

東京湾海堡における使用鋼材の調査

有限会社テクノミネッツ フェロー ○峰松 敏和
 国土交通省関東地方整備局 正会員 野口 孝俊
 ポートコンサルタント株式会社 正会員 内藤 輝
 日鉄テクノロジー株式会社 吉川 宏 鈴木 瑞穂

1. 目的

東京湾には三つの海堡が明治から大正にかけて建設された。これらの海堡の建設には鉄筋コンクリートや各種鋼材が適用されており、これらの使用鋼材の調査を行い、これらがどの時期の建設に適用されたものであるかを明らかにすることは、我が国における建設技術の変遷を把握する上からも重要である。このような観点に基づき、これら海堡に使用された鋼材の調査を実施したのでここに報告する。本調査は、東京湾口航路事務所が第一海堡所有者の上陸許可を受けて行ったものである。

2. 海堡建設の変遷

第一海堡は、1881年(明治14)に着工、1890年(明治23)に竣工した。その後、関東大震災による被害を受けた第二海堡からの15cm加濃砲等の移設に伴う工事1927年(昭和2)が実施された。なお、本調査の第一海堡の鋼材調査は、2019年に実施した。第二海堡は、1889年(明治22)年に着工、1914年(大正3)に竣工した。その後、関東大震災による被害を受けたため軍籍から除籍されたが、太平洋戦争時には首都防衛のための高射砲の設置が行われている。なお、本調査の第二海堡の鋼材調査¹⁾は、2014年に実施したものである。第三海堡は、1982年(明治25)に着工、1921年(大正10)に竣工した。竣工2年後の関東大震災によってその大部分が水没する被害を受け軍籍から除籍された。水没した海堡は長年放置されていたが、東京湾の航路の妨げとなっているため、2000～2007年に撤去工事が実施された。また、撤去時には各種調査が実施され、撤去された構造物の一部は横須賀市に展示されている。本報告における第三海堡の鋼材調査は、この時期に実施された調査の結果²⁾を引用している。

3. 調査対象とした試料の採取と調査・試験項目

第一海堡における調査試料の採取場所を図-1に、第二海堡の採取場所を図-2に示す。また、第三海堡については、これまでに実施された調査²⁾で得られている結果を本調査結果に併せて、評価することとした。調査・試験項目としては、これまでの類似の調査を参考として a;鋼材の化学成分分析, b;硬さ(ビッカース硬度), c;電子顕微鏡写真・EPMA, とした。これらの内, aについては, C, Si, Mn, P, S, Cu, Ni, Cr, As, Mo, V, Ti, Al, B, Co, W, O, N の18元素の定量を行い、鋼の評価に影響の大きい元素について考察した。

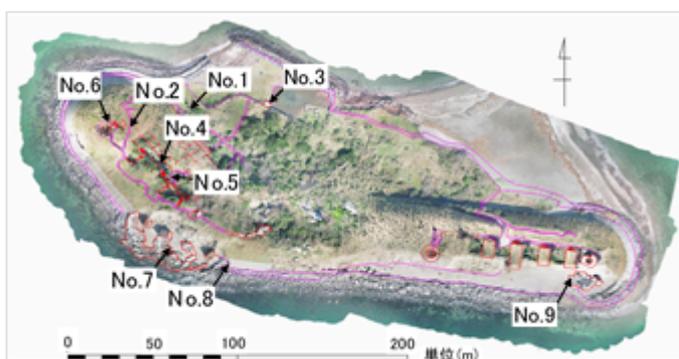


図-1 第一海堡の鋼材試料採取位置

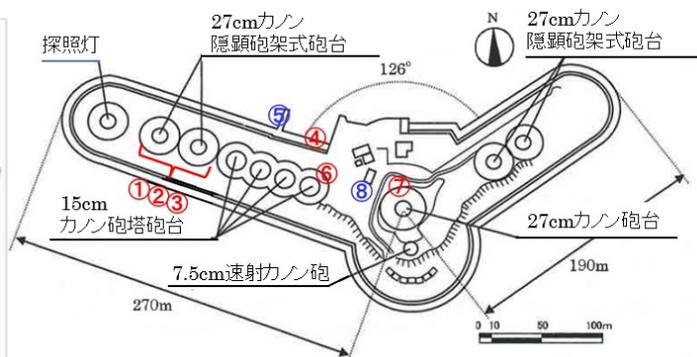


図-2 第二海堡の鋼材試料採取位置

キーワード 東京湾海堡, 鋼材, 化学成分分析, 硬度, 顕微鏡観察, 歴史的建造物

連絡先 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 7-15-2 (有) テクノミネッツ TEL047-408-2290

4. 調査・試験結果

本調査の内、aの化学分析の結果から含有元素量を考慮して分類した結果を表1～表3に示す。これらのうち、表-1の15試料は、Cu(銅)の含有量が非常に大きいグループである。太平洋戦争以前に八幡製鉄所で製造された鋼は、原料に中国大冶鉄山の鉄鉱石が使用されており、この鉄鉱石は銅の含有量が大きく、製鉄後もこの影響が残るため、これらは1945年(昭和20)以前に八幡製鉄所で製造された可能性が極めて高いと判定できる。また、表-1の第一海堡No.6は、他と比較してN(窒素)の含有量が他よりも多く、同一原料での製造であるが、精錬方法が異なることが考えられる。N(窒素)が多くなる精錬法として酸性転炉が上げられ、八幡製鉄所においても1927年まで稼働しており、この可能性が高いと判定できる。また、第二海堡のNo.7試料および第三海堡建設史の腐食鉄筋は、C(炭素)およびP(リン)の含有量が他よりも少ないことが確認できる。

表-2は、C(炭素)が非常に少なく、P(リン)が非常に多いグループである。表2にはドイツおよび英国で生産された錬鉄(溶解中の銑鉄をパドル法で集めた鉄)の分析結果を併記した。これらを比較すると欧州の錬鉄と第一海堡NO.2と第二海堡NO.4の化学成分は類似しており、これらは輸入された錬鉄と推察される。錬鉄の力学的特徴は、強度が大きく硬いが、脆く脆性破壊する可能性が大きいことであり、また、製造に手間がかかるため、C(炭素)の含有量を調整できる鋼の発明以降、製造は殆ど行われていない。また、この錬鉄はマイクロビッカース硬度計での測定結果では、錬鉄の平均硬度は178に対し、他の試料の平均硬度は144で、錬鉄が硬いことが確認でき、図-3の顕微鏡写真においては、錬鉄と推察される吊り金具が異なる組織であることが確認できる。一方、表-3は表-1、表-2とは異なる化学成分を有しており、C(炭素)が比較的少なく、N(窒素)が非常に多いグループである。このグループの鋼材の出所を特定することはできないが、これまでの類似の各種調査結果を考慮すると海外製造の輸入品の可能性が最も高いと考えられる。

5. まとめ

明治・大正期に建設された東京湾海堡の使用鋼材調査の結果、一部輸入品と八幡製鉄所の鋼材であることを確認できた。

参考文献

- 1) 国土交通省東京湾口航路事務所：平成26年度東京湾中央航路第二海堡建設材料調査，2014。
- 2) 国土交通省東京湾口航路事務所：東京湾第三海堡建設史，日本港湾協会，2005。
- 3) 国土交通省東京湾口航路事務所：平成13年度東京湾口航路構造物調査(その2)報告書，2002。

表-1 分析結果 a (銅の含有が多い鋼材)

海堡	試料	種類	C	Mn	P	Cu	N
第一	No. 1	丸鋼	0.186	0.457	0.028	0.254	0.0019
	No. 3	丸鋼	0.175	0.531	0.070	0.184	0.0036
	No. 4	丸鋼	0.179	0.611	0.057	0.113	0.0039
	No. 5	吊り金具	0.113	0.381	0.028	0.195	0.0045
	No. 6	ボルト	0.287	0.540	0.096	0.374	0.0118
	No. 8	丸鋼	0.154	0.516	0.059	0.115	0.0039
第二	No. 1	鉄筋	0.205	0.420	0.040	0.190	0.0026
	No. 2	鉄筋	0.103	0.410	0.020	0.150	0.0040
	No. 3	鉄筋	0.230	0.440	0.020	0.200	0.0030
	No. 6	鉄筋	0.226	0.480	0.030	0.220	0.0027
	No. 7	ボルト	0.086	0.260	0.010	0.200	0.0050
第三	文献 ³⁾	鉄筋 1	0.130	0.440	0.023	0.300	0.003
		鉄筋 2	0.150	0.400	0.041	0.350	0.003
	文献 ²⁾	鉄筋	0.093	0.450	0.009	0.180	0.003

表-2 分析結果 b (炭素, マンガンが少なく, リンが多い鋼材)

海堡	試料	種類	C	Mn	P	Cu	N
第一	No. 2	丸鋼	0.012	0.162	0.238	0.093	0.004
第二	No. 4	吊り金具	0.008	0.030	0.430	0.070	0.006
ドイツ	BURBACH 社錬鉄		0.008	0.025	0.520	0.010	—
英国	ターリントン軌条錬鉄		0.004	0.008	0.520	0.031	0.007

表-3 分析結果 c (窒素の含有が多い鋼材)

海堡	試料	種類	C	Mn	P	Cu	N
第一	No. 7	吊り金具	0.024	0.422	0.087	0.014	0.0183
第二	文献 ²⁾	鉄筋	0.035	0.450	0.077	0.012	0.0220

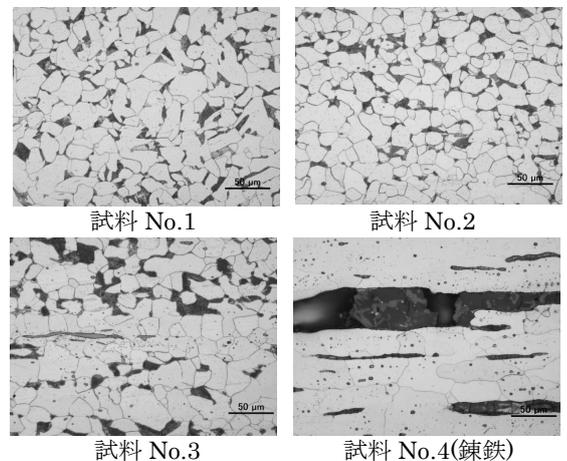


図-3 第二海堡試料の顕微鏡写真