

課題情報シート

| | | | | | |
|----------|------------------------------|--------|-------|------|-------------|
| テーマ名 : | フライアッシュを混合したコンクリートの中性化に関する研究 | | | | |
| 担当指導員名 : | 財津拓三 | 実施年度 : | 26 年度 | | |
| 施設名 : | 関東職業能力開発大学校 | | | | |
| 課程名 : | 専門課程 | 訓練科名 : | 建築科 | | |
| 課題の区分 : | 総合制作実習 | 学生数 : | 5 人 | 時間 : | 12単位 (216h) |

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

フライアッシュを混合したコンクリートの中性化特性を検討し、コンクリート製造について実際の建築施工現場等で必要な知識や技能を習得します。

【訓練（指導）のポイント】

コンクリートの調合設計について学びます

コンクリートの各種試験方法について学びます

実験結果の解析や梗概等の作成方法について習得します。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 関東職業能力開発大学校

住所 : 〒323-0813 栃木県小山市横倉三竹 612-1

電話番号 : 0999-66-5555 (代表)

施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/tochigi/college/>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

フライアッシュを混合した コンクリートの中性化に関する研究

建築科

1. 目的

フライアッシュを混合したコンクリートは、ポゾラン反応により圧縮強度については寄与するが、耐久性（ここでは、中性化を対象とする）については、水セメント比が60%程度になると促進されることがある。これは、水セメント比が大きいほどコンクリート組織の緻密性が小さくなり、CO₂が透気しやすくなるためである。これらは促進中性化試験を行った場合であり、セメントやフライアッシュが反応途中の状態で行っていることが一因として考えられる。

そこで、本研究では、自然な環境で中性化試験を行い、促進中性化試験との違いを調査した。なお、中性化は大気中のCO₂がコンクリートに侵入し、Ca(OH)₂と反応し、CaCO₃を生成する現象である。そこで、中性化試験に供した試験体より試料を採取し、X線回折分析（以下、XRD分析と略記）を行った。

2. 試験方法

2.1 使用材料及びコンクリートの調査

本試験における使用材料およびコンクリートの調査はそれぞれ表1、表2に示す。

2.2 中性化試験

100×100×400の角形試験体を作製し、7日後に脱型して測定面以外にアルミテープを貼った。その後、建築物の内壁と外壁における中性化速度の違いを確かめるため、屋内と屋外に50PLと50FA17の試験体を2個ずつ設置した。また、屋内は人の集まる教室、屋外は日光や雨を遮らない場所を選んだ。また、促進中性化試験を行いこれらの試験体と比較を行った。

促進中性化試験はJIS A 1153に準拠し、CO₂濃度5%、室温20℃および相対湿度60%の環境で行った。

測定は、屋内・屋外では13週、26週の時点、促進中性化試験は4、8、13および26週の時点で行った。

表1 使用材料

| 材料名 | 種類 | 仕様 |
|-------|-----------|--|
| セメント | C | 普通ポルトランドセメント 密度: 3.15g/cm ³ |
| 混和材料 | FA | フライアッシュ 密度: 2.25g/cm ³ |
| 練灰水 | W | 小山市水道水 |
| 細骨材 | S1 | 鹿沼産硬質砂岩砕砂表乾密度: 2.61g/cm ³ 粗粒率: 2.99 |
| | S2 | 鬼怒川産川砂表乾密度: 2.59g/cm ³ 粗粒率: 2.41 |
| 粗骨材 | 鹿沼産硬質砂岩砕石 | |
| | G1 | 5号 (20~10mm) 混合密度: 2.65g/cm ³ |
| | G2 | 6号 (10~6mm) |
| 化学混和剤 | Ad1 | AE減水剤 (高アルキルカンボン酸系陰イオン界面活性剤と非イオン界面活性剤の複合体) |
| | Ad2 | AB剤 (ポリカルボン酸エーテル系化合物) |

表2 コンクリートの調査

| | W/B | s/a | 単位量 (kg/m ³) | | | | | | |
|--------|-----|-----|--------------------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| | % | | W | C | FA | S1 | S2 | G1 | G2 |
| 50PL | 50 | 47 | 175 | 350 | 0 | 447 | 363 | 474 | 474 |
| 50FA17 | 50 | 46 | 175 | 292 | 60 | 436 | 354 | 474 | 474 |

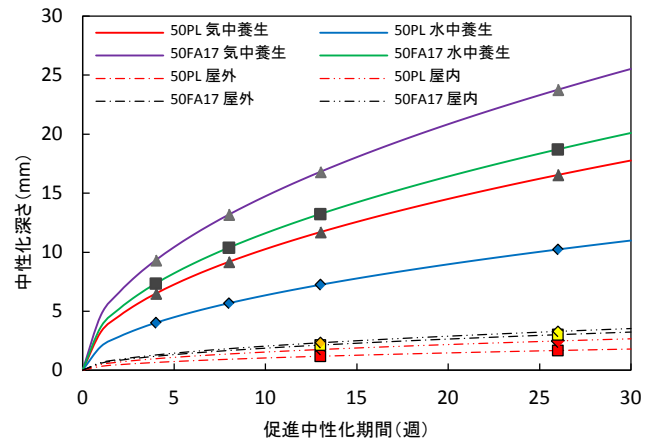


図1 中性化期間と中性化深さの関係

表3 測定条件および試験後の含水率

| | CO ₂ 濃度 (ppm) | | 試験体の含水率 (%) | |
|--------|--------------------------|------|-------------|-----|
| | 屋外 | 屋内 | 屋外 | 屋内 |
| 50PL | 420 | 1900 | 4.3 | 3.2 |
| 50FA17 | | | 4.9 | 3.3 |

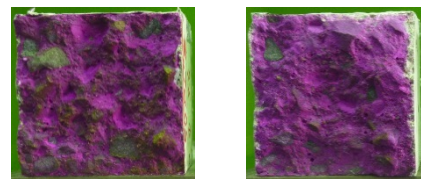


図2 50PL (左: 屋外・右: 屋内)

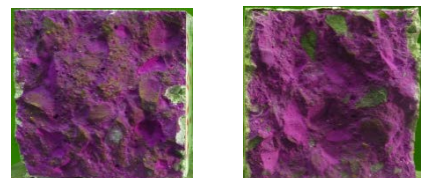


図3 50FA17 (左: 屋外・右: 屋内)

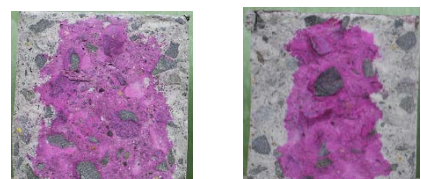


図4 促進中性化試験 (左: 50PL・右: 50FA17)

3. 中性化に関する実験結果および考察

図1に、中性化期間と中性化深さの関係を示す。この関係については、式(1)より近似化されることが知られている。

$$C = A\sqrt{t} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、C：中性化深さ (mm)、A：中性化速度係数 (mm/√t)、t：中性化期間 (週) とする。また、近似化については、最小二乗法により求めた。

促進中性化試験について、50PLと50FA17を比較すると養生方法に関わらず50FA17の方が中性化の進行が早い。フライアッシュを混合したことで中性化が促進されたと考えられる。暴露試験に関しても、同様の結果となった。また、屋外と屋内の比較では、屋内のほうが中性化の進行が早い。これは、表3に示すように、CO₂濃度が中性化に影響していたと考えられる。さらに、含水率に関して、屋内のほうが小さいことも一因として考えられる

図2、3および4に、中性化期間が26週におけるフェノールフタレイン溶液を吹き付けたコンクリートの様子を示す。いずれも表面より中性化が進行したことが確認された。

4. X線回折分析

4.1 実験方法

促進中性化期間が26週の供試体において、CO₂が及ぼす影響が最も大きい表面部分と小さい中心部より試料を採取した。採取した試料を、ハンマーで5mmのふるいを通過して2.5mmのふるいに留まる大きさに粉砕し、これをアセトンに浸漬して水和反応を停止させた。さらに、凍結真空乾燥機を用いて温度-50℃、真空度7.0paの条件で乾燥させた。この試料を遊星型ボールミルで粉砕し75μmのふるいを通過する大きさに微粉砕した。XRD分析では、試料ホルダへの微粉末試料の詰め具合などが測定結果へ及ぼす影響が大きいため、これを補正する目的で内部標準物質としてMgOを内割りで20mass%加えた。遊星型ボールミルで微粉末および混合して分析に用いた。分析条件は、ターゲット：Cu、管電圧：40kV、管電流：30mA、測定範囲：2θ=5~60°、ステップ角度：0.02°、計数時間：1秒である。なお、主な測定対象は、Ca(OH)₂およびCaCO₃とした。

4.2 実験結果および考察

図5および図6に、XRD分析により測定した回折強度(cps)を内部標準物質のMgOの回折強度(cps)で補正したものを示す。

50PLおよび50FA17に共通して、Ca(OH)₂の回折強度比のピークについては、2θ=18.0°および34.1°で認められた。しかし、中心部分の試料と比較して表面部分の試料では、Ca(OH)₂の回折強度比が小さいことが確認できた。CaCO₃の回折強度比のピークについて

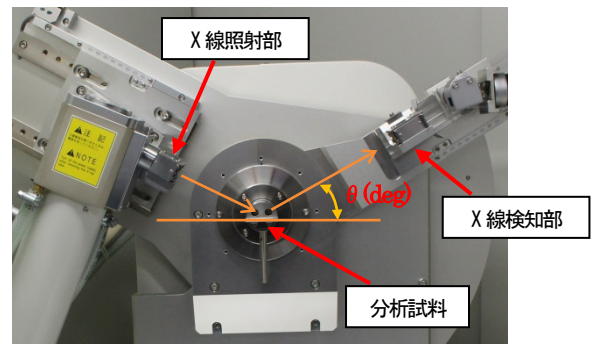


図4 X線回折装置の概要

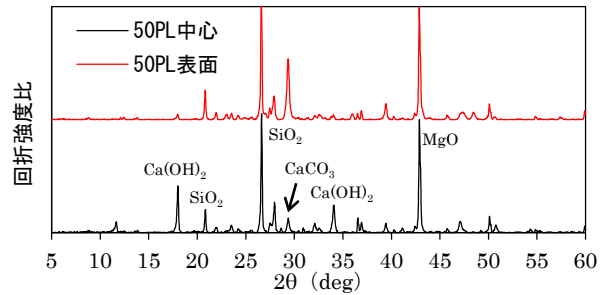


図5 50PLにおけるXRDパターン

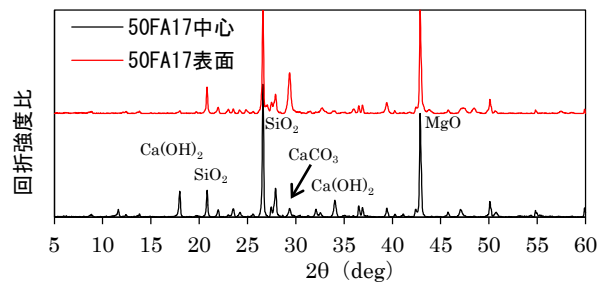


図6 50FA17におけるXRDパターン

は、2θ=23.0° および 29.4° でピークが認められる。特にCO₂の影響が大きい表面部分において顕著であった。また、CO₂の浸透が困難と考えられる中心部分の試料においてもCaCO₃のピークが確認された。これは、いずれの試料においても同程度の回折強度比であることから、中性化の影響ではなく、セメント製造時に混入した石灰石の微粉末の影響と考えられる。

5. まとめ

今回の実験では次のことがわかった。

- 1) 屋内・屋外の試験と促進中性化試験とでは中性化深さが大きく異なっていた。前者はわずかに中性化していたのに対し、後者はかなり中性化が進んでいた。
- 2) XRD分析を行った結果、50PLおよび50FA17に共通して、表面部分のCaCO₃が中心部分に比べて中性化の影響により大きかった。一方、Ca(OH)₂について、表面部分では中心部分に比べて小さかった。

[謝辞]

XRD分析について、生産技術科 池田先生にご指導いただきました。心より感謝申し上げます。

課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 9月 18日

科名：建築科

| 教科の科目 | | 実習テーマ名 | |
|--|---|------------------------------|--|
| 総合制作実習 | | フライアッシュを混合したコンクリートの中性化に関する研究 | |
| 担当教員 | | 担当学生 | |
| 財津 拓三 | | | |
| | | | |
| | | | |
| 課題実習の技能・技術習得目標 | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 実験計画、実施等の立案ができる ● CADによる図面の作成や使用作成ができること ● JIS等に掲載されているコンクリート供試体の作成や圧縮試験などの実験ができる ● 試験機や計測装置の操作、取り付け等ができる ● 産業廃棄物等の有効利用に関する知識を有することができる | | | |
| 実習テーマの設定背景・取組目標 | | | |
| 実習テーマの設定背景 | | | |
| <p>2011年3月以降、日本における原子力発電に関して、種々の事情により行われていない。そこで従来からベース電源として行われてきた石炭を燃料とする火力発電に、環境面や燃料である石炭の安定的な確保が可能なることから期待が高まっている。その結果、石炭を燃焼させたときに発生する石炭灰が今後、増加傾向にあることが予想される。現在、石炭灰の約9割がフライアッシュとなり、セメント製造時の原料として活用され、さらにコンクリート分野では、土木工作物等の大型の構造物に対して利用されている。フライアッシュの更なる利用を推進するために建築分野における活用がこれから望まれている。</p> | | | |
| 実習テーマの特徴・概要 | | | |
| <p>フライアッシュを混和材として用いたコンクリートは、ワーカビリティの改善や長期圧縮強度への寄与効果が確認された。しかし、フライアッシュは、ボゾラン反応の過程で水酸化カルシウムを消費するため、耐久性（ここでは中性化）が、ポルトランドセメントのみのコンクリートと比較して不明な点が多い、そこで、昨年度から実施している促進中性化の試験体と、新たに屋外および屋内における屋外暴露試験体を作製し、耐久性の進行について調査することとした。</p> | | | |
| No | 取組目標 | | |
| ① | 今回の実験に関連する既往の学術論文を調査することができる | | |
| ② | CADによる、作業図面や試験体図面の作成ができること | | |
| ③ | コンクリート調査ができる | | |
| ④ | JISに基づく各種試験ができる | | |
| ⑤ | フライアッシュ等の混和材の特徴を把握すること | | |
| ⑥ | 環境問題など社会的要求に対して考察できること | | |
| ⑦ | 得られたデータに対して、表計算ソフト等を使用して解析ができる | | |
| ⑧ | 試験装置並びに計測装置の操作ができる | | |
| ⑨ | 総合制作実習を通して得られた知識や技能をプレゼンソフトなどを使用して、対外的にわかりやすく説明ができる | | |
| ⑩ | グループ内で作業計画・実施や分担等を話し合い、効率よく作業を行うことができる | | |