

施工工程が高強度コンクリートの空気量と耐凍害性に及ぼす影響

オリエンタル白石（株） 正会員 ○佐藤 栄司， 正会員 中村 敏之
正会員 安部 達也， 高橋 亮， 山岸 拓人， 中井 風佳
岩手大学理工学部 システム創成科 正会員 小山田 哲也， 荒谷 海希

1. はじめに

東北地方をはじめとする寒冷地のコンクリート構造物はスケーリング抵抗性などの耐凍害性が要求される．それには空気量の確保や気泡組織の緻密化が既知の技術であるが，空気量や気泡組織はコンクリートの施工工程（圧送や締固め等）によって変化することが考えられるため，これらを加味した性能で評価する必要がある．そこで，本研究では，PC 構造物で使用する高強度コンクリートを対象とし，コンクリート打設に伴う施工工程による空気量の変化と耐凍害性の把握を行った．呼び強度 40N/mm² の生コンを用いて，運搬，圧送，打込みおよび締固めを行い，各施工段階から試料を採取して供試体を作製し，コンクリートの空気量，気泡径分布およびスケーリング量を測定して，それぞれの関係を比較，評価した．

2. 実験概要

コンクリートの配合は表－1 とし，生コン工場より購入したものを使用した．フレッシュコンクリートの空気量は，荷下ろし時に 5% となるように AE 剤の使用量で調整した．

試験は以下の手順で実施した．生コン工場でフレッシュコンクリートを練混ぜ後，アジテータ車により実験場まで運搬（運搬時間は約 15 分）した．練混ぜから 30 分経過した後に受入れ検査を実施し，コンクリートポンプ車を用いて，幅 1.1m，長さ 1.6m，高さ 0.4m の型枠にコンクリートを打ち込んだ．コンクリートポンプ車には 4 段屈折式の 36m 級ブーム搭載車を使用し，コンクリート打設時は 2 段目のブームの高さが地上より 18m となるようにブームを山型の姿勢とし，ブーム先端にはフレキシブルホースを取付けてコンクリートを打設した．

型枠は 3 基用意し，それぞれ締固め時間を 10,15,20 秒とした．締固めには棒状バイブレータ（径 52mm）を使用し，図－1 に示す位置で順次締固めた．供試体用の試料は，図－2 に示す施工段階で，練混ぜ後，荷卸し後および圧送後はアジテータ車またはポンプ筒先から一輪車に排出して採取し，締固め後はそれぞれ図－1 に示す型枠中心の上部から採取し，表－2 に示す評価試験を実施した．また，Case1,2,3 および 5 の段階ではフレッシュ時の空気量を測定した．

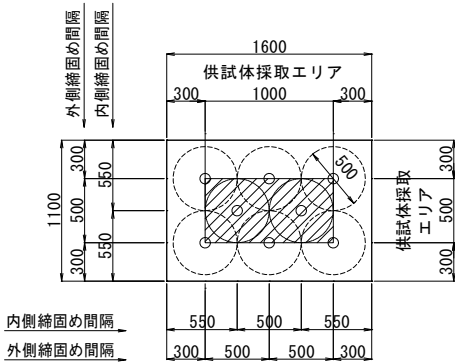
3. 実験結果

(1) 空気量

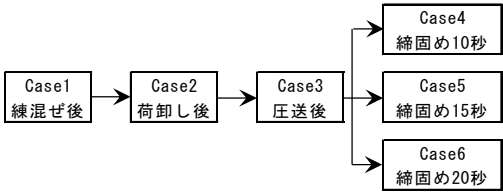
図－3，図－4 に各施工段階における気泡径分布を示す．荷卸し後では粗大な気泡が増えている．これは運搬時の低速攪拌により，エントラップトエアが混入したと考えられる．圧送後では，エントラップトエアが減少し，全体的に微細側へシフトしている．これは圧送による管内圧力によって粗大な気泡が排出あるいは

表－1 コンクリートの配合

配合	W/C (%)	s/a (%)	単位容積質量 (kg/m ³)					
			水 W	セメント C	細骨材 S		粗骨材 G	高性能 AE 減水剤 SP
					①	②		
40-12-20H	37	38.8	160	432	469	210	1064	5.18



図－1 締固め方法



図－2 供試体を採取した施工段階
表－2 評価試験

試験項目	試験方法	試験項目
スケーリング抵抗性	ASTMC-672	スケーリング量
硬化後の空気量	ASTMC-457	気泡径分布
		気泡間隔係数

キーワード 高強度コンクリート，圧送，締固め，空気量，気泡間隔係数，スケーリング抵抗性
連絡先 〒980-0014 宮城県仙台市青葉区本町二丁目 16 番 10 号（メットライフ仙台本町ビル）
オリエンタル白石株式会社 東北支店 TEL022-222-4076

は消失したためだと推察される。締固め後では、10秒後で微細な気泡を含む全体が増加し、15秒後では粗大側にシフトし、20秒後では大きく全体が減少している。これは、圧送後の振動締固めによって微細な空気は増加するが、締固めが長くなると粗大な気泡が減少するとともに微細な気泡も減少することを示している。

図-5に各施工段階の気泡間隔係数を示す。施工段階による変化は気泡径分布と同様な傾向を示したことから、気泡間隔係数で一義的に評価できるものと考えられる。

(2) スケーリング抵抗性

図-6にスケーリング量と空気量および気泡間隔係数の関係を示す。スケーリング量は空気量との相関は低いが、気泡間隔係数と高い相関を示した。このことから、フレッシュ時の空気量などの総空気量を確保しただけでは必ずしもスケーリング抵抗性の確保とはならず、気泡間隔係数を小さくすること、すなわち、最終的に残存する気泡径分布の程度が重要であり、施工で如何に微細な気泡を残すかが今後の課題と言える。

(3) 施工による気泡の移動に関する一考察

図-1に示す型枠に打ち込んだコンクリートが硬化した後、硬化体の側面（型枠設置面、かぶり部）における気泡径分布を測定した。測定位置は図-1に示す短辺における中心位置と中心から250mmずれた位置のそれぞれ上下段の4箇所とした。図-7に各位置の気泡間隔係数を示す。図には試験体中心の上側（内部）から採取した試料による気泡径分布も示している。両者では明らかに気泡組織が異なり、内部よりかぶり部がはるかに良質である。本実験の結果だけでは、これに対する十分な考察を行えないが、締固めによる振動エネルギーにより、締固め箇所（内部）の気泡が外側に対流し、型枠面に留まったと推察される。

4. まとめ

コンクリート打設に伴う各施工工程により、コンクリートに内在する気泡分布は変動していることがわかった。また、スケーリング抵抗性は気泡間隔係数と高い相関性を示しており、高強度コンクリートであっても硬化したコンクリートに良好な空気を残すことが重要だと言える。そのためには、締固めによる気泡の挙動を明確にし、配合設計、施工方法に反映させることが今後の課題である。

参考文献

- 1) 小山田哲也, 味噌作知樹, 高橋慧, 椎名貴快: 施工の各種工程がトンネル覆工コンクリートの連行空気とその耐凍害性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.44, No1, pp.526-531, 2022.

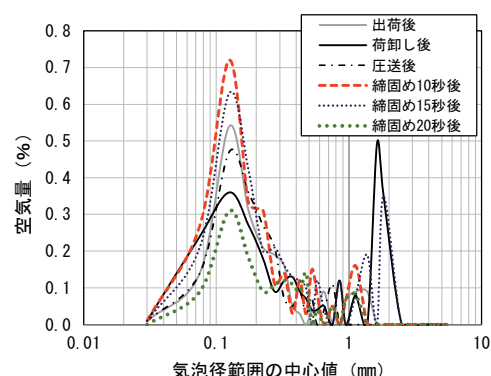


図-3 気泡径範囲の中心値と空気量

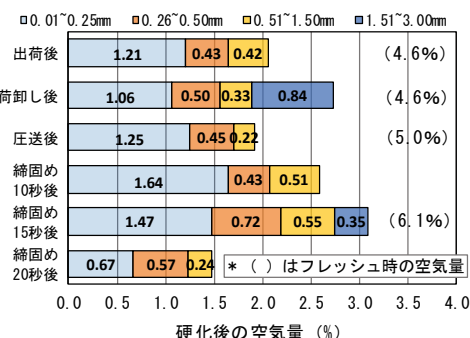


図-4 各施工段階の硬化後空気量

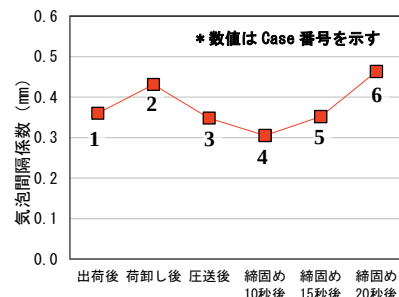


図-5 各施工段階の気泡間隔係数

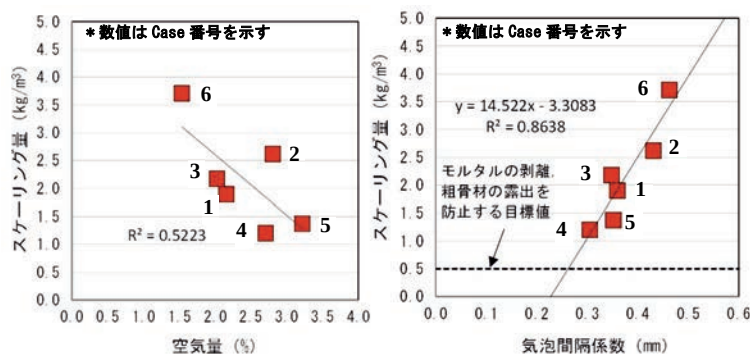


図-6 スケーリング量と空気量, 気泡間隔係数

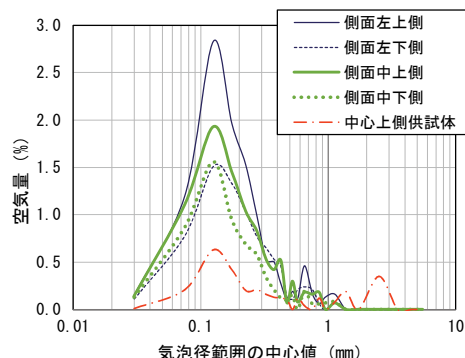


図-7 硬化体側面の気泡径分布