

昭和初期に建造された砲台施設跡コンクリートの組成物と微細構造

太平洋コンサルタント 正会員 ○沢木大介 防衛大学校 正会員 黒田一郎
 呉工業高等専門学校 正会員 市坪 誠 安部日鋼工業 正会員 北園英明
 太平洋コンサルタント 正会員 田中敏嗣 広島工業大学 フェロー 米倉亜州夫

1. はじめに

長期材齢セメント硬化物の科学的評価は、建設当時の材料や施工技術に関する貴重な知見を提供する。昨年度の本大会で筆者らは、広島県呉市の貯油タンク(昭和 15 年竣工)から採取したコンクリートの組成物や微細構造¹⁾、力学的性質²⁾等について報告した。本年度は、同様の手法により首題のコンクリート試料を評価した結果(組成物と微細構造)を報告する。力学的性質等は同じセッションにて、別途、田中ら³⁾が報告する。

2. 実験概要

防衛大学校(神奈川県横須賀市)構内の花立新砲台・観測所跡(昭和 13 年 6 月竣工)の北、西、南の三方向に面した壁から、床からの高さ約 1m の位置で、壁を貫通するコア(φ45mm、長さ約 300mm)を採取した。採取は平成 18 年 8 月に行なった。写真 1 は、東側から見た観測所跡の外観である。



写真 1 花立新砲台・観測所跡

2. 1 中性化深さの測定

コア両端部を長軸方向に二分割し、切断面にフェノールフタレイン溶液を噴霧し、非変色深さを測定した。切断面内の 8 点で測定し、平均値を求めた。

2. 2 組成物の同定

コア中央付近から一部を採取して軽く砕き、粗骨材を除去し、さらに乳鉢中で軽く砕き、目開き 70μm のふるいで細骨材をできるだけ除去した。これをメノウ乳鉢中でよくすりつぶし、粉末 X 線回折(XRD)測定に供した。測定条件は、管球 Cu、管電圧 50kV、管電流 250mA、ステップ 0.02°、スキャン速度 5°/分である。

2. 3 細孔径分布の評価

コア中央付近から一部を採取してニッパーで数 mm 角に割裂し、アセトンに浸漬して水分を除去し、真空乾燥器中で脱気・乾燥した後、水銀圧入法により細孔径分布を測定した。加圧範囲は 0.5~60000psia である。

2. 4 微細組織の評価

コアの中央付近から一部を採取して約 40mm 角に切断し、その一面を研磨して分析面とした。カーボンを蒸着し、電子線マイクロアナライザー(EPMA)により組成像観察及び Ca、Si 等のマッピング分析を行なった。マッピング分析の条件は、加速電圧 15kV、試料電流 5×10^{-8} A、測定時間 40msec、プローブ径 1μm、ピクセルサイズ 1μm、ピクセル数 400×400 である。

3. 試験結果および考察

3. 1 中性化深さ

結果を表 1 に示す。南側コアの屋外側は欠損が大きかったため、測定していない。西側及び南側と比べ北側コアの、特に屋外での中性化が進んでいた。

3. 2 組成物

西側コアから採取した試料の XRD 測定結果を図 1 に示す。石英(Q)、灰長石(A)等の骨材を構成する鉱物、水酸化カルシウム(P)、エトリンガイト(E)、モノサルフェート水和物(M)等のセメント水和物が認められた。特異な物質は確認されなかった。北側及び南側のコア試料も同様の結果であった。

表 1 中性化深さ (mm)

	北側	西側	南側
屋内側	7.8	6.9	8.0
屋外側	19.0	6.4	—

キーワード コンクリート, 長期材齢, 防衛大学校, 花立新砲台, 水銀圧入法, EPMA

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 TEL 043-498-3927 FAX 043-498-3859

3. 3 細孔径分布

細孔径分布の測定結果を図 2 に示す。積算細孔容積は北：0.114ml/g、西：0.102ml/g、南：0.099ml/gであった。昨年度報告した貯油タンクコンクリートの細孔容積は 0.086ml/g であり、観測所跡のコンクリートはいずれもこれより多孔質であった。単位水量の推定値が比較的大きいこと³⁾と矛盾しない。また、北側コアの細孔容積が最大であることは、その圧縮強度が 3 つの中で最も低く³⁾、中性化が大きいことと符合する。

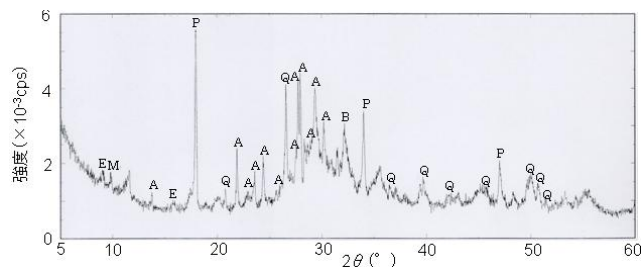


図 1 粉末 X 線回折 (XRD) 測定結果 (西側コア)

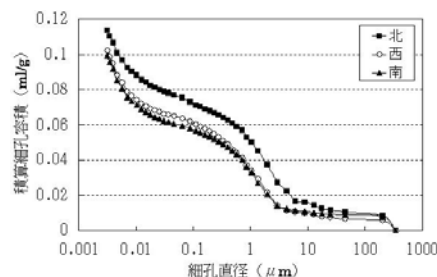
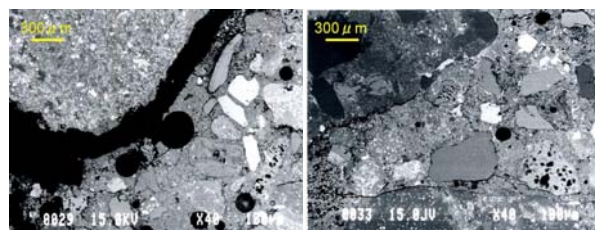


図 2 細孔径分布測定結果

3. 4 微細組織

北側及び西側コアの組成像を図 3 に示す。高炉スラグやフライアッシュ、火山灰などの混合材の粒子を確認することはできず、普通ポルトランドセメントであると考えられた。北側は西側と比べてペースト部の気泡やペースト/骨材界面の粗大な空隙が多く見られた。

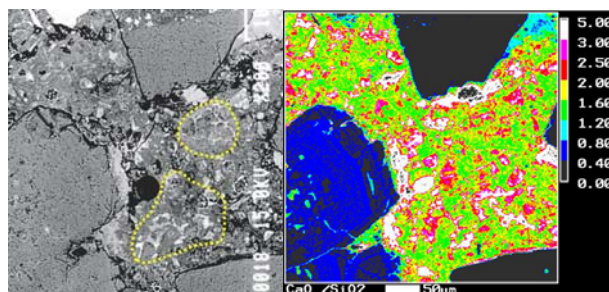
西側コアのより狭い領域の組成像及びマッピング分析結果 (Ca/Si モル比) を図 4 に示す。セメントペーストの Ca/Si モル比は、黄緑～黄色で表される 1.2～2.0 の範囲にあり、水和物は主に C-S-H から成ることが分かる。組成像の点線で囲んだ部分は、多角形状や楕円形状の粒子群から成り、セメント粒子の形骸と考えられる。多角形はエーライト、楕円形はビーライトである。それらの Ca/Si モル比は主に 1.2～1.6 (黄緑色表示) であり、元の組成を残しておらず、セメント粒子の内部にて水和物が生成したものと考えられる。セメント粒子の外周は明確ではないが、粒子径はおおよそ 100～150μm 程度と見られ、昨年度報告した昭和初期の貯油タンクコンクリート¹⁾とほぼ同様の結果であった。



北側コア

西側コア

図 3 組成像 (観察範囲：2.7mm×2.0mm)



組成像

Ca/Si モル比

図 4 マッピング分析結果 (西側コア)

(分析範囲：0.4mm×0.4mm)

4. 考察

三方向の壁面から採取したコンクリートの細孔径分布や微細組織には違いが見られ、配合推定や力学的性質の結果³⁾とも符合した。分析用試料は壁のほぼ中央付近から採取したものであり、顕著な経時的変質は起こっていない。建設の時点で、三方向のコンクリートの設計あるいは施工が一樣ではなかったことが推察される。

参考文献

1) 沢木ら：昭和初期の貯油タンクに使用されたコンクリートの組成物と微細構造、土木学会・第 61 回年次学術講演会講演概要集、第 V 部門 (2006) 2) 田中ら：昭和初期の貯油タンクに使用されたコンクリートの配合推定と力学的性質、土木学会・第 61 回年次学術講演会講演概要集、第 V 部門 (2006) 3) 田中ら：昭和初期に建造された砲台施設跡コンクリートの配合推定と力学的性質、土木学会・第 62 回年次学術講演会講演概要集、第 V 部門 (2007)