

大島大橋 3P・4P橋脚コンクリートの耐久性の検討

潮田 和司* Katsushi Ushioda
 江越 啓二** Keiji Egoshi
 西田 孝吉** Takayoshi Nishida
 土橋 吉輝* Yoshiteru Dobashi

1. はじめに

本文は、長崎県発注の主要地方道大島太田和線橋梁整備工事（工期：平成7年3月～平成10年3月）の内、3P・4P橋脚コンクリート（頂版、柱）の耐久性設計および温度ひび割れ対策（使用セメントの検討）について述べる。3P橋脚構造図を図-1に示す。

2. 躯体コンクリートの耐久性設計

3Pおよび4P橋脚コンクリートは、海洋コンクリートとなることからコンクリートの耐久性（塩害、中性化による鉄筋の腐食）が懸念された。そこで、本構造物の社会的および経済的条件を踏まえ設計耐用期間を100年に設定し、耐久性設計を行った。3P・4Pの環境は、海中、飛沫帯および海上大気中となるが、本検討では耐久性に関して最も厳しいと予想される飛沫帯にある部位を対象とした。ここで、『示方書（施工編）』¹⁾における海洋コンクリートの基準および『塩害指針』²⁾におけるかぶりの基準を満足するものとした。

(1)初期施工条件

当初設計時における施工条件を表-1に示す。これらは、いずれも『示方書（施工編）』¹⁾および『塩害指針』²⁾の基準を満足している。この初期施工条件で、『耐久性設計考え方』³⁾に基づき以下の耐久性設計を行った。

(2)劣化深さの算定

『耐久性設計考え方』³⁾では、劣化深さは中性化によるものと、塩害によるものとに分けて算出する。そして、この両者において劣化深さが深い方が耐久性設計上の対象となる。設計耐用期間を100年とした場合、『耐久性設計考え方』³⁾に基づき劣化深さを計算すると、以下の結果となった。

中性化による劣化深さ： $C_{de1}=2.34\text{cm}$

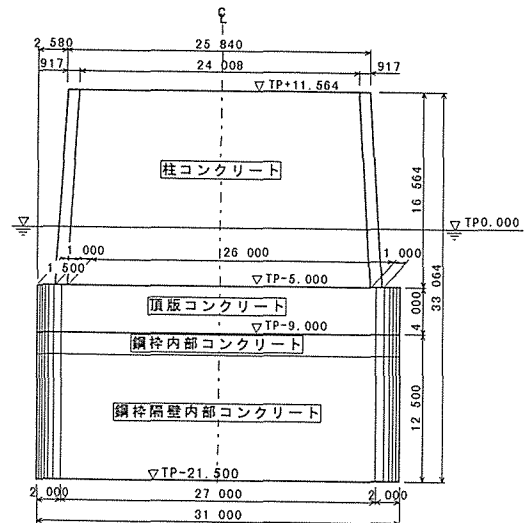


図-1 3P橋脚構造図

表-1 施工条件の比較

	当初設計時	耐久性設計後
設計基準強度 (N/mm ²)	21	21
セメント種類	高炉B種	低発熱型高炉
単位セメント量 (kg/m ³)	364	330
単位水量 (kg/m ³)	164	148
水セメント比 (%)	45.0	44.8
設計かぶり厚さ (cm)	7.0	11.5
型枠	メタルフォーム	透水性型枠

塩害による劣化深さ： $C_{de2}=15.7\text{cm}$

よって、劣化深さは、塩害の劣化深さから決定した。

(3)等価かぶり厚さの算定

等価かぶり厚さ(C)は、次式で与えられる。

$$C = C_0 - C_e + C_a$$

ここに、 C_0 ：設計かぶり厚さ(cm)、 C_e ：施工誤差による修正値(cm)、 C_a ：表面仕上げ材による加算値(cm)である。本構造物の場合、設計かぶり厚さは $C_0=7.0\text{cm}$ 、施工誤差による修正値は、スパーサ使用量を1m²あたり2個使用するため $C_e=0.5\text{cm}$ とした。また、耐久性設計時では、塗装等の表面仕上げを考慮していないため、かぶりの加算値は考慮しないものとし $C_a=0\text{cm}$ とした。したがって、等価かぶり厚さは $C=6.5\text{cm}$ となる。

(4)判定

上記計算結果から、等価かぶり厚さは $C=6.5\text{cm}$ 、劣化深さは $C_{de2}=15.7\text{cm}$ であり、 $C < C_{de2}$ となることから、耐久性設計時で想定した材料、配合、設計および施工のレベルで、所要の耐久性を確保することが困難であるため、材料、配合、設計および施工を見直した。

(5)対策

耐久性を向上させるためには、設計かぶり厚さの変更、表面仕上げ材の採用、水セメント比の低減、温度ひび割れ

*技術研究所土木技術課

**九州（支）大島大橋（出）

発生の抑制，特殊な型枠の採用等が挙げられる。設計かぶり厚さに関しては，耐久性を確保するために，当初かぶり厚さ $C_0=7.0\text{cm}$ を $C_0=11.5\text{cm}$ とした。表面仕上材に関しては，コンクリート塗装のメンテナンス等の問題があったため，不採用とした。水セメント比に

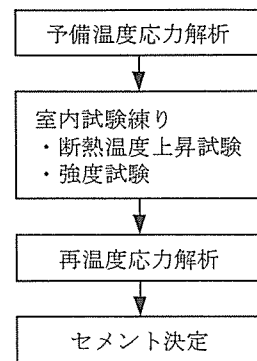


図-2 検討フロー

関しては， $W/C=45\%$ を $W/C=40\%$ に変更した場合の効果を検討した。検討結果，耐久性能は向上するものの，温度ひび割れの問題が生じるため，温度ひび割れ解析および試験練りを実施して決定することとした。温度ひび割れ発生の抑制に関しては，低発熱型セメントの使用，プレまたはポストクーリングの実施が有効である。ひび割れ制御効果と対策費用の経済性を考慮し，低発熱型セメントの使用のみ実施することとした。特殊な型枠の採用に関しては，普通型枠を用いる場合より表面強度が大きく密実性が増し，中性化深さおよび塩分浸透深さを低減することができる透水性型枠を使用することとした。ここで，当初設計時と耐久性検討後の施工条件の比較を表-1に示す。

3. 使用セメントの検討

本構造物はマッシブな構造物となるため，施工前からセメントの水和熱に起因する温度ひび割れの発生が懸念されていた。そこで，温度ひび割れ解析および試験練りを行い，最もひび割れ制御効果が高いセメントを選定した。セメント決定までのフローを図-2に示す。

まず，予備温度応力解析を行った。予備温度応力解析は，日本国内のセメントメーカー4社（O社，A社，M社，N社）の高炉スラグ系セメント7種類（従来型，低発熱型）について，各社技術資料に基づき温度応力解析を行った。この結果，A社およびM社のセメントが温度ひび割れ抵抗性に優れているとされ，この2社のセメントで室内試験練りを行った。室内試験練りは，A社の高炉スラグ系セメント2種類（ABB，AMB），M社の高炉スラグ系セメント3種類（MBB，MLB，MMB）の計5種類で行った。ここで，BBは従来型，MBは中庸熱ベースの低発熱型，LBは高ビーライトベースの低発熱型を意味する。室内試験は，フレッシュコンクリート試験，硬化コンクリート試験および断熱温度上昇試験を行った。試験練り結果の例として，柱コンクリート配合（表-2）

表-2 試験練りコンクリート配合

区分	メーカー	Gmax (mm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)	
					W	C
柱 コンクリート	M社	20	44.5	41.9	149	335
	A社	20	44.8	44.1	148	330

表-3 試験練り結果および解析結果

セメント 種類	断熱温度上昇特性		圧縮強度 (N/mm ²)	最高温度 (°C)	I _{cr}
	Q_{∞}	γ			
MBB	—	—	44.4	—	—
MLB	46.2	0.475	38.8	43.4	1.08
MMB	51.2	0.542	39.5	47.4	0.83
ABB	48.3	0.744	50.6	48.7	0.68
AMB	42.2	0.604	45.8	43.1	0.89

注1) 圧縮試験：材齢28日

注2) I_{cr}：温度ひび割れ指数

における断熱温度上昇試験結果および強度試験結果を表-3に示す。次に，室内試験結果を用いて，上記4種類のセメント(MBB以外)について再度温度応力解析を行った。解析結果の一例として，柱コンクリートにおける結果を表-3に示す。

以上，室内試験練りおよび温度応力解析結果から，耐久性に優れ，温度ひび割れ抵抗性が高いセメントとして，A社のAMB（低発熱型高炉セメント）を使用することとなった。ここで，低発熱型高炉セメントは，高炉セメントB種の中でも水和熱をより低減させ，初期材齢での水和熱が小さく，長期材齢での強度発現性が大きいという特徴を有する。

4. おわりに

大島大橋3P・4P橋脚のコンクリート施工に先立ち，コンクリート構造物の品質を高める目的で，耐久性の検討，セメントの水和熱に起因する温度ひび割れの検討および試験練りを行い使用セメントおよび配合を詳細に決定した。検討されたセメントおよび配合を適用することにより，ひび割れの発生を極力防止し，コンクリートの品質低下を防ぐことができたと思われる。

参考文献

- 1) 土木学会：[平成8年制定] コンクリート標準示方書 施工編，1996年3月。
- 2) 日本道路協会：道路橋の塩害対策指針（案）・同解説，1984年2月。
- 3) 日本コンクリート工学協会：鉄筋コンクリート構造物の耐久性設計に関する考え方，1991年5月。