

論文 最近のアルミナセメントを用いたモルタルの性質

依田 彰彦^{*1}・横室 隆^{*2}・浜田 博文^{*3}

要旨：本試験研究は主として建設工事に使用される（酸化アルミニウム含有量が 42.0%と 54.7%）2 種類のアルミナセメントと 1997 年 4 月に改正された JIS R 5201（セメントの物理試験方法）の標準砂を用いたモルタルの圧縮強度，乾燥による長さ・質量変化率，耐熱性，耐薬品性，中性化深さ，凍結融解に対する抵抗性などの諸性質を知るために実施した。併せて普通ポルトランドセメントについても同様の試験を行い，比較検討に供した。

キーワード：アルミナセメント，酸化アルミニウム含有量，モルタル，性質

1. はじめに

筆者らは，アルミナセメントに関心を持ち，従来より研究している¹⁾。本研究は，建設工事に用いることを主対象として酸化アルミニウム含有量が 42.0%と 54.7%の 2 つのアルミナセメント，1997 年に改正された新しい標準砂を用いたモルタルの性質を知るために試験研究した。併せて普通ポルトランドセメントを用いて比較検討に供した。

2. 使用材料

2.1 セメント（C）

- (1) アルミナセメント(酸化アルミニウム含有量 42.0%・記号 AF と含有量 54.7%・記号 AC1 の 2 種類) A 社製品。
- (2) 普通ポルトランドセメント(記号 N) H 社製品。

これらのセメントの品質を表 - 1 に示す。

2.2 細骨材（S）

JIS R 5201 の 10.2 に定められている標準砂

2.3 水（W）

上水道水（足利工業大学構内）

3. 試験の項目と方法

水セメント比 50%（C：S：W = 1：3：0.5）と 35%（C：S：W = 1：2：0.35）のモルタルについて以下の項目を中心に試験した。

3.1 圧縮強度

JIS R 5201 によった。ただし養生方法は，20 水中の他に 35 および 5 の水中とした。

3.2 乾燥による長さ・質量変化率

供試体は，JIS R 5201 によって作製し，供試体を保存する雰囲気中の温度・湿度は 20 ・ 60%R.H.と 50 ・ 30%R.H.とした。長さは JIS A

表 - 1 使用セメントの品質

セメント 種類	化学成分 (%)							密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	凝結 (h-m)	
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O			始発	終結
	AF	4.3	42.0	12.1	36.3	0.3	-				
AC1	4.2	54.7	1.1	35.8	0.5	-	0.27	3.36	4490	4-35	5-05
N	21.7	5.2	3.1	64.7	1.5	2.0	0.64	3.15	3390	2-10	3-20

*1 足利工業大学教授 工学部建築学科 工博 (正会員)

*2 足利工業大学助教授 工学部建築学科 博士(工学) (正会員)

*3 コンステック(株) (正会員)

1129 のコンパレーター，質量は 0.1 g まで秤量できる直示天秤，をそれぞれ用いて測定し，材齢 7 日を基長として変化率を算出した。

3.3 耐熱性・耐薬品性

耐熱性および耐薬品性は，圧縮強度によって表すことにした。その供試体は，JIS R 5201 によって作製し材齢 7 日まで 20 水中に養生した後，材齢 28 日まで 20・90% の恒温恒湿室に封かん養生した。耐熱性は，JIS A 1304 (建築構造部分の耐火試験方法) の加熱温度と建築基準法の耐火時間を参考にして材齢 28 日より 700 ， 900 ， 1100 の電気炉中へ 5 ， 9 ， 12 時間さらした。耐薬品性は，JSTM C 7401 (溶液浸せきによるコンクリートの耐薬品性試験方法) により材齢 28 日より 2% 塩酸， 5% 硫酸， 10% 芒硝の溶液中へ 1 ヶ月間， 3 ヶ月間浸せきした。また，それぞれの溶液は， 1 週間ごとに新しいものと取りかえた。圧縮強度試験は，いずれも翌日に実施した。なお，それまでの供試体の保管状況は，耐熱性が炉中に，耐薬品性が布で覆い，同試験室においた。

3.4 中性化深さ・凍結融解に対する抵抗性

供試体は，JIS R 5201 によって作製し，中性化深さは材齢 7 日まで 20 水中に養生した後，材齢 28 日まで 20・90%R.H. の恒温恒湿室に封かん養生した。材齢 28 日より CO₂ 濃度 10%，温度 20 または 30 ，湿度 60%R.H. の中性化促進槽へ 1 ヶ月間， 2 ヶ月間， 3 ヶ月間さらした後， 1% のフェノールフタレイン溶液を用い曲げ試験によって折った面に噴霧し，赤紫色にならなかった部分を中性化したもので判定し，その平均中性化深さを mm 単位で測定した。

凍結融解に対する抵抗性 (相対動弾性係数) は，材齢 14 日まで 20 水中に養生した後，ASTM C 666 A 法によって 300 サイクルまで繰り返した相対動弾性係数を求めた。

3.5 フロー値・ポロシチー

フロー値は，JIS R 5201 によって測定した。また，全細孔量 (ポロシチー， T.P.V.) は，水銀圧入試験装置によって 3.75m μ ~ 75 μ の細孔半

径を測定した。

4. 試験結果と検討

4.1 フロー値

2 種類のアルミナセメントのフロー値を表 - 2 に示す。普通ポルトランドセメントと比較するとアルミナセメントのフロー値は 1.5 倍程度大きい。よってアルミナセメントは同一の割合において流動性があるといえる。

4.2 圧縮強度

各種セメントの圧縮強度を図 - 1 ~ 6 に示す。これを見ると 5・20 水中養生は N < AF < AC1 の順に圧縮強度が大きくなっている。 35 水中養生では顕著な差は見られない。 5・20 水中の温度条件では普通ポルトランドセメントより早強性があるため初期強度が著しく大きくな

表 - 2 フロー値 (mm)

セメント種類	W/C 50%		W/C 35%	
	範囲	平均	範囲	平均
AF	256 - 242	252	231 - 221	228
AC1	266 - 234	251	257 - 207	228
N	189 - 183	186	155 - 143	152

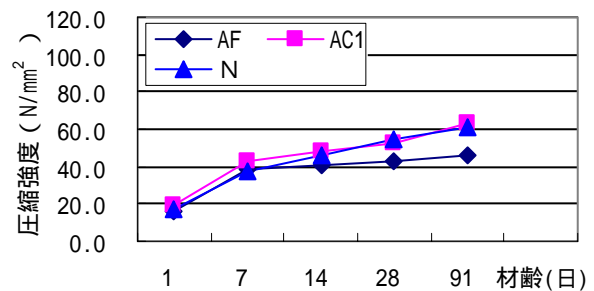


図 - 1 圧縮強度 (W/C50% 35 水中養生)

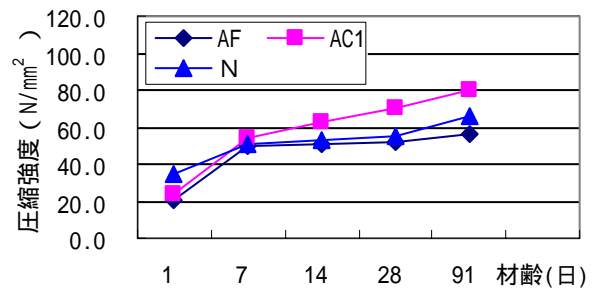


図 - 2 圧縮強度 (W/C35% 35 水中養生)

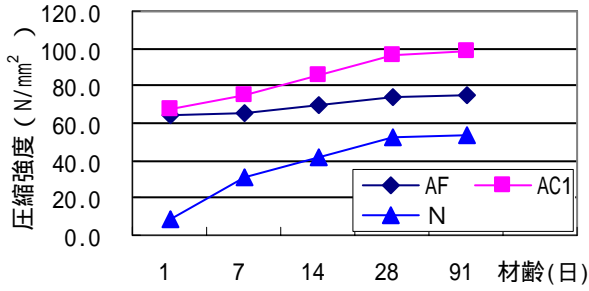


図-3 圧縮強度
(W/C50% 20 水中養生)

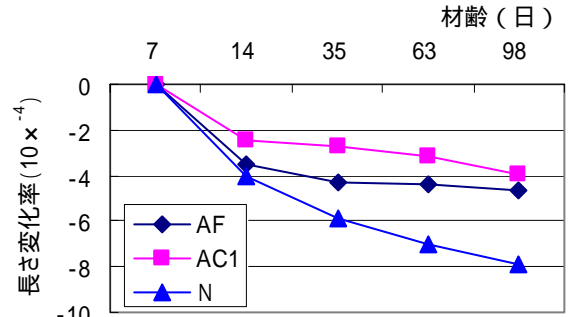


図-7 長さ変化率
(20・60%R.H. W/C50%)

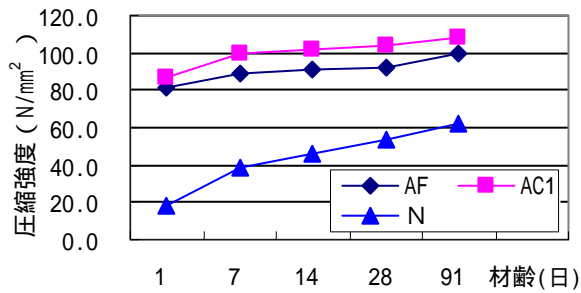


図-4 圧縮強度
(W/C35% 20 水中養生)

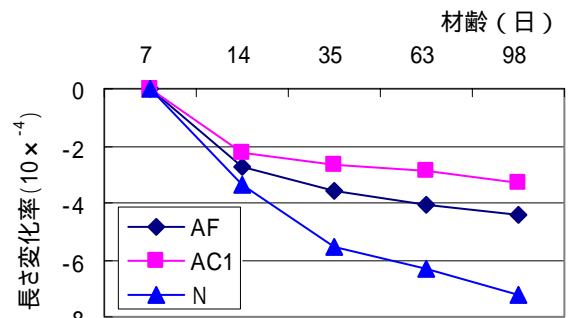


図-8 長さ変化率
(20・60%R.H. W/C35%)

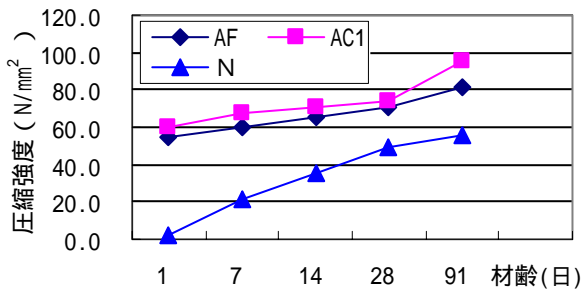


図-5 圧縮強度
(W/C50% 5 水中養生)

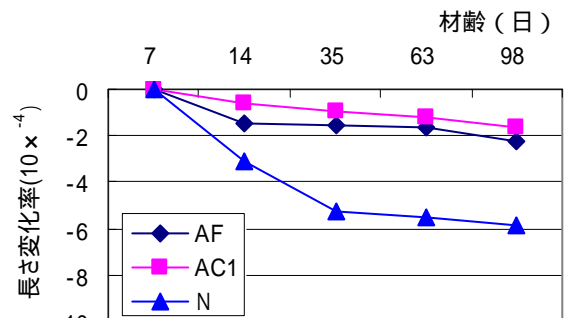


図-9 長さ変化率
(50・30%R.H. W/C50%)

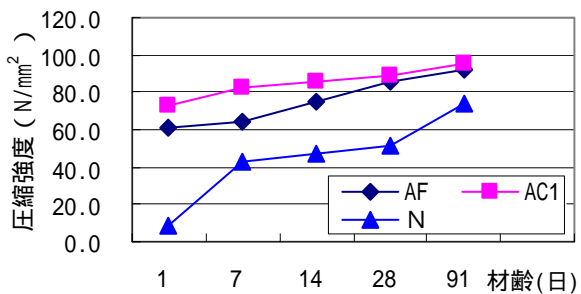


図-6 圧縮強度
(W/C35% 5 水中養生)

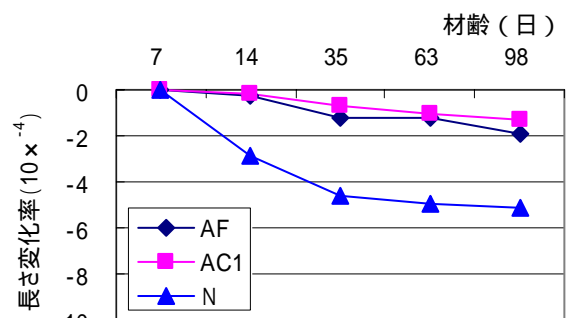


図-10 長さ変化率
(50・30%R.H. W/C35%)

っている。アルミナセメント種類別では、AFよりAC1の方が Al_2O_3 の量が多いためと Fe_2O_3 が逆に少ないために強度が大きくなっている。これ

らのことからアルミナセメントは、従来より報告^{1), 2), 3), 4)}されているように20程度以下の環境に適している。

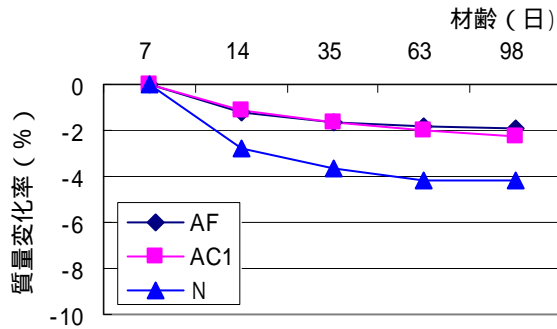


図 - 11 質量変化率
(20 ・ 60%R.H. W/C50%)

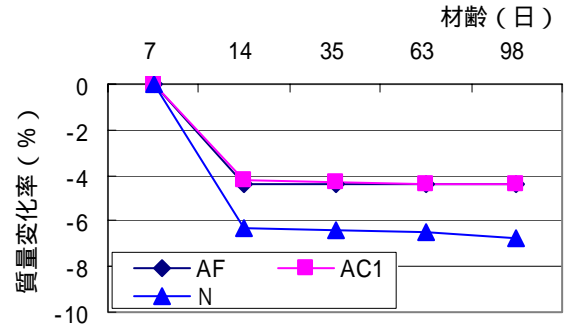


図 - 13 質量変化率
(50 ・ 30%R.H. W/C50%)

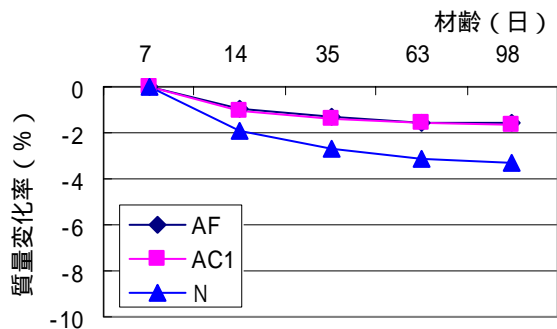


図 - 12 質量変化率
(20 ・ 60%R.H. W/C35%)

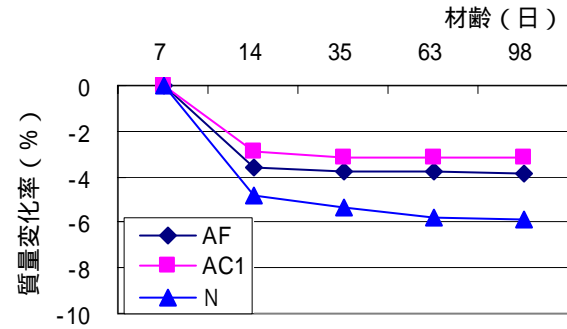


図 - 14 質量変化率
(50 ・ 30%R.H. W/C35%)

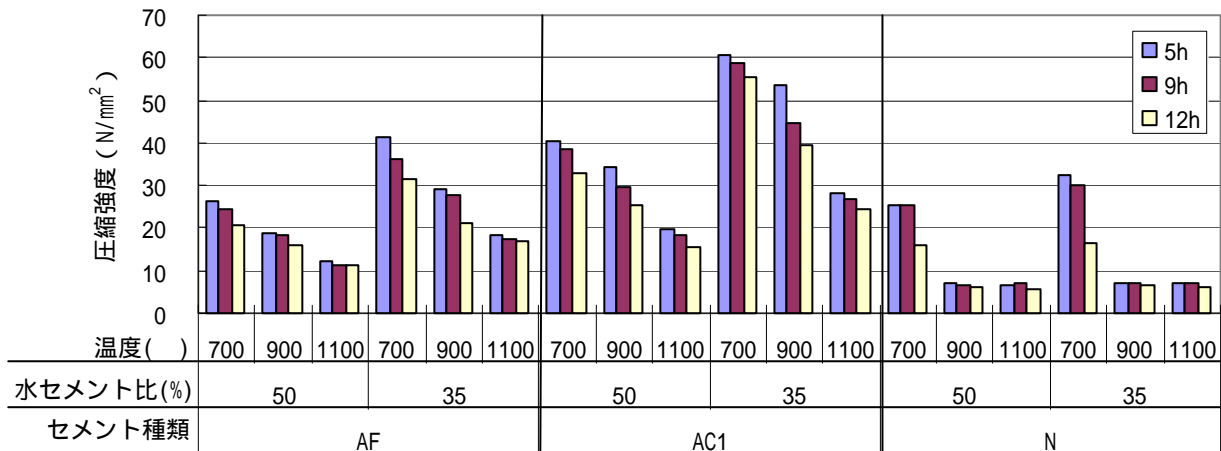


図 - 15 高温にさらしたモルタルの圧縮強度

4.3 乾燥による長さ変化率・質量変化率

図 - 7 ~ 10 に示すようにアルミナセメント (AF, AC1) を用いたモルタルの長さ変化率 (乾燥収縮率) は, 比較用の普通ポルトランドセメントより小さい。またアルミナセメント別では, AF より AC1 の方が小さい。水セメント比別では 35% の方が 50% より, 供試体を保存した雰囲気別では 50 ・ 30%R.H. の方が 20 ・ 60%R.H. より, それぞれ長さ変化率は小さい。また, 図 - 11 ~ 14 に示した質量変化率 (質量減少率) は,

長さ変化率と似たような傾向が認められた。しかし, 質量変化率は, 50 ・ 30%R.H. の方が 20 ・ 60%R.H. より大きい。

4.4 耐熱性

図 - 15 に示すようにアルミナセメント (AF, AC1), 普通ポルトランドセメントの水セメント比 50% , 35% のモルタルを 700 , 900 , 1100 の高温に 5 , 9 , 12 時間さらした結果, 圧縮強度は高温のものほど, また長時間さらしたもののほど小さくなっている。セメントの種類でみ

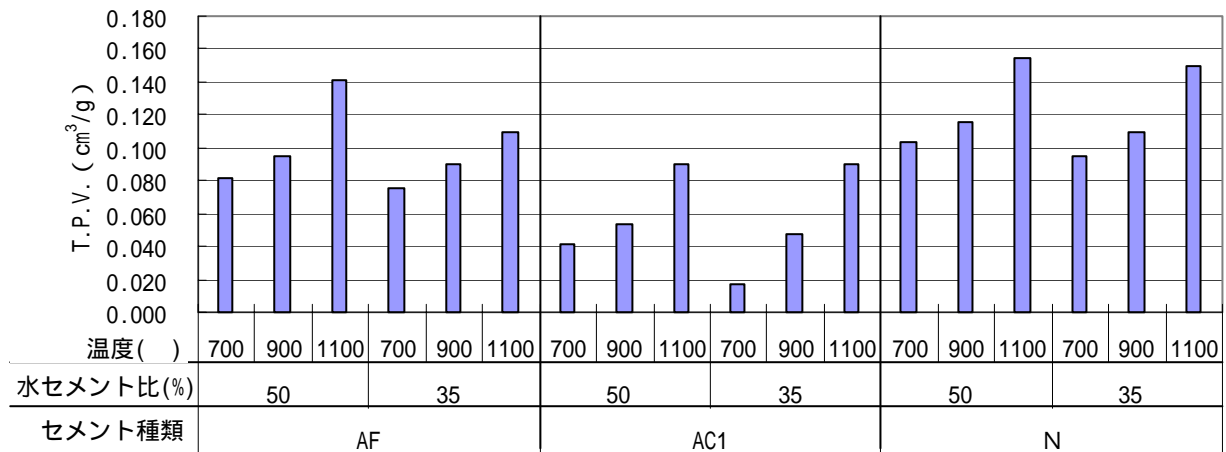


図 - 16 高温に5時間さらしたモルタルのポロシチー(T.P.V.)

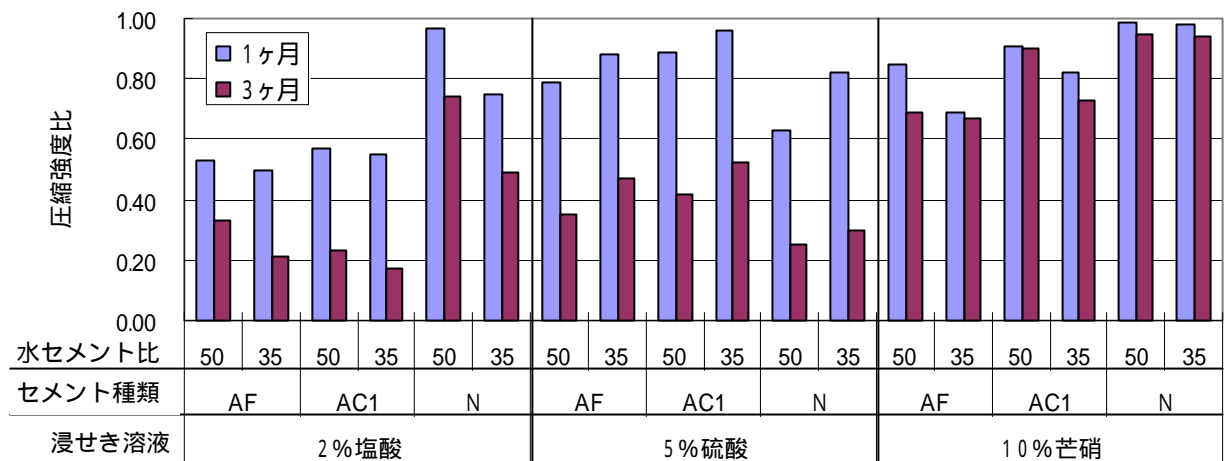


図 - 17 各種溶液に浸せきしたモルタルの圧縮強度比

ると、いずれの水セメント比においてもアルミナセメントは普通ポルトランドセメントより圧縮強度は、かなり大きくなっている。とくに、アルミナセメント(AC1)が最も高い強度が得られている。このことにより酸化アルミニウム含有量の多いアルミナセメントは、高温に優れたセメントであるといえる。このことは図 - 16 に示したポロシチー (T.P.V.) の試験結果を見てもセメントNと比較してポロシチーが小さい。

4.5 耐薬品性

図 - 17 に示すようにアルミナセメントの耐薬品性 (ケミカルレジスタンス) について浸せき前と浸せき後の強度比で表すと比較用の普通ポルトランドセメントに比べて 5%硫酸の溶液中では抵抗性 (強度比) が大きい、2%塩酸の溶液中では小さく、10%芒硝の溶液中ではやや

表 - 3 中性化深さ (CO₂ 濃度 10%)

セメント種類	W/C (%)	温度・相対湿度	平均中性化深さ (mm)		
			1カ月	2カ月	3カ月
AF	50	20・60%	5.8	6.4	8.8
		30・60%	6.2	6.7	9.3
	35	20・60%	3.9	4.0	6.1
		30・60%	4.0	4.3	6.2
AC1	50	20・60%	4.3	4.7	6.8
		30・60%	4.8	5.7	7.4
	35	20・60%	4.0	4.5	5.8
		30・60%	4.3	5.1	6.0
N	50	20・60%	4.2	5.3	5.5
		30・60%	3.6	4.0	4.9
	35	20・60%	3.9	4.0	4.7
		30・60%	2.6	3.9	4.6

小さくなっている。水セメント比別でみると5%硫酸溶液中では水セメント比の小さい方が強度比は大きい。しかし、2%塩酸と10%芒硝の溶液中では水セメント比の大きい方が強度比は大きい。また、浸せき期間では3ヶ月後は1ヶ月後より強度比が小さくなっている。

4.6 中性化深さ

表-3に示すように強制的に中性化させたモルタルの中性化深さは水セメント比別では小さい方が、温度別では温度の高い方が、期間別では長い方が、いずれも中性化深さは大きい。

またセメント別ではアルミナセメントの方が普通ポルトランドセメントより中性化深さは大きい。

4.7 凍結融解に対する抵抗性

表-4に示すようにアルミナセメント(AF, AC1)の凍結融解に対する抵抗性(相対動弾性係数)は、94%以上で普通ポルトランドセメントと比較して、ほとんど差がみられない。水セメント比別でも同様のことがいえる。従ってアルミナセメントは、凍結融解に対する抵抗性が期待できる。

5. 結論

本試験研究は、アルミナセメントと1997年4月JIS R 5201に改正された標準砂を用いたモルタルの性質を普通ポルトランドセメントと比較究明した。結論として次のことがいえよう。

(1) アルミナセメントモルタルは、流動性が大きい。

(2) 5・20 水中養生した場合の圧縮強度は、酸化アルミニウム含有量の多いセメントモルタルほど大きい。しかし35 水中養生した場合のセメントには大きな差は認められない。

乾燥による長さ変化率は、酸化アルミニウム含

表-4 相対動弾性係数(%)

セメント種類	W/C (%)	サイクル(回)			
		0	100	200	300
AF	50	100	96	95	94
	35	100	99	97	96
AC1	50	100	98	97	95
	35	100	99	97	96
N	50	100	98	97	96
	35	100	98	97	96

有量の多いセメントほど小さく有利である。このことは質量変化率からも裏付けられる。

(3) 耐熱性は、酸化アルミニウム含有量の多いセメントほど有利である。

(4) 5%硫酸溶液に浸せきした耐薬品性は、酸化アルミニウム含有量の多いセメントほど有利であるが、2%塩酸では小さく、10%芒硝ではやや小さい。

(5) アルミナセメントモルタルの中性化深さは、大きい。

(6) 凍結融解に対する抵抗性は、セメント別による差が認められない。

参考文献

- 1) 依田彰彦, 横室隆, 大井良典, 三嶋清敬; アルミナセメントを用いたコンクリートの30年までの性質について, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No.2, pp.7-12, 2000
- 2) T.D.Robson: High-Alumina Cements and Concretes, John Wiley & Sons Inc., London, 1962
- 3) 近藤連一: アルミナセメントの化学, コンクリート・ジャーナル, Vol.16, No.12, pp.4-8, Dec, 1968
- 4) 小出重明, 三嶋清敬; アルミナセメントの基礎性質, セラミックス, 4, pp.36-43, 1969