

地域資源シラスのエコマテリアル化に関する研究

－その1 シラスを用いたエココンクリートに関する検討－

田中 光徳* ミヨーキン* 岡林 悦子*

Research on Utilizing Local Resource “Shirasu” as Eco-Material

Mitsunori TANAKA* Myo KHIN* Etsuko OKABAYASHI*

Abstract :

Global environmental issues such as, decrease in tropical forests, acceleration of desertification, discharge of pollutants and rapid decrease of living species, are getting more and more serious. Especially, due to the use of fossil fuels, the concentration of global warming gas, approximately 350 ppm at present, is increasing by 2-3 ppm by each year. If this value reaches 500 ppm, it has been said that ice in the southern pole or northern pole areas would melt because of corresponding temperature increase and the seawater level would rise by 80-100 cm accordingly, and that nations and cities located at low altitudes would be endangered for their existence. The development of infrastructures that we have been conducted by using concrete, was mainly aimed for its easiness for practical use, and was pointed out by various groups of people that considerations given to the environment were insufficient. For the sustainable development of the concrete industry in the 21st century, the concept of eco-material which pays attentions to the environmental aspects has become necessary. Examples are; the low environmental burden type material that impose no or reduced environmental load, the environmentally harmonizing material that is used for mitigation of human beings and ecosystem and for its creation, the frontier-developing type material that expands the action world of human beings and activity environment, the amenity-creating type material that provides richer life environment in people’s action world, and the resource circulating type material that contributes to the recycling.

In order to keep utilizing the excellent properties of concrete for the future under these circumstances, keeping the aggregate resource for the concrete will become an important issue. Especially in the Southern Kyushu district, after the supply of river aggregate being depleted, the dependence on sea sands, and crushed stones increased, while sea sand have many difficult problems such as removing salts, degradation in particle size and decrease in density due to inclusion of pumice, and restrictions of aggregate dredging. Among the natural resources in Japan, the estimated deposit of abundant lightweight volcanic silicate known as “Shirasu”, is said to be around 200 billion tons, and especially this Shirasu in the Southern Kyushu district deposits on wide areas covering 4700 km² in total, of which 72% is concentrated in Kagoshima prefecture. If a new and effective use of Shirasu, which is virtually limitless were opened, it would mean securing of a new self-supplying resource.

Chemical composition of Shirasu consists of mainly silicates and alumina. The pozzolanic action of Shirasu also showed good compatibility with cement. Its physical properties are; lightweight because of porous nature, having surface characterized by significant roughness, moisture absorbing and water-maintaining nature. The method of utilizing Shirasu as eco-material is developed and reported in this study.

*土木工学科

1. はじめに

熱帯雨林の減少と砂漠化の進行、汚染物質の排出と生物種の急減等、地球規模の環境悪化が進んでいる。特に化石燃料の利用によって地球温暖化ガスの濃度が、現在約350ppmから毎年2～3ppm増加している。この値が500ppmになると温度上昇によって南極や北極圏の水が溶け、海水面が80～100cm上昇するとされ、海拔の低い国々や都市は存続を危うくしている。我々がこれまでコンクリートを用いて構築したインフラ整備は、利便性を中心としたものが多く、各方面から環境面の配慮が不十分であった点が指摘されている。21世紀におけるコンクリート業界の持続可能な発展を図るためには、環境に配慮したエコマテリアルの概念が必要となってきた。それは、環境に負荷を与えないか低減する負荷低減型材料、人類と生物環境との調和をはかり創造する環境調和性材料、人類の活動圏を広げ、活動環境を拡張するフロンティア性材料、活動圏のなかで生活環境に豊かさを与えるアメニティ性材料、リサイクルに配慮した資源循環型材料等が考えられる。

このような背景にあって、コンクリートの優れた特性を今後も有効に利用していくためにはコンクリート用骨材の確保も重要な課題となっている。特に南九州地域においては、河川産骨材の供給が停止してから海砂・砕砂への依存度が増大し、そのうち海砂においても塩分除去、軽石混入等による粒度、密度低下、採取規制等々難問を抱えている。資源に恵まれないわが国の地下資源のなかで、軽質火山系珪酸塩の賦存量はおよそ2000億トンとも推測され、特に南九州のシラスは総面積4700km²にも及びそのうちの約72%は鹿児島県に分布している。この無尽蔵ともいわれる未利用シラスの有効利用の道が拓かれれば、自給可能な新たに資源が確保されることになる。シラスの化学組成は主として珪酸質とアルミナ質とから構成され、ポゾラン反応性を示し、セメントと相性が良好な材料である。また、物理的な性質は、多孔質のため軽量で、表面性状は凹凸に富み、吸湿と保水性を有する素材である。こ

れらの性質を、先に示したエコマテリアルとして適用する手法を開発するため、シラスの物理・化学的物性試験から特殊な物性を選択しシラスコンクリートの各種環境材料への適用法の検討を行った。

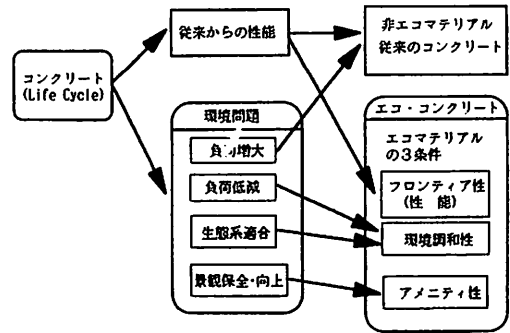


図1 コンクリートのエコマテリアル化

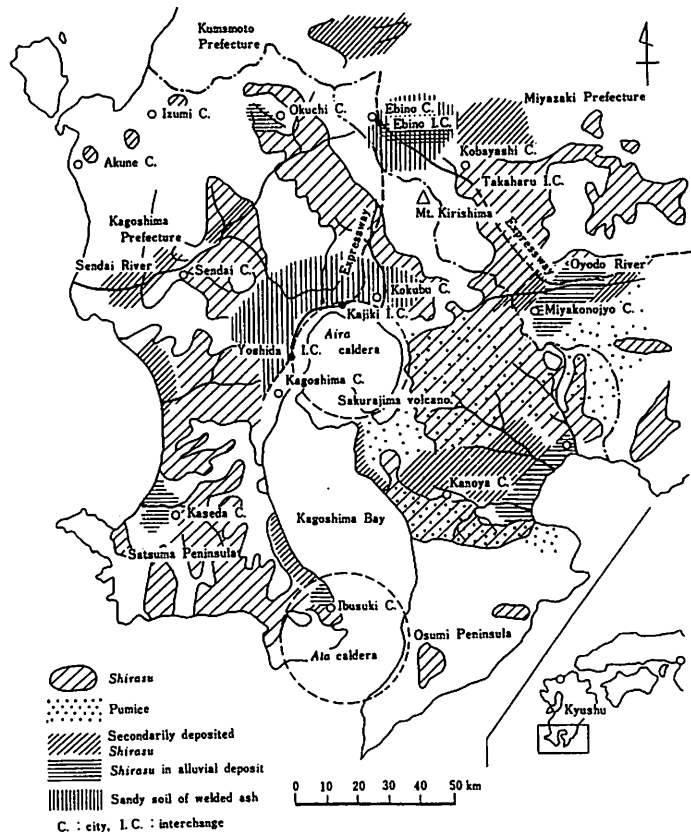


図2 シラス地帯の概要(鹿児島県)

2. シラス地帯の自然条件と物理化学的特性

シラスは、図2に示すシラス地帯の概要（鹿児島県）のように始良カルアラを中心に鹿児島県本土の全域、宮崎県南部および熊本県人吉盆地、水俣市の一部に至る約130km四方にわたって分布している。その分布面積は、鹿児島県本土の50%、宮崎県の約17%を占め、総計4750km²にも及び、シラス地帯中、その72%の面積が鹿児島県、27%が宮崎県および残りが熊本県である¹⁾。

2.1 シラス地帯の鉱物組成

シラス台地を構成している地盤は、鹿児島県では火山灰、火山砂、軽石などがほとんど一様に混入し、成層している。シラス層の厚さは、軽石のあるところは30~50m程度、深いところでは100mにも及ぶ。シラス層の上部には新期火山灰層であるローム層が約4~5m存在する。鹿児島県のシラス層では一般に浸食谷の高さは50~100mにも及び、また幅が狭く、両端の壁はほとんど垂直に切り立っている。また、宮崎県では、二次的に水成された二次シラスが多く、浸食谷も30m内外である¹⁾。シラス地帯の地質層序を表1¹⁾に示す。

また、シラスの粒度は、図2.3に示すように、数ミリ径の粒子から0.1μm径の微粒子にわたる広い粒径粒子から成り立っている。

特に、軽石分、細粒分の割合は産地により相当の違いが見られる。鉱物の種類は数種におよび、鉱物組成上、おもに火山ガラス、斜長石、石英、紫蘇輝石および普通輝石からなり、このほか、微量の角閃石および磁鉄鉱を含んでいる。これらの組成鉱物のうち、火山ガラスは重量比でシラスの70~80%を占め、これに次いで斜長石が多く、10%程度を占める。従って、シラスは火山ガラスの集合体であり、風化していない一次シラス中の火山ガラスは溶結組織の主要部分を構成し、鉱物組織間を埋め、それらを結合させている。溶融物質の破片や粒子が、高温を保ちながらシラスを形成した結果として、火山ガラスの大部分は気泡が膨脹しつつある状態か発砲状となっている。偏光顕微鏡では、繊維状火山ガラス、泡状ないし海綿状ガラス、気泡を含む不規則破片状等が観察される¹⁾。

また、未風化の一次シラスと風化シラスの違いは前者には溶結組織があり、後者にはないことである。

2.2 シラスの物理的性質

シラス粒子の大部分は破碎したガラス状の粒子からなり、それに軽石が加わっている。破碎ガラス状粒子は表面が滑らかで角張った形状の粒子性状を持っており、表面が粗く丸い形状をなす普通の砂とはかなり異

なっている。このような粒子性状が種々の物理的ないし力学的特異性の原因ともなっている。

透水性に関しては、普通砂と比べて間隙比が大きいにも関わらず透水係数は反対にかなり小さい値となる。これは、シラス特有の高い屈曲度（真の流路長と直線距離長の比）に起因するもので、このように、間隙比が大きくて屈曲度が高ければ粒子は速度をもつ流れに対し浸透力を受けて動きやすくなる。しかし、乾燥ないし不飽和状態では、そのかみ合わせ（インターロッキング）のよさのため、普通砂と比べて、間隙比が大きいにも関わらず外力に対して比較的大きな抵抗を示す¹⁾。シラスの浸食されやすい性質、シラス粒子密度の小さいことによって発生する浮遊、扁平度等がシラスをコンクリート材料に用いる場合の留意点となる。

またシラスの密度（比重）は一般の砂に比べ小さく、鹿児島県下の場合多くが2.20から2.60の範囲内にあり、その中でも比較的小さい値が多く見られる。

2.3 シラスの化学的性質

シラスは、化学組成上、一般に、重量比でその70%前後が珪酸(SiO₂)からできており、14~15%の酸化アルミニウム(Al₂O₃)、および数%の酸化マグネシウム(MgO)、酸化第一鉄(Fe₂O₃)、酸化マンガンから成り立っている。噴出源の相違では、阿多及び池田シラスは、始良シラスに比べ全鉄・MgO・XmnOに富んでおり、特にMgOの含有量が多い。SiO₂量は始良シラスが多く、阿多シラスは塩基性に近く、始良シラスは酸性にシフトしている。同じ始良シラスでも噴出源から遠ざかるにつれてSiO₂量が増す傾向があることを確認している。

表1 シラス地帯の地層層序区分

地質時代	主として地殻岩類	主として火山岩類	
新 生 代	完新世 No 0.01	沖鎮層 砂丘砂層 扇状地堆積物 扇状地堆積物 高位段丘堆積物 赤木ヶ 入戸火砕流堆積物(しらす) 大隅降下軽石 中位段丘堆積物 阿多火砕流堆積物 始良層および相当層 加久島火砕流堆積物 (城山層・壱水層層ほか) 高位段丘堆積物 先加久島火砕流堆積物 園分層群・花倉層	火山噴出物 (降下軽石・火山灰) 完新世火山岩類(霧島・樺島)
	第四紀	霧島火山岩類 新期火山岩類	
	更新世	関本田火山岩類 鹿洲火山岩類 川内玄武岩	
	更新世 ~ 2	水野層および相当層 鮮新世火砕流堆積物	北薩新期火山岩類 南薩新期火山岩類
新 第三 紀	鮮新世	北薩古期火山岩類	
	~ 5	南薩層群	古期火山岩類 南薩古期火山岩類
	中新世		新期花崗岩類 (霧島山・高隴山・大隅)
古 第三 紀	23		
	67	日南層群 (四万十層群南帯)	古期花崗岩類

2.4 シラスの利用と物理・化学的物性条件

本研究の主眼とする点は、火山珪酸塩のなかで、特に広義でのシラス特性をエココンクリートとして有効に利用することであり、主に建設関連材料の素材として企業化、工業化に結びつけることである。

そのなかでも、シラス、シラス軽石は建設素材としてまた、地域資源の有効利用の観点からも多くの可能性を秘めた材料と考える。同時に、わが国は建築・土木系の膨大な建設ストックを抱え、それらの維持、更新のために大量の解体工事を必要としているが、発生するコンクリート塊の量は、今後ますます増大することが予想され、完全再利用リサイクル化への要求も益々強くなるものと思われる。このような背景から、現地再生粗骨材と現地シラス系細骨材をコンクリート用に利用する思考は地域資源の有効利用、地域活性化にも貢献でき、同時に構造用コンクリートへの利用が可能となれば生物共生型ポーラスコンクリートと一体となった多自然型護岸の希求にも対応できると考える。

シラスコンクリート、シラス軽石およびシラス微粉末使用軽量コンクリート、再生シラスコンクリートについて、実施した試験結果を検討し、考察する。

3. 原シラスを用いたモルタルによる検討

河川護岸構造物にポーラスコンクリートを用いる場合、その背部構造は洪水災害を防止する目的の耐久性コンクリートとしなければならない。

本研究は、その中の耐久性コンクリートにシラス(原シラス)をコンクリート用細骨材として用いる場合の課題、問題点を検討した。

3.1 使用シラスの成因と特性

当研究において試料採取地とした鹿児島市近郊、国分市近郊、いずれのシラスも図4のごとく相当の粒度の変動がみられる。この中でシラスS₁(国分・池田産)は粒度、軽石混入量、微粉末量においても良好で、シラスS₂(国分・重久産)、シラスS₃(鹿児島市・郡元産)が、これに続いている。シラス原砂は微粉末、軽石を多く含むセメント使用量の増大、ワーカビリティの悪化、水量増加にともなうブリーディングの増大、それにとまなう材料分離、ひびわれ等々、ブレンコンクリートとして使用する場合には問題が多い。そのため当研究においては、シラスコンクリートに対応する各種の混和剤を使用することで前記課題の解決をはかる試みをした。また、コンクリートの混練法等が考えられるが、いずれも示方書に示される表面乾燥内部

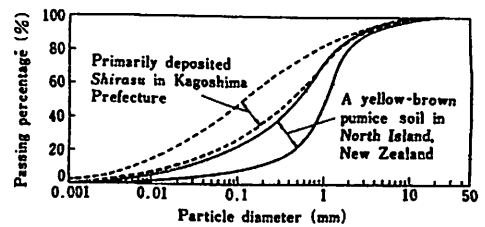
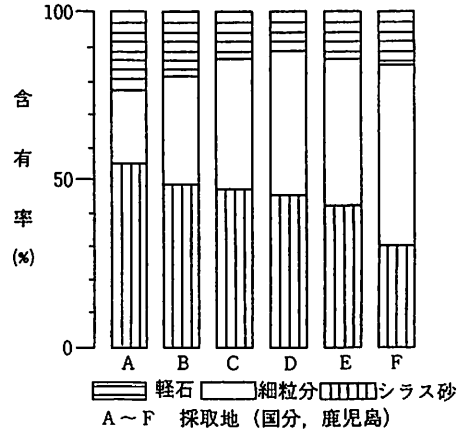


図3 採取地の粒度組成

飽水状態をつくることができないため、湿润状態を基準とする方法を採用した。

以上のようにシラス自身のもつ成因、物理特性等を考慮して、以下の試験を実施して一応の結論を得ることができた。

1) 使用材料

使用セメントは普通ポルトランドセメント(徳山)密度3.15である。使用骨材として鹿児島県大崎産海砂、国分産シラス、粗骨材としては根占産碎石(最大寸法20mm)、をそれぞれ使用した。使用骨材の物理的性質を表2に、フルイ分析結果を図4に示す。

混和剤としては、防水効果と珪酸分を多く含むポラン効果が期待できるK材、K材に改良を加えたD材を使用した。また補強材としてはS・M材を使用した。混和剤としては、非空気連行型高強度減水剤として、NL-4000, NL-1450, 空気連行型減水剤として、PARIC, その他SICA, MIGHTY-150, A₁剤, A₂剤をそれぞれ添加条件に従い混和し使用した。

混和剤の性質・使用条件の一部を表3に示す。

2) 試験体と試験方法

シラスを細骨材として用いる場合、シラス混合物に

対して適切な混和材・混和剤を選定し単位水量を抑える必要があるが、前提としてシラスモルタルを用いた圧縮強度、曲げ強度試験と耐火性試験、透水性試験、熱伝導試験を実施した。

モルタル試験では、使用細骨材（シラス）は自然含水状態のシラスを110℃で絶乾状態とし、常温までデシケーター内で除冷して使用した。

試験は、W/C、Cを一定とし、比較材料に海砂を、フロー値、圧縮強度、曲げ強度を比較データとした。モルタル試験の配合および試験結果を表4に示す。

3.2 シラス版の透水性試験

混和剤混合版と単味シラス版および海砂使用版を作成し、透水性試験と混和剤混入効果を比較した。円形モルタル版の径は15cm、厚さ4cmとし、3kg/cm²の水圧で、3時間経過後の透水量を測定した。試験状況を写真1に示す。

3.3 シラス版の耐火性試験

混和剤混合版と単味シラス版および海砂版の耐火試験を実施した。この場合アセチレンガスバーナー(1100℃~1400℃)を使用し、加熱面の耐火状況を観察した。写真2に試験の概要を示す。

またコンクリート中の熱伝播速度を単味シラス版と混和剤使用モルタル版との比較から、シラスコンクリートの耐火性を判定した。この場合供試体はその底面より0.5, 4.0, 8.0cmにそれぞれ熱電対測定装置を埋め込み、500℃、3時間の熱伝播速度を測定した。その熱電対試験の結果を図5に、試験状況の一部を写真3に示す。

表2 使用骨材の物理的性質

項目 骨材	最大寸法 (mm)	比重	吸水量 (%)	粗粒率	単位容積 重量(kg/m ³)
海砂	5	2.61	2.56	2.75	1,480
シラス	5	2.23	—	2.04	1,270
軽石	20	1.07	39	6.24	453
砕石	20	2.63	1.8	6.62	1,615

表3 使用混和剤の種類と性質

品名	主成分	比重	P.H	使用量
NL-1450	高縮合芳香族スルホン酸塩	1.18~1.22	7~9	600~150cc/ 100kg
NL-4000	高縮合トリアジン系化合物	1.3±0.01	7~9	1500~4000cc/ 100kg
SIKA	オリゴアルキルアリスルホン酸塩	1.25	9~10	C×0.7%
MIGHTY-150	ナフタリンスルホン酸ホルマリン縮合物	1.210	9+1	C×0.8%
PARIC-FL	ナフタリンスルホン酸塩系縮合物	1.200±0.1	9+1	C×0.6%

3.4 シラス軽石コンクリートの強度試験

シラス軽石コンクリート試験では、軽石を湿潤状態、細骨材（シラス）を絶乾状態として配合し使用した。試験条件は単位セメント量C：300kg、W/C=60%とし混和剤を数種添加した。圧縮強度はそれぞれ4週、12週、24週標準養生を行ない、材令と強度の関係および細骨材シラスとの適合性を比較検討した。

この場合混練における振動がコンシステンシーに大きく影響するため振動時間の設定を別に行ない、その

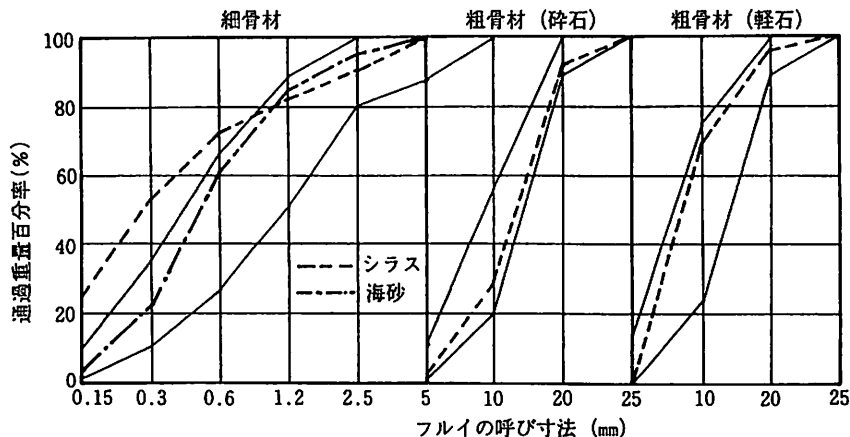


図4 ふるい分析試験結果

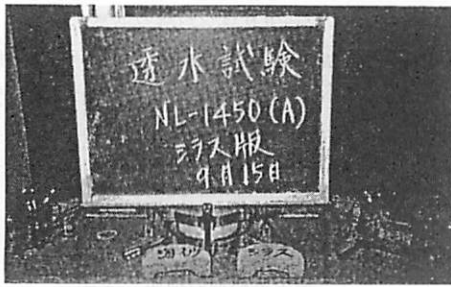


写真1 透水試験

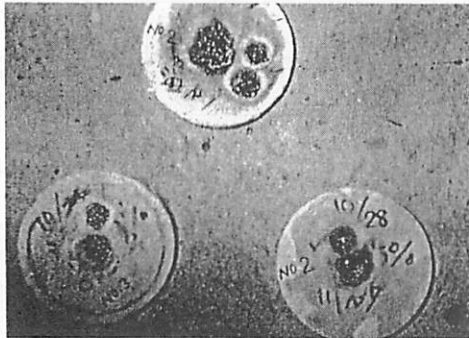


写真2 シラス版の耐火性試験



写真3 熱電対試験の概要

効果を確認した。

その試験結果を図6に示す。

3.5 シラスコンクリート強度試験

シラスコンクリートはシラスを湿潤状態とし、普通粗骨材に市販混和材料を数種添加した。スランプ; 5 ± 1 cm, $s/\alpha 40\%$ 単位セメント量 C; 300kgとし、1週、4週、13週の標準養生 ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) した供試体の材令と

表4 モルタル試験の配合と試験結果

混和剤	混和材	混合量			シラス					海砂				
		混和剤 (α)	混和材 (g)	セメント (g)	W/C (%)	細骨材 (g)	フロー値 (mm)	曲げ強度 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	W/C (%)	細骨材 (g)	フロー値 (mm)	曲げ強度 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)
NL1450	S・M	7.0	70.0	700	58	980	175	7.3	41.6	22	1120	177	13.5	82.8
	D	7.0	33.6	700	58	980	176	7.3	41.7	23	1120	180	12.0	75.4
	K	7.0	33.6	700	58	980	178	7.4	40.2	23	1120	176	15.3	77.7
NL4000	S・M	21.0	70.0	700	58	980	260	8.2	42.0	23	1120	218	15.6	72.0
	D	21.0	33.6	700	58	980	262	7.3	35.5	23	1120	215	15.5	72.2
	K	21.0	33.6	700	58	980	265	7.6	44.7	23	1120	212	10.3	62.4
SIKA	S・M	10.5	70.0	700	58	980	189	8.8	41.1	23	1120	239	13.6	81.6
	D	10.5	33.6	700	58	980	186	7.4	34.1	23	1120	241	13.8	63.0
	K	10.5	33.6	700	58	980	172	7.7	31.7	22	1120	243	13.6	61.2
MITY 150	S・M	14.0	70.0	700	58	980	192	8.2	42.6	20	1120	232	13.1	60.5
	D	14.0	33.6	700	58	980	189	7.4	31.1	19	1120	239	14.0	67.5
	K	14.0	33.6	700	58	980	191	8.2	38.1	17	1120	228	14.7	69.0
A ₁	S・M	2.1	70.0	700	58	980	140	7.9	35.3	24	1120	184	14.0	66.9
	D	2.1	33.6	700	58	980	143	7.4	32.8	23	1120	189	14.8	67.9
	K	2.1	33.6	700	58	980	146	7.4	32.2	24	1120	180	15.0	67.7
A ₆	S・M	7.7	70.0	700	58	980	140	7.7	33.4	26	1120	134	12.7	74.0
	D	7.7	33.6	700	58	980	136	7.2	30.8	26	1120	138	11.9	59.8
	K	7.7	33.6	700	58	980	138	7.6	33.1	26	1120	138	12.2	65.5
—	—	—	—	700	58	980	137	6.5	30.3	32	1120	200	8.3	57.8

(細骨材は絶対乾燥状態)

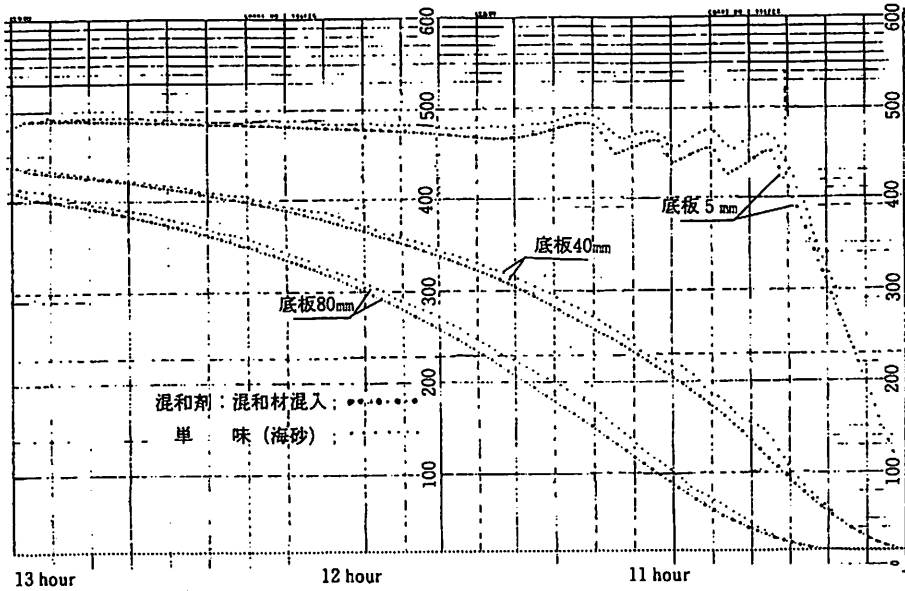


図5 熱電対試験の結果

圧縮強度の関係を比較検討した。

シラスは一般細骨材と異なり細粒分を多量に含むために表乾状態の設定が難しくそれにかわる尺度を設ける必要がある。本研究においては細骨材シラスの浸水後の含水状態を一定とするため一定時間脱水し、その時の含水量32%を目途として配合を決定した。

シラスコンクリートの配合を表5に、また、その試験結果を図7に示した。

4. 試験結果および考察

シラスは一般に密度、F. M (粗粒率)ともに小さいことから、単位水量の決定法が課題となる。元来シラス地帯において災害の元凶とされている大きな原因の1つに水に対する抵抗性がある。ある含水状態に達すると急激な凝集力低下を起し流動をはじめる。コンクリートとした場合にも単位水量の少量の変化によってコンシステンシーはもとより強度のバラツキも大きくなる。特に軟練の場合顕著である。従って、試験では、減水材混入による減水性がシラスコンクリートに及ぼす影響、混練法の比較、振動効果、耐火性、透水性につき検討した。表4に示すモルタル試験の結果は、

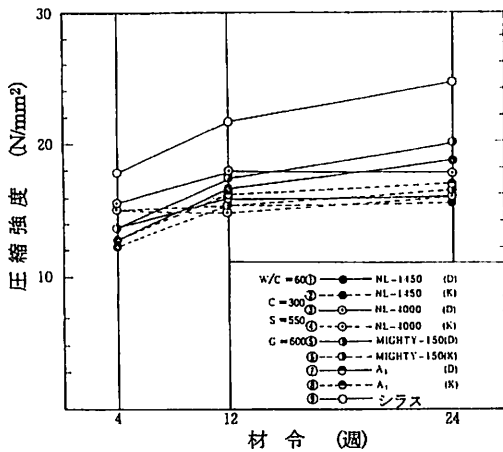


図6 天然軽量粗骨材 (軽石コンクリートの材令と圧縮強度)

表5 シラスコンクリート (普通粗骨材) の配合

配合	混和剤	スランブ (cm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m³)				混和剤量
					C	W	S	G	
1	SIKA	5 ± 1	55	40	400	220	565	999	4000
2	NL-4000	5 ± 1	56	40	400	224	556	993	8000
3	NL-1450	5 ± 1	56	40	400	224	543	961	6000
4	PARIC	5 ± 1	55	40	400	220	529	936	8000
5	KAISA	5 ± 1	40	40	400	160	723	1094	—
6	SHIRAS	5 ± 1	60	40	400	240	547	967	—

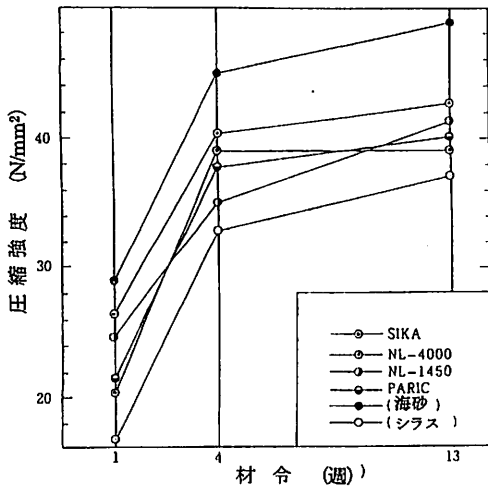


図7 シラスコンクリート(普通砕石)の材令と圧縮強度

シラスコンクリートに効果的な混和材料を選定するために数種の混和剤を用いた配合でモルタル供試体を作製し、フロー値、圧縮強度、曲げ強度の結果を示したものである。

海砂に用いた場合は単味(混和剤未添加)と比べ比較的効果的に作用しているが、シラスに用いた場合混和材料の組合せによってほとんど効果を示さないものがある。

これは既存の混和剤が海砂を基本として開発されているためである。これらの混和材料の中で比較的有効に作用していると思われるSIKA, NL-4000, NL-1450, PARIC等の数種を選定し、以降のシラスコンクリートの試験配合に反映させた。

図6はシラス軽石に数種の混和材料を添加した圧縮強度の材令比較である。使用した軽石は阿多塔結凝灰岩系の石英質軽石(古江産天然軽石)で図4に示すごとく良好な粒度を示す。密度は表乾密度;1.07, 絶乾密度;0.77吸水率は39%である。普通粗骨材コンクリート強度に比べ高い強度は望めない、これはモルタル強度に比べ粗骨材自身の強度が小さい事に起因するもので、密度の相違、単位水量増にともなう骨材の浮上現象、ブリーディング等は、混和剤混入により相当改善されている。しかしシラス単味による場合が他の配合に比して依然として高い強度を示す原因をこの試験のみで判定することはできない。また、混和剤混入による減水効果はフレッシュコンクリートを安定なものにし、軽量で安定した強度を必要とするこの種の材料

の場合、混和剤混入は必須条件である。

本試験では水セメント比を一定にして実施したが、水セメント比のコンクリート強度に及ぼす影響から考えて水セメント比を変化させた場合の材令-強度について継続試験する必要がある。また軽量骨材コンクリートの場合、密度の違いからくる振動締め固めによる材料分離を防ぐため振動作動時間の一定化を図る必要があるが、繰り返し試験をし、10秒とした。混和材料の組合せでは、NL-4000(D材)NL-1450(D材), MIGHTY-150(D材)が良好な結果を得た。図7は普通砕石(粗骨材)にシラスと数種の混和剤を混合した場合の圧縮強度の変化を単味シラス, 単味海砂コンクリートと比較した結果である。混和材料の種類別で強度変化をみると、初期強度は海砂(単味)コンクリートと同等の傾向を示すものが多いが、長期強度においてやや伸びを欠くものが見られる。

しかし、混和剤の混入による効果は大きく、なかでも空気連行性のない①配合, ③配合系に適合性がみられた。普通、セメント粒子は水との親和力よりも粒子間の凝集力の方が大きいために、練り混ぜ水中でその一部(10~30%)が凝集してフロック状態を呈する。シラス系の場合、前述のごとくきわめて多量の微粒子を含むために、粒子間の凝集力がセメント粒子と同様に大きく、それら凝集力を低下させる混和剤が必要となる。

そのため陰イオン系界面活性剤に属する混和剤(減水剤)を添加することにより、これが水中で電離したイオンとなり、フロック状態のセメント粒子(シラス微粒子)表面に吸着して静電的に粒子を分散させる効果をもつためと思われる¹³⁾。

その結果、フロック中の水や空気が解放され、セメントペーストは流動性を増し、同一水量でもコンシテンシーの大きなコンクリートとすることが可能である。

しかし、粒子分散作用のみによる減水効果には限界があるため、空気連行性を有するAE剤との併用がよりワーカブルなコンクリートとするための条件と思われる。また本研究において細骨材を湿潤状態(含水量一定)としたが、それは次の理由による。

(i)シラスは一般の細骨材とは異なり、コンクリート標準示方書に準じた吸水量の決定が困難である。従って微粉末を多く含み、分散性の劣るこの種の混練には前記モルタル混練(絶乾混練)と比べ単位水量の一定化が得やすい飽和状態混練が有利であること。

(ii) シラスは水を含むと流動化する性質を有すること。飽和状態の細骨材に混和剤を混入することにより同一水セメント比でもワーカブルなコンクリートとすることができること。

(iii) バイブレーション効率を高めることができ、結果、水セメント比を小さくでき、強度を高めることができること等である。

写真2はモルタル板の耐火試験状況を示す。シラスは噴火時の高熱、急冷、気象作用その他種々の苛酷な物理的、化学的作用を受けて誕生したもので、人工的には成し得ない幾つかの優れた性質を有している。写真はモルタル板にアセチレンガスバーナ（1000℃以上）を約5min当てた後の耐火面の変化を示すが、加熱面はシラス板の場合濃緑色でガラス状を呈し、加熱による溶解範囲が他の材料に比べ比較的狭い範囲にとどまっている。それに対し、海砂版の場合、加熱面が飛散し溶解面が広範囲となる。

また、混和剤混入モルタル板がより耐火的であり、熱伝導性においても40mm厚プレートの加熱が表面溶解時においてさえ裏面への熱伝導は小さく、手に触れることができることから理解できる。図5は熱電対試験の結果であるが、上記モルタル板試験と同様の結果を示している。なかでも混和剤+混和材混入モルタル板が単味モルタル板に比べ常に低い値を示している。このデータは海砂（単味）板とNL-4000、D材（混和材）組合せ版の一部を示したものである。

写真1はモルタル版の透水試験の結果を示したものである。単味シラス、海砂、混和シラス板の順に透水性が大きく表れている。単味シラス版の場合、海砂に劣るものの、混和剤を併用することにより相当の防水性が期待できる。

以上のことから、シラスコンクリートは、単味としての使用には無理があるが、適切な混和材料の併用により、相当の強度、耐火性、防水性をもったコンクリートとすることが可能と思われる。

5. 参考文献

- 1) 田中光徳 樋渡重徳 池田正利；シラス微粉末を利用した人工軽量骨材に関する基礎的研究 土木学会西部支部 V-6 pp.450-451.1984
- 2) 田中光徳 樋渡重徳 池田正利；シラスコンクリートの耐久性に関する基礎的研究 土木学会西部支部 V-14 pp.466-467.1984
- 3) 池田正利 田中光徳 樋渡重徳；シラス微粉末を利用した人工軽量骨材に関する基礎的研究—第2報—土木学会西部支部 V-10 pp.476-477.1985
- 4) 田中光徳 樋渡重徳 池田正利；シラスコンクリートの耐久性に関する基礎的研究—第2報—土木学会西部支部 V-11 pp.478-479.1985
- 5) 田中光徳 樋渡重徳；シラス砂を用いたコンクリートの実験的研究 土木学会西部支部 V-12 pp.514-515.1986
- 6) 田中光徳 樋渡重徳；シラス砂を細骨材としたコンクリートに関する基礎的研究 土木学会第42回学術講演会講演概要集 V-284 pp.606-607.1987
- 7) 藤本広 他；シラスのせん断特性について、土木学会西部支部 pp.14-17.1966
- 8) 樋渡重徳、斉藤利一郎、山内悦子；霧島川流域のコンクリート構造物の浸食について 土木学会西部支部講演概要集 昭和47年度 pp.65-66
- 9) 春山元寿、山内豊聰；南九州における火山性堆積土“シラス”に関する文献集録 九州大学、昭和41年度
- 10) 三木五三郎；白砂（シラス）台地の土質力学特性と崩壊対策 東京大学生産技術研究所紀要 昭和27年度
- 11) 福士、増川他；流動化コンクリートの調査に関する実験的研究 日本建築学会学術講演集、1982年、10月
- 12) 九州・沖縄における特殊土：（社）土質工学会九州支部 pp.141-161.
- 13) 大田良平；シラス研究序説、地球科学 No.72 pp.124-156.