

# 裾花凝灰岩の建材としての活用法\*

山 崎 英 樹\*\*

## 1. ま え が き

国鉄下り信越線に乗って長野駅に到着する少し手前進行左側に白色の山が連なっているのが見られる。これが裾花凝灰岩で、長野市の西北部に広く分布しているものである。この岩層の厚さは700~800mであり、分布面積はおよそ34km<sup>2</sup>に及ぶもので、その体積は約250億m<sup>3</sup>と推定される。

このように膨大でさらに均質な上に採掘しやすい岩石のため、古くから利用されてきた。たとえば昔はみがき砂や米麦の精白用の搗粉として主に用いられ、戦後は空中散布用農薬の増量材が新たな用途となったが、量的には微々たるものである。

この裾花凝灰岩は分析してみると二酸化珪素 SiO<sub>2</sub> が主成分で、他の夾雑物が極めて少ない上にボゾラン反応を示すことがわかった。近年、我国では火力発電所で主として重油を燃料としているため、フライアッシュが全国的に品不足の状態である。このためコンクリート業界ではフライアッシュに替わる良質なボゾランを安価に入手する必要にせまられている状況である。

裾花凝灰岩をボゾランとして用いることができるならば、今まで殆んど利用されていなかった資源の活用化が可能になり、工学的にも経済的にも利するところはなはだ大である。

筆者等は裾花凝灰岩をコンクリート混和材として用いるべく数年来研究してきたが、本文は今までに判明した事項を報告するものである。

## 2. 裾花凝灰岩について

裾花凝灰岩は、新第三紀中新世後半(約2千万年前)の火山活動による堆積物が固結したものである。当時の火山活動は、斜長石流紋岩の活動によるもので、本岩層は斜長石流紋岩の凝灰岩、凝灰角礫岩から成り、ときに流紋岩の溶岩を狭んでいる。白色、灰色、淡黄色、黄褐色等の色を示す。凝灰岩は一般に塊状であるが、ときに縞状の層理を示す。流紋岩は、斑晶として石英、斜長石、黒雲母、角閃石と少量の正長石から成り、石基はガラス質で、真珠岩や松香岩に変化しているところもあり、凝灰岩の一部はベントナイト化している。

本岩層は上位層と下位層に整合であり、層厚は700~800mで、長野盆地西縁にそって北東~西南方向に帯状に分布しているもので、その埋蔵量は約250億m<sup>3</sup>と推定される。

## 2. 裾花凝灰岩の建材化

裾花凝灰岩に水を吹きつけると細粒化する性質があるので、昔は川水による分級と天日乾

\* 昭和52年1月 土木学会中部支部研究発表会において発表

\*\* 土木工学科 助教授  
原稿受付 昭和52年9月30日

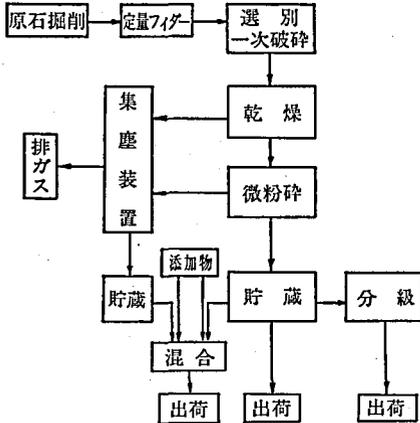


図-1 AW製造工程

燥による製品化が行なわれ前述のような用途に用いられてきた。建設材料として用いるためには、高い品質、高生産性が要求されるため、昭和49年に長野市安茂里に近代的な工場が新設され建材としての生産が開始された。図-1に製造工程を示す。現在この工場ではコンクリート、モルタルおよびグラウト用混和材ならびに壁材としての生産を図-1の工程に従って行なっている。

### 3. AWの性質

原石を乾燥微粉碎した製品（商品名エースワーカー、以下AWと略称する）の分析結果を表

表-1 化学分析

成分名称	Igloss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	可溶性SiO <sub>2</sub>
A W	6.0	72.0	13.5	1.0	0.9	0.2	2.2	3.5	61.3
別府白土	3.1	92.8	1.9	1.0	0.6	0.4	—	—	81.4
寄居白土	7.3	71.0	13.0	2.2	2.7	1.0	—	—	44.9
横山白土	7.0	70.7	13.7	2.0	2.5	0.9	—	—	52.7
松山白土	8.2	70.7	12.8	3.3	1.4	0.9	—	—	39.0
大分灰石	2.4	65.5	17.2	4.0	3.0	1.7	—	—	31.4

表-2 物理分析

	真比重	見掛比重	水分 (%)	比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)	PH
A W	2.34	0.93	0.4	3600	5.9

表-3 単位水量比と強度比

	配合 (g)				W/C (%)	W/C+AW (%)	測定値				強度比					
	セメント	AW	標準砂	水			フロー (mm)	重量 (g/l)	空気量 (%)	単位水量比 (%)	7日		28日		91日	
											曲げ	圧縮	曲げ	圧縮	曲げ	圧縮
標準モルタル	520	—	1040	338	65	65	260	2075	1.8	—	100	100	100	100	100	100
試験モルタル	390	130	1040	370	95	71	261	2012	1.5	104	69	57	77	66	81	79

-1, 2に示す。表-1には参考のために各種の白土の化学分析結果をも示して比較した。裾花凝灰岩のようなケイ酸質白土をポゾランとして用いるためには、SiO<sub>2</sub>の含有量は60%以上必要とされ、しかも活性に富んでCa(OH)<sub>2</sub>と化合しやすい可溶性シリカ成分が高いものであることが必要である。表-1にあるようにAWはSiO<sub>2</sub>が72%、可溶性シリカ約61%でポ

表-4 フライアッシュとの比較

	比 重	粉 末 度		単位水量比 (%)	圧 縮 強 度 比	
		比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)	44 $\mu$ 残分 (%)		28 日	91 日
フライアッシュ	1.95以上	2400以上	25以下	102以下	60以上	70以上
A W	2.33	3600	20	104	66	79

ゾランの条件をみたとす。

フライアッシュと比較するためにJIS A 6201「フライアッシュ」に準拠して試験したのが表-3である。

表-4はAWとフライアッシュ(JIS A 6201)とを比較したものであるが、これによりAWの単位水量化がフライアッシュの規格値より2%大きい他は規格内にあることがわかる。

単位水量比とは表-3の標準配合モルタルのフローと同一の値を示すために必要な試験配合モルタル(AW混入)の水量と標準モルタルの水量との比である。通常用いられているフライアッシュの比重や粉末度はAWとほぼ等しい値を持っているから、単位水量比に差を生ずる原因は、フライアッシュとAWの粒子形状の相違であろう。すなわち、AWの粒子は角張っているため表面積がフライアッシュより大きくなり、付着する表面水が多くなるものと思われる。しかし、日本におけるダム工事のフライアッシュの規格をみると103位が多く、ASTMでは105としていることからAWの値はそれ程大きなものではない。

AW粒子が角張っていることはフライアッシュのような球状粒子と比較すると混和材として不利のように思われるが、むしろAW粒子が角張っているために表面水の張力が強くなり、その結果フライアッシュの場合よりもブリージングが小さく、保水性が大きくなっている。いかえれば材料の分離に対する抵抗性が大きくなることがわかっている。これはコンクリートポンプを用いる場合に重要なポンパビリーチが良くなることである。

#### 4. コンクリート混和材としての検討

川砂利などの天然骨材の不足により、碎石の川砂利への混入が行なわれている(長野市で40~45%位の混入率である)が、今後ますます混入率が高くなろう。これにともなってコンクリートの品質を保つために混和材が必要とされ、すでに数種の混和材が実用化されているが、本文ではAWを用いてまだ固まらないコンクリートおよび硬化後のコンクリートにおよぼす影響を調査してみた。

##### 4.1 材料および配合

使用材料は、普通ポルトランドセメント、混和材は長野市安茂里産のAW、骨材は長野市犀川産の川砂利に碎石を40~45%混入したものと犀川産の川砂を用いた。配合は表-5に示すとおりである。

No.1~No.9はAWをセメントの一部として(AW/(C+AW))混入し、No.10~No.12はAWを細骨材の一部として(AW/C)混入した。

##### 4.2 ブリージング試験

表-5 配合表

配合 No.	A W 混入率 (%)	W C+AW (%)	S a (%)	スランブ (cm)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )						粗骨材 最大寸法 (mm)
					セメント	AW	水	細骨材	粗骨材	減水剤	
1	0	64.7	45.4	18±2	300	0	194	847	1026	—	25
2	10	65.3	44.4	18±2	270	30	196	824	1039	—	25
3	20	66.3	43.4	18±2	240	60	199	797	1047	—	25
4	0	70.4	47.1	8±2	250	0	176	921	1042	—	25
5	10	71.2	46.1	8±2	225	25	178	896	1056	—	25
6	20	72.4	45.1	8±2	200	50	181	870	1067	—	25
7	0	62.6	44.4	18±2	270	0	169	822	1037	2.7	25
8	10	63.0	43.4	18±2	243	27	170	799	1049	2.7	25
9	20	64.1	42.4	18±2	216	54	173	775	1060	2.7	25
10	0	58.0	39.0	6±2	238	0	138	752	1231	2.4	40
11	10	59.0	37.5	6±2	238	23.8	141	711	1239	2.4	40
12	20	60.5	36.5	6±2	238	47.6	144	679	1237	2.4	40

(注) No. 1～No. 9は内割, No.10～No.12は外割。

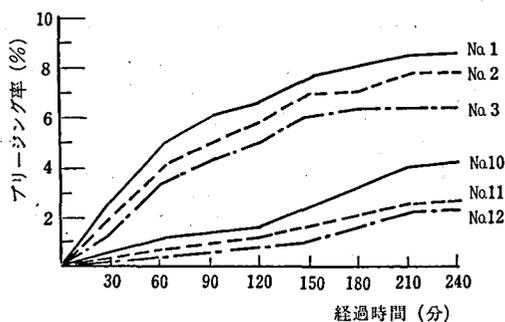


図-2 ブリージング試験

まだ固まらないコンクリートについてブリージング試験を行ない図-2の結果を得た。ブリージングは打込まれたコンクリート中のセメントや骨材粒子の沈降によって、余剰水が表面上昇する現象で、これに影響する因子の1つに0.15mm以下の骨材の微粒分の存在とセメントの粉末度(高いものほど少なくなる)がある。配合No.1～9はAWはセメントの一部であり、その粉末度はセメントより高めであるから

AWの混入率の増加とともにブリージングが減少する。またNo.10～12ではAWは骨材の一部であり、微粒な骨材の存在によりブリージングが減少している。

粗骨材とモルタルとの付着は、まだ固まらない時は粗骨材のまわりの付着水の表面張力によるものであるから微粒子の大きさが粗骨材をとりまく水の薄膜の厚さに近づく程分離しにくくなることが知られている。AW粒子は微細な粒子でかつ表面が角張っているため表面に付着する水の張力は強く、この粒子がセメントのブロック内に侵入してセメントを分散させるいわゆる微粒末効果を発揮し、粘性にとんだペーストをつくり、さらに付着力のつよいモルタルを形成して粗骨材と結合するためにブリージングが減少するものと考えられる。

ブリージングは材料分離の一種であり、レイタンスを生ずる原因であるから、少ないことが望ましい。この分離に対する抵抗性はポンプによる長距離圧送時に重要な性質であるが、フライアッシュとAWの分離抵抗を比較するために保水性試験を行なった結果AWの方が

高い保水性を示すことがわかった。これについては後日発表の予定である。

#### 4・3 プロクター貫入抵抗試験

AW混入によるセメントの凝結硬化時間特性に与える影響を知るためにプロクター貫入試験を実施した。AW混入率10%、20%で終結時間が約1時間および1時間半のおくれを見せた。これはコンクリートの凝結は、同一セメントを用い温度が同一のときは、水セメントが大きいほど一般に凝結がおそくなる傾向があるが、No. 1~3 では水セメント比が1.0ずつ大きくなっているのでこの結果があらわれたものである。

#### 4・4 圧縮強度試験

JIS A 1108による圧縮強度試験の結果を図-3に示す。

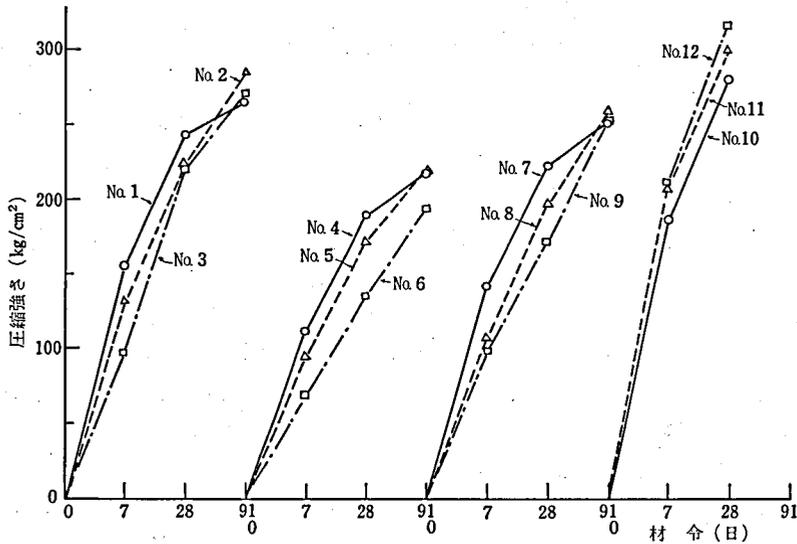


図-3 圧 縮 強 さ

No. 1~9においては、材令28日まではAWを混入したものが強度が低いが、これは内割配合のため単位セメント量が少ないためである。28日以降ではAW混入したものの強度増進率が大きく無混入コンクリートより強度増を示している。

No. 10~12では、セメント量一定の外割配合でAWは骨材改良材として用いてあり、初期材令から強度が大きく現われている。これよりAWが粒度改良に効果があることがわかり今後の骨材不良化に対する役割の重要性が期待される。

長期材令における強度の伸びはAWのポゾラン反応によるものであるが、これを確認するために一部の配合についてさらに長期の圧縮試験を行なった。ただし図-3とは多少実験条件が異なったので図-3とは別図にした。No. 1, 4, 7が無混入コンクリートである。(図-4)。

図-4によるとAW無混入のものは材令91日以後は殆んど強度は増加せず水平に近いのに反してAW混入コンクリートは91日以後も増加している。これはAWの可溶性SiO<sub>2</sub>がセ

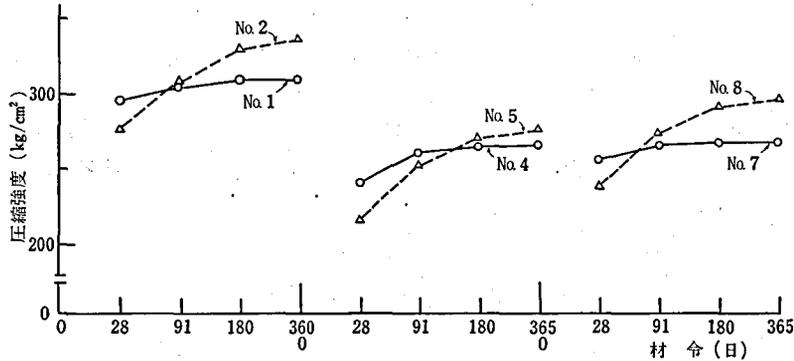


図-4 長期強度

メントの水和物である水酸化カルシウムと反応して固化するポゾラン反応によるものであろう。

#### 4・5 断熱温度上昇試験

AWを混入したコンクリートの温度特性を知るために断熱温度上昇試験を行なった。結果を図-5に示す。図中No. 6はAW混入率を30%としたものである。最大上昇温度とその到達時間はAWの混入率が大きいほど温度は低くなり、時間はおそくなる。単位セメント量が少なくなれば水和熱が低くなるのは当然であるが(図-5(a)), AWを除いた正味のセメント量1kgあたりの温度上昇量は図-5(b)のようにAWの混入率が大きくなる程増している。すなわちAWにはセメントの水和を促進する働きがあると見られるが、これは鉱物質微粉末の添加によって生ずる微粉末効果である。

図-5よりコンクリートの最高温度上昇量は、AWの混入率にほぼ比例して低下することがわかる。これはダムのような温度による影響を問題にするマスコンクリートに対して大変有利なことである。

#### 4・6 乾燥収縮試験

No. 1～6について材令272日までの乾燥収縮を測定した(図-6参照)。

試験は恒温恒湿室(20°C, 55%RH)にて行なった。No. 4～6の値は、No. 1～3よりわずかに小であり傾向が同じなので紙面の都合上図は省略した。

コンクリートの乾燥収縮は、使用材料、配合、部材の形状寸法、養生方法などにより影響されるが、本実験での因子は配合である。一般に単位水量および単位セメント量が多いほど乾燥収縮が大きくなるが、図-6にもその傾向が見られる。

若材令ではAW混入コンクリートの収縮が大きいのが、材令6ヶ月以後では殆んど同程度の値を示している。図示してないがAW混入率が30%の場合も同程度であった。すなわちAW混入コンクリートは混練時に無混入コンクリートと同一のスランプを得るためにはわずかながら水を多く必要とされるが、収縮量は普通コンクリートと同じか少ない位である。

AWを混入すると図-6のように重量が軽減する。材令と重量の関係は1ヶ月位までに急激な重量の減少がみられるが、その後は減少率はわずかとなる。

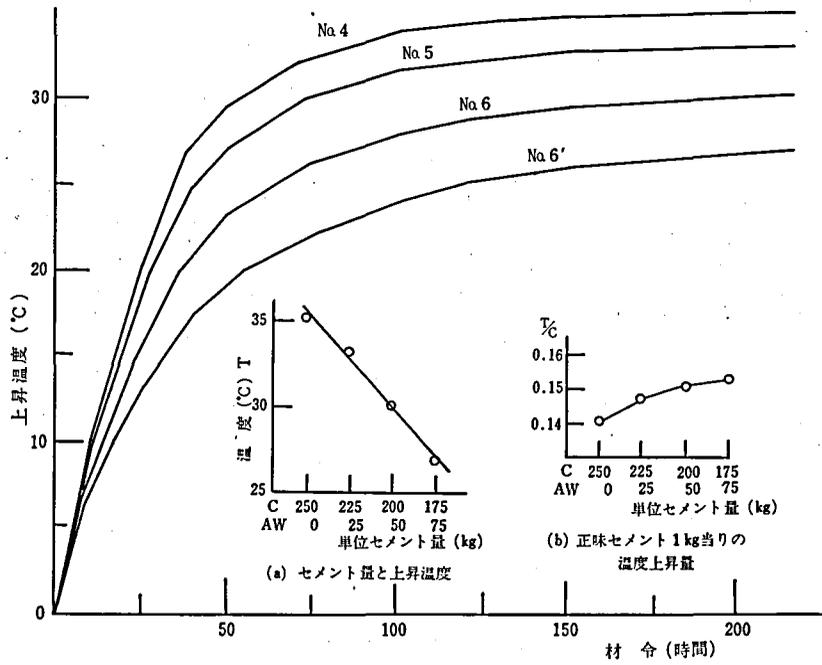


図-5 水和熱

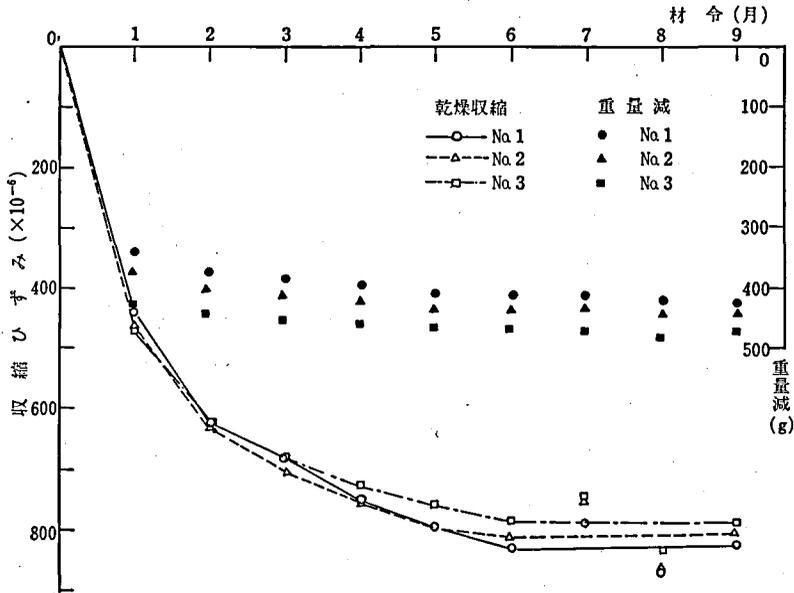


図-6 乾燥収縮と重量減少量

#### 4・7 透水試験

ポズラン反応のある微粉末をコンクリートに混入するとコンクリートの組織が密実になるため透水に対する抵抗性が大となる。AW混入の場合もこれは予測されたが実験により確認した。

実験に用いた供試体は表-6に示すようにシールド裏込用のエア-モルタルに用い、JIS A 1404に準じて行なった（水圧0.5kg/cm<sup>2</sup>，試験時間1時間）。

表-6 透 水 比

A W 混入率 (%)	配 合 (g)					空気量 (%)	重 量 (g)		透水量 (g)	透水比
	セメント	A W	砂	水	AE剤		乾 燥	透水後		
0	348	—	1393	278	—	6.0	1268	1316	48	1.00
0	270	—	1080	270	2.7	23.0	989	1075	86	1.81
10	275	27	1073	275	2.75	21.4	1031.8	1071.8	40	0.84
20	277	55	1051	277	2.77	21.0	1021.8	1057	35.2	0.74
50	275	137	963	275	2.75	21.5	995	1017	22	0.46

表-6の結果よりAWの混入量を増加するにしたがって透水比が小さくなることがわかる。これはAW混入の利点の一つである。透水比が小さいということは、凍結融解に対する耐久性が大きくなることを意味している。

### 5. ま と め

長野市近辺に無尽蔵に近く産する裾花凝灰岩を乾燥して微粉碎したAWをコンクリート混和材として用いてコンクリートに及ぼす影響を検討した。本実験の範囲内でつぎのようにまとめられる。

- (1) AWは可溶性 SiO<sub>2</sub> が豊富でポズラン反応が認められる。
- (2) AWをコンクリートに混入したとき、コンシステンシーを一定にするためには単位水量はわずか増加するが、それに反し材料分離に対する抵抗性が大となる。これはコンクリートポンプを用いる場合のポンパビリチーが良くなることを意味する。
- (3) AWを内割混入したコンクリートの初期強度は普通コンクリートより低目であるが長期材令では大きくなる。
- (4) AWを外割混入したコンクリートは初期材令から強度が普通コンクリートより大きくなった。これもAWによる骨材の品質改善効果の大きいことを示すものである。
- (5) AWを混入したコンクリートの発熱量は小さくなる。
- (6) 乾燥収縮量は初期材令ではAW混入コンクリートの方が大きめであるが、長期材令では普通コンクリートと同じである。
- (7) AWを混入したコンクリートの透水比は小さくなる。

## 6. あとがき

現在品薄となったフライアッシュに代わるべきポゾランとしてAWをとりあげ検討してみた。AWは材料分離に対する抵抗性が大きいことから目下主として注入用セメントモルタルの混和材として、トンネルの裏込やPIPに用いられているが、コンクリート用としての用途も十分期待しうるものである。

本文をまとめるにあたっては、株式会社炭平本店から材料および資料の提供をうけた。ここに記して感謝の意を表する。

## 参 考 文 献

- 1 長野県上水内郡誌
- 2 コンクリート工学ハンドブック
- 3 株式会社炭平本店, エースワーカー技術資料