

石造文化財の保存、修復に関する事例

名越切通の保存整備事例

小林恵 KOBAYASHI, Megumi/応用地質株式会社

1：はじめに

史跡における保存対策では、“オリジナルへの影響を最小限にする”、“景観を損なわない”という条件が一般的な土木対策工と大きく異なる点である。そのため、史跡における保存対策を立案するにあたっては、通常の地質調査はもとより、遺構の劣化状況や保存環境についても詳細かつ慎重な調査をした上で対策工法を検討する必要がある。ここでは弊社が関わってきた国史跡「名越切通」(神奈川県逗子市)の事例を用いて、石造文化財における保存整備事業について報告する。

2：史跡の概要

2.1 史跡の概要

名越切通は、鎌倉時代に中世都市鎌倉を取り囲む丘陵の尾根部を掘削して造られた鎌倉七口(七切通)の一つで、鎌倉から逗子、三浦半島に至る主要交通路である。史跡指定地内には、鎌倉の防衛にも関係すると考えられる平場や切岸、鎌倉と縁の深い地域に分布する横穴状の納骨・供養施設であるやぐらや火葬跡が分布する「まんだら堂やぐら群」、長さ800m以上にわたり石切り場の跡が残る「大切岸」などが残っている。

第一切通は、両側の崖面がそそり立っており、切通路としての景観を最もよく残しているものの、崩落による落石災害の危険性が高いことから通行禁止となっていた。また、まんだら堂やぐら群や大切岸でも、樹木の根が岩盤の亀裂に入り込んで不安定化し、崩落の危険性が高い箇所がみられた。

そこで、「史跡の景観を守る」「安全な公開活用を図る」という2つの観点から、史跡を公開活用するための整備と並行して遺構の保存整備事業が進められている。図-1に名越切通における整備事業の流れを示す。

2.2 地質

史跡周辺の地質は、新第三紀三浦層群の池子層と逗子層からなる。池子層は、軽石を含む火山砕屑岩で鷹取山火山砕屑岩部層に相当する(以下、「池

子層砂岩」)。逗子層は、逗子層主部に相当する泥岩優勢の泥岩砂岩互層に相当する(以下、「逗子層泥岩」)。

第一切通の地質は下部が逗子層泥岩、上部が池子層砂岩である。一方、まんだら堂やぐら群と大切岸の地質は池子層砂岩である。

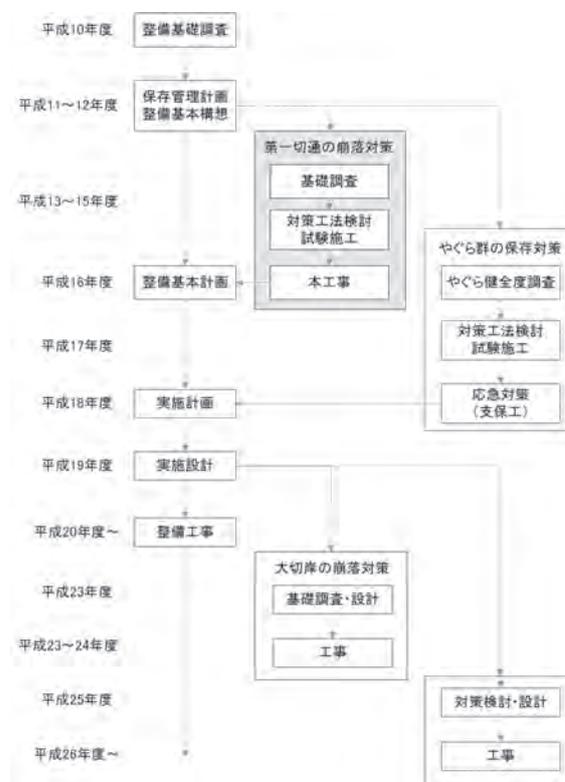


図-1 名越切通整備事業の流れ

3：保存整備事業の内容

3.1 基礎調査

本史跡では、平成13年度に専門の学識者からなる「国指定史跡名越切通崩落対策検討委員会」が設置された。そこで、まずは通行禁止となっている第一切通の崖面形状をこのままの形で保存し、かつ来訪者の安全を確保するための崩落防止の対策検討が行われることとなった。そして、そのために必要な基礎的調査として、平成13年度に地質調査と室内岩石試験、平成14年度に環境計測と薬

剤選定試験を実施した。表-1に基礎調査の内容を示す。

地質調査の結果、当地の岩盤は切通の路面付近まで風化が進行しており、特に切通南側は岩芯まで風化が進み、亀裂が発達した状態であることがわかった。また、池子層砂岩は比較的大きな割目が多く、逗子層泥岩は細かい割目が多かった。以上の結果から、崖面表面の崩落を止めるだけでなく、岩盤全体の強化も必要であることが判明した。また、切通付近の地下水位は切通の路面以下であった。

表-1 基礎調査の調査項目

年度	調査内容	調査項目	数量
平成13年度	地質調査	オールコアボーリング	3地点 計24m
		ポアホールカメラ観察	3地点 計24m
	室内岩石試験	物理試験 ・単位体積重量・飽和度	24供試体
		強度試験 ・一軸圧縮試験	24供試体
		劣化試験 ・簡易スレーキング試験	10供試体
平成14年度	環境計測	温湿度、雨量	1箇所
		岩盤温度	2箇所
		岩盤含水比	8箇所
		開口亀裂の変位計測(伸縮計)	1箇所
	薬剤選定試験	強化剤 ・色彩・反発硬度・超音波速度 ・一軸圧縮試験・耐久性試験	6種類
		撥水剤 ・吸水率・耐久性試験	3種類

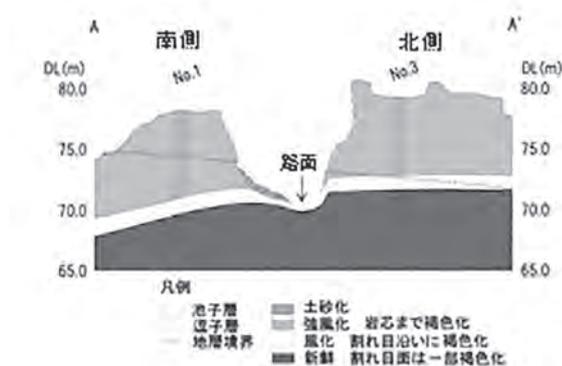


図-2 切通の風化状況断面図

また、室内岩石試験の結果、切通に分布する池子層砂岩及び逗子層泥岩は「軟岩」に分類された。また、スレーキング試験の結果、池子層砂岩は表面から砂状に若干崩れる程度であるのに対し、逗子層泥岩は内部のヘアークラックが発達して数個の小岩片に分離することが確認された。このことから、逗子層泥岩の風化の主因は乾湿繰り返し（スレーキング）であることが判明した。

1年間の環境計測では、岩盤表面の温度が0℃

以下になることはなく、当地において凍結融解による風化の恐れはきわめて少ないことが判明した。また、岩盤表面の含水比は、池子層砂岩が降雨の影響を受けているのに対し、逗子層泥岩は降雨の影響は小さく、日照による日変動の影響を受けていることが確認された。

さらに、薬剤選定試験の結果、池子層砂岩、逗子層泥岩ともに、強化剤の塗布により強度が増加することを確認した。風雨に対する耐久性を確認する曝露試験では、池子層砂岩は自然状態でも比較的安定した形状を保つが、逗子層泥岩は強化剤・撥水剤の塗布効果が高いことが判明した。試験結果から処理に使用する薬剤を選定した。

3.2 対策工法の検討

これらの調査結果を踏まえて、崩落対策の基本方針や工法を検討した。名越切通は交通遺跡であることから、現在も通行路としての役割を担う市道であることから、基本方針は「通行可能な状態に整備し公開すること」とした。次に、切通内の危険箇所を抽出し、7エリアに区分し、図-3に示す対策の考え方に基づいて、リスク要素からみた工法選定を行った。

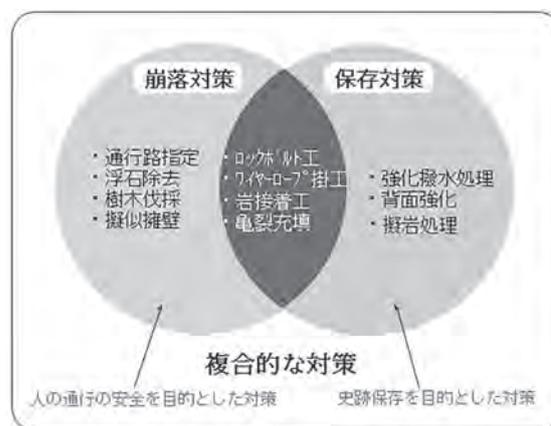


図-3 崩落対策・保存対策の概念図

3.3 切通の崩落対策工事

切通の崩落対策工事は、対策の目的に応じて、表-2に示した①～⑧の内容を2か年に分けて実施した。

表-2 切通の崩落対策工事

対策の目的	工法	工法の内容	適用性
岩盤の一体化	①グラウト注入工	ボーリングによって岩盤内に削孔し、セメント系固化材を地山内部に注入することにより、地山全体の一体化を図る。	砂岩 泥岩
	②亀裂充填工	亀裂の前面に目地工を行って壁を作った後に、亀裂に充填材を注入し、岩同士を接着させることで岩塊の一体化を図る。	砂岩
	③ロックボルト工 (ピンニング工)	ロックボルト工・ピンニング工は、比較的風化の程度が進んでいない岩盤までロックボルト(鋼棒)を挿入し、オーバーハング部の岩盤の安定性を確保する。	砂岩
	④欄式補強工	欄式補強工は、不安定岩塊の自重を支える為に不安定岩塊下層の安定岩盤に片持ち梁構造の欄を設ける。	
風化の防止	<砂岩> ⑤基質強化処理工 ⑦撥水処理工	基質強化処理は岩盤内の空隙を充填して強化するもので、接着効果はない。一方、表層強化処理は岩石表面部分を接着することで強化する。 撥水処理は、岩盤への雨水の浸透を防ぐ為に行う。	砂岩 泥岩 (特に泥岩)
	<泥岩> ⑥基質強化処理工 ⑧表層強化処理工 ⑨撥水処理工		
外観の維持	⑩擬岩処理工	亀裂充填工による目地やロックボルト・ピンニングによる穿孔跡等を周辺崖面との違和感をなく上げる為、遺構と同様の岩塊を砕砕・粒度調整した石粉とバインダー樹脂から成る擬岩組成物を適用箇所貼り付ける。	砂岩 泥岩

工事終了後の平成17年4月より第一切通の通行が可能となり、保存対策工事を行ったことを感じさせることなく、来訪者が安全に中世鎌倉を偲ぶことができる状態で公開され、現在に至っている。

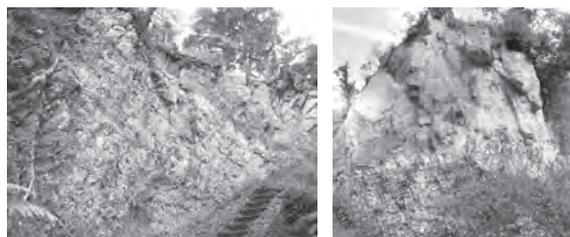


写真-1 施工後の第一切通 (左：南側、右：北側)

3.4 大切岸の保存工事

大切岸は切り立った崖面と平場が連なるダイナミックな地形が特徴であることから、整備事業では前面平場に園路を新設し、崖面の壮大さを体感できる空間として活用する計画とした。一方、大切岸崖面の一部には開口幅20~40cm程度の比較的大きな亀裂が垂直に対して20度程度の傾斜で発達し、この亀裂が連なって不安定岩塊を形成していた(写真-2)。この不安定岩塊が崩落した場合、園路に近接しており極めて危険であること、岩塊の規模が大きいため、景観上での変化が大きことから平成25年度に保存工事を行った。



写真-2 大切岸 (左：施工前、右：施工後)

保存工事の内容は、切通での調査成果や施工実績を踏まえ、地山との一体化を図る“亀裂充填工”(表-2の②)、亀裂周囲の岩盤の劣化の進行を抑制するための“基質強化処理工”(同⑤)、亀裂を閉塞したモルタルの表面の充填箇所を目立たなくするとともに、析出物の発生を抑える“擬岩処理工”(同⑩)である。

3.5 やぐらの保存工事

まんだら堂やぐら群は2m四方程度の小規模なものを中心に150基以上の存在が確認されている有数のやぐら群である。これだけまとまった数のやぐらを保存のよい状態で見ることのできる遺跡は鎌倉市内にも少なく、大変貴重である。しかし、やぐらの壁面が長年風雨に曝されて脆弱化したり、樹木の根が岩盤に入り込んで亀裂を拡大することにより、不安定化して崩落の危険性が高い箇所も見られた。このため、平成16年度にやぐらの劣化状況を調査し、対策の必要なやぐらの抽出を行った。その結果、保存工事の対象となるやぐらが48基と多いこと、公開活用に必要な整備工事も同時期に必要なことから、抽出したやぐらを崩落の危険性(対策の緊急性)により高・中・低の3つにランク分けした上で対策を行うこととした。すなわち、施工性を考えて施工範囲を数ブロックに分け、公開活用されるエリアから優先的に保存工事を行う計画とした。なお、本格的な工事に先立ち、落盤が懸念されるやぐらについては、応急対策(支保工)を行った。

やぐらの保存工事は、平成17年度に設計のための試験施工を行い、平成26年度から本格的に始まった(現在も継続中)。保存工事の主な内容は、亀裂を充填して岩盤を一体化させる“亀裂充填工”(表-2の②)、落盤や落石が懸念される箇所を地山に縫い付けて固定する“ピンニング工(同③)、岩盤表面に薬剤を含浸させて強化することにより風化作用を軽減する“基質強化処理工”(同⑤)、亀裂充填箇所やピンニング工頭目を景観に馴染むように修景する“擬岩処理工”(同⑩)である。



写真-3 やぐらの例 (左：施工前、右：施工後)

4：石造文化財における保存整備の課題

4.1 塩類対策

やぐら内部の壁面や五輪塔では、乾燥期（およそ11月から4月）に白色の析出物（塩類）が出現する（写真-4）。析出物は岩石の粒子間に水が浸透することにより、岩石中の元素がイオン化して溶出し、岩石表面へ移動してきて気温の低下によって結晶化すると考えられる。ここで見られる析出物は硫酸マグネシウム（ $MgSO_4$ ）が主体である。析出物は岩盤を構成する物質であり、結晶が成長する時に表面の石材粒子も一緒に持ち上げたり、自身の重みで表面から落下したり、圧力で岩石表面層を剥離させるため、表層の状態が悪化する。このため析出は極力抑えることが好ましい。

現状では基質強化処理を行うことで塩類の析出量が減少する傾向は見られるものの、根本的な解決策には至っていない。



写真-4 やぐら内の塩類

4.2 施工効果の確認

保存工事においては、施工した効果が十分得られたかどうかが重要である。例えば、強化処理は施工前後の岩盤表面の強度（硬さ）を測り、施工後に強度が上がっていることで評価できる。一方、亀裂充填工やピンニング工は効果確認のためにコア抜きを行ったり、固定したピン1本1本について引き抜き試験を行うことは、遺跡の破壊にもつながり現実的ではない。そのため、現在、非接触での振動調査を用いた効果確認方法を検討中である。

4.3 経過観察

史跡の保存工事は、工事が終了したら終わりではなく、その後も経過観察が必要である。名越切通でも定期的な巡回の他、地震時や台風などによる大雨後には確認することになっている。また、現地を定期

的に写真撮影して記録に残している。

さらに、強化処理、撥水処理は薬剤の効果は5～10年程度と言われているため、定期的に現地を確認したり、基礎調査で薬剤を含ませた供試体を屋外に曝露し、定期的に経過観察を行っている。曝露試験の結果は、その後の保存工事で薬剤を使用する際の参考にもなっている。

5：まとめ

遺構の保存工事は、遺構を保存するために行うものだが、一方で遺構に手をつけることにもなるため、工法の選定にあたっては十分かつ慎重な検討が必要である。

名越切通では、遺構の現状保存と来訪者の安全確保という整備方針に基づき、公開活用整備と並行して石造文化財の保存整備を継続的に実施してきた。具体的には、第一切通における基礎的な調査、対策工法の検討、試験施工を経て、状況と目的に応じて土木的手法（亀裂充填工、ロックボルト工など）と化学的手法（強化撥水処理工、擬岩処理工）を使い分けた保存工事を行っている。そして、その実績は次の大切岸ややぐらの保存工事に活かされている。

一方で、塩類に対する対策方法はまだ十分に解明されておらず、今後の課題である。また、経過観察やその後の再処理は、その必要性を十分認識しているが実施していく上での課題もある。

石造文化財の保存整備は、公開活用とうまく調整を図りながら、継続的に実施していく息の長い事業である。

謝辞

今回の講演に際し、発表の許可をいただいた逗子市教育委員会に記して謝意を表します。

引用・参考文献

- 1) 逗子市教育委員会：国指定史跡名越切通整備基本計画策定報告書（2005）
- 2) 逗子市教育委員会：国指定史跡名越切通崩落対策工事報告書（2007）
- 3) 逗子市教育委員会：国指定史跡名越切通整備実施計画（2007）
- 4) 逗子市教育委員会：国指定史跡名越切通パンフレット（2016）
- 5) 小林恵、高瀬尚人、橋本直樹：レーザドップラー振動計による史跡保存工事の効果判定、第52回地盤工学会研究発表会発表論文集、0049（2017）