

論文の内容の要旨

論文題目「戻りコンクリートから製造した乾燥スラッジ微粉末の諸特性と
その有効利用に関する研究」

学位申請者 大川 憲

キーワード：戻りコンクリート 乾燥スラッジ微粉末 比表面積 圧縮強度 遅延剤

社会資本整備の重要な材料として、コンクリートは欠かせないものである。国内では1949年からレディーミクストコンクリート工場（以下、レミコン工場と称す）の操業が開始され、現在は国内で3351工場（2017年6月現在）となった。国内のレディーミクストコンクリート（以下、生コンと称す）の出荷量は、2016年度において8,400万 m^3 /年程度であり、コンクリートの総使用量の80%超を占めている。この生コンを用いてコンクリート構造物の施工を行う場合、必要とされるコンクリート量に対し運搬・納入されるコンクリート量は工事の特性上、施工者が余裕を持って発注するため、コンクリート施工のたびに余剰な生コンが発生する。一般に、この残余の生コンはレミコン工場に戻され（戻りコンクリート、以下戻りコンと称す）、生コンプラントおよびアジテータ車の洗浄時に発生する生コンと共に最終処分または有効利用のための処理が行われている。この処分または処理にかかるコストはレミコン工場側の負担となっており、経営上の大きな課題となっている。環境負荷低減の観点からも、戻りコンの削減または有効利用を推進することは社会的ニーズの高い事項である。国土交通省の実態調査によれば、戻りコンは平成17年時点で出荷されたコンクリートの約1.6%と報告され、国内で年間100万 m^3 超が廃棄されている。さらに平成27年の日本コンクリート工学会のアンケート調査結果によると、都市部ではその比率は2～4%程度であると報告されている。また、近年産業廃棄物処分場の建設が一層厳しくなる中、残余容量が減少傾向にあることから、生コン業界においても廃棄物削減とリサイクル促進は喫急の課題であり、今後廃棄処分費の高騰が予想される。一例として本リサイクル事業を行っているレミコン工場において戻りコンをリサイクルした場合としない場合のコスト比較を行ったところ、リサイクルした場合、戻りコン700 m^3 /月に対し若干のコストメリットが得られ、それを各種コンクリートで有効利用することで、CO₂排出量を大幅に削減できる技術として期待されている。

一方、近年の環境指向の高まりから建設産業における地球温暖化の抑制対策として、CO₂排出量の削減が求められ、コンクリート分野においても同様の観点から副産物の有効利用を含めた環境負荷低減型コンクリートの開発が多数報告されている。これらは、普通ポルトランドセメント（以下、OPCと称す）よりもCO₂排出量が少ない高炉スラグ微粉末（以下、BFSと称す）やフライアッシュ（以下、FAと称す）などの混和材を高置換させたものである。これらのコンクリートは、高強度の硬化体を得られるが、水酸化カルシウム量が少なく強アルカリ性を付与することが難しいため、鉄筋コンクリート（RC）造構造物に適用するには中性化抵抗性の確保が大きな課題となっている。

これらの背景から、本研究では戻りコンから骨材を回収し、残余のスラッジ水を脱水後、破碎

乾燥処理した乾燥スラッジ微粉末（以下、DSPと称す）についてその基礎物性を明らかにし、DSPのコンクリート分野への適用について検討した。これらは、廃棄物削減とリサイクル促進の観点や戻りコン処理費の縮減にも繋がるため、重要な研究課題である。

本論文は全6章で構成されている。

第1章では、本研究の背景、研究の目的および本論文の構成を示した。

第2章では、戻りコンの国内外の状況および戻りコンに関連するJIS規定の現状について整理した。また戻りコンの有効利用や環境負荷低減型コンクリートに関する既往の研究についても調査した。

第3章では、DSPの品質に処理方法が大きく影響することが想定されるため、その品質管理手法を確立することを目的とし、DSPの基礎物性および実機プラントを用いたDSPの製造実験を実施した。さらに夏季におけるDSPの品質向上を目的に遅延剤添加の効果およびDSPの品質に及ぼす分級や粉砕の影響について検討した。その結果、戻りコンを発生から翌朝までに処理することにより、未水和セメントの含有量を多くすることができ、OPCの5～6割程度の強度発現性を有したDSPが得られる。このDSPは、比表面積と強度発現に相関があり、比表面積が小さいほど強度が大きくなる傾向となった。またDSPの比表面積は破砕乾燥処理を行うまでの水和反応の程度で変動し、夏期は大きく、冬期は小さい傾向にある。さらにDSPは積算温度（処理までの時間×外気温）と比表面積で管理でき、品質向上に遅延剤が有効であることを新たに見出した。

第4章では、DSPを用いたクリンカーフリーコンクリート（以下、RCCFコンクリートと称す）について検討した。このコンクリートはOPCをほとんど用いず、DSPと副産物混和材を結合材としたコンクリートである。本章ではRCCFコンクリートの基礎物性や耐久性に着目し、中性化抵抗性およびひび割れ抵抗性について検討した。その結果、目標とした設計基準強度 24N/mm^2 以上を十分満足することが可能であることおよび従来のコンクリートに比べ CO_2 排出量を90%程度削減できることを新たに明らかにした。また比表面積が $8000\text{cm}^2/\text{g}$ 程度以下のDSPを結合材の60～80%用い、適切な水結合材比とすることで普通コンクリートと同等以上の中性化抵抗性を付与でき、プレキャスト部材に適用した場合、普通コンクリートより自由ひずみは $100\sim 200\mu$ 程度大きくなるが、内部鉄筋の拘束に対する十分なひび割れ抵抗性が確保できることを新たに示した。

第5章では、DSPを用いた生コンとプレキャストコンクリートについて検討した。生コンでは、DSPをOPCに対して20～30%置換した低環境負荷コンクリート（以下、L-SRコンクリートと称す）を開発することを目的とし、室内試験および現場実打設によりL-SRコンクリートのフレッシュ性状や圧縮強度について検討した。その結果、OPCを用いたものと比べ、若干スランプロスが大きくなるが、強度や中性化速度係数はおおむね同程度であった。

プレキャストコンクリートでは、上記L-SRコンクリートをプレキャストコンクリート製品である積みブロックコンクリートに適用することを目的とし、そのフレッシュ、硬化性状および製品規格（外観・質量・形状、寸法・圧縮強度）との適合性について検討した。その結果、OPCを用いたものと同様以上の強度が得られ、コア供試体の見掛け密度が大きくなるほど、製品規格に適合する積みブロックコンクリートが製造できた。

第6章は結論であり、各章で得られた知見をまとめた。さらに、DSPに関する研究の今後の課題についても述べた。

以上のように、本研究は戻りコンから製造したDSPの諸特性とその有効利用について明らかにし、戻りコン由来の廃棄物および CO_2 排出量の削減に貢献するものである。