

## 炭酸塩球状コンクリーション化の原位置実証試験に向けた室内基礎試験

鹿島建設(株) 正会員 ○升元一彦 石橋正祐紀 栗原啓丞 山下 慧 前島 俊雄  
名古屋大学 吉田英一

### 1. 背景・目的

堆積岩中に普遍的に形成される炭酸カルシウム ( $\text{CaCO}_3$ :カルサイト) の球状岩塊 (球状コンクリーション (図-1); 以下, コンクリーションと示す.) は, 形成までに数十万~数百万年程度かかると考えられていた. しかし, Yoshida et al.<sup>1,2)</sup>によると, コンクリーションは, 数ヶ月~数年程度の期間で形成されることが明らかとなった. コンクリーションは, 核となる生物遺骸 (化石) 周辺の地層・岩盤中空隙を, カルサイトが充填・シーリングすることにより強固かつ緻密 (低透水) な岩盤 (岩) に変化させる特徴を有する. このプロセスによって, 空隙率及び透水係数が周辺母岩よりも2~3オーダー低下することで, 内包される化石が半永久的に良好に保存されることが確認されている<sup>1,2)</sup>.

このコンクリーション化プロセスを応用し, 人為的に長期的な岩盤の強化や止水を可能とする「コンクリーション化材 (コンシード)」を名古屋大学らが開発している (特許第 6889508 号). このコンクリーション化材の地下岩盤中での水みちシーリングの適応性を確認し, 原位置実証試験・技術確立を目指して, 現在, 筆者らは, 様々な室内試験を進めている. 本報では, まず予察的に実施したコンクリーション化の基礎試験結果について報告する.



図-1 天然の炭酸塩球状コンクリーション

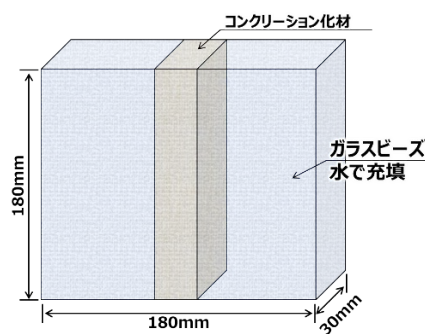


図-2 炭酸塩球状コンクリーション形成試験の外観イメージ図

### 2. 実施内容

天然のコンクリーションは, 生物遺骸 (核) の腐食に伴い放出される有機炭酸成分と地層中や地下水に含まれるカルシウム成分が急速に反応することで形成される<sup>1,2)</sup>. そこで, 上記メカニズムを模擬するために, 炭酸成分とカルシウム成分を内包するレジンを模擬的な核 (以下, コンクリーション化材) として, 基礎試験を実施した. 具体的には, 直方体のアクリルケース中央にコンクリーション化材を設置し, その周辺にガラスビーズと2種類の水 (飽和炭酸水素ナトリウム溶液, 飽和塩化カルシウム溶液) で満たす浸水試験を実施した (実施期間は約7ヶ月; 図-2). 試験期間中は, 定期的な観察, 試験開始前および途中の水質 (pH) 測定を実施した. また, 後述するようにコンクリーション化材周辺に生成された白濁物について XRD 分析を実施し, 電子顕微鏡でその産状を観察した.

### 3. 試験結果

試験開始翌日, 約3ヶ月目, 約7ヶ月目の観察結果について, 図-3~5に示す. 飽和塩化カルシウム水で満たした試験 (各図の左側) については, 1ヶ月程度からコンクリーション化材周辺のガス発生が認められ, 継続的にガスは発生するが沈殿物は目視では認められていない. 一方, 飽和炭酸水素ナトリウム水で満たした試験ケース (各図の右側) については, 試験開始翌日からガス発生 ( $\text{CO}_2$ ) が認められ, 1週間程度で供試体内の一部で白濁 (沈殿物生成) が目視で確認された. その後, 白濁部の範囲は拡大し, 半年~7ヶ月経過段階

キーワード 炭酸塩球状コンクリーション, カルサイト, 基礎試験

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-485-1111

で、概ね全体でガラスビーズの透明感が無くなる状況に至った（図-5）。

白濁部を採取し、XRD分析を実施したところ、ピークとしてカルサイト（ $\text{CaCO}_3$ ）が認められたことから、これはコンクリーション化材中のカルシウム成分が反応したことによりカルサイトが形成された（コンクリーション化が進行した）と考えられる。これらの基礎試験について、約半年経過段階においてpHを測定したところ、飽和塩化カルシウム水に満たしたケースの水はpH 3.4、飽和炭酸水素ナトリウム水で満たしたケースの水はpH 9.3を示した。これは飽和塩化カルシウム水で満たしたケースでは、水中の水素イオンと塩素イオンとの反応で溶液が酸性化した可能性がある。その結果として、炭酸成分がガス（ $\text{CO}_2$ ）として発生し、カルサイトを目視確認できなかった可能性がある。これらのことから地下水を模擬した試験としては、炭酸水素ナトリウム水で生じた現象が類似していると推察される。

この炭酸水素ナトリウム水とコンクリーション化材との反応で生じた白濁部分の電子顕微鏡で観察したところ、ガラスビーズ間の空隙をカルサイトの結晶が充填・セメンテーションする様子が確認された（図-6）。このようなカルサイトの充填状態は、天然コンクリーション中の産状と酷似しており、同様のプロセスで空隙充填が進行する素過程を示しているものと考えられ。

#### 4. まとめ

炭酸塩球状コンクリーションの応用に向けた基礎試験として、コンクリーション化材を用いた室内形成試験を実施した。その結果、開始直後からカルサイトが形成され始め、数ヶ月でカルサイトによる空隙充填が進行することを確認できた。今後、このコンクリーション化材の室内試験も継続しつつ、原位での水みちを対象としたシーリング効果を検証するための実証試験を検討する予定である。

#### 参考文献

- 1) H.Yoshida et al., Early post-mortem formation of carbonate concretions around tusk-shells over week-month timescales. Scientific Reports 5: 14123, 2015.
- 2) H.Yoshida et al., Generalized conditions of spherical carbonate concretion formation around decaying organic matter in early diagenesis. Scientific Reports 8:6308, 2018.

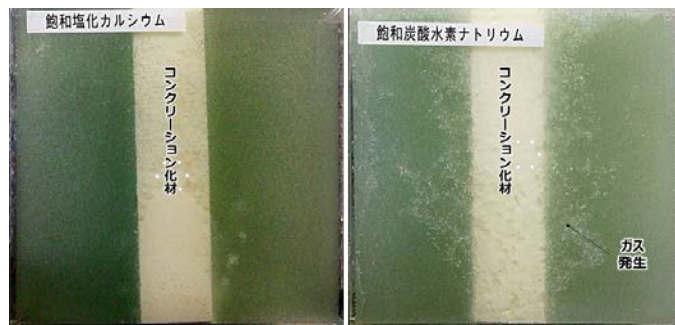


図-3 炭酸塩球状コンクリーション形成試験の状態（開始2日目）

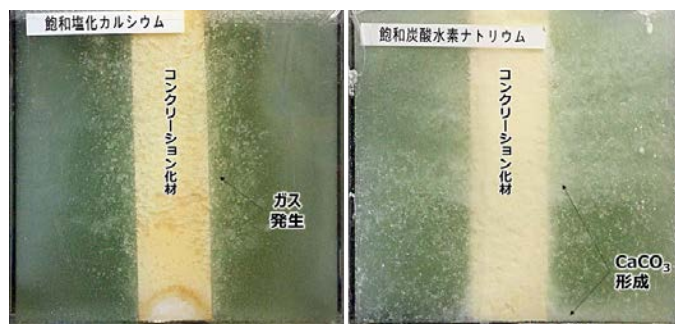


図-4 炭酸塩球状コンクリーション形成試験の状態（開始約3ヶ月目）

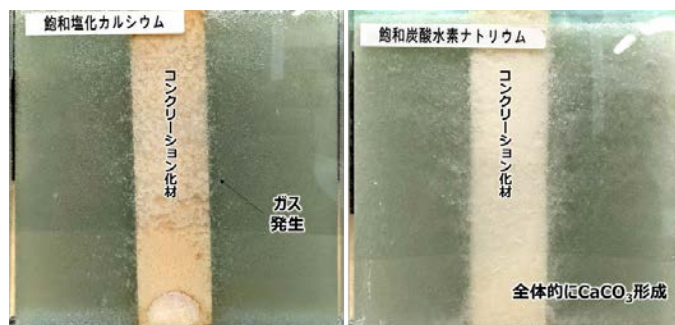


図-5 炭酸塩球状コンクリーション形成試験の状態（開始約7ヶ月目）

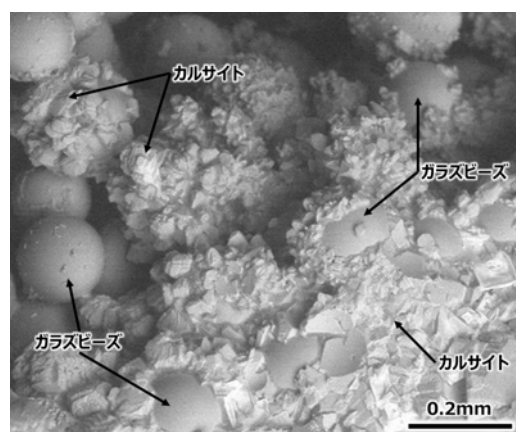


図-6 ガラスビーズ間の空隙を充填するコンクリーション化に伴うカルサイト