

## JCD2019業務体験発表・見学会報告

標記について下記のとおり開催されましたので報告致します。

### 記

1. 開催日時 令和元年11月15日(金) 10:30~17:00
2. 場所 高知建設会館
3. 開会挨拶 10:30~10:40  
(1) 会長挨拶

林 静雄会長

4. 保有技術発表: 10:40~11:20  
(1)FRID 構造物診断技術「WHO」 (株)太平洋コンサルタント  
(2)シールテープせこたん TM ニチバン(株)

5. 業務体験発表: 11:20~16:40

- 2)点在する橋梁保全工事における高架橋の補修及び耐震補強等の事例紹介 13:00~13:20  
島根県コンクリート診断士会 北野一臣会員



(発表する北野会員)

## 見学会

1. 開催日時 令和元年11月16日(土)
2. 見学場所
  - ・浦戸大橋(1972年開通 1972年土木学会田中賞受賞 橋脚スパンが200m超 5径間連続PC箱桁橋)
  - ・南国市 掩体壕(えんたいごう 1944年に海軍工廠建設 戦争遺産)
  - ・旭浄水場(1925年竣工 2008年土木学会推奨 土木遺産 ルネッサンス様式のレンガ造りの送水所、事務所棟計量所が集約)



※見学会参加者の星野富雄様(株)土木管理総合試験所(東京・長野コンクリート診断士会)のご厚意により、見学会で訪ねた5号掩体壕の解析資料が寄せられましたので、資料を添付しました。



以上

## 5号掩体壕コンクリートの分析

(株)土木管理総合試験所

星野富夫

昭和19年(1944年)に造られたコンクリート製の掩体壕の分析を行いました。分析した5号掩体壕の全景ならびに分析試料の採取箇所を写真に示しますが、入口の左側の鉄筋が腐食してコンクリートが爆裂して浮いていた箇所から採取したものであり、決して無理に研り取ったものではありません。

従いまして、コンクリート躯体内部の試料でないことから、必ずしもコンクリートの性状を判断するには難しいことに留意してください。

### ・分析試料

鉄筋が腐食して爆裂した箇所から採取したものであることから、厚みが5~6mm程度であり、外側から約2mm程度の箇所と外側から5~6mm程度の箇所を内として分析した。この試料の写真をみると、表面から2~3mmはねずみ色を呈し、内部のコンクリートは茶褐色の色調を呈していることから、中性化した部分が茶褐色になる現象と考えられるが、外側がコンクリートの色を呈しているのは表面含浸材などによりアルカリが付与された性状とも考えられる。

### ・分析概要

走査電子顕微鏡(Scanning Electron Microscope : SEM)を用いて、接着モルタルの形態・形状の観察を行い、エネルギー分散型X線分光装置(Energy Dispersive X-ray Spectrometry : EDS)により、それぞれの箇所における元素分析(組成分析)を行った。

なお、詳細な分析概要については参考文献を参照されたい。

《参考文献》小林一輔, 星野富夫他著:「コア採取によるコンクリート建造物の劣化診断法」

森北出版, 1998年4月, pp. 50~56

### ・分析装置および測定条件

走査電子顕微鏡: JSM-IT-100LA (日本電子株式会社製)

エネルギー分散型X線分光装置: ドライ SD25 検出器 (日本電子株式会社製)

加速電圧 15.0~20.0kV, 導電処理: 金(Au)蒸着

## 分析結果

分析結果を図-1, 2に示し、元素組成分析結果の一覧を表-1に示す。3000~5000倍程度で観察した組成像では、コンクリートの生成物による形状が確認されたが、300倍で分析したEDSの分析結果を見ると生成物による組成も確認され、正常なコンクリートと考えられる。

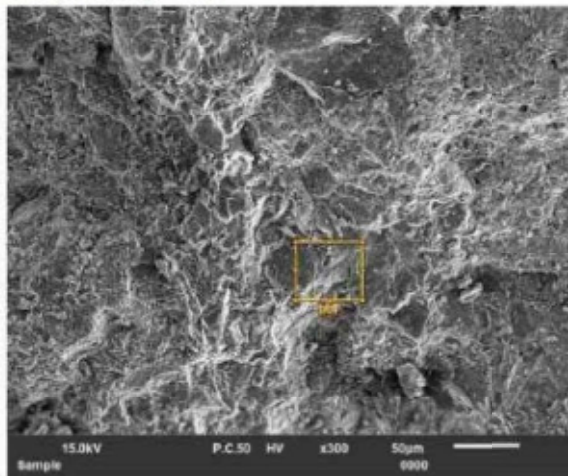
元素組成分析結果をみると、内側のコンクリート部分では $\text{SiO}_2/\text{CaO}$ の割合は現代のセメントに近いものの、 $\text{Na}_2\text{O}$ や $\text{K}_2\text{O}$ が大きい値を示している。この値は表面含浸材などによりアルカリが付与されたとも考えられる。

外側コンクリートにおいて、 $\text{P}_2\text{O}_5$ ならびに $\text{FeO}$ が多く認められるが、この元素は含浸材から来ていると思われる。また、 $\text{CaO}$ が少なく $\text{SiO}_2$ が多く認められるのは、もともとのコンクリートが70年近く曝されていたことから $\text{Ca}$ が消失した結果と考えられることと含浸材にはカルシウムが含まれていないものを使用したものと考えられる。

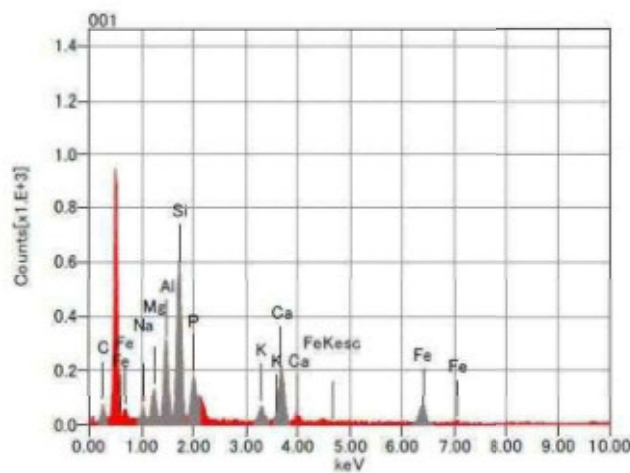
以上のような分析結果となりましたが、分析(結果)には自信がありますが考察については多少の個人差があるかもしれません。

当社にはSEM-EDS分析に関しては日本の第一人者と自負するコンクリート技術者がおりますので、ご相談いただければ対応いたします。

### 5号掩体壕 外



加速電圧 : 15.00 kV  
 倍率 : x 300  
 測定日時 : 2019/12/10  
 画素数 : 1280 x 960



測定条件 : IT100LA  
 装置 : IT100LA  
 加速電圧 : 15.00 kV  
 照射電流 : —  
 プロセスタイム : T3  
 ライブタイム : 60.00 秒  
 リアルタイム : 61.03 秒  
 デッドタイム : 3.00 %  
 カウントレート : 578.00 CPS

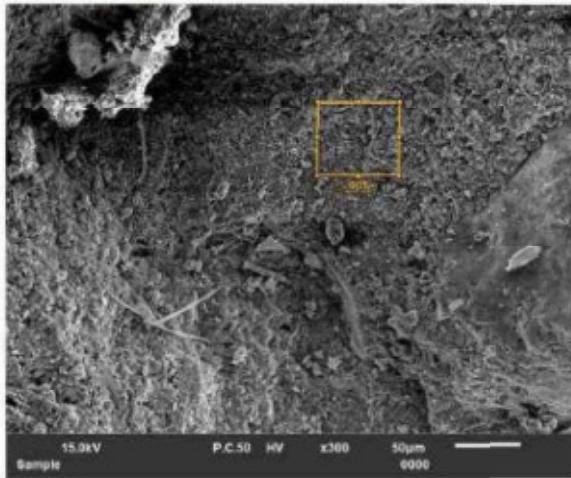
化学式	質量%	モル%	カチオン数	$\sigma$	積分強度	Kレシオ	ライン
C*	6.90	29.80	0.00	0.06	976	0.0001634	K
Na2O	1.54	1.29	0.50	0.09	836	0.0003845	K
MgO	4.01	5.16	0.99	0.14	2226	0.0008539	K
Al2O3	13.57	6.91	2.66	0.24	7296	0.0029910	K
SiO2	30.09	25.99	5.01	0.38	14617	0.0064188	K
P2O5	9.94	3.63	1.40	0.29	3113	0.0018129	K
K2O	3.13	1.73	0.67	0.12	1759	0.0014603	K
CaO	15.88	14.69	2.83	0.27	6710	0.0067139	K
FeO	14.95	10.80	2.08	0.30	2755	0.0059801	K
合計	100.00	100.00	16.14				

JEOL EDS System

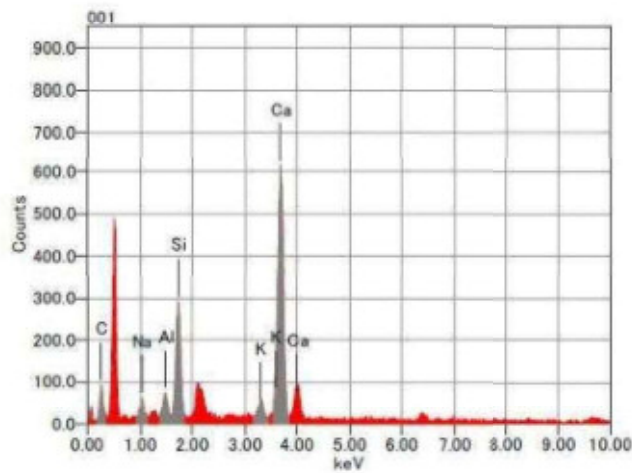
JEOL

図-1 外側 (約2mm) の箇所の SEM-EDS 分析結果

5号掩体壕 内



加速電圧 : 15.00 kV  
 倍率 : x 300  
 測定日時 : 2019/12/10  
 画素数 : 1280 x 960



測定条件 : IT100LA  
 装置 : IT100LA  
 加速電圧 : 15.00 kV  
 照射電流 : —  
 プロセスタイム : T3  
 ライブタイム : 60.00 秒  
 リアルタイム : 61.32 秒  
 デッドタイム : 1.00 %  
 カウントレート : 467.00 CPS

化学式	質量%	モル%	カチオン数	$\sigma$	積分強度	Kレシオ	ライン
C*	6.86	26.45	0.00	0.05	1242	0.0002080	K
Na2O*	2.19	1.63	0.87	0.12	855	0.0003934	K
Al2O3	3.03	1.38	0.73	0.17	1204	0.0004942	K
SiO2	17.92	13.81	3.68	0.35	6754	0.0029657	K
K2O*	3.24	1.60	0.85	0.14	1479	0.0012283	K
CaO	66.76	55.13	14.68	0.57	21034	0.0210462	K
合計	100.00	100.00	20.82				

図-2 内側（約6mm）の箇所のSEM-EDS分析結果

表-1 SBM-BDS 分析結果

5号掩体塚 SEM-EDS分析結果														
採取場所: 高知県南国市前浜1739番地5号掩体塚														
分析箇所	番号	小分類	化学式 (質量%)										合計	
			C	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	FeO		
コンクリート	内	-	6.86	2.19		3.03	17.92					3.24	66.76	100
	外	-	6.90	1.54	4.01	13.57	30.09	9.94				3.13	15.88	99.65