

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ポルトランドセメント-アルミナセメント-セッコウ系多相材料の特性と強度発現機構
Title(English)	
著者(和文)	森裕克
Author(English)	Hirokatsu Mori
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10303号, 授与年月日:2016年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:坂井 悦郎,中島 章,宮内 雅浩,矢野 豊彦,横山 裕
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10303号, Conferred date:2016/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	森 裕克	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	坂井悦郎	教授	横山 裕	教授
	審査員	中島 章	教授		
		宮内雅浩	教授		
		矢野豊彦	教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「ポルトランドセメント-アルミナセメント-セッコウ系多相材料の特性と強度発現機構」と題し、6章からなっている。

第1章「緒論」では、既往の研究を整理するとともに本研究の背景と目的を述べている。近年の建設業界では、建設就業者数の減少に加え、災害からの復旧復興およびオリンピック特需による建設技能労働者需給の逼迫が懸念され、工期短縮や施工性改善といった要求が高まり、セメント系材料には、基本的に重要なひび割れ抵抗性に関連する寸法安定性や強度に加えて、高流動性と速硬性が必要となることを指摘している。そして、ポルトランドセメント（以下PC）—アルミナセメント（以下AC）—無水セッコウ（以下CS）系多相材料は、高流動性と速硬性を併せ持ち、さらに寸法安定性にも優れた材料として期待できるとしている。

第2章「セメント系多相材料の物性制御」では、PC-AC-CS系多相材料に関連して、充てんシミュレーションにより得られる粉体の充てん率により流動性を制御できること、また、多相材料中の SO_3/Al_2O_3 比がエトリンサイト生成量と関連し、それにより速硬性および寸法安定性を制御できることを明らかにしている。これらの二つの指標を用いることで、PC-AC-CS系多相材料において、要求性能に応じた材料設計が可能であるとしている。一方、PC-AC-CS系多相材料の圧縮強さは、一般にセメント系材料の圧縮強さと関連するとされている空隙率のみでは説明できないことを指摘している。

第3章「ナノインデンテーション法による水和物の力学的特性の解析」では、PC-AC-CS系多相材料の強度発現機構の解明のため、生成水和物を明確にするとともに、生成する各種水和物の力学的特性についてナノインデンテーション法により検討している。測定した各構成化合物の反応率をもとに、熱力学的平衡計算により、PC-AC-CS系多相材料で硬化後の相組成を決定している。これは、PC-AC-CS系多相材料においては、通常分析により捕らえることができない多くのゲル状物質を生成するためであるとしている。熱力学的平衡計算結果に基づき、生成すると推定した水酸化カルシウム(CH)、ケイ酸カルシウム水和物(C-S-H)ゲル、水酸化アルミニウム($Al(OH)_3$)ゲル、アルミン酸カルシウム水和物(C-A-H)ゲル、Ettringite および Monosulfate を合成し、50 MPa で圧縮成形したそれぞれの成形体についてナノインデンテーション法により微小押込み硬さを測定している。その結果、微小押込み硬さは、水和物の種類で異なり、 $CH > C-S-H$ ゲル $> Al(OH)_3$ ゲル $> C-A-H$ ゲル $> Ettringite > Monosulfate$ となること、および、結晶性物質の値の分布は狭いが、ゲル状物質の値の分布は広い傾向を示すことを明らかにしている。

第4章「水和物の力学的特性と硬化体の相組成を用いた強度発現機構の検討」では、Ryshkewitch の提案している空隙率と強度の関係式 $\sigma = \sigma_0 \exp(-k \cdot P)$ に、水和物の力学的特性を取り込んだ解析について検討している。ここで、 σ_0 は、空隙ゼロにおける仮想到達強度、 σ は硬化体の強度、 P は空隙率、 k は定数である。 σ_0 はナノインデンテーション法で得られた水和物の微小押込み硬さと体積分率を用いて、平行平板モデルから算出し、また、空隙依存性を表す k 値は、 σ_0 と、実測の圧縮強さおよび空隙率の関係から算出している。さらに、得られた k 値と水和物の体積分率を用いた重回帰分析により、硬化体の相組成から k 値を直接求める方法も提案している。これらの値を用いて Ryshkewitch 式から予測した PC-AC-CS 系多相材料の圧縮強さと実測の圧縮強さとは高い相関があり、水和物の力学的特性と硬化体の相組成が多相材料の圧縮強さ発現に影響を及ぼすことを明らかにしている。

第5章「環境に配慮したセメント系多相材料の特性と応用」では、PC-AC-CS系に副産物である高炉スラグ微粉末(BFS)を50%置換した低環境負荷型セメント系材料について検討している。その結果、本章で開発した多相材料の CO_2 排出量は、普通ポルトランドセメントを用いた場合の40%となるとしている。PC-AC-CS系にBFSを多量に使用した場合でも、流動性は粉体の充てん性により、また、速硬性および寸法安定性は多相材料中の SO_3/Al_2O_3 比により制御できることを明らかにし、圧縮強さは、第4章の手法を用いて推定できるとしている。さらに、本章で開発した多相材料をセルフレベルング材に適用し、約250 m^2 の床の実施工を行った結果、従来の左官仕上げによる工法に対して施工時間は8%に短縮でき、延べ人数は23%に削減できることを明らかにしている。

第6章「総括」では、各章で得られた知見および成果をまとめている。

これを要するに、本論文は、PC-AC-CS系多相材料の物性制御方法や水和物種類の影響を組み込んだ新たな強度発現機構について提案し、さらに、高流動、速硬性で寸法安定性に優れた低環境負荷型セメント系多相材料を提案したもので、工学上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認められる。