

論文 超微細空隙を有する珪質頁岩微粉末を使用したモルタルの基本物性

黒澤 真一*1・林 建佑*2・河野 克哉*3・山田 一夫*4

要旨: 本研究では、珪質頁岩微粉末のポズラン反応性に注目し、セメントの一部を珪質頁岩微粉末に置換したモルタルを用いて耐久性、アルカリ骨材反応の抑制効果について検討した。その結果、珪質頁岩微粉末を置換することで圧縮強度は普通セメントのみの配合、フライアッシュの配合より高い値を示した。また、ASR膨張試験の結果から粒度を細かくした珪質頁岩微粉末を使用することでシリカヒュームの置換率とほぼ同等の置換率で ASR 抑制効果が認められた。また、低水結合材比で珪質頁岩微粉末を置換すると強度増進、収縮低減の効果が得られた。

キーワード: 珪質頁岩微粉末, 圧縮強度, アルカリ骨材反応, フロー, 乾燥収縮, 自己収縮

1. はじめに

北海道北部地域には珪質頁岩が広域的かつ大量に分布している。この珪質頁岩は珪藻などの珪質骨格を有するプランクトンに由来する非晶質シリカが、地殻変動により地中で圧力や熱の影響を受けて結晶化し、クリストバライトを主体とした岩石に変化したものである。すなわち、非晶質シリカからなる珪藻土とは異なる鉱物組成を有する¹⁾。

近年、国内ではこの珪質頁岩が有する湿度調整機能に注目して、調湿建材としての利用が進められてきたものの、コンクリート用混和材として活用する試みはほとんど報告されていない。また、海外に関しても珪藻土を混和材として利用する研究^{2) 3)}は行われているものの、珪質頁岩を混和材に適用する研究は報告されていない。

北海道北部地域から産出される珪質頁岩はシリカの含有率が多く(80~90%)、ポズラン反応性を有することが確認されている⁴⁾。一般にポズラン反応性はアルカリ骨材反応(以下、ASRと称す)の抑制に寄与することが確認されており⁵⁾、珪質頁岩を混和材として用いることでASR抑制の効果が期待される。このため筆者らは珪質頁岩のポズラン反応性に注目し、コンクリート用混和材としての適用性について、セメントの一部を珪質頁岩微粉末に置換したモルタルを用いて強度発現性、流動性、ASR抑制効果、および収縮特性について検討した。

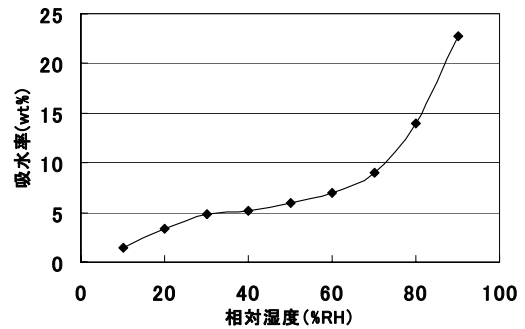


図-1 珪質頁岩の水蒸気吸着等温線 (20°C)

2. 珪質頁岩微粉末のキャラクターゼーション

図-1に珪質頁岩の水蒸気吸着等温線を表-1に使用した珪質頁岩微粉末の物理的性質および化学成分を示す。珪質頁岩微粉末はシリカ含有量が約86%と高く、表乾密度はポルトランドセメントよりも低いものの、比表面積ならびに吸水率が非常に高く(表-1)、相対湿度の上昇に伴い吸水率も上昇する(図-1)という特徴をもつ。図-2は珪質頁岩微粉末のX線回折結果を示したものであり、珪質頁岩微粉末は主に石英とオパールCTで構成されていることがわかる。オパールCTとは石英とケイ酸にいくらかの水が含まれた結晶質のシリカ鉱物であり、[111]方向にランダムなトリディマイトの積層が存在する乱れた構造を持つクリストバライトである。写真-1に珪質頁岩微粉末表面の走査型電子顕微鏡観察

表-1 珪質頁岩微粉末のキャラクターゼーション

岩石種類	物理的性質			化学成分(%)								
	表乾密度 (g/cm ³)	比表面積 (m ² /g)	吸水率* ¹⁾ (%)	強熱減量	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O
珪質頁岩微粉末	2.43	128	22.7	3.4	85.7	6.0	1.9	0.9	0.2	0.4	0.4	1.1

※) 90%RHの恒温条件下にて質量変化が平衡状態となるときの水率

*1 太平洋セメント(株) 中央研究所 研究開発1部 セメント化学チーム 研究員 修士(工) (正会員)
 *2 太平洋セメント(株) 中央研究所 研究開発1部 セメント化学チーム 研究員 修士(理工) (正会員)
 *3 太平洋セメント(株) 中央研究所 研究開発1部 セメント化学チーム 主任研究員 修士(工) (正会員)
 *4 太平洋セメント(株) 中央研究所 研究開発1部 セメント化学チーム リーダー 博士(工) (正会員)

像を示す。顕微鏡観察には混和材として使用するため 8 μm に粉砕した珪質頁岩微粉末を使用した。珪質頁岩微粉末は微粉砕後においても直径が約数百 nm 程度となる無数の超微細空隙を有することが確認された。

3. 実験概要

本研究では二つのシリーズに分けて試験を行った。シリーズ 1 では、珪質頁岩微粉末の強度発現性への影響と、ASR 抑制の効果を確認した。珪質頁岩微粉末の粒度ならびにセメントに対する置換率を変化させたモルタルの圧縮強度試験、および ASR 膨張試験をフライアッシュまたはシリカヒュームの場合と比較する形で実施し、その効果を評価した。シリーズ 2 では、シリーズ 1 で強度増加効果と、ASR 抑制効果が認められた珪質頁岩微粉末を用いて水結合材比を変化させたモルタルの流動性、強度発現性、収縮特性について検討した。

3.1 シリーズ 1 (強度および ASR 抑制効果の確認)

(1) 使用材料

表-2 に使用材料を示す。セメントは密度 $3.15\text{g}/\text{cm}^3$ の普通ポルトランドセメントを使用し、混和材として乾式ボールミルやジェットミルによる粉砕で平均粒径(粒度分布測定装置で測定) 15 (DL), 8 (DM), 2.5 (DS) μm に粒度調整した珪質頁岩微粉末を用い、比較対象としてフライアッシュ (FA) とシリカヒューム (SF) を用いた。また、細骨材は圧縮強度試験で JIS 標準砂を、ASR 膨張試験でアルカリ反応性の高い北海道産両輝石安山岩砕石(反応鉱物: 火山ガラス・クリストバライト・トリディマイト, JIS 化学法結果: $\text{Sc}=532>\text{Rc}=115$, 無害でない, JIS モルタルバー法結果: 3 ヶ月で 0.5%, 無害でない)を使用した。

(2) 配合ならびに試験方法

① 圧縮強度試験

圧縮強度試験は、JSCE-G 505 に従い、 $\phi 50 \times 100\text{mm}$ の円柱供試体で試験した。供試体の養生は 20°C の水中養生とし、材齢 28 日で試験を実施した。表-3 にモルタル

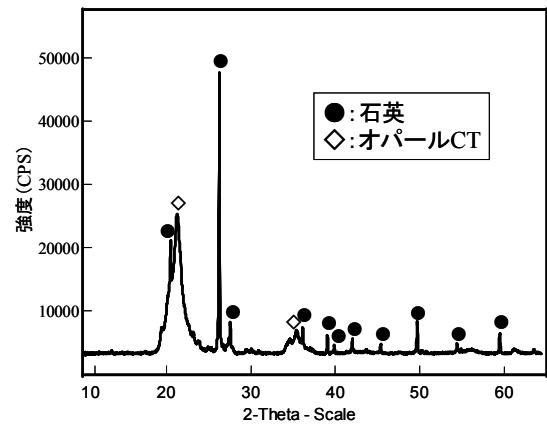


図-2 珪質頁岩微粉末の X 線回折結果

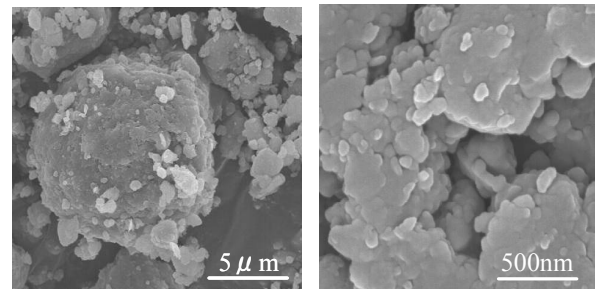


写真-1 粉砕後の珪質頁岩微粉末の表面

の計量値を示す。配合は水結合材比 47%, 混和材の置換率を 0, 5, 10, 20% と変化させて実施した。空気量は便宜上 0% として計算した。

② ASR 膨張試験

ASR 膨張試験は、ASTM C 1260 に準じて、寸法 $25 \times 25 \times 285\text{mm}$ のモルタルバーを材齢 1 日から 2 日まで水中養生 (80°C) した後、NaOH 溶液 (80°C , $1\text{mol}/\text{L}$) に浸漬し、材齢 14 日まで長さ変化を測定した。配合は圧縮強度試験と同じ配合とした。

3.2 シリーズ 2 (流動性、強度、収縮特性の確認)

(1) 使用材料

表-2 に使用材料を示す。結合材は普通ポルトランドセメント、ならびに混和材として乾式ボールミルによる粉砕で平均粒径 $8\mu\text{m}$ (DM) に粒度調整した珪質頁岩微

表-2 使用材料

材料	種類	記号	性質	
セメント	OPC	C	密度: $3.15\text{g}/\text{cm}^3$, ブレーン比表面積: $3330\text{cm}^2/\text{g}$	
混和材	珪質頁岩微粉末	DL	密度: $2.43\text{g}/\text{cm}^3$ BET 比表面積: $125\text{m}^2/\text{g}$ 吸水率: 22.7%	乾式ボールミル粉砕(45 分間), 平均粒径: $15\mu\text{m}$
		DM		乾式ボールミル粉砕(165 分間), 平均粒径: $8\mu\text{m}$
		DS		ジェットミル粉砕, 平均粒径: $2.5\mu\text{m}$
	フライアッシュ	FA	JISII 種, 密度: $2.34\text{g}/\text{cm}^3$, ブレーン比表面積: $3890\text{cm}^2/\text{g}$, 平均粒径: $4.2\mu\text{m}$	
シリカヒューム	SF	密度: $2.35\text{g}/\text{cm}^3$, 比表面積: $15\text{m}^2/\text{g}$, 平均粒径: $0.15\mu\text{m}$		
細骨材	JIS 標準砂	S	絶乾密度: $2.64\text{g}/\text{cm}^3$, 吸水率: 0.42%	
	安山岩		表乾密度: $2.63\text{g}/\text{cm}^3$, 吸水率: 3.09%, FM: 2.47	
	山砂		表乾密度: $2.57\text{g}/\text{cm}^3$, 吸水率: 2.23%, FM: 2.60	
混和剤	高性能 AE 減水剤	SP	ポリカルボン酸エーテル系	
	消泡剤	T	ポリアルキレングリコール誘導体	

表-3 シリーズ1の計量値

実験 シリーズ	試験項目	配合記号	W/B	Air	C	P					S	SP	T
			(B=P+C)			DL	DM	DS	FA	SF			
			(%)			(g)							
シリーズ1	ASR膨張試験 圧縮強度試験	N	47	0	440	-	-	-	-	-	990	0	0
		DL-5 ^{※1}			418	22	-	-	-				
		DL-10			396	44	-	-	-				
		DL-20			352	88	-	-	-				
		DM-5			418	-	22	-	-				
		DM-10			396	-	44	-	-				
		DM-20			352	-	88	-	-				
		DS-5			418	-	-	22	-				
		DS-10			396	-	-	44	-				
		DS-20			352	-	-	88	-				
		FA-5			418	-	-	-	22				
		FA-10			396	-	-	-	44				
		FA-20			352	-	-	-	88				
		SF-5			418	-	-	-	22				
		SF-10			396	-	-	-	44				
		SF-20			352	-	-	-	88				

※1…DL-5は、表2の混和材をセメントに対して内割りで5%置換したことを表す。Nは混和材無添加。

表-4 シリーズ2の配合表

実験 シリーズ	試験項目	配合記号	W/B	Air	W	C	P		S	SP	T	
			(B=P+C)				Pd	Pw				
			(%)				(kg/m ³)					(B×%)
シリーズ2	フロー試験	N 175	50	0	175	350	-	-	935	0.2~3.6	0.02	
		Pd 175-5 ^{※2}					333	18	-			931
		Pd 175-10					315	35	-			927
		Pd 175-20					280	70	-			918
		Pw 175-5					333	-	21			931
		Pw 175-10					315	-	43			927
		Pw 175-20					280	-	86			918
		N 185					370	-	-			893
		Pd 185-5					352	19	-			889
		Pd 185-10					333	37	-			884
		Pd 185-20					296	74	-			875
		Pw 185-5					352	-	23			889
	Pw 185-10	333	-	45	884							
	Pw 185-20	296	-	91	875							
	圧縮強度試験	N 30-S	30	0	185	617	-	-	692			
		N 30-W					493	123	-	662		
		Pd 30-S ^{※3}						-	151			
		Pd 30-W					463	-	-	818		
		Pw 30-S						370	93		-	795
		Pw 30-W					370		-	114	893	
		N 40-S						40	185	370		-
		N 40-W					296				74	-
		Pd 40-S						296	-	91	875	
		Pd 40-W					296		-	-		875
		Pw 40-S						296	-	-	875	
		Pw 40-W					296		-	-		875
	N 50-S	50	185	296	-	-		875				
	N 50-W				296	-	-		875			
	Pd 50-S	296	-	-		875						
	Pd 50-W		296	-	-		875					
Pw 50-S	296	-		-	875							
Pw 50-W		296	-	-		875						
乾燥自己収縮試験	N		30	0	185		617	-	-	692		
	Pd-10 ^{※4}	555				62		-	677			
	Pd-20	493				123		-	662			
	Pw-10	555				-		76	677			
	Pw-20	493				-		151	662			
		493				-		151	662			

※2…Pd 175-5は、Pdは珪質頁岩の絶乾品(Pwは吸水性、Nは混和材無添加)、175は単位水量、5は置換率を表す。

※3…Pd 30-Sは、Pdは※2と同記号、30は水結合材比、Sは封緘養生を表す。Wは水中養生。

※4…Pd-10は、Pdは※2と同記号、10は置換率を表す。

粉末を用いた。また、細骨材には山砂を使用し、混和剤はポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤 (SP) ならびに消泡剤を使用した。

(2) 配合ならびに試験方法

①フロー試験およびフローロス試験

モルタルの流動性は、JIS R 5201 に準拠し、フロー試験、フローロス試験により評価をした。但し、フローテーブルはガラス板を使用し、無振動 (0 打) での広がりを測定した。表-4 にモルタルの配合を示す。水結合材比を 50%、セメントに対する珪質頁岩微粉末の質量置換

率を 0, 5, 10, 20%とし、絶乾品 (105℃乾燥) と吸水性 (吸水率から算出) を用いて SP 添加率 (0.2~3.6%)、単位水量 (175, 185 kg/m³) を変化させて実施した。ここで珪質頁岩微粉末の絶乾品、吸水性を用いた理由として、シリーズ1では珪質頁岩微粉末の絶乾品を使用した。吸水率が 22.7%と高く、練混ぜ水を吸水してしまい流動性が低下した。よって吸水率から算出した水分を事前に吸水させた吸水性の流動性も実施することとした。また、フローロス試験は各配合について練り上がりのスランプ値が 180mm (コンクリートのスランプで 21cm 程

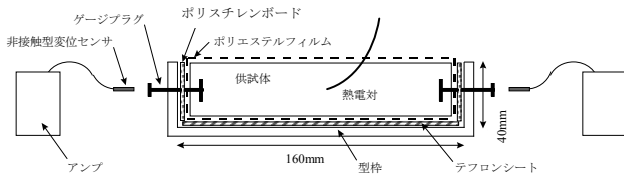


図-3 自己収縮ひずみの測定方法

度を想定) となる SP 添加量でモルタルを作製し、スランプの経時変化を確認した。

②圧縮強度試験

圧縮強度はシリーズ 1 と同様の試験方法で測定した。配合は水結合材比を 30, 40, 50%, 単位水量 185kg/m^3 , 絶乾品, 吸水性の珪質頁岩微粉末を 20%置換した配合で実施した。養生は封緘養生と水中養生とした。

③乾燥収縮試験

乾燥収縮試験は, JIS A 1129-2 に従い, $40 \times 40 \times 160\text{mm}$ の供試体を用いて実施した。試験においては, 水中養生材齢 7 日で基長を測定し, その後, 20°C , 60%RH の恒温恒湿室内に保管し, 供試体の質量および長さを測定した。配合は圧縮強度で良好な結果が得られた水結合材比 30% の配合について実施した。

④自己収縮試験

自己収縮試験は, 図-3 に示すように鋼製型枠 ($40 \times 40 \times 160\text{mm}$) 内の底面に摩擦を断つためのテフロンシート, 両端面に自由な変形の拘束を防ぐためのポリスチレンボード, および打設面も含めた全面に水分逸散を防ぐためのポリエチレンフィルムを施し, モルタルを打込んで恒温恒湿室 (20°C , 60%RH) に静置した。測長は, 始発時間に達した時点から, 供試体の両端部に取付けたゲージプラグの変位量を非接触型変位センサ (渦電流式) にて測定した。ただし, 始発時間はモルタルにおいてブロッカー貫入抵抗試験を行い算出した。以上の条件で材齢 1 日まで非接触型変位センサを用いて長さ変化を測定し, 材齢 1 日経過後は, 型枠から脱型し供試体全面をアルミ粘着テープでシールし, 20°C , 60%R.H. の恒温恒湿室内にて所定の材齢で長さ変化を測定した。配合は乾燥収縮試験と同じ配合とした。

4. 試験結果および考察

4.1 シリーズ 1 (強度および ASR 抑制効果の確認)

図-4 に圧縮強度試験結果を示す。DS をセメントに置換した配合は置換率 5%でも混和材を添加していない配合 (以下, N と称し, N の強度は点線で明示) より強度が高く, 置換率が増加することで強度も増加した。FA や SF と比較すると, SF より劣るものの FA より高い値を示した。また, DL, DM を置換した配合は, DL 置換率 5%の配合が N を下回ったが他は N を上回った。

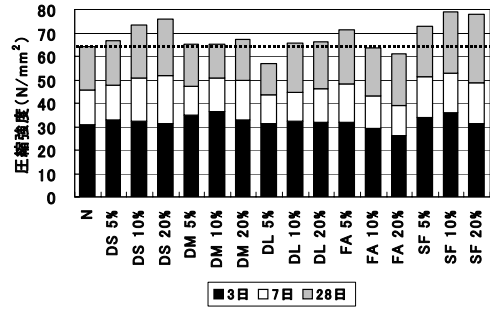


図-4 圧縮強度試験結果

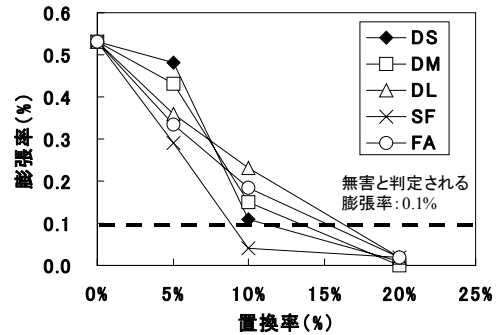


図-5 ASR 膨張試験結果

図-5 に ASR 膨張試験の結果を示す。いずれの混和材においても置換率が大きくなるにつれて膨張率が減少し, セメントに 20%置換することで ASR 膨張を十分抑制可能であることが示唆された。また, NaOH 溶液の浸漬期間の 14 日で膨張率 0.1%未満 (すなわち無害) となる置換率は, SF が約 9%, DS が約 11%, DM が約 13%, FA が約 15%, DL が約 16%となることが確認された。珪質頁岩微粉末が ASR 抑制に寄与した理由として, 珪質頁岩微粉末には前述したようにオパール CT が含まれており, このオパール CT は常温では不安定な二酸化珪素 (シリカ) であり, アルカリ成分の存在によってアルカリ成分と反応しやすい特徴をもっている。このためオパール CT を含む珪質頁岩微粉末を混和材として用いることでモルタル中のアルカリと珪質頁岩微粉末が反応してアルカリ量が低減し, ASR 膨張が抑制されたものと推測される。また, 珪質頁岩微粉末はポゾラン性を有することから緻密化に伴う細孔量の減少が生じ, アルカリ溶液が内部に浸透しにくくなることも ASR 抑制の一因と考えられる。また, 珪質頁岩微粉末の粒度が細くなるほど強度の増加, ASR 抑制の効果が得られた理由も, 粒子との比表面積 (全粒子の総表面積) が増加することで珪質頁岩微粉末のポゾラン反応性が高まったり, アルカリ消費量が増加したりしたためと推測される。

4.2 シリーズ 2 (流動性, 強度, 収縮特性の確認)

図-6, 7に粗骨材絶対容積 350l/m^3 と仮定したコンクリート配合において単位水量 175, 185 kg/m^3 となるモルタルのフロー値と高性能 AE 減水剤 (以下, SP と称す) の添加率の関係を示す。全ての配合で単位水量を増加することで練上り直後の流動性は改善された。しかし, 図-7の絶乾品の置換率 20% は単位水量 185kg/m^3 のときにフロー値 180mm を得るための SP 添加量は 3.5% 程度となり, 高性能 AE 減水剤の過剰な添加量が必要となった。しかし, 事前吸水した珪質頁岩微粉末を用いることで単位水量 175, 185 kg/m^3 (コンクリートで仮定) において減水剤の限界添加量 3.0% 以下の使用でフロー値 180mm を確保できることが確認された。

図-8 にフローロスの試験結果を示す。セメントのみ使用した配合は, 単位水量に関わらず 30 分後までフロー値は一定となり流動性が保持されたものの, 珪質頁岩微粉末を置換した配合では, 置換率に関わらず時間の経過とともにフロー値が減少した。これは珪質頁岩微粉末が吸湿性を有しているため, 練混ぜ直後から練混ぜ水を吸水したことで流動性の保持性能が低下した (実質的な水結合材比が低下した) と推察される。また, 吸水品の配合に関しても, 90%RH の恒温条件下にて質量変化が平衡状態となるときに含水率分の水分量を吸水させるだけでは飽水状態にならず (図-1 の吸水挙動を参照), 珪質頁岩微粉末が練混ぜ水を吸水したため, 流動性の保持性能が低下したと考えられる。

表-5 にフロー値 180mm における SP 添加率と 90 分経過後のフロー値の関係を示す。同じ置換率でも単位水量が少なく, SP 添加量の多い配合 (例: Pw 175-10, Pw 185-10 を比較) の方が流動性保持性能が高く, また, 同じ単位水量で絶乾品と吸水品を比較した場合 (例: Pd 185-20, Pw 185-20 を比較), SP 添加量の多い絶乾品の方が粘性の高い流動性を示した。これは初期流動性を確保するために SP 添加量を増加したことでセメントの単位量に対する SP 中の流動性保持成分も増加し, モルタルの流動性が経時的に維持されたと推察される。

図-9 に水結合材比を 30, 40, 50% と変化させた圧縮強度試験の結果を示す。同じ水結合材比で比較すると, 水結合材比 40, 50% とも珪質頁岩微粉末を絶乾品で用いた配合は N と同等の強度を発現した。養生方法による違いはみられなかった。しかし, 吸水品を用いた配合は N より強度が低下した。これは吸水品に関しても練混ぜ水の吸水による水結合材比の低下が生じ強度は増大すると考えられたが, 実際は珪質頁岩微粉末に吸水させた水により内部応力への抵抗が低下したため強度が低下したと推測される。一方, 水結合材比 30% は, 絶乾品はいずれの養生とも N を大幅に上回った。これは, 微細な珪質頁岩を置換したことによる充填効果と絶乾品の使用

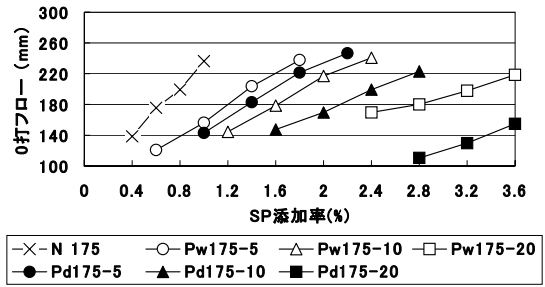


図-6 フロー試験結果
(コンクリートを仮定した単位水量 175kg/m^3)

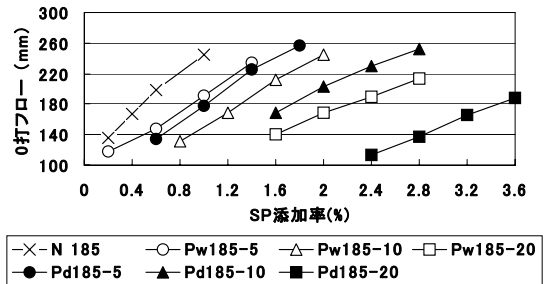


図-7 フロー試験結果
(コンクリートを仮定した単位水量 185kg/m^3)

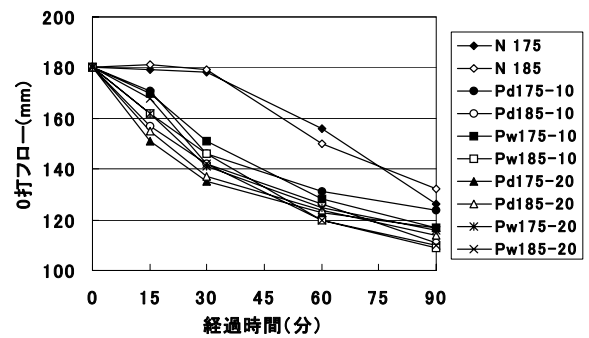


図-8 フローロス試験結果

表-5 SP 添加率とフロー値 (90 分経過後) の関係

配合	SP添加率	90分経過後のフロー値 (mm)
	(%)	
N 175	0.8	126
N 185	0.5	132
Pd 175-10	2.1	124
Pd 185-10	1.3	111
Pw 175-10	1.6	117
Pw 185-10	1.3	109
Pd 175-20	3.8	117
Pd 185-20	3.4	118
Pw 175-20	2.8	115
Pw 185-20	2.2	110

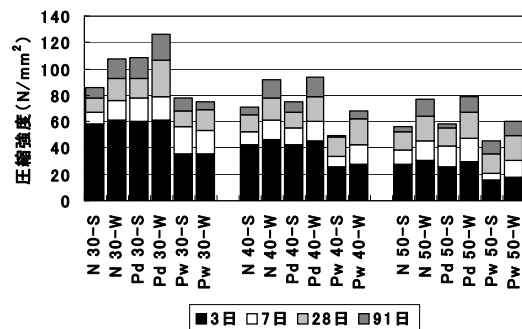


図-9 圧縮強度試験結果

によって練混ぜ水の吸水を生じ実質的な水結合材比の低下による緻密化が強度発現に寄与したと推察される。また吸水量に関しても、Pw 30-SはPw 40-S、Pw 50-Sの強度と比較すると約40%程度増加した。これは低結合材比になることで珪質頁岩微粉末に吸水させた水が内部養生による水和促進に寄与したと推察される。

図-10に乾燥収縮ひずみの経時変化を示す。珪質頁岩微粉末を置換することで乾燥開始初期に膨張し、乾燥期間が経過するごとにNよりも乾燥収縮ひずみ量が減少し、 $N > Pw-20 > Pw-10 > Pd-20 > Pd-10$ の順でひずみ量が増加した。珪質頁岩微粉末の含水状態で比較すると絶乾品の方が吸水量より乾燥収縮ひずみ量が減少する結果となった。これも圧縮強度試験結果で述べた考察から推測でき、絶乾品の場合、練混ぜ水が珪質頁岩微粉末に吸水され実質的な単位水量の低下が生じ乾燥収縮量が減少したと考えられる。

図-11に乾燥収縮ひずみと質量減少率の関係を示す。珪質頁岩微粉末を置換した配合はいずれもNとは異なる挙動を示し、Nより質量減少に対する乾燥収縮ひずみ量が少ない結果となった。これは材齢初期に膨張したことが起因していると考えられる。

図-12に自己収縮ひずみの経時変化を示す。珪質頁岩を置換した配合は全てNより自己収縮ひずみ量が増加し、 $Pd-20 > Pw-10 > Pw-20 > Pd-10 > N$ の順でひずみ量が増加した。Pd-20が最も自己収縮ひずみ量が増大したのも、珪質頁岩微粉末の練混ぜ水の吸水による水結合材比の低下が起因していると考えられる。

図-10の乾燥収縮と図-12の自己収縮の結果から収縮特性を総合的に判断すると、珪質頁岩微粉末を20%置換した配合について絶乾品は、自己収縮量が増大し、吸水量は乾燥収縮量が増大する傾向にあり、Nとほぼ同程度に収縮が生じると考えられる。一方、珪質頁岩微粉末を10%置換した配合は、いずれの養生ともNに比べ自己収縮量は増加したものの、乾燥収縮量を考慮するとNよりは収縮が低減されると推察される。

5. まとめ

本研究では、珪質頁岩のポズラン反応に注目し、セメントの一部を珪質頁岩微粉末に置換したモルタルを用いて強度発現性、流動性、ASR抑制効果、および収縮特性について検討した。結果を以下にまとめる。

- (1) 珪質頁岩微粉末を置換することで強度が増加し、粒度を細かくすることで、SFより劣るもののFAより高い強度が得られた。また、ASR抑制効果も認められた。
- (2) 流動性は事前吸水した珪質頁岩微粉末を用いることで単位水量175, 185 kg/m³において減水剤の限界添

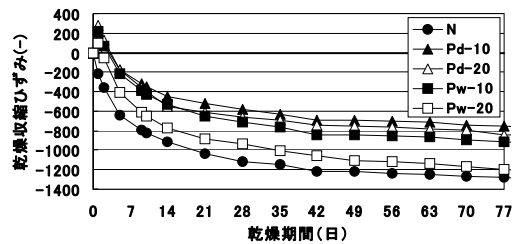


図-10 乾燥収縮ひずみの経時変化

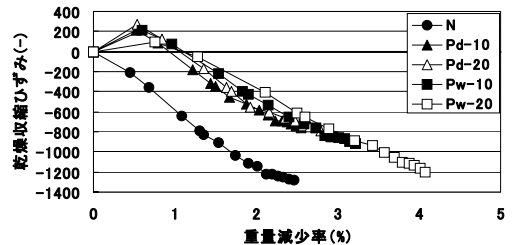


図-11 乾燥収縮ひずみと質量減少率の関係

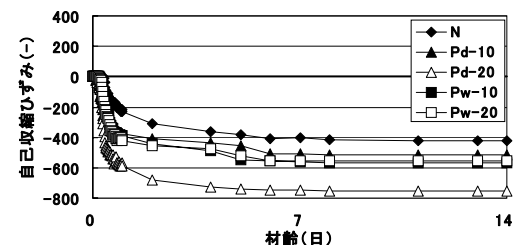


図-12 自己収縮ひずみの経時変化

加量3.0%以下の使用でフロー値180mmの初期流動性を確保できることが確認された。

- (3) 水結合材比の影響について、強度は水結合材比30%の場合、絶乾品、吸水量とも強度増進が認められた。
- (4) 乾燥、自己収縮試験の結果から、珪質頁岩微粉末を10%添加することでNより収縮が低減された。

参考文献

- 1) 八幡正弘：北海道立地質研究所報告，第74号，pp.83-95，2003
- 2) A. Tagnit-Hamou, N. Petrov, K. Luke: Properties of Concrete Containing Diatomaceous Earth, ACI Materials Journal, Vol.1, No.100, pp.73-78, Feb.2003
- 3) D. Kastis, G. Kakali, S. Tsvivilis, M.G. Stamatakis: Properties and hydration of blended cements with calcareous diatomite, Cement and Concrete Research, Vol.3, No.36, pp.1821-1826, May.2006
- 4) 西島規允, 田辺進吉, 窪川豊之, 八幡正弘：珪質頁岩微粉末のモルタルへの適用，無機マテリアル学会講演要旨，pp.82-95，2008
- 5) 山本武志, 金津努：API法によるフライアッシュのアルカリシリカ反応性効果の評価，土木学会論文集，第62号，第4巻，pp.657-671，2008