

第Ⅲ部

汚染焼却飛灰廃棄物等の最終処分場(遮断型構造)における
鉄筋コンクリートの設計・施工・維持管理の考え方(案)

第Ⅲ部 汚染焼却飛灰廃棄物等の最終処分場（遮断型構造）における鉄筋コンクリートの設計・施工・維持管理の考え方（案）

1. はじめに

本技術資料では、一定濃度以上の放射性セシウム（Cs）に汚染した焼却飛灰（以下、「汚染焼却飛灰」という）を含む廃棄物の最終処分場（遮断型構造）を対象とし、安全・安心な最終処分場を実現するために、特に鉄筋コンクリート構造物の建設において留意すべき事項に関して、基本的な考え方を例示する。

解説：特措法で規定される一定濃度以上の放射性セシウム（Cs）に汚染した廃棄物、特に焼却飛灰（汚染焼却飛灰）を含む廃棄物の最終処分場（遮断型構造）（以下、施設と称する）に用いるコンクリートおよび鉄筋コンクリート構造物に関して、第Ⅰ部では考慮する点を整理し、第Ⅱ部では考慮する点に対する検討事例を示した。実際の建設にはこれらの知見が活用されることが重要であるが、第Ⅱ部における考慮する点の検討は、すべての事項を網羅したものではない。そこで本技術資料の第Ⅲ部では、第Ⅱ部では言及しなかった内容も含め、施設に求められる機能、設計と安全性の確認の考え方、考慮すべき作用と対策、施工時の留意事項など、鉄筋コンクリート工事の設計・施工の全体を通して重要と考えられる点を包括的に取りまとめた。検討においては、汚染焼却飛灰等の処分事業の早期実現に向け、現在の技術レベルで到達できる範囲と、今後の検討が必要な課題を区別して説明する。ただし、施設建設のために必要な情報を網羅した基準・指針ではない点には注意されたい。また、汚染焼却飛灰等の搬入など運営に関わる事項などは本技術資料には含まず、最終処分場に用いられる鉄筋コンクリートの構造と材料に主眼を置いていることにも留意されたい。

実際の設計や施工では、建築基準法、(一社)日本建築学会の建設工事標準仕様書 JASS5 鉄筋コンクリート工事、もしくは(公社)土木学会のコンクリート標準示方書などを含め、発注者の指定する図書や仕様などに従って工事を行うことになるが、ここでは、特に土木学会コンクリート標準示方書を参考にした記述とすることとした。すなわち、設計では、構造物に求められる機能を実現できるコンクリート構造への要求性能を設定し、その要求性能を満たすように構造物の構造計画、構造詳細の設定を行い、監視期間を通じて要求性能が満足されていることを照査することが基本となる。さらに、施工計画を行い、構造計画が実現できるように配慮する。

環境省の資料（参考資料 I-1）では、わかりやすく最終処分の手順を例示し、また、構造例が示されている（第Ⅰ部 図1、図2、および図3）。本第Ⅲ部においては、例示された処分の手順を参考とするとともに、構造例に関しては、他の可能性もあわせて検討することとした。すなわち、フレキシブルコンテナにすでに保管されている指定廃棄物は、セメント固型化などは行わずにそのまま処分することを前提としたうえで、コンクリートピット

の安全性をより確かなものとすることを考えた。本技術資料で検討した構造体の例は、第Ⅲ部参考資料Ⅲ-1 に示した。さらに安全性を確保できると考えらえるコンクリート配合の例についても性能評価の試算例のまとめとともに参考資料Ⅲ-4 に示した。

なお、本技術資料は特措法に準拠した処分を前提としており、管理された状況で発生する原子力発電所からの放射性廃棄物の処分法とは異なるものである。

2. 構造物の監視期間

本技術資料で対象とする構造物の監視期間は、汚染焼却飛灰等を搬入する埋立期間、管理点検廊からの目視を行う第 1 監視期間、周辺地下水のモニタリングによる第 2 監視期間に区分して定められる。

解説：環境省の資料（参考資料 I -1）によると第 1 監視期間は数 10 年とされるが、検討では具体的な年数の設定が必要となる。本技術資料の第Ⅱ部における事例検討では、最長を考慮して 100 年を目安とした。放射線防護の観点からは汚染焼却飛灰等中の放射性 Cs の漏えいによる被ばくシナリオを設定し、安全性評価を行ったうえで第 1 監視期間を定めるべきである。しかし、遮断型相当の最終処分場は遮断を前提としており、相当期間にわたり漏えいを認めない。一方で、100 年はコンクリート工学のこれまでの知見から十分に予測可能な期間であることから、検討における具体的な設定値の目安として 100 年を妥当な期間と考えた。環境省の資料（参考資料 I -1）[1]では、第 2 監視期間では安全側の評価として鉄筋コンクリートが損壊した場合を想定し、ベントナイト層を通した漏えいを評価している。

3. 構造物の目的と機能

本技術資料で対象とする最終処分場は、汚染焼却飛灰等の安心・安全な処分を目的として建設され、汚染焼却飛灰等に含有される放射性 Cs 及び有害物質について、“環境から遮断”、“放射線の遮蔽”、“および”安全性の確認”の機能を有するものである。

遮断の機能は、埋立期間と第 1 監視期間では鉄筋コンクリートによる遮断型構造および監視期間ごとに定める環境からの多重防護による遮水対策により、第 2 監視期間では主にベントナイト混合土により実現する。放射線の遮蔽の機能は、すべての監視期間において、遮蔽効果のある材料で汚染焼却飛灰等を覆うことにより実現する。安全性の確認の機能は、埋立期間は施工時のひび割れ補修と目視点検により、第 1 監視期間では汚染焼却飛灰等への水の接触がないことを常時モニタリングと汚染焼却飛灰等の全方位について管理点検廊から目視点検を行い、かつ必要に応じた補修・補強により、第 2 監視期間では周辺地下水のモニタリングにより、それぞれ実現することを原則とする。

解説：設計において要求性能を設定するためには、対象とする構造物の目的と機能を明らかにする必要がある。福島県外の指定廃棄物である汚染焼却飛灰等は国が準備する処分場において処分されることが明示されている[2]。汚染焼却飛灰等の最終処分場には、遮断、

遮蔽、安全性の確認の三つの機能が求められ、全体的な考え方がすでに環境省から示されている（参考資料 I-1）。

4. コンクリート構造物に要求される性能

施設には、監視期間内において、施設の使用目的に適合するために要求されるすべての性能が、要求性能として設定される。ここでは、施設におけるコンクリート構造物の要求性能として、構造安全性、水密性、耐久性、維持管理性に加え、偶発作用に対する復旧性に関する要求性能を設定することとする。あわせて、特措法に定める外周仕切り施設に関する要件に適合するものとする。

ここで、埋立期間においては、コンクリート製の遮断型構造としての構造安全性と水密性を設定し、遮蔽、遮断および安全性の確認の機能を実現する。第1監視期間においては、構造安全性、水密性、耐久性および維持管理性を設定し、コンクリートの覆いを含めた構造として機能を実現する。第2監視期間においては、遮断の機能はベントナイト混合土、遮蔽性は覆土、安全性の確認はモニタリングでそれぞれ実現するため、コンクリート構造物への要求性能の設定の必要はないが、コンクリート構造物の水密性の評価を加えることで、施設全体の遮断機能を向上できると考えられる。なお、埋立期間および第1監視期間においては、偶発作用に対する復旧性を要求性能として設定することとする。

解説：一般にコンクリート構造物の設計は、要求性能を満たすように行われる。本技術資料で対象とする施設は機能が定められているのみであり、関連する法規[3]をより分かりやすく解説した環境省の資料(参考資料 I-1)にはこれらの機能は示されているものの、具体的にどのような構造にするかには本来は相当な自由度がある。具体的な構造が決まらなると性能の定量的記載は難しいため、本技術資料では、環境省の資料(参考資料 I-1)を元に各機能を実現するために施設に要求される性能の項目を例示することとした。

設定された要求性能は、監視期間において全て満足されなければならない。本施設におけるコンクリート構造物では、構造安全性、水密性、耐久性、維持管理性および復旧性に関する要求性能を設定することが必要であると考えられる。監視期間内を通じて構造物が構造安全性、水密性、維持管理性および復旧性を満たすためには、構造物は供用中の環境作用によりこれらの性能に支障をきたす材料劣化や変状が生じてはならない。

構造安全性は、構造物が使用者や周辺の人々の生命や財産を脅かさないための性能であり、埋立期間および第1監視期間において設定する必要がある。

水密性は、汚染焼却飛灰汚染焼却飛灰等を遮断するための性能であり、埋立期間および第1監視期間において設定する必要がある。加えて、第2期監視期間においても考慮することによって、ベントナイト混合土との多重バリアによる遮断機能の向上を実現できる。

耐久性は、構造物中の材料の劣化により生じる性能の経時的な低下に対して構造物が有する抵抗性であり、主として第1監視期間において設定する。ただし、埋立期間中にも、耐久性の検討が必要と判断される場合には、要求性能として加える。第2監視期間におい

ては、構造物の耐久性は考慮しない。

維持管理性は、構造安全性、水密性、耐久性および復旧性が維持されていることの確認を行うための性能として設定した。埋立期間および第 1 監視期間において設定する必要がある。第 2 監視期間においては、構造物の維持管理は行わず、外部環境のモニタリングによって安全性の確認を行う。

一方の復旧性は、偶発作用によって低下した構造物の性能を回復させ、継続的な使用を可能にする性能である。復旧性は、構造物の損傷に対する修復の難易度や、修復に影響を及ぼす全ての要因を考慮して設定することとなる。埋立期間および第 1 監視期間において設定する必要がある。詳細を以下に述べる。

汚染焼却飛灰汚染焼却飛灰等のうち水溶性の放射性 Cs を含有する汚染焼却飛灰（以下、汚染焼却飛灰と称する）を最終処分する際には、遮水による遮断が重要であるが、水密性があるコンクリートを用いるとしても、すべての場合において鉄筋コンクリート構造のみで遮水を完全に保証することは困難であり、また、合理的ではない。そこで、偶発作用に対しては、点検と劣化状態の解析、将来予測を含めた評価、補修、補強などのマネジメントによって性能を回復させるための復旧性を設定することとした。ここで偶発作用は、監視期間中に生じる頻度がきわめて低いが、生じるとその影響が非常に大きい作用であり、一般には地震の影響、豪雨、強風の影響等がある。例えば偶発的な地震荷重に対する復旧性としては、レベル 2 ^{注1}の地震が起きても最終的な破損、破壊に至らずに安全性が満足され、コンクリート構造物のひび割れの補修などによって水密性を維持すれば、遮断機能は失われないこととなる。

一方、本施設のコンクリート構造物では、偶発作用によって処分対象の汚染焼却飛灰からの高濃度塩水が発生し、鉄筋コンクリートが著しく劣化することにより遮断機能の損失が引き起こされる可能性がある。このような場合においても、性能の低下によって直ちに機能を損失するのではなく、復旧性を有することが求められる。すなわち、偶発的な高濃度塩水の継続的な作用を取り除いて性能を回復させるまで、例えば、数年間の余裕度を確保できるように限界状態を定めて設計し、実際に偶発的に高濃度塩水が作用した場合には、劣化度を確認し必要な対策を講じるようにマネジメントにより対応することとする。

表 1 に、遮断型相当の最終処分場の要求性能と維持管理の内容をまとめる。許容線量に関する安全性評価はすでになされており、本技術資料では漏洩を許さないので、改めて安全性評価を行うことは求めない。

平常時と地震による異常時にはひび割れを指標とし構造性能を担保することとした。豪雨その他の異常時で漏水に関わるものは、ひび割れだけではなく、漏水の原因を変状から調査し、その原因を除去することが必要となる。

第 II 部の主な関連記述：第 II 部 表 1.1 (A)、(B)、(C)、(D)、第 II 部参考資料

注1 レベル 1 地震動は、構造物の設計耐用期間（この場合は第 1 監視期間）に数回発生する規模の地震。レベル 2 地震動は、構造物の建設地点で想定される最大クラスの地震。

表 1 遮断型相当の最終処分場への要求事項とマネジメント

		施設に要求される事項			維持管理	
		構造(躯体)への要求事項	放射線に対する性能*			
			性能	許容線量		
平常時	埋立期間	健全である有害なひび割れを許さない	漏えいなし	1mSv/y	施工時ひび割れの補修、浸水防止	
	第1監視期間	健全である有害なひび割れを許さない	閉じ込め	10μSv/y	常時モニタリング、定期点検	
	第2監視期間		閉じ込め	10μSv/y	周辺環境定期測定	
偶発作用(豪雨、暴風等)	埋立期間	速やかに変状等を補修できること	漏えいなし	1mSv/y	浸水点検、排水	
	第1監視期間	速やかに変状等を補修できること	閉じ込め	10μSv/y	臨時点検、排水	
	第2監視期間		閉じ込め	10μSv/y	周辺環境定期測定	
偶発作用(地震)	レベル1	埋立期間	健全である有害なひび割れを許さない**	漏えいなし	1mSv/y	臨時点検
		第1監視期間	健全である有害なひび割れを許さない**	漏えいなし	10μSv/y	常時モニタリング、定期点検
		第2監視期間		漏えいなし	10μSv/y	周辺環境定期測定
	レベル2	埋立期間	速やかにひび割れ等を補修できること	閉じ込め	5mSv/回	臨時点検とひび割れの補修
		第1監視期間	速やかにひび割れ等を補修できること	閉じ込め	5mSv/回	
		第2監視期間		閉じ込め	閉じ込め	10μSv/y
偶発作用(高濃度塩水の作用)		急速な劣化の回避	閉じ込め	5mSv/回	マネジメント 1) コンクリートへの漏水検知と止水 2) 劣化検査と予測、補修 3) 処分対象物の取り出し	

*) 「閉じ込め」とは、外周仕切設備の内側に封じ込める性能を示す。許容線量については、別途、安全性評価による。

**）レベル1の地震時には、鉄筋が降伏することなどなくひび割れが地震後に閉じることが必要である。

5. 構造計画

5.1. はじめに

構造計画では、監視期間中に構造物が要求される性能を合理的に満足できるように、構造形式、使用材料、主要寸法の設定を行う。その際、コンクリート構造物への作用を適切に考慮するとともに、設定した全ての要求性能に対して検討を行う必要がある。

解説：構造計画では、構造物が関係法令やそれに準ずる基準等による諸条件を踏まえた上で、要求される性能を合理的に満足できる構造形式、使用材料、主要寸法の設定を行う。要求性能に対する検討では、監視期間中の構造安全性、水密性、耐久性、維持管理性、復旧性の全ての性能を考慮し総合的に行う必要がある。また、性能照査に必要な構造物への作用については、監視期間中に想定される作用を適切な組合せのもとに考慮する。

構造計画では、施工が確実に実施されるために、建設地点の地形条件、構造物の形状や鋼材配置等の施工に関する制約条件を十分に考慮する必要がある。また、施工継目や収縮継目は構造の一体性や水密性の弱点となることが多い。継目のない構造とすることが望ましいが、継目を設置する場合には、その影響を十分に検討する必要がある。

5.2. 施設の全体系

コンクリート構造物の設計や施工においては、施設全体としての機能を考える必要がある。特にベントナイトや覆土は、遮断や遮蔽の観点から重要である。

第 1 監視期間において、鉄筋コンクリート構造物の上部に遮水を目的に設置される土壌およびベントナイト混合土は、十分な遮水性能を有するものとする必要がある。第 2 監視期間において管理点検廊に設置されるベントナイト混合土は、処分する汚染焼却飛灰等から生じる可能性がある滲出水の特性を考慮して遮水性能を確保する必要がある。また、ベントナイトや覆土の施工方法、施工時のコンクリート構造物へ与える荷重、地震の影響などを考慮する必要がある。

解説：ベントナイト混合土による遮水工は、ベントナイトの特性を考慮し、適切な方法で行わなければ十分な性能を得ることが出来ない。よって、上部遮水工であっても、事前評価などにより使用材料の特性と施工方法と期待できる性能を明確にする必要がある。上部遮水工のためには重機による転圧締め固めが必要なので、内容物の剛性を見込めない場合は、コンクリートピットの覆いには十分な剛性と強度が必要である。

第 2 監視期間においては、汚染焼却飛灰から発生すると考えられる Ca イオンを含む高濃度塩水を、偶発作用として考慮する必要がある。このような溶液では、低塩濃度の溶液に比較し Na タイプのベントナイトの防水性能は低下するので、適用箇所の条件を適切に考慮し、ベントナイト混合率と乾燥密度を高めるなど適切な設計が求められる。また限られた空間で転圧施工は困難であるため、施設の構造とあわせて、第 2 監視期間移行時のベントナイトの施工計画を同時に立案することが求められる。

第 II 部の主な関連記述：[参考資料 II-1](#)

5.3. コンクリート構造物への作用

5.3.1. 考慮する作用

コンクリート構造物の性能照査には、監視期間中に想定される作用を、要求性能に対する限界状態に応じて、適切な組合せのもとに考慮しなければならない。作用は、構造物または部材に応力および変形の増減、材料特性に経時変化をもたらすすべての働きを含むものとする。具体的には、死荷重、土圧、水圧、環境作用、コンクリートの収縮やクリープによる影響などに加え、処分対象物の主体である汚染焼却飛灰等に起因した作用を考慮することとなる。

解説：地下構造物であるので、死荷重のほか、土圧や水圧などを考慮する。地震の影響

は、地震動および地震動によって生じる作用のすべてを考慮する。環境作用では、中性化、化学的侵食、温度や湿度の影響、水の作用、凍結融解作用などを考える必要がある。特に水の作用の検討は、施設の遮断の機能を維持するために重要である。

鉄筋コンクリート製の建築物の寿命は中性化により定められる場合が多い。本施設は地下構造物であり、中性化の影響は小さいと考えられるが、埋立中と管理点検廊の換気の設計をあわせて考慮する。

周辺地盤の化学的特性に依存する化学的侵食を考慮する。温泉地などの酸性土壌は避け建設場所が選定されると考えられるが、土壌の化学的成分は測定する必要がある。例えば、施設設置のために掘削を行った際、地盤に硫化鉄が含まれるなどした場合は硫酸イオンの発生源となる可能性があり、コンクリートの硫酸塩劣化が懸念される。

乾湿条件については、地下構造物であることから、埋立期間中を除いて高湿度条件となると考えられる。施設全体を地下水面よりも上に設置することから漏水のリスクは小さいが、管理点検廊の換気状況などにより結露や乾燥の可能性は十分にあるので、コンクリートが置かれる乾湿条件を考慮に入れる必要がある。

水の作用については、地下水によるものと降雨によるものが考えられる。詳細は後述する。

凍結融解作用については、第 1 監視期間以降は完全に地下構造物となって影響が小さくなると考えられる。一方、埋立期間中には地上施設であることから、場所によっては凍結融解作用を受ける可能性がある。

施設は、埋立中、監視により確実に漏洩を防止する第 1 監視期間、周辺環境のモニタリングにより漏洩がないことを確認する第 2 監視期間に分けて管理するが、それぞれの期間において施設がおかれる環境外力は変化するので、その考慮が必要である。

第 II 部の主な関連記述：第 II 部 表 1.1 (A)、(B)、(C)、(D)、第 II 部参考資料

5.3.2. 水の作用

コンクリート構造物への環境作用のひとつである水の作用は、地下水によるものと降雨によるものに区分して行う。コンクリートの水密性によってコンクリート構造物への水の浸透を低減することのほか、全体系の検討を行うことによって、コンクリート構造物への作用そのものの程度を低減できる可能性がある。

地下水の作用に関しては、水密性のある鉄筋コンクリートからなる施設全体を地下水面よりも上部になるよう配置することで低減できる。特に浸透水の作用に関しては、鉄筋コンクリート外表面に遮水層を設けることで低減できる。降雨の作用に関しては、埋立期間には屋根構造により、第 1 監視期間には遮水層を有する鉄筋コンクリート構造および上載される土壌とベントナイト混合土を含めて行うことで、コンクリートへの作用を軽減できる。第 2 監視期間においては、コンクリートへの水の作用の検討は行わなくてよい。

解説：コンクリート構造物へ水が作用し、さらにコンクリートピット内に水が浸入した

場合には、構造物の性能を著しく低下させる可能性がある。これは、ピット内の汚染焼却飛灰等が水と接触することで発生した高濃度塩水がピット内側からコンクリートに作用するためである。よって、全体系の検討によってコンクリートへの水の作用を軽減するとともに、コンクリートの水密性によって内部へ浸透させないことが求められる。以下では、維持管理性の観点から、水の作用の検出について述べる。

第Ⅰ部図2に示すような環境省の資料で示された、第1監視期間の構造例のように、コンクリートピット構造と土壌とベントナイト混合土による覆いを用いた場合には、ベントナイト混合土層やコンクリートの覆いが機能することで、コンクリートピット内の汚染焼却飛灰汚染焼却飛灰等に水が到達することはない。しかし、何らかの原因によってコンクリートピットへ水が到達した場合には、その検出が困難である。偶発作用を想定すると、汚染焼却飛灰等から発生した高濃度塩水を検知することができないことを意味し、コンクリートピット内部の遮水層の欠損などから鉄筋コンクリートの著しい劣化を引き起こすことが考えられる。

この事態を避けるには、ベントナイト混合土の遮水層を水が通過した際に、水の浸入を検出できるようにすることである。一例として、コンクリートピット上部に屋根構造を設ける方法が考えられる。屋根の下面から漏水を検知でき、補修も可能である。また、環境省が示す構造体のイメージにプラスして、ベントナイト混合土層下部に排水構造（例えば礫を水路状に配置）を設けることで、漏水が検知できると推定される。排水路に漏水が検知された場合はベントナイト混合土層を再施工することで漏水防止ができると期待できる。

これにコンクリート容器を組み合わせることができれば、容器外周を目視でき、より確実に水の作用がないことを直接に検出できる。内面に遮水工を施したコンクリート容器を使用する方策も考えられる。フレキシブルコンテナを輸送時、もしくは処分場でコンクリート容器に格納し、コンクリートピットに積み重ねて最終処分する。個々の容器の遮水性能やひび割れが点検により保証でき、有害成分の遮断はより確実にできることが期待できる。後述する特別な偶発作用により漏水が生じた場合においても汚染焼却飛灰等の取出しが容易である。コンクリート容器を用いた構造例は参考資料Ⅲ-1に記載し、また、コンクリート容器利用時の適法性の解釈について検討し第Ⅲ部参考資料Ⅲ-3に示した。

液状水の発生源として、結露も考えることができる。換気、コンクリート壁面へのGCLの施工、フレキシブルコンテナの搬入時に一段ごとに間詰を施すなどの対策が考えられる。

第Ⅱ部の主な関連記述：[第Ⅱ部参考資料](#)

5.3.3. 偶発作用

偶発作用として、豪雨や暴風、大地震に加え、コンクリート構造物への浸水に伴う汚染焼却飛灰汚染焼却飛灰等からの高濃度塩水の作用を設定する。

解説：偶発作用とは、本施設の監視期間中に生じる頻度がきわめて小さいが、生じると重大な影響を及ぼす作用である。汚染焼却飛灰等の影響としては、コンクリート構造物への浸水に伴い汚染焼却飛灰等から高濃度塩水が発生してコンクリート表面に作用することを扱う。高濃度塩水の作用は、他の偶発作用と比較してさらに生じる可能性が低いと考えられるが、生じた場合には影響が甚大なものとなる可能性があるため、ここでは特別に扱うこととした。

第Ⅱ部の主な関連記述：第Ⅱ部 表 1.1 (A)、(D)

5.3.4. 高濃度塩水の作用

結露や汚染焼却飛灰等の吸湿や潮解、その他予想しにくい原因によるコンクリート構造物内への浸水によって汚染焼却飛灰等からの高濃度塩水が発生し、かつ、コンクリートの保護層である内面被覆材等が破れてコンクリートピット内部表面（底面）に高濃度塩水が直接に作用する事象を、偶発作用として設定する。

この作用に関しては、以下を考慮する必要がある。

- (1) 汚染焼却飛灰汚染焼却飛灰等の相組成
- (2) CaCl_2 による潮解の可能性
- (3) Kイオンによる吸着阻害

解説：十分な遮断機能を有する構造としての水密性などの要求性能を満たし、さらに何らかの不具合により上部層などからの漏水が起きたとしてもそれを検知して補修する方策を維持管理性として講じることで、コンクリートピット内の汚染焼却飛灰から可溶性成分が流出することは通常はありえない。その一方で、例えば飛灰中の CaCl_2 による吸湿・潮解（第Ⅱ部 2.6 で漏出開始計算を詳述したが、通常 100 年程度は起きないと予想できる）や結露などが何らかの原因で起き、汚染焼却飛灰に水が作用する可能性は皆無ではない。ここでは、汚染焼却飛灰等への浸水とコンクリート表面の内面被覆材の損傷が同時に発生し、コンクリートピット内面（主に底面を想定）に高濃度塩水が作用する事態を特別な偶発作用として位置付け、詳細な検討を行うこととした。

処分対象物について考慮すべき内容について、改めて表 2 に概要をまとめる。詳細は参考資料 I-2 と第Ⅱ部 2 章に記載したが、汚染焼却飛灰の注目すべき相組成上の特徴として、塩化物の種類と量を理解する必要がある。汚染焼却飛灰の特性として考慮すべきは、数～30mass%程度含有される CaCl_2 の潮解作用による高濃度塩水の発生、数～10mass%程度の NaCl と KCl 、0.1-10ppm 程度の水溶性の安定 Cs である。

表 2 鉄筋コンクリート施設における飛灰の最終処分について考慮すべき点
(ゴシックは偶発作用時)

成分	生じえる現象と考慮する点	対策案
可溶性の放射性 Cs	水が作用し漏洩すると、環境の特定箇所に濃縮しホットスポットを形成する可能性がある。	水の浸入防止、確実な遮断、不溶化
0.1-10ppm 程度の水溶性安定 Cs	原発事故から放出された放射性 Cs の絶対量はごく微量であるが、廃棄物中には放射性 Cs よりも桁違いに多量の安定 Cs があり、Cs 除去は両者を同時に行う必要がある。	十分な吸着能がある材料*、不溶化
数%程度の KCl	ゼオライトやベントナイト、土壌には Cs 吸着特性があるが、水和イオン半径が近い K により吸着能力が極端に低下する。	共存イオン効果を考えた設計*
5-30%程度の CaCl ₂	表面被覆材の欠陥からの CaCl ₂ の吸湿によるコンクリートの乾燥収縮。	膨張材・収縮低減剤で軽減
	CaCl ₂ の吸湿・潮解により、液状水が作用しない場合も、高濃度塩水が発生する可能性がある。	計算によると 100 年は生じない
	偶発作用により高濃度塩水がコンクリート層に達すると塩害(鉄筋腐食)が発生する可能性がある。	Cl 拡散係数の低減、エポキシ塗装鉄筋*
	偶発作用により濃厚な CaCl ₂ 飽和溶液がコンクリート層に達すると膨張性水和物が生成し膨張破壊する可能性がある。	ポズラン物質の使用*
高濃度塩化アルカリ	偶発作用により濃厚な塩化アルカリがコンクリートに接触すると、アルカリ骨材反応(ASR)を促進する可能性がある。	適切な抑制効果の検証*

*いずれも水の浸入防止が出来れば防ぎえる事象であるが、想定外の偶発作用による構造物への浸水が発生した場合の現象と、早期復旧のために必要となる対策案として提示した。

廃棄物の燃焼により生じる HCl ガスの除去のために、バグフィルターに石灰を吹き込む場合が多い。この結果、過剰な石灰と HCl との反応により生じた CaCl₂(もしくは CaClOH) が汚染焼却飛灰に含有される。含有量は廃棄物中の Cl 濃度により大きく変動するが、5-30mass%程度と推定される。そのほか、それぞれ数~10mass%程度の NaCl と KCl が含有される(第 II 部 図 2.1)。すなわち、汚染焼却飛灰の 1/3 程度は塩化物塩からなる場合もある。

CaCl₂は潮解性であり、吸湿性を有する。汚染焼却飛灰がコンクリートと接するとコンクリートは相対湿度 30%程度の乾燥条件に曝される。CaCl₂は吸湿により自ら高濃度塩水を生じる。すなわち、外部からの漏水が無くとも大気中の水分の吸湿によっても漏水が起きえる。ただし、汚染焼却飛灰には空隙が含まれるので CaCl₂ の潮解により直ちに高濃度塩水が流出するわけではない。試算によれば 1m³容量のフレキシブルコンテナからは、CaCl₂ 含有量が 20mass%のとき 120 年間は漏水しない(第 II 部 2.6.3)。ただし、汚染焼却飛灰の飛散防止に過剰量の散水が行われるとこの期間は相当に短くなる。高濃度塩水の漏水が発生し、

コンクリート NaCl と面の内面被覆材に欠陥があると、コンクリート内部の鉄筋が腐食を始め、コンクリート構造物の性能が低下することになる。

汚染焼却飛灰の吸湿性を考えると、仮置き時の保管も透湿性の低いポリエチレンの袋に保管し、周辺に飛散した場合は速やかに除去することが必要である。セメント固型化は潮解や結露による高濃度塩水の発生には好ましくない。空隙による発生溶液の保持作用がなくなり早期に高濃度塩水が発生するためである。

上部遮水層の欠陥、もしくは飛灰の吸湿により発生した水溶液には K イオンも高濃度で含有されている。一般に土壌により Cs は相当程度に強固に吸着される。実際に、事故により環境に放出された放射性 Cs は土壌に安定的に吸着され、水ではほぼ流出しない。しかし、この吸着はアンモニウムイオンと K イオンにより阻害される。汚染焼却飛灰のように高濃度に K イオンが存在する場合、Cs 吸着能力は 1/100~1/1000 に低下する。したがってフレキシブルコンテナの間に土壌を充填しても Cs の移動抑制の効果は限定的と考えたほうが良い。

また事故により環境に放出された放射性 Cs はごく微量である。137Cs で考えると、1g が 3.2TBq であるので、10 万 Bq/kg は、 $10 \text{ 万} / 3.2 \text{ T} = 10^5 / (3.2 \times 10^{12}) = 3.1 \times 10^{-8} \text{ g/kg} = 31 \text{ ppt}$ (10^{-12}) となる。汚染焼却飛灰に数 ppm (10^{-6}) の安定 Cs が含有されていることと比較すると、事故起源の放射性 Cs の質量は、10 万分の 1 程度となる。土壌による放射性 Cs の吸着を期待する場合には、共存する%オーダー (10^{-2}) の K イオンと、ppm オーダー (10^{-6}) の安定 Cs を考慮する必要がある。

汚染焼却飛灰から漏水が発生した場合、コンクリートに誘起が想定される劣化現象を考える。いずれもひび割れ発生とともに水密性の低下に結びつき、遮断機能を喪失させる。具体的には、以下の事項が考えられる。

- 1) 一般に、鉄筋コンクリート構造は微細なひび割れを許容しており、また、コンクリートは多孔体であるため、完全な水密性をコンクリート単体に期待することは出来ない。しかし、ひび割れを抑制することで水の移動速度を低下させることは可能である。一方、建築物では、コンクリート表面に施工する表面被覆材による防水が一般的に行われている。今回の対象施設においても表面被覆材によって水密性を高めることが考えられるが、pH=12 程度の高濃度塩水が作用した場合の表面被覆材の長期的耐久性は必ずしも明らかではない。
- 2) 汚染焼却飛灰は潮解性の CaCl_2 を含有しコンクリート内壁が極度な乾燥条件に曝され、乾燥ひび割れが増加する可能性がある。
- 3) 高濃度塩水がコンクリート層を浸透し鉄筋に達すると鉄筋腐食が発生し、腐食膨張によってかぶりコンクリートが剥落する可能性がある。底版下部の鉄筋が腐食するとピット自体が崩壊する可能性に繋がる。
- 4) 高濃度塩水がコンクリートに接するとコンクリート中の Ca(OH)_2 と CaCl_2 が反応し、膨張性の鉱物 $3\text{CaO} \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$ が生成しコンクリートが膨張破壊する可能性がある。

- 5) 高濃度塩水によりアルカリ骨材反応（ASR）が促進され、骨材の膨張によるコンクリートのひび割れが発生する可能性がある。

第Ⅱ部の主な関連記述：第Ⅱ部 表 1.1 (A)、(D)

5.4. 各種要求性能に対する検討

5.4.1. 構造安全性の検討

構造安全性について、設計で考慮した作用のもとで構造物が破壊の限界状態に至らないことを確認する。

解説：構造安全性については、他の重要コンクリート構造物と同様の検討を行う。大地震の影響については偶発作用として扱う。

5.4.2. 水密性の検討

水密性について、コンクリート構造物の内部に水が浸透しないことを確認する。

解説：水密性については、ベントナイトや覆土の影響を考慮して検討を行う。豪雨や暴風、大地震の影響は偶発作用として扱う。

5.4.3. 耐久性の検討

耐久性について、環境作用によるコンクリートや鋼材の劣化によって、構造安全性や水密性などの構造物の所要の性能が損なわれないことを確認する。

解説：耐久性については、他の重要コンクリート構造物と同様の検討を行う。

第Ⅱ部の主な関連記述：第Ⅱ部 表 1.1 (C)

5.4.4. 維持管理性の検討

維持管理性について、監視期間中に、構造安全性、水密性、耐久性、復旧性などの構造物の所要の性能が低下していないことを点検できることを確認する。管理点検廊は、汚染焼却飛灰等への浸水が全方向から検知でき、鉄筋コンクリート構造の健全性を人による目視およびセンサにより確認でき、また、変状発見時には補修・補強を行うことができる構造とする。特に浸水が発生時には、漏水箇所と原因を特定とともに、集水し、安全性を確認して排水できる構造とする。

解説：維持管理性については、各性能が低下しないことを点検やセンサによって確認できる性能を有する必要がある。点検に使用する点検廊は遮水構造に対応したものとする必要があり、人が入ることを想定し、十分なスペースと換気設備が必要である。また、コンクリート構造物に何らかの変状が発見された場合、補修・補強等を含め、対策が施せる構造とする必要がある。

最終処分場では、偶発作用として汚染焼却飛灰等に水が作用することが最も重大な問題を引き起こすと予想されるため、漏水が発生した場合の対応を想定し、人による定期点検

とセンサによる常時監視を行う必要がある。用いるセンサの留意点は第Ⅲ部参考資料Ⅲ-2に示した。

偶発作用によらず、平常時においても水が作用する可能性もある。たとえば埋立期間に必要な清掃用の水道施設の配管の緩みから漏水するかもしれない。また、誤って上部遮水層を掘削し、遮水構造が損なわれることがあるかもしれない。そのようなことがないように、とくに埋立期間から第 1 監視期間への移行時には漏水の原因となるようなものを排除するように配慮し、点検やセンサによって水が作用しないように維持管理できるようにする必要がある。例として示した屋根構造などから漏水が発見された場合、漏水が起きた場所と原因を特定し、それを排除した上で必要な補修を行う。単に漏水箇所へ防水塗料を施工するだけでは長期的な遮水性能の保証は難しいと考えられる。浸入水は排水する必要があるが、その場合は、浸入水が処分対象物により汚染されていないことを確認する。

偶発作用による汚染焼却飛灰からの漏水は、汚染焼却飛灰等を格納するコンクリートピット内部から排水口を通じ、点検廊に漏えいすることを想定する。ここではコンクリートピットからの漏水ではなく、他の部位からの放射能汚染していない水を対象に処分方法を準備することを求めている。偶発作用により発生する放射性 Cs を含む漏水に対しては別途方策を定める。

5.4.5. 復旧性の検討

(1) 検討の方法

復旧性については、偶発作用により生じた機能や性能の低下に対して、復旧技術や復旧体制等を前提とした機能回復の難易度等や損傷に対する速やかな点検のしやすさ、被災後の復旧資材の確保、復旧技術の開発等のハード面や、復旧体制の整備などのソフト面を考慮して、適切な方法を検討しなければならない。

解説：環境省提示の構造例（第Ⅰ部図 1～3）においても、十分な遮水性能を有する。さらに、何らかの不具合により上部層からの漏水が起きたとしてもそれを検知し補修する方策を講じるので、汚染焼却飛灰から可溶性成分が流出することは通常はありえない。ただし、3.2 節で述べた偶発作用、例えば汚染焼却飛灰中の CaCl_2 による吸湿・潮解や結露などが起き、汚染焼却飛灰等への浸水とコンクリート表面の内面被覆材が損傷しコンクリートピット内面（主に底面を想定）に高濃度塩水が作用する事態には、複数のステップで対応する。高濃度塩水のコンクリートへの漏水を検知し、可能であれば止水し、鉄筋コンクリートへの影響を評価する。鉄筋コンクリートの劣化を予測し、劣化が第 1 監視期間よりも早期にコンクリートの機能を失わせると考えられる場合には、補修を試みる。補修が困難であり、第 1 監視期間にわたり遮断性能と維持管理性能を保持できないと考えられる場合には、内容物を取り出し、適切な対応を講じて、再処分する。この際にも、環境への有害成分の漏洩を防ぐために、対策を講じるまでの期間、コンクリートが急速な劣化を示さないように表 2 に示したような特別な偶発作用時に起こりえる現象を予測し、構造物の設計

時にこれに対する対策を施しておくことが必要である。

第Ⅱ部の主な関連記述：第Ⅱ部 表 1.1 (A)、(D)

(2) 復旧性の前提条件

偶発作用に対する復旧性を満足するための前提条件として、以下の4項目を考慮する。

- 1) 漏水を原則として許さない上部構造
- 2) ひび割れの少ないコンクリート
- 3) 浸水・変状の検出
- 4) 余裕度の確保

解説：1)について、偶発作用の影響によって一時的に性能が低下した場合でも、追加的漏水を防止し、ひび割れを通したコンクリートや鉄筋の早期劣化を抑制することは重要である。たとえば、屋根構造などにより外部からの浸水を確実に防止できることが求められる。

2)について、あらかじめピットのコンクリートのひび割れを少なくしておくことは鉄筋コンクリートの劣化を抑制することに有効であるから、ひび割れ抑制対策を積極的に行う必要がある。また、ひび割れの抑制レベルを想定しコンクリートへの塩分浸透予測も行い、適切なかぶりを確保する。

3)について、汚染焼却飛灰等のフレキシブルコンテナをコンクリートピットへ収納・処分していき、遮水層で覆うという処分状況から考えて、汚染焼却飛灰等への浸水を直接的に検出することは容易ではない。上部層からの漏水状況から、汚染焼却飛灰等への浸水が懸念される場合は、汚染焼却飛灰等上部の遮水層を一部除去し、汚染焼却飛灰等の含水状況を調べることで浸水状況を確認する。もしくは、あらかじめ透水性コンクリートをコンクリートピット下部に設置し、浸水検知が可能な構造とする。

4)について、単に汚染焼却飛灰等への浸水があるだけで、汚染焼却飛灰等から漏水していなければ、あるいはコンクリートピット内部の内面被覆材が機能しているならば、直ちにコンクリートピットの遮断機能が失われるわけではない。そこで、さらにフレキシブルコンテナを格納するピット下部にポーラスコンクリートを設置したり(遮水工はポーラスコンクリートの内面となる)、底版上面に傾斜をつけ、端部から漏水を検知するなどして、汚染焼却飛灰等からの漏水を確認する構造とする。何らかのセンサにより常時監視する場合には、センサの誤動作による異常時の不検出を避けるシステムとする必要がある。

飛灰からの漏水が検知されると、コンクリートの劣化の進展が懸念される。この際も、フライアッシュセメントや耐食性がある鉄筋を用いるなどすれば、遮断機能が損なわれるまでの時間は長くなる。余裕度の確保は、Cl 浸透の抑制、鉄筋の腐食抑制、ASR の抑制、塩類劣化の抑制の観点から行う。

第Ⅱ部の主な関連記述：第Ⅱ部 表 1.1 (A)、(B)、(D)

(3) 豪雨に関する検討

豪雨により地表面が冠水した場合でも、施設内部に浸水がない構造であること基本とするが、浸水時は直ちに排水するものとする。

解説：豪雨とは、地表面が完全に冠水するような雨量の降雨を指す。あらかじめ豪雨による冠水を想定し、コンクリートピット最上面は十分な高さを持って施工するが、豪雨時には浸水の有無を確認し、浸水が発見された場合は、浸入水が汚染焼却飛灰等により汚染されていないことを速やかに確認し、管理点検廊から排水する。排水のための施設と排水場所をあらかじめ想定しておく必要がある。施設内部である管理点検廊に浸水した場合もコンクリートピット内表面の被覆材が機能している間はコンクリートピット内への浸水は発生しない。しかし、保護層である内面被覆材の劣化によりコンクリート内部へ浸水した場合には、偶発作用として高濃度塩水が発生してコンクリート表面に作用することになるので、追加的な対応を検討する。

(4) 地震に関する検討

レベル 1 の地震に対しては有害なひび割れが発生せず、地震後、ひび割れが閉じるように設計する。レベル 2 の大地震に対してはひび割れの発生は許容するが構造安全性が保持できるように設計し、地震後、施設の変状を検査し、ひび割れがある場合はその影響を除去する。

解説：レベル 1 の地震は、施設の供用期間（この場合は第 1 監視期間）において 1 度程度経験する地震動を指す。レベル 2 の大地震とは、きわめてまれに数 100 年に一度程度発生すると推定される規模の地震動である。

建築基準法に準拠し耐震性能を評価する。本施設では特に処分対象物を含めた検討が必要である。この際、遮断型相当の最終処分場には遮断機能が求められるので表 1 に示したように、ひび割れの回復性を考慮した設計が必要となる。地震動によりコンクリートにひび割れが発生するが、鉄筋の降伏以前であれば、曲げひび割れは開いたままにはならない。しかしながら、鉄筋降伏後の曲げひび割れやせん断ひび割れ等、地震後に残留ひび割れ幅が問題となる場合があるため、せん断ひび割れを抑制する対策を施すか、大きな地震の後にひび割れを確認し、必要に応じて補修を行う。その場合、点検や補修の方法をあらかじめ設定しておく必要がある。

(5) 高濃度塩水の作用に関する検討

偶発作用として高濃度塩水がコンクリート表面に作用した場合でも、コンクリートや鋼材の劣化による性能低下を最小化するための修復方針を検討する。必要に応じて施設の著しい劣化が生じる前に大規模補修を行う計画を準備する。コンクリートに関しては化学的侵食やアルカリ骨材反応、鋼材に関しては塩害に対して急速な劣化を引き起こさないようにすることが大切である。

解説：それぞれの事象の検出方法を準備し、高濃度塩水がコンクリート構造物に与える影響の予測を行い、維持管理方針を決定する。汚染焼却飛灰に水が供給され、高濃度塩水が発生したとしても直ちに施設の性能が損なわれることはないように設計しているので、偶発作用の発生後、即座に対策を取る必要は必ずしもない。高濃度塩水が発生し、コンクリートに接したとしても、必ずしも著しい劣化が短時間に生じるとはいえない。そこで、コンクリート構造物の健全性を調査する方法をあらかじめ設定しておき、コンクリートの劣化度を診断しその結果を踏まえ、その後の施設の安全性確保の計画を見直す。劣化が発見されたとしても、第 1 監視期間に漏洩が起きないと考えられれば、点検強化が合理的と考えられる。第 1 監視期間においてコンクリートの著しい劣化が避けられないと判断された際は、処分物を取り出し、施設の補修・補強、あるいは再構築を行う。

あらかじめコンクリートの劣化診断を実施し、将来予測する方法を提示できることが望ましいが、現在の学術レベルでは必ずしも容易ではない。埋立を経て第 1 監視期間の一定時間を経た後に特別な偶発作用は起きる可能性があるが、施設の設計時に明確な手法が準備できない場合は、継続して研究を行い、施設の健全性を評価する方法を開発することが必要である。表 2 に示す各種の劣化現象の定量予測手法は現在も研究中である。

鋼材量自体は構造性能と耐震性能から決定する。また、かぶりの設定は偶発作用である CI 浸透による塩害予測から行う。しかし、コンクリートから完全にひび割れを除去することは容易ではないため、ひび割れが生じていても、偶発作用時に CI 浸透が起きた場合に急速な劣化が生じないように鋼材側で配慮することが求められる。具体的には、エポキシ塗装鉄筋やステンレス鉄筋が挙げられる。これらを使用する場合も、必要な部位に局部的に用いることで経済的に建設が可能となる。

第 II 部の主な関連記述：第 II 部 表 1.1 (A)、(D)

6. 施工計画

6.1. コンクリートの材料設計

コンクリートは、品質のばらつきが少なく、施工の各作業に適したワーカビリティを有するとともに、硬化後は所要の性能を有するものでなくてはならない。耐久性の観点から、温度応力、乾燥収縮、アルカリ骨材反応、塩害、化学的侵食を抑制できるコンクリートを用いること。

解説：温度応力、乾燥収縮、およびアルカリ骨材反応(ASR)は、前述してきたひび割れの少ないコンクリートの要件から求められる。温度応力を考慮したひび割れ対策、乾燥収縮によるひび割れ対策、および第 1 監視期間に有害なひび割れが発生しない ASR 対策が求められる。一方、偶発作用としての高濃度塩水が作用する場合には、塩害、ASR の促進、コンクリートの塩類による化学的侵食を考慮する必要がある。

各項目についてはすでに多くの対策がセメント材料の観点から提示されてきている。例として JIS に定める II 種フライアッシュを普通ポルトランドセメントに対し 30mass% 混合

すると、乾燥収縮を除くすべてに有効な対策になる。温度応力低減に関しては中庸熱ポルトランドセメントや低熱ポルトランドセメントも有効である。乾燥収縮に対しては、膨張材や収縮低減剤が効果的である。中性化に対しては、地下構造物でありリスクが高いとはいえないが、十分低い水セメント比とすることが有効である。凍害に対しても大半は地下構造物でありリスクは高くはないが、埋立期間中は屋外に曝されることになるので、通常の寒冷地におけるコンクリートと同様に空気量確保は必要である。

高炉セメントを用いる場合、高温環境下では普通ポルトランドセメントよりも発熱量が多くなり、必ずしも温度応力が低下しないことに注意し、さらに ASR と塩類による化学的侵食抑制には必要となる高炉スラグ微粉末の混合割合を適切に定量評価し、使用に当たっては高炉スラグ微粉末の混合割合を品質管理する。高炉セメントでは良質なフライアッシュセメントに比べ、混合割合を3倍以上にする必要がある。

以上のように、種々の事象への対策のため、コンクリートの性能を、各種構成材料の適切な選択により高めることが必要であるが、一般の土木・建築に用いられる普通コンクリートに対して、種々の対策を講じたコンクリートを本技術資料では対策コンクリートと称する。具体例は第Ⅱ部における各検討で示しているが、例示した対策コンクリートを使用することは現在考えうるすべての劣化機構に一定の効果を有すると期待された。なお、例示した対策コンクリートの材料は JIS 適合品を用いることを前提としている。一般に、使用材料が JIS 適合品である場合は、JIS 製品を用いて製造したコンクリートも JIS 適合品とみなされる。

第Ⅱ部の主な関連記述：第Ⅱ部 表 1.1 (B)、(C)

6.2. コンクリートの施工計画

6.2.1. はじめに

コンクリートの施工は、現場打設もしくはプレキャスト部材の施工、あるいは両者の複合が考えられるが、用いるセメントの特性を考慮した配（調）合設計、製造施設、打設条件、養生条件、強度の管理材齢の設定を行う。あわせて、施工現場に即した適切な施工管理計画を策定し、所要のコンクリートの性能を確保する。

解説：各種の性能に配慮し、普通コンクリートではなく、何らかの対策コンクリートを用いる事例は、特定の配慮が求められる土木・建築構造物でも多く存在する。これらの事例でも常に共通することであるが、普通コンクリートを用いる場合に比較し注意すべき点がいくつかある。

施工を考える場合、第一に材料供給に配慮する必要がある。低熱ポルトランドセメント、フライアッシュや膨張材などは、通常とは異なる遠距離の流通と入手可能性を考慮し、あらかじめ設計時に使用を想定する必要がある。これは通常の価格設計では対応できない可能性があるためである。さらに製造設備に関して、特に既設の生コン工場などを利用する場合には、コンクリートの製造場所を考慮し、フライアッシュ用のサイロを新たに準備す

ることも設計段階で考慮する必要がある。

対策コンクリートを用いる場合は、通常の普通コンクリートと異なり、新たに製造工場
で配（調）合設計を行う必要があり、かつ通常以上の品質管理が求められる。フライアッ
シュの空気量と強度発現への影響に関する品質変動を考慮すると、設計段階においてもフ
ライアッシュの供給源を品質安定性の観点から評価・特定することが好ましい。

耐久性確保の観点から、フライアッシュセメントなどを用いる場合、フライアッシュの
特性により、単位水量が減る、あるいは紛体量が増えるなどしてコンクリートワーカビリ
ティは変化する。このため、打設条件に配慮した配（調）合設計と製造施設の選定が必要
となる。フライアッシュセメントや膨張材を使用することを考えると、施工時は最低温度
を考慮する必要がある。また、初期養生が耐久性発現に重要であるため、通常の条件に加
えて長期間の湿潤養生が可能となるよう配慮する。さらに強度発現性も遅延するので、湿
潤養生期間の延長とあわせて、より長期材齢での強度設計を行う。

施工継目や収縮継目は、構造の一体性や水密性などの弱点となる可能性があるので、十
分に注意が必要である。継目は設計図書に示した構造とすることを基本とするが、設計で
定められていない継目を設ける場合には、構造物の強度、耐久性、水密性などを損なわな
いように、その位置、方向および施工方法を定めなければならない。

コンクリートは施工の良し悪しにより品質が大きく異なる。特にかぶりコンクリートの
品質が耐久性に強く影響するため、適切な施工管理計画が求められる。施工作業員の能力
の確保と共に適切な作業状況のチェック体制の構築によりコンクリートの表層品質に改善
が認められることが山口県発注の工事の事例からも明らかである。これらの事例を参考に、
コンクリートの表層品質を確保する手順を明確にすることが求められる。

これらの事項はコンクリートが現場打設であっても工場製のプレキャスト部材であって
も同様であり、適切な施工と施工管理が必要である。

以上の方策は設計段階から考慮しておくことが重要で、施工費に算定しなければならない。
い。

第Ⅱ部の主な関連記述：(E)

6.2.2. 立地条件と工期の考慮

施設の立地条件と工期を考慮し、施工方法を選定する。

解説：施設は市民生活への影響が少なくなるように配置される。したがって、レディー
ミクストコンクリートの入手容易性は通常の場合と大きく異なるものと考えられる。また、
耐久性確保のためフライアッシュセメントなどの特殊な材料を用いる場合も想定できる。
さらに施工期間に制約が求められる可能性もある。このように単に材料性能だけではなく、
立地条件と求められる工期を考慮して工法選定する必要がある。具体的には、レディーミ
クストコンクリートを用いた現場打設の一般的方法に加え、第Ⅲ部参考資料Ⅲ-1 に示すよ
うな一部をひび割れのないことが保証できるプレキャスト製品により施設を構成する方法、

プレキャストコンクリート容器を活用する方法、などが考えられる。

7. 設計や施工計画の妥当性

7.1. 第三者評価の必要性

施設は、建設の仕様から求められる機能の実現に関する要求性能や技術、施設の立地条件と工期、および経済性の観点から、有識者である第三者の技術評価を受けることが望ましい。

解説：本技術資料は環境省の資料(参考資料 I -1)の補完に関わるものである。現実の施設建設を考えると、機能の実現に関する具体的な仕様については、技術的評価を、個別の専門家ではなく、専門家集団により多面的に行い、施設の立地条件への適合性、工期、さらに経済性を考慮して総合評価を行うことが妥当である。第Ⅲ部参考資料Ⅲ-1 にケーススタディとして構造体例を示したが、立地条件と工期によっては、異なる最適解が存在することは大いに考えられ、技術的に検討すべき余地は大いにある。同時に施設設計案の採択に当たっては透明性が求められるため、複数の有識者からなる評価委員会の設置が妥当と考えられる。

7.2. 関連法規への適合

特措法、施行令、施行規則、廃棄物関係ガイドラインで記載されている 10 万 Bq/kg を超える特定廃棄物の埋立基準に適合することを確認する必要がある。

解説：環境省の資料(参考資料 I -1)の部分変更案であっても、既存の法規への適合性を検証する必要がある。法規に記載された内容は工学的には必ずしも明確ではない場合もあるが、技術的解釈を根拠と共に示し、提案する施設の構造と維持管理計画が法規へ適合することを示さなければならない。ただし、現段階では準拠する法律が不明確な部分もある。施行規則第二十六条第 1 項、平成 25 年告示第 15 号と第 16 号、第 I 部参考資料 I -2 を参照されたい。また、建築基準法の適用についても考慮する必要がある。コンクリートピットを地下工作物とみなせば、土木構造物とも考えられるが、この場合は、発注者が責任を持って設計することになる。

[1] 環境省、指定廃棄物処分等有識者会議（第 2 回）、資料 1-1 最終処分場等の構造・維持管理による安全性の確保について、平成 25 年 4 月 22 日

http://shiteihaiki.env.go.jp/initiatives_other/conference/pdf/conference_02_01.pdf

[2] 環境省、指定廃棄物の今後の処理の方針、平成 24 年 3 月 30 日

http://www.env.go.jp/jishin/rmp/attach/memo20120330_waste-shori.pdf

[3] 平成 25 年 2 月 28 日環境省告示第 15 号、特定廃棄物の埋立処分の場所に係る外周仕切設備の要件、http://www.env.go.jp/jishin/rmp/attach/an25_015.pdf

参考資料Ⅲ-1 構造体例

1. はじめに

汚染焼却飛灰廃棄物等の最終処分場のコンクリート構造はコンクリートピットが主体となるが、検討した構造体の例を示す。構造例では、汚染焼却飛灰廃棄物等を入れることを想定し、特に考慮すべき点を挙げ、また、実現するために考えられる案を例として示した。

コンクリートピットの構造例としては、環境省の資料（参考資料 I -1）で示されている場所打ちコンクリートピットを除き、1) 急速施工と近年の作業員不足に対応した現場作業軽減が可能なプレキャストコンクリートピット（図 1.1）、2) 汚染焼却飛灰廃棄物等運搬の安全性も高めるコンクリート容器併用型コンクリートピット（図 1.2、図 1.3）、の2種類を取り上げた。また、コンクリートピット内への浸水防止策の例として、屋根構造例、維持管理を考慮した構造例を示した。なお、示した例では、構造計算、耐震設計は行っておらず、既存の図書に従って別途設計する必要がある。

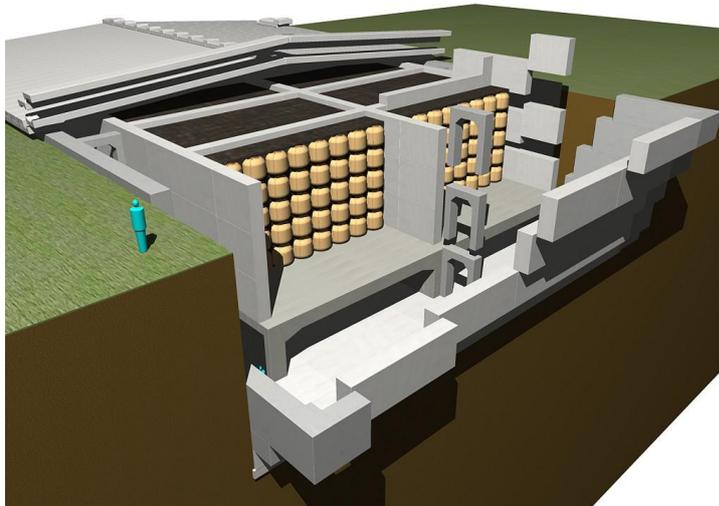


図 1.1 プレキャストコンクリートピットイメージ

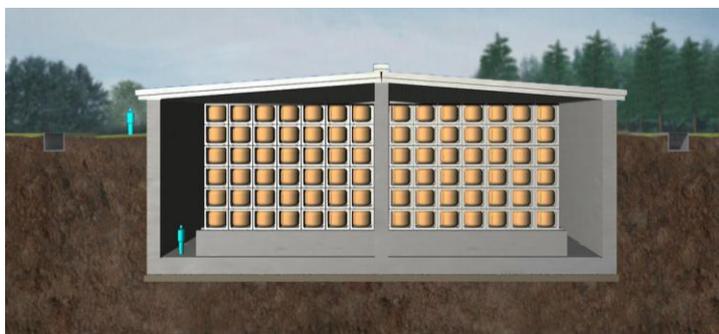


図 1.2 コンクリート容器併用型コンクリートピットイメージ①

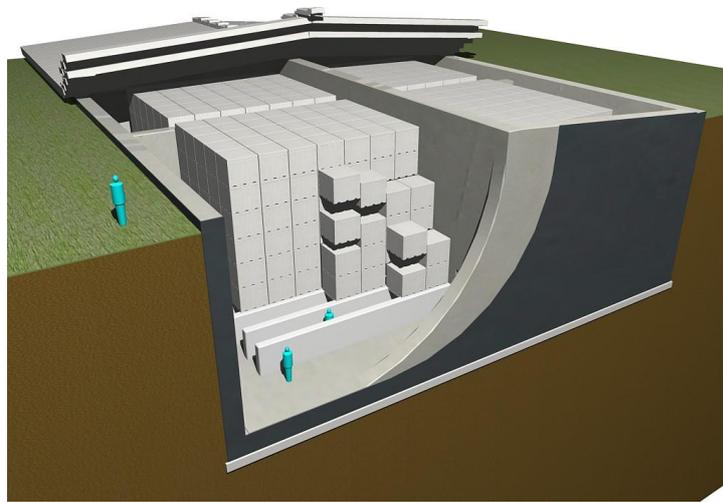


図 1.3 コンクリート容器併用型コンクリートピットイメージ②

2. コンクリートピット

2.1. プレキャストコンクリートピット

コンクリートピットをプレキャストコンクリートにより建設する場合に考慮すべき点を以下に示す。

- (1) コンクリートは、耐久性の確保と、ひび割れ対策用の配合設計を行った上で構造的に必要な強度を有するものを使用する。耐久性の確保およびひび割れ対策は、用いるコンクリート材料の特性を考慮して別途検討する。
- (2) 耐久性の確保およびひび割れ対策として、低熱セメント、フライアッシュセメント、膨張材、収縮低減剤等を使用する。
- (3) 耐久性向上のため、初期養生(蒸気養生)に加えて使用材料に応じて十分な湿潤養生を行う。
- (4) 処分場の底版部のプレキャスト部材の接合は、ループ継ぎ手、モルタル充填継ぎ手等で接合する(図 2.1、図 2.2)。
- (5) 処分場の縦壁のプレキャスト部材の接合方法は、場所打ち継ぎ手、モルタル充填継ぎ手、コンクリートの中詰め方法等で接合する(図 2.2、図 2.3)。
- (6) コンクリートのひび割れ耐久性向上のために断面方向にプレストレスを導入する方法もある。
- (7) 床部材の面積が大きい場合には、使用時のたわみおよびひび割れの検討の際に特に留意する。

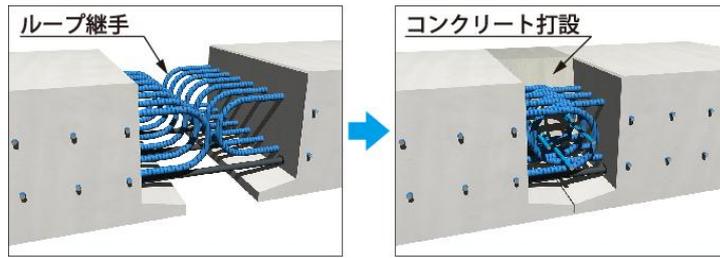


図 2.1 ループ継手概要図

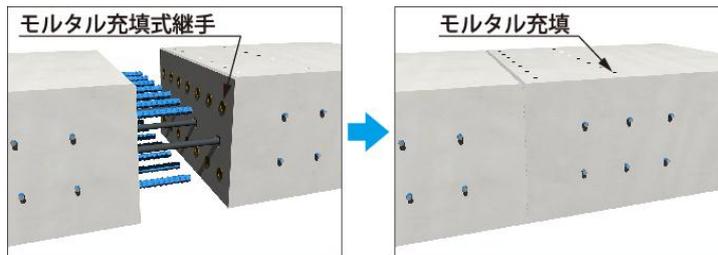


図 2.2 モルタル充填継手概要図

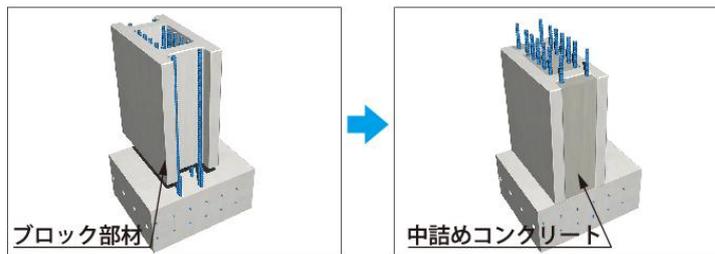


図 2.3 コンクリート中詰め方法概要図

2.2. コンクリート容器併用型コンクリートピット

外部仕切は場所打ち対策コンクリート、内部仕切はコンクリート保管容器とする場合、コンクリート保管容器には以下の性能が必要と考えられる。

- (1) コンクリートは、耐久性の確保と、ひび割れ対策用の配合設計を行った上で構造的に必要な強度を有するものを使用する。耐久性の確保およびひび割れ対策は、用いるコンクリート材料の特性を考慮して別途検討する。
- (2) 耐久性の確保およびひび割れ対策として、低熱セメント、フライアッシュセメント、膨張材、収縮低減剤等を使用することは有効である。
- (3) 耐久性向上のため、初期養生(蒸気養生)に加えて使用材料に応じた十分な湿潤養生を行う。
- (4) コンクリート保管容器の本体は、継ぎ目のない一体成型。
- (5) コンクリート保管容器の蓋構造は、雨水等の進入しにくい逆蓋構造。
- (6) コンクリート保管容器は、遮断性向上のため、蓋と本体をボルト等により固定し一体化。
- (7) コンクリート保管容器内部には、廃棄物とコンクリートの接触を防止するため、遮水シート等を

設ける。ただし、廃棄物からガス発生の可能性があるときは圧抜き弁を設置する。

- (8) 外部からのコンクリート容器内への雨水等の浸入を防止するため、蓋と本体との間には止水材を設ける。
- (9) コンクリート保管容器の移動・運搬用に吊上げ用の金具を配置する。
- (10) 偶発作用の対応が可能となるように、常時の移動・運搬用の吊金具以外に吊れる構造(スリング等)を設ける。

以下に、コンクリート容器使用時の耐震設計の考え方を示す。

- 1) コンクリート容器は地震動に対する安定性を確保するために、滑動及び転等防止対策(金物やPC鋼材による連結等)を講じる(図 2.4)。ただし、対策装置の腐食は容器を破損させる恐れがあるため、防食性・耐久性に十分留意する。
- 2) 容器の安定確保は水平のみならず、鉛直間においても対策を講じる。
- 3) 安定性確保に使用する構造材料は、コンクリート容器の地震時水平力等に対する十分な強度を有するものとする。
- 4) ピット本体の設計において、底版にはコンクリート保管容器の地震時発生力(反力等)を考慮する。縦壁にはコンクリート保管容器の地震時発生力(水平等)を考慮する。
- 5) ピット本体とコンクリート容器群との間に遊間がある場合には、振動モードの相違による衝突に留意する。
- 6) コンクリート容器の耐震設計は容器への要求性能や処分場構造、現地土質条件等に適した地震波を用いて行う。
- 7) コンクリート容器の構造耐力は単体及び群体等での各振動モードによる影響の確認を行う。

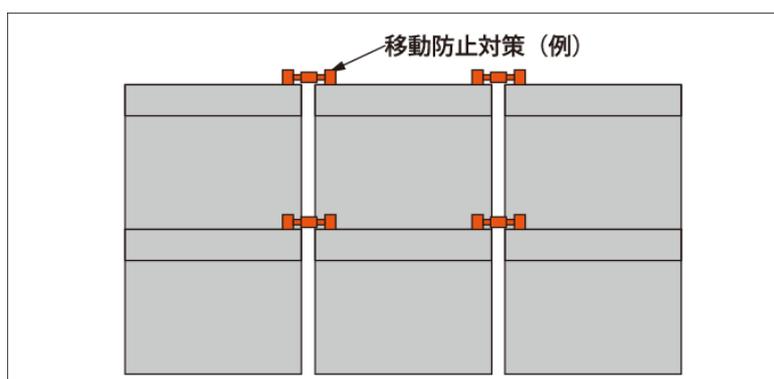


図 2.4 保管容器の連結金具例

2.3. 屋根構造

コンクリートピット内への水の浸入防止は重要である。以下、プレキャストコンクリートを用いた屋根構造を例示し、考慮した点を記載する。

- (1) 屋根は雨水等が漏水せず、また漏水した場合にも雨水がピット内に入らないように勾配を付ける。また、瓦状構造(図 2.5)も有効な方策である。
- (2) 屋根部材は耐久性を向上させるため、ひび割れ抑制対策として部材軸方向にプレストレスを

導入する方法もある。

- (3) 屋根構造の部材間には止水材を設置し、外部は防水シートで覆い止水性を高める(図 2.6)。
- (4) コンクリート屋根の支点はピン構造(壁部材と剛結しない構造)とし、地震力が直接壁部材に伝わらない構造にすることにより、構造物全体の耐震性を向上できる(図 2.7)。
- (5) コンクリート容器の耐震設計は容器への要求性能や処分場構造、現地土質条件等に適した地震波を用いて行う。
- (6) コンクリート容器の構造耐力は単体及び群体等での各振動モードによる影響の確認を行う。

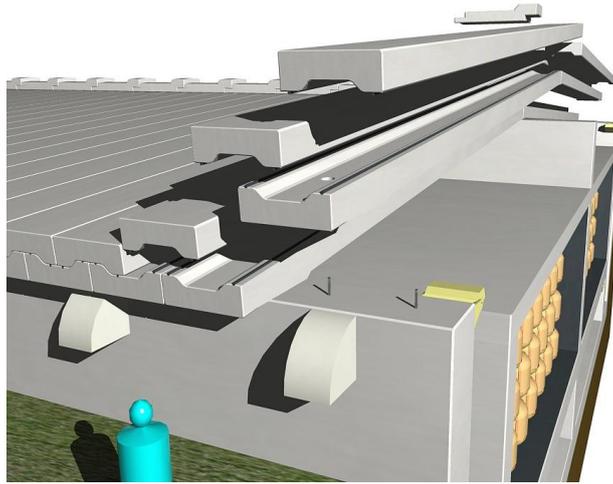


図 2.5 瓦状構造イメージ

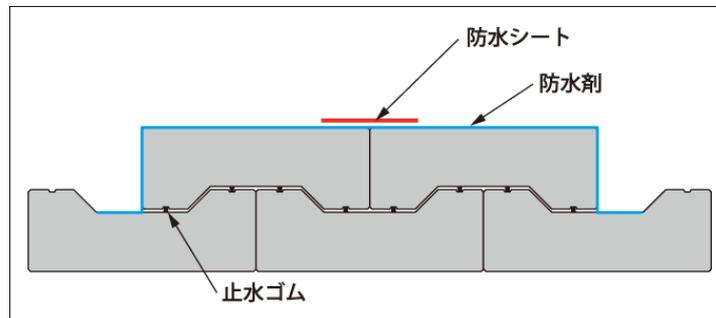


図 2.6 瓦状構造例

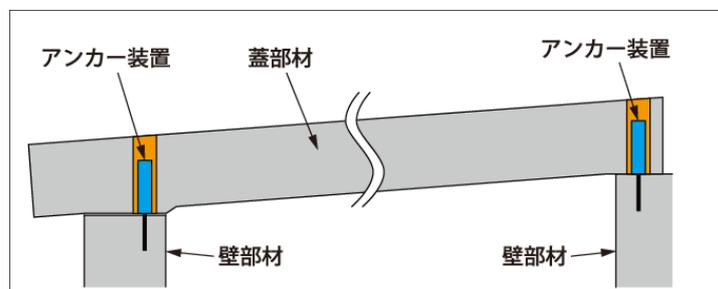


図 2.7 プレキャスト屋根構造例

2.4. 維持管理を考慮した構造

本施設の運用には、『施設の設計、製作』⇒『廃棄物の運搬・搬入』⇒『屋根の設置・屋根上部のベントナイト盛り土等』⇒『維持管理』までを一体のシステムとすることが望ましい。また、施設全体の維持管理を考慮して、以下の構造例と、特に考慮した点を示す。

- (1) 屋根の点検・補修が行えるように、屋根と廃棄物の間に空間を設ける(図 2.8)。
- (2) 廃棄物の上面には、屋根内面の点検・補修用の足場(蓋)等を設ける(図 2.8)。
- (3) 外部仕切りと内部仕切りの間の点検廊には、事前(建設時)に点検・補修用の移動式足場等を設置する(図 2.8)。
- (4) 施設には、点検・補修等のための出入り口を設置する。
- (5) 施設には、点検・補修等のために、照明を事前に設置する(図 2.8)。
- (6) 台風・地震・水害など自然災害などによる電源の喪失に備えて、非常用電源を装備する。
- (7) 屋根には、漏水検知器を設置する(図 2.9)。
- (8) 内部仕切底版には2%程度の勾配を設けるとともに、集水溝やポーラスコンクリートを設置し、廃棄物からの浸出水を集めやすい構造とする(図 2.10、図 2.11)。
- (9) 廃棄物からの浸出水が集まる場所には、漏水検知システム等を設置する(図 2.11)。
- (10) 漏水検知器の誤作動対策として、目視で確認できる構造とする(図 2.8、図 2.9)。漏水検知器は参考資料Ⅲ-2 モニタリングに使用するセンサ を参照。
- (11) 施設内にはガス等の発生する可能性があることから、換気設備を設置する(図 2.8)。
- (12) 大規模改修を考慮して、屋根は取り外しができる構造とし、防水処理を確実に行う(図 2.5、図 2.12)(プレキャスト製品)。

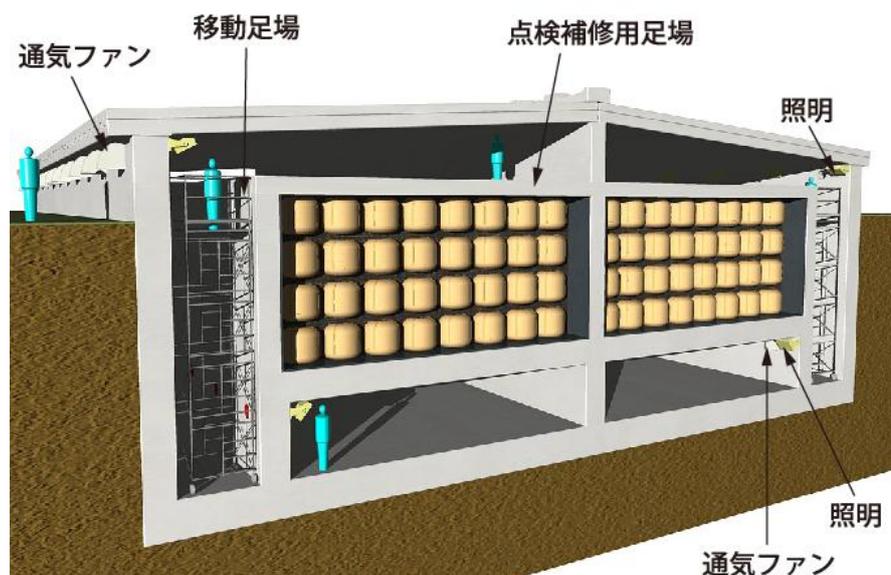


図 2.8 処分場内部詳細イメージ

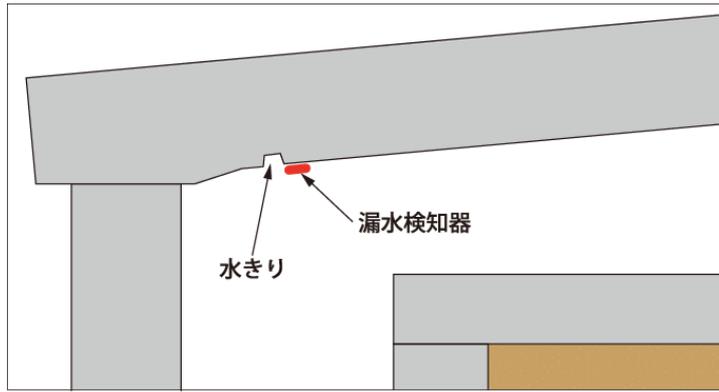


図 2.9 屋根漏水検知器設置例

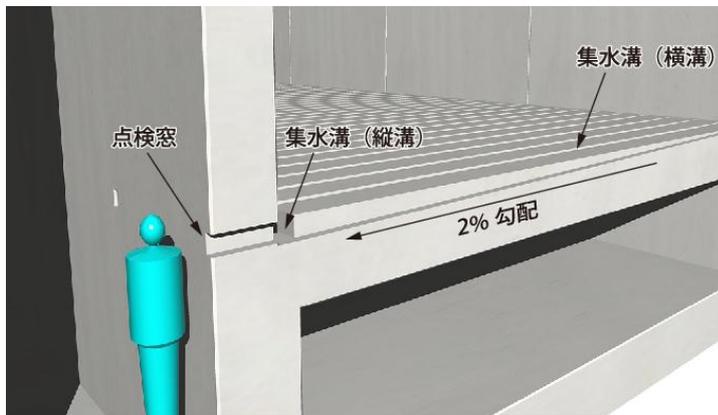


図 2.10 内部仕切底版の集水構造例

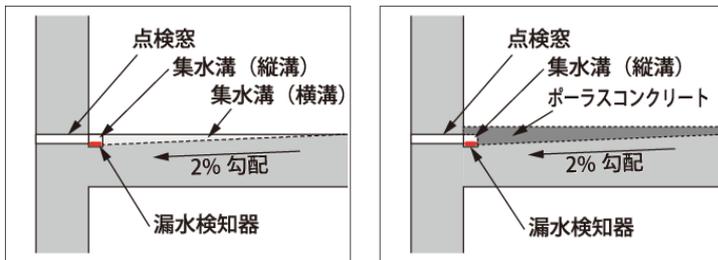


図 2.11 内部仕切底版の集水構造例詳細

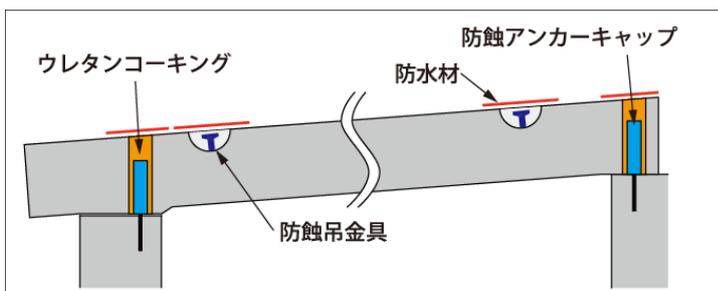


図 2.12 屋根構造例

参考資料Ⅲ-2 モニタリングに使用するセンサ

1. はじめに

コンクリートピット内への遮水を確実にするために、目視による水の浸入の確認に加え、センサ類を使用することが有効である。地下水の浸入および表流水の浸入は、点検廊からの点検によって確認できるが、点検のしにくい上部コンクリートのひび割れ発生等による雨水の浸入や、焼却飛灰からの高濃度塩水が漏出した場合に確認が困難となる可能性があり、これらが懸念される。以下、センサを導入する場合の留意点と事例を示す。

2. 用いる漏水センサの留意点

- 1) 耐久性に優れた素材を使用したものとする。また、防水シート下に使用する場合は、塩類による劣化が少ないものとする。
- 2) ピット内は高湿度条件が想定されるため、高湿度雰囲気でも使用可能なものとする
- 3) 上部コンクリートに用いるセンサは、目視によってセンサを点検でき、かつ、結露を生じた場合には、水分を除去するなどして復旧可能であり、異常が生じた場合には、センサを交換できる構造とする
- 4) 断線が生じた場合には、電気回路的に検知できる仕様とする。
- 5) 漏水箇所が特定できるように、最低でも個別のピット毎に検出可能なものとする。
- 6) センサの配線によって、コンクリートに劣化原因となる欠陥部を作ってはならない。
- 7) 交流方式など、センサおよびコンクリートに電氣的腐蝕を生じないものとする。

3. センサ設置例

図 3.1 に漏水センサの設置例を、図 3.2 に漏水センサの一例を示す。漏水センサは雨水の浸入が最も懸念される上部コンクリート面に設置することが望ましく、これらセンサは、結露による誤動作、断線、経年劣化等が生じた場合は、復旧または交換できるように敷設する必要がある。また、下部にセンサを設置する場合、交換が困難であるため、結露による誤動作に十分配慮したセンサを使用するとともに、防水シートに負荷を与えないように敷設する。

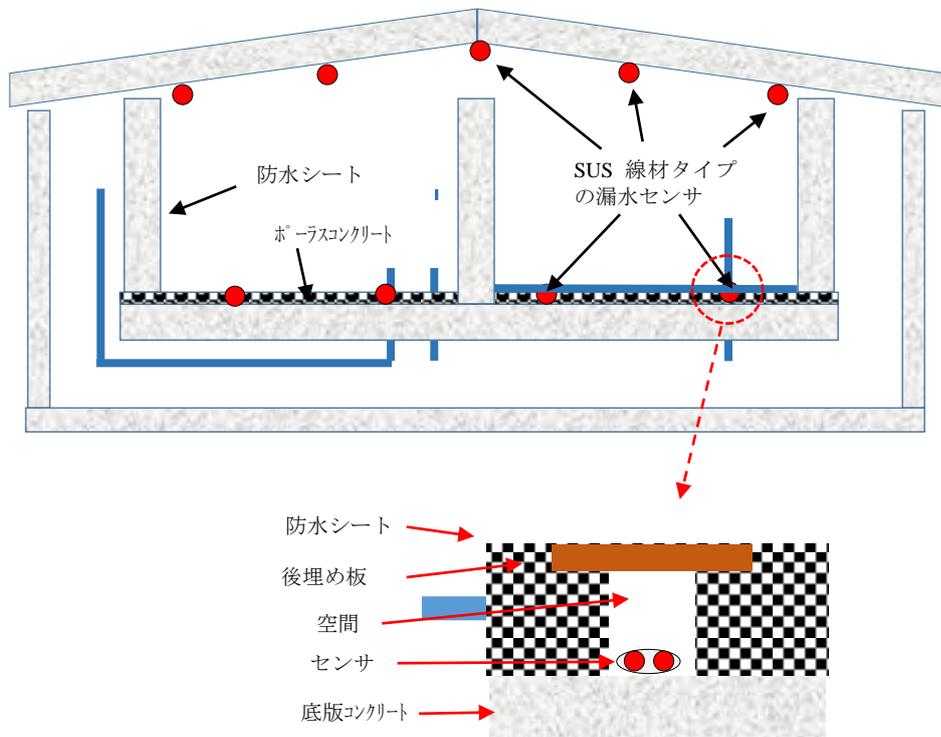


図 3.1 コンクリートへのセンサの敷設位置の例

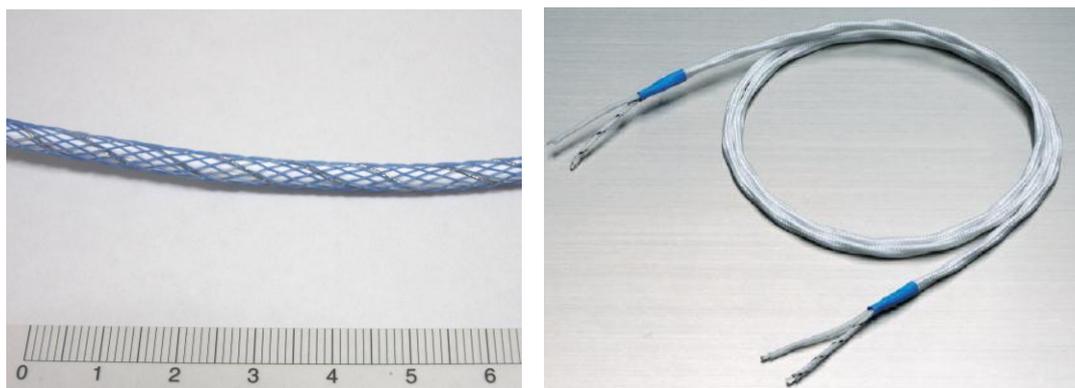


図 3.2 漏水センサの例

参考資料Ⅲ-3 特別措置法におけるコンクリート容器利用時の適法性の工学的検討

第Ⅱ部及び第Ⅲ部で記載したように、汚染焼却飛灰廃棄物等の処分・保管等にコンクリート容器を用いる場合を考えると、汚染焼却飛灰廃棄物等の最終処分において、維持管理上、雨水の浸入の有無の確認や、コンクリートの劣化等の確認が容易なこと、補修の観点からはコンクリート容器の交換などでコンクリートピット自体の大規模改修の必要性がないことなど、管理しやすいという利点がある。さらに、遮蔽用のコンクリート容器が開発され使用実績もある。さらに除染廃棄物の一時保管に用いられている事例にあるように周辺住民の安心感を得やすいという特長もある。コンクリート容器はこのように技術的には汚染廃棄物の処分に活用可能と考えられるが、特措法への適合性については不明確である。

ここではコンクリート容器を汚染焼却飛灰廃棄物等の最終処分に利用した場合における、措置法に記載される要件への適合性を工学的に検討した。

環境省告示第15号 平成25年2月28日

特定廃棄物の埋立処分の場所に係る外周仕切設備の要件

(特別措置法施工規則第26条第1項第1号二に基づく)

- (1) 日本工業規格 A1108 (コンクリートの圧縮強度試験方法) により測定した一軸圧縮強度が 1mm^2 につき 25N 以上で、水密性を有する鉄筋コンクリートで造られ、かつ、その厚さが 35cm 以上であること又はこれと同等以上の遮断の効力を有すること。

解説：

- 1) 遮断の効力とは水密性と解釈し、水密性は透水係数により評価できるため、透水係数を用いて法令への適合性を判断する。

⇒ 《コンクリート標準示方書》2012年制定(1)より、「水密性に対する照査は、透水によって構造物の機能が損なわれることを照査することとする。」

と記載があり、水密性で透水係数によって判断できる。

コンクリート保管容器は、部材厚 10 cm (仮定) で一軸圧縮強度が 40N/mm^2 の水密性を有するコンクリートを使用することから、以下のように透水係数を求める。強度と透水係数の関係式を用いる。

⇒ 《コンクリート標準示方書》2012年制定 4.3 設計応答値の算定

$$\log K_p = 4.3 \cdot W/C - 12.5$$

K_p : コンクリートの透水係数(m/s)

W/C : 水セメント比より

$$\text{強度 } 25\text{N/mm}^2 \Rightarrow \text{W/C } 50\% \Rightarrow \text{透水係数 } 1.2\text{E-}10\text{ m/s}$$

$$\text{強度 } 40\text{N/mm}^2 \Rightarrow \text{W/C } 37\% \Rightarrow \text{透水係数 } 1.2\text{E-}11\text{ m/s}$$

- 2) 透水係数と部材厚と透水時間の関係から

$$\text{強度 } 25\text{N/mm}^2 \Rightarrow \text{部材厚 } 0.35\text{ m} \Rightarrow \text{透水時間 } 2.91\text{E+}09\text{ s}$$

$$\text{強度 } 40\text{N/mm}^2 \Rightarrow \text{部材厚 } 0.10\text{ m} \Rightarrow \text{透水時間 } 8.11\text{E+}09\text{ s}$$

透水時間は、「 25N/mm^2 で 35 cm」のコンクリートよりも、「 40N/mm^2 で 10 cm」

のコンクリートの方が2倍以上長い。なお、検査により有害なひび割れがないことは確認することとする。このことより、一定の配慮を持って製造されたコンクリート容器の水密性は法令に適していると判断する。

- (2) 自重、土圧、水圧、波力、地震力等に対して構造耐力上安全であること。

解説：コンクリート容器は、多段（6段）積でも、その自重（廃棄物を含む）に耐える構造とできる。地震時も考慮して設計する。

- (3) 埋め立てた特定廃棄物と接する面が遮水の効力及び腐食防止の効力を有する材料で十分に覆われていること。

解説：廃棄物を最終処分場用遮水シート（1.5mm）で包み込む。

- (4) 地表水、地下水及び土壌の性状に応じた有効な腐食防止のための措置が講じられていること。

解説：コンクリート容器は直接地盤に接しない。コンクリートピット(外部仕切り)で対応する。

- (5) 目視等により損壊の有無を点検できる構造であること。ただし、長期的に安全を確保するために必要な措置を講じた場合には、この限りではない。

解説：点検廊で対応する。

- (6) その他放射線障害防止のために必要な放射線の遮蔽の効力を有すること。

解説：コンクリート容器を使用しても上部構造は変わらないため、コンクリート容器の遮蔽性能が加わり、さらに安全側になる。

以上の検討から、コンクリート容器は特措法に適合するとコンクリート工学の観点からは判断できる。

参考：部材厚 10cm とした場合のかぶりの確保

構造上から、ダブル配筋と仮定した。

鉄筋かぶり i と鋼材あき c は、道路橋標準仕方書(平成 24 年 3 月)より、

鉄筋かぶり i : 25 mm

鋼材あき c : 20 mm 以上かつ粗骨材の最大寸法の 4/3 以上とする。

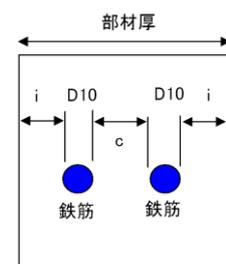
$$20\text{mm} \times 4/3 = 26.7\text{mm}$$

したがって、

部材厚は、 $25 + 10 + 26.7 + 10 + 25 = 96.7\text{mm}$ とすることができる。

この結果から、コンクリート容器の最小厚さは 10cm で製造可能と考えられる。

また、実際の製造や使用に際しては、部材厚については、10 cm 以上が望ましいと考えられ、自重、地震時など実際の使用条件にあった、コンクリート保管容器の詳細な設計を行い、基準を定めることが推奨される。



参考資料Ⅲ-4 材料と性能の例

1. はじめに

汚染焼却飛灰廃棄物などの特性を考え、偶発作用として高濃度塩水とコンクリートの接触を想定すると、通常の鉄筋コンクリートよりもいくつかの対策を講じることが、安全性の確認の観点から好ましいことが示された。高濃度塩水に対する対策としては、種々の方策があるが、最終処分場の早期の建設が求められることから、みなし規定として要求性能を満たす材料を例示することは有効である。

ここでは、第Ⅱ部で検討した対策コンクリートの種々の性能を普通コンクリートと比較し、まとめて表記する。

2. 考慮する作用と性能一覧

まず、考慮すべき作用と性能をまとめる。作用としては、偶発作用として CaCl_2 による乾燥および高濃度塩水が特に重要である。表-1 にこれらの作用がもたらす条件を示す。次に、考慮すべき性能一覧を表-2 に示す。鋼材腐食防止と外観上の安心（顕著なひび割れがないこと）に必要なひび割れ抵抗性、一般的なコンクリート構造物でも求められる耐久性、及び特に汚染焼却飛灰の特性から考えうる偶発作用としての高濃度塩水が作用する状況下での耐久性の3種類がある。

表-1 偶発作用として特に考慮すべき条件

作用	条件
CaCl_2 による乾燥	相対湿度 30%
高濃度塩水の発生	例：Cl 濃度は 23mass% (6.6M)、Na、K、Ca 濃度はそれぞれ約 5-6mass%

表-2 考慮すべき性能一覧

性能	目的	要因
ひび割れ抵抗性	鋼材腐食防止、安心	温度応力、乾燥収縮
一般的耐久性	長期間にわたるコンクリートの健全性	アルカリ骨材反応、地盤からの硫酸塩による化学的浸食、中性化、
高濃度塩水作用下での耐久性	偶発作用時における復旧性と余裕度の確保	塩害による鋼材腐食、アルカリ骨材反応、化学的浸食（塩類劣化、硫酸塩劣化）、Cs 浸透

3. 対策コンクリートの性能

対策コンクリートとして、フライアッシュ（コンクリート用フライアッシュ（JIS A 6201）Ⅱ種）で 30mass% 置換した普通ポルトランドセメントを用い、さらに膨張材を収縮補償として 200×10^{-6} となるようにセメント置換し、水セメント比 40%、空気量 4.5% のコンクリートを想定する（表-3）。普通コンクリートとしては、普通ポルトランドセメントを用い、水セメント比 55%、空気量 4.5% のコンクリートを想定する。ただし、この普通コンクリートは 25N/mm^2 以上という条件を超え、使用する骨材にも依存するが実験室では 35N/mm^2 程度となる。現実の施工では、 25N/mm^2 を達成するために余裕を持って強度設計するので、 35N/mm^2 は現実とかけ離れた性能ではない。

十分に養生した場合の対策コンクリートの諸性能を普通コンクリートと比較して表-4 にまとめる。対策コンクリートの養生は第Ⅱ部 6.6 節でも述べたように、日平均気温が 15°C以上で 7 日以上、10°C以上で 12 日以上が必要となる。より低温では数か月の養生が必要かもしれない。

対策コンクリートはいずれの要因に対しても十分な性能を有することが分かる。ただし、高品質なフライアッシュを十分な養生条件で用いた場合の結果であり、実際の工事への適用に際してはこれらの性能を実現できるような慎重な対応が求められる。

表-3 対策コンクリートの配合

コンクリート種類	セメント	収縮補償	水セメント比	空気量
対策コンクリート	30%フライアッシュセメント	膨張材 (200x10 ⁻⁶)*	40%	4.5±1.5%
普通コンクリート	普通ポルトランドセメント	なし	55%	4.5±1.5%

*: JIS A6202「コンクリート用膨張材」の付属書 2(参考)「膨張コンクリートの拘束膨張および収縮試験方法」による

表-4 対策コンクリートの諸性能

項目	要因	対策コンクリートの性能	普通コンクリートの性能
ひび割れ抵抗性	温度応力: 厚さ 80cm 打上高さ 1m 幅 40m	ひび割れなし	7 日までに 3 本、最大ひび割れ幅 0.26mm
	乾燥収縮: 30%RH に曝されるスラブ上端で 20cm の間隔を仮定	ひび割れ幅 0.04mm	ひび割れ幅 0.62mm
一般的耐久性	アルカリ骨材反応: コンクリートプリズム試験 CPT (60°C、アルカリ総量 5.5kg/m ³ 、アルカリラッピング、20 週)	高反応性骨材をペシマム条件で使用しても膨張率 0.04%以下。フライアッシュ 30 mass% は 5.5kg/m ³ のアルカリ総量を 1-2 kg/m ³ に減量するのと同様の効果	骨材種類によっては著しい反応性を示すことがある。反応性骨材に対して、アルカリ総量規制 3.0 kg/m ³ で対応してはならない。
	化学的浸食: 地盤の硫酸塩	潜在硫酸塩濃度が 0.60mass%以下に対応可能	0.24mass% 未満のみ使用可能
	中性化: 100 年を想定	必要かぶり 40mm	必要かぶり 36mm
高濃度塩水作用での耐久性	塩害: かぶり 10cm、ひび割れ幅 0.1mm、ひび割れ間隔 20cm、1 年間高濃度塩水に曝され、その後表面修復をした条件での長期的腐食	鋼材位置での Cl 濃度は 2.30 kg/m ³ となり腐食発生 ⇒エポキシ樹脂塗装鉄筋が必要 ⇒エポキシ樹脂の遮蔽効果を算定 ⇒0.9 kg/m ³ で腐食なし	鋼材位置での Cl 濃度は 5.79 kg/m ³ となり腐食発生 ⇒同左 ⇒同左 ⇒1.53 kg/m ³ で腐食発生
	アルカリ骨材反応: 焼却飛灰抽出模擬溶液への 40°Cでの浸漬試験	高反応性骨材をペシマム条件で使用しても、175 日まで膨張なし	高反応性骨材をペシマム条件で使用した場合、30 日で 0.20%膨張し、以降飽和
	化学的浸食: 塩類劣化、硫酸塩劣化(みなし規定との比較)	「水セメント比 45%以下、水酸化カルシウム量を減少させるフライアッシュの利用」に適合	同左に不適合
	Cs 浸透: 20°C28 日、400 ppm の CsCl 溶液に浸漬	28 日で 4mm、30 年の予測で 8cm	28 日で 10mm、30 年の予測で 15cm