

骨材および結合材が遷移帯中の水酸化カルシウム配向性および細孔構造に与える影響

新潟大学 大学院自然科学研究科
新潟大学 工学部

正会員 ○本間健
正会員 佐伯竜彦
正会員 斎藤豪
正会員 井貝武史

株式会社福田組 土木部

1. はじめに

コンクリート構造物の劣化を促進させる要因の一つに遷移帯の存在が挙げられる。遷移帯は骨材とセメントペーストの境界部に、主に水酸化カルシウムが積層状に形成されることで生じる多孔質な空間であり、劣化因子の透過性に大きな影響を及ぼす。既往の研究より、遷移帯中に存在する水酸化カルシウムはペースト部に存在するものと比較し、結晶サイズが大型化することが報告されている。

そこで本研究では、骨材の鉱物組成および結合材の違いが遷移帯の水酸化カルシウムの配向度と空隙構造に与える影響について詳細な調査を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料・配合

本研究ではSEM等を用いた目視的観察ではなく、板状の骨材とセメントペーストの界面に発生させた遷移帯を削り取った試料の測定を行うことで、遷移帯の直接的な評価を行った。結合材は研究用普通ポルトランドセメント(N)、高炉スラグ微粉末(B)及びシリカフェューム(S)の3種類を用いた。骨材は変成岩(新潟産)、安山岩(長野産)、石灰岩(新潟産)の3種類とし、図1に示す様な寸法で板状に加工した。XRD/Rietveld解析より求めた各骨材の鉱物組成を表-1に示す。なお、セメントペーストの練り混ぜはJIS R5201に準拠し、全ての配合において打設から48時間後に脱型を行い、20℃恒温槽内で養生を行った。本研究で使用したセメントペーストの配合を表-2に示す。

2.2 試験方法

(1) 遷移帯試料の準備

図-1に示す様に、型枠にセメントペーストを打設した後、骨材板を被せることにより、界面に遷移帯を生じさせる。材齢28日において骨材板をペースト部から剥がし、骨材板の接着面、セメントペーストの接着面をデジタルマイクロスコープ(Dino-Lite)で観察し、約20μm間隔で5層削り取った粉体を分析試料とした。

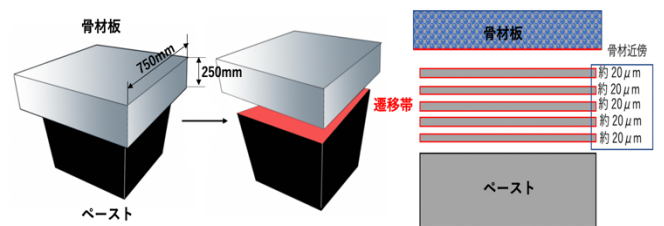


図-1 遷移帯試料の作成

(2) 遷移帯の水酸化カルシウムの配向度の測定

水酸化カルシウム結晶は図-2に示す様に(001)面が発達することで平面状の大きな結晶となる¹⁾。XRD解析において、粉末試料を加圧成形した際にその表面を平滑にすると、粗大な板状結晶の底面は平滑な試料表面に対して並行に配列しやすくなり、XRD解析において、ある特定のピーク強度が理論値よりも高く観測される。この現象は選択配向と呼ばれ、水酸化カルシウム結晶の大きさの指標とされる。本研究では、各遷移帯試料において粉末X線回折を行った。(001)面は18°、(101)面は34°付近にピークが出現し、それぞれP₁、P₂とし、P₁(001)/P₂(101)の値を配向度とする。

表-1 骨材鉱物組成

| 骨材種類 | 鉱物組成(%) | | | | | | | |
|------|---------|------|------|-----|-------|-----|-----|------|
| | 石英 | 斜長石 | | 角閃石 | シャモス石 | 正長石 | 白雲母 | 方解石 |
| | | 曹長石 | 灰長石 | | | | | |
| 変成岩 | 28.1 | 35.7 | 11.3 | 7.2 | 7.8 | 5.9 | - | - |
| 安山岩 | - | 14.9 | 49.5 | - | - | - | 28 | - |
| 石灰岩 | 8.5 | - | - | - | - | - | - | 91.5 |

表-2 配合表

| 記号 | 結合材種類 | 水結合材比(%) | 混和材置換率(%) | |
|-----------|-------|----------|-----------|---|
| | | | B | S |
| N45 | N | 45 | 0 | 0 |
| B45-40 | N+B | 45 | 40 | 0 |
| S45-4 | N+S | 45 | 0 | 4 |
| BS45-40-3 | N+B+S | 45 | 40 | 3 |

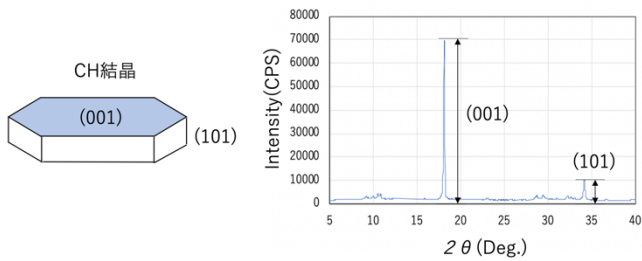


図-2 水酸化カルシウムの結晶構造

(3) 水銀圧入試験による細孔量の測定

本研究では水銀圧入式ポロシメーター (Thermo Fisher Scientific 社製 Pascal, 140/440) を用い、測定圧力範囲を 0.1kPa~200MPa とし、昇圧速度 5-17Pa/Sec、降圧速度 5-17Pa/Sec にて、各遷移帯試料の細孔量を測定した。

3. 実験結果および考察

(1) 遷移帯における水酸化カルシウムの配向度

図-3 に、各配合および骨材別の遷移帯試料における水酸化カルシウム配向度を示す。配合別に見ると、高炉スラグ微粉末、シリカフェームを混和させることで配向度が低下することが確認でき、シリカフェームを混和させた場合、骨材近傍において配向度が著しく低下することが確認できた。これはマイクロファイラー効果によって骨材近傍にシリカフェーム微粉末が凝集したことが原因であると考えられる。また、骨材別に見ると、石灰岩を使用した場合に配向度が高くなる傾向が確認できた。

(2) 遷移帯の細孔量

図-4 に各配合および骨材別の遷移帯試料における細孔量を示す。この結果から、シリカフェームの混和により細孔量が低減し、その効果は骨材近傍において顕著になることが確認できた。また、図-5 に遷移帯における水酸化カルシウム配向度と細孔量の関係を示す。この結果より、水酸化カルシウムの配向成長に伴い細孔量が増加することが確認できた。

4. まとめ

遷移帯中に存在する水酸化カルシウムの配向度は、バルク部と比較し、高い値を示す。また、シリカフェームの混和により配向度が低下し、骨材近傍の配向度はバルク部より低くなる場合があることが確認できた。そして、水酸化カルシウムの配向成長が細孔量を増加させる要因であることが確認できた。

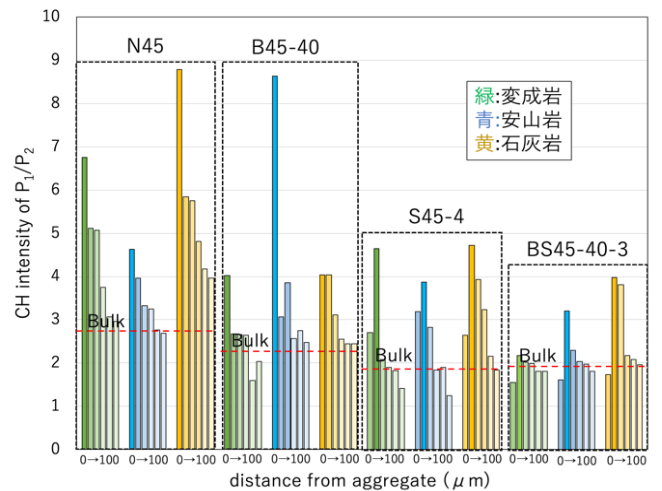


図-3 遷移帯における CH 配向度

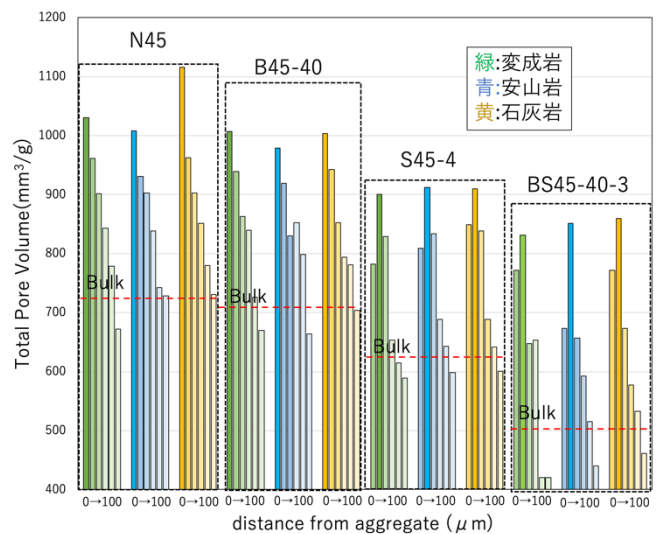


図-4 遷移帯における細孔量

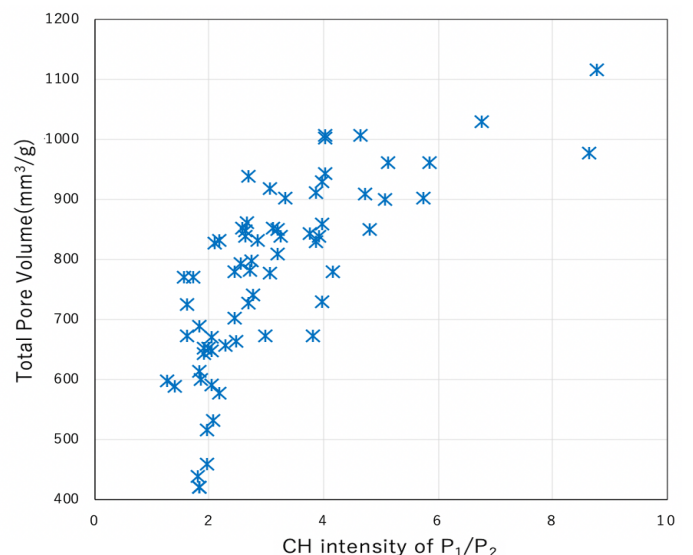


図-5 遷移帯における CH 配向度と細孔量の関係

【参考文献】

- 1) 佐川孝広ほか: ポルトランドセメントの水和反応における水酸化カルシウムの生成形態, コンクリート工学年次論文集, Vol. 33, No1, 2011