

## 高機能セラミックの伸び歪に関する実験的研究

正会員 ○小出 博\*  
正会員 河合 紘茲\*\*  
浦 忠宏\*  
石丸 麟太郎\*

キーワード:

高機能セラミック 伸び歪 引張強度  
曲げ強度

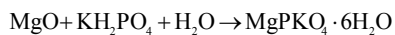
## §1 はじめに

高齢化社会を迎えた我が国において、供用する建築物を長寿命化すると共に耐震化することは喫緊の課題である。我々は建築構造物の補修・補強について高機能セラミック素材に着目し、その材料特性を検証した。

通常セラミックと言うと、金属酸化物を焼成したものを指すが、本高性能セラミック(以下 A と呼称する)は、基材に水を混練して生成したもので、金属酸化物と水の酸塩基反応で、反応熱を伴う化学反応により硬化したものである。したがって、セメントモルタルと異なり、内部に遊離水を生じないことから、化学的結合力が強く、寸法安定性に優れていることが予測される。

なお、基材は酸化マグネシウムと二水素リン酸カリウム他の混合粉末で、若干の細骨材が混入されている。

A の生成化学式は、次式である。



A の素材としての力学的強度特性は表 1 に示す。

表1 既往実験結果

圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	58.7~62.1
曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	12.9~23.1
引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	3.3~6.0
割裂強度 (N/mm <sup>2</sup> )	3.3~4.1
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.02~2.04



写真1 曲げ曲率確認試験

本材料を発砲スチロール板の両面に A を薄く塗布したものは、写真 1 にしめすように、通常のセラミック材に対して、驚異的な曲げ曲率を示す。

## §2 実験の目的

セメントモルタルに比べて大きな引張り強度が確認されているが、A をコンクリート床板および耐震壁、梁柱の補修に用いた場合、変形への追随性が得られれば、これらの強度の補強を兼ねることができ、構造物の耐震補強にとって、画期的なこととなる。すなわち、補強鋼材ぬきで耐震性能の向上も夢ではない。

そこで、A の薄板を作成し、板曲げ載荷実験をおこなって、板両面の曲げ歪と曲げモーメントとの力学的特性を得ることを目的とした。

## §3 試験体形状寸法および材料諸元

試験体形状寸法および A の水/基材比を表 2 に示す。

表2 試験体諸元

番号	板幅 B(mm)	板厚 t (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	Z (mm <sup>3</sup> )	水 (%)
No1	151.6	23.99	174,425	14,541	16%
No2	151.2	23.56	164,777	13,988	18%
No3	151.9	22.66	147,284	12,999	17%

## §4 加力・測定

加力方法は 2 点集中加力とし、支点、加力間は 120-120-120-120mm とした。測定は材中央上下面にワイヤストレーンゲージを 3 枚ずつ貼付して伸び歪圧縮歪を測定した。

## §5 実験結果

実験の結果荷重と引張り歪の関係は上に凸の弾塑性型の曲線を描き、加力点より内部下端で、突然破断して最大強度となった。実験結果概略は表 3 に示す。

また、曲げ歪(引張り側)と応力との関係を図 1 に示す。

## §6 考察

実験により得られた曲げ引張り強度は見かけ上の数値である。そこで、純引張り強度の概略を得るために、完全弾塑性体として推定する。

ft : 純引張り降伏強度

ec : 圧縮歪

et : 引張り歪  $et = u \cdot ec$  と置く

r : 板厚に対する圧縮縁からの中立軸比

x : 引張り降伏位置の中立軸からの距離/板厚

fc : 圧縮縁の応力

と置くと、断面の幾何学的関係から

$$\frac{ft}{x} = \frac{u \cdot fc}{1-r} = \frac{fc}{r}$$

$$u = \frac{1-r}{r}$$

断面の力の釣合いから

$$fc \cdot r/2 = ft \cdot (1-r) - ft \cdot x/2$$

これらを、ft について解いて

$$ft = (u - \sqrt{u^2 - 1})fc$$

を得る。

終局寸前の状態で耐力の小さかった No1 を除いて、No2、No3 では、 $ft = 3.3 \sim 3.8 \text{ N/mm}^2$  となり、ほぼ妥当な数値となる。実際は完全弾塑性ではないので、引張り強度としてはこれ以上の数値となろう。

## §7 むすび

高機能セラミック A は、伸び歪が他に比べて非常に大きい点である。この優位性を設計に取り込める可能性につ

いて、その引張り強度、伸び歪について実験的に求めた結果、引張り強度、約  $4 \text{ N/mm}^2$  以上、伸び歪約  $600 \times 10^{-6}$  程度であることが判明した。今後、追加実験をおこなって設計上の安全率等を求める必要がある。

しかし、いずれにしても伸び歪約  $600 \times 10^{-6}$  は耐震壁の補強、床板の補強を鋼材抜きで行える可能性があると考えられる。

本実験は日本大学生産工学部 河合研究室大学院生諸氏に尽力を頂きました。ここに謝意を表します。また解析については、日本大学生産工学部 花井重孝教授、川島晃教授にご指導頂きました。併せて謝意を表します。

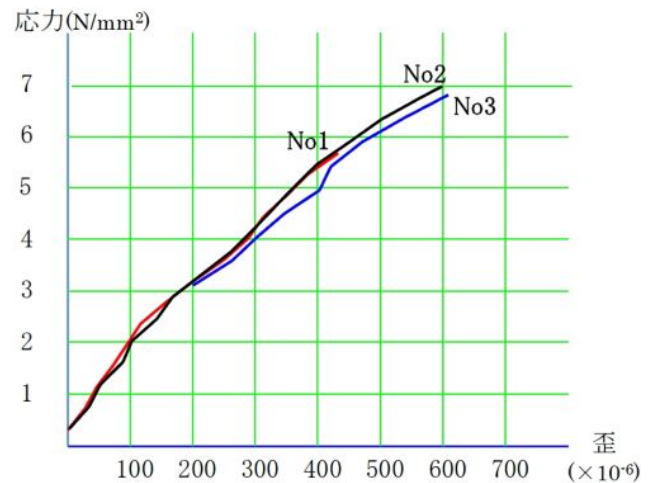


図1 応力-歪曲線（応力は見かけの引張り応力）

表3 実験結果概略

No1					No2					No3				
荷重	モーメント	歪(tens)	歪(comp)	応力度	荷重	モーメント	歪(tens)	歪(comp)	応力度	荷重	モーメント	歪(tens)	歪(comp)	応力度
N	N・mm	$\times 10^{-6}$	$\times 10^{-6}$	N/mm <sup>2</sup>	N	N・mm	$\times 10^{-6}$	$\times 10^{-6}$	N/mm <sup>2</sup>	N	N・mm	$\times 10^{-6}$	$\times 10^{-6}$	N/mm <sup>2</sup>
0	4560	1	1	0.3136	0	4560	3	1	0.3259	0	4560	0	1	0.3508
100	10560	28	21	0.7263	100	10560	35	31	0.7548	100	10560	56	59	0.8123
200	16560	46	39	1.1389	200	16560	52	48	1.1837	200	16560	112	117	1.2738
300	22560	72	66	1.5516	300	22560	89	83	1.6126	300	22560	135	134	1.7354
400	28560	94	85	1.9642	400	28560	102	95	2.0415	400	28560	158	151	2.1969
500	34560	117	105	2.3769	500	34560	143	131	2.4703	500	34560	182	167	2.6585
600	40560	158	135	2.7895	600	40560	169	152	2.8992	600	40560	201	182	3.1200
700	46560	202	174	3.2022	700	46560	215	190	3.3281	700	46560	262	227	3.5815
800	52560	250	210	3.6149	800	52560	261	227	3.7570	800	52560	303	250	4.0431
900	58560	288	232	4.0275	900	58560	296	252	4.1858	900	58560	346	282	4.5046
1000	64560	313	252	4.4402	1000	64560	331	278	4.6147	1000	64560	403	316	4.9662
1100	70560	351	275	4.8528	1100	70560	362	298	5.0436	1100	70560	420	326	5.4277
1200	76560	384	293	5.2655	1200	76560	399	323	5.4725	1200	76560	471	354	5.8892
1300	82560	433	320	5.6781	1300	82560	451	357	5.9014	1300	82560	537	391	6.3508
					1400	88560	501	386	6.3302	1400	88560	609	417	6.8123
					1500	94560	564	423	6.7591					
					1550	97560	598	431	6.9736					