

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	伝導型熱量計による混合セメントの品質評価手法に関する研究
Title(English)	Quality evaluation method for blended cement by using conduction calorimeter
著者(和文)	依田侑也
Author(English)	Yuya Yoda
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10441号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:宮内 雅浩,中島 章,岩波 光保,生駒 俊之,松下 祥子,坂井 悦郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10441号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	材料工学	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学) Academic Degree Requested Doctor of
学生氏名： Student's Name	依田 侑也		指導教員 (主)： Academic Advisor(main) 坂井 悦郎
			指導教員 (副)： Academic Advisor(sub) 宮内 雅浩

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文では、混合材として高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、石灰石微粉末を用いた混合セメントの伝導型熱量計を使用した品質評価手法の構築を行った。我が国においては、混合セメントの利用割合は約 2 割であるが、海外においては、流通しているほとんどのセメントが混合セメントとなっている国も多い。そのため、海外の建設工事では混合セメントを利用する機会が増加する。一方、混合セメントは、国内での使用経験が少ないため、従来の経験で凝結特性や強度特性などの物性を予測することができないことや、混合セメントの品質の変動にどのように対応するかが大きな課題であった。本論文では、この課題の解決のため、混合セメントの物性を簡易に評価できる技術を構築した。本論文は、「伝導型熱量計による混合セメントの品質評価手法に関する研究」と題し、6 章から構成されている。

第 1 章「序論」では、既往の研究を整理するとともに、本論文の背景と目的を述べた。世界的に CO2 削減や産業副産物利用の観点から、混合セメントが一般的に使用されるようになってきており、将来はこのセメントが主流になる可能性が高い。また、日本の建設会社の海外における建設工事が増加傾向にあり、その際に混合セメントを使用する機会が増えており、国内のセメントと異なる物性を持ち、品質の変動の可能性が高い海外の混合セメントの品質評価手法の必要性について述べた。

第 2 章「混合セメントおよび混合材のキャラクタリゼーション」では、市販の混合セメントは規格値内でも材料組成に関しては幅があり、現状、ユーザーにはこれを判別することは不可能であるため、混合セメント中の混合材種類、混合材量およびポルトランドセメントの構成化合物を決定する手法を検討した。また、混合セメントの日常的な品質管理や選別を目的とし、伝導型熱量計を用いた簡易的なキャラクタリゼーション手法を検討した。その結果、伝導型熱量計で得られた材齢 1 日までの積算発熱量から結合材の強度特性の違いを判断でき、品質評価に使用できることを明らかにした。加えて、反応速度の遅い混合材の品質評価のため、50℃の高温養生と反応刺激材として水酸化カルシウムを用いた促進試験法を提案した。促進試験法を用いて材齢 1 日まで伝導型熱量計で実測することで、混合材の活性度指数の違いを判断でき、品質評価に使用できることを明らかにした。

第 3 章「伝導型熱量計による混合セメントの凝結特性の推定」では、材齢 10 時間程度までのごく初期材齢の物性である凝結特性と水和反応の関係について検討した。まず、セメントペーストの見かけ粘度から凝結特性を評価することは難しく、特に高炉セメントでは水和物の種類も考慮する必要があることを明らかにした。そこで、In-situ XRD により高炉セメントの水和生成物の変化を求め、凝結特性との関係を考察した。その結果、エトリンタイトの生成量は注水直後から一次直線的に増加してゆくが、水酸化カルシウムの生成量は、凝結の始発を示す時間から急激に増加することが明らかとなり、水酸化カルシウムの生成および C-S-H の生成が、凝結の始発と関連することを明らかにした。また、水酸化カルシウムおよび C-S-H が一定量生成すると終結に至ることも明らかにした。加えて、伝導型熱量計で得られた水和発熱量と、これらの生成量に相関があることを明らかにし、凝結特性を推定することを可能とした。

第 4 章「伝導型熱量計による混合セメントの強度特性の推定」では、材齢 28 日までの長期の水和発熱量を伝導型熱量計により連続的に測定し、水和発熱量と強度特性の関係を詳細に検討した。まず、伝導型熱量計により求めた混合セメントの水和反応に基づく発熱量をポルトランドセメント由来と混合材由来に分離し、それぞれの反応量の推定を伝導型熱量計で行う手法を提案した。この手法を用い、高炉スラグ微粉末、フライアッシュおよび石灰石微粉末をそれぞれ用いた混合セメントにおいて、材齢 1 日から材齢 28 日までの伝導型熱量計で得られた積算発熱量と圧縮強度の関係について検討した。その結果、混合セメント系において、基準となるポルトランドセメントと同一の積算発熱量と圧縮強度の関係を得るためには、混合材の種類によって定まる材料定数を利用することで可能となることを明らかにした。さらに、セメントの水和反応から強度特性を評価できるゲル空隙比説を、様々な養生温度・化学組成・水結合材比の混合セメントに適用できるように拡張した。拡張した評価式を使用することで、混合材の種類・混合量・養生温度・化学組成・水結合材比が異なる混合セメントにおいて、積算発熱量から圧縮強度を精度よく推定できることを明らかにした。

第 5 章「水和反応モデルを利用した混合セメントの品質予測」では、相川らが提案した粒度分布を考慮した水和反応モデルを用い、混合セメントの品質予測手法を提案した。水和反応モデルにおける物理定数は材齢 28 日までの水和発熱量および反応度の実測値から決定した。前章までに材齢 7 日や 28 日の積算発熱量からそれぞれの材齢の強度特性の推定が可能であることを明らかにしたが、定常的な実際の品質管理時には、材齢 1 日程度の水和発熱

量の測定から強度特性を予測する手法が必要となる。そこで、材齢 1 日の水和発熱量の測定値と水和反応モデルを利用して、それ以降の積算発熱量を予測でき、さらに強度特性を予測できる手法を提案した。提案した手法の適用性を、市販のポルトランドセメントや混合材を使用して試製したコンクリートに対して検証した結果、精度よくコンクリートの強度を推定できることを示した。

第 6 章「結論」では、本論文で提案した伝導型熱量計による混合セメントの品質評価手法を利用し、混合セメントの品質を評価するとともに、日常的な品質の変動を把握することで、国内外において混合セメントを使用した場合に、健全なコンクリート構造物の構築に貢献できると総括した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	材料工学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学生氏名 : Student's Name	依田 侑也		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	坂井 悦郎
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	宮内 雅浩

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This paper proposes a quality evaluation method using a conduction calorimeter for blended cements prepared with ground granulated blast-furnace slag, fly ash, and fine limestone powder as admixtures. Such blended cements are in wide use overseas, where they find application in most construction work. Domestically in Japan, blended cement has only a 20% share of the market. With this limited usage of blended cement in Japan, it is not possible to predict its performance based on past experience. Coping with fluctuations in blended cement quality is also a challenge. In the six chapters that follow, the author discusses a technique that allows for the simple evaluation of the properties of blended cements.

Chapter 1 (Introduction) examines past research and explains the background and purpose of this paper.

Chapter 2 (Characterization of Blended Cements and Admixtures) proposes a method to determine the types and quantities of admixtures contained in a blended cement as well as the constituents of the base Portland cement.

Chapter 3 (Estimation of Setting Properties of Blended Cements Using Conduction Calorimeter) discusses the relationship between the blended cement's setting characteristics, meaning the changing physical characteristics of the cement, and the hydration reaction up to around 10 hours of age.

Chapter 4 (Estimation of Strength Characteristics of Blended Cements Using Conduction Calorimeter) studies in detail the relationship between the calorific output of the hydration reaction and the strength characteristic.

Chapter 5 (Prediction of Blended Cement Quality Using Reaction Model) proposes a method to predict the quality of blended cements using the hydration reaction model developed by Aikawa et al, in which the particle size distribution is taken into account.

Chapter 6 (Conclusion) summarizes the proposed quality evaluation method using the conduction calorimeter. This method of performance prediction and daily quality control of blended cements will contribute to the construction of sound concrete structures with blended cements at sites both in Japan and overseas.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).