

マイクロスコープを用いた CA モルタルの連行空気の測定に関する基礎研究

東亜道路工業株式会社 技術研究所 正会員 ○坂詰 賢治
同 上 正会員 山本 幸亮
同 上 正会員 田端 勇人

1. はじめに

整備新幹線の軌道にはスラブ軌道が採用されており、そのてん充層には CA モルタル（以下、CAM）が用いられている。この CAM は 1965 年に旧国鉄が研究に着手し、1970 年の山陽新幹線で初めて施工された材料である。研究着手より約 50 年間経過し、これまで日本各地において様々な環境下で適応できるように研究・改良が成されてきた。既往研究の中には、1978 年に開発された、CAM に微細な気泡（以下、連行空気）を導入したことで凍結時の氷晶圧力を緩和させ、耐凍害性を向上させた現在の A 配合も挙げられる¹⁾。しかし、連行空気に関する当時の論文は少なく、また、連行空気を撮影した写真の画質は鮮明ではない²⁾。

本報では、硬化後の CAM の空気量や連行空気の分布を最新のデジタルマイクロスコープにより測定した結果について述べる。

2. 測定方法

硬化コンクリート中の気泡の測定には、ASTM C457 顕微鏡によるリニアトラバース法や修正ポイントカウント法が用いられている。これらの方法では供試体を切断し、切断面を研磨する必要がある。しかし、CAM の場合、切断や研磨による摩擦熱でアスファルトが気泡を目詰まりさせるため、気泡の測定が不可能である。そこで、本報では、たがねを用いて供試体を半分に打割り、割った面を研磨せずに、マイクロスコープ MS-200（朝日光学機製作所）を用いて気泡の数と気泡の直径（以下、気泡径）の測定を行った。

写真-1 に、150 倍で撮影した CAM の気泡を示す。供試体の上部・中央・下部（以下、上・中・下）を撮影し、空隙から気泡径を求めた。表面の高低差を考慮せず、平面と仮定して、割った面の面積と写真-1 に示すような気泡の断面積から空隙率（≡空気量）を算出した。

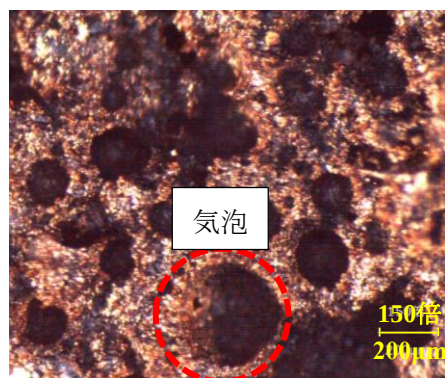


写真-1 CA モルタルの表面(倍率 150 倍)

表-1 CA モルタルの配合

No.	配合	AE 剤	消泡剤
1	A 配合	有	有
2	A 配合	無	有
3	A 配合	無	無
4	B 配合	有	有

3. 測定した CAM の配合について

表-1 に、空気量を測定した CAM の配合を示す。これらの配合から、空気の導入に大きく関係する AE 剤と消泡剤の有無について検討した。なお、各 CAM の性状を統一するために、フロータイムは 20~22 秒、空気量は 8~9% に調整した。

4. 測定結果

(1) 測定倍率の検討

マイクロスコープを用いて算出した空気量と、CAM の硬化前の品質管理値による空気量を比較するために、No.1 の供試体を用いて、40 倍、50 倍、75 倍の中から測定倍率の選定を行った。図-1 に、空気量の測定結果を示す。硬化前重量法では空気量 8.6% だったのに対し、マイクロスコープの測定倍率 50 倍では空気量が 12%、75 倍では 14% であり、硬化前の品質管理値と比較して、空気量が高くなった。その理由として、

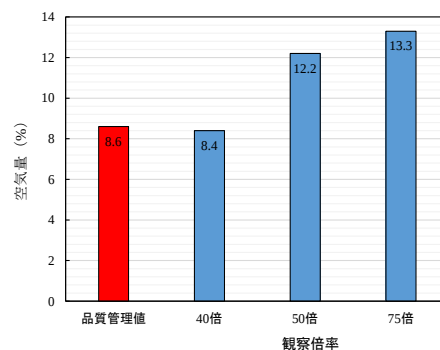


図-1 マイクロスコープと硬化前品質管理値を用いて算出した空気量

キーワード CA モルタル、マイクロスコープ、連行空気、気泡径分布、気泡間隙係数

連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要 315-126 TEL029-877-4150 FAX029-877-4151

350μm以上の気泡が影響し、50倍以上では測定倍率が大きすぎたと考えられる。一方、測定倍率40倍では空気量が8.4%となり、大きな差異がなかったことから、本報での気泡径の測定は倍率40倍を選定した。

(2) CAモルタルの気泡径分布

図-2に、No.1の供試体の上・中・下の気泡径分布を示す。No.1の供試体ではすべての位置において100~150μmの気泡の割合がおおむね45%以上となり最も高く、200μm以下の気泡の合計が約80%を占めていた。また、供試体の上・中・下で気泡径分布の若干のばらつきはあるものの、供試体中に気泡が均一に存在していることも分かった。写真-2に、No.1とNo.3の気泡径の測定画面を示す。写真-2より、No.1と比較してNo.3は気泡径が大きいことが分かった。

図-3に、No.1~4の供試体の気泡径分布を示す。この気泡径分布の割合はそれぞれの供試体の上・中・下の分布の割合を平均した値を用いた。No.1と比較すると、No.2は0~150μmの気泡が非常に少なく、200~250μmが多い。また、AE剤が含まれていないNo.3も、気泡径0~100μmが非常に少なく、300μm以上の気泡が多い。以上のことから、AE剤や消泡剤が無いNo.2やNo.3はNo.1より150μm以下の連行空気が導入されにくいことが示唆された。No.4はNo.1と同様の気泡径分布を示した。

(3) 気泡間隙係数の算出

一般的にコンクリートは気泡間隙係数が200~250μm以下の場合、耐凍害性を発揮するといわれている。本報で測定した各供試体の気泡径の平均値と算出した空気量を用い、以下の式より気泡間隙係数 $\bar{L}$ を算出した。表-2に、各供試体の気泡間隙係数を示す。この結果から、AE剤と消泡剤を添加したNo.1とNo.4はNo.2とNo.3に比べて、気泡間隙係数が小さいため、耐凍害性に優れたCAMであると推察される。

$$\bar{L} = \frac{3}{\alpha} \left[1.43 \sqrt{\frac{P}{A} + 1} - 1 \right]$$

$\bar{L}$: 気泡間隙係数 (mm) P : ペースト容積比 (%)
 α : 気泡比表面積 (mm²/mm³) A : 空気量 (%)

5. まとめ

- 以下に、マイクロスコープを用いたCAMの気泡径の測定に関して得られた結果を示す。
- 測定倍率は40倍程度が望ましく、それ以上の倍率になると気泡径の影響を受け空気量の誤差を生じる
 - マイクロスコープを用いて測定したCAMの空気量は、硬化前の品質管理で求めた空気量と同程度の値が得られた
 - 本報での測定方法では、既設CAMの配合や使用材料の比重が不明でも、空気量の測定が可能である
 - AE剤と消泡剤を添加したNo.1とNo.4の気泡間隙係数が小さい

本報による気泡径の測定方法を用いて、既設CAモルタルの空隙を調査することが可能である。

【参考文献】

1) 独立行政法人鉄道建設・運輸施設設備支援機構：「新幹線のスラブ軌道施工法（抜すい）」，pp.169-177，20016.8
2) 土木学会論文集：「スラブ軌道用セメントアスファルト複合材料の耐寒性能の向上に関する実験的研究」，1989.8

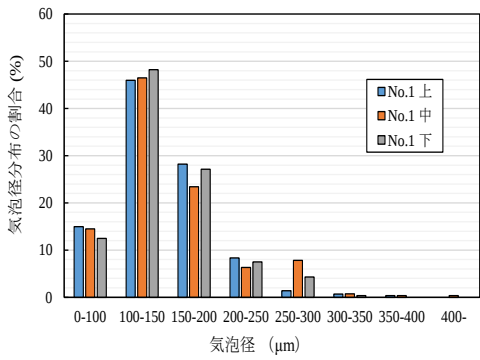


図-2 気泡径分布 (No.1)

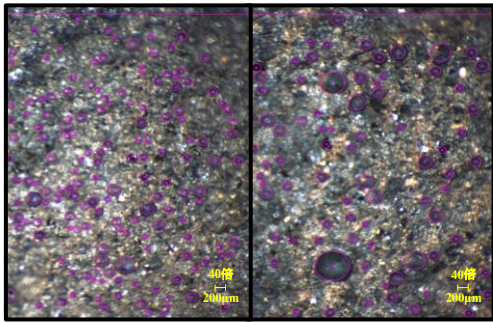


写真-2 気泡径の測定画面
(左: No.1, 右: No.3)

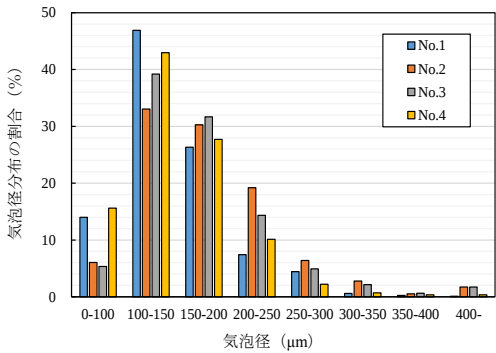


図-3 気泡径分布 (No.1~4)

表-2 気泡間隙係数

No.	1	2	3	4
気泡間隙係数 (μm)	151	181	184	143
AE剤	有	無	無	有
消泡剤	有	有	無	有