

第4章 弘道館記碑の復旧工事

第1節 碑身の搬出

碑身の搬出に関しては次の課題があった。

- ① 不十分な養生で碑身を動かせば碑身は崩壊する可能性がある。
- ② ダボの有無など碑身と台石の接合部の構造が不明である。
- ③ 碑身の搬出のために、八卦堂の屋根を解体すると、ケヤキ材であるため部材が解体中にあばれ、元通りに戻らなくなる可能性が高く、銅板葺きの復旧にも多額の費用がかかる。扉を外して取り出すとしても、碑身の高さと同幅は八卦堂の間口のそれよりも高く、広い。
- ④ 八卦堂の屋根があるため、碑身の引き抜きにクレーンを用いることができない。

これらの課題については以下の節で対応を記した。一連の作業のはじめに台石上面の被覆コンクリートを撤去した。

1 崩落防止策

上記のような課題があったために、八卦堂は揚屋を行い、記碑の引き抜きにはジャッキを用いることとした。既に記碑の養生はしていたが、碑身の移動のために一度梱包を解き、碑身の状態を関係者で確認し、もう一度同様の養生を行うこととした。さらに、厚い木製板の上に鋼材を充てて、ボルト締め・溶接で養生枠を作り、隙間には発泡スチロールを宛がい、残された空間には発泡ウレタンを注入した(図57)。これにより碑身・養生

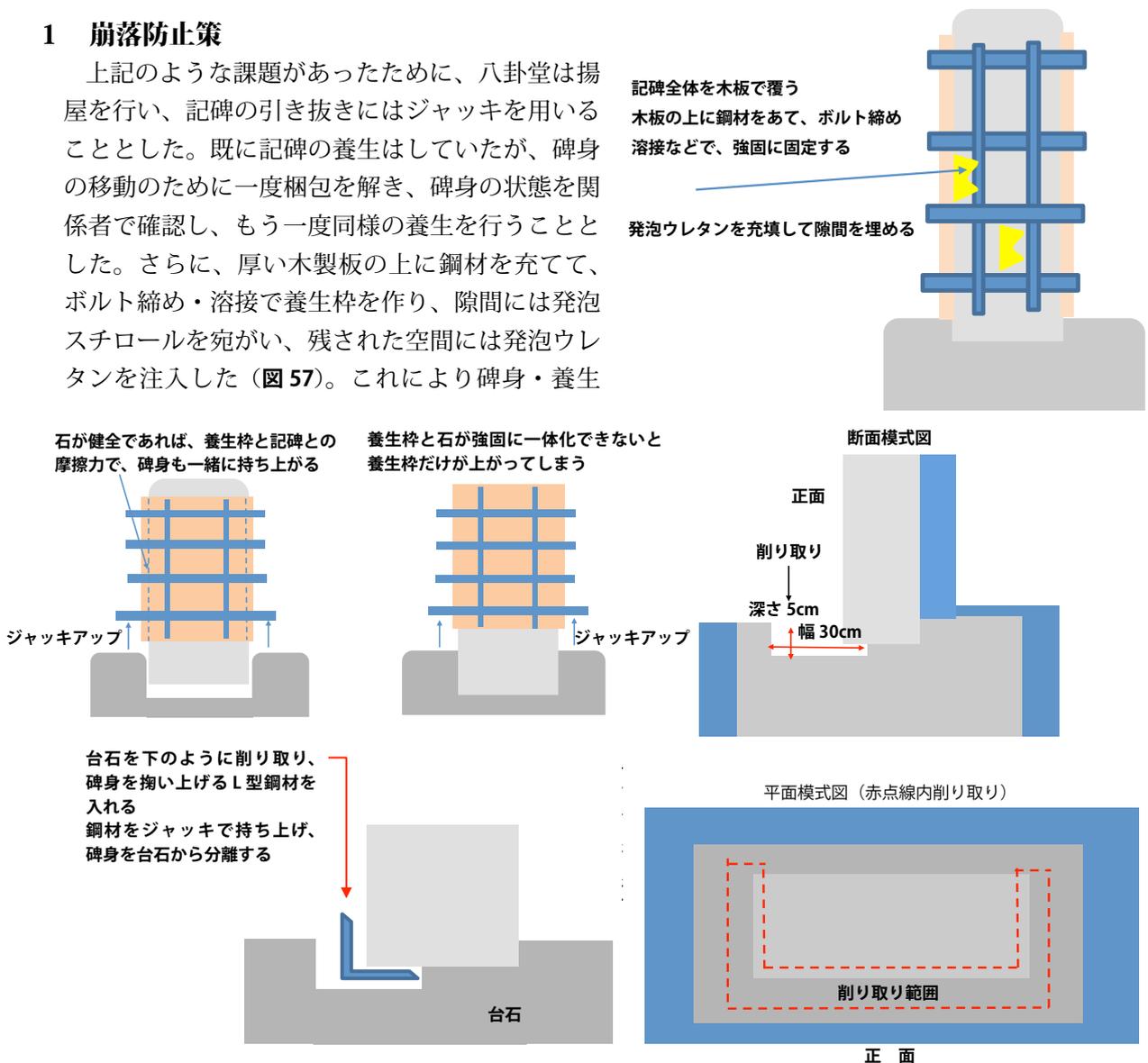


図57 崩落防止策模式図

材の隙間を埋めて一体化し、碑身の崩壊を防止するとともに、機材類が記碑に接触して損傷することを避けた。

碑身に亀裂や剥離がなく、石質が強固で形が定型であれば養生枠と碑身は一体化し、接触面に生じる摩擦力で碑身を持ち上げることはできる。しかし、記碑の残存部は磨かれており、被災箇所は凹凸があって、摩擦力が均等に架かるとは限らない。仮に養生枠とともに上がったとしても、途中で滑り落ちる可能性もあり、落ちた衝撃と損傷は極めて大きなものとなる。修復工事実施中の損傷はどうしても避けなければならない課題であった。このため、碑身を確実に保護するためには、碑身の養生枠からの滑落を防止すべく碑身底部をすくい上げて、養生枠と固定する鋼材の設置が必要になった(図58)。

実施設計時には予定していなかったが、台石上面のコンクリートを全面的に除却した後、碑身に生じた亀裂が底部にまで至っている状況が確認できたことから、碑身の底面からすくい上げるべく、底部の前面と左右両側面にL型鋼材を差し込み、養生枠に固定することとした。これは台石上面を新たに削らなければならないことであり、苦渋の決断をせざるを得なかった。削らねばならなかった範囲は台石の上面で、碑身の正面と両側面の下、幅約30cm、深さ約5cmである。作業は養生枠や搬出のための資材が多数ある中で、潜り込むような姿勢で行われた(図59)。

なお、碑身を持ち上げ、堂外に搬出でき、作業スペースが確保できた時点で、底面に補強の鋼材をT字形に溶接した。

2 碑身と台石の接合部の構造

碑身と台石の接合部の構造については記録もなく、事前の構造予備調査を行っても不明のままであった。通常、碑身底部の埋め込み深さは碑身の高さの一割程度であるため、この場合は30cm程度となるが、台石の厚さが二尺であることからするとそこまでは深くはないと考えられた。碑身底面に鋼材を入れることにしたため、台石上に試掘溝を穿ち、深さを確認した。その結果、以外にも3cm程の極めて浅い根入れであった。このため碑身底面からさらにダボが造り出されている可能性は残った。

最終的に記碑を持ち上げて初めて、碑身と台石の接合部の構造が明らかになった。碑身の底面には漆喰が1～2mm程度確認できる場所があった。台石の溝底あるいは碑身に塗ったものと思われる。漆喰には双方を接着させる力はないが、双方の隙間を埋めておけば地震時には摩擦力が増え、揺れに対する幾分かの抵抗力にはなったと考えられる。

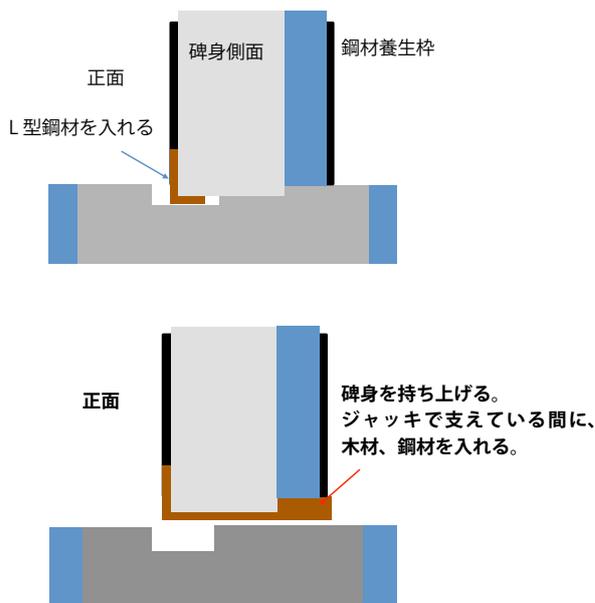


図58 崩落防止策模式図



図59 碑身搬出後の台石の状況

(1) 金属製ダボ

碑身の持ち上げにより、碑身底部の左右に金属製ダボを発見した。向かって左側のものは碑身とともに抜けてすぐに抜け落ちたが、右側のものは台石に残り容易に抜くことはできなかった。僅かな隙間にダガネ（薄い籠状の鑿）やマイナスドライバーを入れて漆喰を少しずつ削り取り、引き抜きには40分以上を要した。大きさは次の通り。

ダボとダボ穴の間には茶色の詰め物のように見えるものがあったが、茶色の下は黒色で、粘性があった。この物質については上條信彦（弘前大学人文学部）・氏家良博（弘前大学大学院理工学研究科）両先生に分析を依頼し、天然アスファルトとの結果を受けた。詳細は巻末の付章を参照されたい。



図 60 碑身と台石の間の銅板

(2) 銅板

碑身底部前面には台石との間に長さ 300～305mm、幅 90～93mm、厚さ 1mm 以下の銅板が二枚重ねで4箇所計8枚挟み込まれていた（図 60）。碑身底面の設置箇所には跡が残る。設置時の高さ調整用か、設置時の保護材か、用途は不明である。

3 碑身の搬出と修理施設

八卦堂自体を2m程ジャッキアップした上で、碑身を数10cmジャッキアップした。次に碑身を90°回転させ、油圧ジャッキで八卦堂内から外へ押し出した。ラフタークレーンを用いて碑身を釣り上げて、トレーラーに載せて公園内のテニスコートに仮設した修理施設に搬入した。

修理施設は仮設伸縮式テント倉庫で、屋根・壁は防水・防炎性のあるポリエステル幕材で、規模は幅8.0m、奥行き10.0m、高さ5.0mである。事務所としてユニットハウス（2.3m×3.0m内外）を一棟併設した。床面及び地盤面とした公園のテニスコートの舗装面をシートで養生し、盛土した上に、敷鉄板を敷設した。

修理施設の壁はテントの幕であり、部材や資材の盗難等に対しては充分ではなかったため、機械警備も検討したが、茨城県警による見回りの強化を依頼し、協力を得た。

第2節 搬出後の碑身の状況

碑身底面の一部には漆喰がついていたが、削り取ると底面はいくつもの亀裂で分断されていることが確認できた。

養生枠解体後、付着していた積年の埃をエアで吹き飛ばし、ブラッシングし、水拭き等を行った。記碑が八卦堂内に建っている状態では十分な観察ができなかったが、清掃後寝かせた状態で観察を行うと、今回の被災状況や以前の修理の状況が明らかとなってきた(図61)。

正面右側の碑文遺存箇所末端には剥離が見られた。碑身頭部左側の龍文付近は破片が貼り付けられているが、表面には凹凸があり、場所が異なる部分も見られた(図62)。打音調査により内部での空洞(ここでは、「浮き」と表現する)も確認された。このため、コンクリートに穴を開けファイバースコープで内部を検査したところ、内部には空隙やコンクリートガラ・木材片がある状況がモニターに映し出され、昭和28年の工事が良好ではないことが確認できた。



図61 移動直後の碑身の状況と碑身清掃の様子



図 62 ファイバースコープによる碑身内部の確認、遺存部の状況、浮きの打音検査による確認

第3節 碑身の解体

亀裂で分断されている隙間は幅の拡大が多くみられ、その隙間にはガラが詰まっているものもあり、修理のためには一旦解体しなければならなかった。その範囲は碑身の下半部に及んだ。結果的に解体した下半部をここでは解体部と呼び、特にスライスカットした碑文石以外の解体部を残存部と呼ぶことにする。

解体に際しては部材一つ一つに番号付けを行った。底部の解体では、底面も側面も多数の部材に分断されていた(図63)。底部の損傷は激しく、ダボ穴のすぐ上の部材は粉碎していた。大きな部材は200kg程あり、チェンブロック(手動クレーン)を用いた。亀裂の幅の広い部分もあり、碑身



図63 残存部の解体状況



図 64 解体した石材と被スライス石の保管状況

左下、残存部との境付近に、内部ではあるが亀裂を通して埃が溜まっていた場所もあった。

解体した石材と被スライス石は修理施設の中で保管した（図 62）。

第 4 節 遺存部の強化

碑身下半部の解体後、残された上半部を中心とする部分にも多数の亀裂があり、これらの解体も可能であったが、亀裂幅は 0.2～0.8mm と比較的狭く、碑身の外寸は大きく変わっていないと判断し、解体しないこととした。この部分を遺存部と呼ぶことにする。

遺存部には多数の亀裂や剥離が存在し、表面上は 70 数点のパーツに分断されており、一石としての強度は失われているため、エポキシ樹脂を注入し、一体化させる必要があった。

1 接着剤と接着方法

今回の修復は接着作業が主体となる。接着剤には主にエポキシ樹脂を使用する。エポキシ樹脂は接着力は優れており、使いやすく、精度の高い接着ができる。このため、現在、これに代わる石材接着剤はない。紫外線に当たると変色する欠点があるため、碑身表面では、変色のない無機系擬石材を用いることにした。

接着すべき石の大きさは様々で、場所による条件も課せられる。接着方法は塗布方法と注入方法がある。塗布方法は石材の大きさが手で持てる程度のものに限られる。注入方法は手動クレーンなどを用いるような石材が大きなもの、あるいは、解体できないものに用いる。

修復作業で使用した接着剤

用途	材種	タイプ・特徴	接着方法
石と石の接着	エポキシ樹脂	ゼリー状中粘度 グリース状高粘度	塗布方法
亀裂	エポキシ樹脂	亀裂幅 0.5mm 以下 液状低粘度 亀裂幅 0.5～1mm ゼリー状中粘度	注入
石と石の隙間	エポキシ樹脂	液状低粘度	注入 流し込み
石と石の大きな隙間	エポキシモルタル	高粘度エポキシ樹脂と珪砂の混合モルタル	鍍盛付け
文字面の下、背面・側面強化	アラミド繊維ライニング	アラミド繊維と高粘度エポキシ樹脂	複合ライニング
崩落文字接着	エポキシ樹脂	液状低粘度	注入 流し込み
碑身表面	無機系擬石材	寒水石粉末・珪砂・ホワイトセメント・水性アクリル樹脂の混合剤	鍍盛付け

(1) 長さのある亀裂への注入

0.5mm 以下の亀裂の場合、液状低粘度エポキシ樹脂を使用した。この場合、30cm 程度奥まで注入可能である。注入口の間隔は 10cm 前後とし、間にはシールをした（図 65～図 66）。シールには高粘度エポキシ樹脂を用いた。端の①から順に注入するが、隣の②の注入口から樹脂が出てきたら端の注入口①を塞ぎ、②から注入。③から樹脂がでてきたら②を塞ぐ。この方法を繰り返した。

0.5～1mm の亀裂の場合は、ゼリー状の中粘度のエポキシ樹脂を使用した。

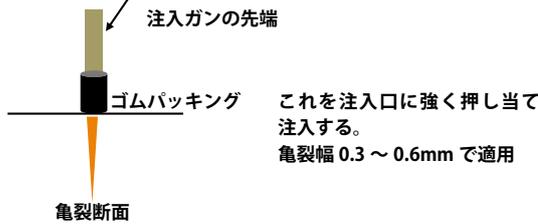
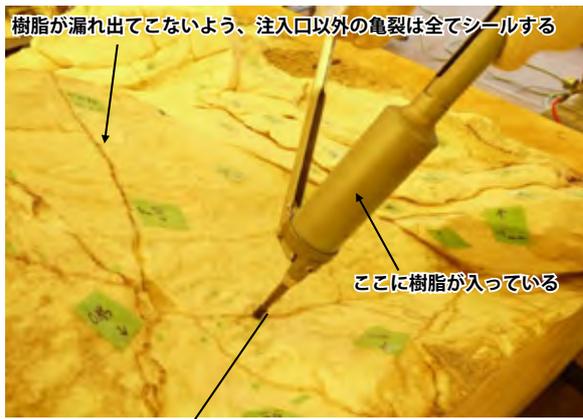
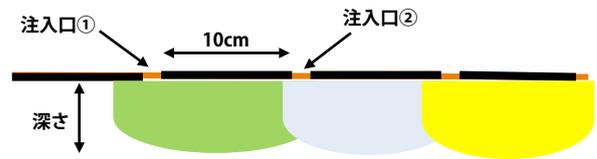


図 65 亀裂への注入方法



注入口①からの注入が、10cm 前後をとる。注入口②からの注入が、10cm 先の注入口①から出ると亀裂内部 10cm 奥まで注入されている。

図 66 長さのある亀裂への接着剤の注入方法

(2) 剥離・厚みのある隙間への注入

0.1mm 程度の微細な隙間にも注入可能な液状低粘度エポキシ樹脂を使用した。碑文のない被スライスなどからなる石下半部の解体部では、多数の注入口を設けて、各所から注入をした(図 67)。1箇所から一度に多量の注入はしない。注入した樹脂は最低部まで流下し、硬化して漏出箇所を塞ぐ。シール材には所々に小さい穴(2mm 位)を開けておき、一番下の穴から漏出があればそこまで樹脂がきていることの確認ができ、その穴を塞いで注入する。漏出は上部の穴へ移り、樹脂が入るまで注入を繰り返した。

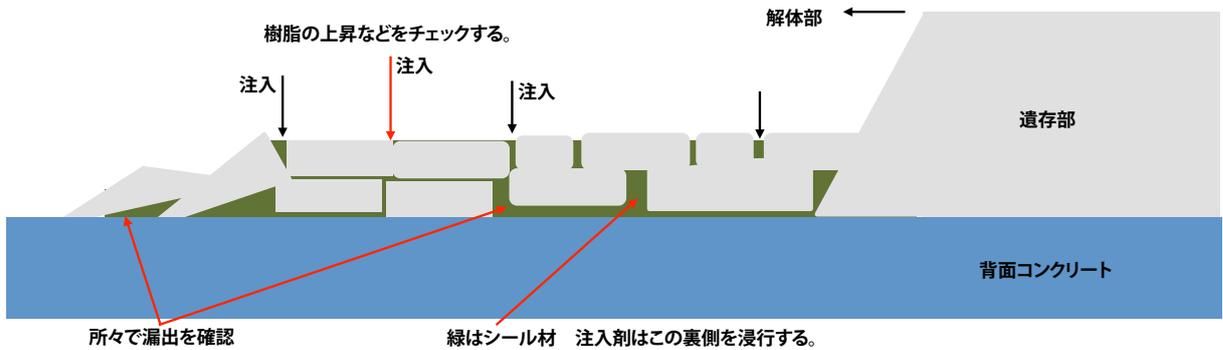


図 67 剥離・厚みのある隙間への接着剤の注入方法

2 寒水石の強化

遺存部の碑文に残る罫線が解体部の碑文修復の基準となる。遺存部の碑文・文様の下、すなわち遺存部の内部には空隙があることがわかっており、その修理のために直径4mmの孔を開け、ゼリー状の中粘度のエポキシ樹脂を注入した。なお、孔開けはドリルを用いるが、欠損して凹んだ部分や後補材の上で行っている。液状タイプの方が作業としては容易であるが、漏出しやすく、漏出した場合に周辺を汚すことになる。ここでは文字や文様が残る部分であるためそれを避けた。

碑身頭部中央の「弘道館記」の文字部分では、内部の空隙は5mm下と浅い位置にあった。ドリルで穴を開けると石材を損傷する恐れがあったため、僅かに開いていた亀裂に経1mmの注射器の針2本（1本は圧抜き用）を差し込み、無機系擬石材でシールした。シール材の硬化後、注射器でゆっくり注入した。表面が薄いため、僅かな注入圧力でも剥離させる危険性があったためである。この白い無機系擬石材は寒水石粉末・珪砂・ホワイトセメント・アクリル水溶液の混合したもので、最終的には周囲の色に合わせた（図68～図69）。

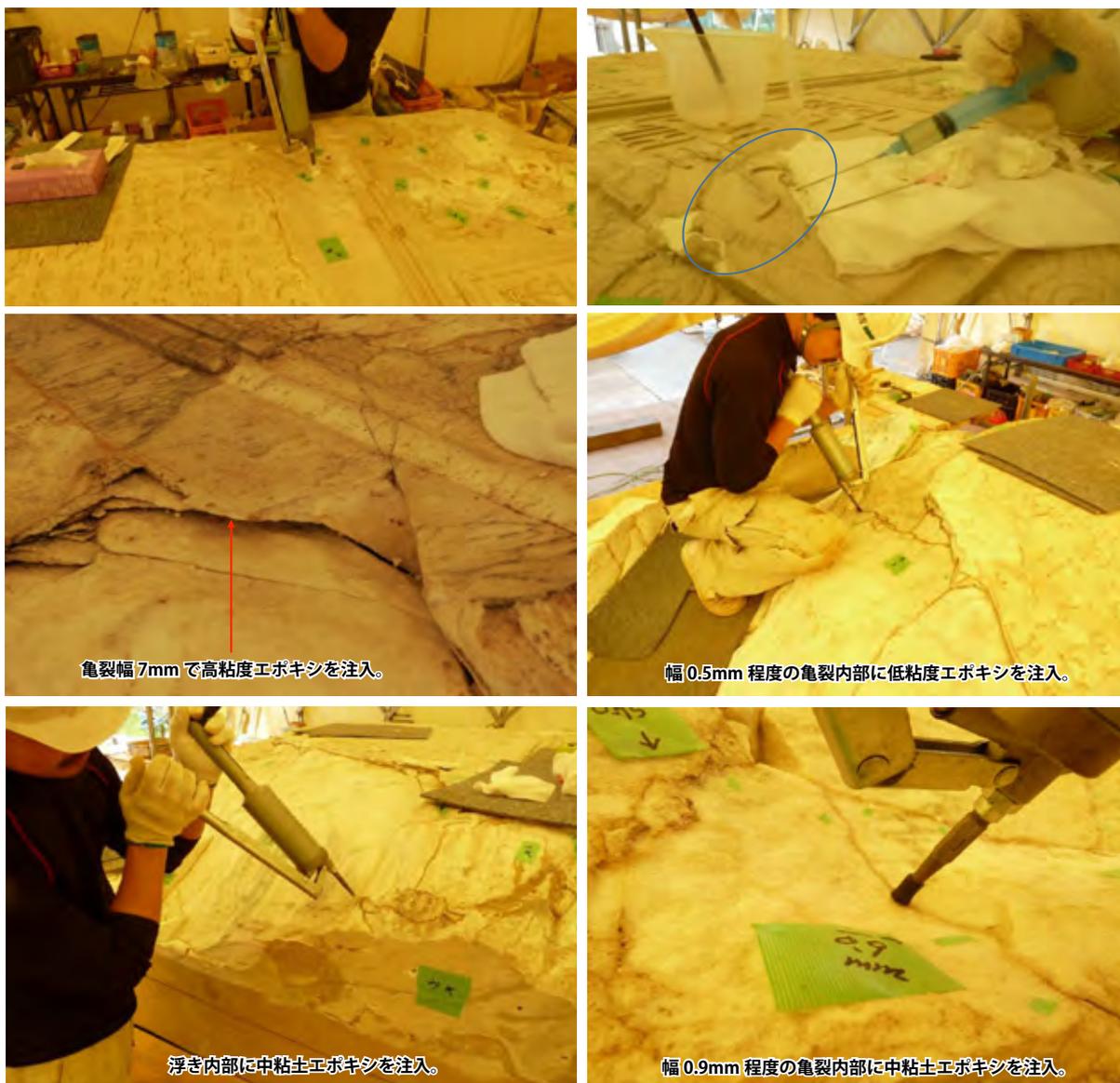


図68 寒水石強化の様子



図 69 寒水石強化の様子

3 補充コンクリートの強化

昭和 28 年の工事では碑身の欠損部分をコンクリートで補充している。これを補充コンクリートと呼ぶが、その状態が極めて悪かったため、液状低粘度エポキシ樹脂を注入し、強化することにした（図 70）。同時に寒水石とコンクリートの結合の強化も期待した。

コンクリートに錐で穴を開けるが、いきなり直径の大きいものを使うと衝撃で石の表面を損傷したり、ドリルの衝撃で怪我をすることもある。このため、まず小さな径のドリルを使い、順次太いものに変えていった。ここで用いた錐は径 8mm・長さ 450mm、径 10mm・長さ 600mm、径 15mm・長さ 1030mm である。樹脂の注入の位置によって径や長さを変えた。場所によってはボルト（径 12mm・長さ 1000mm）を挿入して強化した。



図 70 補充コンクリート強化の様子

第5節 碑文石

1 仮並べ

保管していた碑文石を並べ、拓本と照らし合わせて碑文石の有無を確認した。今回の東日本大震災で粉碎し欠失した部分も少なくなかった。残存した碑文石は鱗が重なるように、割断面は一定方向のものが多かったが、形状や奥行きは様々であり、仮並べも容易ではないため、砂場を作り、奥行きのあるものは深く埋めて配置や接合を検討した(図71)。文字を合わせるため石を重ねると、破損する恐れもあるため、砂場での検討は写真の程度に留めた。

碑文には柘目もあり、位置を確認できたものについては行数と列数を記しておいた。

2 碑文石のスライスカット

奥行きのある碑文石のスライスカットは実施設計時では20～30mmを予定していたが、石材をカットする石材店(桜川市真壁町、大倉産業(株))がその薄さでは破断する可能性を指摘し、50mmに変更した(図72)。カット後は碑文石が薄くなったため、配置の検討が容易になった。



図71 碑文石の仮並べ

図72 碑文石のスライス

薄く平滑になったので、並べやすくなっている。

第6節 残存部の再構成

1 解体した石材の接着

残存部（スライスカットされた碑文石以外の解体部）の解体が完了した後、背面コンクリートの最下部が現れ、碑身の底面は全て取り外されている（図73）。

接着は基本的には解体とは逆の工程となるが、大きな石材から手動クレーンを用いて接合作業を行う。この場合の接合では、ベルトが石に巻き付いているために、接合面を密着させることはできない。このため一旦、石を置いた後に梃子などを使ってベルトを抜き、密着する位置まで梃子などを使って動かしていく。接合面に接着剤を用いてベルトを使っていると、ベルトの引き抜きでベルトや他の石材を汚すことになる。樹脂で汚した部分はシンナーなどを使っても完全に拭き取ることは難しい。このため接着は注入法で行った。

碑身左下方で、左側面を有する部材は、接合断面が多く、接合関係が複雑であったが、手で持てる小片であったため、垂れのない高粘度タイプのエポキシ樹脂を塗布して使用した。

碑身の底面やスライスカットした石材など表面を構成する石材を戻す前に、これらの石材が接着される被スライス石などを接着した（図74～図75）。



図73 解体した石材の接着



図 74 解体した石材の接着

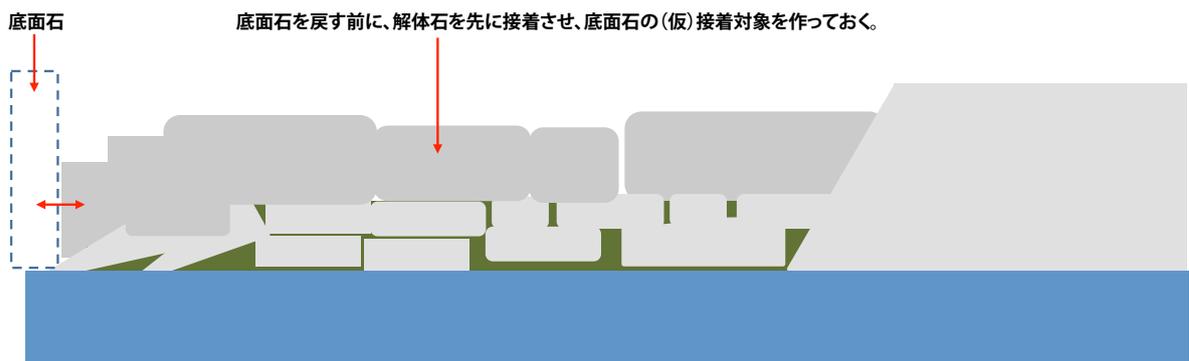


図 75 解体した石材の接着方法模式図

2 ステンレスボルトによる接着強化

解体石の接着後、穿孔し、低粘度エポキシ樹脂を注入し、ステンレスボルトを挿入した(図76)。ステンレスボルトには生産時の油が付着しており、予め使用前にシンナーを用いて洗浄した。ステンレスボルトの挿入は各所で行ったが、用いたボルトの径は6mm、8mm、10mm、12mmで、ボルト長は60mm、80mm、150mm、200mm、500mm、1000mmであった。石材の大きさに合わせてボルトの太さと長さを選択した。

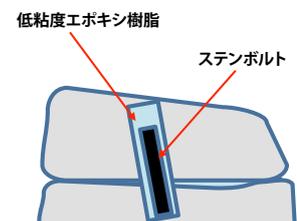


図 76 ステンレスボルトによる接着強化の模式図と作業の流れ

3 底面の組み立てと台石との収まり

接着の前に底面を構成する石材の仮組み立てを行い、台石との接合状況を確認した。向かって左側のダボ穴は途中で割断しており、解体石の接着によって再構成されることとなる（図77）。

碑身底面の修復では、底面と碑文表面を直角にすること、底面を平らにすることについても留意した。さらに、碑身底面の大きさと底石の碑身据え付け穴の大きさに余裕はなく嵌められていたため、接着剤使用による塗布の厚みで隙間が拡大し、修復後の寸法に変化がないように注意する必要がある。このため接着剤は薄く塗布する事が特に求められた。台石で碑身と接する前面および両側面は碑身の持ち上げのために掘削していたため、A碑身背面（台石西辺）の直線部、B碑身背面左底部（台石南西隅）の曲線部、C両ダボの間隔、D左側ダボ穴と背面との間隔、E右側ダボ穴と背面との間隔が合致させるポイントであった（図78）。

修復した碑身底面と台石がうまく接合するかのチェックには透明なアクリル板に台石のチェックポイントを写して、碑身底面に宛がい、全てのポイントが一致することを確認した。その後、底面の石どうしや底石と被スライス石の接着等に着手し、樹脂注入で周辺との一体化を図った（図79）。

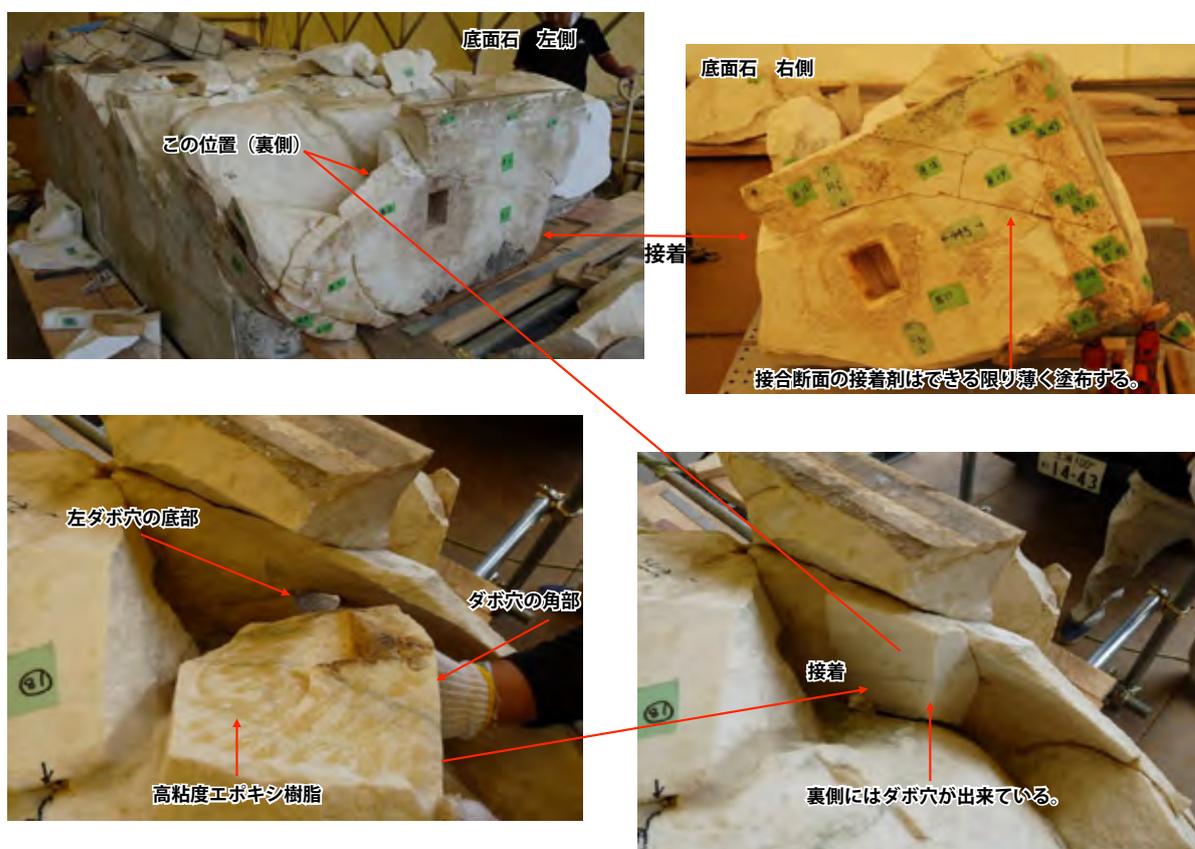


図77 底面の接着剤の塗布状況

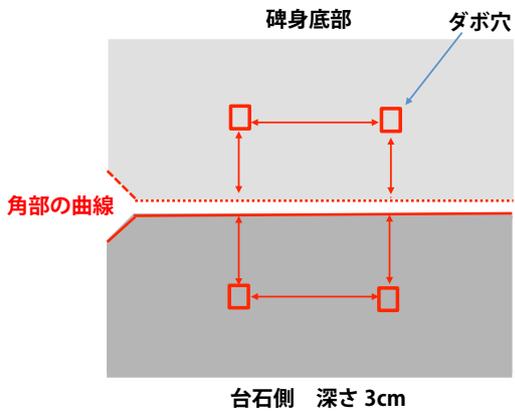


図 78 碑身底部と台石の接着関係



図 79 碑身底部の接合

4 被スライス石の接着

スライスカットされた碑文石のベースになる、被スライス石を仮並べし、接合状況を確認した上で、粉碎してしまった部分などは再利用できなかった寒水石を砕いて埋めた(図80)。

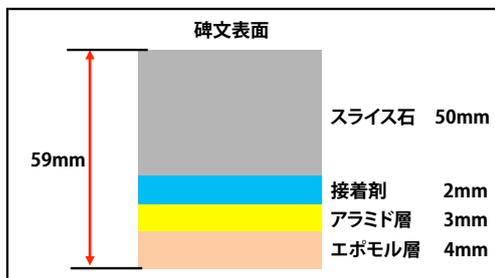
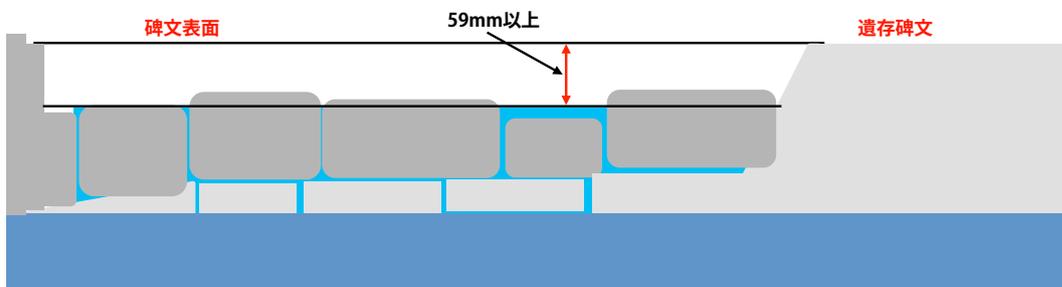
碑身側面の亀裂などには注入樹脂の漏出防止にエポキシモルタルを充填した。これは寒水石の粉末に珪砂(花崗岩が風化した砂で、白色から褐色をなす)を加え、エポキシ樹脂と混合したもので、薄い褐色の石のような風合いがあり、非常に強度もある。漏出防止後、低粘度エポキシ樹脂を隙間や亀裂に流し込み、空隙を樹脂で満たす。その施工状況を確認するために、碑身底面にドリルで孔を開けると、削り粕の粉で樹脂の到達状況が確認できた。孔のいくつかにはステンレスボルトを挿入し接着剤で強化した。



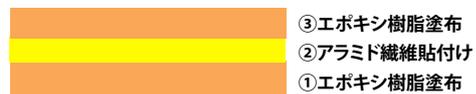
図80 被スライス石の接着と底部での確認

5 スライス石下面の高さの調整

スライスカットされた碑文石の厚さは50mmで、その接着には2mmを要す。その下地にはアラミド繊維ライニング層3mmを敷設するため、接合された被スライス石の上にエポキシモルタル4mm以上を盛りつけ、平滑な面を形成する。このため碑文の表面からは59mmのクリアランスが必要になり、研削しなければならないところがあった(図81)。茶色く見えるところが盛り付けたエポキシモルタルである。



* アラミド繊維ライニング アラミド繊維 化学合成繊維



エポキシ樹脂など合成接着剤と一緒に塗りつける事で強度を発揮する。コンクリート構造物の耐震補強に多く使われている。紫外線変色があるので、変色防止の塗装等が必要。

図 81 スライス石下面の高さ調整

第7節 碑身背面の処理

1 碑身の横転と背面コンクリートの除去

背面コンクリートを除去したり、碑身の背面を強化するためには仰向けに置いて修理してきた碑身を横転させて裏返す必要があった（図82）。

碑身に養生用の木枠を設置し、遺存碑文面などに発泡スチロールを被せて固定したが、碑身搬出時のように鉄骨で覆うような養生まではしなかった（図83左）。

背面コンクリートの除去では、碑身を水平に置くよりも斜めに置いた方が除去の作業効率が良かったため、碑身の横転にはクレーン車を用い（図83右）、ワイヤーで釣り上げ横向きにし、ワイヤーをかけ直して意図した角度に設置した。横転後は、砂を詰めた大型土嚢10袋を片側に置いた（図84）。

コンクリートと寒水石との接着度が高いと寒水石を傷つけないようにコンクリートを取ることは容易ではないため、背面コンクリートの除去は専門業者に委託して行った。碑身の解体前、背面コ



図82 除去する背面コンクリート



図83 碑身の横転・クレーン車による吊り上げ



図84 横転後の碑身と背面コンクリートの除去

ンクリートが碑身と一体性を良くするために接合部に鉄筋を入れるなどしているのではないかと心配していたが、境界面近くでは掘削器具の振動だけで剥がれ、鉄筋などもなく、この作業による寒水石への損傷もほとんどなかった。

碑身頂部から碑身左側上部背面（背面に向かって右側）が大きく欠損しており、昭和28年の工事でコンクリートで埋められている。コンクリートにはセメントが不足しており、寒水石の塊が埋め込まれていた他、亀裂、隙間が多く、木材も混入し、戦後八年の物資不足の中での工事とは言え、施工内容は粗雑であった。碑身左背面角で補充コンクリートが薄くなる場所では背面コンクリート除去中に補充コンクリートが崩壊した部分もあった。

碑身の側面にはこのコンクリートを隠すために昭和48年の修理で設けられた、厚さ約2mmのエポキシ樹脂の塗膜があり、今回はこの塗膜全てを除去し、昭和28年施工の補充コンクリートの範囲、厚みなどを確認した。碑身本来の容積からすると欠損部にいれた補充コンクリートは3割程度を占める。



図 85 背面コンクリート除去後の状況

2 碑身背面の強化

碑身の背面が初めて露わになり、寒水石の露出した部分では亀裂や表側から注入した樹脂の漏出が確認できた他、補充コンクリートと接する部分では内部の空洞（浮き）が見付き、樹脂注入、ステンレスボルト挿入による強化を行った（図 86）。

補充コンクリートの表面には凹凸があり、寒水石の面と合わせて平らにする必要があった。背面



図 86 ステンレスボルト挿入による強化

コンクリートに混ざっていた寒水石を 1-3cm に砕いて粒石にし、窪んだ部分に詰め込んで平らにした。その隙間には低粘度エポキシ樹脂を流し込み、下の補充コンクリートの間隙を満たした上で粒石を満たし、補充コンクリートと一体化させた。粒石の上にエポキシモルタルを盛りつけて鏝で均し、寒水石とコンクリートの表面の段差をなくした。エポキシモルタルの硬化後、ディスクサンダーで鏝目、突起物などを研磨して、平滑にした（図 87）。さらに平滑にするために、高粘度エポキシ樹脂に珪砂 8 号粉末を混ぜて一段と高粘度にし、平滑に仕上げた。

この上にエポキシ樹脂を塗布し、アラミド繊維を貼り、さらにエポキシ樹脂を塗布してアラミド繊維ライニング層とした。アラミド繊維は主鎖に芳香族環をもつ、ポリアミドの合成繊維である。ポリアミドは分子内にアミド結合をもつ高分子の総称で、脂肪酸ポリアミド（ナイロン）と区別するために名付けられた。アラミド繊維ライニングはアラミド繊維をエポキシ樹脂の塗布で挟んだもので、コンクリート構造物の耐震補強に多く使われている。アラミド繊維の貼り付けで空気が入らないようにすることが肝要であるが、そのための下地が珪砂を入れた高粘度エポキシモルタルであった。

アラミド繊維ライニング層の上に、仕上げ材として寒水石粉末、珪砂粉末、ホワイトセメント、アクリル水溶液を混合したペースト状の擬石材をアラミド繊維ライニング層が見えなくなるまで鏝で塗布した。塗布は 2 回で、厚さは 2mm（図 88）。



図 87 樹脂によるコンクリートの凹凸修正の状況



図 88 アラミド繊維ライニングと擬石材による表面仕上げ

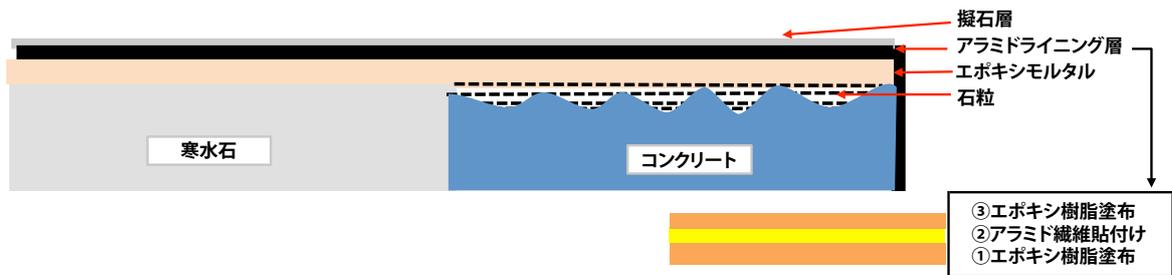


図 89 背面補強の断面模式図

3 碑身の再度横転

碑身の横転時と同じ方法で再度横転させ、碑面を上向きで水平にした。

第8節 碑文石の修復

1 アラミド繊維の貼り付け

碑身を上向きにし、解体部の上面ではエポキシモルタルで平らにした上に高粘度エポキシ樹脂を塗布し、アラミド繊維を貼り付け、その上から中粘度のエポキシ樹脂を塗布した（図 89）。これによって碑文石貼り付けの下地ができた。

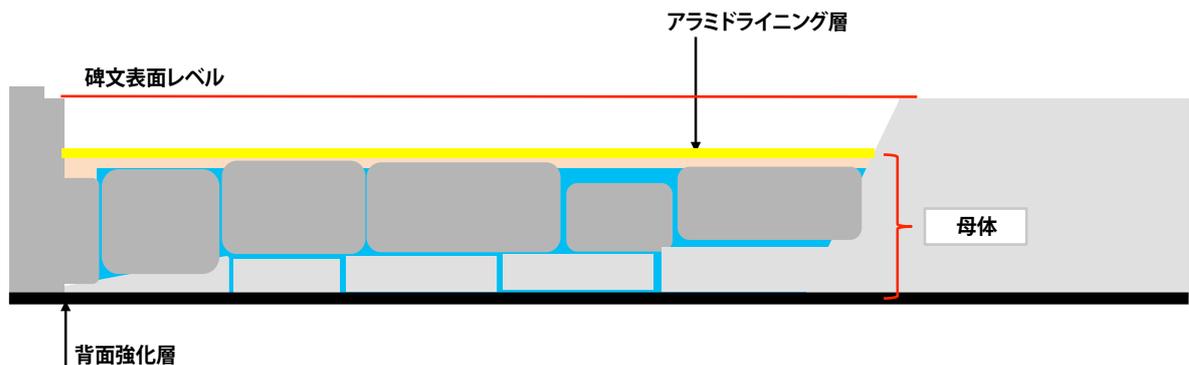


図 90 碑身表面の断面模式図とアラミド繊維ライニングの流れ

2 下地高さと遺存碑面の確認

碑身底部近くの碑面と解体しなかった遺存部の碑文に定規を渡し、スライスカットされた碑文石の厚さ 50mm + 樹脂厚 2mm の 52mm 以上が確保されているか確認をした（図 91）。

解体せずに済んだ遺存部の碑面は崩落石材回収後の点検以来、全く平らであると認識していたが、実際には碑文左端中央付近が 1～2mm 低いところがあることを確認できた。その低い遺存部分を基準に平面を延長すると碑身底近くの碑面との間に 10mm 程度の段差が生じてしまうため、緩やかに擦り付けるようにした（図 92）。

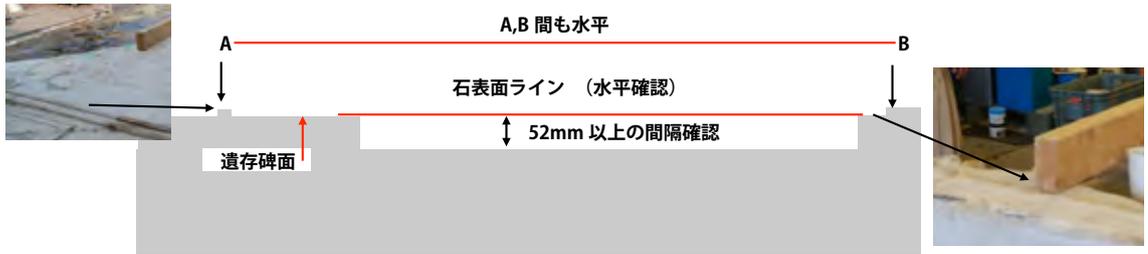
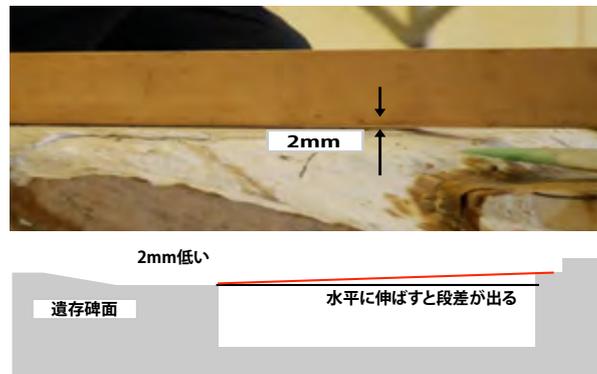


図 91 下地高さの確認状況



スペーサーを差し込み

図 92 遺存碑面と仕上げ面の擦り付け

3 仮並べ

スライスカットされた碑文石を再度、位置等確認のため仮並べをした(図 93)。

4 縦横罫線の線引き

アラミド繊維ライニング層の上に、遺存(残存)碑文の罫線を延長し、その垂直投影位置に行と列の線を引いた(図 94)。一旦石を置くとこの線は見えなくなるため、その後は石の上面を這わせた糸や金定規が基準となった。



図 93 仮並べの状況



図 94 縦横罫線の線引きの様子

5 碑文石の仮設置

遺存碑文の柁目から水系や金定規を延長し、縦横の位置を確認して碑文石を仮設置した。同時に金定規を立てて当て、定規の下に隙間ができていないか確認し、微妙な高さ調整には小石やナット、ワッシャーをスペーサーとして挟んだ。大きな隙間にはエポキシモルタルを詰めた(図95～図96)。



、さらに石を上げる。



線の位置が合っていないため、手前の石を動かして修正



石を上げて、定規に密着させる。

スペーサーを差し込み、さらに石を上げる。

ここに隙間があるので石は水平ではない。



図 95 碑文石の仮設置



図 96 碑文石の仮設置

6 碑文石の本接着

碑文石は仮に設置しただけであるため、本接着の前には再三、碑文石の水平度、文字列の縦横の直線の通りを確認した。個々の部材の接着を行う方法では碑文石の位置、高さ、向きなどの相互の微調整は難しかったが、仮接着後の流し込みの手法を用いることにより、それが可能となった。接着は接合部の隙間から低粘度エポキシ樹脂の注入、流し込みを行った。流し込みでは樹脂が文字面に溢れないように少量ずつ行った。

碑文石は鱗が重なるように割断されているため、隣り合う石材と重なり合い、流し込みにくいところや空気の逃げ場がなく溢れ出るようなところもある。このようなところを見つけて注射器で少しずつ注入したり、ドリルで孔を開け樹脂を注入してステンレスボルトを挿入した（図97～図98）。



図97 碑文石の本接着状況

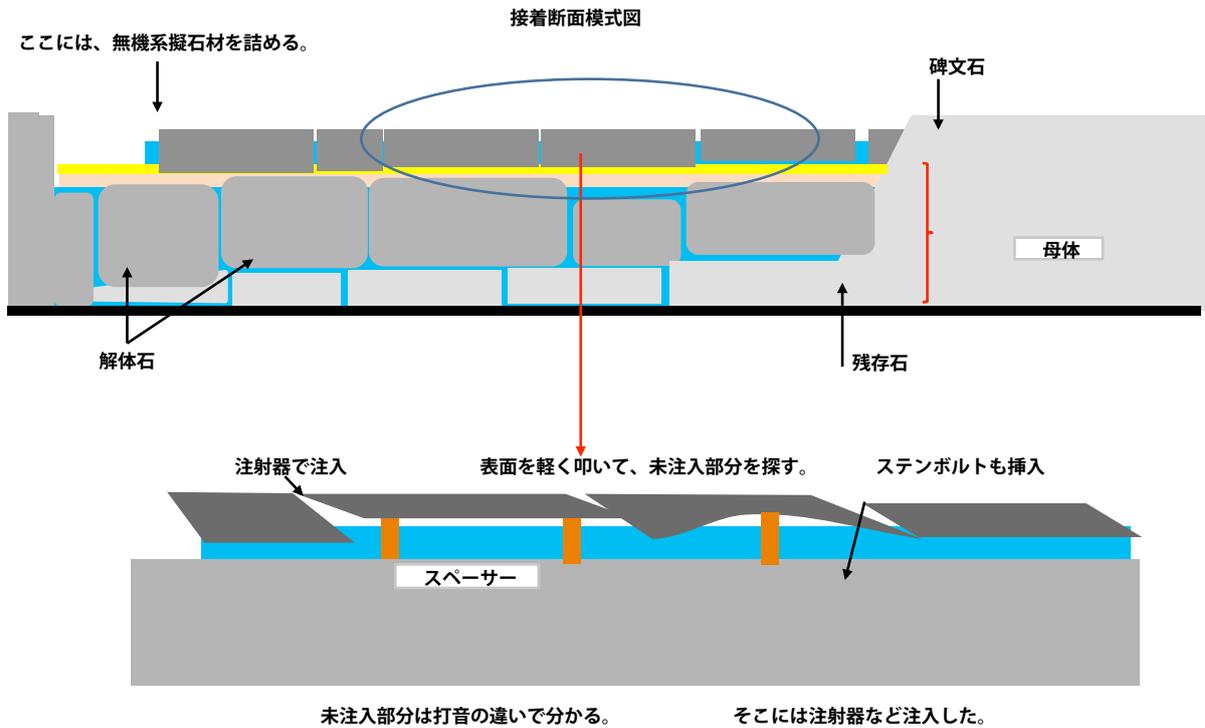


図 98 碑文石の接着断面模式図

7 碑文石欠失部

碑文には震災以前から文字部分が欠失しているところがあり、今回新たに欠失した部分もある。これらには寒水石碎石を敷いて、エポキシ樹脂を流し込み、無機系擬石モルタルを碑文面より 3mm 下がりで盛り付けて仕上げた (図 99)。無機系擬石モルタルはホワイトセメント、寒水石の石粒と粉末、珪砂、アクリル水溶液の混合モルタルであり、硬化後には寒水石風の風合いを出す。無機系擬石モルタルはエポキシ樹脂のような紫外線による変色がないため、表面の盛り付け、塗布は全てこの擬石材を用いた。



図 99 碑文石欠失部の仕上げ

8 側面の仕上げ

碑身側面の表面も欠失した部分が少なくなく、そこにはエポキシモルタルを盛り付け、無機系擬石モルタルを塗って平らに仕上げた（図100）。



9 文字小片の特定と接着

修理施設では大きさ 3cm 程度、厚さ 1cm 以下の小片 20 数個の位置が特定できずに残った。事務所に持ち帰り、遺物の平滑部分や罫線、刻字部分の特徴をそれぞれ黄緑・黒・赤で附箋に記し、戦災前の拓本と見比べた。作業スペースの関係ではじめは 80% コピーの拓本で検討したが、原寸大のものを用いて、現物とも見比べながら検討することが有効であった。

小片については碑身建立後も貼り付けていたが、特定した部分は一段低い擬石部分であり、可変速度対応の電動ルーターを用いてカットし、文字小片をエポキシ樹脂で接着し、周囲を擬石モルタルで埋めた。

罫線だけのものなど、どうしても特定できなかったものは 7 つであった (図 101)。

なお、碑身の底面は擬石モルタルで一旦仕上げたが (図 102 上段・中段)、碑身と台石を接着することになり、台石の修理の後、碑身の設置までには底面の擬石モルタルを剥がし、寒水石およびエポキシモルタルを露出させた (図 102 下段)。



どうしても同定が出来なかった文字片 7 個
大きさ 10mm 位、厚さ 5mm

図 101 文字小片の特定と接着



図 102 碑身設置前の完成状況

第9節 台石の修復

1 被覆コンクリートの除去

碑身搬出後、碑身の修復を進めてきたため、台石はしばらくそのままにしていたが、修理も終盤になって台石の修復に着手した。

台石上面は既に碑身の引き抜きのためにコンクリートを除去していたが、四周には30～40cmの厚みで、高さは床埋設部分まで含めると約40cmでコンクリートが残っていた。この荒削りでの除去は専門業者に委託して行った(図103)。その後、寒水石の台石に直接付着しているコンクリートの除去は修復業者で行った(図104)。小型の削り器はつを用いて寒水石を傷つけないように慎重に作業したが、台石のコンクリートは碑身の背面コンクリートより固く、寒水石への付着力も強かった。

露わになった台石は、亀裂、剥離、空隙が全体に見られ、保存状況は極めて悪く、コンクリートで全体を被覆せざるを得なかった理由がわかるようであった(図105)。両ホゾ穴には前後に目立つ幅の亀裂が延びるが、碑身の下にあたる部分よりも被熱した外縁部の損傷の方が著しい。台石表面の損傷は戦災によるものであるが、コンクリートの被覆がなかったら、今回の地震で碑身の揺れがホゾを通して台石に衝撃を与え、台石の損傷部が外側へ崩壊し、碑身も倒壊した可能性が考えられる(図106)。



図103 碑身搬出後の台石の状況とコンクリートの1次除去



図 104 台石コンクリートの 2 次除去

2 台石の修復

台石を被覆コンクリートのない状態にし、当初の外観に戻すためには、碑身の荷重に耐えられるようにするため、次のような強固な処置が必要になる。

- ① 亀裂・剥離の内部にはエポキシ樹脂を奥まで注入、分断されている台石を一体化させる。
- ② 容易に剥がれる剥離片は一旦解体し、エポキシ樹脂を塗布して元の位置に接着する。
- ③ 欠損部は、寒水石の石塊・石粒を埋め込み、擬石材盛り付けで整形・修景を施す。

(1) 台石の一体化

台石の剥離・亀裂の修復では、台石の亀裂表面には漏れ防止シールを施し、樹脂注入用の孔を開け、そこから低粘度エポキシ樹脂を多量に注入して一体化を図った。注入口の沈降速度が速い時、樹脂は版築層にも達しているとみた。沈降速度が遅くなると、版築層への浸透は終わったと判断した。この作業は 2・3 日に分けて行った。一気に入れすぎると高温を発生し、時に煙りを発生する場合もあり、強度を発揮しないためである。注入口からの沈降が遅くなっても注入を続けると、樹脂は横方向へ進み、台石内部の亀裂や剥離などに浸透するようになり、注入口から 1 m 程離れた別の注入口や亀裂からも樹脂が溢れ出すようになる。溢れ出した箇所は漏れ止めをして、さらに注入し、沈降が止まるまで繰り返す。なお、注入量の多かった孔にはステンレスボルトを挿入した。

左右のダボ穴については、横断する亀裂があり、エポキシ樹脂を十分に注入した。亀裂部分の注入孔は一定間隔で交互になるように配置し、斜めに穿った（図 107）。亀裂が細いので、注入器で圧注入をし、径 8mm 長さ 80mm のステンレスボルトを挿入して固定した。



図 105 台石の損傷状況

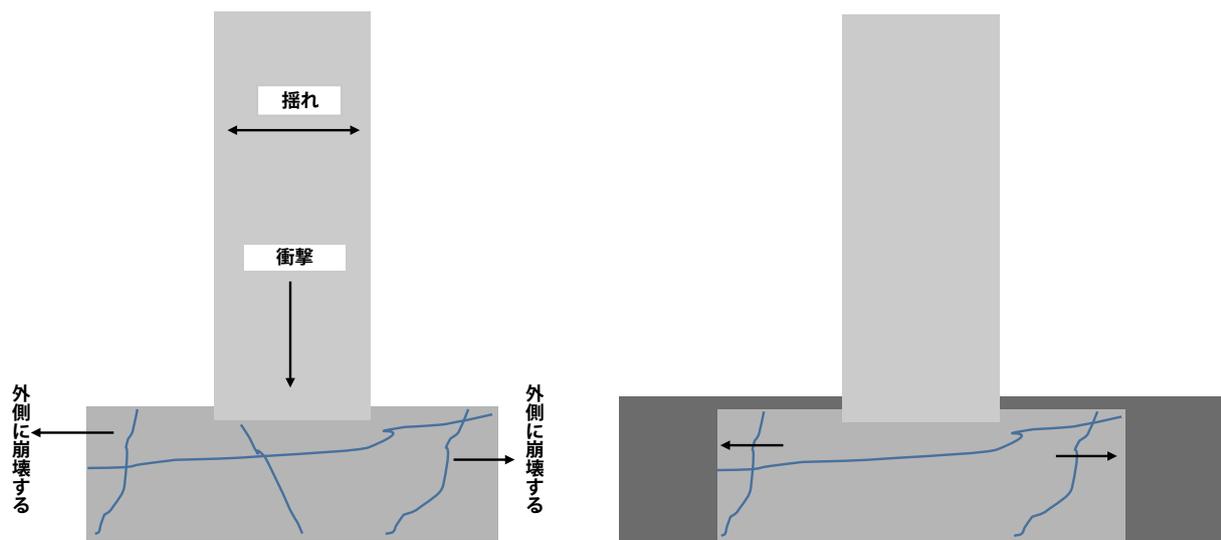


図 106 地震発生時の台石と被覆コンクリートの力学的関係模式図

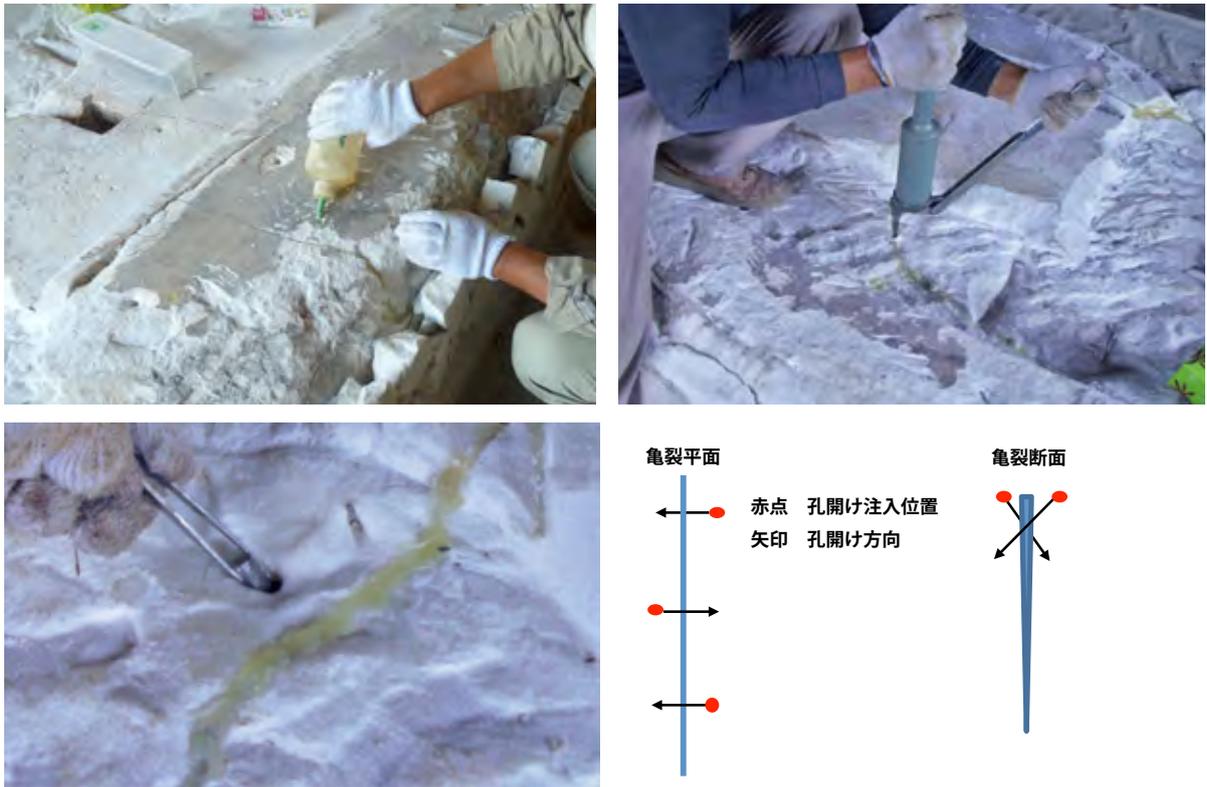


図 107 エポキシ樹脂とステンレスボルトによる台石強化の模式図

(2) 剥離片の接着

容易に剥がし得る石材は一旦剥がし、高粘度エポキシ樹脂を塗布して接着させた。硬化するまでは荷締めベルトで締め付けて固定した (図 108)。



図 108 剥離片の接着状況と荷締めベルトによる締め付け状況

(3) 欠損部の修理

台石背面の上部は大きく欠損していた。このため、被覆コンクリートに混じていた寒水石を適度に切りそろえ、速乾性のエポキシ樹脂を石垣のように貼り付けた (図 107 左上)。石の隙間には擬石材を詰め込み、貼り石の裏側には寒水石の石塊や粒、中粘度のエポキシ樹脂を混合した樹脂コンクリートで間詰めをした (図 109)。

角部の欠損部では型枠を造り、石材に高粘度エポキシ樹脂を塗布して嵌め込み、隙間には樹脂コンクリートを間詰めした。硬化後、型枠を外して表面の凹凸を擬石モルタルで整形した。



図 109 樹脂コンクリートによる台石欠損部の修理と擬石モルタルによる整形

第 10 節 碑身の搬入と設置

1 碑身の搬入

修理を終えた碑身は発砲スチロール、ベニヤ板を用いて養生し、鋼材で枠を設置した（図 110）。

修理施設からは碑身をクレーンで吊り上げ、トラックに載せ、神社前の広場に一旦寝かせた状態で降ろした。次にクレーンで垂直に立てた後に吊り上げ、再び揚屋した八卦堂の前に設置したレールに降ろした。レールの上を油圧ジャッキで押しながら、コロの回転で移動させた（図 111）。

堂内では碑身を時計回りに 90°回転させ（図 112）、平面的な位置を微調整で合わせて、ダボとダボ穴を合致させた。金属製ダボは表面の錆を落として、エポキシ樹脂の塗布による防錆処理を施したものをを用いた（図 113）。

碑身を立てた後、転倒防止枠を残して、搬入設置用の型枠・養生材を撤去し、碑身の正面と側面から垂直度を計測し確認した（図 114）。



図 110 修理後の碑身の養生



図 111 修理を終えた碑身の八卦堂内への搬入



図 112 八卦堂内への搬入完了状況



図 113 ダボと台石への碑身の設置

2 台石と碑身の接着

当初の計画では、碑身は台石の上に創建時と同様に漆喰を間に挟んで載せるというものであった。しかしながら、碑身・台石ともに損傷が著しかったため、地震時でも転倒しないように接着によって一体化を図ることに変更した。不可逆的な修理に抵抗感がなかったわけではないが、戦災・震災で大きな被害を受けており、これ以上の損傷がないようにとの思いからの決定であった。

前節でも述べたが、碑身と台石の接合部分が一体化しやすいように、碑身の底面は擬石モルタルを剥がして研磨し、寒水石とエポキシモルタルの面を露出させた。エポキシ樹脂の接着力は前者よりも後者の方が大きいためである。また、エポキシ樹脂の注入は模式図のような構造で行った(図

115)。碑身と台石の接合線は擬石モルタルでシール（閉塞）し、樹脂の漏れを防いだ。注入用ホースAから低粘度エポキシ樹脂を注入する。樹脂は矢印に沿って進行する。注入用ホース①から樹脂が出てきたらそこを塞いで注入を続ける。注入用ホース②から樹脂が出てきたらそこを塞いで注入を続ける。これを繰り返して底面部全体に樹脂を充填する。そこが満たされると、樹脂はダボ穴を上昇し、碑身のダボ穴よりも上の位置からダボ穴に向けて空気の抜ける孔（圧抜き孔）から出てくる（図116）。その孔に径20mm長さ300mmのステンレスボルトを挿入し、補強を行った。

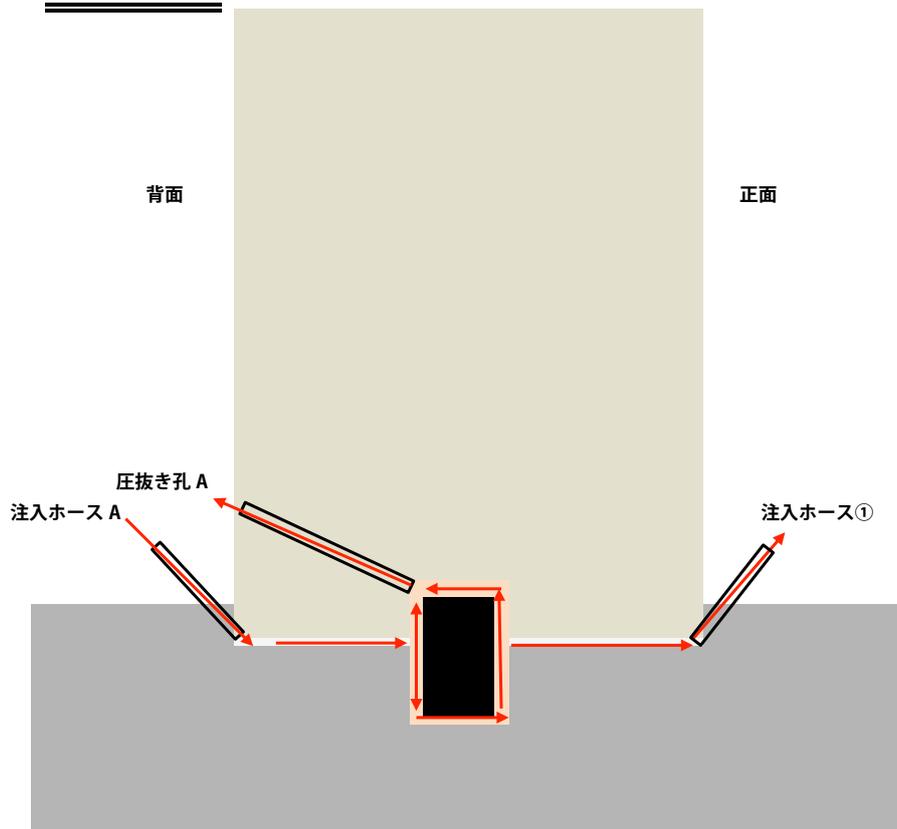
碑身と台石の接着後、転倒防止材を撤去した上で、台石上面の掘削部の修理を行った。寒水石粒を敷き詰め、エポキシ樹脂を流し込み、擬石モルタルを盛り付け、鍍で平滑に均して仕上げた（図117）。

碑身・台石ともに擬石モルタルの最終の仕上げ盛り付けを行い、その後、表面研磨により、鍍目の研削を行い、寒水石風の色合いと感触を出すようにした。



図114 碑身の設置と垂直度の計測状況

側面模式図



平面図

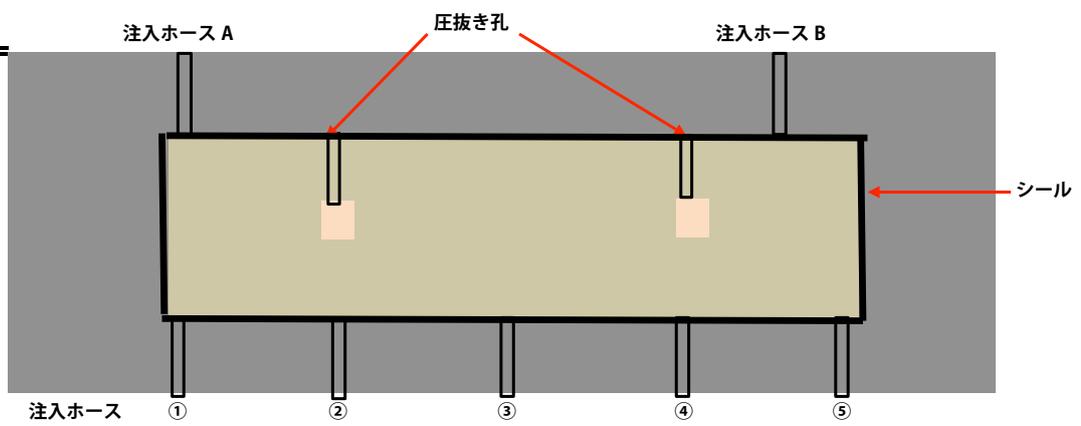


図 115 碑身と台石部の接合状況側面・平面模式図



図 116 エポキシ樹脂注入用ホース表側と圧抜き孔 A から出てきた注入樹脂



図 117 台石掘削部の修理と擬石モルタル仕上げ



図 118 弘道館記念碑の竣工検査

第 11 節 弘道館記念碑復旧のまとめ

前述のような作業によって、弘道館記念碑は復旧することができた（図 118）。

ここでは碑面の変遷を辿っておこう。天保 12 年（1841）、碑面のできた時、徳川齊昭（烈公）は工人に命じて碑面から拓本数十枚を採らせる一方、碑面の保護のためにこれと寸分違わない版木も作らせたという（名越漠然『水戸弘道館大観』昭和 19 年発行 昭和 56 年復刻版）。戦災前の拓本を図 119 に掲げた。これは搦本（石摺）か、木摺かは不明であるが、弘道館事務所所蔵の拓本を平成 10 年に写真を使って 80% に縮小したものがベースとなっており、それをオルソフォト（中心投影の写真を正射投影に変換したもの）としてデータ化したものである。図 120 は被災前の平成 19 年 10 月 26 日、図 121 は復旧後の平成 27 年 2 月 8 日にそれぞれ計測を行い、データ化したもので、いずれも有限会社三井考測のご厚意により提供を受けたものである。

図 122 は震災前の図 120 と復旧後の図 121 の碑文部分を重ね合わせて、今回の震災で被災した部分を明示したもので、被害が少なくなかったことが明らかである。これらの部分は粉碎して破片も見つからず、修復が不可能であった。

碑文を囲む四方の造り出しの額縁も今回失われた部分があるが、底部の額縁は震災前には台石を覆う被覆コンクリートの中に隠れていたが、今回の修復でそれを取り除くことによって現すことができた。これは碑身と台石の強化によって本来的な形状を取り戻すことができたことによるものである。

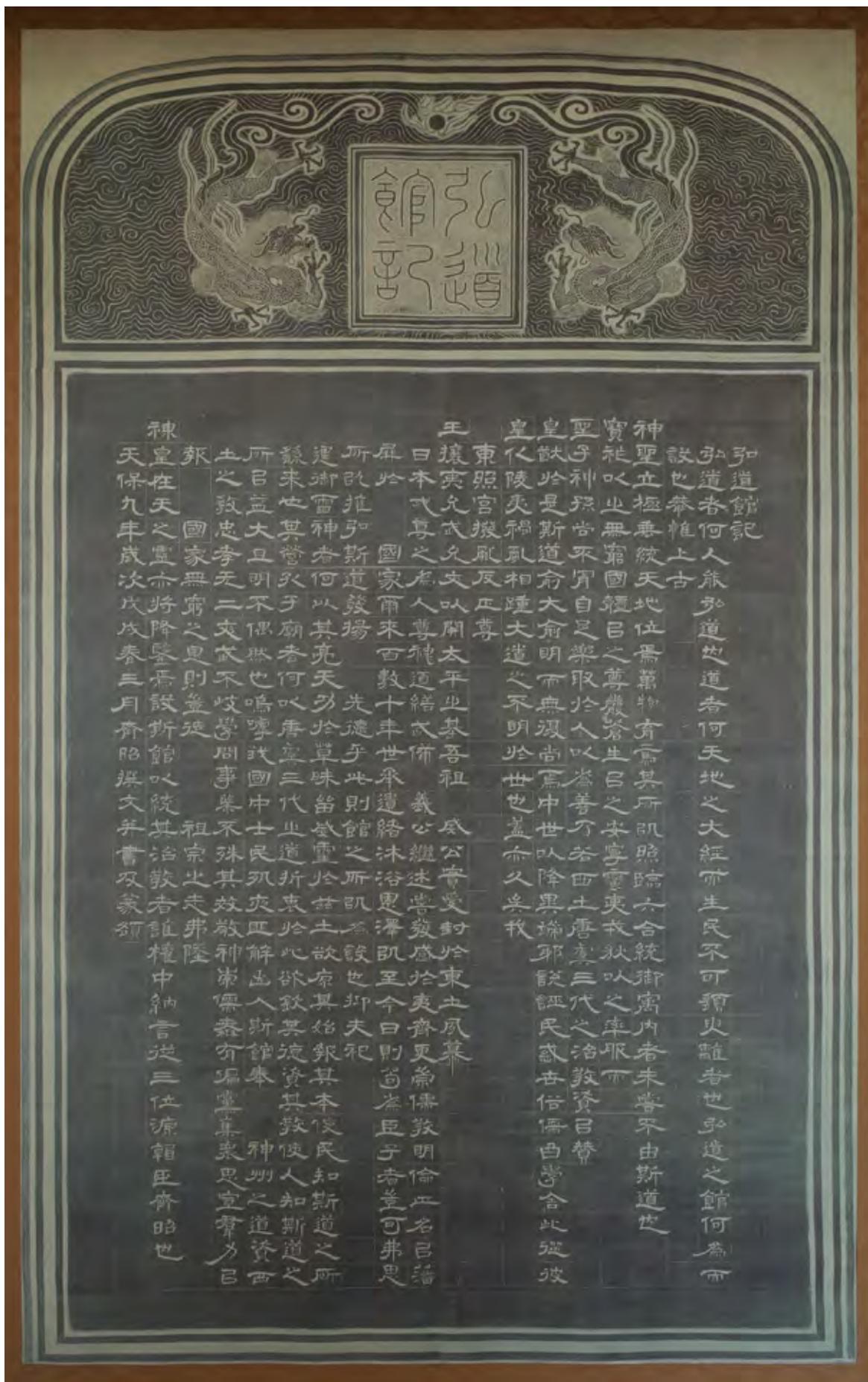


図 119 戦前に採拓された弘道館記碑の拓本のオルソ画像 (有限会社三井考測作成・提供)



図 120 被災前の弘道館記碑の写真計測図（有限会社三井考測作成・提供）

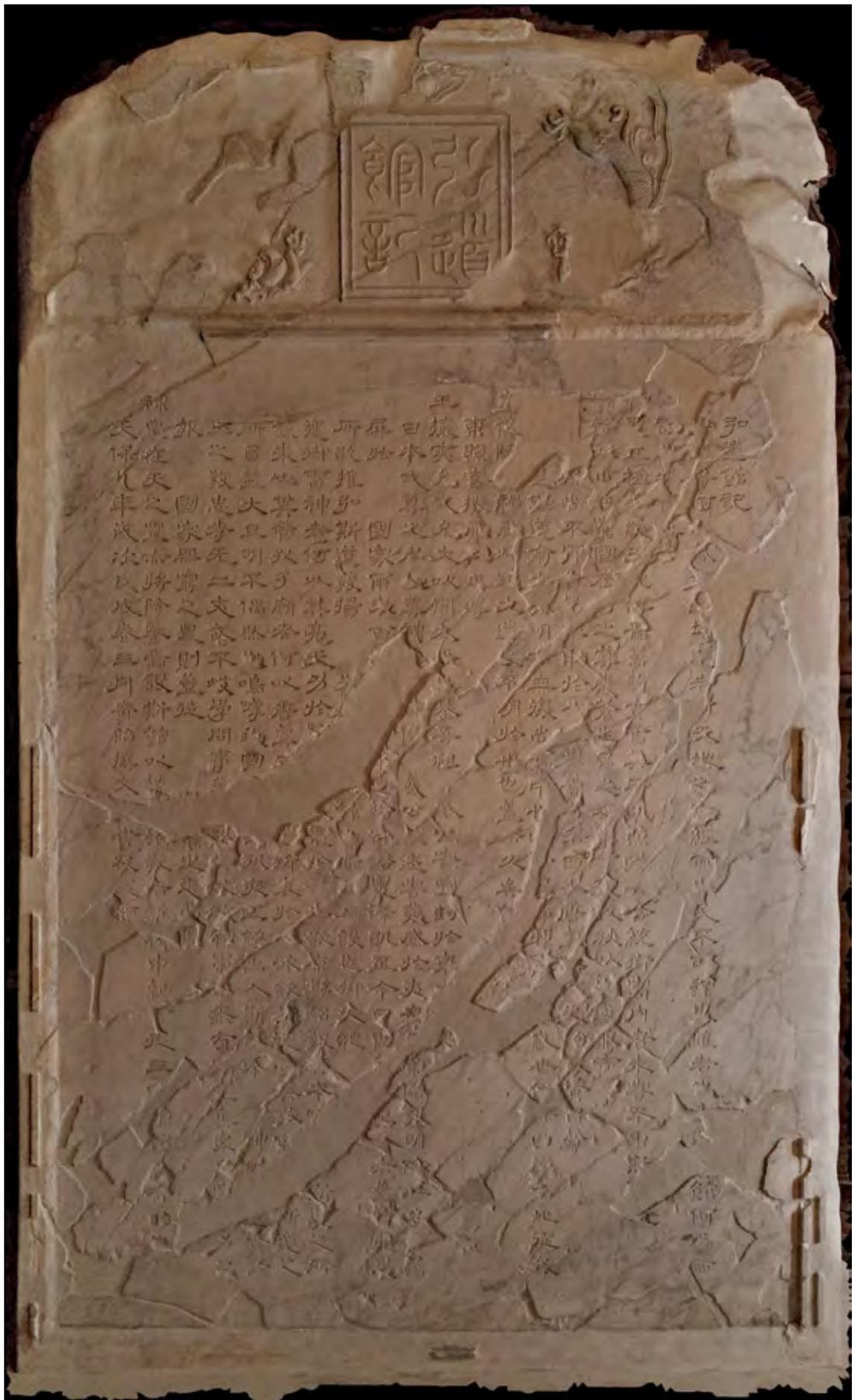


図 121 修復後の弘道館記碑の写真計測図 (有限会社三井考測作成・提供)

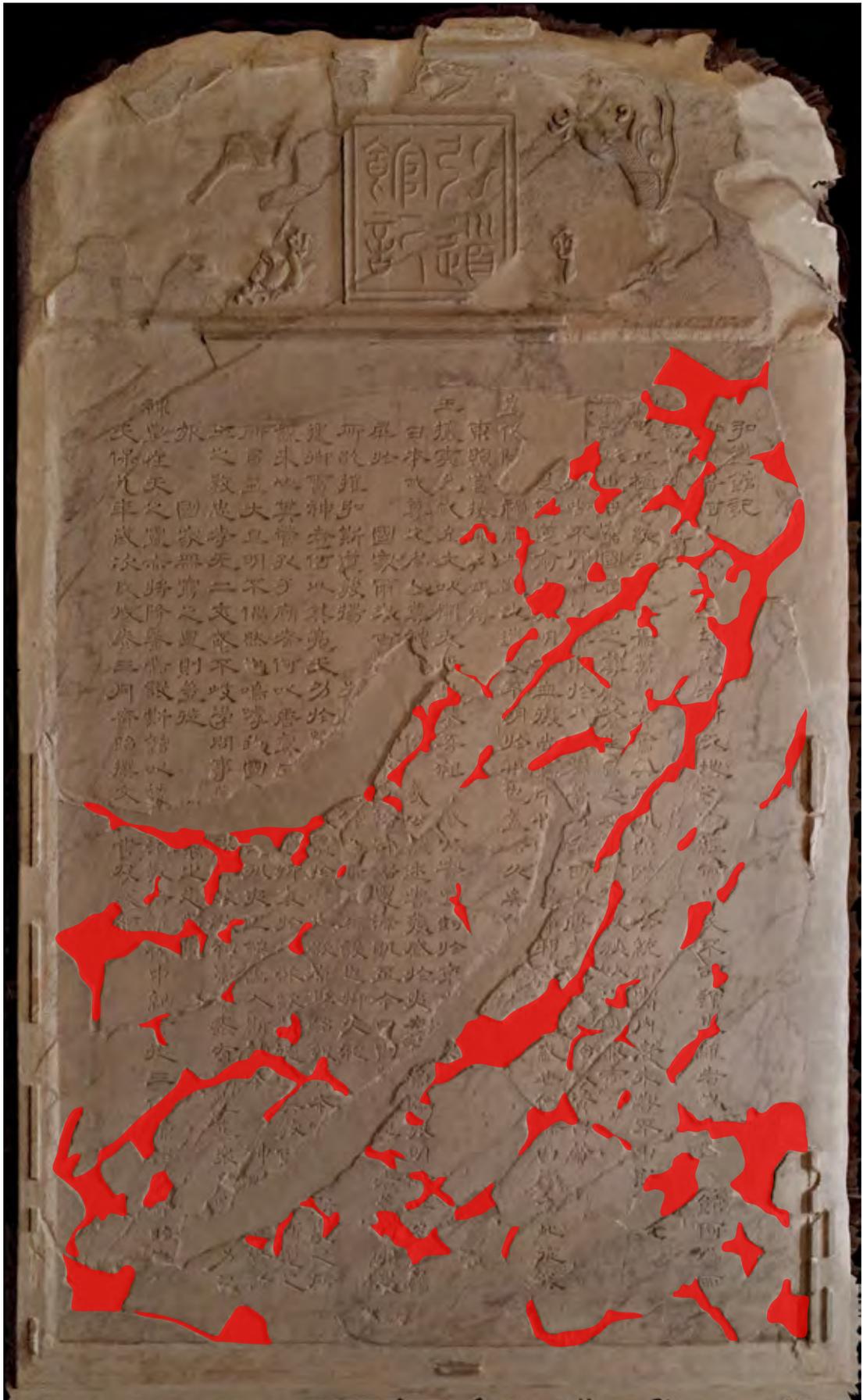


図 122 東日本大震災による弘道館記碑の欠落箇所

(茶色の網掛けが東日本大震災による欠落箇所。有限会社三井考測作成・提供図に加筆)



図 123 修復後の弘道館記碑（全体・頭部）



図 124 修復後の弘道館記碑（側面）



図 125 修復後の弘道館記碑（台石）