

セッコウ-鋼板によるプレキャスト板の曲げ試験

正会員 岸谷孝一*

同 〇 平居孝之**

① はじめに セッコウは 建築材料として凝結硬化時間の調節が自由で施工性が良くセメントコンクリート石材に比べ軽量で防火上望ましい特性を持っているにもかかわらず、国内資源が不足のため価格が高く、力学的性状や耐久性についての研究が無く未知な点が多いという理由によって、従来内装材やコンクリート混和材料などのほかには利用されていなかった。しかしここ数年の向には、公害で問題になっている排煙中の硫黄をセッコウ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)として回収するプラントが続出し、回収したセッコウは年間数百万トになる予定で、46年度のセッコウ需要は450万トでそののびは年間50万ト弱だからとて回収セッコウののびには追いつかず、供給価格が大巾に安くなる見込みである。また、セッコウの強度に関しては最近の研究でⅡ型半水セッコウやⅡ型無水セッコウは構造部材として利用出来ることがわかってきた。そこで、セッコウを大量に高性能部材として用いる事が出来る見通しのもとに、セッコウの引張強度ねばり強さの不足を鋼板で補ったプレキャスト板を成型して曲げ試験を行い、セッコウ部分だけのプレキャスト板及び合板の曲げ性状と比較して鋼板による補強の効果と、セッコウ-鋼板プレキャスト板の実用性について研究した報告である。

② プレキャスト板の成型 工場連続生産が行える方法が望まれるので、接着剤を塗った鋼板でセッコウをサンドイッチして加圧成型する方法を用いた。セッコウの水和凝結硬化と接着剤の硬化が同時に終了する様に調節されており、成型開始後約3時間作業を終了出来る。またバルトコンバヤで連続体を成型後裁断するから、上下に鋼板があり型枠が不必要で、生産能率は非常に良くなる。(加圧成型応力度は $15 \text{Kg}/\text{cm}^2$)

③ 試験方法 セッコウ2種、軽量骨材2種、混水比2種を用いてセッコウ部分とし、これに鋼板をつけたものつけないもの計14種を $4^{\text{m}} \times 15^{\text{m}} \times 60^{\text{m}}$ のサイズで各3体づつ成型し、比較用の合板3種と共に荷重スパン50cmの単純曲げ試験を行い、荷重に対するたわみ量と上下面の歪度を測定した。同時にセッコウ部分及び鋼板

表1 プレキャスト板詳細

供試体 No.	使用セッコウ	混水比 (水量/セッコウ) %	軽量骨材 混入体積 率 0.4	鋼板 の有無	比重	鋼板との 比重量
1001		19	-	-	2.01	-
1002	Ⅱ型 半水 セッコウ	40	-	-	1.66	-
1003		19	メサライト	-	1.60	-
1004		40	パーライト	-	1.23	-
1005		19	-	有	2.33	1.97
1006		19	メサライト	有	1.88	1.57
1007		40	パーライト	有	1.66	1.27
1008	Ⅱ型 無水 セッコウ	20	-	-	2.19	-
1009		40	-	-	1.65	-
1010		20	メサライト	-	1.86	-
1011		40	パーライト	-	1.27	-
1012		20	-	有	2.38	2.03
1013		20	メサライト	有	2.25	1.99
1014		40	パーライト	有	1.81	1.41
1015	合板	20 ^{mm} 厚	7 ^{mm} ファイ	JSA 2類 普通合板		
1016		30 ^{mm} 厚	11 ^{mm} ファイ			
1017		40 ^{mm} 厚	14 ^{mm} ファイ			

の力学的性状を調べる実験を行った。プレキャスト板の詳細を表1に、用いた各材料の詳細を表2に示す。成型後は28日材令で室内養生した。

表2 各材料の詳細

セッコウ	種類		Ⅱ型半水セッコウ	Ⅱ型無水セッコウ
	分子式			$\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
調達先			A社市販硬セッコウ	B社試作品
存在する 結晶形態 (X線回析)	2水	なし		なし
	半水	大部分		なし
	無水	少量		全部
	凝結時間 (調節剤添加)	始発	18分	22分
	終結	50分	35分	
軽量骨材	種類		パーライト	メサライト
	粒径		数 mm	10 ^{mm} 前後
	比重		0.5	1.04
	混水時の吸水		自重の約3倍	微量少
鋼板	厚さ1.2 ^{mm} の圧延鋼板を15 ^{mm} ×60cmに打ち抜き表面を亜鉛コーティングしたもの。重量 754 ^g /枚			
接着剤	エポキシ211、2剤混合による調節硬化時間は約1時間。			

(* 東京大学助教授・工博 ** 同大学院生)

④ 試験結果 プレキャスト板の曲げ試験における、荷重-たわみ曲線を図1.2 に、荷重-上下面歪度曲線を図3.4に示し、破壊後の供試体写真を写真1.2.に示す。

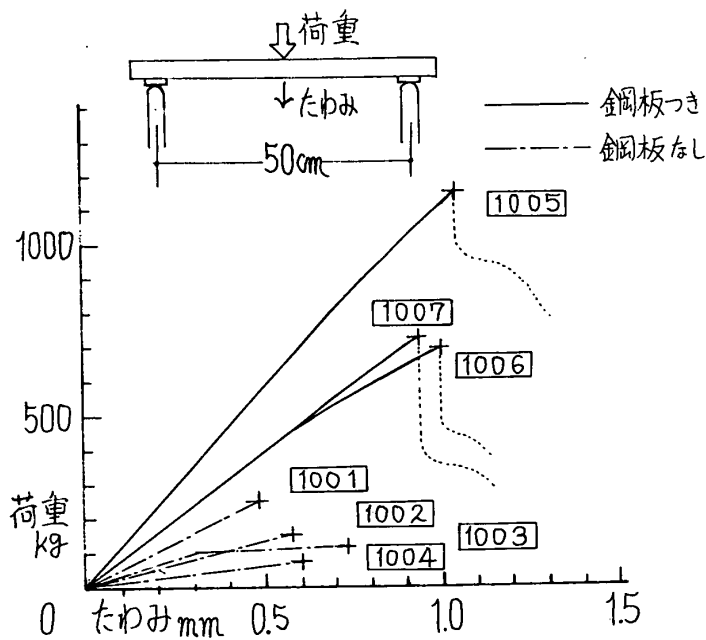


図1 荷重-たわみ曲線(α型半水セッコウ使用)

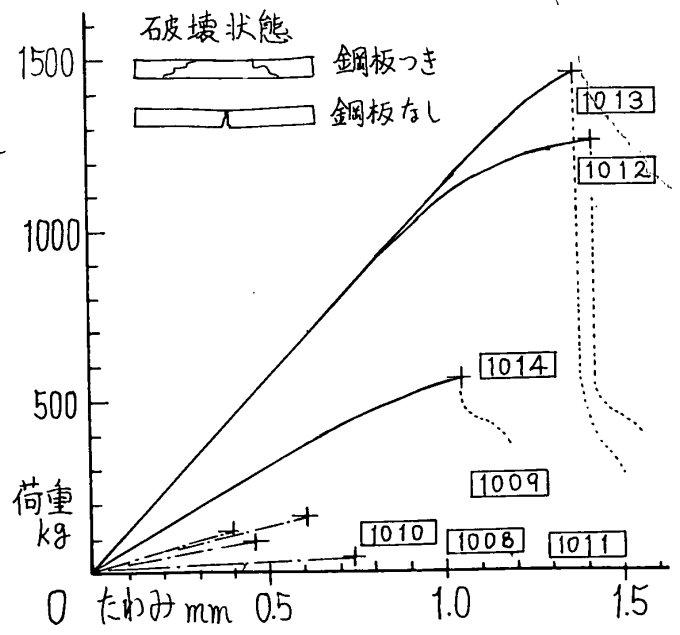


図2 荷重-たわみ曲線(Ⅱ型無水セッコウ使用)

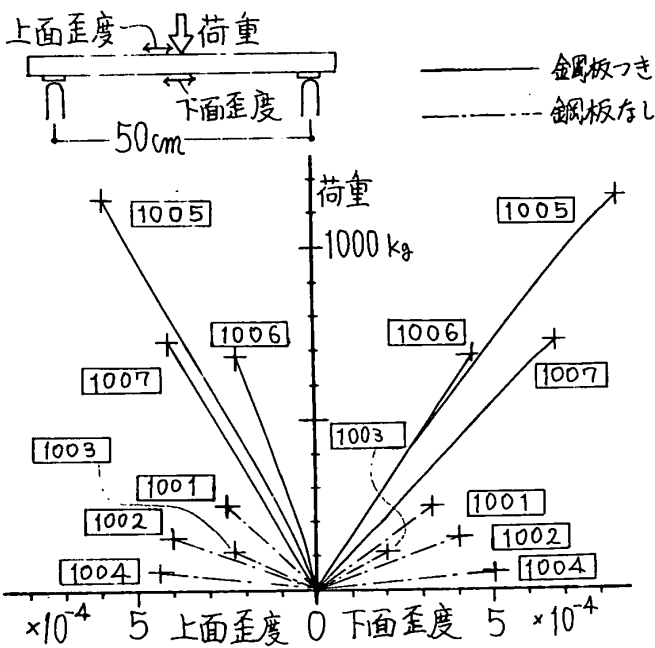


図3 荷重-上下面歪度曲線(α型半水セッコウ使用)

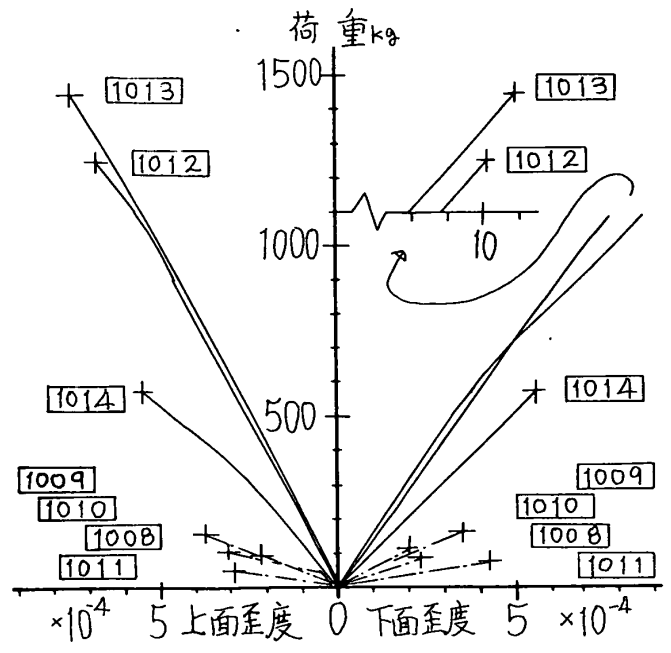


図4 荷重-上下面歪度曲線(Ⅱ型無水セッコウ使用)

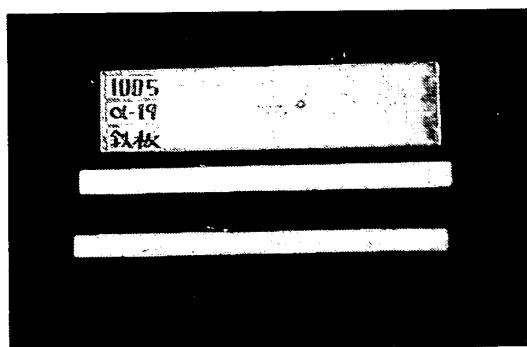


写真 1

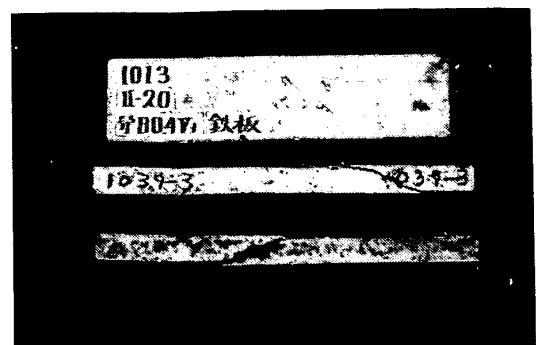


写真 2

セッコウ-鋼板・プレキャスト板と合板の曲げ試験に於ける荷重-たわみ曲線の比較を図5に示す。セッコウ部分及び鋼板の試験結果を表4, 5, 図6, 7, 8に示す。

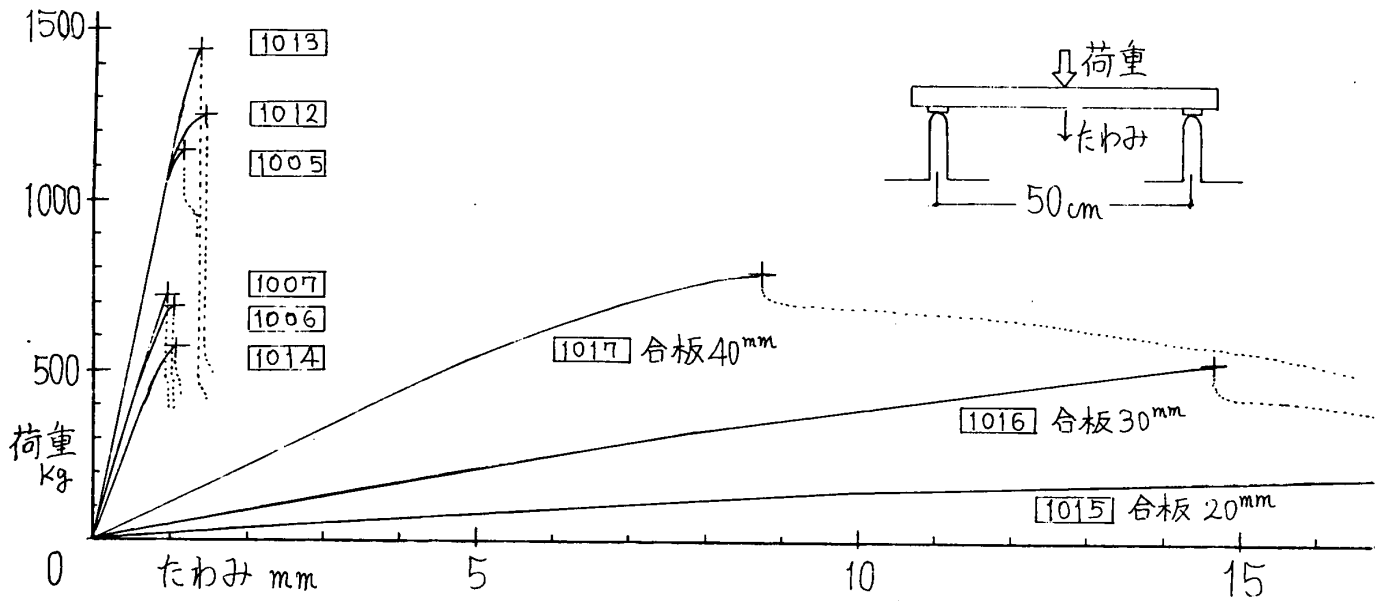


図5 セッコウ-鋼板・プレキャスト板と合板との比較における荷重-たわみ曲線

解説

写真1, 2の曲げ試験破壊後の供試体を見るとセッコウ部分がせん断破壊しており鋼板との接着面は剝離しておらず、接着剤を塗った鋼板にセッコウの混練物を打設する方法で応力伝達が可能な接着が出来る事がわかります。混水比は強度が大きい低混水比を用い、パーライト混入では骨材の吸着水を考慮して40%としました。プレキャスト板の耐力は主に鋼板により負担されセッコウ部分は応力伝達に必要なせん断強度が必要であると予想し、表4をみますと軽量骨材混入率が大きくなってせん断強度の低下は少ないので、混入率(軽量骨材体積/供試体体積)を最大の0.4にえらんだ。α型半水セッコウに混水比19%でメサライトを混入したものは、ねりませ成型が困難で図7表4にあるように強度が低く、プレキャスト板ではセッコウ部分を密閉につめるのに時間がかかりセッコウコア切抜き試験の強度は表5の1003に示すように出ましたが、接着剤の硬化時間が合わず一部剝離して図1に示すように曲げ試験で耐力低下となって表れています。

考察

図5のセッコウ-鋼板・プレキャスト板と合板との比較における荷重-たわみ曲線を見ますと、同じ厚さの合板の2倍近い耐力を持つものもあり、耐力に関して部材としての利用は有望である。しかし最大耐力後、急激に耐力が低下してねばり強さが殆んど無い。これはセッコウが脆性でせん断破壊が急激に進展してそれ以後応力の伝達を行わない理由による。右図のようにこのせん断クラックの進展は斜め引張力によって起るものであるから、引張に対してセッコウ部分がねばり強さを持つように補強すれば、プレキャスト板のねばり強さが向上される。それには、せん断補強が有効であると考えらる。

図3.4の鋼板のない成型板では引張側の歪度が $2 \sim 4 \times 10^{-4}$ になって破壊しており、図8の単体の引張破壊歪度と同等で当然の結果である。鋼板つきの場合引張側の下面歪度は $6 \sim 10 \times 10^{-4}$ になってもセッコウ部分の下面は引張破壊を起さず、鋼板によってクラック発生側を補強されたセッコウ部分が単体よりも延性を持ちかつ応力伝達能力を保持していることがわかる。鋼板とセッコウ部分がそれぞれ受け持つ耐力については、

上下面歪度より求めた鋼板に作用する圧縮力 P_{sc} と引張力 P_{st} より右式のように鋼板の受け持つ曲げモーメントを推定し、セッコウ部分が受け持つ曲げモーメントは引算により推定する。

この結果の次頁表4をみると

$$\text{鋼板の耐力 } M_s = \frac{P_{sc} + P_{st}}{2} \times h$$

$$\text{セッコウ部分の耐力 } M_G = \frac{1}{4} (\text{荷重} \times \text{スパン}) - M_s$$

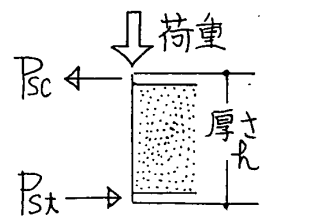


表3 鋼板とセッコウ部分が受け持つ曲げモーメント kg.cm

供試体 No.	破壊時の曲げモーメント	鋼板が受け持つ曲げモーメント	セッコウ部分が受け持つ曲げモーメント	セッコウ部分を単体で曲げ試験する場合の曲げモーメント	供試体 No.
1005	14000	9720	4730	3200	1001
1006	8500	5060	3440	1400	1003
1007	7880	5580	2300	1000	1004
1012	15630	10470	5160	1840	1008
1013	18000	10990	7010	1560	1009
1014	7250	6260	990	640	1010

表4 軽量骨材混入セッコウの強度と比重 (4x4x16^{cm}型)

使用セッコウ	混水比 (%重量%)	軽量骨材	混入体積率	圧縮強度 kg/cm ²	引張強度 kg/cm ²	せん断引張強度 kg/cm ²	比重
α型 半水 セッコウ	19	マサイト	0	188	55	41	1.86
			0.4	55	30	40	1.58
			0	243	46	37	1.63
	40	パ-ライト	0.1	165	-	32	1.48
			0.2	140	-	28	1.36
			0.4	93	22	25	1.22
Ⅱ型 無水 セッコウ	20	マサイト	0	446	61	51	2.07
			0.4	295	16	38	1.84
			0	216	37	30	1.68
	40	パ-ライト	0.1	191	-	29	1.55
			0.2	161	-	27	1.45
			0.4	130	24	28	1.36

鋼板のつかないセッコウだけの供試体の曲げモーメントと同じセッコウ部分が鋼板のある場合に受け持つ曲げモーメントを比較すると、セッコウ部分は単体で用いた時の何倍もの曲げモーメントを負担しており、クラック発生側を補強された脆性材料の耐力が非常に増加する現象を示しており、鋼板によるセッコウサンドイッチ加圧成型は、有利な方法である事がわかる。鋼板だけで耐えられる最大曲げモーメントは約25000 kg.cmでこの表3のように半分近くしか利用されていないので、鋼板厚さを半分にしても同等の耐力をもつプレキャスト板を作れるわけであるが、鋼板を大きな応力度まで利用するには、その歪度に追従して応力伝達出来るようセッコウ部分の引張延性を改良する必要がある。

表5 プレキャスト板切抜コアコシ 4x4x15^{cm}型 強度 kg/cm²

供試体 No.	詳細	曲げ	圧縮	比重
1001	α-19%	82	276	2.00
1002	α-40%	63	212	1.69
1003	α-19% マサイト0.4割	33	156	1.60
1004	α-40% パ-ライト0.4割	24	65	1.13
1008	Ⅱ-20%	87	398	2.11
1009	Ⅱ-40%	72	221	1.70
1010	Ⅱ-20% マサイト0.4割	84	294	1.87
1011	Ⅱ-40% パ-ライト0.4割	22	42	1.27

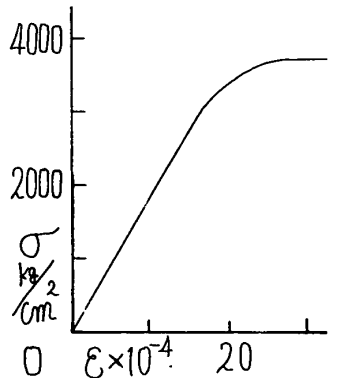


図6 鋼板引張応力度-歪度 JIS 6号試験片

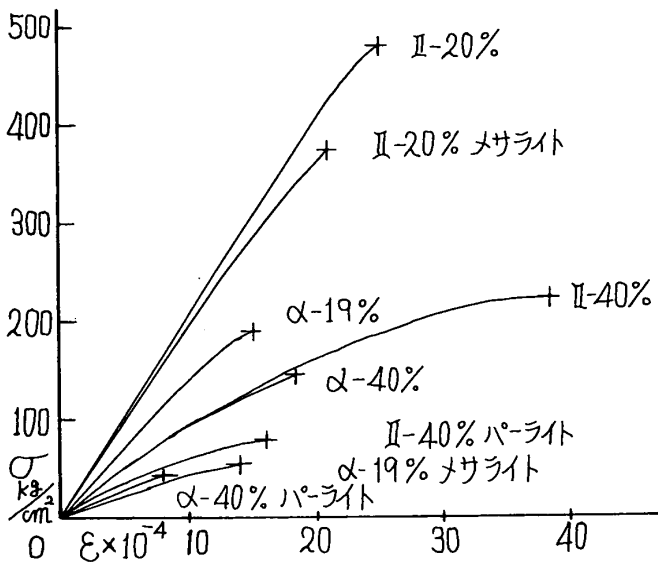


図7 セッコウ部分圧縮応力度-歪度曲線 (φ10^{cm}20^{mm}型)

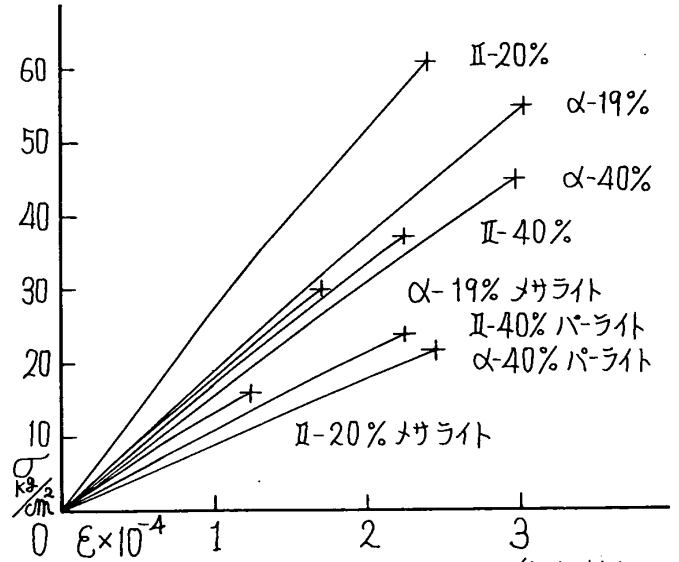


図8 セッコウ部分引張応力度-歪度曲線 (4x4x16^{cm}変形型)

5 結論

セッコウ鋼板・プレキャスト板は、合板の約2倍の耐力を持ち、軽量骨材を入れたものでは合板と同等の耐力があることがわかり、多方面の利用が可能である。セッコウ部分が受け持つ耐力は、セッコウ部分を単体で用いた時の何倍にも増大しており、このプレキャスト板が有利である事を示している。プレキャスト板の耐力が最大耐力後急激に低下することに問題があるが、セッコウ部分の引張延性の改良によりねばり強さを得られる見込みがある。また鋼板の性能を有効に利用するためにも、セッコウ部分の引張延性の改良が必要である。