

大規模地下構造物の耐震補強工事における温度ひび割れ対策について

(株)鴻池組

鴻池・紙谷工務店特定建設工事共同企業体

正会員

○福田

尚弘

正会員

吉田

涼平

石岡

平八

池田

欣也

上村 浩二

1 はじめに

「万博公園浄水施設浄水池耐震補強工事」は、大阪府の万博記念競技場の直下にある万博公園浄水施設の浄水池の一部を供用しながら耐震補強する工事であった。本浄水池は1～4号池からなる、平面寸法約200m×100m、内空高さ約7mの大規模構造物で、このうちの2・3号池に対して①あと施工せん断補強鉄筋工、②断面増厚補強工、③隔壁補強工の3つの方法によって耐震補強を実施した(図1～4)。

本工事の施工においては、②断面増厚補強工および③隔壁補強工(以下、②・③を併せて照査対象と称す)において以下の2点から温度ひび割れの発生が懸念された。

- ・大規模構造物の補強のため、部材厚の厚いマスコンクリートであった。
- ・耐震補強のため構造物新設時と異なり、既設コンクリートによって水和熱による体積変化が多数の面で拘束される構造であった(図3、4)。

本報告では、上記のような背景のもと当該工事で実施した温度ひび割れ対策等について、夏季打設となった3号池の施工を取り上げ温度応力解析結果と併せて報告する。

2 対象部材構造概要

図1に本工事の耐震補強種別図(平面図)を、図2～図4に各種補強方法の断面図を示す。照査対象の構造概要を表-1に示す。照査対象部位は厚さ50cm～110cmの壁状構造で、壁の延長が長い断面増厚補強部については、温度ひび割れ対策として設計段階でひび割れ誘発目地の設置が計画されていた。

3 使用材料および施工条件

3.1 コンクリートの配合

使用したコンクリートの配合を表2に示す。本工事では内空制限から締固めが困難であるため、上部1.8m部分には当初設計段階から高流動コンクリートが採用されていた。壁厚が特に厚い断面増厚補強工(S通り)(以下、S通り補強と称す)においては、普通・高流動コンクリートともに低熱セメントを使用した配合を、それ以外は普通コンクリートに高炉セメントを、高流動コンクリートには普通セメントを使用した配合を採用した。なお、S通り補強の高流動コンクリートについては、当初設計においては普通セメントで計画されていたが後述する理由により低熱セメントへの変更を行った。

表1 照査対象構造概要

対象	壁厚 壁延長	ひび割れ誘発 目地設置間隔
断面増厚補強工 (A通り)	50cm 約50.0m	4.6m
断面増厚補強工 (S通り)	110cm 約20.0m	6.0m
隔壁補強工	80cm 4.2m	-

図3、4に本工事のコンクリート打設リフト割りを併せて示す。本工事のリフト割りは、普通コンクリート部で2.6m(断面増厚補強工)又は4.8m(隔壁補強工)、高流動コンクリート部で1.8mとした。また、3号池

3.2 リフト割りおよび打設工程

図3、4に本工事のコンクリート打設リフト割りを併せて示す。本工事のリフト割りは、普通コンクリート部で2.6m(断面増厚補強工)又は4.8m(隔壁補強工)、高流動コンクリート部で1.8mとした。また、3号池

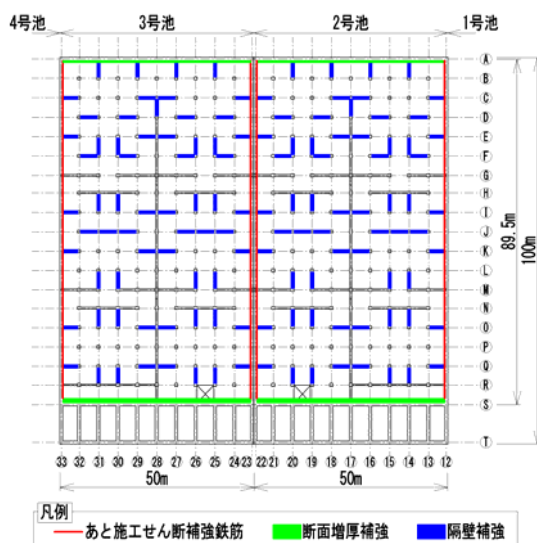


図1 耐震補強種別図(平面図)

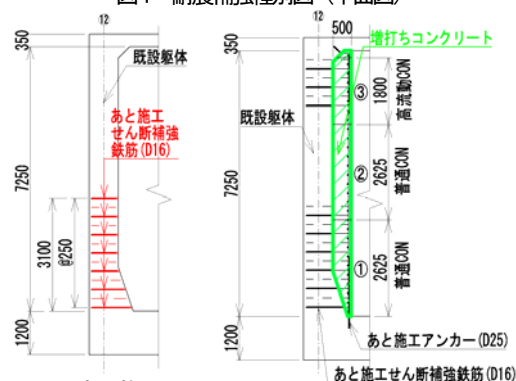


図2 あと施工せん断補強鉄筋断面図

図3 断面増厚補強工断面図

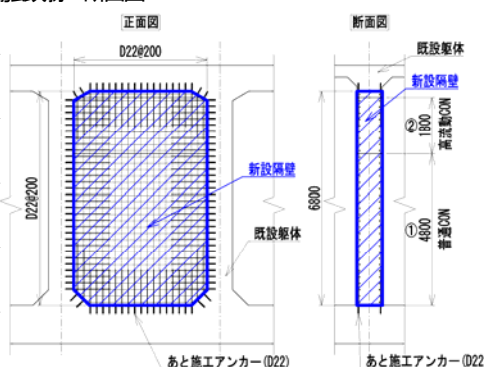


図4 隔壁補強工断面図

※図3および4の○内数字は、それぞれのリフトNo.を示す

キーワード：大規模地下構造物，耐震補強，マスコンクリート，温度ひび割れ

連絡先：〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町3-6-1 (株)鴻池組 土木事業総轄本部 技術本部 土木技術部

表2 コンクリートの配合

対象		セメント 種類	Gmax (mm)	スランプ又は スランプフロー	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)			
							セメント	水	細骨材	粗骨材
断面増厚補強工 (A通り)	普通	BB	20	12cm	55.0	47.5	315	173	852	954
	高流動	N	20	60cm	45.5	52.4	385	175	958	839
断面増厚補強工 (S通り)	普通	L	20	12cm	54.0	48.5	315	170	881	949
	高流動	L	20	60cm	45.5	53.5	385	175	934	823
隔壁補強	普通	BB	20	12cm	55.0	47.5	315	173	852	954
	高流動	N	20	60cm	45.5	52.4	385	175	958	839

におけるコンクリートの打設は、5月末から10月中旬の比較的暑い時期での打設となった。

4 温度応力解析結果とひび割れ対策

図5に温度応力解析結果の一例として、S通り補強(追加対策あり)の最小ひび割れ指数のコンター図を示す。また、表3に最小ひび割れ指数の一覧を示す。図5および表3に示すとおり、当初設計の場合、全打設箇所・リフトにおいてひび割れ指数<1.0となる結果となった。また、発生するひび割れ幅の予測値¹⁾は断面増厚補強工(A通り)(以下、A通り補強と称す)および隔壁補強工において0.20~0.26mmに、S通り補強において0.31~0.44mmになった。これらの結果から、A通り補強及び隔壁補強工については発生するひび割れの幅が比較的小さいため、ひび割れが発生した場合は補修を行うこととして追加の対策は実施しなかった。一方、S通り補強については発生するひび割れの幅が比較的大きいことから、高流動コンクリート部の配合を変更(N→L)し発生応力の低減を図ったうえで、普通・高流動コンクリート部ともにひび割れ制御鉄筋を追加配置してひび割れ幅を0.2mm以下に制御することとした。

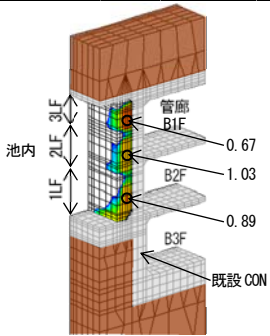


図5 温度応力解析結果(S通り、追加対策あり)
(最小ひび割れ指数)

表3 温度応力解析結果一覧

対象		リフト	セメント 種類	鉄筋比 (%)	最小ひび 割れ指数	ひび割れ 幅(mm)
断面増厚 補強工 (A通り)	当初 設計	1	BB	0.496	0.64	0.20
		2	BB	0.405	0.67	0.24
		3	L	0.408	0.56	0.26
断面増厚 補強工 (S通り)	当初 設計	1	L	(0.250)	0.89	0.33
		2	L	(0.250)	0.94	0.31
		3	N	(0.250)	0.49	0.44
	追加 対策 あり	1	L	0.408	0.89	0.20
		2	L	0.359	1.03	0.20
		3	L	0.486	0.67	0.20
隔壁補強工 (7月打設)	当初 設計	1	BB	0.484	0.42	0.24
		2	N	0.484	0.45	0.23

5 ひび割れ対策の実施とその効果

写真1~3に対策工の施工状況を示す。ひび割れ誘発目地は、断面増厚補強工において当初設計通りの位置に断面欠損率50%以上となるように設置した。S通り補強のひび割れ制御鉄筋は、増厚部水平鉄筋と同径(D25)の鉄筋を断面中心に200mm間隔で水平方向に設置した。

施工後のひび割れ調査では、A通り補強及び隔壁補強工においては、幅0.2~0.3mmのひび割れがほぼ全ての打設箇所において複数発生しているのが確認された。一方、追加対策を実施したS通り補強については、幅0.2mm以上のひび割れの発生は確認されなかった。S通り補強は、他の部分に比べ壁厚・ひび割れ誘発目地設置間隔(又は壁長)が大きく、ひび割れが発生しやすい条件であったにもかかわらずこのような結果になったことから、追加対策を実施したことで高いひび割れ抑制効果が得られたものと考えられる。

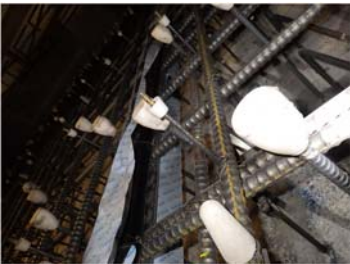


写真1 ひび割れ誘発目地設置



写真2 ひび割れ制御鉄筋設置

6 おわりに

本工事では、新設構造物に比べ強い外部拘束を受ける大規模地下構造物の耐震補強部材に対して、3次元温度応力解析結果に基づき総合的な対策を講じることで高いひび割れ抑制効果が得られることを確認した。本報告が、今後の同種工事の参考になれば幸いである。

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〕



写真3 高流動コンクリート(L)打設