

AMP321 遅延建設中のコンクリート構造物のモニタリング (2021 年版)

プログラムの概要

本書は、原子炉プラントの建設が長期間遅延することによって、構造物 (構造要素を含む) 及び土木部品に環境の変化や応力要因の影響による不可逆的あるいは修復不可能な損傷が生じないことを保証することを目的に、プラント特有の経年劣化管理プログラム (AMP) を策定するためのガイダンスを提供するものである。一定期間中断される建設中の土木構造物がこの遅延期間後に必要な適切な保守・予防保全が行われることを、本プログラムは保証するものである。

土木構造物 (構造要素を含む) と土木部品の将来的な機能が確保され、設計時に設定された安全裕度が、劣化メカニズム (たとえば鉄筋の腐食など) のために減少することはない。

さらに、工事を再開された際には、工事終了時に設計機能を満たすことができる構造物を得るために、これらの構造物の構造的健全性が確保される。

従って、本 AMP は、建設が長期に及んだり、何らかの理由 (経済的、財政的、政治的な理由など) で建設が中止された原子炉プラントの土木構造物の経年劣化の影響を取り上げる。

評価と技術的根拠

1. 経年劣化の理解に基づく経年劣化管理プログラムの範囲：

本プログラムの適用範囲には、経年劣化が懸念される次のようなコンクリート構造物及び石積みブロック塀が含まれる。

- a 原子炉冷却材圧力バウンダリの健全性、原子炉をシャットダウンし、安全な停止状態に維持する能力、または、プラントの設計基準を超える潜在的な敷地外被ばくを引き起こす可能性のある事故を防止または緩和する能力を確保するために、設計基準事象の間及びその後に機能し続けることが要求される安全性に関連する構造物及び部品
- b 安全性に関連する構造物や部品の満足な性能を妨げる可能性のある、安全性に関連しない構造物や部品
- c 火災防護、環境適格性、加圧熱衝撃、スクラムを伴わない事前に想定されている過渡現象、サイト内停電などで機能を果たすために、安全解析やプラント評価で機能が要求されている全ての構造物や部品

原子炉プラントで使用されるコンクリート構成部品／製品の例として、建物の柱、梁、床、壁、屋根スラブ、機器基礎、配管トレンチ、電気ダクトバンク、埋め込み物、ハッチ、ミサイルシールド、タンク基礎、取水口と放水口、放水路、冷却塔、石積みブロック壁などがある。

より具体的な検査対象は以下の通りである。

- 深く掘削された立坑を保護する鉄筋コンクリート擁壁

- 水圧を受ける大型のコンクリート製排水立坑や水路
- 検査用の地下歩行者用・技術用コンクリート水路
- プレストレスコンクリート建築構造物及びそのすべての要素 (ロープ、定着部、センサー)
- タービン、エンジン、その他の巨大な機械の下にあるコンクリート基礎とその部品 (定着部、ボルト、下から構造物を支える穴)
- パイプ用の工業用コンクリート架台 (高架道路)
- コンクリート製換気煙突

コンクリートは、様々な環境に曝される種々の構造物や構造部材で使用される。

コンクリート構造物や構造部材が使用される環境条件として、地下部のコンクリート (土、下地、埋め戻し材と直接接触する可能性のあるもの)、水に曝されるコンクリート (水に浸かったり、流水に曝されたりするもの)、風雨から保護されたコンクリート (建物や施設内にあるもの)、風雨に曝されるコンクリート (建物内にないもの) などがある。

SRS82[1]の表 7 によれば、「屋内大気非管理」、「屋外大気」、「大気湿潤」、「コンクリート」、「地下水 - 土壌」、「流水」といった様々な環境に曝される SC が対象となる。

2. 経年劣化を最小化または抑制するための予防措置：

経年劣化の最小化または抑制を最終目的とする予防措置に対応する様々な実施項目を以下に詳述する。

露出した鉄筋：

劣化の対象となる土木部材には、施工が完了しておらず、周辺環境に曝されている構造要素の待機中の鉄筋がある。

このような鉄筋に対する予防措置は、鉄筋をモルタルで覆い、環境から鉄筋を保護し、腐食を防止することである。

基本的には、現場でセメントモルタルを吹き付けコンクリート工法で塗布する。この工法は、(適切に支持された) ホースを通して空気圧と高速でモルタルを制御しながら鉄筋に吹き付けるものである。

鉄筋からモルタルを除去することなく作業を継続することが可能であることは、第 8 節で詳述した関連する作業経験から明らかである。

その結果、作業を継続してもコンクリート構造に悪影響を及ぼすことはない。さらに、鉄筋の設計性能にも影響はない。

ハウスキーピング活動と定期清掃：

対象となる活動は、原子炉区域と通常区域の両方のすべての建物で実施されなければならない、特に雨水の蓄積を避けるためのポンプシステムに加え、建物の屋根、雨どい、排水路も含まれる。

そのため、テラスなどの水平面では、十分な排水が行われている。この点で、継ぎ目やシールなどの重要なゾーンには特別な注意が必要であり、その部分が水が通過しないようにする。同様に、コンクリート部材と流出水(降雨)との接触も可能な限り避ける。

雨水排水管に関して、定期的に清掃を行う目的は、降雨による適切な水の流出を確保することである。これにより、屋根のファンネルや放水管に障害物が生じず、水は敷地の低い場所に適切に流れる。

また、屋根に関しては、よくある問題として鳥の繁殖があるが、これも避ける必要がある。鳥の糞には化学化合物(硝酸塩、硫酸塩など)が含まれており、真菌やバクテリアの増殖媒体となる。これらの化合物は、酸素を必要とせず生息できる(嫌気性)微生物にとって都合な条件となり、露出したコンクリート表面や金属表面を劣化させ、経年劣化を引き起こす。従って、これらの要素は塗装によって保護する必要がある。

鳥害を生態学的に防除する適切な方法は、鷹狩りである。獲物(例えばハヤブサ)を利用することは、開口部への防除スパイクの設置、超音波技術の使用などの他のどの方法よりも効果的であることがわかっている。

継ぎ目、屋根、通気口、構造物の穴などに植生が発生するのを防ぐための活動として、風や気流の自然な動きによって長い年月をかけて積み重なった施設上の堆積土を清掃することが考えられる。

また、冬季には、構造物の屋根などに氷のダムができるのを防ぐ必要がある。水が凍り、溶けて屋根の端で凍ると、氷のダムができ、寒い冬や夜間の気温がマイナス5度以下の地域の建物には様々な問題が生じる。

開口部の閉鎖：

工事が遅れている期間は、建物の外部開口部が閉じられている、あるいは蓋がされることを確認する。開口部を防水品で塞ぎ、水の浸入を防ぐのが一般的な方法である。

プレキャストコンクリート部材：

原子炉プラントの建設では、プレキャストコンクリート部材が通常使用され、一般に特定の場所に保管される。プレキャストコンクリート部材には通常、吊り上げ用の金属製インサートが取り付けられている。

プレキャスト要素の予防措置は、金属製インサートを水から保護するとともに、バルキング自体を保全し、必要に応じて、要素を支え維持する木製ブロックやくさびを交換することである。このようにして、プレキャスト要素は動くことができなくなり、結果として、使用不能の原因となる亀裂や破損を防止することができる。

亀裂を有するコンクリート表面とコンクリート被覆の状態：

亀裂の監視も、亀裂を有するコンクリート表面の補修も、構造物の保全にとって重要な予防活動である。亀裂は一般に、活性的な部分が鉄筋に到達し、不動態化の深さを減少させるための通り道として機能する。

また、予防措置として、コンクリート被覆の状態を確認し、必要であれば直ちに補修することが必要である。これは、かぶり(コンクリートの質と既存の厚さ)が鉄筋の腐食を避けるための最も重要な要素の1つであることによる。

適切な被覆は、環境の作用から鉄筋を保護し、鉄筋の腐食を防ぐために十分なアルカリ性の pH を確保する。また、構造物が使用されている間、鉄筋とコンクリート間の力の伝達に必要な接着力を提供し、火災に対する安全性も確保する。

コンクリート被覆は、暴露条件によって異なり、構造物の耐久性と密接な関係がある。コンクリートかぶりには、炭酸化や塩化物による腐食など、鉄筋を攻撃する物質の浸入を防ぐ役割がある。

コンクリート被覆の最小値は、国際規格によって若干異なる。また、構造物を構成する様々な要素について指定された環境条件や耐用年数によっても違いがある。

一般に、コンクリートかぶりは、構造物の種類 (現場打ちコンクリート、プレストレスの有無、プレキャストコンクリート)、曝される環境 (外気との接触、地面との接触、これらとの接触の可能性がないなど)、対象とする構造要素の種類によって異なる。

時間の経過に伴う腐食深さを予測するモデルがあり、コンクリート構造物の耐久性の設計パラメータとしてかぶり厚さを提案している。

欧州コンクリート委員会は、炭酸化過程と塩化物の攻撃には、時間の平方根に関係するコンクリート内部への浸透メカニズムがあると定めている。すなわち、コンクリート被覆が半分になれば、腐食が発生する領域に、4 分の 1 以下の時間でたどり着くことになる[2]。

参考文献[3]には、炭酸化またはコンクリートの気孔からの塩化物の浸透による腐食から鉄筋を保護するための対策が示されている。コンクリートの補修については、参考文献[4]が参照できる。

地下水に曝される地下部コンクリート：

地下水に曝される地下部コンクリートに関しては、ベースラインを決定するため、必要であれば、運転中のプラントについて AMP318 に示されたガイドラインと同様の地下水の定期的なサンプリングと試験を行うことができる。

プレストレスシステム：

鉄筋と同様、プレストレスシステムも、ダクトとテンドン (ケーブル) の両方で腐食が発生する可能性がある。ダクトが、セメントペーストやグリースで充填される前に (通常はテンドンの張力印加後に行われる作業) その場所に長く留まりすぎると、ダクトの内側面 (外側面はコンクリートで保護されている) に腐食が生じる可能性がある。そのため、プレストレス鋼で補強された構造物では、腐食を回避するために、例えば乾燥空気循環やグリース膜を使用してダクトを保護する予防措置が考慮される。

また、コンクリートグラウトやグリースを注入する前に、テンドン (ケーブル) をダクト内に長期間保管したり滞留させたりした場合にも、テンドン (ケーブル) に対する予防措置を講じないと腐食が発生する可能性がある。テンドン (ケーブル) については、張力印加前の長期保管は避ける。

3. 経年劣化の検出：

コンクリート構造物における潜在的な経年劣化は、材料損失、亀裂、材料特性の変化である。AMP318 では、経年劣化の影響と劣化メカニズムについて詳述している。本 AMP では、NPP の遅延建設期間中には適用されない劣化メカニズムを特定している。

材料損失は、コンクリート構造物や構造部材において、スケーリング、剥落、錆び、汚損、孔食、エロージョンとして現れる。これらの影響は、凍結融解、摩耗、キャビテーション、高温、活性化学物質、埋め込み鋼材(インサート、埋め込みプレートなど)や鉄筋の腐食など、1つ以上の経年劣化メカニズムによるものである。しかし、高温に関連する経年劣化メカニズムは、運転中に発生するため、遅延建設時にはあてはまらない。

亀裂は、一般的な亀裂、マッピング亀裂、ヘアライン亀裂、孔食、エロージョンとしてコンクリート構造物や構造部材に発生することがある。これらの影響は、凍結融解、骨材との反応、遅延性エトリンタイトの形成、収縮、鉛直変位(沈下またはアップ・ヒーヴ)、高温、照射、疲労など、1つ以上の経年劣化メカニズムによるものである。しかし、高温、照射、疲労は、運転中に発生するため、遅延建設時にはあてはまらない。

材料特性の変化は、コンクリート構造物や構造部材において、透水性の増加、空隙率の増加、pHの低下、引張強度の低下、圧縮強度の低下、弾性係数の低下、接着強度の低下として確認される。これらの影響は、水酸化カルシウムの溶出、活性化学物質、高温、照射、クリープなど、1つ以上の経年劣化メカニズムによるものである。しかし、高温、照射、クリープは、運転中に発生するため、遅延建設時にはあてはまらない。

参考文献[5]には、上記のような様々な経年劣化メカニズムの定義が記載されている。

供用期間中の検査と監視は、経年劣化の影響を検出するために不可欠な要素である。

遅延して建設される土木構造物については、適用される情報とガイドラインを提供する文献[6-9]に準拠して、定期的な目視検査が実施される。

目視検査の適切なアプローチには、次のような活動が含まれる。すなわち、背景情報、設計情報、環境条件の収集、実施する分析の計画、観察記録の基礎となる構造物上の管理グリッドの確立などである。

構造物の亀裂に関しては、目視検査には、亀裂の原因を特定し、亀裂が活性的か休止しているのかを評価する担当者を支援するために、亀裂の外観の履歴を提供するための定期的なマッピングと測定活動も含まれる。

4. 経年劣化のモニタリングと傾向分析

経年劣化のモニタリングと傾向分析は、経年劣化の影響が発生した場合に、適時的な是正措置または軽減措置を講じるのに十分な情報を収集するために実施される。

どのようなパラメータをモニタリングし、どのようなデータを収集し、どのような方法でデータを分析するかを決定することが重要である。

参考文献[10]は、コンクリート構造物についてモニタリングまたは検査するパラメータを選択するための許容基準を提供している。また、必要であれば、さらなる研究のため、第9章の関連文献も含めている。また、参考文献[7]と[10]は、様々な種類の損傷とその原因と思われるものを認識し分類するのに役立つガイダンスを提供している。

モニタリングのための特別な機器 (ボアスコープなど) や開発品 (ビデオマイクロスコープなど) については、AMP318 に記載されている。また、コンクリート構造物のモニタリングに関する有用なガイドも提供されている。

鉄筋腐食のモニタリングの場合、最も一般的に使用されるパラメータは、炭酸化の深さと塩化物含有量である。得られた結果から、腐食が始まった時期のおおよその予測が可能になり、将来の進展も予測できる。このデータを得る方法の一つは、非破壊検査技術を利用することである。

腐食した構造物の状態評価は、非破壊検査技術を使って行うことができ、鉄筋の位置や大きさ、腐食進行、鉄筋の腐食速度などの関連情報を得ることができる[11]。

建設中の多くの場合、腐食に関連する現象を監視するための特別な計測器を設置することが可能である[12]。

同様に、構造物に発生する可能性のある亀裂の監視と測定も重要であり、構造物内の亀裂の位置、構造部材上の亀裂の広がり、亀裂の形状が考慮される。

亀裂解析では、亀裂が活性的なものか (亀裂の長さ、幅、深さのいずれかが変化したときに発生する)、それとも休止的な状態 (亀裂の寸法に変化がない) かを確認することが重要である。

直接的な観察では、表面上の変化や変位、亀裂の進展を目盛り付きの定規で測定できる亀裂計や亀裂定規がある。

また、石膏のサンプルを設置したり (屋外環境の場合は不可)、亀裂の両面にガラスなどの硬い素材を貼り付けることもできる。このサンプルは、亀裂が動いたときに割れるが、偶発的な破損や温度変化によっても割れる可能性がある。

これらのサンプルの定期的な検査に関しては、7 日後、14 日後、30 日後、60 日後、90 日後に行うのが一般的である。この期間後、動きの兆候がなければ、亀裂は活性的ではないとみなされ、補修される。そうでない場合は、動きの原因が分析され、解決策が示される。

モニタリングによって得られたデータと傾向分析に関して、参考文献[13]では、データの収集と保存の際のソフトウェアの適用についてレビューしている。一般に、構造物の経年劣化の影響を発見し、予防するための定期検査の頻度は、6 ヶ月を超えない。

5. 経年劣化の影響の緩和

本 AMP は状態監視プログラムであり、経年劣化の影響を緩和するための推奨はない。しかしながら、許容基準を超える劣化が発生した場合、実施されたモニタリングと観察された傾向に基づいて、プラント特有の措置が取られ、劣化の根本原因を緩和し、SC 健全性への影響を分析するための評価が行われる。

工事が遅れた場合、ハウスキューピング作業や定期的な清掃は、現場の設備や構造物の良好な状態を維持し、すべての建築エリアを整然と保ち、廃棄物を除去し、水の滞留を避けるための、保全・保守活動の一部となる。

あらゆる自然界の水 (例：雨水) の蓄積を避けるために、敷地内にポンプシステムを導入することは、予防措置であるだけでなく、緩和措置でもある。

一般的に言えば、ハウスキーピング計画によって、構造物やその部品を構成する様々な要素に対する経年劣化の影響を緩和することができる。

また、建物内の汚れやゴミの存在、劣悪な環境条件から作業箇所を保護する仮囲いの劣化、水路の存在、側溝や排水溝の障害、浸水する可能性のある部分、鳥の侵入を防ぐ仮囲いの破損、金属表面の腐食箇所の存在、石積みやコンクリート表面の局所的な損傷などは、適時適切な緩和措置を講じるきっかけとなる一般的な例である。

鉄筋をモルタルで覆うことで、経年劣化による影響を緩和することは可能である。この措置により、将来、この保護層を除去することなくコンクリート工事を継続することができる。

コンクリート表面に亀裂が形成した場合、亀裂を発生させた原因が特定され解決されたら、それぞれのケースに応じたものを注入し活性的な亀裂を補修する活動により、経年劣化の影響を緩和することが可能となる。

AMP318 で言及されているように、鉄筋の腐食を防止または軽減するために、SC に様々なカソード保護システムを設置することもできる。

参考文献[14]は、鉄筋コンクリート構造における腐食を緩和するための様々な戦略の要約と説明を提供している。

6. 許容基準：

是正措置の必要性を評価し、必要な場合には各要素が本来の機能を失う前に確実に措置を実施するため、劣化の対象となる要素について許容基準が決められている。

ACI、CEN、CSA など、いくつかの国や組織がコンクリート構造物の評価基準を策定している。

例えば、参考文献[6]は、参考文献[10]に示されている目視検査の許容基準の概要を示している。

参考文献[10]第 5 章に示された許容基準は、評価によって明らかになる可能性のある状態や所見の取り扱いについて推奨されるガイドラインを提供している。その許容基準には、検出された欠陥に基づいて、コンクリート構造物に発生する可能性のある 3 つの段階が含まれている、すなわち、第 1 段階：追加評価なしの合格、第 2 段階：レビュー後の合格、第 3 段階：追加評価が必要な状態、である。この 3 段階の許容基準に関する詳細は、AMP318 に記載されている。

この基準は、構造物や部品が意図された機能を果たす能力に影響を及ぼす可能性のある劣化を特定し、評価することを目的としている。コンクリート構造物に対して、設計規格・基準、及び／又は、参考文献[10]と異なるプラント特有の基準を使用することを選択した申請者は、基準を記述し、これら規格の基準から逸脱することの技術的根拠を示す。

プラント特有のプログラムは、第 8 節に合致した許容基準の十分な詳細を考慮する。

3 種類の AAR (アルカリ骨材反応) または DEF (遅延エトリンサイト生成) の影響を受けたコンクリート構造物については、そのような反応が一般的にコンクリートの膨張と亀裂をもたらすことが知られている。このような特殊なケースにおいて、AMP312 はこれらの化学反応の影響を管理するための有用な指針を提供している。

7. 是正措置：

確立された基準を満たさない検査結果については、評価が実施される。評価結果が修理または交換の必要性を示す場合、プロセスに準拠して是正措置が開始される。さらに、是正措置には、劣化の根本原因を軽減するための評価も含まれる。

事業者は、原子炉プラントの技術、建設、試運転のみならず、保全活動にも責任を持つ。

従って、現場での作業再開には通常長期間を要するが、当該組織は、建設会社との契約再開を待つことなく、これら是正措置に関する特有の要件 (及び、一般的に本 AMP の全ポイントの遵守) を実施するために十分に訓練を受けたスタッフを配置することができると理解されている。

すべての場合において、構造物の是正措置は、同じ構造物の構想、計画、設計の段階で当初予見された特性と性能を再確立することを目的としており、そのためには、実施しようとする措置の失敗を避けるために、適切な事前分析 (問題の正しい判断、使用する材料と手順の評価) を実施することが重要である。

材料や作業手順の明確な仕様とともに、解決策の詳細な設計を綿密に練ることが必要であり、これらのすべては、作業における厳格な管理と品質保証 (品質管理と品質保証) によって支えられている。

鉄筋腐食の問題を抱える構造物においては、同手順に、下地処理、洗浄、塗布、仕上げ、最終的な保護活動を考慮する。

鉄筋の場合、現場で最も一般的に使用される基準は、鉄筋の直接保護、すなわち鉄筋に直接塗布する溶液である。

保護塗料には有機系と無機系があり、腐食防止剤を含むものもあれば、カソード保護機能を追加する亜鉛を含むものもある。

エポキシ塗料は、現場で鉄筋表面に施される最も一般的な物理的障壁である。また、密着性向上剤を含むセメント系塗料も広く使用されている。

是正措置としては、コンクリート構造物の抵抗性、気密性、耐久性の低下を示す亀裂、あるいはその機能性に影響を及ぼす亀裂が主に考慮される。

また、参考文献[9]は、コンクリートの亀裂の大きさと原因を慎重に評価することに基づいて、強度の回復と向上、機能性の向上、防水条件の提供、鉄筋の腐食環境の発生の防止などの目的を達成する補修手順を選択することが可能であることを立証している。

コンクリート中に埋め込まれ、目に見える損傷が見られる定着部プレート、積層プロファイル梁、その他の炭素鋼インサートなどの金属要素は、適切な是正措置を行う目的で、表面保護システムによって適切に処理される。その前に、下地からグリース、油成分、水分、ミルスケールが除去されていなければならない。金属要素など非コンクリート製構造物や部品 SC の遅延施工は、AMP322 に規定される。

どのような場合でも、補修が必要な要素には是正措置として実施される補修技術の耐久性は、使用される材料の耐久性、適用される施工手順、現場での品質管理の有効性に依存する。

また、介入が成功したかどうかを知るために、介入のフォローアップ計画を作成することも必要である。その際、不適切な設計、不適切な材料の使用、監督・管理の不足、不適切な実施方法などが原因で失敗した場合は、その原因を明確化する必要がある。

是正措置に関するプラント特有の要求事項がない場合は、参考文献[15]の要求事項を用いて是正措置に対処することができる。

8. 運転経験のフィードバック及び研究開発結果のフィードバック：

この AMP は、業界全体の一般的な経験に対応する。関連するプラント特有の運転経験は、AMP がプラントにとって適切であることを確証するために、プラント AMP の開発において考慮される。定期的にプラント及び業界全体の運転経験及び研究開発 (R&D) 結果を評価するフィードバックプロセスを実施し、必要に応じて、プラント AMP を修正するか、又は経年劣化管理の継続的な有効性を確保するための追加的措置 (例えば、新たなプラント特有 AMP を開発する) をとる。

外部の運転経験の適切な情報源は、参考文献[16]の IAEA TECDOC である。TECDOC は、加盟国が 3 つの特定の期間中に原子炉プラントの経年劣化を管理した経験を記述しており、そのうちの 1 つは「遅延建設」である。附属書 I の「建設遅延加盟国の経験」には、その期間における 6 加盟国の経験が記載されている。

Atucha II NPP (アルゼンチン) では、研究開発の適切な情報源は、「待機中の鉄筋のモルタル塗装の実施に関する研究」[17]であった。この研究は、鉄筋外周のモルタル (コンクリートスラリー) がコンクリートの付着に及ぼす可能性のある影響を分析する室内試験の実施を含んでいた。また、コンクリートの破壊強度に対する抵抗力を適時的に評価した。

一辺 23 cm の立方体の中央部に鉄筋を垂直に配置したコンクリートを作製した。現場で使用されたものと同じ材料と仕様のコンクリートは、14 日経過時点で 29.3 MPa の圧縮強度を示した。したがって、直径 25 mm の鉄筋は、NPP の建設中止後にモルタルを塗布した現場から入手したものである。モルタルを除去しない場合とサンドブラストによりモルタルを除去した場合の鉄筋の付着挙動の比較を行った。その結果、14 日経過時点ではモルタルによるコンクリート棒の接着による破断強度応力は、サンドブラストによるコンクリート棒の接着による破断強度応力より高く、平均で 22% 高いことがわかった。

最後に、破断応力と試験の変形に対応するグラフによる比較が行われた。参考文献 [18]には、この研究作業の説明と詳細が記載されている。

この OPEX と関連する研究成果は、原子炉プラントの建設が中止された場合に、鉄筋にモルタルを塗布することの有効性と適合性を保証するものである。

最後に、前述の NPP では、コンクリート亀裂の補修管理が実施された。構造健全性を再確立するために、亀裂は活性的 (または休止中) であることが実証され、そのような場合には通常エポキシ系樹脂の使用が検討された。一方、活性的な亀裂に対しては、シーリング状態を得るために柔軟な樹脂製品が使用された。従って、亀裂を密閉するためにエポキシ樹脂を使用するのが現場での一般的なやり方であった。

参考文献[19]には、コンクリートの亀裂補修を含む様々なケースに対応した、様々なタイプのポリマー接着剤の選択ガイドが記載されている。

9. 品質管理：

現場の品質保証手順、レビュー・承認プロセス、及び管理統制は、様々な国の規制要件 (例：10CFR 50, Appendix B [15]) に準拠して実施されている。

References

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Ageing Management for Nuclear Power Plants: International Generic Ageing Lessons Learned (IGALL), Safety Reports Series No. 82, Rev. 1, IAEA, Vienna (2020).
- [2] COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BETON, Design Guide for Durable Concrete Structures 2nd. Edition, Thomas Telford Publishers, 1992.
- [3] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, Guide to Protection of Reinforcing Steel in Concrete against Corrosion, ACI Standard 222.R-19, ACI, Detroit, MI, April 2019.
- [4] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, Concrete Repair Guide, ACI Standard 546-R14, ACI, Detroit, MI, 2014.
- [5] ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, Long Term Operations: Subsequent License Renewal Aging Effects for Structures and Structural Components (Structural Tools) Final Report 3002013084. Palo Alto, California, November 2018.
- [6] ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, Field Guide: Visual Inspection of concrete structures in the nuclear fleet, TR 3002007799- Palo Alto, California, October 2016.
- [7] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, Guide for Conducting a Visual Inspection of Concrete in Service, ACI Standard 201.1R-08, ACI, Detroit, MI, 2008.
- [8] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, Report on Practices for Evaluation of Concrete in Existing Massive Structures for Service Conditions, ACI Standard 207.3R-18, ACI, Detroit, MI, January 2018.
- [9] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, Causes, Evaluation, and Repair Cracks in Concrete Structures, ACI Standard 224.1R-07, ACI, Detroit, MI, 2007.
- [10] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, Evaluation of Existing Nuclear Safety-Related Concrete Structures, ACI Standard 349.3R-18 (Reappeared 2018), ACI, Detroit, MI, January 2018.
- [11] ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, Program on technology Innovation: Nondestructive Evaluation Inspection of Concrete Structures Subjected to Corrosion, TR 1025627, EPRI, Palo Alto, California, May 2012.
- [12] ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, Advanced Nuclear Technology: Embed Sensors in Concrete, Final Report 1023006, EPRI, Palo Alto, California, November 2011.

- [13] ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, Program on Technology Innovation: Assessment of Software Platforms for Aging Management of Large Civil Structures, Technical Report 3002007810, EPRI, Palo Alto, California, August 2016.
- [14] ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, Corrosion Mitigation of Conventionally Reinforced Concrete Structures, Technical Report 3002003090, EPRI, Palo Alto, California, November 2014.
- [15] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, 10 CFR Part 50, Appendix B, Quality Assurance criteria for Nuclear Power plants, Office of the Federal Register, National Archives and Records Administration, USNRC, Latest Edition.
- [16] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY TECDOC 1596, Ageing Management of Nuclear Power Plants during Delayed Construction Periods, Extended Shutdown and Permanent Shutdown prior to Decommissioning. Vienna, Austria, 2021.
- [17] INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, Hormigones de cemento Portland: Método de comparación mediante la determinación de adherencia al acero en barras corrugadas -IRAM 1596 Standard, Diciembre 1956.
- [18] LABORATORIO ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA -LEMIT. La Plata- ARGENTINA- C/Expediente N° 54.990/07- Identificación LEMIT N° de Laboratorio 1145/07. Interesado DYCASA S.A. 25/06/07.
- [19] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, Guide for the selection of Polymer adhesives with concrete, ACI Standard 503.5R-92, ACI, Detroit, MI, 1992.