のいずれかに該当する規模のものは、本指針の耐震診断の手法によらず別途安全性を確認することで足りるものとする。

- (1) 最も高い部分が高さ1 m未満の石垣
- (2) 天端、下端長さがいずれも3 m未満の石垣

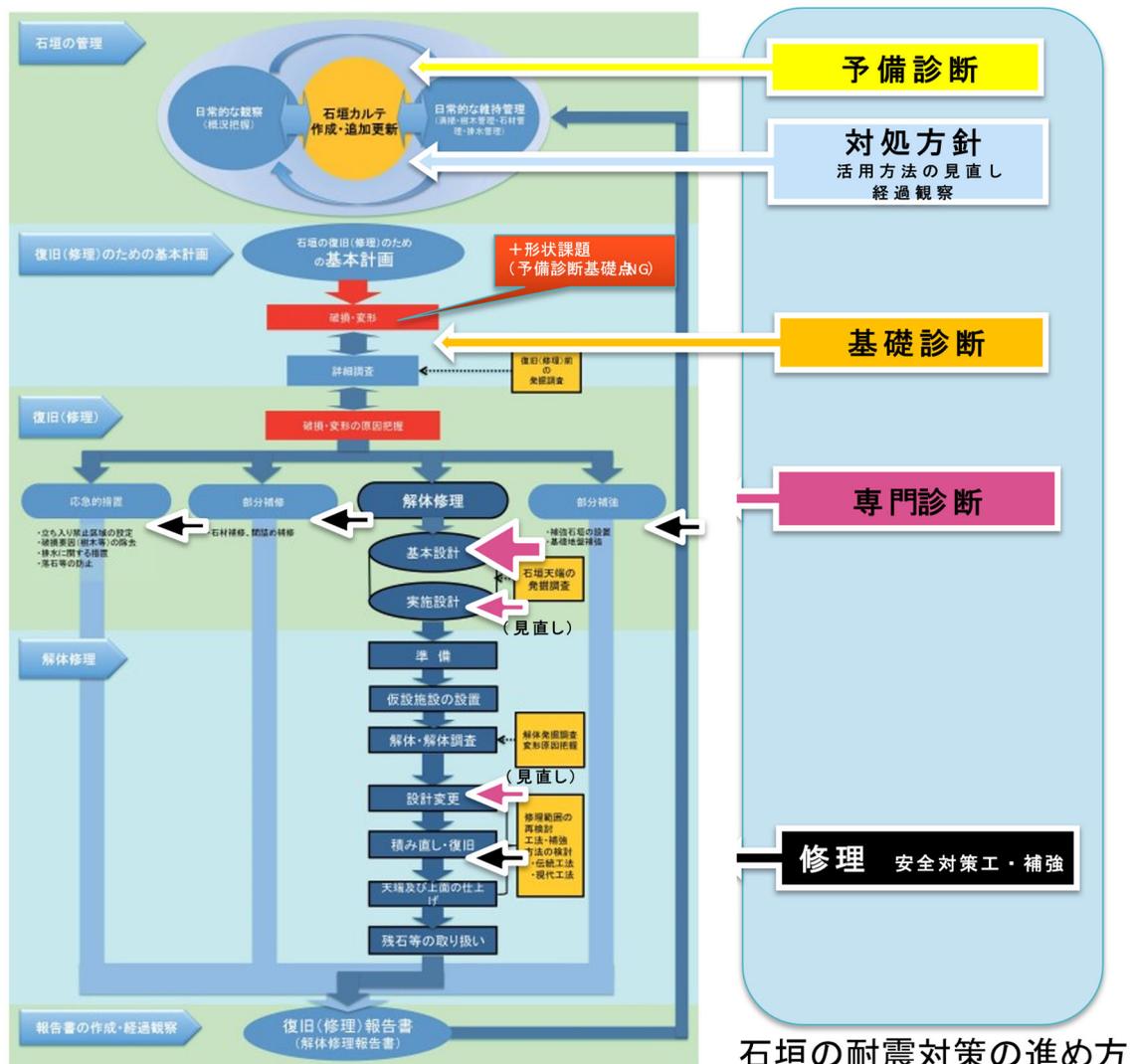
なお、本指針は被災後の応急対応について定めたものではない。被災後の緊急を要する対応は臨機応変に行うこと。

3. 診断対象

石垣のうち、最も高い部分が高さ1 m以上かつ天端、下端長さがいずれも3 m以上の石垣を診断の対象とする。

石垣の診断は面単位で行い、位置及び断面は、石垣の中でも最大の高さを有し、石垣全体を代表する断面で行う。ただし、延長が長く形状や状態が異なる場合などは必要に応じ複数の断面で実施してもよい。

診断に先立ち、あらかじめ石垣カルテを作成した上で診断を実施するのが効率的で望ましいが、石垣の安全対策は緊急を要するため、崩れた場合人的安全性、文化財的価値や、社会的な影響が大きいものは、石垣カルテの有無によらず優先的に診断を行う。



石垣整備の流れ(『石垣整備のてびき』より)

図1 『石垣整備のてびき』と石垣耐震診断の関係

○優先的に診断を行うべき石垣の要素

<用途>

- ・石垣上部に人が立ち入る、あるいは石垣下の前面に接近するなど地震時に人に危害を加える危険性のあるもの
- ・石垣上部に人が立ち入る建物が建てられているもの

<文化財的価値>

- ・崩落した場合、石垣の積み方等の技法を失う、築石等を破損する、重要な遺構を失うなど、文化財的価値を大きく損なう可能性があるもの
- ・石垣上部に重要文化財建造物が建てられているもの

<社会的条件>

- ・民地や宅地、公道等に隣接し、崩落した場合人的被害、物的被害を及ぼす恐れがあるもの
- ・崩落した場合、立地、規模、費用面等から復旧が容易でないもの

<その他>

- ・その他、特に必要と認められるもの

なお、診断の対象外となるものについても可能な範囲で健全性の確保、性能の向上等に努めるのが望ましい。

4. 診断の流れ

診断の流れを図2に示す。

耐震診断は「予備診断」、「基礎診断」、「専門診断」の三段階からなる。

「予備診断」は、主に外観目視・簡単な計測等から管理活用方法の改善、基礎診断の必要性の有無を判断するものである。

「基礎診断」は、基本的には非解体あるいは部分的な調査により地盤の性状、石垣の形状、性状を把握した上で実施する診断である。

「専門診断」は、修理にあたっての補強や安全対策工の検討、設計のために行う診断である。地盤の物性値、石垣背面の構造、詳細な調査を行って解析等を用いて行う。手法は、基礎診断の手法に準じた診断もしくはより実情に即した手法を用いて解析を行う。

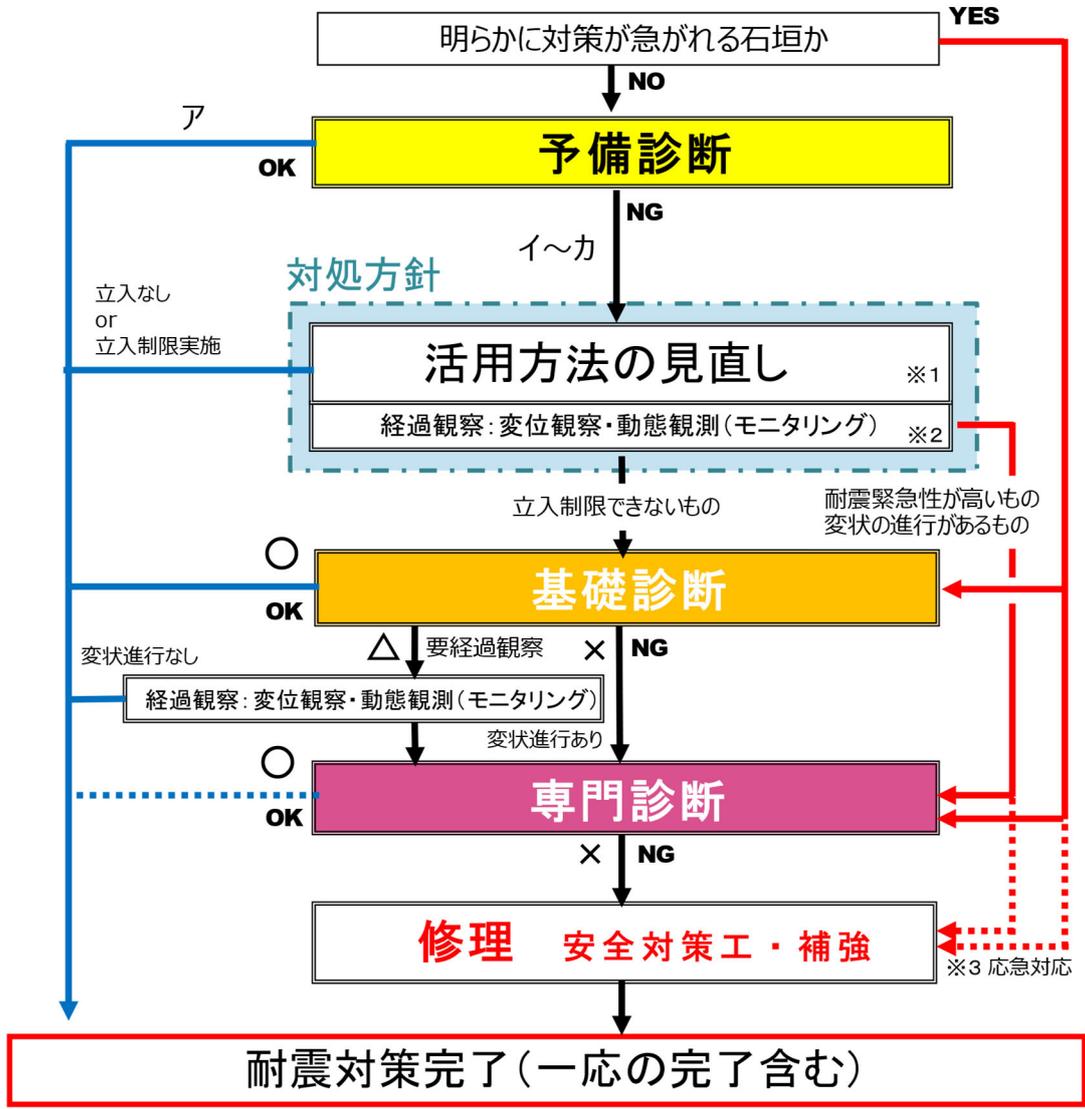
予備診断によりイ～カと判定されたものは、活用方針の見直し、経過観察などの対処方針の策定を行う。

基本的な進め方は、まず「予備診断」を実施し、対処方針を策定する。その後、耐震緊急性の高いものから「基礎診断」を行い、結果により「専門診断」に移行し、修理にあたっての安全対策工や補強の設計を実施し、安全対策工・補強に移行する。

ただし、修理を行う予定がある、破損が進行しているなど明らかに対策が急がれる石垣の場合は、この順番によらず上位の診断を実施してもよい。また、応急的措置、部分補修、部分補強などの応急対応の場合は、専門診断を行わず必要な設計により対策を実施してよい。その場合は必要に応じて改めて基礎診断以降の対応を行うものとする。

なお、各診断で耐震対策完了（次の対策に進む判定にならなかったもの、予備診断ア、基礎診断○、専門診断○）と判定されたものも、念のため上位の対策を実施することは推奨される。

<石垣の耐震診断の進め方>



<予備診断の判定>

耐震緊急性		基礎点	変状点	対策
中	ア	○	○	(OK)
	イ	×	○	変位観察
	ウ	○	×(変状あり)	変位観察
	エ	×	×(変状あり)	変位観察
	オ	○	×(変状顕著)	動態観測(モニタリング)
高	カ	×	×(変状顕著)	動態観測(モニタリング)・対策推奨

変状顕著: 評点 6 点以上もしくは 4 点(変状顕著)の項目あり
 変状あり: 評点 4~5 点

<※1 活用方法の見直し>

- 立入制限の実施
- 避難誘導、危険性の明示、接近防止・・・5年毎に見直し

<※2 経過観察>

- 予備診断の判定に応じて、以下の観測を行う
- 変位観察 変位進行の有無 3~5年に1回以上
 - 動態観測(モニタリング) 変位進行捕捉 年3~4回以上、地震や大雨の後

<※3 応急対応>

応急的措置、部分補修、部分補強の場合、専門診断を行わず対策を実施してよい。

図2 診断の流れ

5. 診断の手法

(1) 予備診断

予備診断は、基礎点項目（地盤、石垣の形状、過去の履歴）と変状点項目（石垣の変状）それぞれについて評点を算出し、評点を参考に総合的な評価を行うものとする。

詳細は「文化財石垣予備診断実施要領」による。

判定は、以下のいずれかの判定を行う。

ア 石垣がおおむね安定しているとみなされる。

（基礎点項目 OK かつ変状点項目 OK）

イ 石垣に変状による問題は少ないが、形状的に地震時に不安定である可能性があり、活用方法の見直し、変位観察を行うとともに基礎診断を実施する必要がある。

（基礎点項目 NG かつ変状点項目 OK）

ウ 石垣が変状により不安定になっている可能性が高く、活用方法の見直し、変位観察を行うとともに基礎診断を実施する必要がある。

（基礎点項目 OK かつ変状点項目 NG（変状あり顕著ではない））

エ 石垣が形状、変状ともに不安定である可能性があり、活用方法の見直し、変位観察を行うとともに基礎診断を実施する必要がある。

（基礎点項目 NG かつ変状点項目 NG（変状あり顕著ではない））

オ 石垣が変状により不安定になっている可能性が極めて高く、活用方法の見直し、動態観測（モニタリング）を行うとともに速やかに基礎診断を実施、あるいは変状の進行があるなど緊急性の高いものは専門診断を実施する必要がある。

（基礎点項目 OK かつ変状点項目 NG（変状顕著））

カ 石垣が形状、変状ともに不安定である可能性が極めて高く、活用方法の見直し、動態観測（モニタリング）を行うとともに速やかに基礎診断を実施、あるいは変状の進行があるなど緊急性の高いものは専門診断を実施する必要がある。

（基礎点項目 NG かつ変状点項目 NG（変状顕著））

耐震緊急性は、判定イからカの順に高くなり、耐震緊急性の高いものから対策を検討するのが望ましい。

(2) 基礎診断

基礎診断の対象は、予備診断の結果基礎診断が必要と判断されたもの、明らかに対策が急がれる石垣、その他必要な石垣とする。ただし活用方法の見直しにより立入なし、あるいは立入制限を実施したものは、人的安全性確保の観点においてのみ耐震対策の一応の完了とみなし、基礎診断に移行しないことが可能である。

基礎診断は、調査、診断、判定からなる。詳細は「文化財石垣基礎診断実施要領」による。

① 調査

調査を行い、石垣の診断に必要な情報を抽出する。基本的には非解体あるいは部分的な調査で得られる情報を元に行う。

② 診断

実施要領に示す解析方法により安定性評価及び変状の評価を行う。

③ 判定

以下のいずれかの判定を行う。

- (OK) : 石垣が大地震に対し概ね安定しているとみなされる。
- △ (要経過観察) : 石垣が大地震に対し不安定になる恐れがある。
- × (NG) : 石垣が大地震に対し著しく不安定で、対策の必要がある。

○と判定されたものは、特段の措置をとらないことができる。

△と判定されたものは、経過観察(動的観測(モニタリング)または変位観察)を行う。

経過観察の結果、変状進行がないものは耐震対策の一応の完了とするが、経過観察を継続する。

変状の進行が確認されたものは、専門診断に移行する。

×と判定されたものは、専門診断に移行する。

(3) 専門診断

専門診断は、修理にあたっての補強や安全対策工の検討、設計のために行う診断である。基礎診断の結果、専門診断が必要と判断されたもの、明らかに対策が急がれる石垣、その他必要な石垣に適用する。

調査地盤の物性値、石垣背面の構造等を把握する詳細な調査を行い解析を実施する。

手法は基礎診断の手法に準ずる方法や、より実情に応じた設定による解析を行う。解析方法は専門委員会で検討するのが望ましい。

判定は以下のいずれかとする。

- (OK) : 石垣が大地震に対し概ね安定しているとみなされる。
- × (NG) : 石垣が大地震に対し不安定であり、必要な対策を実施する。
- と判定されたものは、特段の措置をとらないことができる。
- ×と判定されたものは、必要な対策を実施する。

6. 対処方針の策定

予備診断の結果、対処方針の策定が必要(判定イ～カ)と判定されたもの、または予備診断を経ずに基礎診断、専門診断を実施し、×(NG)の判定が出たものについては、速やかに対処方針の策定を行う。

基本的には予備診断の結果を受けて策定するが、基礎診断、専門診断の結果によって必要な場合適宜見直しを行う。詳細は「文化財石垣対処方針作成要領」による。

対処方針は、活用方法の見直し、経過観察からなる。

○活用方法の見直し

診断の結果、対処方針の策定が必要(判定イ～カ)と判定されたものは、活用方法の見直しを行う。人的安全性を確保するためにはまずは立入制限を行うのが望ましい。

立入なし、あるいは立入制限を実施したものは、人的安全性確保の観点においてのみ耐震対策の一応の完了とみなすことができる。ただし、文化財保存の観点から修理等が必要なものは別途修理等の方針を定める。

しかし、立入制限がただちに行えない場合で安全対策工や補強等の対策に移行できないものは、当面の暫定的な措置として、避難誘導、危険性の明示、接近防止等の少しでも人的安全性を確保するための対応を行う。

活用方法の見直しが後者の対応にとどまった場合は、少なくとも 5 年毎に対応の見直しを行う。

① 立入制限

石垣が崩落した場合に被害が想定される範囲への立入制限を行う。場内の見学者の動線を変更する、接近防止措置をとるなどの方法がある。

立入制限範囲は、過去の崩壊履歴や診断での最大崩壊範囲などを参考に適切に設定する。石垣上部と下部については事情が異なるため、必要な場合はそれぞれ設定を行う。

石垣下部については、石や地山が崩落した場合に影響しないよう離隔距離をとる、若干の落石等に対しては土嚢や落石防止柵を設置するなどが考えられる。

石垣上部については、崩落想定範囲に立入制限を行う。距離の設定については、背面が盛土か栗石か地山や岩盤か、円弧すべりによる全体的な崩落があり得るかによって変わるため、適切に設定する。

② 立入制限以外の対策

立入制限がただちに行えない場合は、少しでも人的安全性を確保するための立入制限以外の対策を行う。

立入人数の制御、離隔距離の確保、ネット等による落石防護、避難誘導、危険性の明示などが想定される。

立入人数の制御は、少しでも立入人数、滞留時間を減らすためのものである。主動線からの変更、滞留場所の変更、限定公開などの手法がある。

離隔距離の確保は、概ね危険の少ない距離が確保できない場合でも、極力石垣から距離をとる、柵や花壇、表示等などの手法がある。

ネット等による落石防護は、間詰め石や欠けた石など、石垣から落ちてくる小さな石から人を守るために行う。築石などの崩落を止めるのは困難なので留意する。

避難誘導は、発災時の避難経路を定め、適切な避難誘導を行うものである。

危険性の明示は、診断の結果等により危険が想定される石垣に、看板や表示案内等であらかじめ危険性と対処を示すものである。危険箇所を示すものと、受付等で周知する方法などが想定される。

ただし、これらは暫定的な措置であり、立入制限が行えない場合は、速やかに上位の診断、対策へ移行する。

○経過観察

活用方法の見直しと合わせて、経過観察を行う。経過観察は、予備診断の結果により以下のうち適切な方法を選択する。

① 変位観察

予備診断イ、ウ、エ、その他必要なものに適用する。

目視、写真や石垣カルテとの比較による点検、特徴的な部分の実測、測量等、ガラス棒などを用いて変位の有無を確認する。

少なくとも3～5年に1回以上は観測を行い、変位の進行があるかどうか比較を行う。変位進行の可能性があれば動態観測（モニタリング）に移行する。

② 動態観測（モニタリング）

予備診断オ、カ（変状顕著なもの）、その他必要なものに適用する。

石垣変状の進行状況を補足し、対策に移行するかどうかの判断基準とする。

クラックゲージ、トータルステーションによる定点観測や三次元レーザー測量等による比較など適切な方法を用いて変状の進行の有無を把握する。

温度など季節による変動も考慮し年3～4回程度、その他地震や大雨など石垣に影響を及ぼす可能性のある事象が発生した後には必ず観測し、変状の進行が確認されたものは速やかに次の対策に移行する。

なお、経過観察は、対策の緊急度、優先順位を決めるために有用であるが、実施していれば安全であるものではない。変状が進行していなくても地震時には被害が生じる可能性があることは十分留意しなければならない。

7. 修理（応急的措置、部分補修、部分補強、解体修理）

変状が進行したことにより問題が生じている場合は、修理を行う。石垣の文化財的価値も考慮しながら修理方法を選択する。応急的、部分的な対応で可能な場合は応急的措置、部分補修・部分補強を行う。応急的措置には破損要因を取り除く樹木の除去、排水の整備などがあり、部分補修には石材の補修、間詰め補修、部分補強には補強石垣の設置などがある。これらの方法では対策が困難あるいは不十分な場合は、解体修理が必要となるが、解体修理を行うことで失われる技法等の文化財的価値も大きいいため、十分検討を行いやむを得ない場合に実施する。

8. 安全対策工

直ちに修理、補強が困難で人的安全性確保が必要な場所には、安全対策工の設置を行う。

安全対策工には、石垣崩落そのものに対する安全対策工と、石垣が崩落しても上部の建造物の崩落を防止し人的安全を確保する基礎工法がある。

石垣崩落そのものに対する安全対策工は、土嚢や鉄骨、木材等の別構造材で石を押さえる、あるいは受け止める補強材、細かな石の崩落を押さえるネット等が考えられる。

上部の建造物の崩落を防止する基礎工法は、石垣が崩落しても上部の構造物を支えられるような新たな基礎構造物の設置や、建物足元側での構造補強などが考えられる。

これらも、補強同様に被害の想定とそれに対する工学的に適切な方法で検証を行い、価値に与える影響が最小限となるよう最もバランスの良い方法を選択する。

9. 補強

耐震診断の結果、補強が必要と判定されたものは、補強を行う。

補強は、文化財としての石垣の価値に配慮し、価値を極力損ねることのない方法で行う。

配慮すべき原則は、以下のとおりである。しかし、実際はこれらの原則を完全に遵守して補強を行うのはほぼ不可能で、それぞれの原則が相反する場合も多い。そのため、原則に極力配慮しつつ、価値に与える影響が最小限となるよう最もバランスの良い方法を選択する。

- 形態・意匠を損なわないこと
- 元の部材を傷めず、取り替える場合は材料、材質を変えないこと
- 補強方法が可逆的であること
- 補強部材が元の部材と区別可能であること
- 最小限の補強であること
- 全体の構造（機能）を尊重すること

補強の設計は、専門診断により補強効果を確認する。

補強方法には大きく分けて積み直しを伴うものと、積み直しを伴わないものがあり、補強部位も築石の補強、栗石の補強、背面の地山や盛土の補強、基礎地盤の補強がある。文化財的価値と性能に鑑み適切な方法を選択する。

10. その他留意事項

(1) 経過的措置

根本的な対策が速やかに実施出来ない場合は、経過措置として、少しでも被害を軽減させる補強（経過的補強）の実施を検討する。

ただし、経過的措置はあくまで暫定的な措置なので、実施後も引き続き適切な対策を目指すものとする。

(2) 石垣の管理

『石垣整備のてびき』に倣い以下の管理に努める。

適切な管理のためには、石垣カルテや測量、撮影等のデータの作成はまず必要だが、これらのデータを随時更新していくことが重要である。

- ・日常的な観察（間詰石の落下、クラックゲージ等のチェック、デジタルカメラによる定期的な撮影・データ保存）
- ・維持管理（除草・樹木管理、排水）
- ・石垣カルテの作成・追加更新

加えて、崩落等の後に速やかな復旧のために、特に以下を実施するのが望ましい。

- ・三次元測量データの収集・整理
- ・地盤調査データの収集・整理

(3) 専門委員会による検討

基礎診断、専門診断を実施する場合は、土木工学専門家を加えた有識者委員会により妥当性を検証しながら実施するのが望ましい。予備診断についても、管理者が行った予備診断の結果の妥当性については専門委員会の指導を受けるのが望ましい。

ただし耐震対策のような防災対策は緊急を要するため、委員会により速やかに執るべき対応（特に安全対策）が遅れることは望ましくない。専門委員会及び事務局、関係者は円滑に議論が進み、速やかに適切な対策が行えるよう努める。

(4) 記録と公開

診断、補強、対策の経緯は記録を作成し、公開に努める。