

特別史跡原爆ドーム保存技術指導委員会 会議要旨

1 開催日時 令和8年6月29日（月）14：00～16：00

2 開催場所 広島市平和記念公園レストハウス3階多目的室（web会議併用）

3 出席者

(1) 委員

・対面出席

三浦正幸委員（委員長）、中山俊介委員（副委員長）、山田明委員、花里利一委員、
水田丞委員、西澤英和委員、正橋直哉委員、青木孝義委員

・リモート出席

棚橋久美子委員、北川良和委員

(2) オブザーバー

文化庁 平澤毅主任文化財調査官

(3) 事務局

市民局文化スポーツ部文化振興課文化財担当

都市整備局緑化推進部公園整備課

(4) その他

中外テクノス株式会社

4 議事

(1) 委員長及び副委員長の選出について

(2) 原爆ドームの補修工法の検討のための試験施工について

(3) 方立の試験体作製について

5 公開・非公開の別

公開

6 傍聴者

報道関係傍聴者 5社

7 委員会資料

・次第

・特別史跡原爆ドーム保存技術指導委員会委員名簿

・資料1 特別史跡原爆ドーム保存技術指導委員会開催要綱

・資料2 原爆ドームの補修工法の検討のための試験施工について

・資料3 方立の試験体作製について

8 議事要旨

(1) 委員長及び副委員長の選出について

委員の互選により、三浦委員を委員長に、中山委員を副委員長に選出した。

(2) 原爆ドームの補修工法の検討のための試験施工について

(3) 方立の試験体作製について

(事務局：公園整備課長)

資料2、資料3により説明。

(水田委員)

試験体モデルについて、A、B、C、Dの試験体はそれぞれ大きさが異なるが、どのような考え方でこの寸法に設定したのか。

(事務局：公園整備課長)

試験体Aは原爆ドームで使用されている素焼き煉瓦を再現したものでこれが基本である。試験体B、C、Dは試験体Aと同じ煉瓦の上に、モルタル層や漆喰層を再現したものである。そのため外形寸法は異なるが、内部の基本の寸法は共通である。

(山田委員)

試験体A～Dの長さが320mmになっているが、施工試験も兼ねているため、できるだけ実際の施工条件に近いことが重要だと思う。施工姿勢や施工状況によって結果が変わることもあるが、長さ設定をどのように考えているか教えてほしい。

(事務局：公園整備課長)

補修時の施工姿勢や施工性までは反映していない。現地での取り扱いや運搬などを考慮し、このサイズにした。

(山田委員)

実験室と現地では結果が変わることも十分考えられるため、できるだけ実際の補修工事に近い施工条件下で試験施工を行うことが大切だと思う。意見として伝えておく。

(事務局：公園整備課長)

確認だが、施工姿勢というのは原爆ドーム建設当時の施工方法を再現するという意味か。それとも補修工事時の施工条件か。

(山田委員)

補修工事の方である。例えば溶接でも下向き、上向き、横向きによって品質が大きく変わる。同じように、補修工事でもできるだけ実際の施工条件に近い状態で試験を行う必要があると思う。

(事務局：公園整備課長)

参考にする。

(花里委員)

試験体に使用する安芸津産素焼き煉瓦は新しい煉瓦か。本来であれば、原爆ドーム建設当時と同時期の建物で、文化財指定を受けていない建物の解体などに伴い入手できる煉瓦があれば、それを使うのが理想であり、同じように劣化した煉瓦を使った方が条件として適切である。そのような煉瓦を探しているか。

(事務局：公園整備課長)

そのような煉瓦の使用が望ましいと考えるが、現時点では具体的な入手先は確認できていない。一方で、安芸津産の素焼き煉瓦は現在でも入手可能であることは把握しているため、古い煉瓦の活用についても、引き続き入手の可能性を調査していきたい。

(西澤委員)

気になるのは煉瓦の製造方法である。大正時代は煉瓦の製造方法が大きく変わった時期で、ホフマン窯で作られたものか、手打ちなのかによって品質のばらつきが大きく異なるため、現在製作した安芸津産煉瓦では、当時の煉瓦とは全く違うものになる可能性がある。もし難しいのであれば、原爆ドーム周辺に落下している煉瓦を研究用サンプルとして活用する方法もあると思う。オリジナルの煉瓦だから、それが基準になる。また、煉瓦だけでなく目地モルタルも重要であり、今のままだと目地幅がどの程度なのか、どのようなモルタルなのかが見えてこない。当時は現在のセメントモルタルと考え方が違い、石灰を主体としたものも多く使われていた。施工方法も流派によって大きく異なり、当時の施工方法を把握せずに試験を行うと、本来の性能を再現できない可能性がある。原爆ドームの外壁を見る限り、必ずしも大きく傷んでいるようには見えないし、外壁部分には高品質な煉瓦が使われ、もともと高い耐久性を持っていたと思う。現在見えている傷みの一部は、本来屋内で雨風にさらされることを想定していなかった部分が露出していることも要因である。現在の材料や考え方で判断するのではなく、大正時代当時の材料や施工方法に立ち返って検討するべきだと思う。

(事務局：公園整備課長)

できるだけオリジナルに近い試験体とするため、これまでの調査で得られた知見は反映したい。例えば試験体 A では目地幅を 10mm とし、石灰セメントモルタルを使用する想定で、材料配合についても既往調査結果を参考に検討している。

(西澤委員)

それはセメントモルタルというより石灰モルタルに近いと思う。当時のモルタルは炭酸化によって強度を高めており、現在のセメントの考え方と少し違う。また、煉瓦仕上げでは目地を仕上げる工程も重要で、本来はその仕上げによって水の侵入を防いでいたため、そのあたりも含めて検討する必要がある。

(水田委員)

例えば亀山発電所の解体時に出た煉瓦などは利用できないか。

(西澤委員)

それであれば、原爆ドーム周辺に落下している煉瓦を研究用サンプルとして使う方が良いと思う。オリジナルの材料を使うことで基準ができる。

(水田委員)

私も長崎の小菅修船場の調査で、試験体にはできるだけ本物の煉瓦を使うべきだという議論を経験した。そういった考え方は重要だと思うし、亀山発電所の煉瓦も確認できるかもしれない。

(西澤委員)

地域ごとに独特の施工方法もあるため、それも考慮すべき。

(北川委員)

今の議論は非常に本質的だと思う。試験体が実物と大きく異なるのであれば、その試験結果自体に意味がなくなるため、材料や施工方法の整合性は十分整理する必要がある。そうでないと、お金をかけて試験しても何を評価しているのか分からない。

(山田委員)

材料選定について、製品 A～H まで候補があるが、通常の建築物と文化財では求められる耐久性が大きく異なる。将来的な維持管理まで考えた時にどの程度持つと考えて選定されたのか。

(事務局：公園整備課長)

メーカー側も明確な年数を示していないが、一般的には 10 年程度の性能維持を想定しているものが多い。ただし、それ以上の長期的な耐久性については知見が十分でないため、今回の試験で効果がどの程度持続するのかを把握したいと考えている。

(山田委員)

もし 10 年程度しか持たないのであれば、10 年後にまた同じ議論をすることになる。文化財は 20 年、30 年、それ以上のスパンで考えるものだと思うが、その点はどう考えているか。

(事務局：公園整備課長)

10 年持てばよいという考えではない。効果がどの程度続くのかを継続的に確認し、将来の補修方針を検討するための知見を得ることが目的である。

(山田委員)

文化財は取り返しがつかないため、試験的に採用すること自体不安だ。

(事務局：公園整備課長)

そのため、本体ではなく試験体で可能な限り知見を得たいと考えている。

(西澤委員)

以前、煉瓦建築の保存でシラン系の浸透材が推奨され、実際に使った結果、煉瓦が白く変色してしまい、元に戻るまで10年以上かかった。メーカーの説明だけを信用するのは危険だと思うし、私自身は実績の少ない材料よりも、長期的な実績のある方法を重視したいと考える。化学材料に過度に頼るのではなく、その時代の材料や工法をできるだけ再現するべきだと思う。

(三浦委員長)

メーカーが10年と言う場合、10年間は保証できるという意味だと思う。しかし文化財に使う材料として、10年程度しか保証できないものは本来適切ではない。さらに浸透材のように取り除けない材料であれば、なおさら慎重になる必要がある。過去にはエポキシ樹脂が画期的な補修材料として文化財に広く使われたが、後になって劣化が進み、美術工芸品や建造物に大きな問題を生じさせた。現在では、新しい材料に安易に飛びつくことは避けるべきだと考える。今回の提案は、いきなり原爆ドーム本体に施工するのではなく、試験体を作り長期間モニタリングを行うことが目的で、現時点で考えられる材料について、実際に使えるのかどうかを見極める段階であることをご理解いただきたい。

(西澤委員)

その考えには賛成である。エポキシ樹脂やアクリル系材料で失敗した例は数多くあるため、その時代の材料や工法をできるだけ忠実に再現することが基本だと思う。化学材料や新技術に頼りすぎず、人の手で築かれたものは、その時代の考え方に立ち返って保存を考えるべきだと思う。

(三浦委員長)

今回は原爆ドーム本体に直接施工するのではなく、まず試験体に施工し、その効果や影響を10年間かけてモニタリングすることが前提であるため、その点についてご意見を伺いたい。

(西澤委員)

20年、30年先を見据えて、将来使える手法や材料の選択肢を今のうちに増やしておくという考えであれば賛成だが、机上の検討だけで終わるのであれば意味がないと思う。

(三浦委員長)

将来の選択肢を広げるための試験という位置付けである。文化財を傷めるようなことは当然避けなければならないので、本体ではなく試験体で検証するという考え方である。その点をご理解いただきたい。

(青木委員)

暴露試験だけでなく促進試験も併用してはどうか。10年分の暴露試験を促進試験でさらに長期に相当する評価へ結び付けられると思う。

(三浦委員長)

大変良い意見だと思うので、事務局には検討をお願いしたい。

(正橋委員)

煉瓦は専門外だが、鋼材に電流を流して腐食を促進する試験について、コンクリートの割れはアルカリシリカ反応による影響もあるのではないかと。中性化は金属に対しては良くないが、ひび割れの主な要因はどのように考えているのか。また、電気腐食によって何を再現しようとしているのか。

(三浦委員長)

原爆ドームの方立やまぐさのひび割れは、アルカリ骨材反応ではなく、内部鉄筋の腐食膨張によるものである。原爆による火災でコンクリートの中性化が急速に進行し、鉄筋が激しく腐食したことによる膨張がコンクリートを押し広げ、ひび割れを発生させている。今回の試験では、その状態を短期間で再現するために電流を流して腐食を促進させる。

(水田委員)

確かに鉄筋腐食がひび割れの原因であることは理解しているが、被服支廠の調査では、鉄筋腐食によるひび割れから雨水が侵入し、さらに劣化が進行していた。原爆ドームでも同様に、ひび割れから雨水が入り、劣化を加速させている可能性があるため、その点も検討しておく必要があるのではないかと。

(西澤委員)

まさにその通りで水がなければ鉄は錆びないため、ひび割れから雨水が侵入することで腐食が進行する。マンションなどでも同じことが起きており、水を入れないことが重要である。さらに、塩分の影響も確認した方が良くと思う。原爆ドーム周辺は汽水域であり、塩化物イオンの影響も考えられる。また、広島特有の地質や硫化物の影響についても考慮した方がよい。

(三浦委員長)

原爆ドームでは方立やまぐさのひび割れが毎年のように進行している。その原因である鉄筋腐食への対策を検討するために、今回の試験体を作製するというのが主な目的である。ご指摘いただいた塩分や硫化物、水分の影響についても重要な課題であるため、今後の委員会で継続して議論していきたい。

(正橋委員)

硫化物や塩分は金属にとって非常に有害である。確認だが、ひび割れに水が入って錆びるのであれば、その最初のひび割れはどのように発生したのか。

(三浦委員長)

順序が逆で、まず中性化によって鉄筋が腐食して膨張し、その膨張によってコンクリートにひび割れが生じる。つまり、鉄筋が錆びた結果としてひび割れが発生するため、今回の試験でも、その状態を再現しようとしている。

(正橋委員)

鉄筋がなければ割れは発生しないのか。

(三浦委員長)

非常に大きな外力が加われば別だが、通常は無筋コンクリートでこのような割れ方はしない。現地では鉄筋が露出している箇所もあり、鉄筋腐食によるひび割れであることは確認できる。

(西澤委員)

水が入ることよりも、入った水が抜けないことが問題である。以前のエポキシ樹脂注入では、水の通り道がなくなり内部に水が滞留することがあった。実際に内部の水の抜け方を確認するような調査も必要であり、ひび割れだけでなく、水の動きも重要な要素である。

(三浦委員長)

その点についても今後の検討課題としたい。本日は試験体作製の提案について議論しているため、その点に絞ってご意見をいただきたい。

(北川委員)

確認だが、鉄筋腐食の原因が水なら水の侵入を防ぐ方法についても試験体で検討する考えはあるか。

(三浦委員長)

現時点ではそこまで具体的には考えてないが、せっかく試験体を作るなら応用的な試験も可能だと思う。

(北川委員)

根本原因を考えずに試験をするのでは意味がない。試験体を活用して、水の侵入対策も含めた検討につなげていただきたい。

(三浦委員長)

試験体を活用して多角的な検討を進めることは有意義だと思う。試験体そのものの構造や作製方法について、ご意見はあるか。

(水田委員)

方立試験体の模式図について、磨き鋼棒が中心から少し偏った位置に配置されているが、これは実際の方立を再現しているのか、それとも実験上の理由か。また、高さ 300mm という寸法も実物に合わせたものか、それ以外の理由があれば教えてほしい。さらに、直径 22mm の丸鋼が 1 本だけというのは、構造的には非常に特殊に見えるが、これは実際の方立の構造を再現しているのか。

(事務局：公園整備課長)

実際の構造を基にしている。使用しているのは異形鉄筋ではなく磨き鋼棒で、構造体としての鉄筋コンクリートというよりも、ひび割れ防止筋のような位置付けで使われていると考える。また、鋼棒を偏心させているのは実物の再現というより、腐食による割裂を早く発生させるためである。高さ 300mm については、他の試験体と同様に運搬や試験時の取り扱いを考慮し、設定している。

(水田委員)

偏心配置は実物を再現ではなく、割裂を促進するためか。説明は理解した。

(山田委員)

資料 3 の方立試験体について、先ほどの試験体と同様に大きさが気になる。ひび割れは試験体の大きさや周囲の拘束条件の影響を大きく受けるため、できるだけ実物に近い条件でないと再現性に問題が出ると思う。また、コンクリートのひび割れは鉄筋腐食だけでなく乾燥収縮など様々な要因があるので、意図しないひび割れが発生すると試験の意味が薄れてしまう。また、ひび割れ幅 0.2～0.4mm を再現するとあるが、その幅を再現できるという見通しや検証は行っているか。さらに、コンクリート配合についても既往調査結果を基にしているとあるが、設計図書と実際の施工材料が異なることはよくあるため、実際にどこまで再現できているのか気になる。もう一点、磨き鋼棒について、鉄筋コンクリートは鉄筋とコンクリートの付着が重要であり、丸鋼の場合は表面の錆によって付着性能を確保している。磨いた鋼棒は本来の状態とは異なると思うが、そこはどのように考えているのか。

(西澤委員)

そんな鋼棒は普通使わない。機械部品ならともかく、この用途では使わないと思う。

(山田委員)

当時使っていた丸鋼に近い状態のものであれば理解できるが、表面が滑らかな鋼棒だと付着も再現できない気がする。

(三浦委員長)

今回の試験体は付着強度を再現することが目的でなく、鉄筋が入ったコンクリートにひび割れが発生した状態を再現することが目的である。原爆ドームの方立では鉄筋腐食が進み、付着性能はすでに失われている部分もあるため、まずはひび割れた試験体を作り、それをどう補修するかを検証するためのものと考えている。

(山田委員)

そうであれば、通電によって腐食を再現しなくても、内部に膨張材のようなものを入れてひび割れを発生させる方法もあるのではないか。

(三浦委員長)

具体的にどのような材料か。

(山田委員)

今すぐ具体的な材料を挙げることはできないが、通電は時間がかかる印象だ。

(三浦委員長)

現時点では、鉄筋腐食による膨張を比較的早く再現できる方法として通電による促進腐食を考えている。ほかにより合理的な方法があれば今後検討していくことになるが、まずは試験体を作り、補修方法の検討を進める必要がある。

(西澤委員)

コンクリートの縮尺模型実験は昔から議論があり、小さな試験体では実物に近いひび割れを再現できないことも多い。私なら断面 20～25cm 程度、長さ 2～3m 程度の実物に近いものを作ると思う。コンクリート自体は高価な材料ではないし、その方が確実だと思う。打設方法による違いもあるため、実物に近い方がよい。

(三浦委員長)

そのご意見は理解できるが、実物に近いサイズになると製作や取り扱いが大変になり、またその大きさを期待したひび割れが再現できるかも分からない。今回は試験体であるため、まずは提案された方法で試し、その結果を踏まえて次の方法を考えるという進め方でよいのではないか。

(北川委員)

磨き鋼棒を使うなら、腐食の程度をいくつかの段階に分けた試験体を作った方がよいのではないか。錆の量による影響も確認できると思う。

(三浦委員長)

最初から腐食した鋼材を入れる方法か。

(北川委員)

そうである。新しい鋼材を使うだけでは、腐食量の影響が確認できないように思う。

(三浦委員長)

今回の目的は鉄筋腐食そのものを研究することではなく、腐食によってひび割れた状態の試験体を作ることであるため、新しい鋼材を強制的に腐食させた方が、原爆ドームで長年かけて発生したひび割れに近い状態を再現できるのではないかと考える。それでうまくいかなければ最初から腐食した鋼材を使うなど、別の方法も検討することになると思う。

(事務局：公園整備課長)

先ほどの磨き鋼棒について、現在流通している鋼材は表面に黒皮や防錆被膜があり、当時使用されていた鋼材の状態に近づけるため、その黒皮を落とした鋼材を使うという意味で磨き鋼棒と表現している。磨き上げて光沢を出すという意味ではなく、むき出しの鉄に近い状態を想定している。

(三浦委員長)

鉄筋コンクリートが普及し始めた頃は、鉄筋が錆びることを心配して油紙で包んで保管し、打設直前に外して使用していたという話もあるため、当時の鉄筋はかなりきれいな状態だった可能性がある。

(花里委員)

将来的にひび割れ補修の材料や工法を検証するための試験体は、どのくらいの数、期間を想定しているか。

(事務局：公園整備課長)

今回の提案は、ひび割れ試験体が再現できるかどうかの確認であるため、試験体が作製できる見通しが立った後に、補修方法の検討や試験体数、暴露方法などを具体的に検討したいと考える。現時点ではそこまでは決まっていない。

(西澤委員)

それなら、現在ひび割れている実物を詳しく調査した方が早いと思う。ひび割れた部分を詳細に分析すれば、内部の状態や組成変化も分かるし、その結果を補修に役立てる方法もあると思う。

(三浦委員長)

実物を詳しく調査すること自体は重要だが、文化財なので試験のために壊すことはできない。すでに鉄筋が露出している箇所もあるので、現状から得られる情報を活用することになると思う。

(西澤委員)

私が知りたいのは内部の状態だが。

(三浦委員長)

損傷して内部が見えている箇所もあるので、現地でご確認いただきたい。文化財そのものを解体はできない。

(西澤委員)

そういう検討をするために委員会があるのでは。

(三浦委員長)

その点は理解しているが、文化財保護の兼ね合いもあるためご理解いただきたい。

(花里委員)

最初の煉瓦試験体について、付着性などの評価に加えて、温度や湿度、飛来塩分などの劣化外力についてもモニタリングする予定はあるか。

(事務局：公園整備課長)

前回の委員会でも、健全度調査時の温度や湿度などのデータが十分ではないというご指摘をいただいた。今回の試験体についても、健全度調査と同じタイミングでモニタリングを行う予定であるため、気温や湿度などの環境条件についても記録し、過去の調査結果と比較できるような形で進めたい。

(三浦委員長)

先ほどご指摘があったが、原爆ドームの煉瓦は場所によって状態が大きく異なり、外側の煉瓦は比較的良好な状態だが、内壁に使われている煉瓦は非常に劣化が進んでいる。本来は雨がかからない場所だったが、屋根や天井、漆喰仕上げが失われたことで長年雨ざらしとなり、著しく劣化した。現在の内壁煉瓦は、表面から2～3cmほどが粉状化して失われている箇所もあり、水をかければ瞬時に吸水するほど劣化しているため、一般的な煉瓦とは全く異なる状態である。吸水を抑え長寿命化を図るため、本来は著しく劣化した煉瓦を対象に検討する必要があるが、一般の古い煉瓦でも原爆ドームの内壁煉瓦よりはるかに強度が高いと思う。また、原爆ドーム敷地内に落下している煉瓦は原爆によって崩落した位置そのものに意味があるため、安易に移動したり試験体に使用したりすることは認められない。その点も考慮し、試験体にどのような煉瓦を使うべきか検討していただきたい。この件については十分議論できたと思うので、議事を終了する。続いて事務局からその他事項についてお願いしたい。

(事務局：文化財担当課長)

その他について説明。

(三浦委員長)

最後に、文化庁の平澤主任調査官から総括をお願いします。

(平澤主任文化財調査官)

ここ数年で様々な取組を積み重ね、将来に向けた知見が蓄積されたと感じる。前回まではモニタリング手法の改善や新しい技術の導入などを中心に議論したが、従来のような調査と補修のタイムラグを補える体制へ少しずつ移行していると思う。原爆ドームの保存は非常に長期的な取組で、工法だけでなく、保存の理念や考え方を将来にどう引き継ぐかも重要であるため、本日の議論にもあったように、できるだけ多くの選択肢や手段を準備し、将来世代が適切に選択できるようにしておく必要がある。原爆ドームは被爆から80年が経過し、建物本来の経年劣化に加え、被爆の影響による特殊な劣化も進行している。その劣化速度や将来的な変化については、まだ分からない部分も多くあるため、そうした知見を蓄積し、将来世代へ伝えていくことが重要である。今後も引き続き議論を深めていただきたい。

(事務局：文化財担当課長)

これをもって特別史跡原爆ドーム保存技術指導委員会を終了とする。