

# 建築材料としての無機複合材料に関する研究

## (その10・金属骨組強化・実験編)

正会員 岸 谷 孝 一\*  
正会員 平 居 孝 之\*\*

### 1 序

石膏や石膏コンクリートをマトリックスとする部材では、鉄筋コンクリートと同じように金属骨組で補強して利用することが考えられる。アメリカではワイヤーメッシュで補強した石膏コンクリートの屋根スラブや石膏プレキャスト板を使っており<sup>1)</sup>、高強度をもつ石膏を金属骨組で強化し構造的に利用することは十分実用性がある<sup>2),3)</sup>。また鉄筋だけでなく、加工性の良さに加えて省エネルギーという観点から建材への利用に力の注がれているアルミニウム合金を補強筋とする石膏コンクリートなど、興味深い課題である。

そこで、石膏マトリックスを金属骨組で強化する方法と、アルミニウム筋による金属骨組で無機マトリックスを強化する方法を調べる目的で、石膏ペースト・石膏軽量コンクリート・セメントコンクリート等の無機マトリックスを、丸鋼・異形棒鋼・アルミニウム丸筋・アルミニウム異形筋による金属骨組で強化したはりの曲げ試験

を行ない、考察を加えた。

本報では、行なった試験の概要と結果を示し、次報においてその考察を述べる。

### 2 試験の概要

はりの曲げ試験には、模型はりシリーズと実大はりシリーズI・II・IIIがある。模型はりシリーズは予備的な試験で、引張筋を丸鋼・アルミニウム丸筋・異形棒鋼・アルミニウム異形筋に変化させることにより、マトリックスと補強筋の付着性能によって左右される付着破壊の検討を目的としている。実大はりシリーズは、石膏ペーストや石膏軽量コンクリートによるマトリックスを金属骨組で強化したはり、無機マトリックスをアルミニウム筋で強化したはりの耐力と変形性状を調べることを目的としている。なお実大はりの実験では、同寸法の鉄筋コンクリートのはりに関する試験<sup>4)</sup>を参考にしている。

#### 2-1 はりの詳細

##### a 模型はりシリーズ

表-1 模型はりの金属骨組とマトリックス

	金属骨組 (mm)	マトリックス		供試体番号
		結合材	マトリックス	
S丸タイプ		石膏	ペースト	7004-1, 2
			軽量コンクリート	7011-1, 2
		普通ポルトランドセメント	ペースト	7030-1, 2
			コンクリート	7037-1, 2
A1丸タイプ		石膏	ペースト	7005-1, 2
			軽量コンクリート	7012-1, 2
		普通ポルトランドセメント	ペースト	7031-1, 2
			コンクリート	7038-1, 2
S異タイプ		石膏	ペースト	7006-1, 2
			軽量コンクリート	7013-1, 2
		普通ポルトランドセメント	ペースト	7032-1, 2
			コンクリート	7039-1, 2
A1異タイプ		石膏	ペースト	7007-1, 2
			軽量コンクリート	7014-1, 2
		普通ポルトランドセメント	ペースト	7033-1, 2
			コンクリート	7040-1, 2

\* 東京大学教授・工博

\*\* 平居建築事務所・工博

(昭和52年11月1日日本稿受理・討論期限昭和53年10月末日)

模型はりシリーズでは、表-1 のように4種類の金属骨組に4種類のマトリックスを組み合わせた5×10×80 cmの寸法のはりを用いた。

b 実大はりシリーズI・II・III

実大はりシリーズでは、表-2 に示すように石膏ペースト・石膏軽量コンクリート・セメントコンクリート・セメント軽量コンクリートをマトリックスとし、金属骨組にシリーズIでは異形棒鋼を、シリーズIIではアルミニウム丸筋を、シリーズIIIではアルミニウム異形筋を使

った15×20×160 cmの寸法のはりを用いた。

2-2 試料の詳細とマトリックスの調合および供試体の作成

用いた試料の詳細を表-3 に、またマトリックスの調合を表-4 に示す。供試体の作成は、マトリックスを混練後金属骨組を組み込んだはり型枠と、圧縮・引張・付着試験用の別途供試体型枠に棒状バイブレーターを制作させながら打設し、模型はりでは翌日脱型後20°C 65±10%RHの条件で28~34日間養生を行ない、実大はり

表-2 実大はりの金属骨組とマトリックス

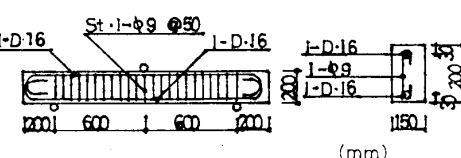
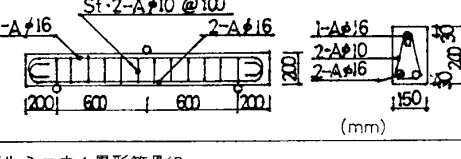
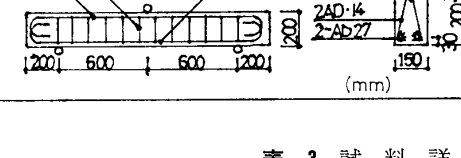
シリーズ	金属骨組	マトリックス		供試体番号
		結合材	マトリックス	
I	異形棒鋼骨組 	石膏	ペースト	G 1, 2
			軽量コンクリート	G A 1, 2
II	アルミニウム丸筋骨組 	石膏	ペースト	AG 1, 2
			軽量コンクリート	AG L 1, 2
		普通ポルトランドセメント	コンクリート	AC 1, 2
			軽量コンクリート	AC L 1, 2
III	アルミニウム異形筋骨組 	石膏	ペースト	ADG 1, 2
			軽量コンクリート	ADGL 1, 2
		普通ポルトランドセメント	コンクリート	ADC 1, 2

表-3 試料詳細

模型はりシリーズ	石膏	Ⅱ型無水石膏 (アルカリサイド) ρ = 2.93 0 社試製品	
	セメント	普通ポルトランドセメント ρ = 3.15 0 社市販品	
	人工軽量細骨材	5 mm ρ = 1.87 吸水量 17.5 % F.M. = 2.76	
	人工軽量粗骨材	15 mm ρ = 1.50 吸水量 18.3 % F.M. = 6.41	
	川砂	5 mm ρ = 2.53 吸水量 2.93 % F.M. = 2.99	
	川砂利	10 mm ρ = 2.67 吸水量 0.77 % F.M. = 6.89	
	棒鋼	D6, D 10-SD30, φ 9-SR 30	
	アルミニウム異形筋	φ 14.5 mm 有効断面積 0.89 cm <sup>2</sup> AD14	
	アルミニウム丸筋	φ 16 mm 有効断面積 2.01 cm <sup>2</sup> Aφ16	
	実大はりシリーズI	石膏	Ⅱ型無水石膏 (アルカリサイド) ρ = 2.93 0 社試製品
人工軽量粗骨材		15 mm ρ = 1.53 吸水量 28.5 % F.M. = 6.10	
主筋		異形棒鋼 D-16-SD-35 有効断面積 1.80 cm <sup>2</sup>	
スターラップ		丸鋼 φ 9-SR 24 有効断面積 0.61 cm <sup>2</sup>	
実大はりシリーズII		石膏	Ⅱ型無水石膏 ρ = 2.93 0 社試製品
		人工軽量粗骨材	15 mm ρ = 1.54 吸水量 28.2 % F.M. = 6.10
		川砂利	15 mm ρ = 2.63 F.M. = 5.99
		川砂	5 mm ρ = 2.48 F.M. = 3.00
		主筋	アルミニウム丸筋A φ 16 mm 有効断面積 2.01 cm <sup>2</sup>
		スターラップ	アルミニウム丸筋A φ 10 mm 有効断面積 0.79 cm <sup>2</sup>
	セメント	普通ポルトランドセメント ρ = 3.15 0 社市販品	
	実大はりシリーズIII	石膏	Ⅱ型無水石膏 ρ = 2.93 0 社試製品
		セメント	普通ポルトランドセメント ρ = 3.15 0 社市販品
		人工軽量粗骨材	15 mm ρ = 1.49 吸水量 23.0 % F.M. = 6.41
人工軽量細骨材		5 mm ρ = 1.87 吸水量 28.0 % F.M. = 2.76	
川砂利		15 mm ρ = 2.67 吸水量 0.8 %	
川砂		5 mm ρ = 2.53 吸水量 2.9 % F.M. = 2.99	
主筋		AD27 アルミニウム異形筋 φ 27 mm 有効断面積 2.25 cm <sup>2</sup>	
スターラップ		AD14 アルミニウム異形筋 φ 14 mm 有効断面積 0.89 cm <sup>2</sup>	

表-4 マトリックスの調査

	マトリックス	混水比 W/G or C %/wt	骨材率 %vol		調 合 $kg/m^3$								スランブ Cm		
			細	粗	結合材		水	川砂	川砂利	人工軽量 細骨材	人工軽量 粗骨材	凝結 調整剤		減水剤	
					II型無 水石膏	普通ポル トランド セメント									
模型はりシリーズ	石膏ペースト	4.0	—	—	131.0	—	52.4	—	—	—	—	19.7	5.2	21.6	
	石膏軽量コンクリート	3.6	1.4	3.5	69.3	—	24.9	—	—	26.2	52.5	10.4	2.8	19.3	
	セメントペースト	4.0	—	—	—	136.7	54.7	—	—	—	—	—	—	28.4	
	セメントコンクリート	5.0	2.9	3.5	—	41.6	20.8	73.4	93.5	—	—	—	—	20.5	
実大はり	シリーズI	石膏ペースト	4.0	—	—	131.3	—	52.5	—	—	—	—	19.7	—	17.0
		石膏軽量コンクリート	4.0	—	4.0	77.7	—	31.1	—	—	—	61.3	11.7	—	8.0
	シリーズII	石膏ペースト	4.0	—	—	130.6	—	52.2	—	—	—	—	36.0	—	28.0
		石膏軽量コンクリート	4.0	—	4.0	77.3	—	30.9	—	—	—	61.4	21.3	—	20.0
	シリーズIII	セメントコンクリート	5.5	3.2	3.7	—	33.4	18.4	79.4	97.3	—	—	—	—	11.0
		セメント軽量コンクリート	5.0	3.1	3.7	—	36.7	18.4	76.9	—	—	56.8	—	—	17.0
	シリーズIII	石膏ペースト	3.7	—	—	135.8	—	50.2	—	—	—	—	37.5	5.43	24.3
		石膏軽量コンクリート	3.5	1.4	3.5	69.8	—	24.4	—	—	26.2	52.2	19.3	2.79	21.0
		セメントコンクリート	5.5	3.2	3.6	—	34.6	19.0	81.0	96.1	—	—	—	—	19.6

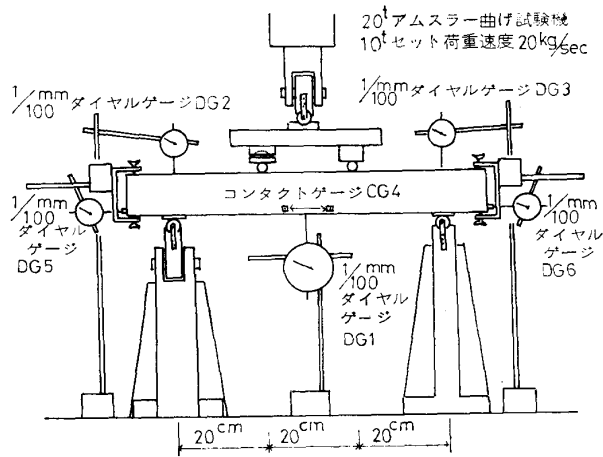


図-1 模型はりの曲げ試験装置

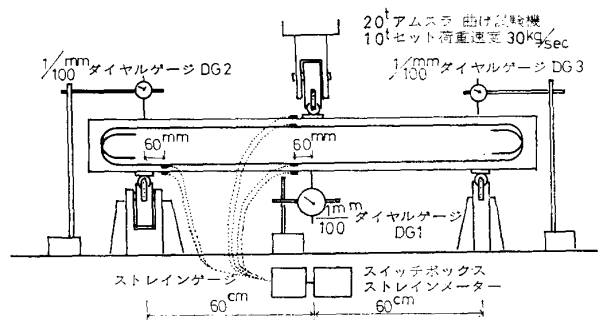


図-2 実大はりの曲げ試験装置

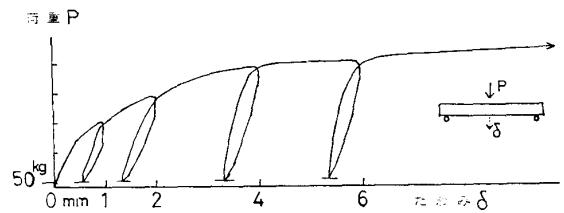


図-3 実大はりの荷重順序

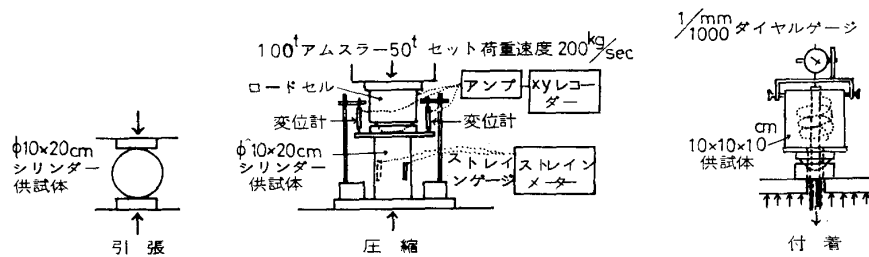


図-4 マトリックスの試験

では2日後脱型し、石膏マトリックスの場合は20°C 65 ± 10%RHの条件で、セメントマトリックスの場合は室内で26~27日間養生した後試験を行なった。はり供試体は2体あり、別途供試体はそれぞれ3体で付着試験については水平配筋を3体とし参考のため垂直配筋を1体加えた。

2-3 試験装置と測定方法

模型はりの曲げ試験は図-1に示す装置を用い、200 kgおきに荷重を止めて変形を測定し発生したキレツを供試体表面に記録した。実大はりの曲げ試験では図-2

に示す装置を用い、図-3に示すような順序で一方方向繰返し荷重し、最初たわみが1 mmになるまでは200 kgおきにそれ以後は400 kgおきに荷重を止めて、たわみと歪度また発生したキレツを供試体表面に記録した。マトリックスの別途供試体の試験では、図-4のように圧縮の場合コンクリートの圧縮強度試験方法<sup>5)</sup>を参考に、荷重初期の歪度を供試体対面上に張り付けた2枚のストレインゲージから読み取り、最大荷重付近から破壊に至るまでの変形を変位計またはダイヤルゲージを用いて記録した。引張の場合はシリンダー供試体を用いた割裂引

張<sup>6)</sup>により、また付着は補強筋の引き抜き<sup>7)</sup>により試験を行なった。金属骨組の引張試験は、金属材料引張試験方法<sup>8)</sup>に基き、主筋についてはストレインゲージを用いて荷重に対する歪度を測定した。

### 3 試験結果

#### 3-1 別途供試体の試験結果

別途供試体によるマトリックスの比重・ヤング係数・圧縮強度・引張強度・付着強度の試験結果を表-5 に、

表-5 マトリックスの試験結果

	マトリックス	比重	ヤング係数 $\times 10^4 \text{ kg/cm}^2$	圧縮強度 $\text{kg/cm}^2$	引張強度 $\text{kg/cm}^2$	付着強度 $\text{kg/cm}^2$				
						鉄筋		アルミニウム筋		
						丸鋼	異形	丸筋	異形筋	
模型はり	石膏ペースト	1.65	11.6	297	18.6	3.48	5	3.5		
	石膏軽量コンクリート	1.59	15.0	321	26.6	4.86	6	4.5		
	セメントペースト	1.95	15.0	355	18.5	22.57	1.1	2.6		
	セメントコンクリート	2.21	21.2	298	26.8	28.94	1.4	3.8		
実大はり	シリーズⅠ	石膏ペースト	1.68	10	364	11.5	—	4.3	—	
		石膏軽量コンクリート	1.57	12	350	19.0	—	4.7	—	
		石膏ペースト	1.59	11	199	16.4	—	—	5.3	
		石膏軽量コンクリート	1.49	8	149	12.2	—	—	5.7	
	シリーズⅡ	セメントコンクリート	2.23	22	285	31.0	—	—	8.5	
		セメント軽量コンクリート	1.82	16	327	27.6	—	—	7.0	
		石膏ペースト	1.71	7	172	12.5	—	—	—	3.5
		石膏軽量コンクリート	1.56	10	170	12.2	—	—	—	3.8
	シリーズⅢ	セメントコンクリート	2.26	23	297	26.9	—	—	—	6.2

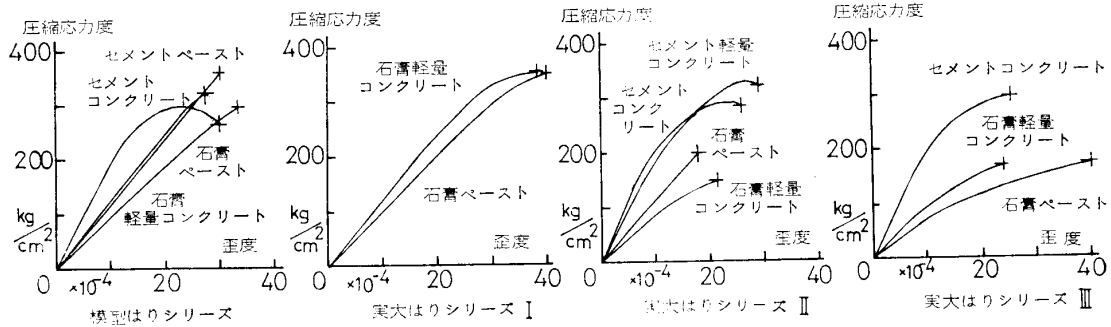


図-5 マトリックスの圧縮応力度-歪度

表-6 金属骨組の試験結果

	金属骨組	有効断面積 $\text{cm}^2$	降伏点 $\text{kg/cm}^2$	引張強さ $\text{kg/cm}^2$	伸び %	ヤング係数 $\times 10^4 \text{ kg/cm}^2$	
模型はりシリーズ	異形棒鋼	D 10	0.625	4290	6320	9.7	2.03
		D 6	0.249	4420	7350	6.9	—
	丸鋼 $\phi 9$	0.622	4040	6380	10.9	—	
	アルミニウム異形筋 1.4 mm	0.890	1380	2090	10.1	0.67	
	アルミニウム丸筋 1.60 mm	2.01	2200	3670	11.3	0.72	
実大はり	シリーズⅠ	主筋 異形棒鋼 D16	1.80	4010	6240	8.8	2.04
		スターラップ 丸鋼 $\phi 9$	0.61	4230	6470	10.7	—
	シリーズⅡ	主筋 アルミニウム丸筋 1.6 mm	2.01	2200	3670	11.3	0.72
		スターラップ アルミニウム丸筋 1.0 mm	0.79	—	3780	10.6	—
	シリーズⅢ	主筋 アルミニウム異形筋 2.7 mm	2.25	2000	2140	5.6	0.67
		スターラップ アルミニウム異形筋 1.4 mm	0.89	—	2090	10.2	—

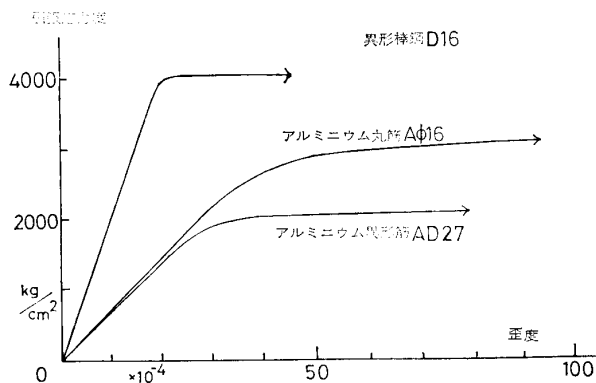


図-6 実大はりシリーズの主筋の引張応力度-歪度

また圧縮応力度と歪度の関係を図-5 に示す。金属組組に使った補強筋の有効断面積・降伏点・引張強さ・破断伸び・ヤング係数の試験結果を表-6 に、また実大はり

シリーズI・II・IIIの主筋の引張応力度と歪度の関係を図-6 に示す。

3-2 はりの曲げ試験結果

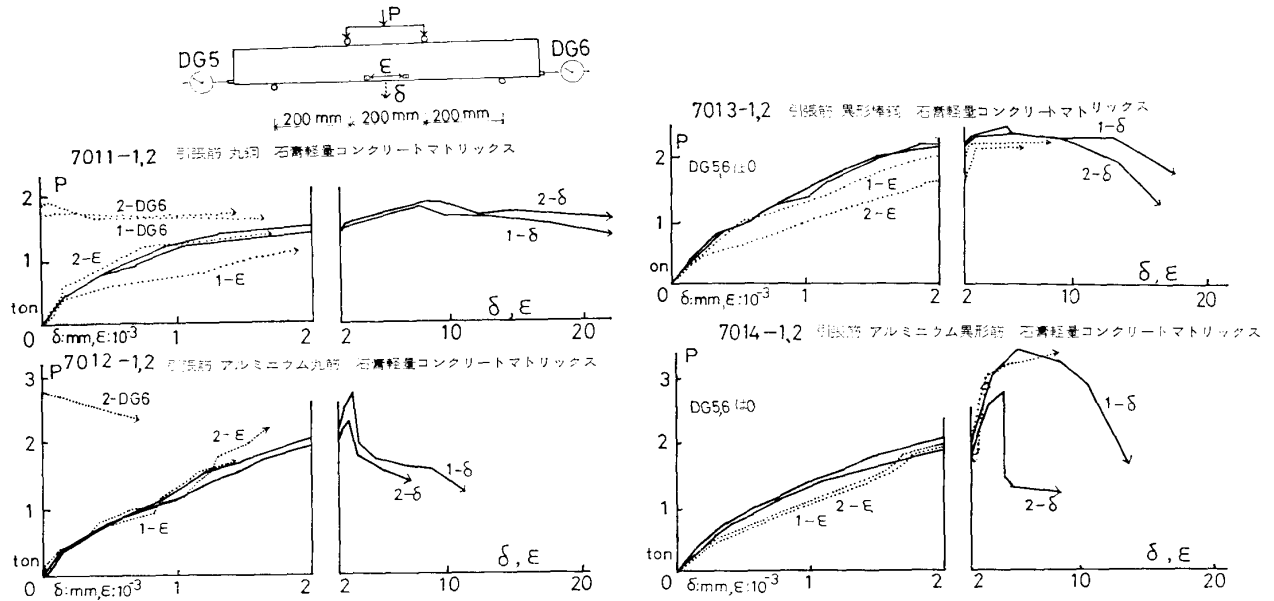


図-7 模型はりの試験結果 (石膏軽量コンクリートマトリックスの場合)

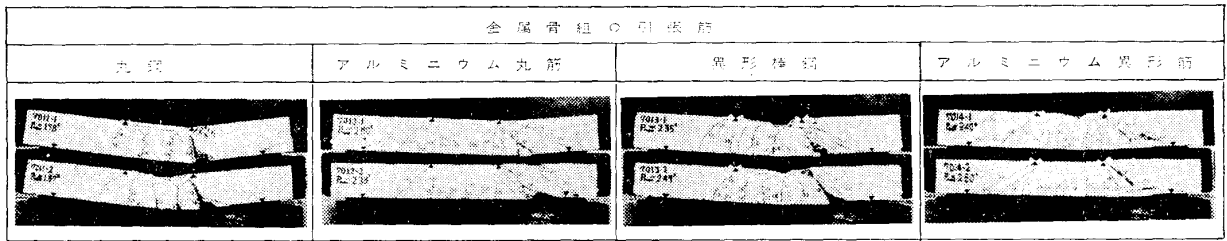


写真-1 曲げ試験後の模型はり (石膏軽量コンクリートマトリックスの場合)

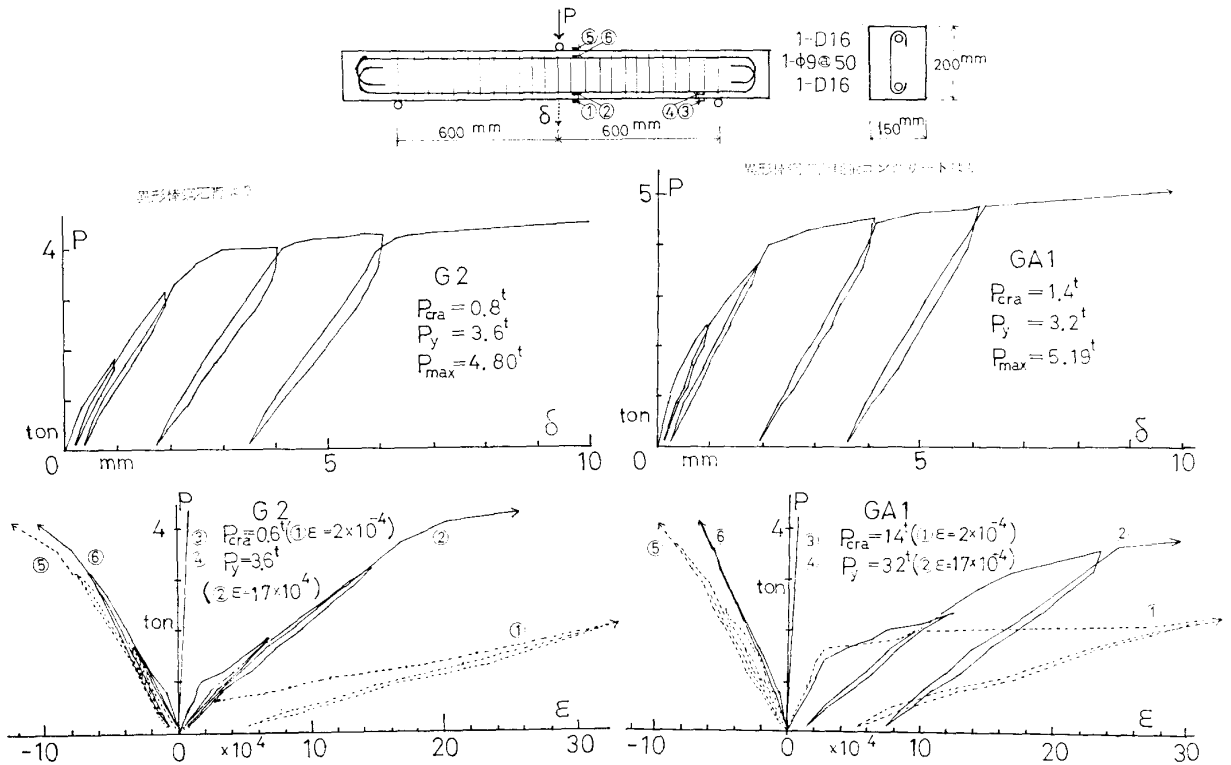


図-8 実大はりシリーズIの試験結果

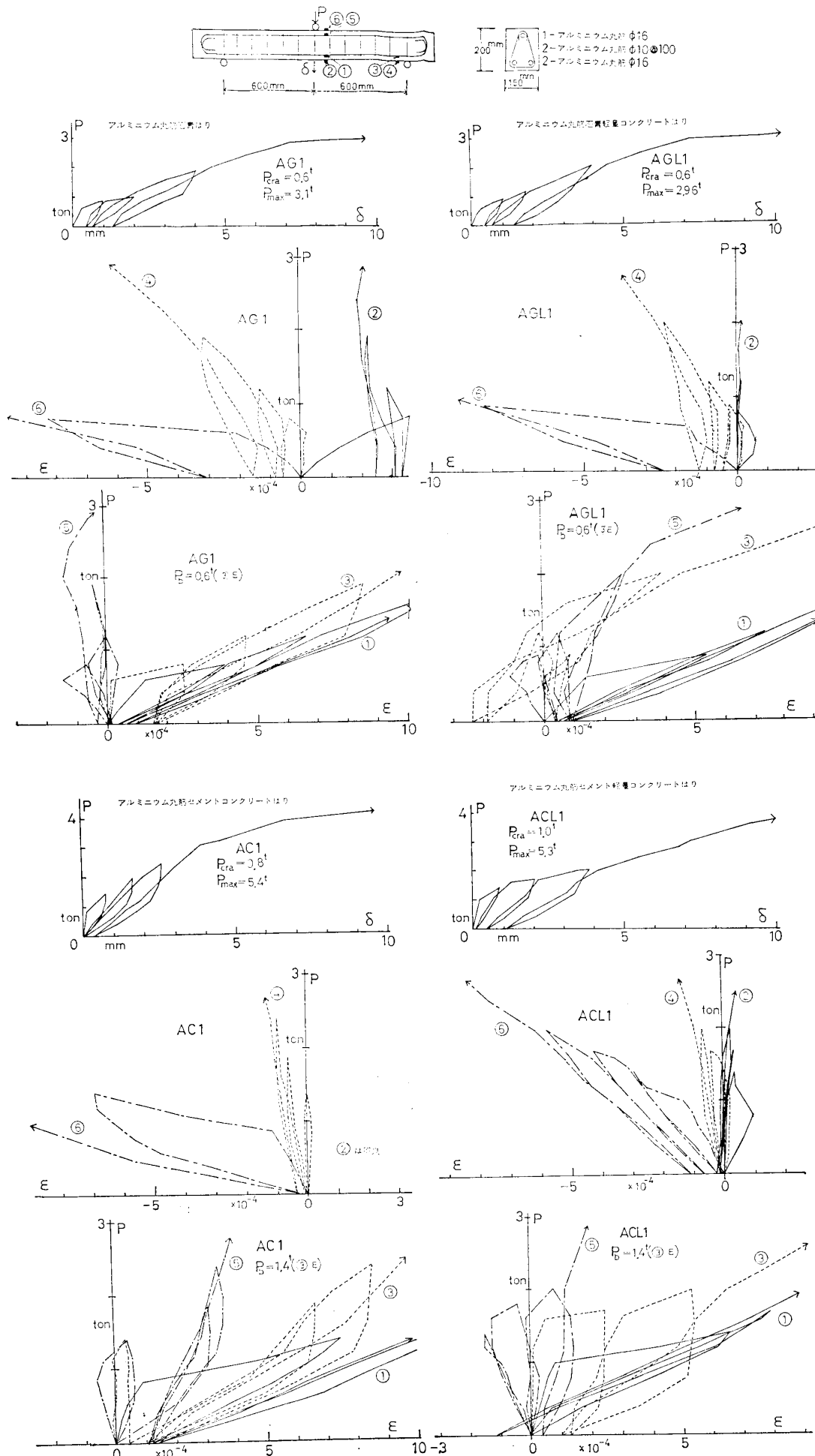


図-9 実大はりシリーズII試験結果

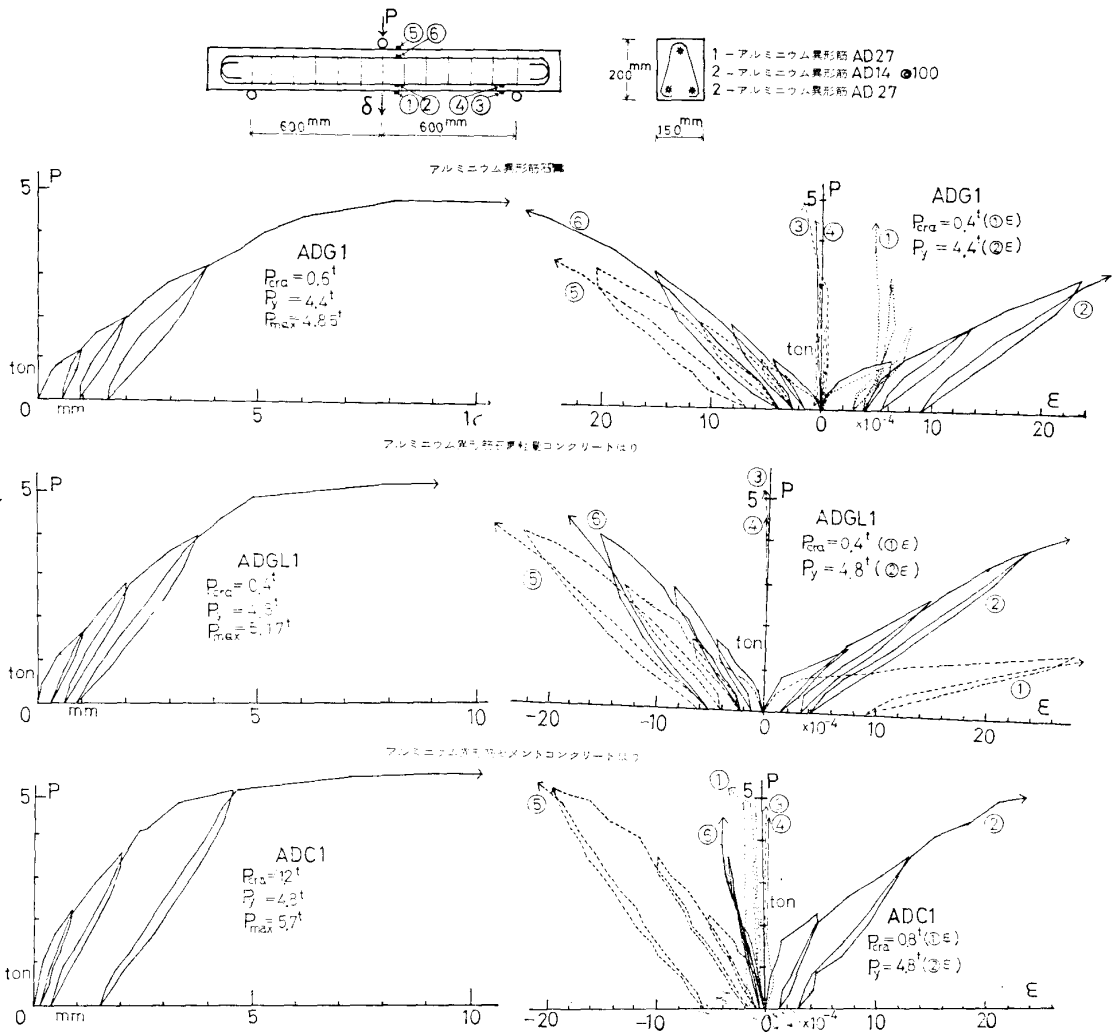


図-10 実大はりシリーズⅢの試験結果

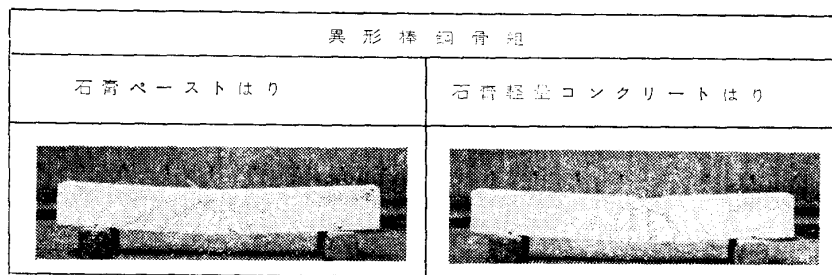


写真-2 実大はりシリーズⅠ 曲げ試験後のはり

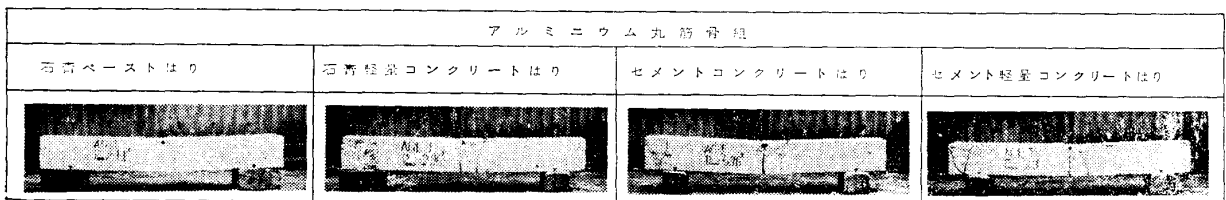


写真-3 実大はりシリーズⅡ 曲げ試験後のはり

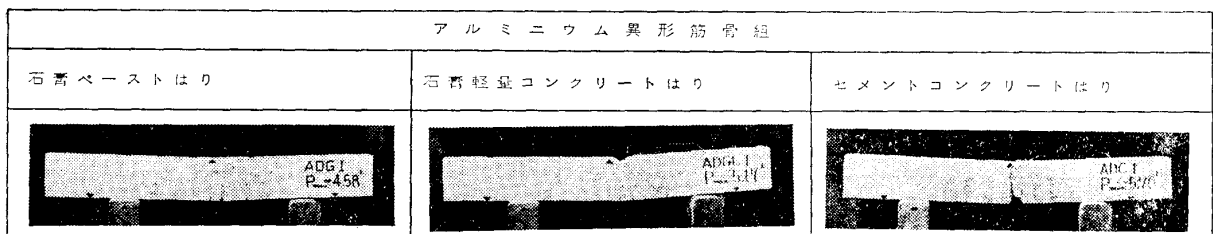


写真-4 実大はりシリーズⅢ 曲げ試験後のはり

#### a 模型はり

図-7 に模型はりの荷重に対する中央たわみ・マトリックス引張歪度・引張筋端部相対すべりの試験結果の例を、また試験後のはり供試体の例を写真-1 に示す。

#### b 実大はり

実大はりシリーズI・II・IIIの荷重に対する中央たわみと歪度の試験結果と、また試験後のはり供試体の代表例を図-8~10 と写真-2~4 に示す。

#### 4 結 び

無機マトリックスの金属骨組強化を調べる目的で、石膏マトリックスを金属骨組で強化したはり、無機マトリックスをアルミニウム筋による金属骨組で強化したはりの曲げ試験を行ない、その結果を示した。

試験結果の検討とその結論は次報で報告の予定。

#### 文 献

- 1) "Construction" United States Savings and Loan League
- 2) Blakey Aust, Australian and Newzealand Association for the Advantage of Science, Perth Conference Aug. 1959
- 3) "Bauen mit Gips" Bunderverband der Gipsbauplattenindustrie eV
- 4) 梅村, 武田, 高強度鉄筋コンクリートの研究 1962.12 東京大学 武藤研究室
- 5) JIS A 1108
- 6) JIS A 1113
- 7) ASTM C 234
- 8) JIS Z 2241

## SYNOPSIS

U.D.C. 691.55

### STUDY ON INORGANIC COMPOSITE MATERIALS AS BUILDING MATERIALS

(Part 10 · Skeleton Reinforcement : Experimental Report)

by Dr. KOICHI KISHITANI, Prof. of Tokyo Univ., Dr. TAKA-YUKI HIRAI, Hirai Building Engineering Office, Members of A.I.J.

It is reasonably possible to reinforce Gypsum paste or Gypsum concrete matrices by metallic skeletons as in the case of steel reinforced cement concrete. While, for metallic skeleton not only steel bar but aluminium bar is available. In neutral matrices as Gypsum paste or Gypsum concrete aluminium does not need corrosion protective covering so to examine the structural performance of aluminium skeleton reinforced Gypsum paste or Gypsum concrete is an interesting theme.

Then we carried out some experiments on beams bearing simple bending load to investigate the mechanical properties of these metallic skeletons reinforced inorganic matrices structures. There are some series in the experiment. In the small size beam series the fracture by bond destruction between matrix and reinforcing tensile bar are examined. Series I, II and III are on the natural size beams. For series I deformed steel bar skeletons and Gypsum paste or Gypsum light weight aggregate concrete matrices, for series II round aluminium bar skeletons and cement concrete, Gypsum paste and Gypsum light weight aggregate concrete matrices, and for series III deformed aluminium bar skeletons and cement concrete, Gypsum paste and Gypsum light weight aggregate concrete matrices are used. In the study the bending performance of the metallic skeleton reinforced inorganic matrix structure are estimated and the basis idea needed to design the members having these structure are indicated.

In this paper experimental results are shown and theoretical analysis will be reported in the next paper (Part 11).