

## 小岩井農場施設第一号サイロ及び第二号サイロにおける煉瓦及びコンクリートの材料試験

- 種別：材料試験 [木材・煉瓦・鉄・コンクリート・その他]、重量測定、要素試験 [接合部・軸組・壁・水平構面 (床・天井・小屋組・屋根)・非構造部材・その他]、補強性能試験 [接合部・軸組・壁・水平構面 (床・天井・小屋組・屋根)・非構造部材・その他]

### ●基本情報

文化財名称：小岩井農場施設 第一号サイロ、第二号サイロ  
文化財種別（指定年月日）：重要文化財（平成 29 年 2 月 23 日）  
所在地：岩手県岩手郡雫石町丸谷地 68-145 上丸地区  
所有者（管理団体）：公益財団法人 小岩井農場財団  
構造形式：第一号サイロ 煉瓦造、建築面積 25.24 m<sup>2</sup>、鉄板葺  
第二号サイロ 煉瓦造、建築面積 26.68 m<sup>2</sup>、鉄板葺  
建築年：第一号サイロ 明治 40 年(1907)、内部のコンクリート補強は昭和 13 年(1938)、外部の基部コンクリート被覆（時期不明）  
第二号サイロ 明治 41 年(1908)、外部の基部コンクリート被覆（時期不明）  
事業名称：重要文化財小岩井農場施設第一号サイロほか 3 棟耐震診断業務  
事業期間：2022 年 4 月～2024 年 3 月  
工事種別：耐震診断  
事業者：公益財団法人 小岩井農場財団  
設計監理：株式会社 三菱地所設計  
実験計画者：株式会社 三菱地所設計  
実験機関：【煉瓦】株式会社八洋コンサルタント技術センター  
【コンクリート】建築研究振興協会  
【コア採取】株式会社 東京ソイルリサーチ  
実験年月日：R4. 5. 23～27（コア採取日）  
R4. 7. 19（コンクリート試験日）  
R4. 7. 21（煉瓦試験日）  
引用・参考文献：－

### ●実験に至る経緯と目的

- ・第一号サイロは、明治 40 年に建設された日本に現存する最も古い煉瓦サイロである。昭和 13 年に改修を行った際に内壁をコンクリートで覆ったものと推定される。
- ・第二号サイロは、第一号サイロの翌年に建設された。
- ・第一号サイロ・第二号サイロ共に、建設当初は基部まで煉瓦造であったが、現在は基部が外部よりコンクリートでおおわれている。補強時期は不明である。
- ・サイロの耐震診断に当たり、煉瓦コアのせん断強度・目地の引張試験、コンクリートコアの強度・中性化試験を行った。

### ●概要

煉瓦:煉瓦壁よりコアボーリングマシンを用いて目地を含んだ煉瓦供試体(φ80)を採取し、一面せん断試験および目地の引張試験を行った。

コンクリート:コンクリート内壁よりコアボーリングマシンを用いてコンクリートコア供試体(φ100)を採取し、圧縮強度試験および中性化試験を行った。

### ●調査方法

#### 【煉瓦せん断試験方法】

煉瓦コアの採取は、均等かつ復旧の容易な箇所を選定し、各々のサイロで 4 箇所とした。ただし、第一号サイロの煉瓦コア採取位置のうち調査記号 1 サーB-4 で採取したコアは、煉瓦と目地が分断した状態で採取されたため、一面せん断試験ならびに目地の引張試験結果ともに試験不適であった。第二号サイロの煉瓦コア採取位置のうち調査記号 2 サーB-3 で採取したコアは、煉瓦と目地が分断した状態で採取されたため、一面せん断試験は試験不適となったが、目地の引張試験は内部側の先端 105mm で試験可能であった。また、調査記号 2 サーB-4 で採取したコアは、煉瓦と目地が分断し、途中折れの状態で採取されたため、一面せん断試験ならびに目地の引張試験結果ともに試験不適であった。

試験体には、現場から採取したコア供試体を端面整形したものをを用いた。試験体のサイズは、φ80×200mm 程度とし、1 本の目地が円の中心辺りを通るものをを用いた。

煉瓦目地せん断試験は一面せん断試験とし、目地が水平になるよう煉瓦の上部と下部に治具をモルタルで固定して、目地に対して水平な荷重となるように上部の治具に载荷した。

#### 【煉瓦の引張試験方法】

試験体には、現場から採取したコア供試体を直方体に切断成形して用いた。

試験は、直接引張試験とし、目地部分を挟んだ両端に直接引張用の鋼製治具をエポキシ系接着剤を用いて接着し、その治具にユニバーサルジョイントを介し、万能試験機により载荷した。

#### 【コンクリートの圧縮試験方法】

コンクリートコアの採取は、均等かつ復旧の容易な箇所を選定し、第一号サイロは内壁より 5 箇所、第二号サイロは基部から 3 箇所とした。ただし、第一号サイロのコンクリートコア採取位置

のうち調査記号 1 サ-C-4 と 1 サ-C-5 で採取したコアは、コンクリートに豆板が生じていたため、試験不適とし、コア供試体 3 本で試験を実施した。

コア供試体の採取は「JIS A 1107 コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法」に基づき、コアボーリングマシンにてできるだけ高さが直径の 2 倍になるように円柱状の供試体を壁面から採取した。

採取したコア供試体は「JIS A 1132 コンクリートの強度試験用供試体の作り方」に基づき、採取されたコアを切断・整形して両端をキャッピングした。コンクリートの圧縮強度試験は「JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法」に基づき試験を実施した。但し、供試体の高さ(h)がその径(d)の 1.9 倍より小さい場合には、試験で得られた圧縮強度に表-1 に示す補正係数を乗じて直径の 2 倍の高さをもつ供試体の強度に換算して求めた。

表-1 圧縮強度の補正係数

高さ と 直径 の 比 $h/d$	補正係数	備考
2.00	1.00	h/d がこの表にあら わす値の中間にある 場合、補正係数は補間 して求める。
1.75	0.98	
1.50	0.96	
1.25	0.93	
1.00	0.87	

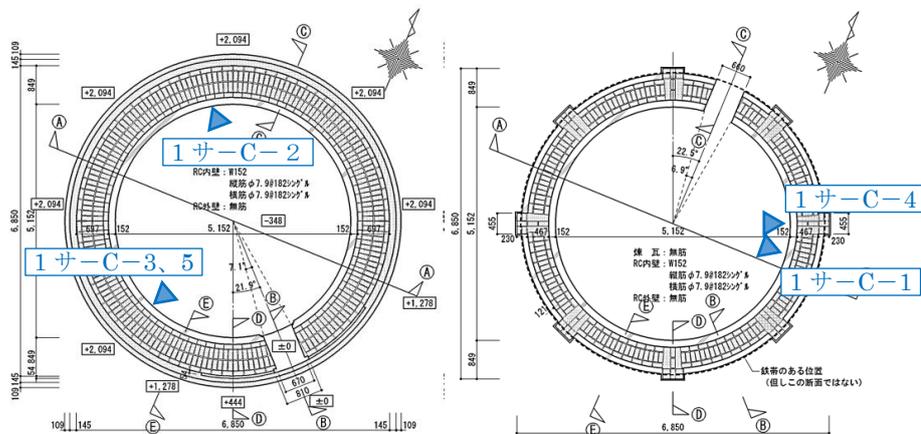
・表中に示す補正係数は、補正後の値が  $100\text{N/mm}^2$  以下のコンクリートに適用する。

#### 【中性化試験】

試験体には、圧縮強度試験終了後の供試体を用いた。

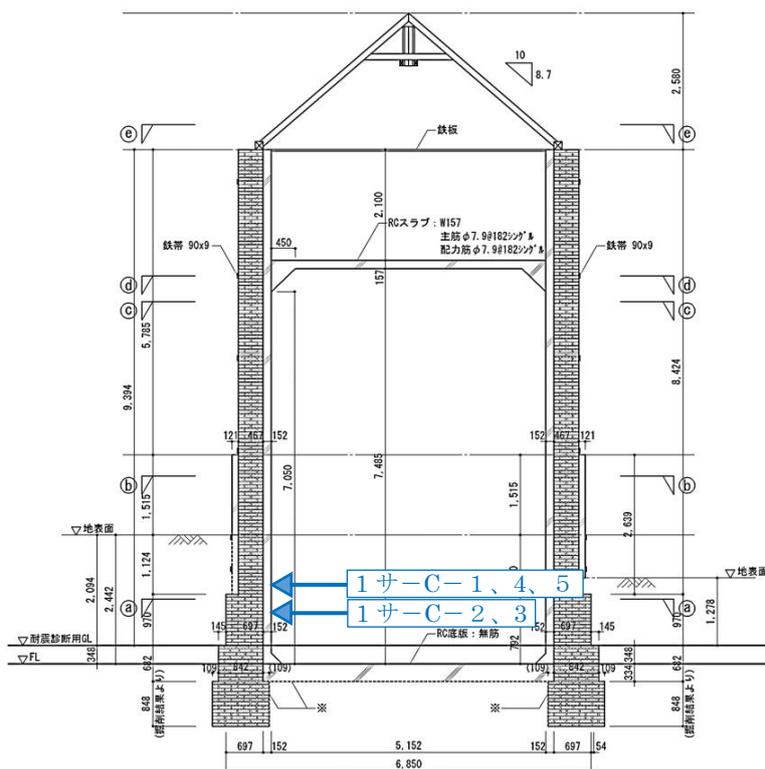
試験は「JIS A 1152 コンクリートの中性化深さの測定方法」に準拠して行った。圧縮強度試験後のコンクリートコア供試体を軸方向に割裂し、その割裂面にフェノールフタレイン1%溶液を噴霧して行った。





①-①断面図

②-②断面図



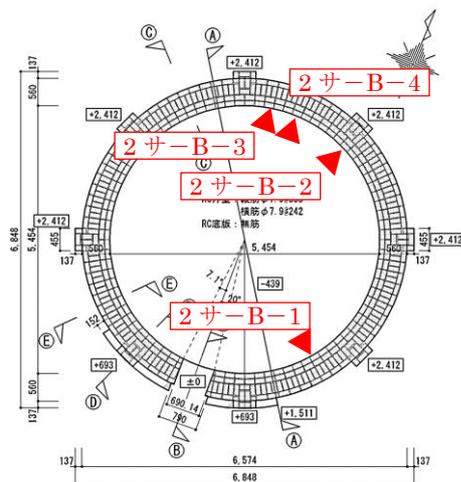
③-③断面図 A1:S=1/50 A3:S=1/100

※未確認のため不明であるが、外部で  
目視確認できた基礎形状を対称であると  
仮定すると、底版厚は334と推定できる。

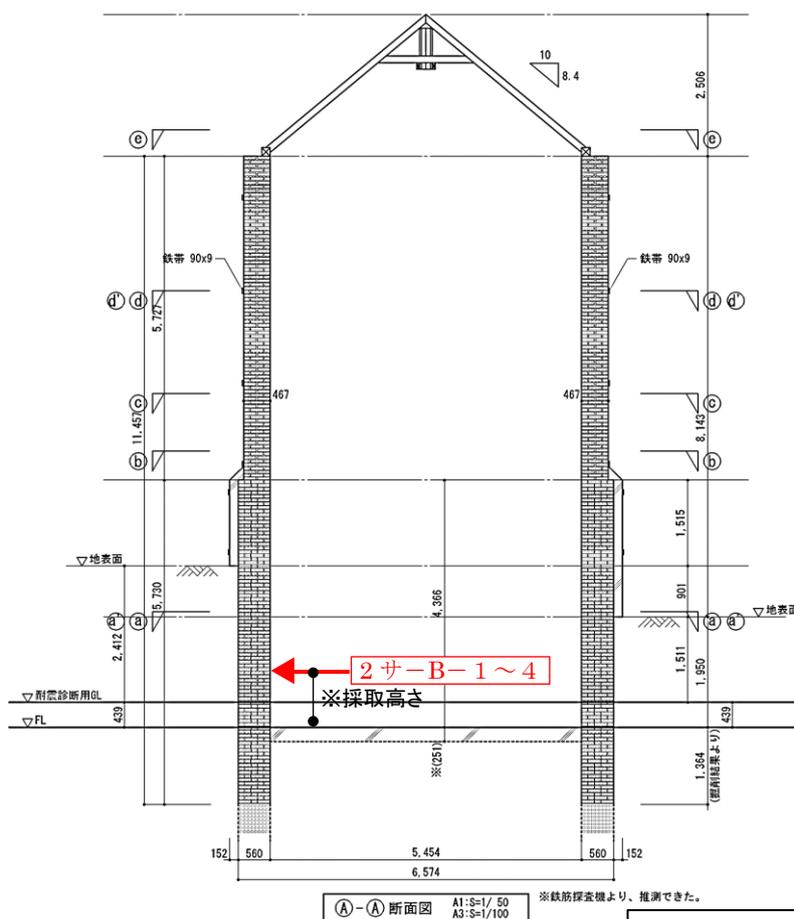
③-③断面図

◀:RC壁のコア採取位置

図-2 第一号サイロ コンクリートコア採取位置図



①-①断面図

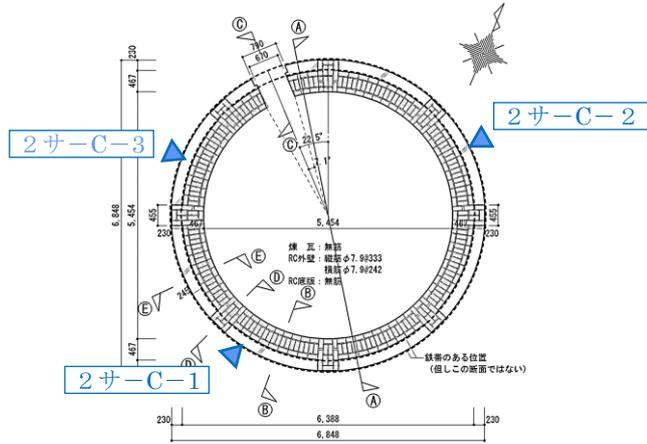


①-①断面図

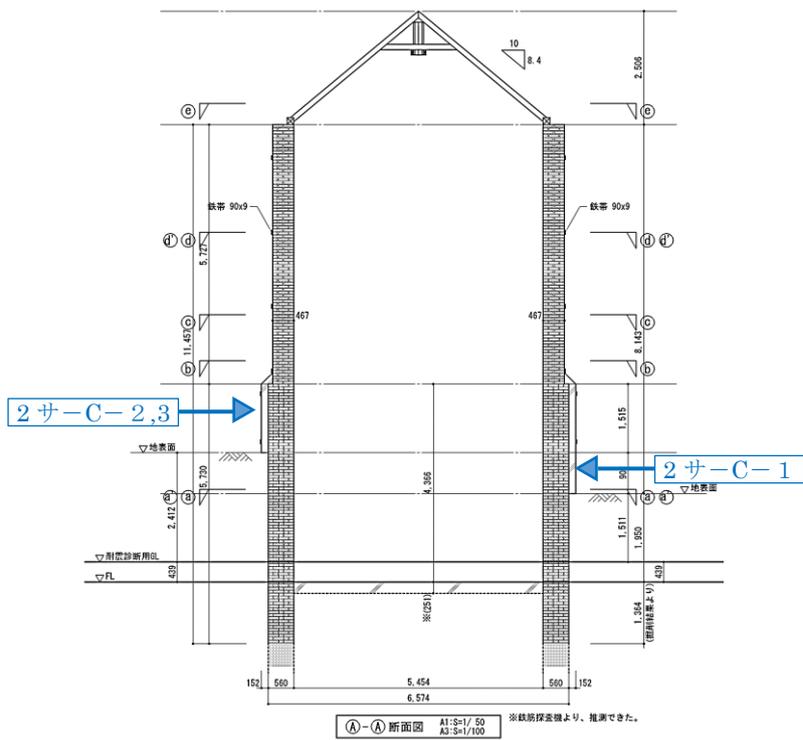
◀ : 煉瓦壁のコア採取位置

- 煉瓦コアの採取高さ  
 ※2 サ- B-1: 底版+1.01m  
 ※2 サ- B-2: 底版+1.16m  
 ※2 サ- B-3: 底版+0.9m  
 ※2 サ- B-4: 底版+1.35m

図-3 第二号サイロ 煉瓦コア採取位置図



⑥-⑥断面図



①-①断面図

◀ : RC 基部のコア採取位置

図-4 第二号サイロ コンクリートコア採取位置図

●調査結果

【煉瓦せん断試験・引張強度試験】

第一号サイロ 供試体形状

1 ㉮-B-1 : $\phi 80$ 、全長 $L=705\text{mm}$	せん断用 $L_S=201.2\text{mm}$	引張用 $L_T=90.7\text{mm}$
1 ㉮-B-2 : $\phi 80$ 、全長 $L=695\text{mm}$	せん断用 $L_S=201.7\text{mm}$	引張用 $L_T=96.6\text{mm}$
1 ㉮-B-3 : $\phi 80$ 、全長 $L=700\text{mm}$	せん断用 $L_S=201.6\text{mm}$	引張用 $L_T=98.2\text{mm}$
1 ㉮-B-4 : $\phi 80$ 、全長 $L=600\text{mm}$	煉瓦と目地が分断していたため試験は実施できず	

第二号サイロ 供試体形状

2 ㉮-B-1 : $\phi 80$ 、全長 $L=560\text{mm}$	せん断用 $L_S=102.0\text{mm}$	引張用 $L_T=97.7\text{mm}$
2 ㉮-B-2 : $\phi 80$ 、全長 $L=690\text{mm}$	せん断用 $L_S=201.3\text{mm}$	引張用 $L_T=99.0\text{mm}$
2 ㉮-B-3 : $\phi 80$ 、全長 $L=560\text{mm}$	せん断用 $L_S=\ast\text{mm}$	引張用 $L_T=88.8\text{mm}$
2 ㉮-B-4 : $\phi 80$ 、全長 $L=210\text{mm}$	途中折れで採取されたため試験は実施できず	

※「2 ㉮-B-3」は、煉瓦と目地が分断していたためせん断用供試体が切り取れなかったことから、せん断強度試験は実施できなかった

第一号サイロの煉瓦コアのせん断強度は  $0.38\text{N/mm}^2\sim 0.84\text{N/mm}^2$ 、平均  $0.56\text{N/mm}^2$ で、引張強度は  $0.0211\text{N/mm}^2\sim 0.425\text{N/mm}^2$ 、平均  $0.238\text{N/mm}^2$ であった。第二号サイロの煉瓦コアのせん断強度は  $0.12\text{N/mm}^2\sim 0.22\text{N/mm}^2$ 、平均  $0.17\text{N/mm}^2$ で、引張強度は  $0.00544\text{N/mm}^2\sim 0.0371\text{N/mm}^2$ 、平均  $0.02127\text{N/mm}^2$ であった。

表-2 煉瓦試験結果一覧

		第一号サイロ			第二号サイロ		
		1 ㉮-B-1	1 ㉮-B-2	1 ㉮-B-3	2 ㉮-B-1	2 ㉮-B-2	2 ㉮-B-3
最大荷重	$P[\text{N}]$	7.28	5.97	12.9	18.0	18.9	—
せん断面積	$A_S[\text{mm}^2]$	15894.8	15793.1	15422.4	8149.8	16184.5	—
<b>せん断強度</b>	$\tau [\text{N/mm}^2]$	<b>0.46</b>	<b>0.38</b>	<b>0.84</b>	<b>0.22</b>	<b>0.12</b>	—
最大荷重の 1/3 に応じた応力	$S_1[\text{N/mm}^2]$	0.153	0.148	0.279	0.076	0.040	—
	$S_2[\text{N/mm}^2]$	0.077	0.063	0.140	0.038	0.020	—
最大荷重の 1/6 に応じたひずみ	$\epsilon_1$	2007	1184	2093	3468	469	—
	$\epsilon_2$	1318	333	1198	2683	186	—
<b>静弾性係数</b>	$E_c[\text{kN/mm}^2]$	<b>0.111</b>	<b>0.100</b>	<b>0.156</b>	<b>0.048</b>	<b>0.071</b>	—
最大荷重	$T[\text{kN}]$	0.143	1.88	3.16	※	0.295	0.0388
断面積	$A_T[\text{mm}^2]$	6793	7032	7434	7806	7950	7131
<b>引張強度</b>	$\sigma_t[\text{N/mm}^2]$	<b>0.0211</b>	<b>0.267</b>	<b>0.425</b>	<b>※</b>	<b>0.0371</b>	<b>0.00544</b>

—は、試験を実施していないことを示している。

※「2 ㉮-B-1」は、試験機に設置した直後に破断したため、最大荷重が測定出来なかった。

【コンクリートの圧縮試験結果】

第一号サイロのコンクリートコアの圧縮強度は、9.69N/mm<sup>2</sup>～21.3N/mm<sup>2</sup>、平均 14.8N/mm<sup>2</sup>、第二号サイロのコンクリートコアの圧縮強度は、17.6N/mm<sup>2</sup>～38.8N/mm<sup>2</sup>、平均 31.2N/mm<sup>2</sup>であった。

表-3 第一号サイロ コンクリート圧縮強度試験結果一覧

JIS A 1107 に基づく

コンクリートの種類	調査記号	採取階	部材	直径 d [mm]	高さ h [mm]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	気乾単位容積質量 [t/m <sup>3</sup> ]	h/d	補正係数 A	圧縮荷重 [kN]	見かけ圧縮強度B [N/mm <sup>2</sup> ]	補正圧縮強度 [N/mm <sup>2</sup> ]	各階平均圧縮強度X [N/mm <sup>2</sup> ]
普通 Fc=不明	1サ-C-1	底版 +1.35m	壁	103.1	111.5	8348	2.14	1.08	0.889	90.6	10.9	9.69	14.8
	1サ-C-2	底版 +1.15m	壁	102.9	111.6	8316	2.21	1.08	0.889	199.7	24.0	21.3	
	1サ-C-3	底版 +1.05m	壁	103.0	112.5	8332	2.20	1.09	0.892	125.9	15.1	13.5	

\* 推定設計基準強度:建設年度からFc=135kgf/cm<sup>2</sup>(13.2N/mm<sup>2</sup>)と推定した。

\* 普通コア(φ103)の補正圧縮強度は、「補正圧縮強度=補正係数A×見かけ圧縮強度B」により算出した。

\* 1サ-C-4と1サ-C-5は、コアに豆板が生じていたため、試験は実施できなかった。

表-4 第二号サイロ コンクリート圧縮強度試験結果一覧

JIS A 1107 に基づく

コンクリートの種類	調査記号	採取位置	部材	直径 d [mm]	高さ h [mm]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	気乾単位容積質量 [t/m <sup>3</sup> ]	h/d	補正係数 A	圧縮荷重 [kN]	見かけ圧縮強度B [N/mm <sup>2</sup> ]	補正圧縮強度 [N/mm <sup>2</sup> ]	各階平均圧縮強度X [N/mm <sup>2</sup> ]
普通 Fc=不明	2サ-C-1	基部天端 -3.11m	基部	102.9	110.1	8316	2.13	1.07	0.887	164.9	19.8	17.6	31.2
	2サ-C-2	基部天端 -1.28m	基部	102.9	108.8	8316	2.20	1.06	0.884	350.0	42.1	37.2	
	2サ-C-3	基部天端 -1.04m	基部	102.9	116.1	8316	2.19	1.13	0.901	358.8	43.1	38.8	

\* 推定設計基準強度:建設年度からFc=135kgf/cm<sup>2</sup>(13.2N/mm<sup>2</sup>)と推定した。

\* 普通コア(φ103)の補正圧縮強度は、「補正圧縮強度=補正係数A×見かけ圧縮強度B」により算出した。

【コンクリートの中性化試験結果】

第一号サイロから採取したコンクリートコアの中性化深さは、呈色が不鮮明なため、中性化深さ測定不能となり、屋内側は採取したコア長さの全面が中性化していると判断した(最大 76 mm以上)。

第二号サイロのコンクリートコアの中性化深さは、3 本の内 1 本で呈色が不鮮明なため、中性化深さ測定不能となり、コア長さの全面が中性化していると判断した(最大 76 mm以上)。コンクリートコアの採取位置における環境の違いはないが、呈色が不鮮明なコア(2 サ-C-1)は、気乾単位容積質量及びコンクリート強度が他のコアに比べ低かった。このように、コンクリートの品質にばらつきがあることから、コンクリートコアの中性化深さは、採取位置でばらつきが大きく、最小 0 mm～最大 76 mm以上(全面中性化)で、平均 29.9 mmとなった。

表-5 第一号サイロ コンクリート中性化試験結果一覧

調査方法	コンクリートの種類	調査記号	階	部材	環境*1	仕上げ材		RC 壁厚 [mm]	中性化深さ*2 最小値～最大値 (平均値) [mm]	中性化深さの 全体での平均値 [mm]
						種類	厚さ [mm]			
コアによる	普通 Fc=不明	1サ-C-1	底版 +1.35m	壁	採取側 [屋内]	モルタル	4	152	全面中性化 ( 76.0 )	76.0
					採取先 [屋内]	打放しの先に煉瓦	0		全面中性化 ( 76.0 )	
		1サ-C-2	底版 +1.15m	壁	採取側 [屋内]	モルタル	10	152	全面中性化 ( 76.0 )	
					採取先 [屋内]	打放しの先に煉瓦	0		全面中性化 ( 76.0 )	
		1サ-C-3	底版 +1.05m	壁	採取側 [屋内]	モルタル	9	152	全面中性化 ( 76.0 )	
					採取先 [屋内]	打放しの先に煉瓦	0		全面中性化 ( 76.0 )	

\*1 位置：採取側  $\xrightarrow{\text{コア採取方向}}$  採取先

\*2 中性化深さ：全面中性化している場合は、便宜的に壁厚さ×1/2の長さを中性化深さとし、採取側と採取先に代入した。

\*3 1サ-C-4と1サ-C-5は、コアに豆板が生じていたため、試験は実施できなかった。

表-6 第二号サイロ コンクリート中性化試験結果一覧

調査方法	コンクリートの種類	調査記号	採取位置	部材	環境*1	仕上げ材		RC 壁厚 [mm]	中性化深さ*2 最小値～最大値 (平均値) [mm]	中性化深さの 全体での平均値 [mm]
						種類	厚さ [mm]			
コアによる	普通 Fc=不明	2サ-C-1	基部天端 -3.11m	基部	採取側 [屋外]	モルタル	10	152	全面中性化 ( 76.0 )	29.9
					採取側 [屋内]	打放しの先に煉瓦	0		全面中性化 ( 76.0 )	
		2サ-C-2	基部天端 -1.28m	基部	採取側 [屋外]	モルタル	8	152	0.0 ～ 4.5 ( 1.1 )	
					採取側 [屋内]	打放しの先に煉瓦	0		0.0 ～ 1.0 ( 0.3 )	
		2サ-C-3	基部天端 -1.04m	基部	採取側 [屋外]	モルタル	10	152	0.0 ～ 11.0 ( 3.6 )	
					採取側 [屋内]	打放しの先に煉瓦	0		5.0 ～ 44.0 ( 22.4 )	

\*1 位置：採取側  $\xrightarrow{\text{コア採取方向}}$  採取先

\*2 中性化深さ：全面中性化している場合は、便宜的に壁厚さ×1/2の長さを中性化深さとし、採取側と採取先に代入した。

以上