

懸垂吸音体の吸音特性について (第1報)

(板状繊維質材料について)

成 瀬 治 興

On the Acoustical Characteristics of Suspended Absorbers.

Part 1. on the Fibered Plates

Haruoki NARUSE

We know that suspended absorbers are available for acoustic improvement of interior, but few fundamental studies have hitherto been made on it.

This experimental study is made fundamentally on the acoustical characteristics of suspended absorbers, using fibered plates.

1. 緒 言

音場改善を目的として室内音響設計を行う場合、ある種の特閉鎖空間に於ては、通常の如く壁面、天井面の吸音処理のみでは所要の吸音力が得られない場合、或いは、壁面、天井面を吸音処理する事が實際上不可能である場合がある。その一解決策として懸垂吸音体が考案され、我が国に於ても数例にのぼり一応の成果を修めている。しかしながら、その本質的な解明は充分なされておらず、研究資料も少ない。^{1)~3)}

本報では、懸垂吸音体の基礎的性質の解明を目的として板状繊維質材料について実験検討を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験方法

本実験は名古屋工業大学建築学科音響実験室第2残響室で行った。図1に音響実験室の平面を示し、表1に残響室の諸元を示す。本残響室の音響特性については既報^{4)~5)}の如くである。表2に測定装置を、図2に測定回路図を示す。図3にスピーカー位置とマイク位置及び吸音体を懸垂した天井フック位置を示す。

表1 残響室の諸元

	第1残響室	第2残響室
容 積	119m ³	155m ³
表 面 積	144m ²	172m ²
床 面 積	26m ²	34m ²
壁厚と内部仕上	20cm厚のコンクリートにモルタルコテミガキ	20cm厚のコンクリートにモルタルコテミガキ

表2 測定装置

1. 可聴周波数雑音発生器	B&K社製 1402型
2. バンドパスフィルターセット	B&K社製 1612型
3. 10"スピーカー	パイオニア社製 PAX-12A
スコーカー	パイオニア社製PT-7
トウィーター	パイオニア社製 PM-12A
4. コンデンサーマイクホン及び付属品	B&K社製 4131型
5. 広帯域周波数分析器	B&K社製 2112型
6. 高速度レベル記録器	B&K社製 2305型

懸垂吸音体の材料には板状繊維質材料(グラスウール50mm厚、密度12kg/m³)を採用し、その補強及びジョイントフックにビニールレールを用いた。本実験では、形状は正方形(大型のものは長方形も含む)とし、その片側表面積の合計を4種類に定め、各々について、単体の大きさ、枚数、間隔、配置の方法を変えて測定を行った。懸垂には天井面のフックのみを利用したので、間隔はフックの間隔で示す。懸垂方法は、隣り合う吸音体が交互に直角になるのを原則としている。図4に一例を示す。

表3に実験ケースを示し、写真1にその一例としてケース9の場合を示す。測定は、各々のケースについて100~5000C/Sの $\frac{1}{3}$ オクターブ毎に行い、吸音力をセービンの公式より算出した。

$$\Delta A = 0.161V(1/T - 1/T_0)$$

ただし、 ΔA =吸音力(メーターセービン)

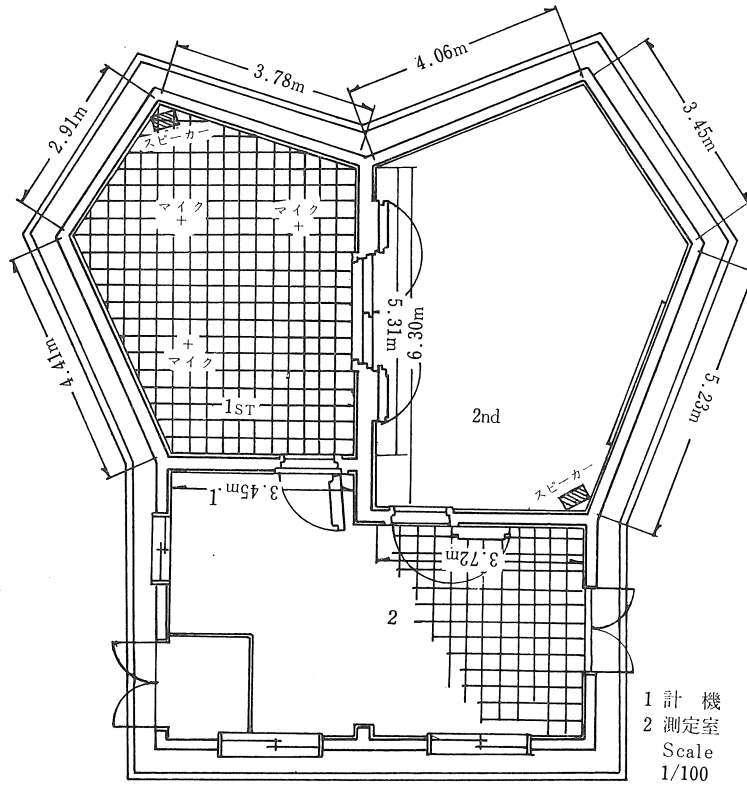


図1 音響実験室平面図

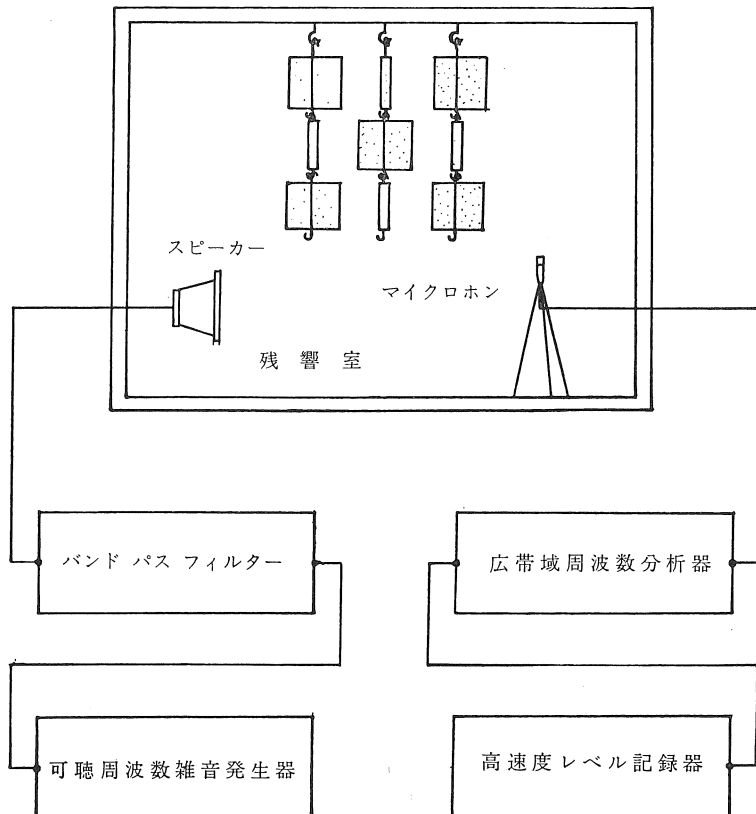


図2 測定回路図

V = 室容積 (m^3)

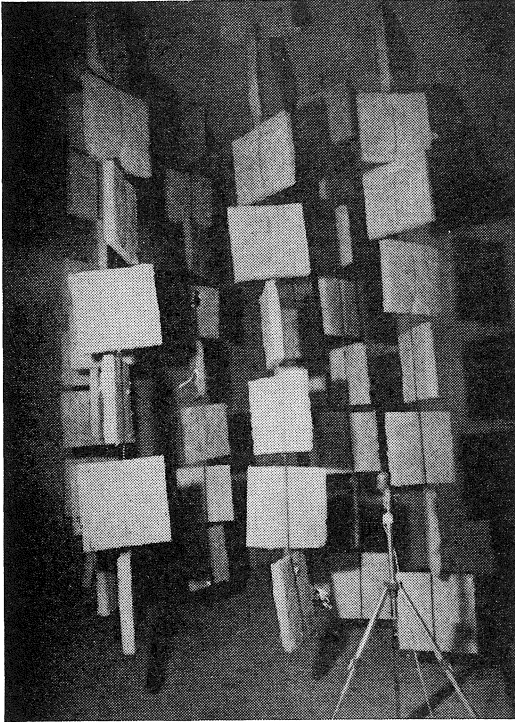
T = 試料を配置した時の残響時間 (sec)

T_0 = 空室残響時間 (sec)

3. 実験結果と考察

3-1 床置と懸垂の場合の比較

図5に同型同寸法の吸音体を床置と懸垂した場合についてその吸音力の比較を示す。



写 1

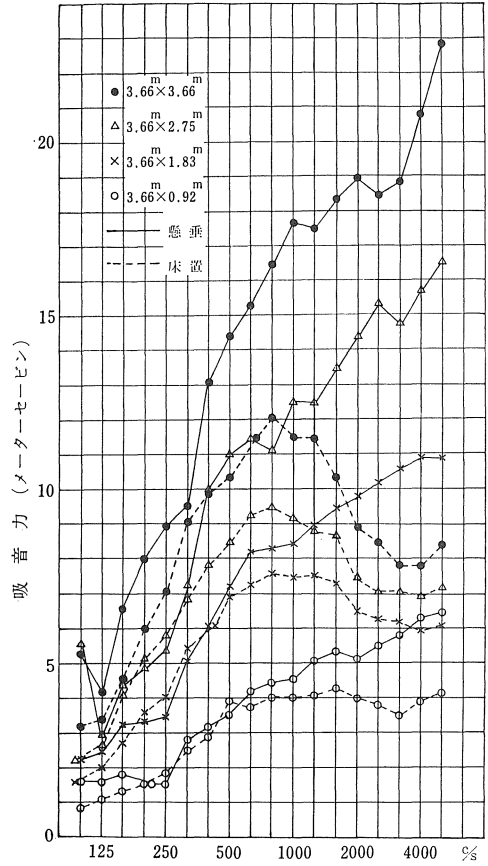


図5 床置と懸垂の吸音力

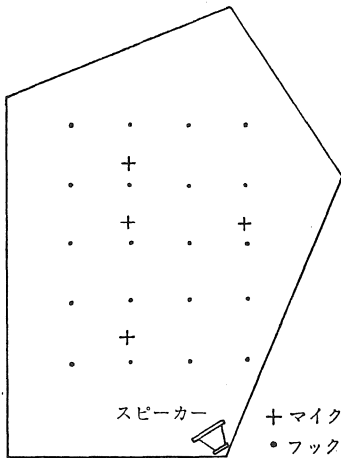


図 3

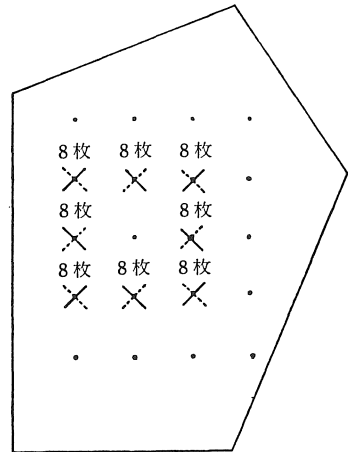


図4 (ケース9)

表3 実験 ケー ス

片側表面積 の合計 m ²	単体の大き さ m×m	枚数	間隔 m	利用フ ック数	ケー ス	片側表面積 の合計 m ²	単体の大き さ m×m	枚数	間隔 m	利用フ ック数	ケー ス	
13.40	3.66×3.66*	1	—	4	1	6.70	0.92×0.92	8	1	8	31	
	1.83×1.83	4	1	4	2		8	1	4	32		
	0.92×0.92	16	1	16	3		8	2	4	33		
		16	1	8	4		8	3	4	34		
		16	1	4	5		8	1	2	35		
		16	2	4	6		8	2	2	36		
		16	3	4	7		8	3	2	37		
	0.46×0.46	64	1	16	8		32	1	16	38		
		64	1	8	6		32	1	8	39		
											32	1
									32	2	4	41
									32	3	4	42
10.05	3.66×2.75*	1	—	3	10	3.35	3.66×0.92*	1	—	1	43	
	1.83×1.83	3	1	3	11		1.83×1.83	1	—	2	44	
		3	2	3	12		0.92×0.92	4	1	4	45	
	0.92×0.92	12	1	12	13			4	2	4	46	
		12	1	6	14			4	3	4	47	
		12	2	6	15			4	1	2	48	
		12	3	6	16			4	2	2	49	
		12	1	4	17			4	3	2	50	
		12	2	4	18			4	—	1	51	
		12	3	4	19			4	1	16	52	
		12	1	3	20			16	1	8	53	
		12	2	3	21			16	1	4	54	
		12	3	3	22			16	2	4	55	
		0.46×0.46	48	1	16		23	16	3	4	56	
		48	1	8	24	16	1	2	57			
		48	1	6	25	16	2	2	58			
		48	2	6	26	16	3	2	59			
6.70	3.66×1.83*	1	—	2	27	備 考 *印床置と懸垂について測定したもの						
	1.83×1.83	2	1	2	28							
		2	2	2	29							
		2	3	2	30							

全般的傾向として、床置が800C/S附近でピークを生ずるのに対し、懸垂は周波数の増加に伴って増大している。また、単体の大きさによって多少異なるが100~200C/Sでは懸垂が床置より吸音力大で、200~315C/Sでは大略懸垂と床置と吸音力が等しく、400C/S以上では床置より懸垂が吸音力大であり、特に高周波域でその差が顕著である。

これより、共鳴吸収による吸音効果は床置とあまり差異がないが、低周波域では片面拘束を受ける床置のものより自由な懸垂の方が板振動による吸音効果が大きく、高周波域では音波が片面に入射する床置のものに比して両面に入射する懸垂の方が吸音効果が大きいものと考えられる。これは、床置の場合と異なり、懸垂の場合には空間を多くの選択拡散透過性を有する隔壁で区切った事になるので平均自由路長が短くなり、特に高周波域

に於て吸音効果を大にする要因となったものと考えられる。

それ故、板状繊維質材料の懸垂吸音体の場合には、高周波域で床置の場合のセービンの平均自由路長とは異なる平均自由路長を採用する事が必要であり、それによって、床置の吸音力から懸垂の吸音力が推定できると考える。

図6に床置の吸音力と懸垂の吸音力の比をオクターブ毎に示す。

片側表面積の合計(X)が3.35m²~13.40m²の範囲で、250C/S以下は規則性が認められないが、500C/S以上ではかなり良い直線の相関を示し、吸音力比(Y)は図中の式で示される。

故に、この方法によって繊維質材料の床置吸音力より懸垂吸音力をほぼ正確に推定する事が可能であると考える。

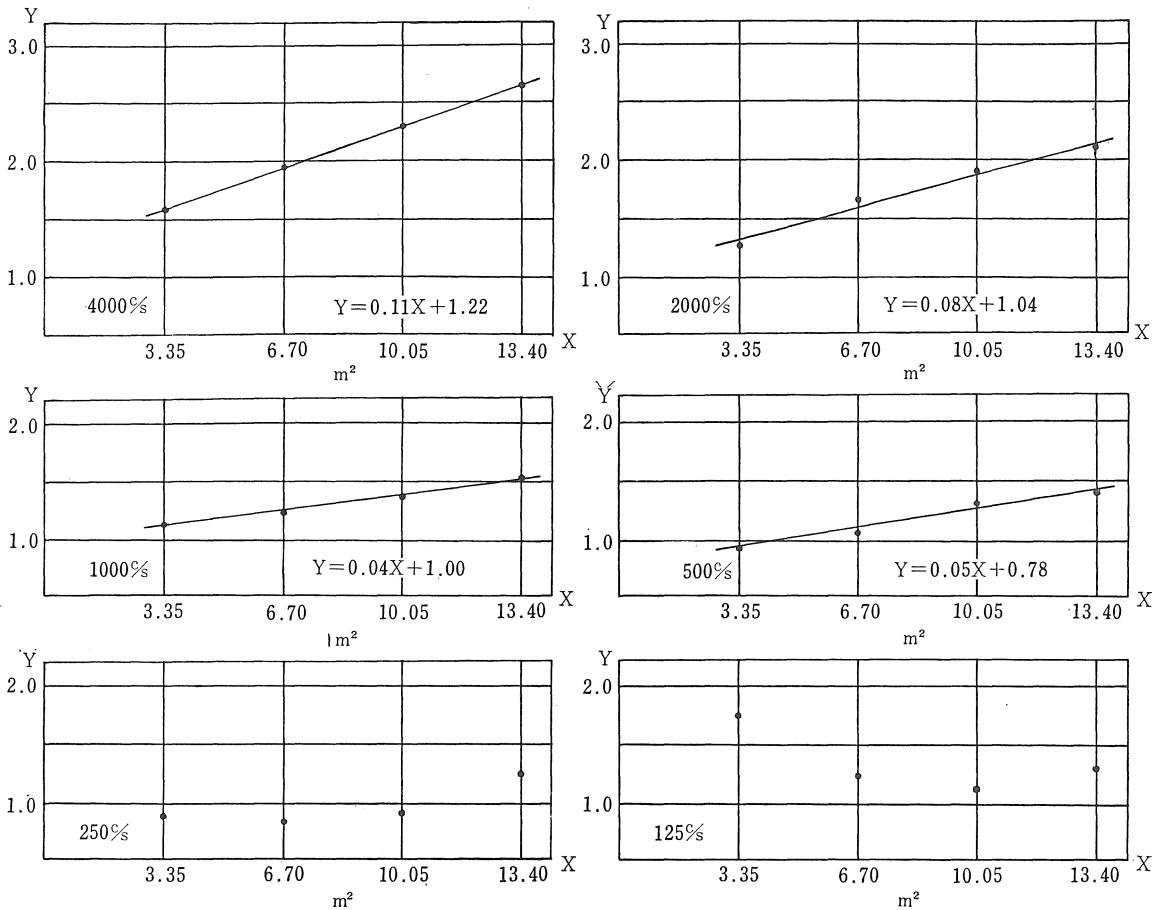


図6 懸垂/床置吸音力比

る。

3-2 間隔, 単体の大きさ, 枚数, 配置方法について

①間隔 残響室の規模的制約(室容積, フック位置及び数)より実験範囲が限定されたが, 単体の大きさが $0.46m \times 0.46m$ のものを除いた全ての場合を通じて間隔が $1m$ の場合には集中懸垂(間隔 $0m$)の時より吸音力が相当低下する場合が多い事より, 少なくとも間隔を単体の大きさ以上とする事が必要であり, 且つ $0.92m \times 0.92m$ と $0.46m \times 0.46m$ の結果より判断して3倍以上としてもあまり効果はないものと考えられる。

以上より, 懸垂吸音体の間隔は単体の大きさの約2倍を採用すれば良い吸音効果が得られるものと考えられるが, 今後さらに, これに関する実験検討を行い報告をするつもりである。

②単体の大きさ及び枚数 片側表面積の合計を一定にして単体の大きさを変えると, 一枚当りの吸音力は対数グラフ上で双曲線の相関を示す。図7にその一例を示す。

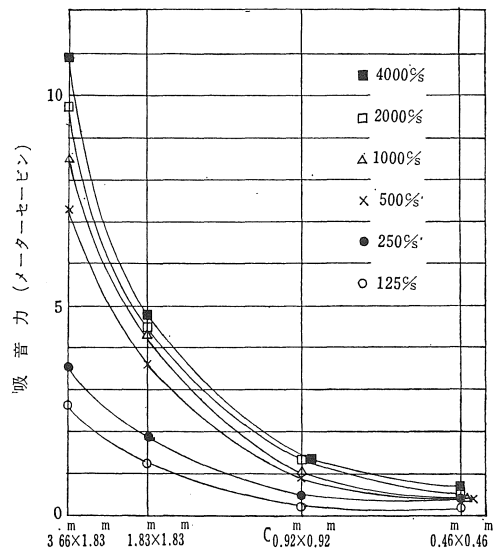


図7 一枚当りの吸音力

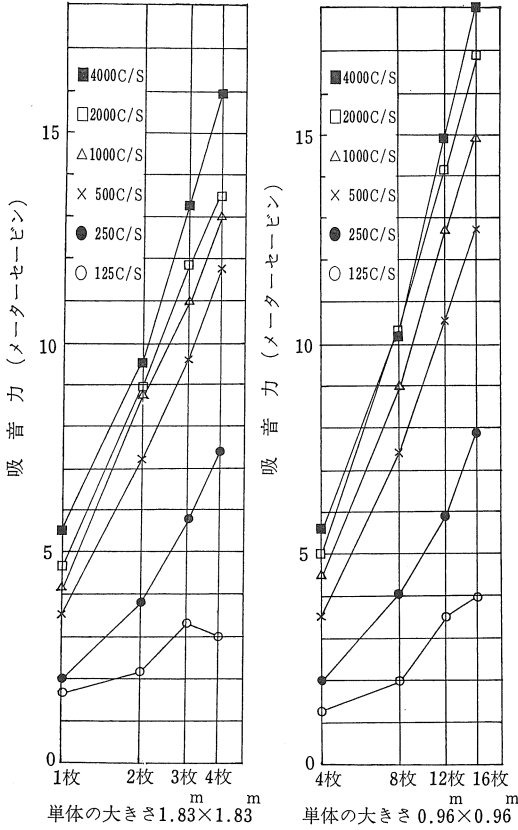


図 8 枚数と吸音力

実質的表面積は増加している（エッジ部分の面積が増加している）にもかかわらず、全ての場合に集中懸垂より良い結果を示しているのは $0.46\text{m} \times 0.46\text{m}$ の間隔を充分とって懸垂したもののみであって、このことから、間隔を考慮しなければ単体の大きさのみを変えても良い吸音効果は期待できないものと考えられる。

単体の大きさを一定とし、枚数を変えた場合の各々の間隔に対する平均値を対数グラフに表わすと指数関数的相関を示す。図 8 にその例を示す。単体の大きさが小さい程、また、高周波数になる程、枚数による影響が顕著であるが、枚数を増加しても間隔を充分にとることが必要であると考えられる。

③配置方法 片側表面積の合計、単体の大きさ、枚数、間隔が全て同一であっても、集中的に配置する場合（天井フック使用数が少ない）と分散的に配置する場合（天井フック使用数が多い）とでは、その吸音効果に差を生じ、特に高周波域で顕著であり、集中的に配置する場合の方がよい結果を示している。図 9 にその一例を示す。

これは、懸垂吸音体と天井、壁との距離が近づく程、回折現象が著しく妨害され吸音力が低下する為と考えられる。

従って吸音効果を良好にする為には懸垂吸音体と天井、壁との距離を出来るだけ大きくとることが必要と考

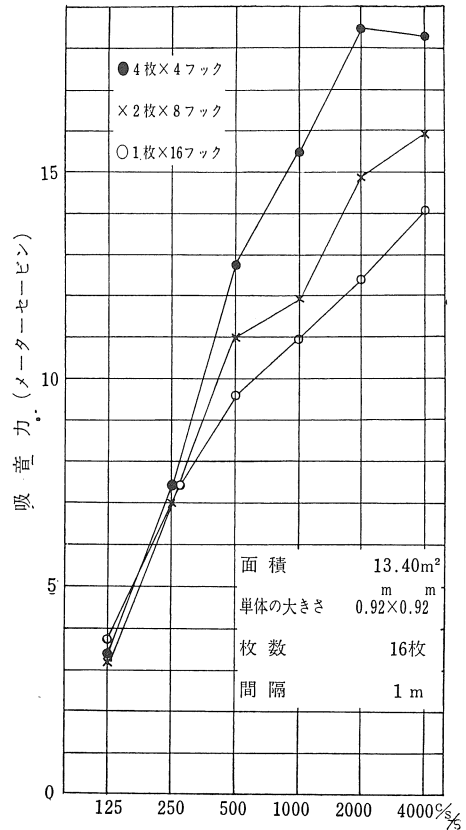


図 9 配置方法と吸音力

える。

4. 結 言

本報では、板状繊維質材料（グラスウール50mm厚、密度 12kg/m^3 ）の懸垂吸音体について床置との比較、間隔、単体の大きさ、枚数及び配置方法の諸点より実験検討したところを報告した。

擲筆に当り、終始御懇篤なる指導を賜った名古屋工業大学宮野秋彦教授、同工業教員養成所鶴銅正保助教授に深く感謝の意を表すると共に、実験に当り惜しみなく御協力を頂いた小川芳弘君に深謝の意を表する。

文 献

- 1) R.K. Cook, P. Chrzanowski, J.A.S.A Vol. 21, No. 3, 167 (1949).
- 2) I. Malecki, Hochfrequenztechnik u. Elektroakustik, Bd 67, 124 (1959).
- 3) 佐藤鑑, 佐武俊男, 長谷川欽一, 日本建築学会関東支部第26回研究発表会梗概集, 13 (1959).
- 4) 小島武男, 宮野秋彦, 鶴銅正保, 成瀬治興, 日本建築学会東海支部研究報告集 4, 83 (1965).
- 5) 宮野秋彦, 鶴銅正保, 成瀬治興, 芳村恵司, 日本建築学会東海支部研究報告集 5, 69 (1966).