

## 論文 Original Paper

## 波形型枠を用いた中空合成スラブの実験的研究

田中 輝明<sup>\*1</sup>・笹本 啓吾<sup>\*2</sup>・横店 秀利<sup>\*3</sup>・佐賀 修<sup>\*4</sup>

## An experimental study on the composite slab utilizing the wave void form

Teruaki TANAKA<sup>\*1</sup>, Keigo SASAMOTO<sup>\*2</sup>, Hidetoshi YOKOMISE<sup>\*3</sup>, Osamu SAGA<sup>\*4</sup>

**Synopsis:** The composite void slab, which consists of the pre-manufactured lower base and in-situ concrete, is widely used for rationalizing the design and construction works.

In the regular construction, the shape of the void space is square. This type of the slab has been analyzed by many researchers, and used in practice. This study analyzes the void slab utilizing the wave void form, which has the highly sound insulation capability. As the result, this study suggested that the composite void slab utilizing the wave void form has the similar structural capacity to the square shape void slab.

**Keywords:** composite slab, void slab, rigidity, shearing stress, bending moment, wave void form

**要 旨：**中空合成スラブは半製品の基板と現場打ちのコンクリートを一体化して、設計施工の合理化、工期の短縮、経費の低減を図るものとして実用に供されている。

この合成スラブは中空型枠として通常長方形の発泡スチロールが用いられている。この中空合成スラブについては既に多くの実験を行って、合成床の一体性、強度、変形等、構造特性を明らかにしてきた<sup>(1)~(9)</sup>。

本研究は中空型枠として従来の長方形でなく、床衝撃音の遮音性の高い波形型枠を用いた場合の中空合成スラブの構造特性を把握し、既往の長方形型枠を用いた場合と比較し十分実用性があることを立証した。

## 1. 概 要

合成スラブは半製品コンクリート板と、現場打ちコンクリートが一体となった複合スラブであり、近年施工の合理化を目指して盛んに用いられている。

このスラブの構法は下端筋が配筋された鉄筋コンクリート半製品のプレキャスト基板（PCa板）が型枠としての役目を兼ね備えており、この基板から組立て鉄筋の上端筋とラチス筋（トラス筋）が突出している。これが現場打ちコンクリートとの接合材として作用し、現場打ちコンクリートと一体化してスラブとしての効果を発揮する。この合成スラブの現場打ちコンクリート部分に中空部を設けた中空合成スラブは、床の重量を低減し、断面性能と剛性を高めて長スパンを可能にし、加えて床の遮音性を高める効果がある。これに関しては先に構造

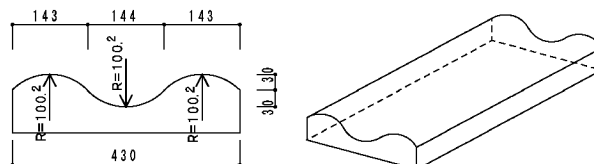


図1 波形型枠の断面及び姿図

性能を実証した<sup>(1)~(9)</sup>。

本研究の中空合成スラブは中空型枠として床衝撃音の遮音性の高い波形形状の発泡スチロール（図1）を用いた場合について構造特性を把握し、既往の長方形形状の型枠を用いた場合と比較検討し、実用に供するを目的とする。

## 2. 試 験 体

試験体は、図2の試験体想定図のうち斜線部分を切り取った実大スケールとした。

長辺方向の試験体は長さ2,620 mm、幅750 mm、リブ幅150 mm、厚さ250 mm（PCa板の厚さを65 mm、現場打ちコンクリート部分の厚さ75 mm）とした。

トラス筋は間隔580 mmとし、スラブ主筋方向に配置

<sup>\*1</sup> 工学部建築デザイン工学科教授 工学博士  
Professor, Depart. of Architectural Design, Faculty of Engineering, Dr. of Engineering

<sup>\*2</sup> フジモリ産業株式会社 技術部長  
Technical Chief, Fujimori Sangyo Co.

<sup>\*3</sup> 法人事務部 管財課  
Administration Staff

<sup>\*4</sup> 田中輝明建築研究所  
Tanaka Architectural Office

した。長辺方向の試験体はスラブ中央の正曲げを受ける試験体を FSL-1、スラブ端部の負曲げを受ける試験体

を FSL-2、PCa 板に継目のある正曲げを受ける試験体を FSL-3 とし、継目補強筋は 3-D13、定着長さ 550 mm である。短辺方向の試験体は FSL-4 で形状は長辺方向の試験体と同じである。トラス筋は試験体方向に配置する。各試験体共 2 体とし、計 8 体である。表 1 に試験体一覧、図 3~図 5 に試験体形状を示す。PCa 板の現場打ちコンクリートとの界面は刷毛引仕上げとした。

材料の物理的性質を表 2、表 3 に示す。

### 3. 実験方法

図 6 に加力装置を示す。実験は単純梁形式の二点集中加力による一方向繰り返し載荷とし、加力サイクルは、図 7 のように、設計荷重 (P), 0.8×降伏荷重 (0.8Py), 1.2×降伏荷重 (1.2Py), を基本とし、部材角 1/25 ( $\delta=30\text{ mm}$ ) 近傍まで載荷した。

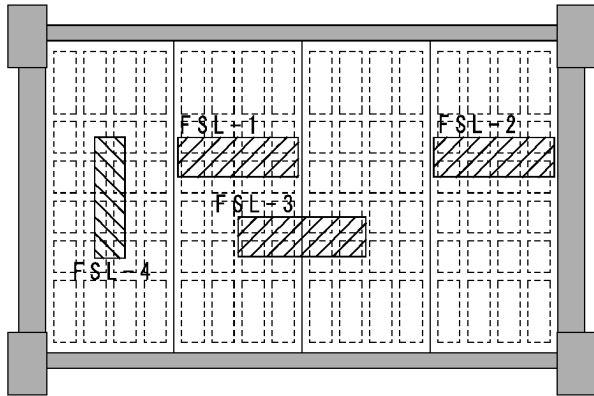


図 2 試験体想定図

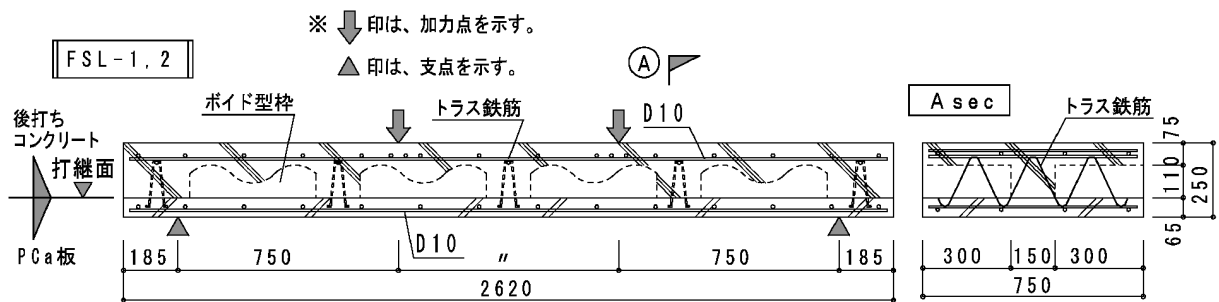


図 3 FSL-1, 2

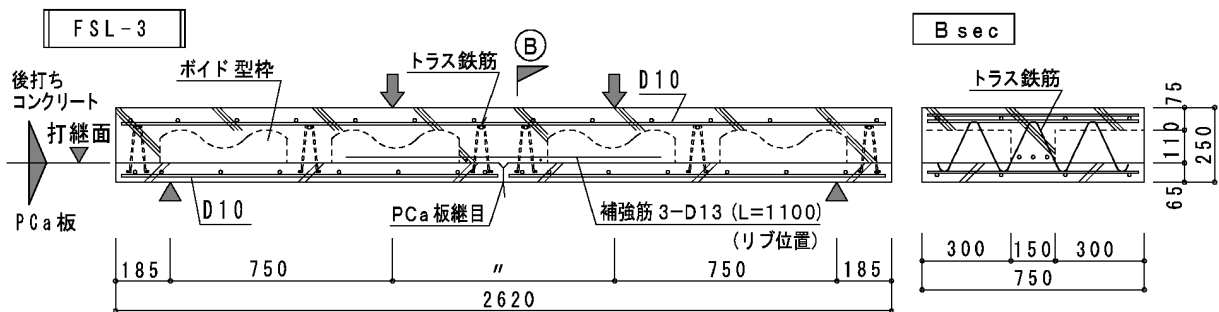


図 4 FSL-3

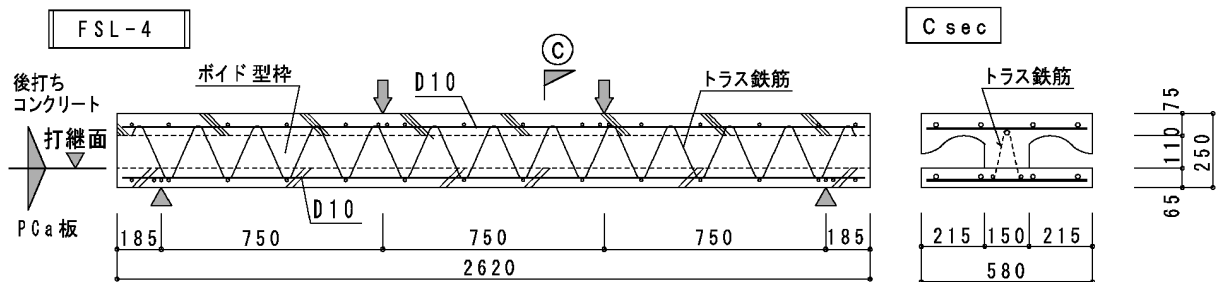


図 5 FSL-4

表 1 試験体一覧

試験体名	方向	応力状態	PCa 板継目
FSL-1	長辺方向	正曲げ	無
FSL-2		負曲げ	
FSL-3		正曲げ	有
FSL-4	短辺方向	正曲げ	無

短辺方向 (主筋方向)  
 長辺方向 (主筋と直交方向)  
 正曲げ: PCa 板側が引張  
 負曲げ: 現場打ちコンクリート側が引張

表 2 コンクリート材料の試験結果

	N/mm <sup>2</sup>	
	圧縮強度	弾性係数
PCa 板	33.2	2.75 × 10 <sup>4</sup>
現場打ちコンクリート部	25.6	2.52 × 10 <sup>4</sup>

表 3 鉄筋材料の試験結果

		N/mm <sup>2</sup>	
鉄筋		降伏点	引張強さ
D10		376	526
D13		365	512
トラス鉄筋	トップ筋 13φ	343	500
	下端筋 6φ	390	492
	ラチス筋 6φ	—	625

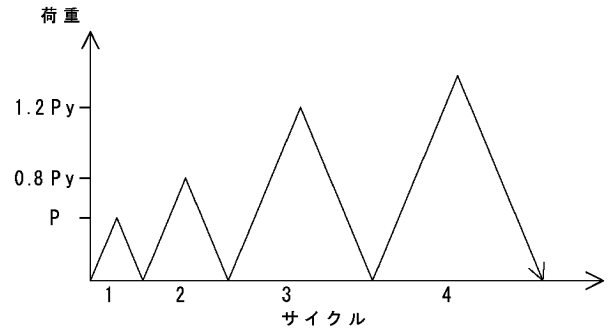


図 7 加力サイクル

#### 4. 実験結果

表 4 は実験結果の一覧と計算値との比較を示している。

##### 4.1 破壊状況

長辺方向の FSL-1, FSL-2 は中央と荷点付近から亀裂が発生し、この亀裂が進行して破壊に至った。PCa 板に継ぎ目がある FSL-3 は初めに継目部分から曲げひび割れが発生した。その後荷点付近にも亀裂が発生したが、継目部分が大きく割裂し破壊した。短辺方向の FSL-4 は中央と荷点付近から亀裂が発生し、この亀裂が進行して破壊に至った。何れの試験体も曲げ降伏で破壊した。打継ぎ面のずれは生じることなく最終耐力まで一体として挙動した。

##### 4.2 耐力

初期剛性は長辺方向の試験体 (FSL-1~3) では実験値/計算値の値は 0.32~0.41 となり、継目の有無にかかわらずほぼ同一である。

短辺方向の試験体 FSL-4 の実験値/計算値は 0.60~

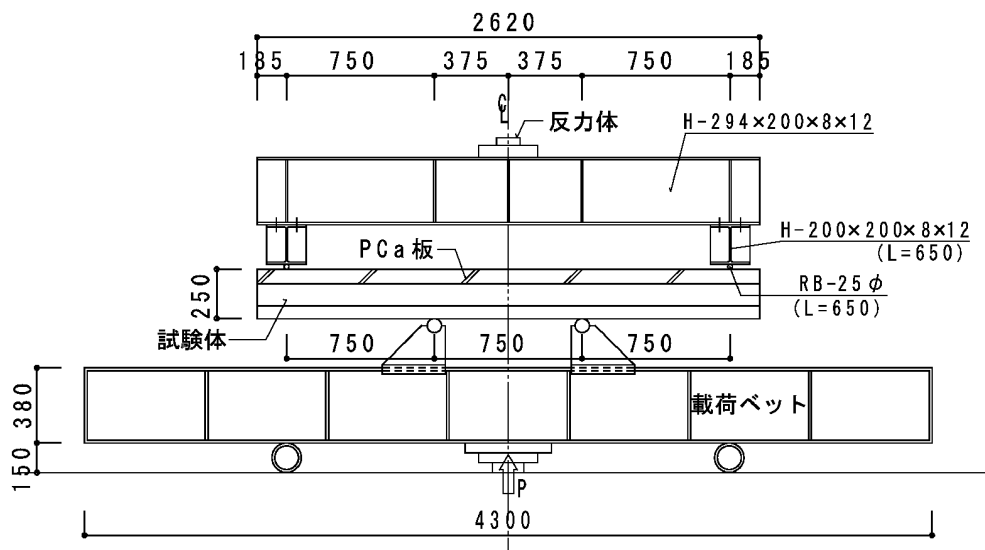


図 6 加力装置図

表4 実験結果一覧

試験体名	初期剛性 $K_0$ (kN/mm)			曲げひび割れ荷重 $P_m$ (kN)			曲げ降伏荷重 $P_y$ (kN)			最大耐力 $P_u$ (kN)	
	実験値	計算値	実/計	実験値	計算値	実/計	実験値	計算値	実/計	実験値	実/ $P_y$ 計
FSL-1-1	37.5	103.0	0.36(0.66)	42.0	32.0	1.31	61.5	49.3	1.25	80.9	1.64
FSL-1-2	40.4		0.39(0.71)	32.0		1.00	62.4		1.27	88.3	1.79
FSL-2-1	38.3	103.0	0.37(0.67)	34.0	31.6	1.08	51.9	48.0	1.08	72.2	1.50
FSL-2-2	32.6		0.32(0.57)	36.0		1.14	52.5		1.09	77.2	1.61
FSL-3-1	42.0	103.0	0.41(0.73)	31.0	32.0	0.97	56.1	49.3	1.14	82.3	1.67
FSL-3-2	37.2		0.36(0.65)	35.0		1.09	57.2		1.16	81.1	1.65
FSL-4-1	49.8	83.2	0.60	32.0	24.6	1.30	74.0	59.2	1.25	95.4	1.61
FSL-4-2	54.3		0.65	32.0		1.30	73.2		1.24	96.8	1.64

• ( )内は、長辺方向におけるエ型断面の断面二次モーメントを短辺方向のエ型断面の断面二次モーメントの2/3として計算した実験値/計算値を示す。

表5 ボイド型枠を用いた既往実験一覧

		試験体名	備考	初期剛性 実験値/計算値	曲げひび割れ 実/計	曲げ降伏荷重 実/計	最大耐力 実/計
短辺方向	波形ボイド 型 枠	FSL-4-1	正曲げ	0.60	1.30	1.25	1.61
		FSL-4-2		0.65	1.30	1.24	1.64
	長方形 ボイド型枠 (既往実験)	FSM-1-1	正曲げ	0.77	1.49	1.14	1.67
		FSM-1-2		0.81	1.23	1.11	1.60
		FSM-1-3		0.77	1.46	1.12	1.59
長辺方向	波形ボイド 型 枠	FSL-1-1	正曲げ	0.36(0.66)	1.31	1.25	1.64
		FSL-1-2		0.39(0.71)	1.00	1.27	1.79
		FSL-2-1	負曲げ	0.37(0.67)	1.08	1.08	1.50
		FSL-2-2		0.32(0.57)	1.14	1.09	1.61
		FSL-3-1	正曲げ 継目有	0.41(0.73)	0.97	1.14	1.67
		FSL-3-2		0.36(0.65)	1.09	1.16	1.65
	長方形 ボイド型枠 (既往実験)	FL-1-1	正曲げ	0.37(0.69)	0.95	1.31	1.74
		FL-1-2		0.37(0.69)	0.89	1.29	1.69
		FL-2-1	負曲げ	0.35(0.64)	1.50	1.27	1.73
		FL-2-2		0.30(0.55)	1.31	1.22	1.71
		FL-4-1	正曲げ 継目有	0.32(0.59)	0.81	1.20	1.94
		FL-4-2		0.29(0.53)	0.78	1.32	1.77

• ( )内は、長辺方向におけるエ型断面の断面二次モーメントを短辺方向のエ型断面の断面二次モーメントの2/3として計算した実験値/計算値を示す。

0.65となった。短辺方向 (FSL-4) と長辺方向 (FSL-1, FSL-2) の実験値/計算値は長辺方向は短辺方向の約59%となる。このときの初期剛性計算値は全断面が有効であるとして計算した。また、長辺方向の断面二次モーメントを短辺方向の断面二次モーメントの2/3として計算すると実験値/計算値は0.57~0.73となり実験結果とほぼ等しくなる。

曲げひび割れ発生荷重 ( $P_m$ ) では実験値/計算値の値が0.97~1.31となった。曲げひび割れ発生荷重計算値はコンクリートのみの断面において引張縁応力度が  $0.38\sqrt{F_c}$  に達したときひび割れが発生するものとして計算した。

曲げ降伏荷重では実験値/計算値の値は1.08~1.27となった。全ての試験体で最大耐力は曲げ降伏荷重計算値

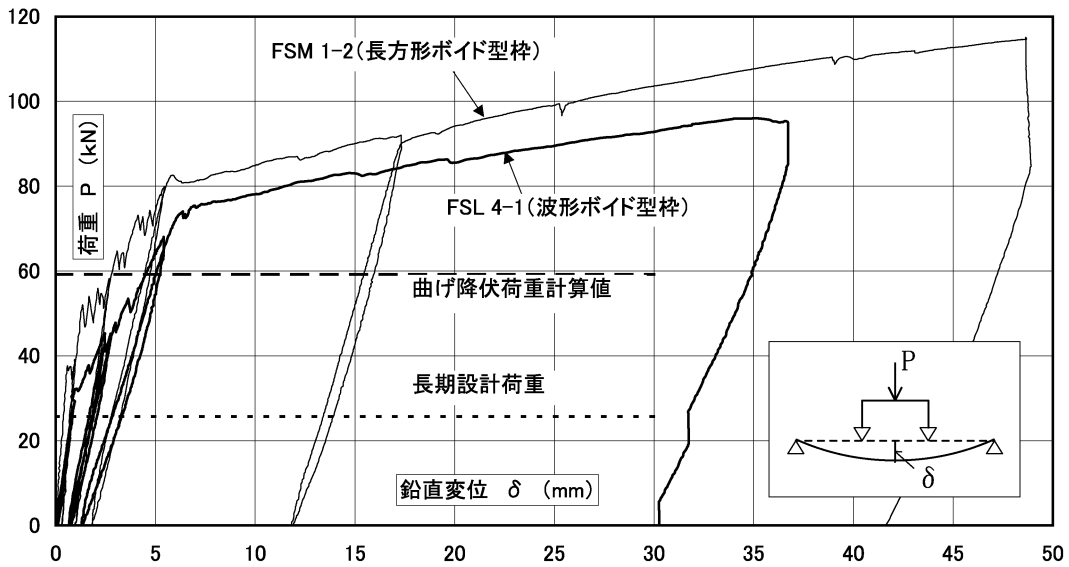


図8 荷重と変位の関係 (短辺方向の比較)

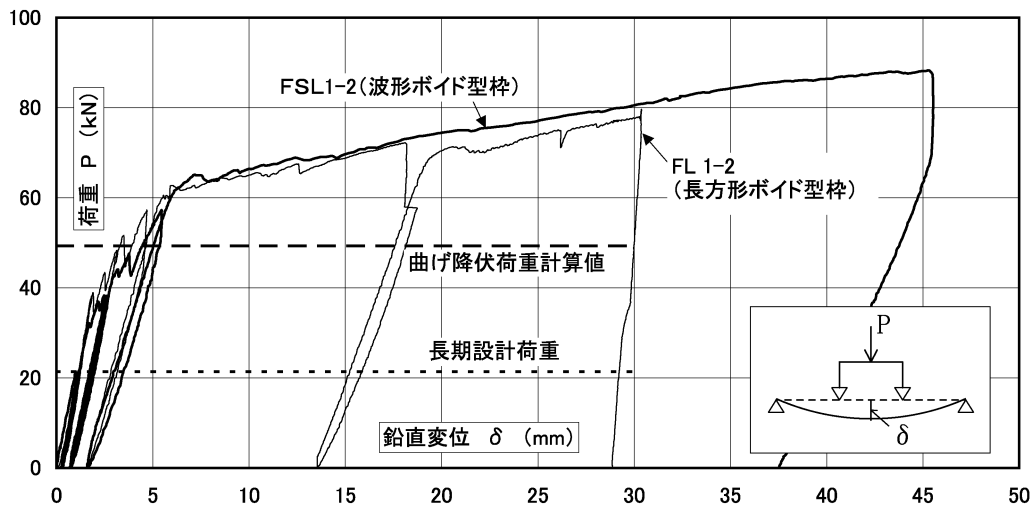


図9 荷重と変位の関係 (長辺方向 正曲げの比較)

の約1.5倍以上の値となり、良好な強度を示した。

### 5. 型枠形状の違いの考察

表5, 図8~図11は長方形型枠を用いた既往実験<sup>(1)</sup>と変形性状の比較である。各試験体共耐力はほぼ等しい。

短辺方向, 長辺方向共, 波形型枠を用いた場合も, 長方形型枠を用いた場合も変形性状はよく一致している。

### 6. 結 論

以上の実験から波形型枠を用いた合成床板では以下のことが云える。

1. 曲げ終局時まで安定した変形性状を示し, PCa板と現場打ちコンクリートも一体として挙動した。
2. 弾性時のたわみ, 曲げひび割れ, 曲げ降伏値は既往

の計算方法で計算して差し支えない。

3. 長辺方向のPCa板の継ぎ目は剛性低下に影響しない。
4. 長辺方向の曲げ剛性は, 短辺方向の曲げ剛性の2/3として評価して差し支えない。
5. 波形型枠を用いた合成床板は短辺方向, 長辺方向共長方形型枠を用いた合成床板と同じ性状を示すことが確認できた。

謝 辞: 本研究にあたり国土館大学工学部建築学科平成14年度卒業研究生の協力をいただいたことを記し, ここに感謝の意を表します。

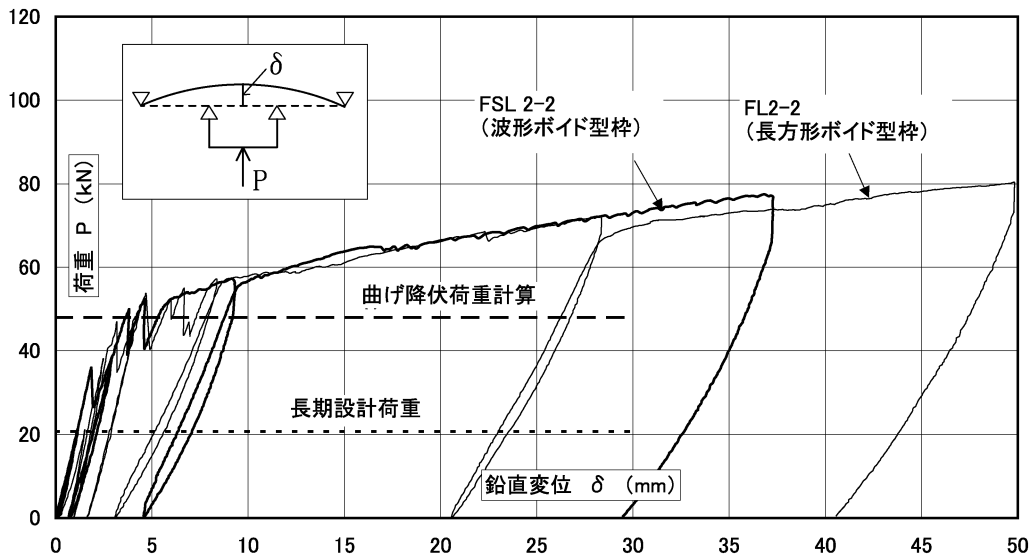


図10 荷重と変位の関係 (長辺方向 負曲げの比較)

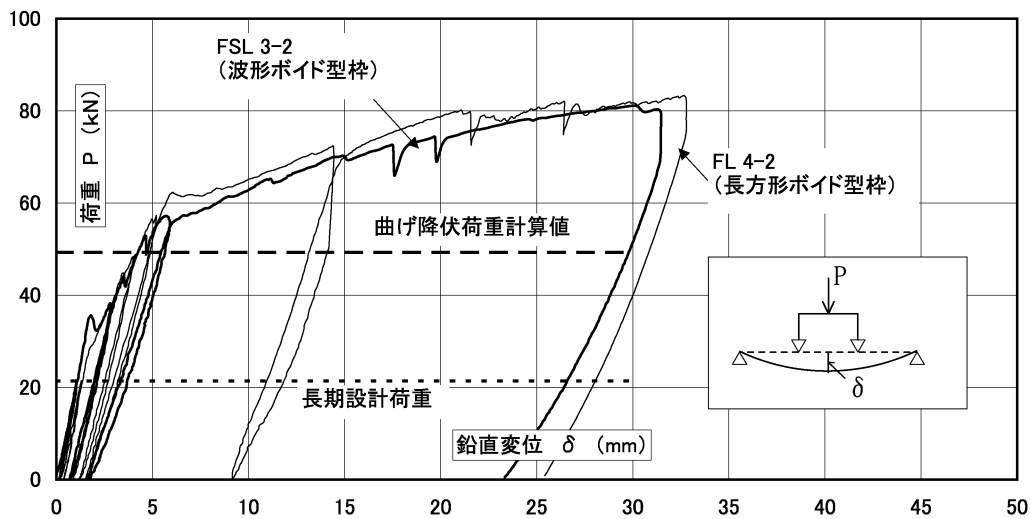


図11 荷重と変位の関係 (長辺方向 正曲げ PC板継目有の比較)

### 参考文献

- (1) 「中空合成スラブに関する実験的研究」田中輝明・笹本啓吾・横店秀利 国土館大学理工学研究所報告第12号.
- (2) 「ハーフプレキャスト床スラブの段差部補強方法に関する研究」成瀬 忠, 他 1999年日本建築学会大会 (中国) 梗概集.
- (3) 「集合住宅の合成床板における床衝撃に関する研究」財満健史, 他 日本建築学会大会 (関東) 梗概集.
- (4) 「中空合成スラブのプレキャスト板相互の継手補強に関する実験的研究 (その1)」田中輝明, 横店秀利, 笹本啓吾, 他 2002年日本建築学会大会 (北陸) 梗概集.
- (5) 「段差のある中空合成スラブに関する実験的研究」田中輝明, 横店秀利, 笹本啓吾 国土館大学工学部紀要第35号.
- (6) 「中空合成スラブの長期たわみに関する実験的研究」田中輝明, 笹本啓吾 国土館大学工学部紀要第36号.
- (7) 「中空合成床板のプレキャスト板相互の継手補強に関する実験的研究 (その2)」田中輝明, 横店秀利, 笹本啓吾, 他 2003年日本建築学会大会 (東海) 梗概集.
- (8) 「波形中空型枠を用いた合成スラブの実験的研究」田中輝明, 横店秀利, 笹本啓吾, 他 2003年日本建築学会大会 (東海) 梗概集.
- (9) 「中空合成スラブの長期載荷実験」田中輝明, 横店秀利, 笹本啓吾, 他 2003年日本建築学会大会 (東海) 梗概集.
- (10) 「中空スラブの計画と設計」松井源吾・田中輝明, 他 彰国社.
- (11) 「鉄筋コンクリート構造設計基準・同解説」日本建築学会.