

仙塩道路 多賀城地区橋梁の施工—中空床版橋における品質向上の取り組み—

ドーピー建設工業(株)	正会員	○村井 弘恭
ドーピー建設工業(株)	正会員	山崎 智公
ドーピー建設工業(株)	正会員	菱沼 尚美
ドーピー建設工業(株)	正会員	土田 充

1. はじめに

多賀城高架橋は一般国道45号仙塩道路の仙台港北ICより利府JCT間に位置する全130径間からなる連続高架橋である。現在は暫定2車線にて供用されており、4車線化のための橋梁工事が行われている。そのうち国道45号 多賀城地区橋梁上部工工事は5連の連続中空床版橋からなる橋長597mの橋梁を施工する工事である。

本工事では中空床版橋のコンクリートの充填性向上を目的に、施工に先立ち流動性を変化させた数種類のコンクリートを使用した試験施工を行い、打設中及び硬化後の円筒型枠下側の充填状況を確認し、最適配合の選定を行った。また、耐凍害性の向上を目的として目標空気量を6.0%に設定し、締固め後および硬化後の空気量、気泡間隔係数の測定を行った。

本報告は、これらの品質向上への取り組みを報告するものである。

2. 工事概要

標準断面図を図-1に示す。

工事名：国道45号 多賀城地区橋梁上部工工事

発注者：国土交通省 東北地方整備局

構造形式：4径間連続PC中空床版橋×1連+

5径間連続PC中空床版橋×4連

支間長：20.975+2@25.0+24.45m (4径間)

24.35+3@25.0+24.35m (5径間)

有効幅員：9.75m (非常駐車帯部：11.0m)

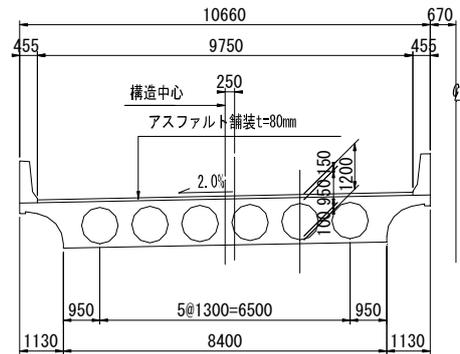


図-1 標準断面図

3. 充填性確認試験

中空床版橋の施工においては、円筒型枠下側へのコンクリートの確実な充填方法が課題となる。これは円筒型枠の下側は打設中、直接目視確認できず、またバイブレータが届きにくいいため確実な充填が担保できないためである。一般的に中空床版橋の打設では、円筒型枠下側に充填不良が生じないように円筒型枠の片側に投入したコンクリートに締固めを与えながら、片押しで円筒型枠の反対側に押し出すことで、均質なコンクリートの円筒型枠下側への充填を行っている(図-2)。この方法を確実にを行うためにはコンクリートの適切なワーカビリティの確保が重要となる。

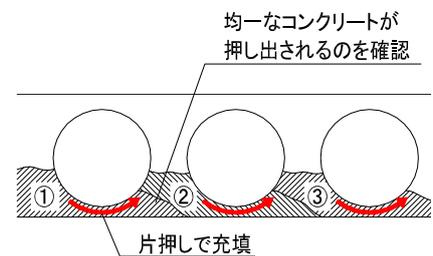


図-2 中空床版橋の打設要領

そこで、本工事においては事前に実橋を模した型枠を用いた試験打設によって、スランプを変化させたコンクリートの施工性や充填性の比較を行い、最適なワーカビリティのコンクリートを選定した。

3.1 試験型枠の概要

試験型枠図を図-3に示す。試験型枠は円筒型枠3個を並べられる構造とし、幅4.25m、奥行き1.5mとした。側枠は全て透明型枠とし、特に視認性が必要な正面側は透明アクリル板とした。型枠内に

は標準断面と同様の鉄筋・シースを配置した。また円筒型枠の固定方法も実橋と同様に行い、打設による円筒型枠の移動や浮き上がりの有無も確認した。後述するようにコンクリート打設は円筒型枠の半分の高さまでとしたため、上半分は型枠をつけずに視認性を高めた (写真-1)。

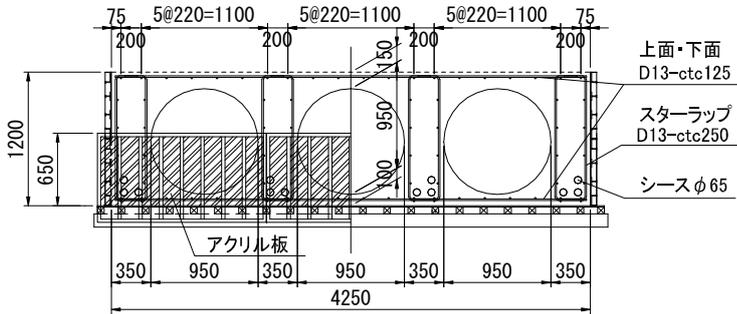


図-3 試験型枠図



写真-1 型枠組立完了

3.2 コンクリートの配合

比較したコンクリートの配合を表-1に示す。スランプは8, 12, 15cmの3種類とした。仙台地区における生コンの需給状況を考慮し、使用するコンクリートプラントを2箇所としたため、それぞれのプラントについて試験を実施した (2箇所のプラントをそれぞれAプラント, Bプラントと称す)。また本工事では耐凍害性能の向上を目的に目標空気量を6.0%に設定している。

表-1 コンクリートの配合

	SI	W/C	s/a	単 位 量 (kg/m ³)				混和剤	
				W	C	S	G		
	(cm)	(%)	(%)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	
A プ ラ ン ト	36-8-20H	8±2.5	36	39.8	160	445	648	1037	6.68
	36-12-20H	12±2.5	36	40.5	167	464	646	1005	6.96
	36-15-20H	15±2.5	36	41.6	172	478	653	972	7.17

B プ ラ ン ト	36-8-20H	8±2.5	34	35.8	155	456	582	1110	5.93
	36-12-20H	12±2.5	34	36.1	163	479	572	1077	7.18
	36-15-20H	15±2.5	34	37.5	166	488	589	1045	7.81

3.3 ワーカビリティ

コンクリートのワーカビリティの目安として円筒型枠の片側に投入したコンクリートが締固めを始めてから反対側に到達し、一定の高さ (底版から20cmを目安とした) まで立ち上がるのに要する時間を測定した。実験の結果、両プラントのコンクリートともスランプ8, 12, 15cmの順に到達時間が短くなったが、特にスランプ8cmでは立ち上がりが遅く、Bプラントの配合では5分間バイブレータをかけても所定の高さまで立ち上がらなかった。写真-2はBプラントにおける充填・締固め開始の2分後での各試験体の状況である。スランプ8cmの試験体では円筒型枠の下面の高さからほとんど上がっていないが、スランプ12, 15cmでは、ほぼ20cmのライン (破線) に到達している。そのためワーカビリティの観点からはスランプ12cm以上のコンクリートを選定することが望ましいと判断した。

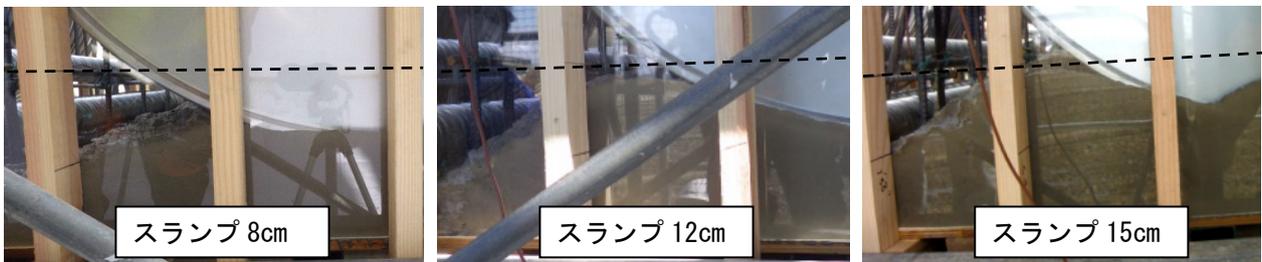


写真-2 スランプの違いによる流動性の変化 (充填開始2分後)

3.4 コンクリートの充填確認

コンクリートが確実に円筒型枠の下側全体に十分に充填されていることを確認するため、コンクリート打設は円筒型枠の半分程度の高さまでとし、コンクリートの硬化が始まる時期に円筒型枠を取り

外し、下側の充填状況を確認した。その結果、円筒型枠の表面に気泡が観察されたものの、全ての試験体においてコンクリートが十分に充填されており、良好な充填性が確認された（写真-3）。また、観察された気泡の多くは円筒型枠のリブ部分に集中しており、構造性能や耐久性に影響を与えるものではないと判断された。

3.5 コンクリートの材料分離抵抗性の確認

コンクリートを押し出す際にバイブレータを過度にかけることで、材料分離を生じる可能性が懸念されたため円筒型枠下の通過時のコンクリートをCCDカメラを用いて観察した。押し出されたコンクリートは十分な粘性を保持しており、材料分離の発生は観察されなかった（写真-4）。また硬化後にコアを採取して確認したところ、骨材の偏りは見られず、必要な材料分離抵抗性が確保されていることを確認した（写真-5）。

3.6 硬化時の最高温度の測定

スランプを大きくするためには、セメント量が増えるため、硬化時の温度上昇が大きくなることが懸念された。そのため、各試験体の最も部材厚の大きい部分に熱電対温度計を取り付け、最高温度を測定した。その結果、スランプが大きくなるにしたがって最高温度は上昇し、スランプ8cmと12cmおよび12cmと15cmの試験体の差は平均しておよそ2°Cであった。

3.7 配合の選定

上記の試験結果を踏まえ総合的に判断して、実施工に使用する配合を選定した。その結果、
①流動性ではスランプ15cmが最も優れるが、12cm以上の配合で充填に必要な流動性を確保できる。
②スランプ12cmの方がセメント量が少なく温度上昇量や収縮量を小さくできる。
③すべての配合において十分な材料分離抵抗性を有する。

以上を考慮し、スランプ12cmの配合を選定した。

4. 空気量の確保による耐凍害性の向上

本橋は寒冷地域に位置しており、耐凍害性を確保することが長期耐久性を向上する上で重要となる。本工事においては、耐凍害性を確保するための指標として、硬化後の空気量および気泡間隔係数に着目して、それらを確保できるよう配合設計を行った。これは耐凍結融解性に代表されるコンクリートの耐凍害性能が、フレッシュ時の空気量に対する相関よりも、硬化後の空気量や気泡間隔係数に対する相関の方が強いことに着目した事によるものである。

本工事では既往の文献^{1) 2)}を参考に気泡間隔係数を250 μ m以下となるようにフレッシュ時の目標空気量を6.0%に設定して配合計画を行い、試験練りを実施して気泡間隔係数を測定した。試験練り時には締め固めによる空気量の減少を考慮し、通常のアエータ法による空気量の測定とともに、エアメータ内に棒状バイブレータを挿入し、振動締め固めを行ったあとのコンクリートの空気量を測定した。硬化後の気泡間隔係数の測定は、締め固め後のコンクリートによって ϕ 12.5 \times 25cmの円柱供試体を作成し、リニアトラバース法によって測定した。現場空中および標準養生を行った供試体それぞれ2本について、材齢14日以上にて硬化後の空気量およ



写真-3 円筒型枠取り出し後の下側の状況



写真-4 CCDカメラによる映像



写真-5 コア断面の状況

表-2 空気量・強度の測定結果

		Aプラント	Bプラント
空気量 (%)	練り上がり直後	5.8	6.2
	締め固め後	5.2	5.3
	硬化後(標準養生)	4.0	5.8
	硬化後(現空養生)	3.8	5.9
強度 (N/mm ²)	材齢7日	47.0	47.6
	材齢28日	52.9	52.5

び気泡間隔係数の測定を行った。なお、これらの測定は使用した2つのプラントそれぞれについて実施した。

測定結果を表-2, 図-4に示す。Bプラントにおいては1回の試験練りで所定の性能のコンクリートを得ることができたが、Aプラントにおいては、フレッシュ時の性状はBプラントと同様であったにもかかわらず、気泡間隔係数は目標の250 μm を若干上回る結果となった。また、硬化後の空気量もBプラントに比べ少なくなった。考えられる原因としては使用する骨材の違いや空気量の調整手法の差異によるものと考えられる。

Aプラントの配合については、AE剤の種類や空気量調整剤の使用量を調整した3種類の配合について再度試験練りを行い、性能を満足する配合を得ることができた。測定結果を表-3, 図-5に示す。これらの結果を総合的に判断し、最も気泡間隔係数が小さくできると考えられるAE剤-Aを使用した配合を選定した。

また、実施工におけるコンクリートの空気量を把握するため、桁高に相当する高さの供試体(□0.6m×高さ1.2m)にコンクリートを打設し、実施工と同様に締め固めを行い、その上層部と下層部の気泡間隔係数を測定した。なお、本実験ではAプラントの配合は当初配合を使用している。測定結果を図-6に示す。

測定の結果、試験練りによる測定結果とほぼ同様の傾向を示し、Aプラントでは目標を満たさなかった。これは供試体を用いた試験練り時の測定結果と実機練りによる実施工での測定結果がほぼ同等となることを示しており、試験練りの結果によって実構造物の気泡間隔係数を評価可能であることが確認できた。

5. おわりに

本工事は原稿執筆時点で橋長597mのうち、約240mの橋体の打設を終えている(写真-6)。最適配合の選定により大きなトラブルの発生もなく、順調に工事は進捗している。

最後に、本工事の施工試験や配合の検討にあたり、東北地方整備局 仙台河川国道事務所や生コンプラントをはじめ多くの皆さまに多大なご協力を賜りました。特に、八戸工業大学 阿波稔教授には、実験に際して貴重なご助言を頂くとともに気泡間隔係数の測定等、多大なご尽力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献：1) 東北コンクリート耐久性向上委員会：東北地方におけるコンクリート構造物設計・施工ガイドライン(案)，2009.3

2) 長谷川寿夫 藤原忠司：コンクリート構造物の耐久性シリーズ・凍害，技報堂出版，1988.2

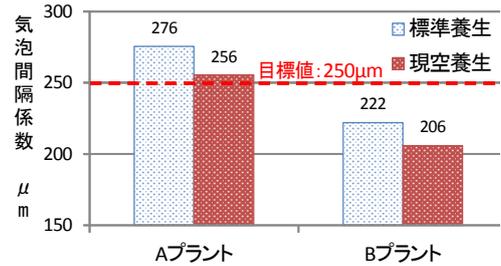


図-4 気泡間隔係数の測定結果

表-3 空気量・強度の測定結果(修正配合)

		AE剤-A	AE剤-B	AE剤-C
空気量 (%)	練り上がり直後	6.8	6.9	5.9
	締め固め後	6.5	6.5	6.0
	硬化後(標準養生)	7.1	5.6	5.7
	硬化後(現空養生)	6.0	6.3	5.2
強度 (N/mm ²)	材齢7日	41.2	40.8	44.8
	材齢28日	47.1	46.6	51.1

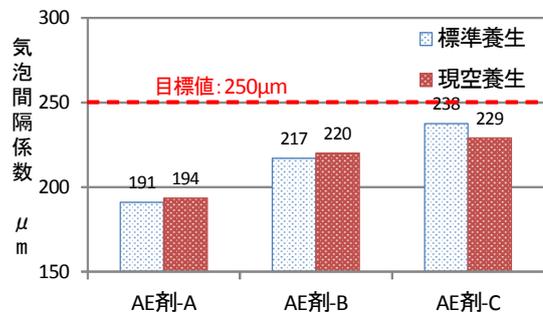


図-5 気泡間隔係数の測定結果(修正配合)

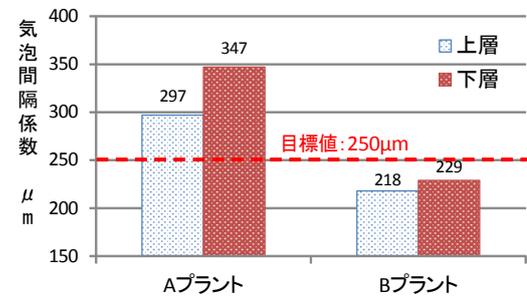


図-6 実施工試験体による測定結果



写真-6 工事進捗状況