

地下構造物（マスコンクリート）におけるひび割れ防止対策

神戸市建設局 吉見 隆宏
 大成建設株式会社 正会員 中野 文裕
 大成建設株式会社 正会員 増山 遼太

1. はじめに

地中で土圧を受ける地下構造物はコンクリート部材が厚くなるためマスコンクリート構造物となる。マスコンクリート構造物の場合、セメントの水和熱による体積変化や外部拘束を原因とするひび割れが発生する可能性が極めて高い。地下構造物でのひび割れは漏水による内部設備への浸水や構造物自体の耐久性の低下を引き起こす恐れがあるため、ひび割れ防止対策が重要となる。

本工事では地下構造物（マスコンクリート）におけるひび割れ防止対策として、温度応力解析によるひび割れ指数の算定、コンクリート配合の選定、構造物の外部拘束の防止、温度計測の実施を行った。

2. 工事概要

今回ひび割れ防止対策を実施した地下構造物は、躯体大きさが 57.7m×23.1m、深さ 19.5m、底版厚 2.3m、壁厚最大 1.6m の鉄筋コンクリート構造物である。(図 2-1) 海岸部に位置しており、地下水位高さは GL-1.5m、土留め壁には地中連続壁 (TRD 工法) を採用している。

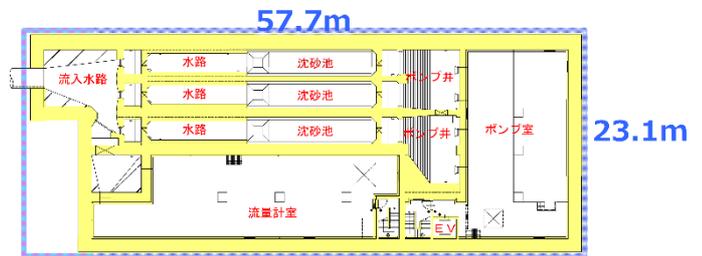


図 2-1 対象地下構造物

3. 温度応力解析

マスコンクリートのひび割れ防止対策として、ひび割れ指数からひび割れ発生確率を推定する手法が用いられている。本検討では施工条件としてコンクリート打設時期、当該地域の外気温、打設リフト割(1~7リフト)、打設スパン割(1リフト L=31.0m, 2~7リフト L=21.0m)、養生条件(湛水養生)を設定し、3次元 FEM 温度解析・応力解析を実施した。また、コンクリートの圧縮、引張強度および断熱温度上昇特性については実際に使用するセメントメーカーの技術資料に基づき算定し、解析を行った。

「コンクリート標準示方書 設計編 (2012 年, 土木学会)」に記載しているひび割れ発生確率とひび割れ指数 (安全係数) の関係を図 3-1 および表 3-1 に示す。本検討では、ひび割れ指数 $I_{cr}=1.20$ (ひび割れ発生確率 27%) を目標とし、4 種類のコンクリート配合 (30-15-20L+EX,30-15-20L,24-12-20BB+EX,24-12-20BB : L:低熱セメント, BB:高炉セメント, EX:膨張剤) で比較した。

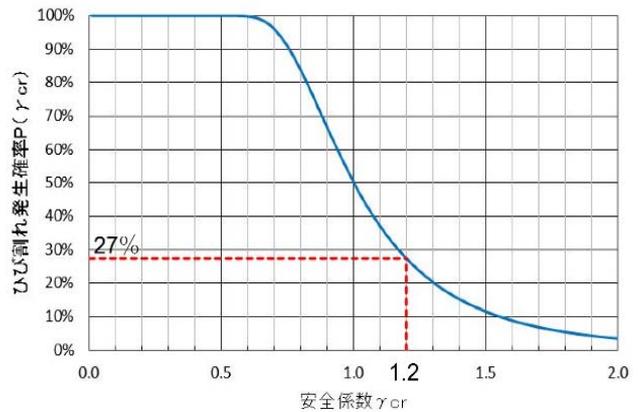


図 3-1 ひび割れ発生確率とひび割れ指数 (安全係数)

表 3-1 標準的なひび割れ発生確率とひび割れ指数

対策レベル	ひび割れ発生確率	ひび割れ指数
ひび割れを防止したい場合	5%	1.85 以上
ひび割れの発生をできる限り制限したい場合	15%	1.40 以上
ひび割れの発生を許容するが、ひび割れ幅が過大とならないように制限したい場合	50%	1.0 以上

解析の結果の代表例として、コンクリート配合 30-15-20L+EX におけるひび割れ防止指数分布と推移を図 3-2 に示す。

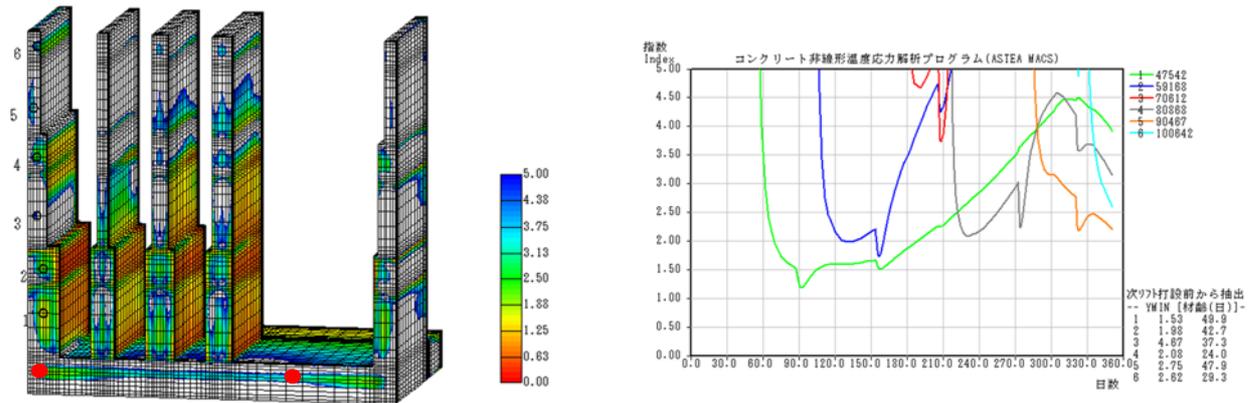


図 3-2 最小ひび割れ指数分布と推移(30-15-20L+EX,L=21m)

4. コンクリート配合の選定

前述した温度応力解析により、コンクリートの配合別にひび割れ防止指数を比較した結果、ひび割れ防止指数 $I_{cr} \geq 1.2$ を満足する配合として、1,4,6 リフトでは 30-15-20L、2,3,5,7 リフトでは 30-15-20L+EX となった。解析結果を踏まえ、各リフト毎にひび割れ防止指数 $I_{cr} \geq 1.2$ を満足する上記コンクリート配合で施工を行った。

5. 外部拘束の防止

マスコンクリートにおけるひび割れは、コンクリート打継面でのせん断抵抗等の外部拘束と躯体内外温度差による内部拘束とがある。中でも外部拘束は漏水の原因ともなる貫通ひび割れの発生要因となる。

今回の施工では、地中連続壁と外壁コンクリートが接するため、外壁コンクリートは地中連続壁から外部拘束を受ける。よって、外部拘束を低減する措置として、地中連続壁と外壁の間にシート（塩化ビニルシート）を設置した。

6. 温度計測の実施

温度応力解析により推定したコンクリート打設後の温度と、実際の構造物での温度変化と解析の差異がないかを確認するため、コンクリート内に熱電対温度計を設置し、温度履歴を計測した。

温度応力解析結果における最大温度位置と最小ひび割れ指数位置における設計値と実測値の比較を図 3-3 に示す。実測値は最大温度位置・最小ひび割れ指数位置共に解析による設計値を下回っており、適正な施工ができていると考えられる。

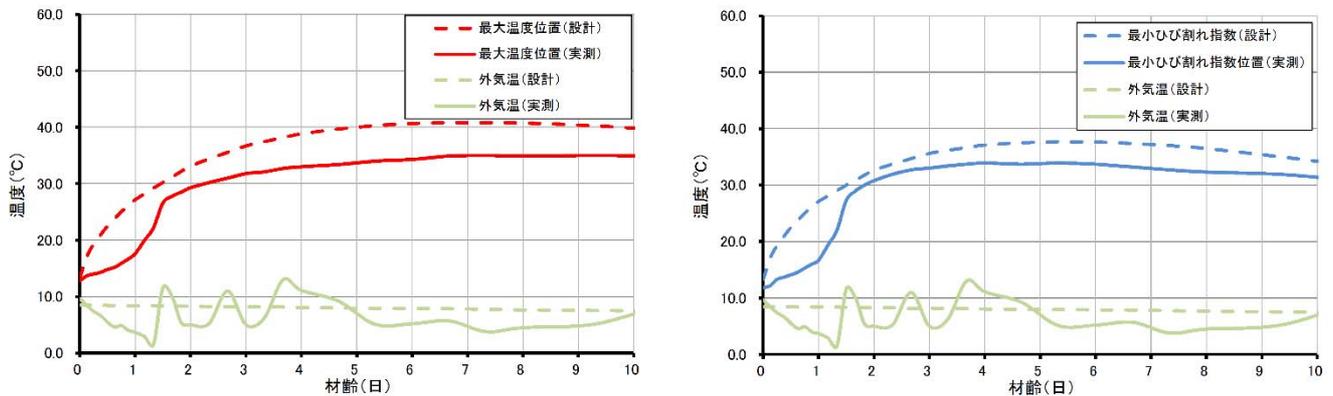


図 3-3 コンクリート温度履歴の比較

7. おわりに

上記ひび割れ防止対策を行った結果、現在 2 リフトまで施工を行っているが、有害なひび割れの発生はない。温度応力解析による配合の選定、塩化ビニルシートによる外部拘束の防止は有効であったと考えられる。

【参考文献】コンクリート標準示方書 設計編 (2012 年, 土木学会), 宇部三菱セメント株式会社 技術資料