

美浜3号炉－特別点検（コンクリート）－1

タイトル	<p>(3頁) 強度について、コアサンプル採取位置の選定に当たって、その決定プロセスを提示すること。</p>
説明	<p>「実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド」に基づき、対象の部位の中で、強度の点検に照らして使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所を検討しました。</p> <p>しかしながら、強度低下につながる劣化要因は、熱、放射線照射、中性化深さ、塩分浸透など多岐に渡り、合わせて、それぞれの劣化要因に影響を与える使用材料や使用環境条件が複雑に関係することを踏まえ、強度における使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所の選定を、以下のように行いました。</p> <p>・強度低下を引き起こす劣化要因として、熱、放射線照射、中性化深さ、塩分浸透、機械振動、アルカリ骨材反応などがあります。劣化状況評価において、強度低下をもたらす可能性がある要因毎に、強度低下に関する長期使用時の健全性評価を行うこととなりますが、その評価点となる箇所について、コアサンプルにより強度を確認することは、健全性評価の妥当性の観点で有効であると考えられます。このことから、対象の構造物毎に対象の部位における各劣化要因の影響有無を踏まえ、対象構造物の範囲において、複数ある劣化要因をなるべく網羅できるよう、対象の部位毎に異なる劣化要因の点検箇所等を、強度のコアサンプル採取位置に選定しました。</p> <p>なお、強度・機能に影響を及ぼすこととなると判断し、代替部位で強度を確認した箇所とその考え方を、添付－2に示します。</p> <p>(添付資料) 添付－1 強度の点検箇所選定の考え方 添付－2 代替部位での強度の確認箇所と考え方</p>

強度の点検箇所選定の考え方

- STEP1：劣化状況評価における強度低下の劣化要因の影響有無を対象の部位毎に検討
 STEP2：対象構造物の範囲において、劣化要因をなるべく網羅できるよう、対象の部位毎に異なる劣化要因を選定し、該当する劣化要因に関する点検箇所または評価点を強度の点検箇所を選定

表1. 対象構造物、対象の部位と劣化要因の影響有無と、点検箇所選定理由

対象構造物	対象の部位	劣化要因							選定した点検箇所
		熱	放射線照射	中性化	塩分浸透	アルカリ骨材反応	機械振動	凍結融解	
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	○	○	○	○	○	-	△	塩分浸透の点検箇所 (塩分浸透とアルカリ骨材反応の点検箇所は同一)
	内部コンクリート	○	○	○	-	○	-	△	熱及び放射線照射の評価箇所(遮蔽能力の点検箇所)
	基礎マット	-	-	○	-	○	-	△	アルカリ骨材反応の点検箇所
原子炉補助建屋	外壁	○	○	○	○	○	-	△	塩分浸透の点検箇所 (塩分浸透とアルカリ骨材反応の点検箇所は同一)
	内壁及び床	○	○	○	-	○	○	△	機械振動の評価箇所(非常用ディーゼル発電機基礎)
	使用済み燃料プール	○	○	○	-	○	-	△	中性化の点検箇所
	基礎マット	-	-	○	-	○	-	△	アルカリ骨材反応の点検箇所
タービン建屋	内壁及び床	-	-	○	-	○	-	△	中性化の点検箇所
	基礎マット	-	-	○	-	○	-	△	アルカリ骨材反応の点検箇所
取水槽	海中帯	-	-	○	○	○	-	△	塩分浸透の点検箇所 (塩分浸透とアルカリ骨材反応の点検箇所は同一)
	干満帯	-	-	○	○	○	-	△	アルカリ骨材反応の点検箇所 (塩分浸透とアルカリ骨材反応の点検箇所は同一)
	気中帯	-	-	○	○	○	-	△	中性化の点検箇所
タービン架台		○	-	○	-	○	○	△	中性化の点検箇所
非常用ディーゼル発電用燃料油タンク基礎		-	-	○	○	○	-	△	塩分浸透の点検箇所 (塩分浸透とアルカリ骨材反応の点検箇所は同一)

凡例 ○:影響有 △:高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でない事象 -:影響無

考慮した劣化要因

代替部位での強度の確認箇所と考え方

代替部位で強度を確認した箇所とその考え方を以下に示す。

1. 代替部位で強度を確認した箇所

- ・原子炉格納施設等 内部コンクリート
- ・原子炉補助建屋 内壁及び床

2. 代替部位とした考え方

(1) 原子炉格納施設等 内部コンクリート

当該部位においては、1次遮蔽壁が熱の影響が最も大きい箇所となるが、その箇所は原子炉容器支持構造物（以下、「RVサポート」という）からの伝熱の影響が最も大きいRVサポートの直下部である。RVサポートの直下部は、鉄筋やアンカーなどが干渉するため、強度・機能に影響を及ぼすこととなり、コアサンプルが採取できない。そのため、コアサンプルが採取可能な場所で、かつ熱の影響が大きい箇所ということで、1次遮蔽壁の炉心領域部で採取することが出来た深さまでのコアサンプルで代替した。1次遮蔽壁の炉心領域部は、同じ使用材料で、劣化状況評価における解析の結果を参照すると最高温度が約53℃であり、RVサポートの直下部に準じた使用環境条件であることから、代替させることができると判断している。

(2) 原子炉補助建屋 内壁及び床

当該部位においては、非常用ディーゼル発電機基礎の機械振動の影響を踏まえて対象の部位として選定している。劣化状況評価においては、非常用ディーゼル発電機基礎ボルト周辺部が評価点となるが、基礎ボルト周辺部はボルトなどが干渉するため、強度・機能に影響を及ぼすこととなり、コアサンプルが採取できない。そのため、コアサンプルが採取可能な非常用ディーゼル発電機基礎の一般部で代替した。一般部は、同じ使用材料で、基礎ボルト周辺部に準じた使用環境条件（機械振動）の箇所であることから、代替させることができると判断している。

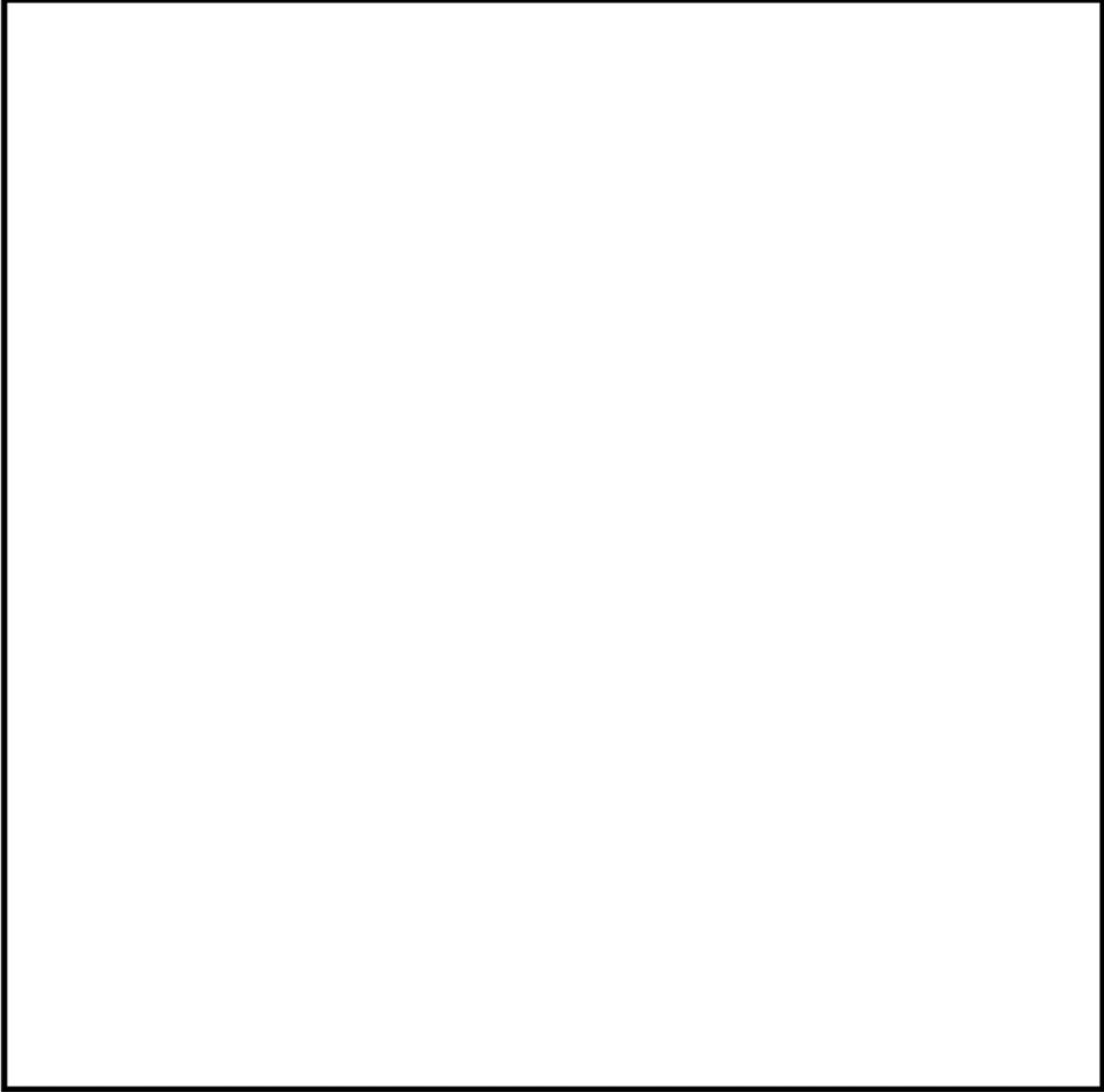
美浜3号炉－特別点検（コンクリート）－2

タイトル	(3頁) 強度について、各対象部位におけるコアサンプル採取位置とコアサンプル3本の試験結果を提示すること。
説明	強度について、各対象部位におけるコアサンプル採取位置とコアサンプル3本の試験結果は以下のとおりです。 1. コアサンプル採取位置 添付－1 「美浜3号機 特別点検（コンクリート）実施位置」に示すとおり。 2. 試験結果 添付－2 「美浜3号機 特別点検（コンクリート）強度試験結果まとめ」に示すとおり。 添付－1 美浜3号機 特別点検（コンクリート）実施位置 添付－2 美浜3号機 特別点検（コンクリート）強度試験結果まとめ

美浜3号機 特別点検（コンクリート）実施位置

凡例

▼：強度コアサンプル採取位置



原子炉格納施設等、原子炉補助建屋、タービン建屋 EL-1.6m～+4.0m

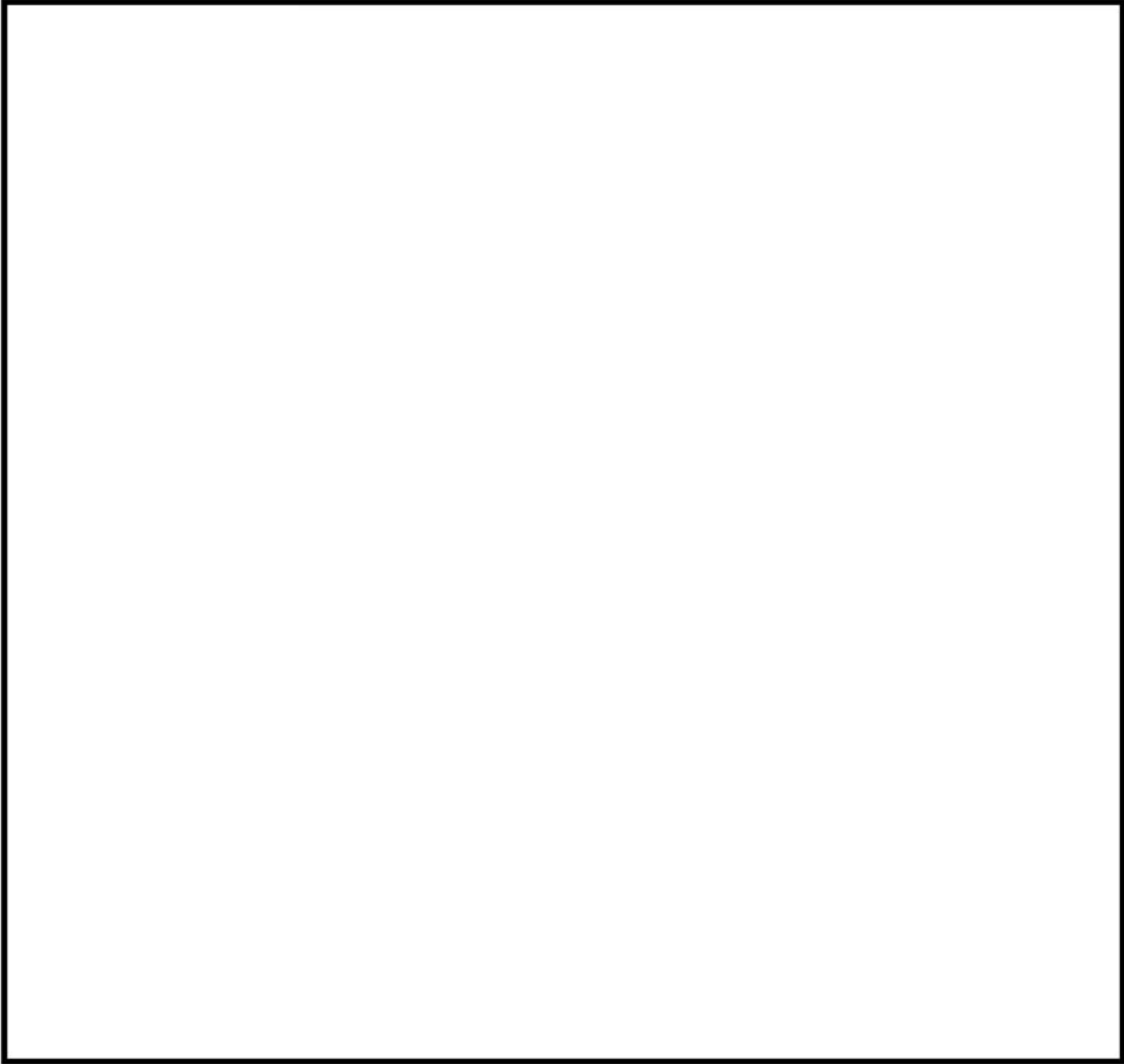


内は商業機密に属しますので公開できません

美浜3号機 特別点検（コンクリート）実施位置

凡例

▼：強度コアサンプル採取位置



原子炉格納施設等、原子炉補助建屋、タービン建屋 EL.+9.7～11.7m

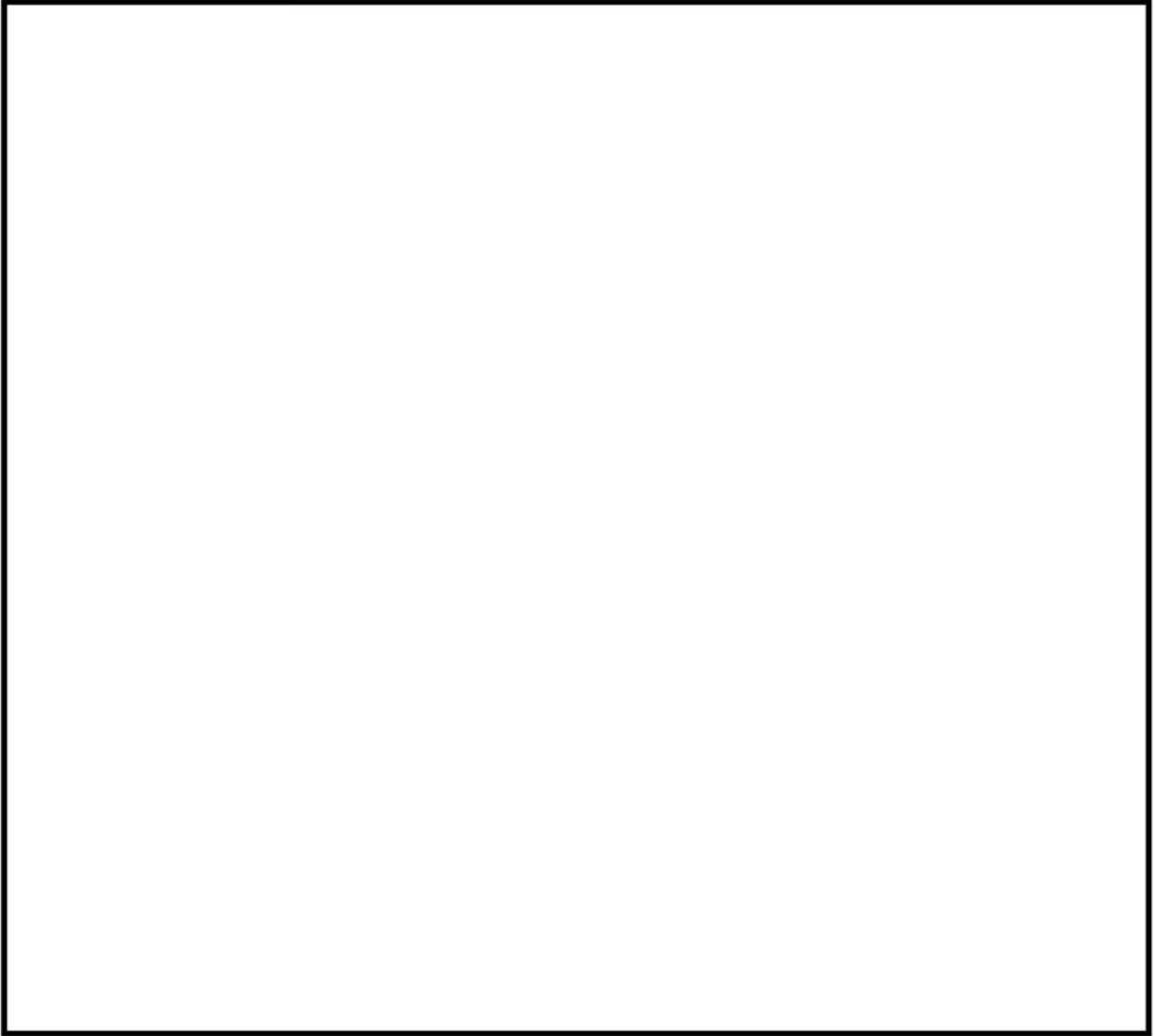


内は商業機密に属しますので公開できません

美浜3号機 特別点検（コンクリート）実施位置

凡例

▼：強度コアサンプル採取位置



原子炉格納施設等、原子炉補助建屋、タービン建屋 EL+17.0m

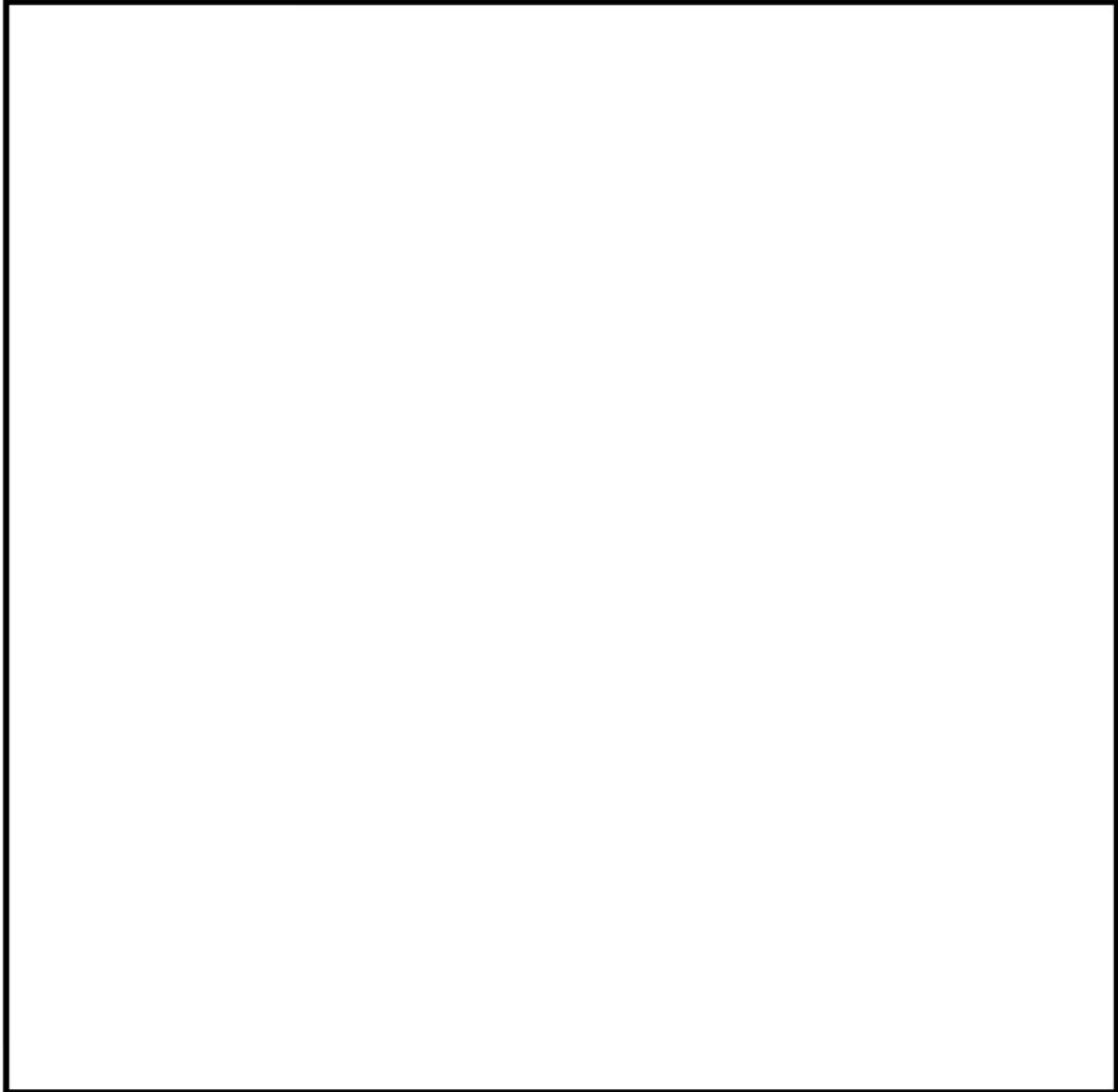


内は商業機密に属しますので公開できません

美浜3号機 特別点検（コンクリート）実施位置

凡例

▼：強度コアサンプル採取位置



原子炉格納施設等、原子炉補助建屋、タービン建屋 EL+17.0～24.0m

 内は商業機密に属しますので公開できません

美浜3号機 特別点検 (コンクリート) 実施位置

凡例

▼ : 強度コアサンプル採取位置



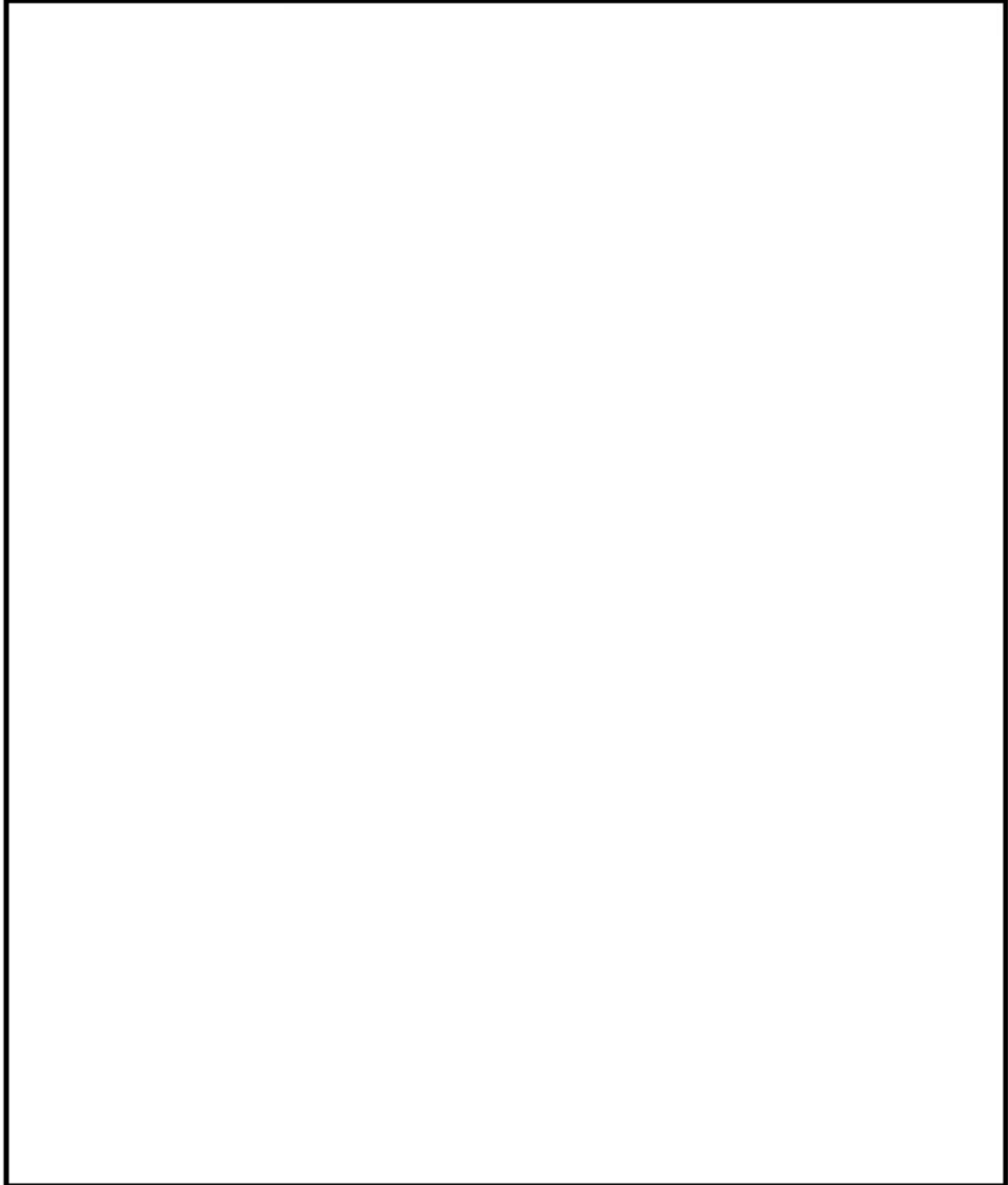
原子炉格納施設等、原子炉補助建屋 EL+38.1~40.8m

 内は商業機密に属しますので公開できません

美浜3号機 特別点検 (コンクリート) 実施位置

凡例

▼ : 強度コアサンプル採取位置



取水槽 (海水ポンプ室) EL+3.0m~-9.17m

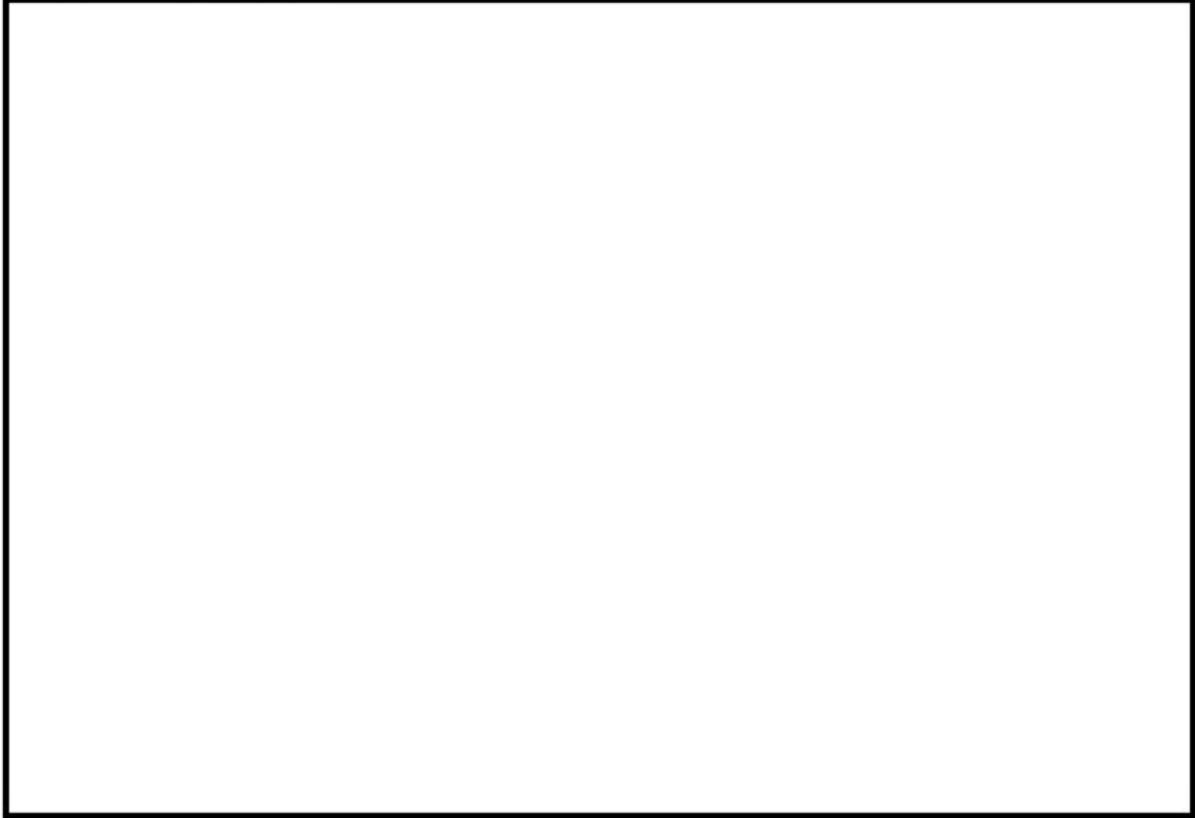


内は商業機密に属しますので公開できません

美浜3号機 特別点検（コンクリート）実施位置

凡例

▼：強度コアサンプル採取位置



非常用ディーゼル発電用燃料油タンク基礎 EL+3.0m



内は商業機密に属しますので公開できません

美浜3号機 特別点検 (コンクリート) 強度試験結果まとめ

対象のコンクリート構造物	対象の部位	点検結果		コアサンプル採取時期
		コアNo.	圧縮強度 (N/mm ²)	
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	1	[Redacted]	34.9
		2		
		3		
	内部コンクリート	1		28.4
		2		
		3		
	基礎マット	1		23.9
		2		
		3		
原子炉補助建屋	外壁	1	21.3	
		2		
		3		
	内壁及び床	1	23.4	
		2		
		3		
	使用済み燃料プール	1	23.2	
		2		
		3		
	基礎マット	1	28.8	
		2		
		3		
1		19.0		
2				
3				
タービン建屋	内壁及び床	1	20.7	
		2		
		3		
	基礎マット	1	26.8	
		2		
		3		
取水槽	海中帯	1	28.7	
		2		
		3		
	干満帯	1	32.4	
		2		
		3		
	気中帯	1	32.0	
		2		
		3		
安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物	タービン建屋内 (タービン架台含む。)	タービン架台	1	18.5
上記以外の構造物 (安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。)	非常用ディーゼル発電用燃料油タンク基礎 (配管トレンチ含む)	1	28.9	
		2		
		3		

内は商業機密に属しますので公開できません

美浜3号炉－特別点検（コンクリート）－3

タイトル	<p>(3頁) 強度について、コアサンプルの試験に使用した試験機器と校正記録（国家標準までのトレーサビリティ体系図を含む）、並びに試験要領（試験方法、試験条件等）を提示すること。</p>
説明	<p>強度について、コアサンプルの試験に使用した試験機器と校正記録、並びに試験要領は以下の通りです。</p> <ol style="list-style-type: none">1. 試験機器 添付－1「美浜3号機 特別点検（コンクリート）強度 試験機器」に示すとおり。2. 校正記録 添付－2「美浜3号機 特別点検（コンクリート）強度 校正記録」に示すとおり。3. 試験要領 添付－3「コンクリート構造物 特別点検要領書（抜粋）」に示すとおり。 <p>(添付) 添付－1 美浜3号機 特別点検（コンクリート）強度 試験機器 添付－2 美浜3号機 特別点検（コンクリート）強度 校正記録 添付－3 コンクリート構造物 特別点検要領書（抜粋）</p>

美浜3号機 特別点検（コンクリート）強度 試験機器

	試験場所	機器名称	
①	構内試験所 (管理区域)	現場可搬型 圧縮試験機 (ロードセル)	
②		300mmノギス	
③	構外試験所	油圧式 万能試験機	
④		300mmノギス	

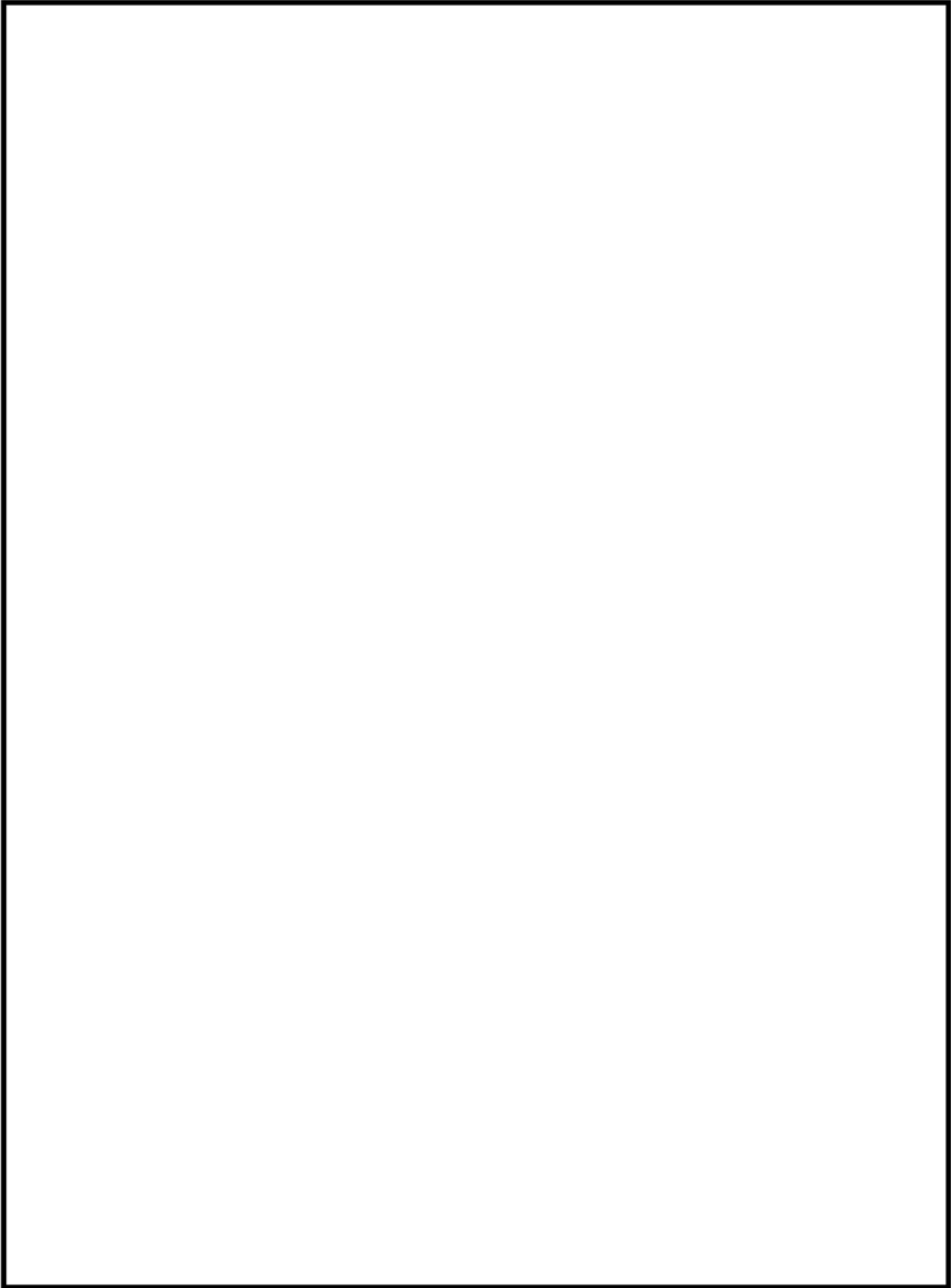
内は商業機密に属しますので公開できません

美浜3号機 特別点検（コンクリート）強度 校正記録

① 現場可搬型 圧縮試験機（ロードセル）



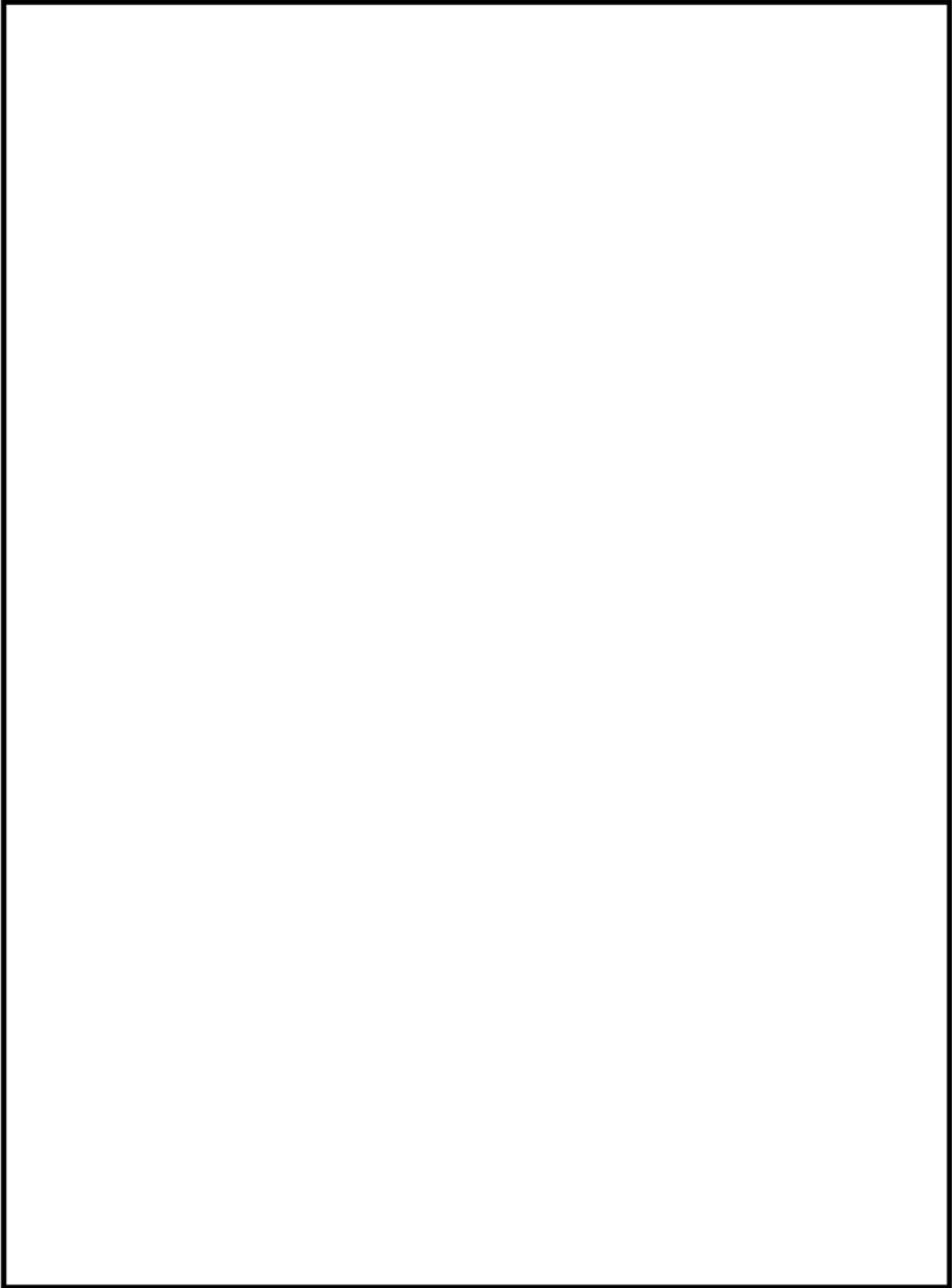
内は商業機密に属しますので公開できません



 内は商業機密に属しますので公開できません

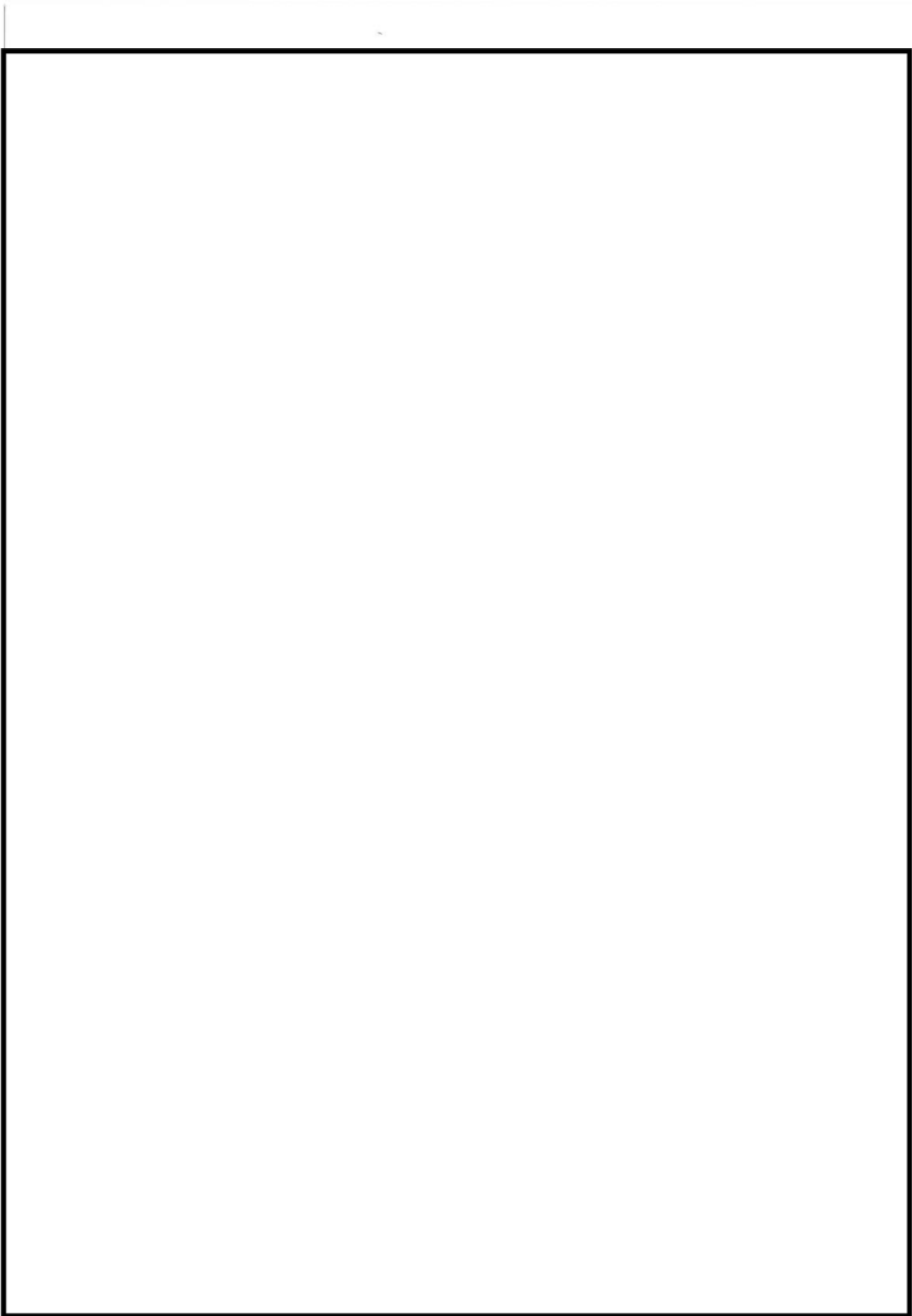


 内は商業機密に属しますので公開できません

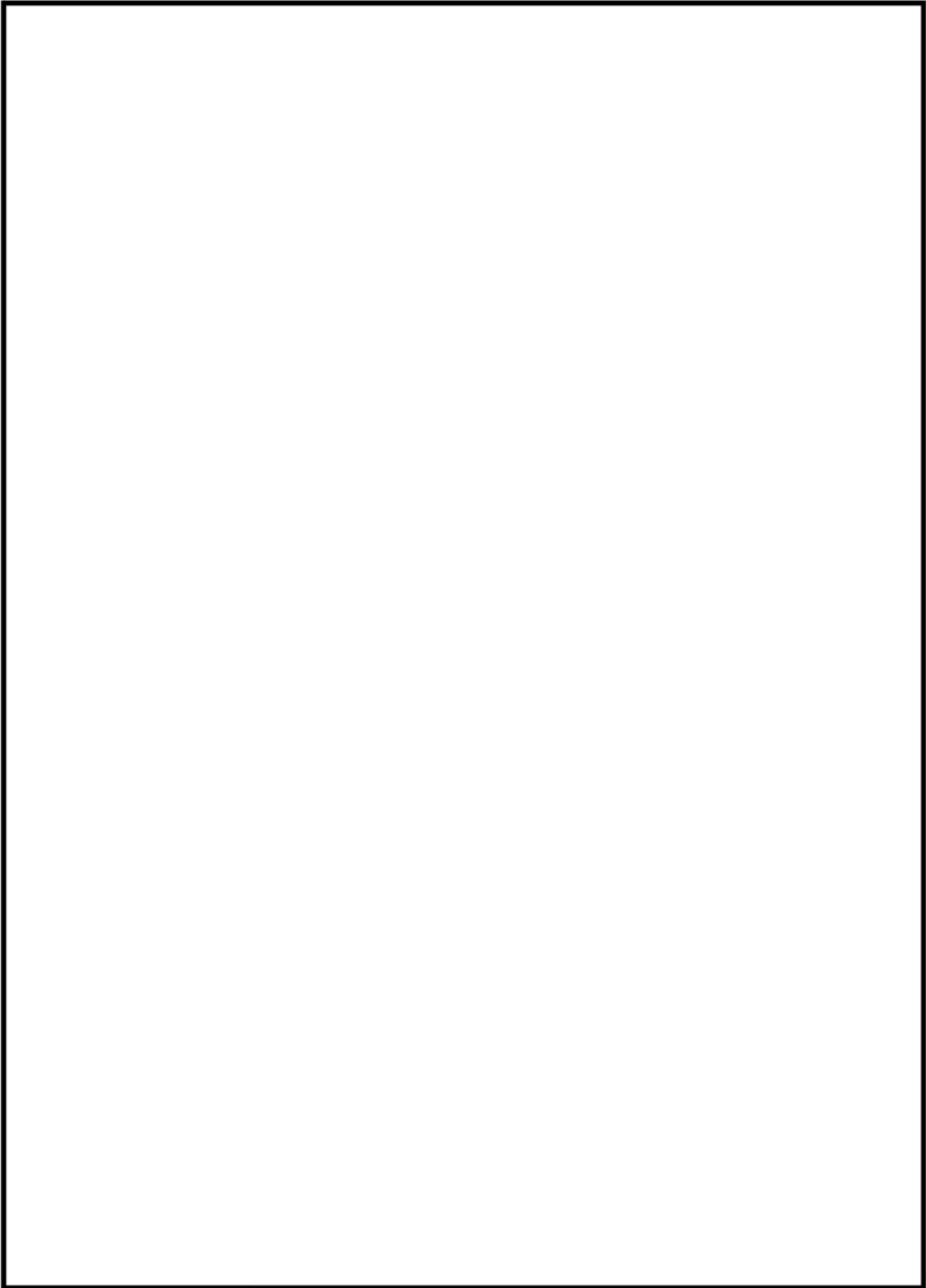


 内は商業機密に属しますので公開できません

② 300mm ノギス

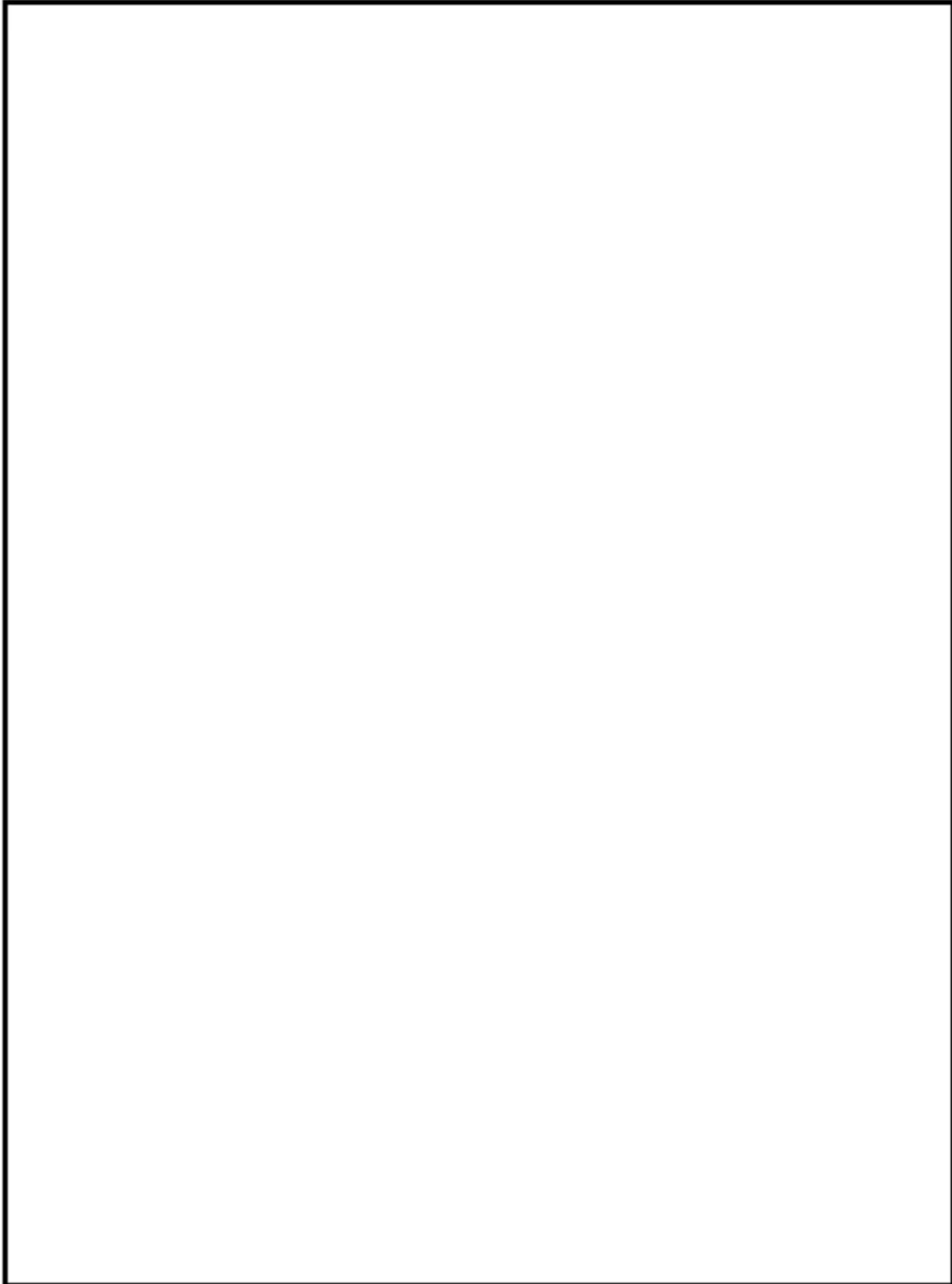


内は商業機密に属しますので公開できません

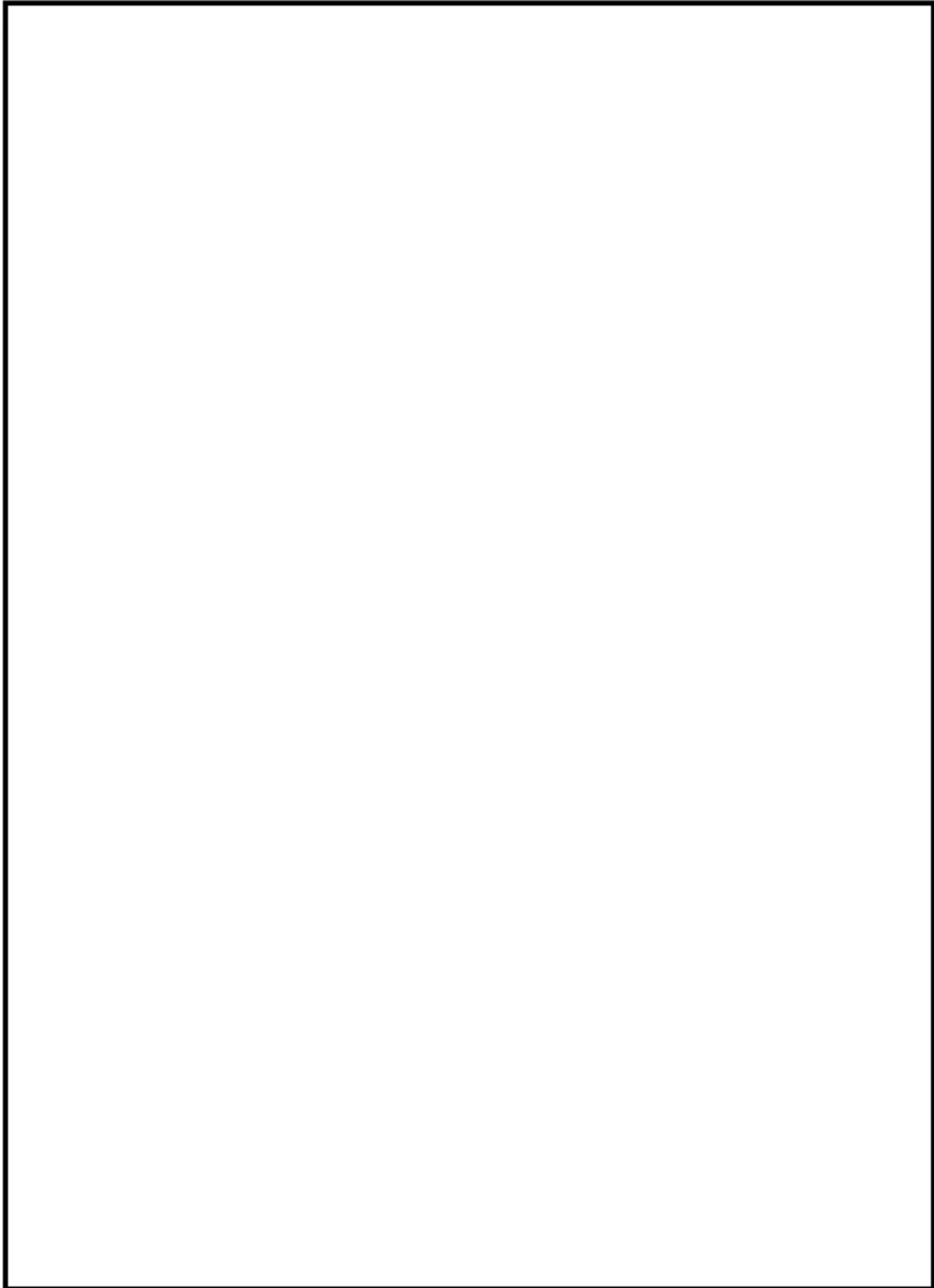


 内は商業機密に属しますので公開できません

③ 油圧式 万能試験機



内は商業機密に属しますので公開できません



内は商業機密に属しますので公開できません

④ 300mm ノギス



内は商業機密に属しますので公開できません



内は商業機密に属しますので公開できません

コンクリート構造物 特別点検要領書（抜粋）

4. 点検内容

本要領に基づき実施する点検の内容を表3に示す。

表3. コンクリート構造物特別点検の内容

点検項目	点検方法（試験方法）	点検に必要なコア サンプルの径(mm)	備考
強度	JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法		・JIS規格 ・1箇所当たりコア3本を試験
遮蔽能力	JASS 5N T-601 コンクリートの乾燥単位容積質量試験方法に準じた方法		・該当するJIS規格はない ・1箇所当たりコア3本を試験 ・JASS5NT-601がコア径□及び既設構造物に対しても適用できることを試験により確認済み
中性化深さ	JIS A 1152 コンクリートの中性化深さの測定方法		・JIS規格 □のコア採取孔を活用 ・1箇所当たり採取孔3箇所を試験
塩分浸透	JIS A 1154 硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法		・JIS規格 ・電位差滴定法により実施 ・1箇所当たりコア3本を試験
アルカリ骨材反応	コアサンプルの実体顕微鏡観察		・1箇所当たりコア1本を試験 ・JIS規格や学会規格が存在しないため、最新知見（原子力用コンクリートの反応性骨材の評価方法の提案（JNES-RE-2013-2050）、ASR診断の現状とあるべき変研究委員会報告書（JCI）に基づく方法で実施

※この方法によらない場合は事前に土木建築設備グループチーフマネージャーまで承認を得ること

□内は商業機密に属しますので公開できません

5. 点検要領

5.1 点検要領

点検要領は表3に示す点検方法によるものとするが、規格に準じた方法とする遮蔽能力、及び規格が存在しないアルカリ骨材反応の点検要領は以下のとおりとする。

5.1.1 遮蔽能力

JASS5NT-601から変更する内容は別紙-1「遮蔽能力点検内容 JASS 5NT-601(コンクリートの乾燥単位容積質量試験方法)からの変更内容」のとおりとする。

5.1.2 アルカリ骨材反応

(1) 総則

独立行政法人原子力安全基盤機構「原子力用コンクリートの反応性骨材の評価方法の提案 平成26年2月」(JNES-RE-2013-2050)、公益社団法人日本コンクリート工学会 ASR診断の現状とあるべき姿研究委員会「ASR診断の現状とあるべき姿 研究委員会報告書 2014年7月」に基づき、コンクリートのアルカリ骨材反応状況について、実体顕微鏡を用い観察し、判定を行う

(2) コアサンプル

使用するコアサンプルの寸法は、原則として とする。

観察前に明らかな異常が無いことを確認する。

(3) 実体顕微鏡観察

実体顕微鏡を用い、アルカリ骨材反応の発生状況等を確認する。

(4) 記録および判定

観察した結果を、様式-1「コアサンプル実体顕微鏡観察 記録用紙」に記録し、反応性のあり、なしを判定する。

5.2 試験員

試験員は、実際に試験を行う者をいい、建築士、技術士、施工管理技士、コンクリート主任技士、コンクリート技士およびコンクリート診断士や、試験業務に関する十分な経験を有するなど、コンクリートに関する技術を有する者とする。

内は商業機密に属しますので公開できません

美浜3号炉－特別点検（コンクリート）－16

タイトル	(添付-1、別紙-1) 供試体の寸法を変更しても良いとする妥当性検証結果を提示すること。
説明	添付資料の通り、各種試験を行い、供試体寸法の変更に対する妥当性を検証しています。 添付-1 既存構造物における遮蔽コンクリートの乾燥単位容積質量試験方法の検討

既存構造物における遮蔽コンクリートの乾燥単位容積質量試験方法の検討

(その1 研究計画および力学特性の実験)

遮蔽コンクリート 乾燥単位容積質量 モールド供試体
コア供試体 圧縮強度 ヤング係数

正会員 ○山口善弘*1 同 山岸英輝*1
同 米澤敏男*2 同 徳永将司*2
同 井上和政*2 同 中尾正純*3

1. はじめに

既存の原子力発電施設におけるコンクリート構造物から採取したコア供試体による遮蔽能力の評価が求められるようになった。コンクリートの遮蔽能力を評価するための試験方法は、施工時の管理試験への適用を主たる対象に、モールド供試体を用いた「JASS 5N T-601 コンクリートの乾燥単位容積質量試験方法」と「JASS 5N T-602 コンクリートの乾燥単位容積質量促進試験方法」が規定されている。一方、既存のコンクリート構造物の遮蔽能力を評価するためには、コンクリート構造物から採取したコア供試体による乾燥単位容積質量の評価が必要であるが、現状では、その試験方法は規格化されていない。そのため、本研究では供試体寸法、水結合材比、セメント種別等を考慮して、JASS 5N T-601 と T-602 によるモールド供試体と、壁試験体から採取したコア供試体を用いて乾燥単位容積質量に関する実験を行い、コア供試体による遮蔽コンクリートの乾燥単位容積質量の試験方法について検討を行った。本研究(その1)では、研究計画の概要とコンクリートの力学特性の実験結果について報告する。

2. 研究計画

コア供試体による乾燥単位容積質量試験方法を検討するための本研究の構成とフローを図-1に示す。本研究では、供試体寸法や材料・調合の等しいモールド供試体と、壁試験体から採取したコア供試体について、乾燥単位容積質量の実験を行い、両者の共通点と相違点の分析からコア供試体による乾燥単位容積質量試験の可否や適用範囲の検討を行った。

2.1 実験因子と水準

実験の因子と水準を表-1に示す。セメントの種別、水結合材比、供試体寸法および乾燥温度を共通の因子として実験を行った。円柱供試体の直径は、鉄筋の切断リスクと構造物への影響軽減の観点から、φ100mmに加えφ75mm、φ50mmとした3水準とした。乾燥開始の材齢は、モールド供試体による実験ではJASS 5N T-601に規定されている28日と91日、コア供試体による実験では91日とした。コア供試体を採取する壁試験体は屋内と屋外の2条件で暴露を行った。

2.2 使用材料とコンクリートの調合

使用材料を表-2に、コンクリートの調合を表-3に示す。



図-1 研究の構成とフロー

表-1 実験の因子と水準

	因子	水準
モールド・コア実験 共通	セメントの種別*1	N, M, N+F, M+F
	水結合材比(%)	40, 50, 65
	供試体寸法(径mm)	50, 75, 100
	乾燥温度(°C)	65, 105
モールド実験	乾燥開始材齢(日)	28, 91
		91
コア実験	暴露環境	屋内、屋外
	コア採取法	湿式、乾式

*1 N: 普通ポルトランドセメント, M: 中熱ポルトランドセメント
N+F: 普通+フライアッシュ, M+F: 中熱+フライアッシュ

表-2 使用材料

材料	仕様等の概要
セメント	N(JIS R 5210ポルトランドセメント、密度3.16g/cm ³) M(JIS R 5210ポルトランドセメント、密度3.21g/cm ³)
混和材	フライアッシュ(JIS A 6201, II種、密度2.31g/cm ³)
細骨材	大井川産陸砂(最大寸法5mm, FM=2.68 絶対密度2.53g/cm ³ , 吸水率2.15%)
粗骨材	硬質砂岩砕石(最大寸法25mm, FM=7.03 絶対密度2.64g/cm ³ , 吸水率0.64%)
混和剤	AE減水剤(JIS A 6204, 標準形, I種) AE剤(JIS A 6204, I種)

セメントは表-2に示す4種類とし、粗骨材の最大寸法は25mmとした。水結合材比は、40、50、65%とした。

2.3 実験方法

モールド供試体のうち、φ100×200mmとφ50×100mmには市販のプラスチックモールドを使用し、φ75×150mmには塩ビパイプを用いて製作したものを使用した。コア供試体を採取するための壁試験体の寸法は1×1×0.26mとし、平打ちにより製作した。

モールド供試体の養生は、材齢28日まで標準水中とし、それ以降は封かんとした。壁試験体は材齢3週まで型枠を存置したまま打設面を濡れウエスで養生し、3週での脱型以降は所定の環境に暴露した。暴露状況を写真-1に示す。

乾燥単位容積質量試験の乾燥温度は、JASS 5N T-601に定められた65℃とT-602に定められた105℃とし、乾燥終了の判定値を表-4のとおり設定した。φ100×200mmの判定値はT-601とT-602に従い、φ75×150mmとφ50×100mmは、T-601とT-602の判定値を基に体積比で定めている。

3. 力学特性の実験結果

標準養生を行ったモールド供試体の圧縮強度と材齢の関係を図-2に示す。材齢28日の圧縮強度はN>M>NF>MFの順となる傾向であった。すなわち、中庸熟セメントの使用とフライアッシュの添加によって強度が低下する傾向にあるが、91日ではセメントの種別による差は縮小した。

図-3にコア供試体の圧縮強度を示す。NF、MFセメントで圧縮強度が低い傾向はモールド供試体と同様であるが、モールド供試体に比べ、セメント種別の差は小さい。

図-4にヤング係数と圧縮強度の関係を示す。図中にはRC規準の関係式を示すが、モールド供試体、コア供試体にかかわらず、本研究に使用したコンクリートのヤング係数は、RC規準の式にはほぼ一致しており、圧縮強度に対して通常想定される関係にあると考えられる。

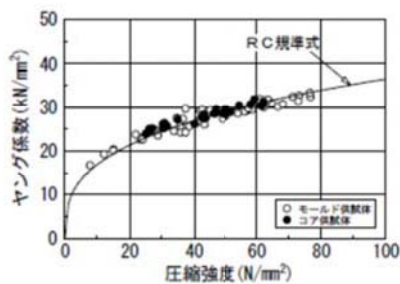


図-4 ヤング係数と圧縮強度の関係

表-3 コンクリートの調合

配号	セメント種別	水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m³)				
				水	セメント	フライアッシュ	細骨材*	粗骨材*
N40	N	40	41.4	172	430	-	697	1016
N50		50	44.3	168	336	-	784	1016
N65		65	46.5	166	255	-	855	1016
M40	M	40	41.6	172	430	-	702	1016
M50		50	44.4	168	336	-	788	1016
M65		65	46.6	166	255	-	858	1016
NF40	N+F	40	41.5	166	332	83	700	1016
NF50		50	44.5	162	259	65	790	1016
NF65		65	46.7	160	197	49	863	1016
MF40	M+F	40	41.7	166	332	83	704	1016
MF50		50	44.6	162	259	65	793	1016
MF65		65	46.8	160	197	49	866	1016

(注) スランプ=12cm, 空気量=4.0% * : 表乾質量



写真-1 壁試験体の暴露状況

表-4 乾燥終了の判定値

	JASS5N T-601, T-602		本研究	
	φ100×200mm	φ75×150mm	φ75×150mm	φ50×100mm
65℃	2日で1g	0.42g/2日	0.13g/2日	
105℃	3日以上で0.5g	0.21g/3日	0.06g/3日	

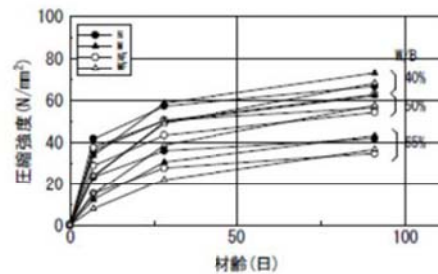


図-2 モールド・標準養生供試体の圧縮強度

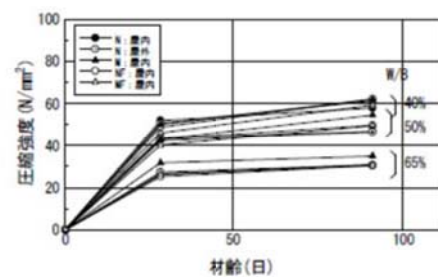


図-3 コア供試体の圧縮強度

*1: 関西電力(株)
*2: (株)竹中工務店
*3: (株)環境総合テクノス

*1: The Kansai Electric Power Co., Inc.
*2: Takenaka Corporation
*3: The General Environmental Technos Co., Ltd

既存構造物における遮蔽コンクリートの乾燥単位容積質量試験方法の検討
(その2 モールド供試体による乾燥単位容積質量の実験)

遮蔽コンクリート 乾燥単位容積質量 モールド供試体
供試体寸法 セメント種別 水結合材比

正会員 ○山岸英輝*1 同 山口善弘*1
同 米澤敏男*2 同 徳永将司*2
同 井上和政*2 同 中尾正純*3

1. はじめに

コンクリートの遮蔽能力の評価のための乾燥単位容積質量試験方法は、φ150×300mm またはφ100×200mm のモールドで成型した円柱供試体を材齢 28 日まで標準水中養生した後、65℃または105℃で乾燥して求める方法が、JASS 5N T-601 または T-602 として規格化されている。したがって、コア供試体による遮蔽コンクリートの乾燥単位容積質量の試験方法の検討においてもモールド供試体との比較検討が基本となる。以上の点を踏まえ、本研究(その2)では、モールド供試体の乾燥開始材齢、供試体寸法、セメントの種別等を因子とした乾燥単位容積質量の実験結果について報告する。

2. 実験概要と分散分析の方法

実験の因子と水準は(その1)の表-1に、使用材料およびコンクリートの調査は表-2、表-3に示した。モールド供試体の養生は、材齢 28 日までは標準水中とし、それ以降は封かんとした。乾燥終了の判定値には(その1)の表-4を適用した。

乾燥開始材齢 28 日と 91 日の乾燥単位容積質量について、下記の2条件で因子を組み合わせさせた3元配置の分散分析を行い実験結果を統計的に検討した。

- 分散分析1: 供試体寸法、水結合材比、乾燥温度
- 分散分析2: 供試体寸法、水結合材比、セメント種別

3. 実験結果と考察

3.1 乾燥速度

材齢 91 日から乾燥を開始した時の乾燥単位容積質量と材齢の関係の測定例を図-1に示す。乾燥速度は乾燥温度の影響を強く受け、65℃では7~10日、105℃では3~4日の間に急速に乾燥していることがわかる。この傾向は乾燥開始材齢 28 日の場合もほぼ同様である。

乾燥開始材齢 28 日の場合における、(その1)の表-4に示した乾燥終了判定値に至るまでの日数を図-2と図-3に示す。図-2によれば、乾燥温度 105℃では 65℃よりも乾燥終了までの時間が短縮されており、この時間は水結合材比が大きい程、供試体寸法が小さいほど短くなる傾向にあることがわかる。図-3によれば、乾燥速度にはセメント種別の影響が認められ、Nセメント、Mセメントに比べ、フライアッシュ添加の場合において乾燥に長時間を要する傾向にある。

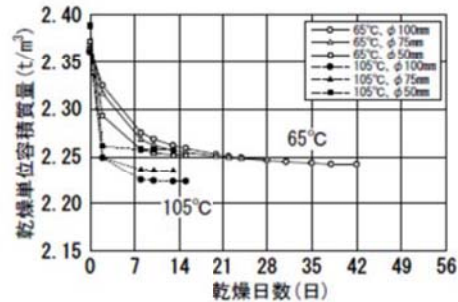


図-1 乾燥単位容積質量と乾燥日数の関係
(乾燥開始材齢 91 日、Nセメント、W/B=50%)

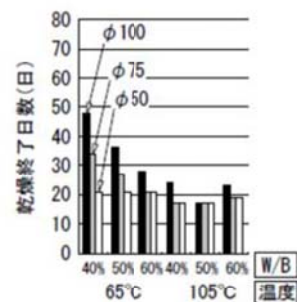


図-2 乾燥終了までの日数
(乾燥開始材齢 28 日、Nセメント)

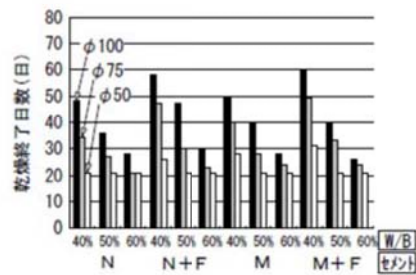


図-3 乾燥終了までの日数
(乾燥開始材齢 28 日、65℃乾燥)

乾燥速度は、組織の緻密さと蒸発可能水の量に依存すると考えられるが、(その1)の図-2からは乾燥時間の長いフライアッシュの場合で強度が低い傾向にあり、蒸発可能水量の影響が卓越しているのではないかと考えられる。

3.2 乾燥単位容積質量の要因効果

要因効果の主効果を図-4～図-7に示す。乾燥開始材齢28日に比べて91日のほうが若干乾燥単位容積質量が大きくなる傾向にあるが、乾燥開始材齢に関わらず、主効果は図-4の91日を除いて危険率1%有意であった。分散分析表の掲載は省略しているが、交互作用は、いくつかのケースを除いて有意ではなく、全体として交互作用は少ないと判断された。

図-4によれば、105℃乾燥の乾燥単位容積質量は65℃に対して0.01t/m³程度小さく、JASS 5N T-602が安全側の値を与える促進試験方法であることが確認できる。

図-5によれば、径が小さくなると乾燥単位容積質量が大きくなる傾向にある。この理由は必ずしも明らかではないが、モールドにコンクリートを充填する際にモールド径が小さくなると粗骨材の比率が増加することが考えられる。

供試体の径ごとの標準偏差(図-8)は、φ75mmはφ100mmに比べやや大きくなる程度であるが、φ50mmになると大きくなる傾向にある。

図-6によれば、N、Mセメントに比べてフライアッシュを添加したNF、MFの乾燥単位容積質量が小さい。フライアッシュの密度がセメントと比較して小さいことと蒸発可能水の量が影響している可能性が考えられる。図-7によれば、水結合材比の増大とともに乾燥単位容積質量が小さくなる。

4. まとめ

本研究(その2)の結果を以下にまとめる。

- (1) モールド供試体の直径をφ100mmから小さくすると乾燥単位容積質量は大きくなる傾向にある。
- (2) 供試体直径φ75mmの標準偏差はφ100mmよりやや大きい程度であるが、φ50mmでは大きくなる。
- (3) フライアッシュの添加や水結合材比の増大により乾燥単位容積質量は小さくなる傾向にある。

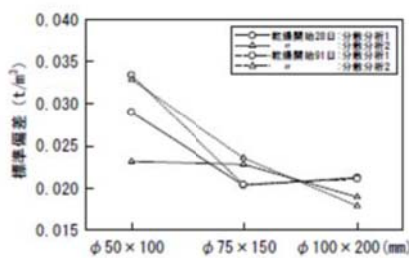


図-8 標準偏差と供試体寸法の関係

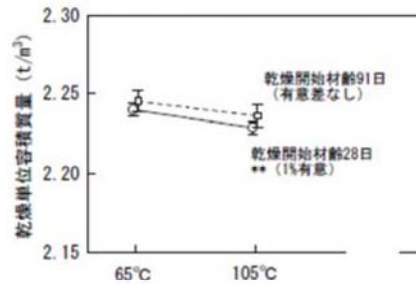


図-4 乾燥温度の主効果(分散分析1、Nセメント)

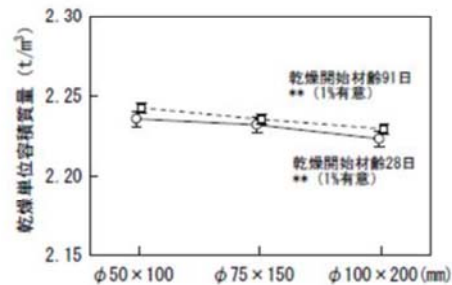


図-5 供試体寸法の主効果(分散分析2、65℃)

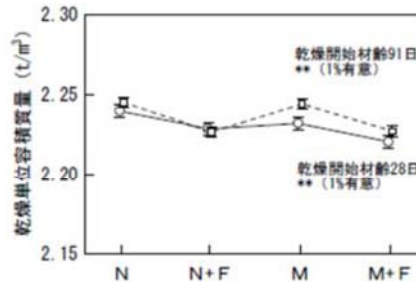


図-6 セメント種別の主効果(分散分析2、65℃)

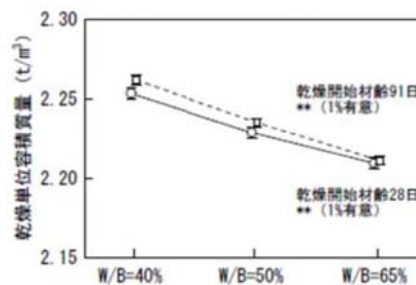


図-7 水結合材比の主効果(分散分析2、65℃)

*1: 関西電力(株)
*2: (株)竹中工務店
*3: (株)環境総合テクノス

*1: The Kansai Electric Power Co., Inc.
*2: Takenaka Corporation
*3: The General Environmental Technos Co., Ltd

既存構造物における遮蔽コンクリートの乾燥単位容積質量試験方法の検討
(その3 コア供試体による乾燥単位容積質量の実験)

遮蔽コンクリート 乾燥単位容積質量 コア供試体
供試体寸法 セメント種別 水結合材比

正会員 ○徳永将司*1 同 米澤敏男*1
同 山口善弘*2 同 山岸英輝*2
同 井上和政*1 同 中尾正純*3

1. はじめに

コンクリートの遮蔽能力を評価する方法として、JASS5Nにおいて乾燥単位容積質量試験が規格化されている。しかし、コア供試体の乾燥単位容積質量の試験方法としては規格化されたものがない。また、鉄筋の切断リスクと構造物への影響軽減の観点から、φ100mmよりも径の小さいコア供試体の使用も望まれる。以上の点を踏まえ、本研究(その3)では、コア供試体の乾燥単位容積質量試験方法に関する基本データを得ることを目的とし、壁試験体から採取したコア供試体を用いて、供試体寸法、セメントの種別、水結合材比等を因子とした乾燥単位容積質量の実験結果について報告する。

2. 実験概要と分散分析の方法

実験の因子と水準を(その1)の表-1に、使用材料およびコンクリートの調査を表-2、表-3に示す。コア供試体を採用するための壁試験体の寸法と製作方法は(その1)に示したとおりである。コア供試体は乾燥開始の2~3日前に採取し、材齢91日から乾燥を開始した。乾燥終了の判定値はモールド供試体の実験同様、(その1)の表-4の値を適用した。実験結果について実験因子を下記の3条件で組み合わせ、各々について3元配置の分散分析を行った。これを基にコア供試体の乾燥単位容積質量の特性を統計的に検討した。

- 分散分析1: 供試体寸法、水結合材比(W/B)、乾燥温度
- 分散分析2: 供試体寸法、W/B、セメント種別
- 分散分析3: 供試体寸法、W/B、暴露環境・コア採取法

3. 実験結果と考察

3.1 乾燥速度

コア供試体を材齢91日から乾燥した時の乾燥単位容積質量と乾燥時間の関係の測定例を図-1に示す。乾燥速度は乾燥温度の影響を強く受け65℃では7~10日、105℃では3~4日の間に急速に乾燥している。この傾向はモールド供試体の場合とほぼ同様である。

乾燥終了までの日数を図-2に示す。フライアッシュを使用した場合や水結合材比が小さくなると乾燥終了日数が長くなる傾向にある。これも、モールド供試体と同様である。

3.2 乾燥単位容積質量に対する要因効果

要因効果のうち主効果を図-3~図-7に示す。分散分析表

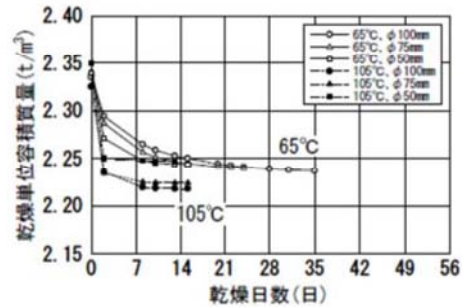


図-1 乾燥単位容積質量と乾燥日数の関係
(乾燥開始材齢91日、Nセメント、W/B=50%)

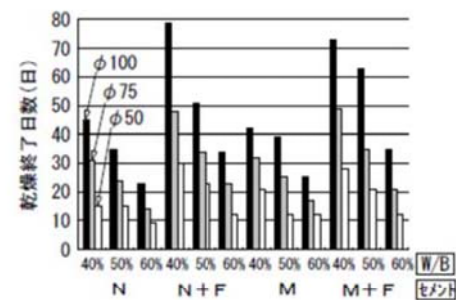


図-2 乾燥終了までの日数
(乾燥開始材齢91日、65℃乾燥)

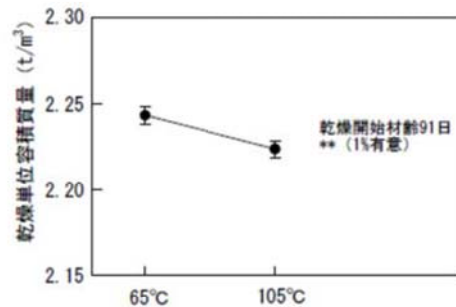


図-3 乾燥温度の主効果(分散分析1、Nセメント)

の掲載は省略しているが、主効果のうち供試体寸法以外は、いずれも1%有意であった。交互作用はいずれの場合も有意とは認められなかった。

図-3によれば、105℃では65℃に比べ乾燥単位容積質量は0.02t/m³程度低下しており、この低下量はモールド供試体よりもやや大きい傾向にある。

供試体寸法は図-4に示すように分散分析条件1、2、3いずれの場合も有意差が認められず、φ50～φ100mmの範囲において供試体寸法は乾燥単位容積質量にはほとんど影響しないと判断される。この結果はモールド供試体と大きく相違する。図-8に示した標準偏差は、φ100mmとφ75mmではほとんど変わらないが、φ50mmでは大きくなる傾向にある。すなわち、コア供試体の寸法をφ100mmからφ75mmとしても平均値もバラツキもほとんど変わらないが、φ50mmでは平均値は変わらないもののバラツキが大きくなる。

図-5によれば、N、Mセメントに比べてフライアッシュを添加したNF、MFの乾燥単位容積質量が小さく、図-6によれば、水結合材比の増大とともに乾燥単位容積質量は小さくなる。これらの傾向はモールド供試体と同様である。

図-7によれば、屋外暴露に比べ屋内、乾式コア採取に比べ湿式で乾燥単位容積質量は若干大きくなる傾向にある。

4. まとめ

本研究(その3)の結果を以下にまとめる。

- (1) コア供試体の直径をφ100mmからφ50mmまで小さくしても、乾燥単位容積質量の値はほとんど変わらない。
- (2) 供試体直径φ100mmとφ75mmの標準偏差はほとんど変わらないが、φ50mmでは大きくなる。
- (3) フライアッシュの添加や水結合材比の増大により乾燥単位容積質量は小さくなる傾向にある。

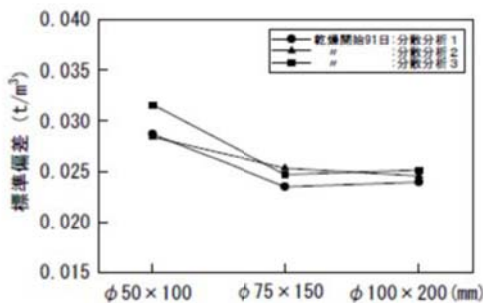


図-8 標準偏差と供試体寸法の関係

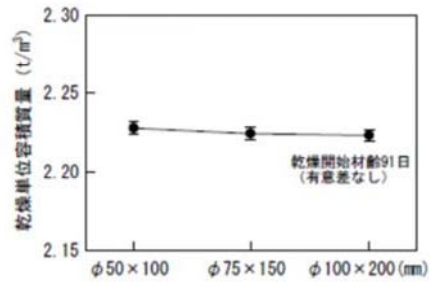


図-4 供試体寸法の主効果(分散分析2、65℃)

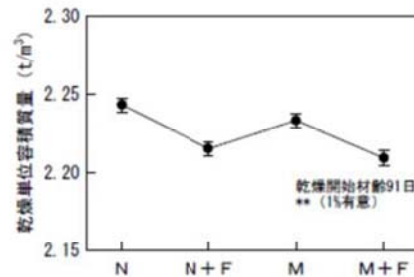


図-5 セメント種別の主効果(分散分析2、65℃)

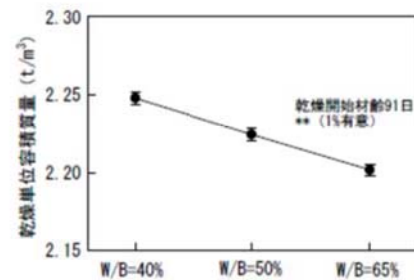


図-6 水結合材比の主効果(分散分析2、65℃)

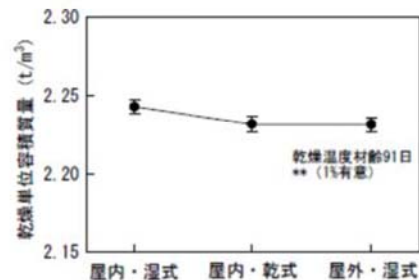


図-7 暴露環境・コア採取方法の主効果(分散分析3、Nセメント、65℃)

*1: (株)竹中工務店
*2: 関西電力(株)
*3: (株)環境総合テクノス

*1: Takenaka Corporation
*2: The Kansai Electric Power Co., Inc.
*3: The General Environmental Technos Co., Ltd

既存構造物における遮蔽コンクリートの乾燥単位容積質量試験方法の検討
(その4 コア供試体による乾燥単位容積質量試験方法の検討)

遮蔽コンクリート 乾燥単位容積質量 単位容積質量試験
モールド供試体 コア供試体 供試体寸法

正会員 ○米澤敏男^{*1} 同 徳永将司^{*1}
同 山口善弘^{*2} 同 山岸英輝^{*2}
同 井上和政^{*1} 同 中尾正純^{*3}

1. はじめに

既存のコンクリート構造物の遮蔽能力を評価するためにコア供試体による乾燥単位容積質量試験方法を確立することが必要とされている。そのために本研究(その4)では、モールド供試体とコア供試体の乾燥単位容積質量の実験結果の比較検討に基づく、コア供試体による既存コンクリート構造物の乾燥単位容積質量試験方法について報告する。

この検討においては、(その2)と(その3)の実験結果を基に供試体寸法やセメント種別等の影響の差異を最初に評価した。次に試験方法として規格化されている JASS 5N T-601 によるφ100mm モールド供試体の乾燥単位容積質量と、コア供試体のそれとの差異を評価した。これらの評価結果からコア供試体の乾燥単位容積質量試験方法を検討した。

2. モールド供試体とコア供試体の特性の違い

モールド供試体とコア供試体の乾燥単位容積質量に対する要因効果のうち、乾燥温度の影響を図-1に示す。JASS 5N T-601の65℃乾燥に比べてT-602の105℃乾燥で乾燥単位容積質量が小さくなるなど、同様の傾向を示している。

図-2には供試体寸法の影響を、図-3には供試体寸法と標準偏差の関係を示す。供試体寸法の影響はモールド供試体とコア供試体で大きく相違し、モールド供試体では径がφ100mmからφ75mm、φ50mmと小さくなると乾燥単位容積質量は大きくなるのに対し、コア供試体では径が小さくなくても乾燥単位容積質量はほとんど変化しない。図-3によればφ100mm コア供試体の標準偏差はφ100mm モールド供試体に比べて0.002~0.005t/m³程度大きい。3本の供試体の平均値の標準偏差(1/√3)に換算すると0.001~0.003t/m³、変動係数で0.04~0.1%程度であり、実用上問題ない差異と判断される。また、コア供試体の径をφ100mmからφ75mmとしても標準偏差はほとんど変わらない。これらの結果から、コア供試体の乾燥単位容積質量では供試体寸法はφ100mmとφ75mmで大きな違いはないと判断される。

図-4によれば、フライアッシュを添加したNF、MFセメントの乾燥単位容積質量が小さくなる点は、コア供試体、モールド供試体共通である。図-5において、水結合材比が大きくなると乾燥単位容積質量が小さくなるのも両供試体で共通している。

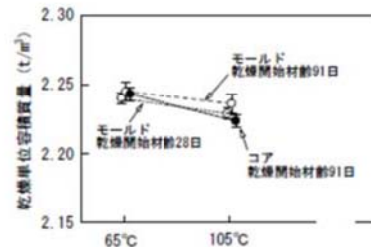


図-1 乾燥温度の影響 (Nセメント)

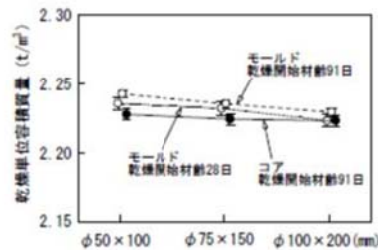


図-2 供試体寸法の影響 (65℃)

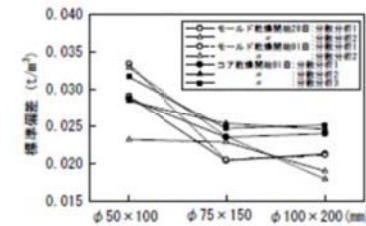


図-3 供試体寸法と標準偏差の関係

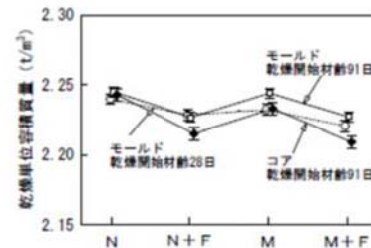


図-4 セメント種別の影響 (65℃)

3. JASS 5N T-601供試体との比較

試験方法として規格化されている JASS 5N T-601 による供試体、すなわち標準養生 28 日 $\phi 100\text{mm}$ モールド供試体（以下、T-601 供試体という）の乾燥単位容積質量と、その他の条件のモールド供試体のそれとの関係を図-6 に示す。径を小さくしたり、乾燥開始材齢を 91 日と長くしたモールド供試体の乾燥単位容積質量は、T-601 供試体に比べて全体として大きくなる傾向にある。これは、図-2 に示すように供試体径を小さくするとモールド供試体の乾燥単位容積質量が大きくなるのが影響していると考えられる。

図-7 に T-601 供試体とコア供試体の乾燥単位容積質量の関係を示す。条件に関わらず、コア供試体と T-601 供試体の乾燥単位容積質量がほぼ一致することが分かる。

4. コア供試体の乾燥単位容積質量試験方法の検討

コア供試体とモールド供試体の乾燥単位容積質量を比較すると、セメント種別や水結合材比といった材料調合上の因子の影響は両者同様であり（図-4、図-5）、コア供試体による乾燥単位容積質量の試験においては材料調合上の適用範囲は特に制限する必要はないと考えられる。また、乾燥温度の影響では、 105°C とした時の乾燥単位容積質量について、コア供試体がモールド供試体よりも小さくなる傾向にある（図-1）。

コア供試体による乾燥単位容積質量は、試験方法として規格化されている JASS 5N T-601 による供試体の乾燥単位容積質量とほぼ同様であり（図-7）、コア供試体についても JASS 5N T-601 に基づく方法で乾燥単位容積質量の測定が行えると判断される。

供試体径を $\phi 100\text{mm}$ から $\phi 75\text{mm}$ 、 $\phi 50\text{mm}$ と小さくした場合、コア供試体の乾燥単位容積質量はほとんど変化がなく（図-2）、 $\phi 100\text{mm}$ と $\phi 75\text{mm}$ の標準偏差がほぼ同様であるので（図-3）、T-601 $\phi 100\text{mm}$ 供試体を基準にした場合、 $\phi 75\text{mm}$ までのコア供試体の乾燥単位容積質量を同等とみなすことができるが、 $\phi 50\text{mm}$ のコア供試体の乾燥単位容積質量については、ばらつきを踏まえた評価が必要となる。

5. まとめ

本研究の結論を以下にまとめる。

- (1) 既存コンクリート構造物から採取するコア供試体についても、JASS 5N T-601 に基づく方法で乾燥単位容積質量の測定が行える。
- (2) コア供試体による試験であっても材料調合上の制限は特に必要とされない。
- (3) コア供試体の直径は $\phi 100\text{mm} \sim \phi 75\text{mm}$ の範囲において JASS 5N T-601 と同等とみなせる。

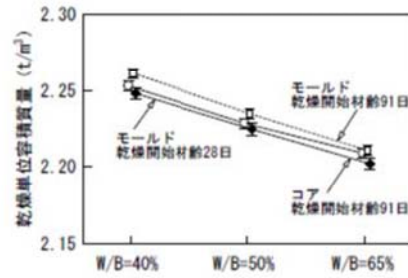


図-5 水結合材比の影響（Nセメント、 65°C ）

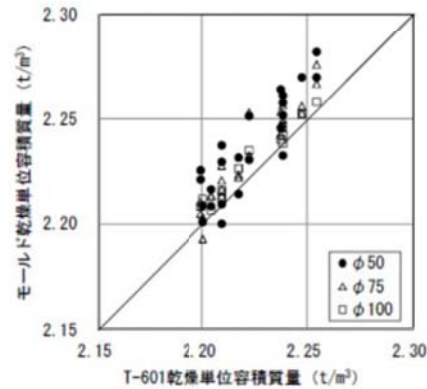


図-6 モールド供試体と T-601 供試体（ $\phi 100\text{mm}$ モールド、乾燥開始材齢 28 日）の関係

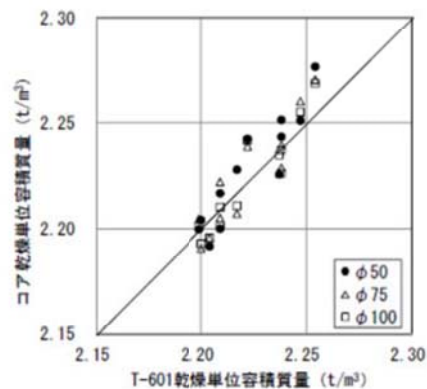


図-7 コア供試体と T-601 供試体（ $\phi 100\text{mm}$ モールド、乾燥開始材齢 28 日）の関係

*1：(株)竹中工務店

*2：関西電力(株)

*3：(株)環境総合テクノス

*1：Takenaka Corporation

*2：The Kansai Electric Power Co., Inc.

*3：The General Environmental Technos Co., Ltd.

美浜3号炉－特別点検（コンクリート）－17

タイトル	<p>（添付-1、別紙-1） 乾燥状態とする供試体の質量変化の測定数値を変更しても良いとする根拠を提示すること。</p>
説明	<p>添付資料-1に基づき、質量変化の測定数値を変更してもよいと判断しました。</p> <p>添付-1 質量変化の測定数値の変更について</p>

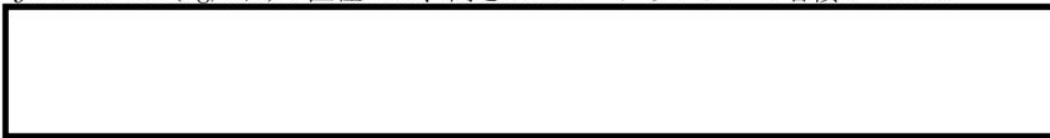
質量変化の測定数値の変更について

遮蔽能力の特別点検において、「JASS5NT-601 コンクリートの乾燥単位容積質量試験方法」（以下、JASS5NT-601という）の適用範囲より小さなコアサンプルを採用したことから、JASS5NT-601で定義される質量変化（2日で1g）を採用した場合、適正な評価とならないため、質量変化を見直す必要がある。

そこで、JASS5NT-601が一部改定された際に検討された手法に基づき、コアサンプルの容積比に応じて、質量変化の測定数値を変更した。

<コアサンプルの容積比による質量変化の測定数値の変更>


JASS5NT-601(1g/2日)：直径10cm、高さ20cmのコアサンプルの容積：1570cm³



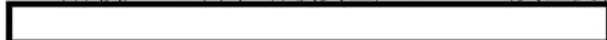
質量変化の測定数値を変更しても良いとする根拠は以下の通り。

JASS5N（建築工事標準仕様書・同解説 JASS5N 原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事）に、JASS5NT-601について、『乾燥状態の定義は、「供試体の質量変化が2日で1gとなったとき」とする。供試体（直径15cm、高さ30cm）の単位容積質量0.001t/m³に相当する質量が約5gであるため、十分な精度で乾燥単位容積質量を得ることが出来る』と記載がある。

このことは、JASS5NT-601においては、乾燥状態と判断できる質量変化は、単位容積質量に換算して0.001t/m³程度に相当すると考えられる。

今回、 供試体（コアサンプル）を、試験実施に際して最低限必要な大きさとしているが、乾燥状態と判断できる単位容積質量から求めた質量変化と、容積比で求めた質量変化を比較した結果、容積比で求めた質量変化がより保守的な値になったため、容積比に応じて質量変化の測定数値を変更しても良いと判断した。

<（参考）コアサンプルの単位容積質量から求めた質量変化>

(容積)	(単位容積質量)	(質量変化)
		

 内は商業機密に属しますので公開できません