

# 鹿児島大学発 シラスコンクリート

鹿児島大学

武若耕司教授に聞く

## 建築物件に初適用

鹿児島県で活用が進められているシラスコンクリート。現在、都内の建築物件へのシラスコンクリートの適用も検討されている。約30年にわたりシラスコンクリートを研究してきた鹿児島大学の武若耕司教授に聞いた。

### 耐塩害・耐硫酸 特長を活かす／5年で物性を把握

武若教授は1982年に鹿児島大学に赴任。「地元の役に立つ研究がしたい」（武若教授）と考えて着目したのがシラスだった。シラスは県内に約600億 $\text{m}^3$ ある火砕流堆積物だが、県内ではがけ崩れの原因や「作物が育ちにくい」といったマイナスのイメージがあった。当時は瀬戸内海の手砂採取規制や、河川砂の採取禁止などの動きが全国に広がり始めていたことを受け、コンクリート用細骨材として利用する方針を固めた。85年の研究開始から91年までの6年間（助走期）でシラスの物性、シラスコンクリートの強度特性、シラスコンクリートの配合設計案などを作成した。

シラスは多孔質で内部空隙率が大きく、表乾密度は平均でも $2.18\text{g}/\text{cm}^3$ 程度、また、吸水率も10%を超えるものがあるなど、JISA5308（生コンJIS）で定められている骨材の基準を満足しないことが分かった。また、シラスは火山性ガラスを多く含有しているため、アルカリシリカ反応性に関する化学法試験では「無害でない」となる。

さらに、微粒分量の多さも細骨材として利用する際の問題となった。シラスには $0.15\text{mm}$ 以下の微粒分量が平均で20%以上含まれており、流動性や水分管理が難しくなると予想されたが、シラスの実用化にあたっては、微粒分をあえて除去しない方法を選択した。その理由は①ポズラン反応性がある②微粒分があることで逆に粗骨材のアルカリシリカ反応の抑制効果に繋がる③除去コストが嵩む④ $0.15\text{mm}$ 以下の廃棄費用が必要となる—の4つ。「微粒分の多さはリスクだが、これを取ると特長を奪うことになりかねない」（武若教授）とし、特長を活かすため、微粒分はそのまま利用することにした。

### 適用範囲を広げる

助走期に土木学会や日本コンクリート工学会（JCI）などにおいてシラスコンクリートに関する論文を数多く発表したことで、全国のコンクリート学識者にシラスコンクリートの存在が周知された。進展期（92～99年）は、シラスコンクリートの普及に協力してもらえる地元のコンクリート生産者、行政へのPRに軸足を移した。

またシラスの適用範囲を拡大する研究をスタートした。法面の吹付けコンクリート用細骨材に多

孔質であるシラスの特長を活かして「植生型吹付けコンクリート」の製造技術を確認したほか、シラスの持つポズラン反応性を活かして、セメント代替として用いる手法を検討した。

シラスをセメント代替として5%、10%、30%置換したところ、シラスを増量するに従って初期強度は落ちたものの、約1年で普通コンクリートに追いつき、3年後には上回ることが分かった。

また、助走期に始めた耐久性の調査結果が出揃い始めた。海洋暴露した供試体の塩分拡散係数は、普通コンクリートに比べ約3分の1程度まで抑制できたほか、シラスコンクリートは水セメント比に関わらず耐硫酸塩性が高いことが分かった。シラスが持つポズラン反応性がコンクリートの耐久性向上に有効に作用したためと考えられる。

製造面における大きな変化は、高性能AE減水剤が登場したことだ。水分管理が難しいシラスコンクリートにとって、高性能AE減水剤が一般的に普及したことで、品質安定に寄与する材料が出揃ったといえる。現在製造されているシラスコンクリートでは、高性能AE減水剤の使用が標準仕様となっている。武若教授は「進展期には、普及面の成果は出なかったものの、当時行った研究の多くは、今活かされている」と、当時を振り返る。

## 成果出る加速期

97年に鹿児島県が海砂の採取規制の検討を開始したことでシラスコンクリートを取り巻く環境は大きく変わる。2002年に鹿児島県は海砂代替骨材の検討委員会を設置し、シラスを代替骨材の一つとして取り上げた。検討委員会の主導で、シラスを用いたコンクリートが、県発注工事の水路や消波ブロック、根固めブロックなどに試験施工された。

鹿児島県土木部はこれらを検証して、06年に「シラスを細骨材として用いるコンクリートの設計施工マニュアル(案)」を策定。これにより、鹿児島県のコンクリート生産者、行政にシラスコンクリートの存在が周知された。さらに同部は07年度から道路側壁などで用いられる間知ブロック、08年度から歩車道の境界ブロック、10年度から道路のU字側溝、落蓋側溝などにシラスを用いたコンクリート製品を優先的に使用する方針を示し、シラスコンクリートの普及を後押しした。

進展期から行っていた鹿児島県の霧島温泉における暴露試験で、高い耐硫酸性を示した点が評価され、同地で発注された丸尾の滝橋の橋脚にシラスコンクリートが約5500m<sup>3</sup>採用された。そのうちの600m<sup>3</sup>は、高流動のシラスコンクリートである。同工事の施工は、建設専門誌の表紙を飾り、地元建設業者への広報にも一役かった。

## 調達コスト低減へ

一方でシラスコンクリートの普及における課題も浮上した。丸尾の滝橋工事で使用したシラスの調達コストは1m<sup>3</sup>当たり約1万円と通常のコンクリート用細骨材(海砂)に比べ4~5倍。これは、原材料のシラス自体はタダ同然であるが、需要が少ない中でコンクリート用シラスの製造・管理コストがダイレクトに価格に上乗せされていることによる。鹿児島県がコンクリート製品で優先使用することを明記した後に、コストは下がってきたものの、依然として海砂の約2倍の価格となっている。

そこで、県工業技術センターや建設業者らと、現在、調達コスト低減策を検討している。また、国土交通省九州地方整備局では、10年から施工が開始された武岡トンネルの複線化工事で、建設残土となるシラスを吹付けコンクリート用の細骨材として利用した。生産コストは割高になったが、残土の処理費がなくなったことで、工事全体では横ばいだった。武若教授らは、シラスコンクリートがシラスという産業廃棄物の削減に役立つ技術として、トンネルや宅地造成など大量のシラス残

土が発生する現場での適用も視野に入れ、検討していく方針だ。

## 高流動コンクリートに最適／骨材は地産地消が一番

普及に向けた課題が解決に向かう中、シラスコンクリートが建築工事で初めて使用されることになった。建築の設計を担当するアトリエ・天工人（テクト）の山下保博代表が奄美大島の出身であったこともあり、鹿児島県の素材を用いて建築することが決まった。そこで、材料の選定にあたって、山下代表が東京大学の野口貴文准教授に相談したところ、シラスコンクリートを紹介され、シラスコンクリートを打ち放しコンクリートとして設計に反映することにした。

建築への初採用に向けて、武若教授は3月に鹿児島県内で実機試験を行い、これから抜き出したコア試験の結果は3カ月で50N/mm<sup>2</sup>を超える強度が出ることを確認。山下代表、野口准教授、出荷を担当する東京エスオーシー品川工場の関係者に配合設計を提案した。この結果を基にして東京エスオーシー品川工場は現在、大臣認定を取得する準備を進めている。武若教授は「土木分野では数多くの施工事例があったが建築分野では初めての試み。また県外での施工例も初。建築分野に適用されることになるとインパクトも大きい」と今後の展開に期待を寄せている。

今回は狭所での打設になるため、丸尾の滝橋で実績のあった高流動コンクリートで打設する。シラスコンクリートの場合には標準仕様として高性能AE減水剤を用いており、シラスには多くの微粒分も含まれている。このため、シラスコンクリートでは、さらなる特殊な混和材料を用いることなく高流動化が可能となる。武若教授は「高流動コンクリートこそが、シラスコンクリートの特徴をもっとも引き出せる」と評している。

### 今後の展開

九州地方整備局鹿児島港湾空港工事事務所からの委託で、シラスコンクリートの耐塩害性を評価する暴露試験を鹿児島市谷山港で実施している。実験開始から7年半経過したが、シラスコンクリートが塩害に対して極めて高い抵抗性を有していることが確認された。シラスコンクリート中への塩分の拡散速度が格段に低くなることのほか、鉄筋に腐食が発生してもその進行速度も5分の1程度に抑制されていた。また、一部の供試体に過度の締め固めからくる施工不良により初期収縮ひび割れが発生したが、シラスコンクリートでは、これらのひび割れが閉塞する状況もみられ、「微細なひび割れの自己治癒性能が高いことも考えられる」（武若教授）という。

鹿児島県を中心とする行政の優先使用により、地元の生コン、製品業界にもシラスコンクリートに対する理解が深まってきた。建築工事の実機試験に協力した日研マテリアル（鹿児島市）などコンクリート生産者も積極的に取り組む姿勢が鮮明になってきた。

武若教授は「建築工事にも恒常的に使用されるようになれば適用範囲が拡大し、調達コストは下がる。海砂や川砂の調達で困るようなことが出てきても、鹿児島にはシラスという代替品があるというのは強みになる時がくるだろう。骨材調達のための遠方からの輸送による環境負荷も低減できることを考慮すれば、コンクリートの材料は地元で調達し、使っていくことが一番よい」と語っている。

(コンクリート工業新聞2013年8月8日付掲載)