

微粉碎したガラス質凝灰岩のポゾラン活性について

正 員 ○徳 田 弘*
林 俊 彦**

1. ま え が き

函館郊外の鱒川付近には、かなり広大な地域にわたって、ガラス質凝灰岩層が分布している。本岩には、シリカ質物質が多量に含まれることに着目し、これをコンクリート混和材として使用した場合のポゾラン活性を検討するため、その粉末度、混合率などを変化させて作ったモルタル供試体について、曲げおよび圧縮強度試験を行なった。

2. 使用材料、配合、供試体の作製および養生

実験に用いたセメントは、日本セメント(株)上磯工場製の普通ポルトランドセメント、細骨材は、豊浦標準砂であった。混和材として用いたガラス質凝灰岩は、これを気乾状

態とした後、実験室用小型ボールミルによって乾式粉碎した。その粉末度は、粉碎時間を変えることによって、プレーン比表面積 2500、4000、5200 および 5900 cm^2/g の 4 種とした。また、その比重は、比表面積に関係なく、2.36 であった。モルタルの種類は、JIS R 5201 に規定された標準モルタルおよび各比表面積について、ポゾラン比を 15、30、50 および 70% に変化させ、フロー値が 220 ± 5 となるように水量を定めたモルタルであって、それらの配合を表-1 に示す。練り混ぜには、実験室用モルタルミキサを用いた。成形後、約 24 時間で供試体を水浸したが、養生方法は、標準養生および初期高温養生の 2 種とした。後者は、水温を材齢 3 日まで 60°C 、以後、試験材齢まで 20°C とするもので、温度変化のさいの上昇および下降速度は、約 $20^\circ\text{C}/\text{h}$ とした。

表-1 モルタルの配合

混和材の 粉末度 (プレーン 比表面積 (cm^2/g))	ポゾラン 比 (%)	水 (c.c.)	セメント (g)	混和材 (g)	砂 (g)
—	0	338	520	0	1040
2500	15	346	442	78	1040
	30	365	364	156	1040
	50	394	260	260	1040
	70	425	156	364	1040
4000	15	345	442	78	1040
	30	355	364	156	1040
	50	370	260	260	1040
	70	390	156	364	1040
5200	15	340	442	78	1040
	30	346	364	156	1040
	50	352	260	260	1040
	70	361	156	364	1040
5900	15	335	442	78	1040
	30	339	364	156	1040
	50	344	260	260	1040
	70	350	156	364	1040

3. 実験結果

モルタルの曲げおよび圧縮強度試験結果を表-2 に示す。これらの値は、同一条件について行なった供試体 3 個の試験結果の平均値である。

材齢と曲げおよび圧縮強度との関係を図-1、2 に示す。図から、強度は、材齢とともに増加するが、混和材の粉末度が高く、ポゾラン比が小さいほど、標準モルタルの強度に近づく傾向が認められる。

ポゾラン比と曲げおよび圧縮強度との関係を図-3、4 に示す。図から、ポゾラン比が大きくなると強度は低下する傾向が認められる。ただし、粉末度が高いほど、ポゾラン比の増加にともなう強度低下の割合は小さくなり、粉末度 5,900 cm^2/g の場合、ポゾラン比が 30% 程度まで増加するにともなって、強度もわずかに大きくなることが認められる。

混和材の粉末度と曲げおよび圧縮強度との関係を図-5、6 に示す。図から、各材齢における強度は、粉末度が高いほど大きくなることが認められる。

図-7 は、ポゾラン比を横軸に、初期高温養生モルタル強度と標準養生モルタル強度との比を縦軸にとり、両者の関係を示したものであって、図から、ポゾラン比が大きく、

* 函館工業高等専門学校 助教授

** 函館工業高等専門学校 助手

表-2 モルタルの強度

養生条件	混和材の粉末度 (cm ² /g)	ボゾラン比 (%)	曲げ強度 (kg/cm ²)				圧縮強度 (kg/cm ²)			
			3 日	7 日	28 日	91 日	3 日	7 日	28 日	91 日
初期高温養生	—	0	50.9	54.0	60.1	68.5	200	246	306	345
		15	40.8	44.4	50.4	52.1	148	179	227	246
		30	31.6	36.2	41.5	47.6	107	142	161	183
		50	21.0	27.8	32.1	40.9	68	87	105	116
	2,500	70	14.0	16.5	21.0	26.7	35	38	48	56
		15	42.9	46.1	52.3	63.4	166	197	254	275
		30	39.5	43.2	49.0	59.0	153	170	212	231
		50	35.2	39.1	44.9	52.4	107	126	142	160
		70	28.0	31.7	33.3	34.1	61	66	75	81
	4,000	15	48.6	54.2	60.2	71.0	202	227	284	325
		30	48.0	50.1	57.3	68.2	168	208	249	287
		50	49.0	51.2	57.3	64.9	142	166	186	215
		70	34.3	35.6	37.5	39.9	83	96	102	113
	5,200	15	50.6	53.9	60.7	71.7	210	244	281	356
		30	58.6	63.6	65.3	74.5	215	248	283	308
		50	62.7	64.8	66.0	70.3	168	196	214	249
		70	42.2	43.4	45.0	46.7	104	114	123	131
	5,900	15	50.6	53.9	60.7	71.7	210	244	281	356
		30	58.6	63.6	65.3	74.5	215	248	283	308
		50	62.7	64.8	66.0	70.3	168	196	214	249
		70	42.2	43.4	45.0	46.7	104	114	123	131
標準養生	—	0	38.5	47.0	67.9	—	143	218	386	—
		15	33.6	43.5	58.3	—	122	179	291	—
		30	26.3	35.2	51.9	—	87	135	222	—
		50	16.6	19.9	33.3	—	41	66	120	—
	5,900	70	—	8.9	16.9	—	15	23	59	—
		15	33.6	43.5	58.3	—	122	179	291	—
		30	26.3	35.2	51.9	—	87	135	222	—
		50	16.6	19.9	33.3	—	41	66	120	—

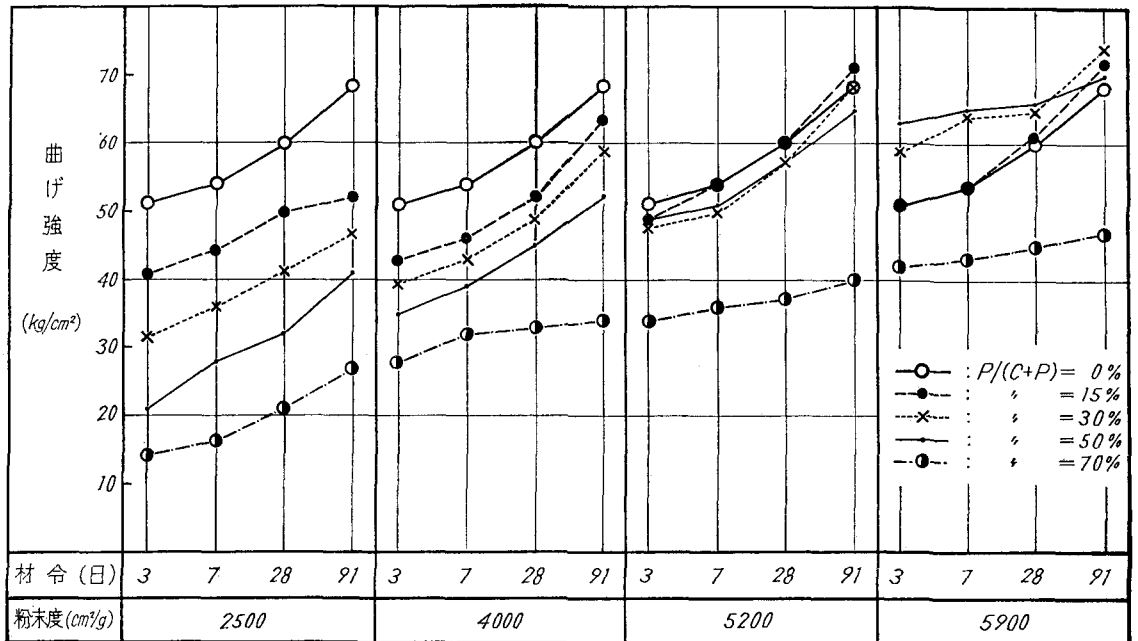


図-1 材齢と曲げ強度との関係

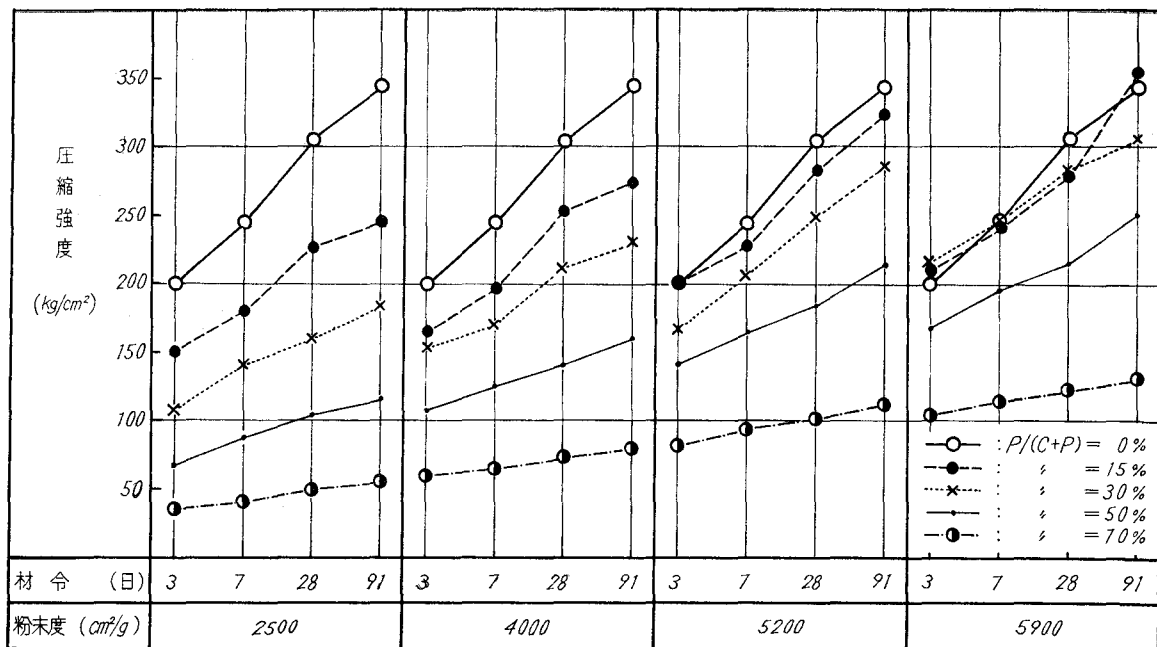


図-2 材齢と圧縮強度との関係

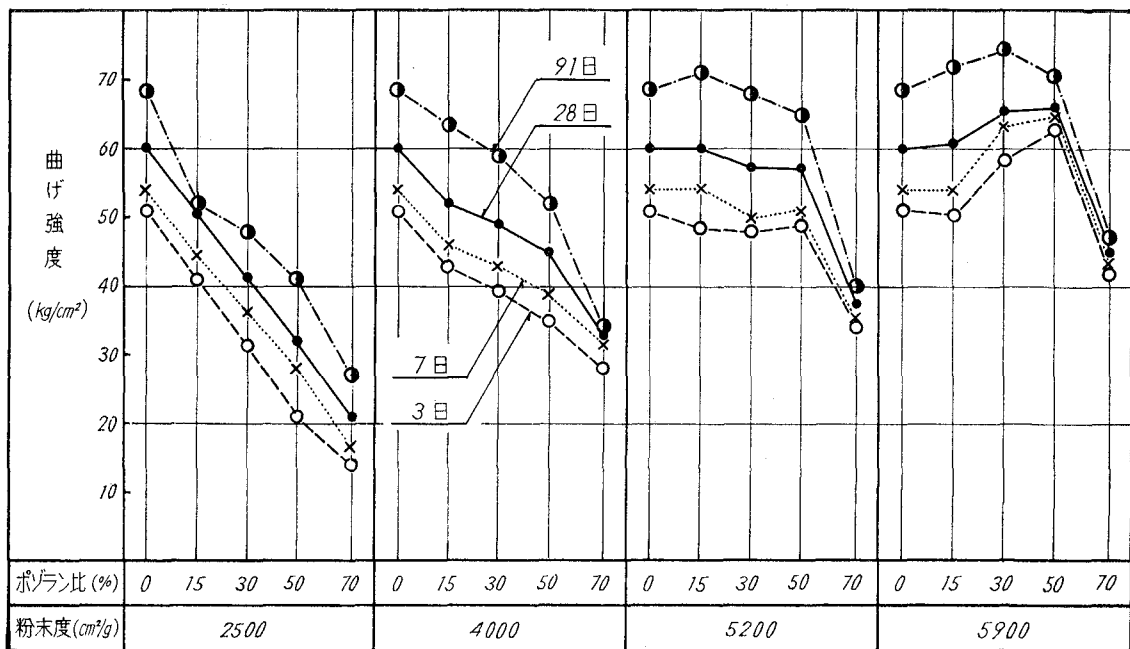


図-3 ポゾラン比と曲げ強度との関係

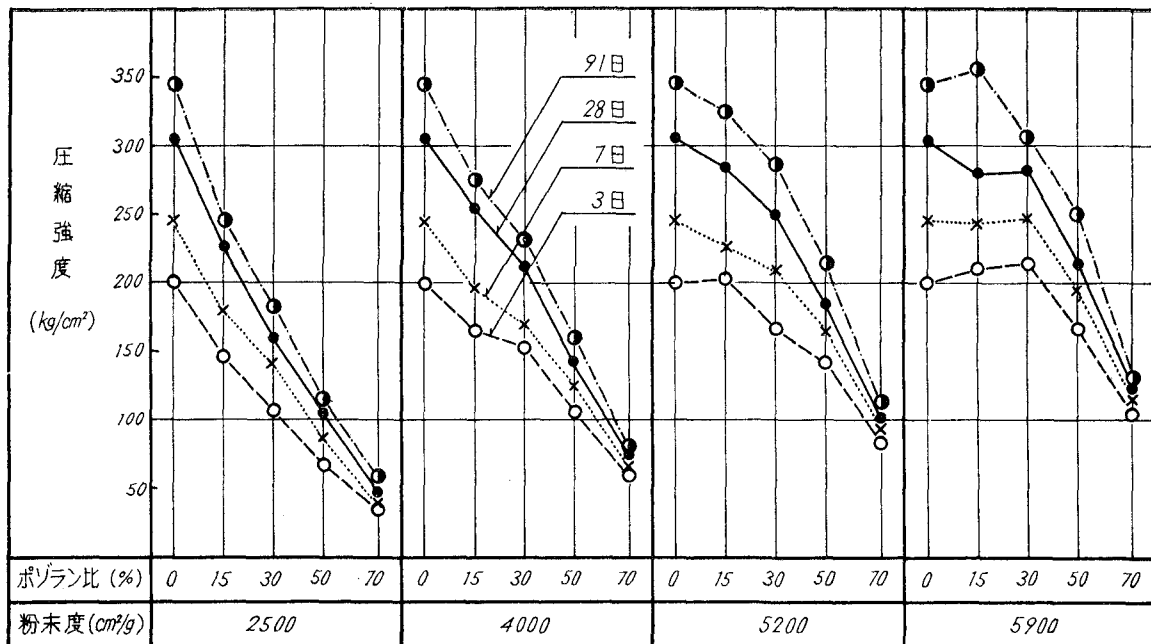


図-4 ポラン比と圧縮強度との関係

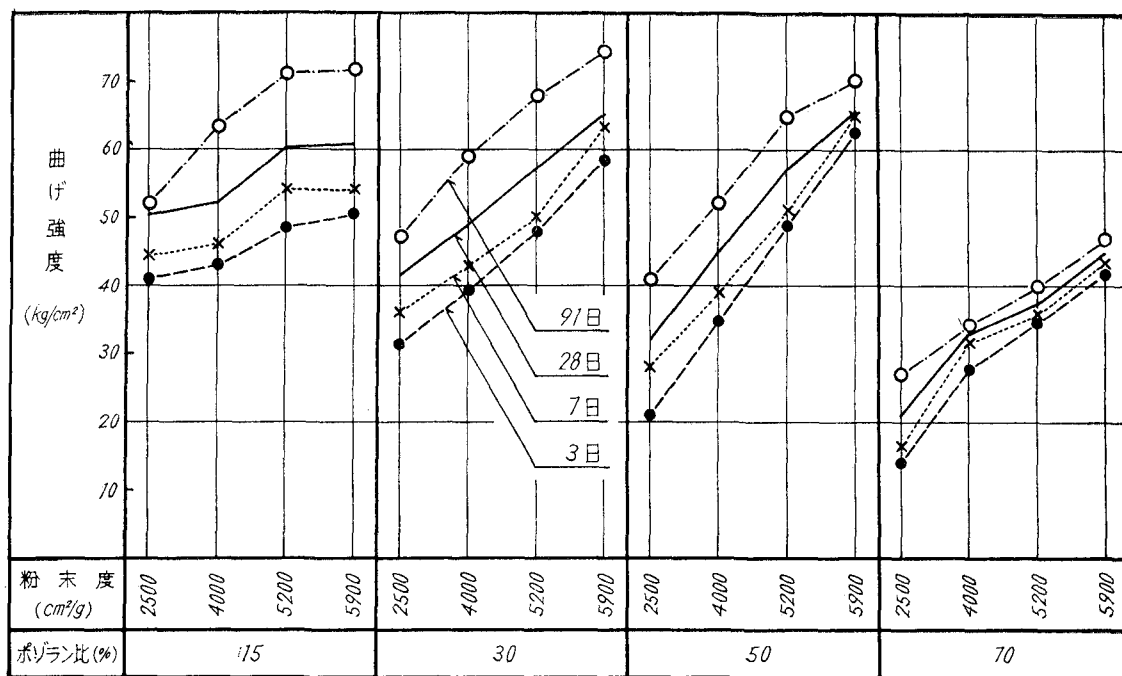


図-5 混和材の粉末度と曲げ強度との関係

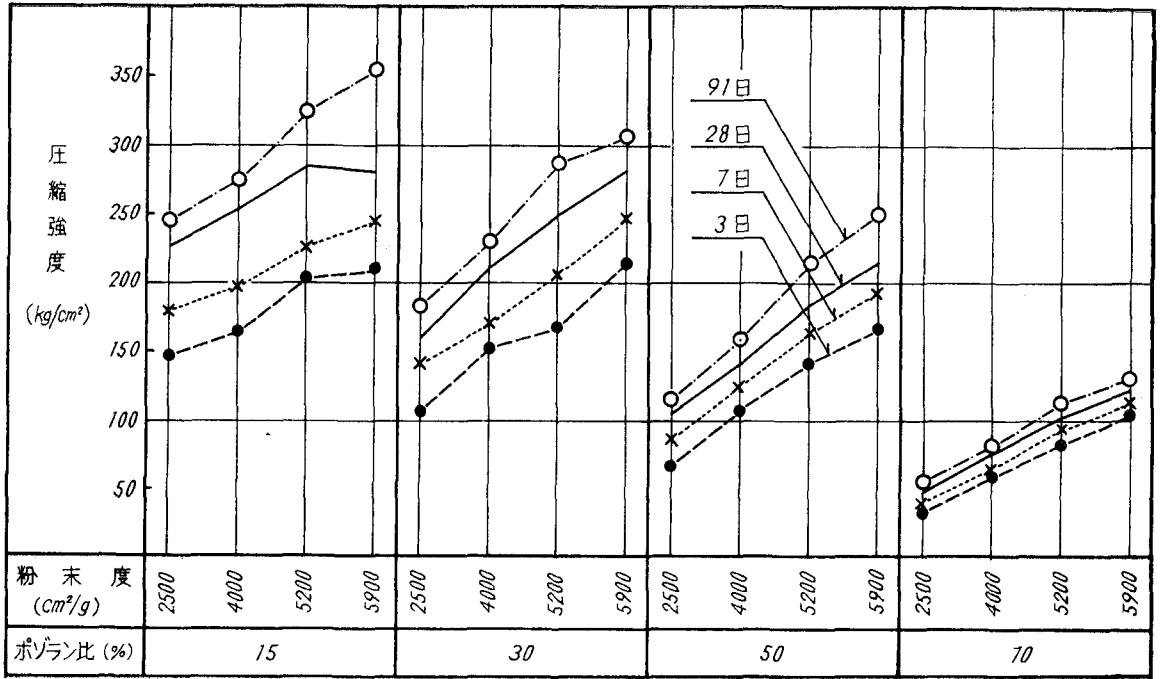


図-6 混和材の粉末度と圧縮強度との関係

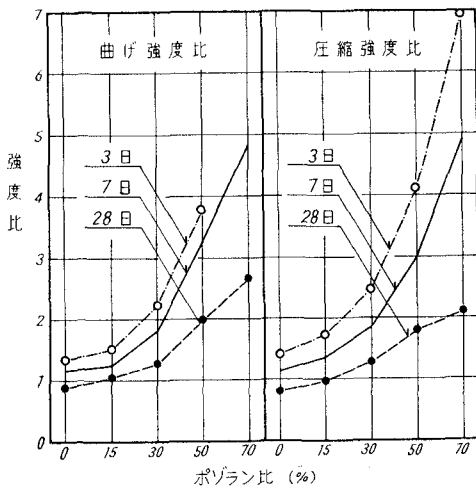


図-7 初期高温養生供試体と標準養生供試体との曲げおよび圧縮強度比

早期材齢ほど、強度比は大きくなることが認められる。

表-3は、初期高温養生を行なったモルタルについて、同一材齢における圧縮強度と曲げ強度との比を示すものであって、この強度比は、混和材の粉末度に関係なく、ポゾラン比が大きいほど小さくなる傾向がある。

Feret は、材齢 n 日における強度 σ_n を次式で表わした。

$$\sigma_n = \frac{K_n}{\{1 + \rho/(C/W)\}^2}$$

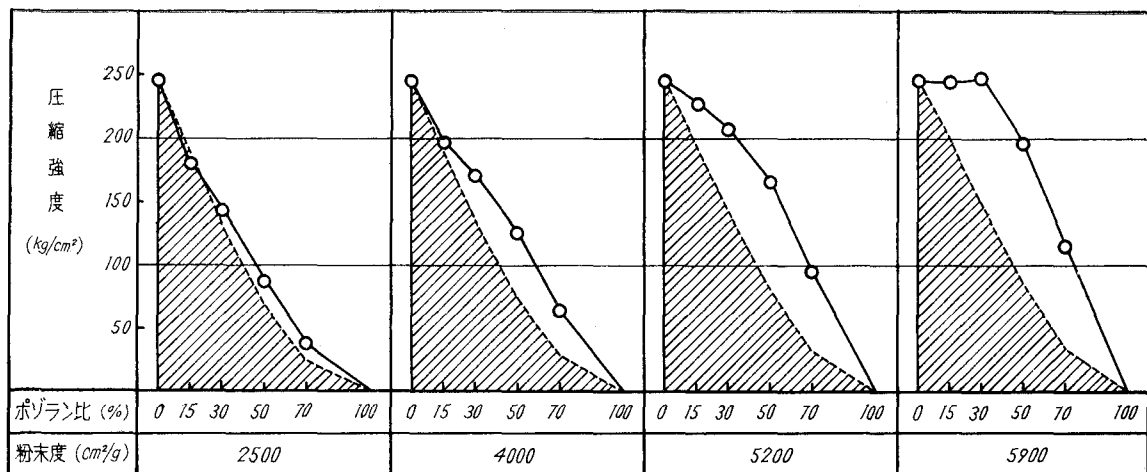
ここに、 K_n は材齢 n 日におけるモルタルの硬化エネルギー

一係数、 ρ はセメントの比重、 (C/W) はセメント水比である。

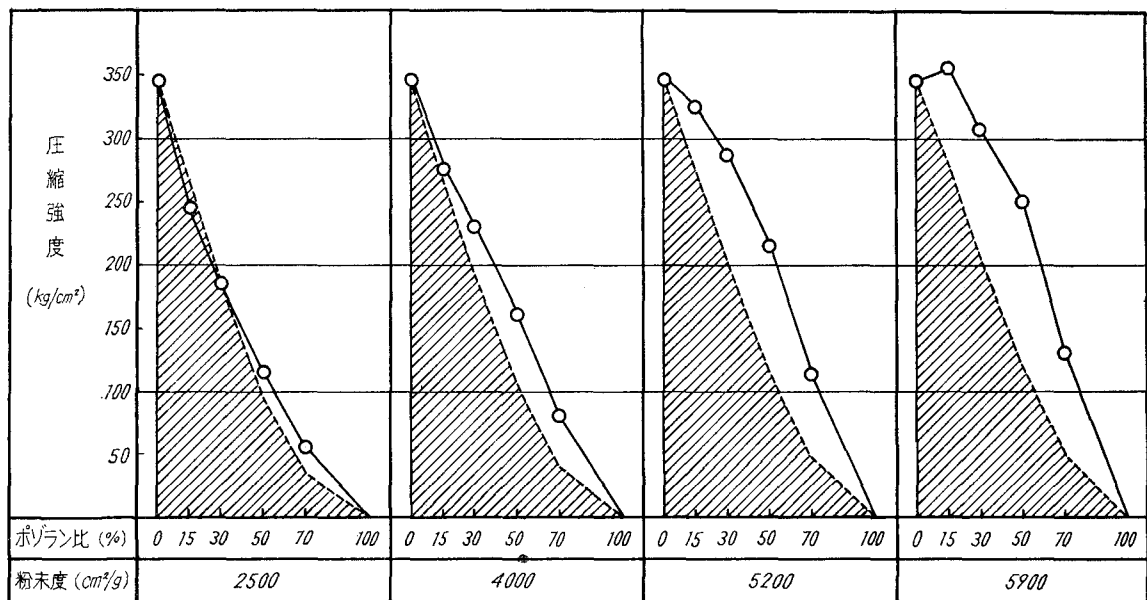
混和材を用いたモルタルの (C/W) 、 $\rho (=3.15)$ 、ポゾラン

表-3 初期高温養生した供試体の圧縮強度と曲げ強度との比

混和材の粉末度 (cm ² /g)	ポゾラン比 (%)	材 齢 (日)			
		3	7	28	91
—	0	3.9	4.6	5.1	5.0
2,500	15	3.6	4.0	4.5	4.7
	30	3.4	3.9	3.9	3.8
	50	3.2	3.1	3.3	2.8
	70	2.5	2.3	2.3	2.1
4,000	15	3.9	4.3	4.9	4.3
	30	3.9	3.9	4.3	3.9
	50	3.0	3.2	3.2	3.1
	70	2.2	2.1	2.3	2.4
5,200	15	4.2	4.2	4.7	4.6
	30	3.5	4.2	4.3	4.2
	50	2.9	3.2	3.2	3.3
	70	2.4	2.7	2.7	2.8
5,900	15	4.2	4.5	4.6	5.0
	30	3.7	3.9	4.3	4.1
	50	2.7	3.0	3.2	3.5
	70	2.5	2.6	2.7	2.8



図—8 混和材のボゾラン活性 (材齢 7 日圧縮強度)



図—9 混和材のボゾラン活性 (材齢 91 日圧縮強度)

比 0% のモルタルの K_n を上式に代入すると、混和材を非活性と仮定した場合のモルタル強度 σ_n が得られる。図—8, 9 は、混和材のボゾラン活性の発現を説明するための表示であって、材齢 7 日および 91 日における圧縮強度から作図した。図において、線影部分の境界を示す点線は、混和材を非活性として求めた圧縮強度の計算値であり、実線が点線の上方に位置するとき、混和材のボゾラン活性が発現したと判断できるし、また、混和材の使用による強度の増加分も推定できる。図から、混和材の粉末度が高いほどボゾラン活性は顕著であることが認められる。

4. 結 語

微粉砕したガラス質凝灰岩をコンクリート混和材として使用した場合のボゾラン活性を検討するため、その粉末度、ボゾラン比などを変化させて作った $4 \times 4 \times 16$ cm モルタル供試体を初期高温養生し、曲げおよび圧縮強度試験を行なった結果、次の事項が明らかとなった。

- (1) 混和材の粉末度が高く、ボゾラン比が小さいほど、ボゾラン比 0% の標準モルタル強度に近い値が得られる。
- (2) ボゾラン比が大きいほど各材齢におけるモルタル強度は低下する傾向があるが、混和材の粉末度が高いほど、ボ

ゾラン比の増加にともなう強度低下の割合は小さくなる。

(3) モルタル強度に及ぼす初期高温養生の影響は、ポゾラン比が大きく、早期材齢ほど大である。

(4) 初期高温養生を行なったモルタルの圧縮強度と曲げ強度との比は、混和材の粉末度に関係なく、ポゾラン比が大きいほど低下する傾向がある。

(5) Feret の式を用いて混和材のポゾラン活性を評価したが、粉末度が高いほど各材齢におけるポゾラン活性の発

現は顕著である。この傾向は、粉末度が高いほど各材齢における強度が大であることと一致する。

参 考 文 献

- 1) M. Venuat: Ciments aux cendres volantes, Influence de la proportion de cendre sur les propriétés des ciments, Revue des Matériaux de Construction, Nos 565 à 567, 1962.