

竣工後40年が経過した浄水場のコンクリート劣化状況と補修について

Concrete Deterioration and Repair of 40-year-old Water Purification Plant Structures

笠井和弘^{*1} 阿部幸雄^{*2} 清水昌次^{*2}
Kazuhiro Kasai Yukio Abe Shouji Shimizu
新屋敷信彦^{*2} 石塚誉己^{*2} 吉浜秀昇^{*3}
Nobuhiko Shinyashiki Motoki Ishizuka Hidenori Yoshihama

【キーワード】 耐震補強工事 補修工事 コンクリート詳細調査 中性化 鉄筋腐食

1. はじめに

1974（昭和49）年に竣工した地上式の浄水場配水池の耐震補強工事を首都圏土木支店で受注したが、その補強工事に先立って躯体コンクリートの詳細調査を実施したところ、鉄筋かぶり小さく、中性化が進行している部位が発見された。本報文は、その調査の概要と結果を述べるとともに、提案・実施した対策案を報告するものである。

2. 配水池概要

配水池の概要は以下のとおりであり、2槽の3号池（19,000m³×2）の上部に4号配水池（16,000m³）が載った凸型という特殊な構造である。元施工は別会社であり、当社の耐震補強工事受注時には竣工後40年が経過していた。配水池のイメージを図-1、配水池外観を写真-1に示す。

配水池立地場所：横浜市内

配水池竣工年：1974（昭和49）年3月

寸法：1階=3号配水池（81.0m×50.5m×5.95m×2槽）

2階=4号配水池（81.0m×40.6m×5.75m）

構造：RC造，フラットスラブ構造

耐震補強工事：2014（H26）年6月～2019（H31）年3月

3. 調査概要

当社が受注した耐震補強工事においては、主要工事である配水池内の鋼製プレス設置前に、ひび割れ補修や断面修復などの補修工事を実施することとなっていたが、その数量が概算で計上されていたため、補修工事数量を確定させることを主目的とした詳細調査を実施した。発注者の設計思想では、コンクリート構造物の耐用年数を100年としており、本浄水場の調査時点での残存供用年数60年を目標としたが、特に外壁面については、目視による変状調査は実施されていたものの、中性化や鉄筋腐食度の確認など耐久性に係わる詳細データがなかったため、これも併せて実施した。調査項目一覧表を、表-1に示す。

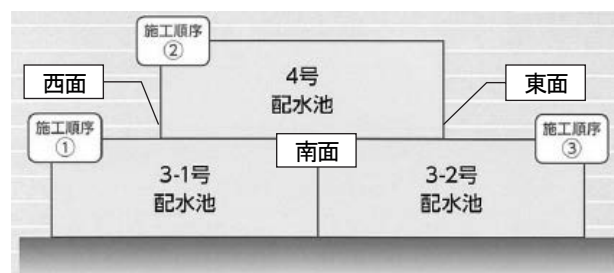


図-1 配水池イメージ図



写真-1 配水池外観

表-1 調査項目一覧表

調査項目
①近接目視による外面のひび割れ，浮き・はく離調査
②近接目視による内面のひび割れ，浮き・はく離調査
③躯体の健全度調査
・コア採取による圧縮強度試験
・コア割裂およびドリル法による中性化深さ試験
・はつり出しによる鉄筋腐食度確認
・コンクリートのEPMA分析

4. 調査結果

本報文では、紙面の都合上、外壁面の中性化および鉄筋腐食に関する結果のみを報告する。

4.1 中性化深さ試験の結果

本配水池は、伸縮継目（以下、EXP.J）によって分割されていたため、破壊を伴うコア割裂による中性化深さ試験は各面1箇所、ドリル法による中性化深さ試験は各

EXPJ 間で実施した。その結果を、表-2~表-3に示す。表中には、中性化深さを測定した近傍の鉄筋かぶりも併せて示した。これらの表によると、中性化深さも鉄筋かぶりも部位ごとに大きくばらついており、現状の中性化残りが、鉄筋腐食が開始するとされる 10mm 以下りとなっている箇所もあった。

4.2 中性化進行の予測

中性化は、一般的に式 (a) に示す \sqrt{t} 則によって進行するとされるり。

$$y = \alpha\sqrt{t} \quad (a)$$

ここに、 y : 中性化深さ (mm)

α : 中性化速度係数 (mm/ $\sqrt{\text{年}}$)

t : 中性化期間 (年)

調査時点では、竣工後ちょうど 40 年が経過しており、式 (a) により各測定点の中性化速度係数と、竣工 100 年後の中性化深さの予測値を計算することができる。これらは、表-2および表-3に併せて示したが、現状では中性化残りが 10mm 以上でも、竣工 100 年後には中性化残りが 10mm 以下となる箇所があった。

4.3 鉄筋腐食度の確認

中性化が深くまで進行し、鉄筋かぶりが小さい箇所でははつり出しによる鉄筋腐食度の確認を行った。一例として表-3中鉄筋かぶりをもっとも小さかった No.18 の鉄筋腐食状況を写真-2に示す。当該部位は、すでに中性化残りが無い状態であったが、鉄筋は軽微な腐食に留まっており、鉄筋かぶりが 0 で、鉄筋が表面に露出していない限り、鉄筋断面積が著しく減少する断面欠損はないことが確認できた。

5. 補修工法の提案

ここまで示したように、中性化深さの大小、鉄筋かぶりは、ブロックによって大きくばらついていた。当初設計では外壁面の表面保護工法は計上されていなかったが、残存供用年数60年を可能とするため、外壁面はEXPJ間のブロックを3つのタイプで分類して補修工法を立案した。
 対策区分 (0) : 今後60年間で中性化残りが10mm以上
 対策区分 (1) : 今後60年間で中性化残りが10mm以下
 対策区分 (2) : 現状で中性化残りが10mm以下

ここで、対策区分 (0) については無対策とした。区分 (1) と (2) の補修は、中性化したコンクリートをすべて除去して再度健全なコンクリートで置き換えることが望ましいが、コンクリートをはつる金額が莫大になること、中性化残りが 10mm 以下でも前述のとおり鉄筋は腐食していなかったこと、中性化は塩化物イオンのような濃度拡散現象は起きないのでコンクリートの内側から外側へ向かって中性化が進行することはないことなど

表-2 コア採取による中性化深さ試験結果一覧表

No.	面	中性化深さ (mm)	中性化速度係数 α	竣工 100 年後 (mm)	鉄筋かぶり (mm)	現状の中性化残り (mm)	竣工 100 年後の中性化残り (mm)	対策区分
1	3-1 号北面	10.7	1.70	17.0	28	17.3	11.0	(0)
2	3-1 号西面	23.4	3.70	37.0	88	64.6	51.0	(0)
3	3-1 号南面	26.3	4.15	41.5	40	13.7	-1.5	(1)
4	3-2 号北面	22.4	3.54	35.4	70	47.6	34.6	(0)
5	3-2 号東面	34.2	5.41	54.1	28	26.1	26.1	(0)
6	3-2 号西面	21.5	3.41	34.1	69	47.5	34.9	(0)
7	4 号西面	29.5	4.66	46.6	72	42.5	25.4	(0)
8	4 号東面	25.1	3.97	39.7	33	7.9	-6.7	(2)

表-3 ドリル法による中性化深さ試験結果一覧表

No.	面	中性化深さ (mm)	中性化速度係数 α	竣工 100 年後 (mm)	鉄筋かぶり (mm)	現状の中性化残り (mm)	竣工 100 年後の中性化残り (mm)	対策区分
1	3-1 号北面	19.0	3.00	30.0	81	62.0	51.0	(0)
2	3-1 号北面	19.0	3.00	30.0	86	67.0	56.0	(0)
3	3-1 号北面	13.0	2.06	20.6	28	15.0	7.4	(1)
4	3-1 号北面	6.0	0.95	9.5	93	87.0	83.5	(0)
5	3-1 号西面	18.0	2.85	28.5	60	42.0	31.5	(0)
6	3-1 号西面	19.3	3.06	30.6	119	99.7	88.4	(0)
7	3-1 号西面	19.0	3.00	30.0	87	68.0	57.0	(0)
8	3-1 号西面	17.0	2.69	26.9	83	66.0	56.1	(0)
9	3-1 号西面	15.0	2.37	23.7	121	106.0	97.3	(0)
10	3-1 号南面	19.0	3.00	30.0	40	21.0	10.0	(1)
11	3-1 号南面	29.0	4.59	45.9	64	35.0	18.1	(0)
12	3-1 号南面	19.0	3.00	30.0	45	26.0	15.0	(0)
13	3-2 号北面	19.0	3.00	30.0	56	37.0	26.0	(0)
14	3-2 号北面	18.0	2.85	28.5	71	53.0	42.5	(0)
15	3-2 号北面	17.0	2.69	26.9	70	53.0	43.1	(0)
16	3-2 号東面	19.0	3.00	30.0	84	65.0	54.0	(0)
17	3-2 号東面	41.8	6.48	64.8	25	16.0	-39.8	(2)
18	3-2 号東面	34.7	5.48	54.8	13	-21.7	-41.8	(2)
19	3-2 号東面	14.0	2.21	22.1	46	32.0	23.9	(0)
20	3-2 号東面	31.3	4.95	49.5	49	17.7	-0.5	(1)
21	3-2 号南面	12.0	1.90	19.0	69	57.0	50.0	(0)
22	3-2 号南面	26.0	4.11	41.1	38	12.0	-3.1	(1)
23	3-2 号南面	39.3	6.22	62.2	30	-9.3	-32.2	(2)
24	3-2 号南面	35.0	5.53	55.3	28	-7.0	-27.3	(2)
25	4 号北面	13.0	2.06	20.6	90	77.0	69.4	(0)
26	4 号北面	8.0	1.26	12.6	112	104.0	99.4	(0)
27	4 号北面	9.0	1.42	14.2	149	140.0	134.8	(0)
28	4 号西面	16.0	2.53	25.3	165	149.0	139.7	(0)
29	4 号西面	29.7	4.69	46.9	135	105.3	88.1	(0)
30	4 号西面	37.3	5.90	59.0	59	21.7	0.0	(1)
31	4 号西面	32.3	5.11	51.1	44	11.7	-7.1	(1)
32	4 号西面	17.0	2.69	26.9	81	64.0	54.1	(0)
33	4 号南面	18.0	2.85	28.5	39	21.0	10.5	(0)
34	4 号南面	36.3	5.74	57.4	52	15.7	-5.4	(1)
35	4 号南面	51.0	8.06	80.6	78	27.0	-2.6	(1)
36	4 号東面	13.0	2.06	20.6	115	102.0	94.4	(0)
37	4 号東面	7.0	1.11	11.1	90	83.0	78.9	(0)
38	4 号東面	26.3	4.16	41.6	25	-1.3	-16.6	(2)
39	4 号東面	16.0	2.53	25.3	34	18.0	8.7	(1)
40	4 号東面	38.3	6.06	60.6	29	-9.3	-31.6	(2)

写真-2 No.18 の鉄筋腐食状況 (鉄筋かぶり 13mm)



から、ウォータージェットによって表層 5mm 程度の劣化部分を除去した後、区分 (1) については 10mm、区分 (2) については 20mm のポリマーセメントモルタル左官仕上げによる全断面修復を施すこととした。

6. おわりに

本工事は、本報文執筆中の 2017 年 7 月現在も、3-2 号配水池、4 号配水池内部のひび割れ充填や断面修復などの補修工事、補強工事として鋼製プレスやせん断補強用のアンカー筋設置工事が続いている。工期は残り約 2 年あるが、無事故で高品質な施工を今後も継続していく所存である。

【参考文献】

1) 土木学会: 2012 年制定コンクリート標準示方書 [設計編], p.146, 2013.