

# コンクリートの凍結融解抵抗性データベースによる材料要因の評価

八戸工業大学 正会員 ○阿波 稔  
 八戸工業大学 正会員 迫井 裕樹  
 八戸工業大学 正会員 庄谷 征美

## 1. まえがき

近年、コンクリート構造物の耐久性照査型設計への移行にともない、示方書の補完・支援、劣化予測モデルの検証、契約事項の根拠となる基礎資料としてのデータベースの構築が望まれている。一方、材料レベルにおいてコンクリートの凍結融解抵抗性を確保するためには、適切な品質を持つ骨材を選定し、十分な空気泡を連行する必要がある。昨年度本研究室では、文献調査を行い、凍結融解試験を実施したコンクリートの材料情報、評価情報、性能情報を収集し、凍結融解抵抗性に関するデータベースを作成した。そこで本報では、そのデータベースを使用し、所要の耐久性指数を得るための水セメント比と気泡パラメータとの関係について、粗骨材品質に着目し評価した。

## 2. データベースの概要と評価方法

作成したデータベースは、コンクリートの材料情報（示方配合、空気量、気泡間隔係数等）、評価情報（試験方法、評価指標等）、性能情報（相対動弾性係数、耐久性指数、長さ変化、スケーリング量等）から構成される。表-1は、既往の文献より収集した論文数とデータ数を示したものである。さらに、これらデータベースより表-2に示す情報項目とそのデータ範囲を有する224データを抽出した。骨材情報としては、特にコンクリートの凍結融解抵抗性に大きな影響を及ぼすと考えられている粗骨材の吸水率、空気泡の情報としては目標空気量と気泡間隔係数、評価情報は一般的な凍結融解試験による耐久性指数を対象とした。そして、コンクリートが所要の耐久性指数を確保するために必要とされる粗骨材の吸水率と空気量（気泡間隔係数）の組合せについて水セメント比毎に整理し検討した。以下にその結果について述べる。

表-1 収集データ数

論文誌名	論文数	データ数
土木学会年次学術講演概要集	13	121
コンクリート工学年次論文集	15	233
土木学会論文集	1	4
コンクリート工学論文集	3	26
合計	32	384

表-2 抽出データの範囲

情報	データ範囲
セメント種類	普通ポルトランドセメント
W/C	28%~65%
空気泡	目標空気量:1%~9% 気泡間隔係数:111 $\mu$ m~700 $\mu$ m
粗骨材	吸水率0.2%~6.98% [最大寸法15mm~25mm]
細骨材	JIS規格を満足するもの
試験方法	ASTM C 666 A法, JSCE G-501 A法, JIS A 1148 A法
評価指標	相対動弾性係数(耐久性指数) [凍結融解300サイクル]
試験開始材齢	14日

※骨材の種類は天然骨材および砕砂・砕石

## 3. データベースによる耐久性指数と気泡パラメータとの関係の評価

図-1は、水セメント比が45%以下および50%のコンクリートの耐久性指数と空気量(①)、あるいは気泡間隔係数(②)との関係を粗骨材の吸水率により分類したものである。水セメント比が45%以下で、使用した粗骨材の吸水率が2%以下のコンクリートの場合、空気量が3%程度と低い条件であっても、耐久性指数は80以上と極めて高い値を示し、凍結融解抵抗性に優れた結果が得られている。一方、粗骨材の吸水率がJIS規格(2%を超える-3%以下)を満足している粗骨材であっても耐久性指数DFが60を下回るケースが一部確認された(丸破線)。これは、低水セメント比において吸水率が3%近い粗骨材を使用したケースでは、比較的凍結水量が多い骨材を緻密なペースト部が覆うことになるため、凍結による骨材中での氷晶の生成に伴う周囲のペースト部への未凍結水の移動が拘束され、結果として骨材内部で水圧が高まり、骨材自身が劣化の起点となることに起因したものと考えられる。よって、W/Cが低く設定されている設計では、粗骨材の吸水率がなるべく小さな骨材を選択する等、使用する骨材の選定には特

段の配慮が必要と考えられる。しかし、これらの粗骨材を除けば、W/C45%以下、粗骨材の吸水率が2%を超えて3%以下のコンクリートの場合、空気量3%程度を目標とすることにより耐久性指数 60 レベルを確保できるものと思われる。なお、吸水率が4%を超える粗骨材を用いたコンクリートの DF は、目標空気量を5%程度とした場合でも低い値を示し、凍結融解抵抗性に劣る結果となった。

また、水セメント比 50%、使用した粗骨材の吸水率が2%以下のコンクリートの場合、耐久性指数 80 を確保するための目標空気量は5%程度以上となり、W/C45%以下の場合と比べて2%程度増加した。

耐久性指数と気泡間隔係数との関係では、W/C45%以下で粗骨材の吸水率2%以下の場合、300 $\mu$ m程度以下の気泡間隔係数を目標とすることにより、耐久性指数 80 以上の高い凍結融解抵抗性を確保できるものと思われる。さらに、粗骨材の吸水率が2%を超えて3%以下の粗骨材を用いたコンクリートでは、気泡間隔係数 250 $\mu$ m程度以下で耐久性指数が60程度となる。なお、吸水率が4%を超える粗骨材を使用したコンクリートは、気泡間隔係数が200 $\mu$ m以下であっても耐久性指数は極めて低い値である。

図-2 は、水セメント比が55%のコンクリートの耐久性指数と空気量 ①、あるいは気泡間隔係数 ② との関係を示したものである。この図より、耐久性指数 60 を確保するための目標空気量は、吸水率が2%以下の粗骨材で4.5%以下、2%を超えて3%以下の粗骨材で5%程度と考えられる。また、吸水率が3%を超えて4%以下のJIS規格を外れる粗骨材であっても5%程度以上の空気を連行することにより耐久性指数 60 を確保できる骨材が存在する。したがって、粗骨材の吸水率が4%以下であれば、空気量を適切に設定することにより利用の可能性があると考えられる。しかし、吸水率が4%を超える粗骨材の場合、空気量を7%まで増加させても耐久性指数の大きな改善は確認されなかった。

さらに、気泡間隔係数との関係では、吸水率が2%以下の粗骨材のデータ数は少なく詳細は確認できないが、吸水率が2%を超えて3%以下の粗骨材では、気泡間隔係数を200 $\mu$ m以下とすることにより耐久性指数 80 以上の高い凍結融解抵抗性が得られるものと思われる。さらに、吸水率が3%を超えて4%以下のJIS規格を外れる粗骨材でも気泡間隔係数が200 $\mu$ m以下であれば、耐久性指数 60 程度となることが確認される。

今後さらにデータを蓄積しデータベースの信頼性向上を図ることにより、コンクリート構造物の性能照査設計や維持管理のための基礎資料として利用できるものと思われる。

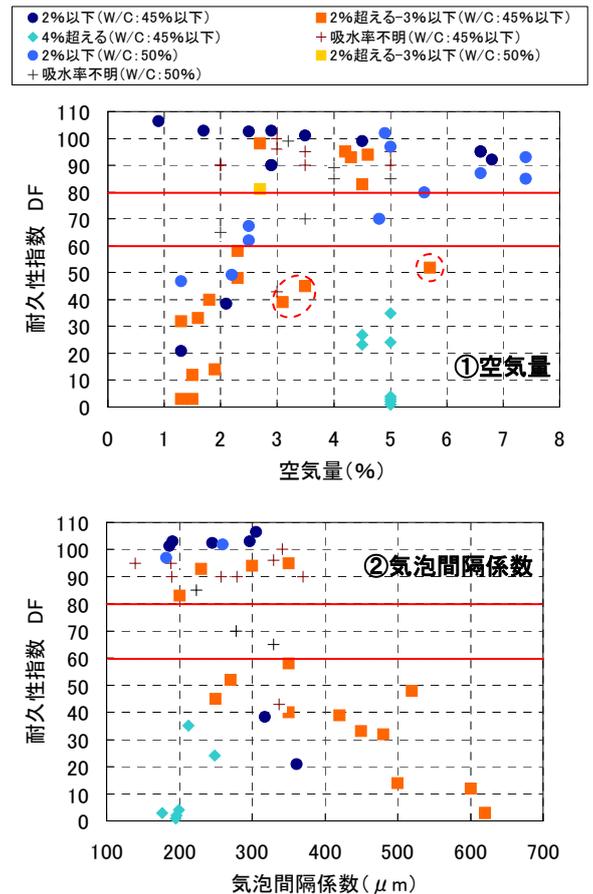


図-1 DF と気泡パラメータ (W/C45%-50%)

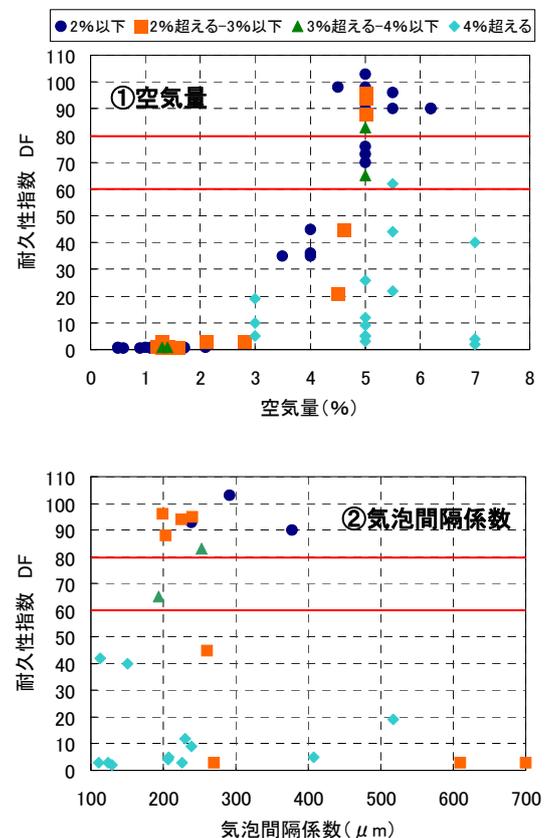


図-2 DF と気泡パラメータ (W/C55%)