

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*1・笹本 啓吾*2・横店 秀利*3

A Reinforcement Design for the Composite Void Slab with Difference in Level

Teruaki TANAKA *1, Keigo SASAMOTO *2, Hidetoshi YOKOMISE *3

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. This study is focusing on the slab with the difference in level, and proposes an arrangement of the reinforcements for the difference part. To evaluate the proposed method, the beam-bending and shearing tests are carried out. The results indicate that, applying this design, the composite void slab with the difference in level has a sufficient structure capacity.

Keywords : composite slab, void slab, difference level slab, rigidity, shearing stress, bending moment

要 旨 : 中空合成スラブは半製品の基板と現場打ち中空スラブを一体化して、設計施工の合理化を図るものとして実用に供されている。本研究は中空合成スラブに段差が生ずる場合について、段差部分の配筋方法を提案し、実物大試験体で曲げ実験、せん断実験をおこなって、その挙動を考察した。その結果、中空合成スラブに段差を設けた場合、本方法により設計、施工をおこなえば、有効な構造性能を確保出来ることを立証した。

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）が突出しており、これが現場打ちコンクリートとの接合材と作用して、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合成中空スラブは、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性能を実証した⁽¹⁾。

これらの合成スラブを実施設計施工するに当たって、

スラブに段差が生じる場合がある。

本研究では合成スラブに段差が生じる場合について、配筋方法を提案し、その場合の曲げ性能の把握、基板と現場打ちコンクリートとの一体性の確認、剛性評価等を実験により実証し、実用に供するを目的とする。

2. 実験概要

スラブの段差は段差が小さい場合は段差部分のスラブ厚を薄くすることで対応出来るが、段差が大きい場合、スラブ自体に段差をつけなければならない。その場合基板が段差部分で分離することになる。前者をL型、後者をZ型と呼ぶ。

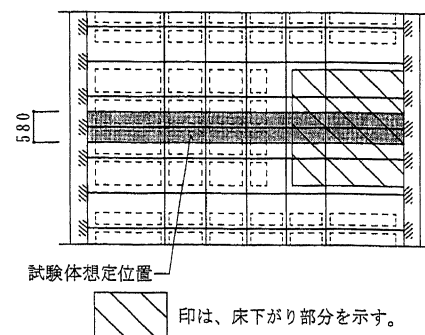


図1 試験体想定位置

*1 工学部建築学科教授 工学博士
Professor, Depart. of Architecture, Faculty of Engineering,
Dr. of Engineering

*2 フジモリ産業株式会社建材事業部 技術部長
Technical Chief, Fujimori Sangyo Co., Ltd.

*3 工学部建築学科 技術職員
Technical Staff, Depart. of Architecture, Faculty of Engineering

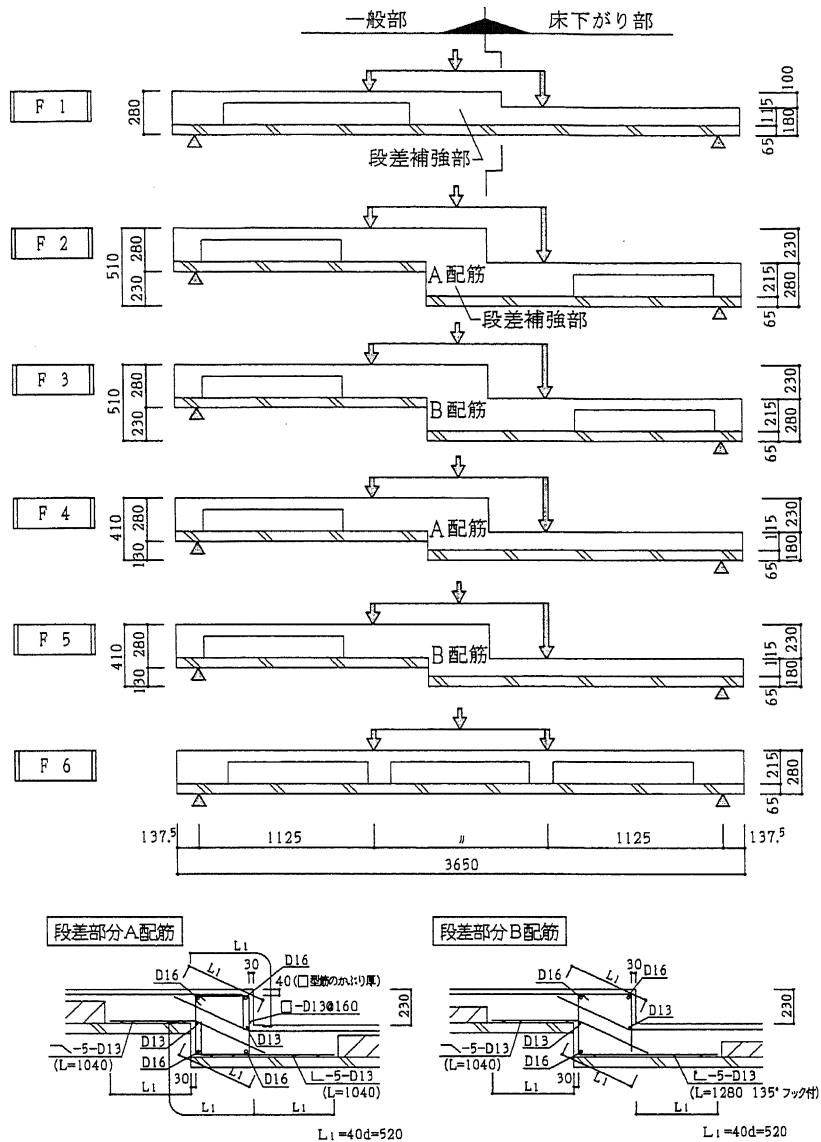


図2 試験体形状一覧

表1 試験体一覧

試験体名	段差の種類	スラブ厚さ	段差部分スラブ厚さ	スラブ自体の段差	PCa板	段差部の配筋*
F1	L型	280	180	100	一枚	—
F2	Z型	280	280	230	分割	A
F3		180	B			
F4		280	A			
F5		180	B			
F6	段差なし	280	—	—	一枚	—

* 段差部の配筋方法は、図2による。

実験は試験体を実物大とし、図1のように中空部1ピッチを取り出し、試験体中央部に段差があるものとし

て、曲げ実験を行い、耐力、剛性等構造特性を把握する。

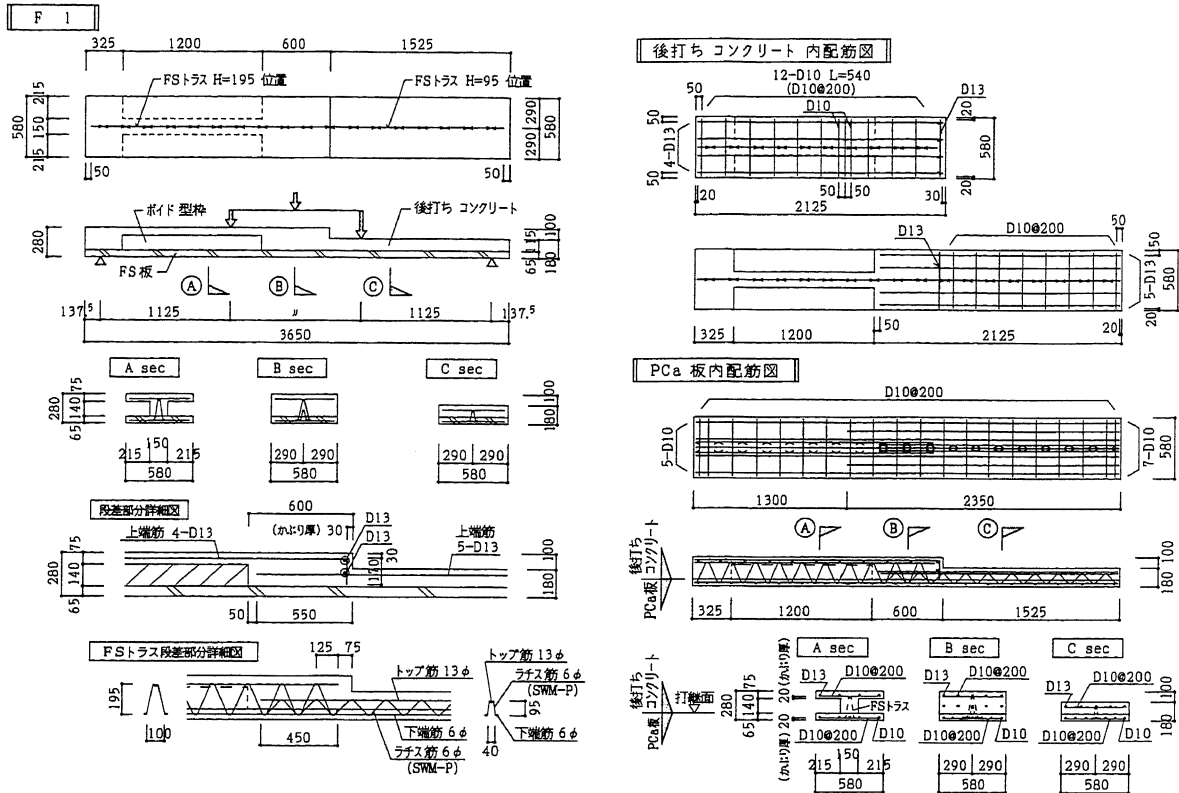


図3 F1試験体形状及び配筋図

3. 試験体

試験体は長さ3,650 mm，巾580 mm，リブ巾150 mm，の実物大である。L型段差スラブでは基板厚さ65 mm，中空部140 mm，後打ちコンクリート厚さ75 mm，合計スラブ厚さ280 mmとする。段差部では段差を100 mmとし，床下がり部では中空部を取りやめてスラブ厚さ180 mmの普通合成スラブとする。Z型段差スラブでは一般部スラブ厚さを280 mmの一定とし，段差を230 mmとして床下がり部分は厚さ280 mmの中空合成スラブの場合と，厚さ180 mmの普通合成スラブの場合の二種類とし，段差部分のラップ長さを400 mmとする。

Z型段差部分の配筋は，A配筋，B配筋の二種類とする。A配筋は段差部分に□形状のスタラップを挿入し，B配筋は床下がり部分のトラス筋を段差部分まで延ばす(スタラップ形状の鉄筋は挿入しない)。

試験体は段差のない試験体を加えた6種類，各3体，合計18体で，表1，図2に試験体の一覧を示す。図3はF1試験体，図4はF2試験体の詳細である。

4. 材料の性質

材料の物理的性質を表2，表3に示す。

表2 コンクリート材料の試験結果

	圧縮強度 (N/mm ²)	スランブ (cm)
PCa板	39.2	8
後打ち部	26.2	18

表3 鉄筋材料の試験結果

単位 N/mm ²				
鉄筋	降伏点	引張強さ	弾性係数	
D10(SD295A)	363	490	2.05 × 10 ⁵	
D13(SD295A)	353	490	2.05 × 10 ⁵	
トラス	トップ筋13φ (SD295)	389	539	2.17 × 10 ⁵
	下端筋6φ (SD295)	382	508	1.84 × 10 ⁵
	ラチス筋6φ (SWM-P)	—	566	2.36 × 10 ⁵

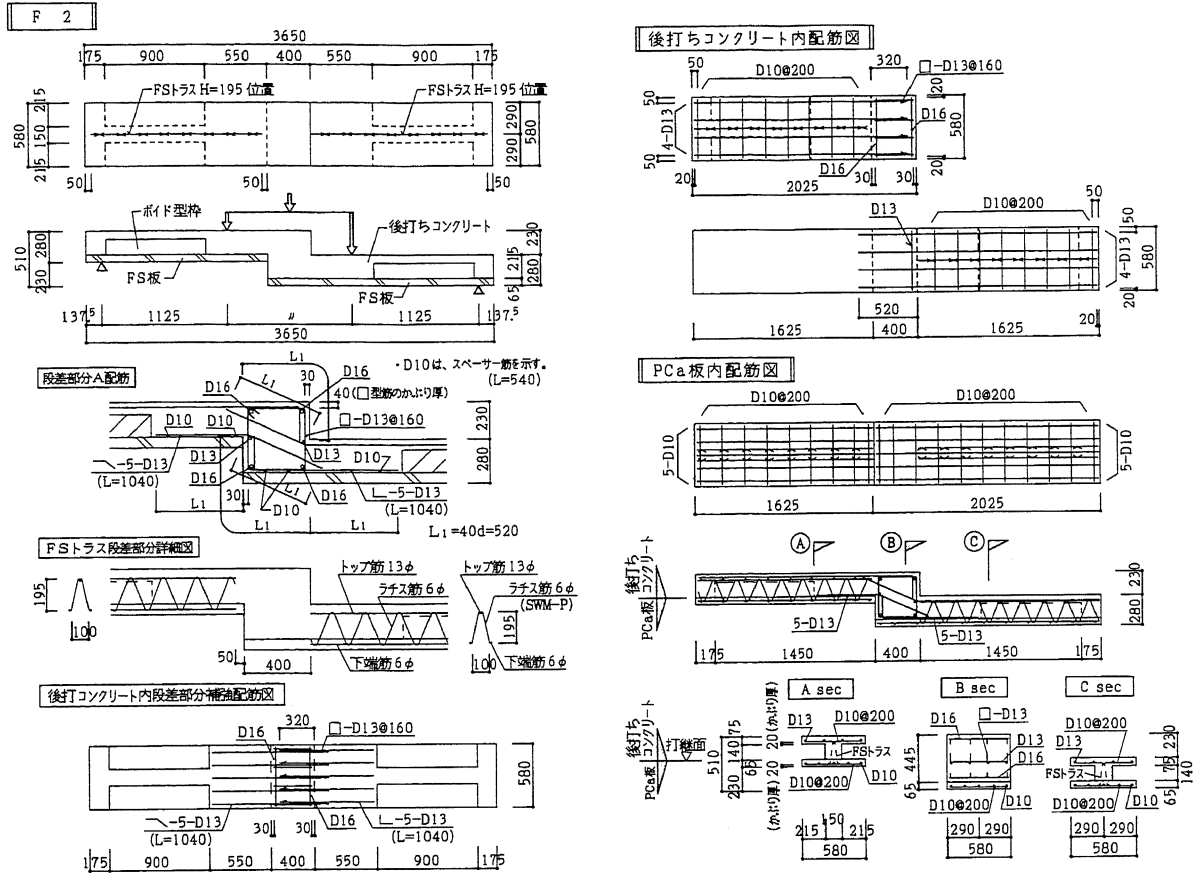


図4 F2試験体形状及び配筋図

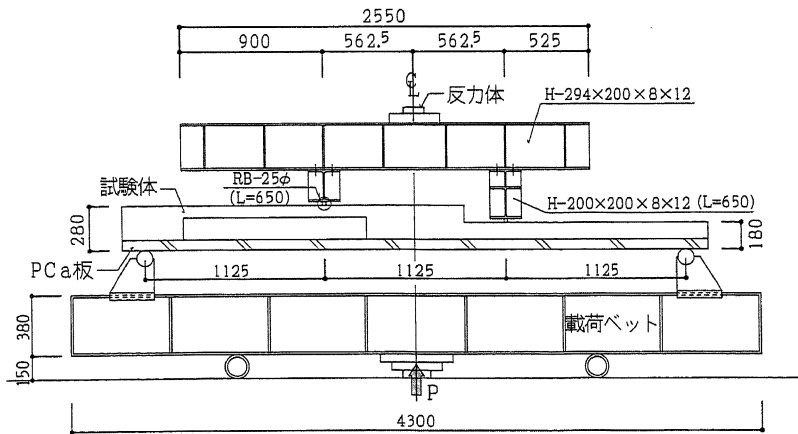


図5 加力装置図

5. 実験方法

実験は単純梁形式の2点集中加力による一方向繰り返し載荷とし、実験方法を図5に示す。

加力サイクルは、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

1/100 ($\delta=34\text{ mm}$) 近傍まで載荷した。
加力サイクルを図6に示す。

6. 実験結果

表4は実験結果の一覧と計算値との比較である。
ここで計算値は試験体を図7のようにモデル化し、曲

表4 実験値と計算値の比較

試験体名	初期剛性 (K ₀)		曲げひび割れ発生荷重 (P _{mc})			曲げ降伏荷重 (P _{my})			最大耐力 (P _u)			
	実験値 (kN/mm)	計算値 (kN/mm)	実験値 計算値	実験値 (kN)	計算値 (kN)	実験値 計算値	実験値 (kN)	計算値 (kN)	実験値 計算値	実験値 (kN)	計算値 (kN)	実験値 計算値
F1-1	17.6	19.3	0.91	7.0	3.1	2.26	43.6	37.1	1.18	56.6	37.1	1.53
F1-2	19.2		0.99	4.8		1.55	44.2		1.19	54.1		1.46
F1-3	17.9		0.93	5.3		1.61	43.7		1.18	54.4		1.47
F2-1	35.4	39.1	0.91	27.1	17.9	1.51	64.3	46.2	1.39	72.5	46.2	1.57
F2-2	32.4		0.83	20.8		1.16	61.4		1.33	73.5		1.59
F2-3	31.7		0.81	18.3		1.02	64.7		1.40	78.5		1.70
F3-1	40.4	39.1	1.03	26.0	1.8	1.45	58.9	35.7	1.27	67.2	35.7	1.45
F3-2	30.3		0.77	22.0		1.23	62.3		.35	71.0		1.54
F3-3	29.7		0.76	21.1		1.18	62.2		1.35	67.9		1.47
F4-1	19.7	20.4	0.97	6.8	1.8	3.78	52.7	35.7	1.48	60.8	35.7	1.70
F4-2	23.1		1.13	5.0		2.78	54.7		1.53	64.2		1.80
F4-3	26.0		1.27	4.2		2.33	55.1		1.54	67.0		1.88
F5-1	20.5	20.4	1.01	4.8	1.8	2.67	47.7	35.7	1.34	66.7	35.7	1.87
F5-2	20.5		1.01	4.6		2.56	47.0		1.32	66.0		1.85
F5-3	26.2		1.28	5.9		3.28	46.2		1.29	59.8		1.68
F6-1	38.3	36.0	1.06	24.0	18.7	1.28	55.9	49.5	1.13	68.0	49.5	1.37
F6-2	48.0		1.33	20.5		1.10	55.6		1.12	67.4		1.36
F6-3	42.3		1.18	18.2		0.97	56.4		1.14	68.4		1.38

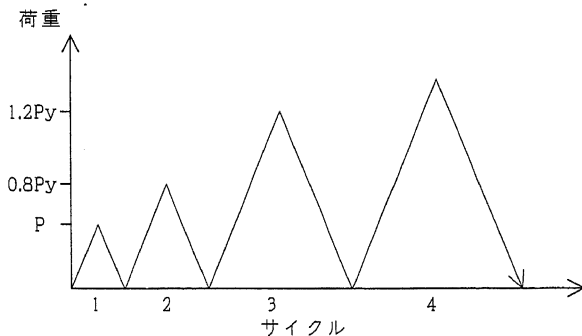


図6 加力サイクル

げ変形及びせん断変形を考慮して変断面スラブとして剛性マトリックスにより変位法で求めた。

また曲げひび割れ発生荷重 (P_{mc}) は曲げひび割れモーメント $M_{cr} = 0.38\sqrt{F_c} \cdot Z$ (Z: コンクリートのみの断面係数), 曲げ降伏荷重 (P_{my}) は曲げ降伏モーメント $M_y = 0.9 \cdot a_t \cdot \sigma_y \cdot d$ で求めた。

図8, 図9に荷重—変位曲線, 図10は試験体 F3-2 の段差部中央の鉄筋の荷重—ひずみ度曲線である。

7. 実験考察

◇破壊状況

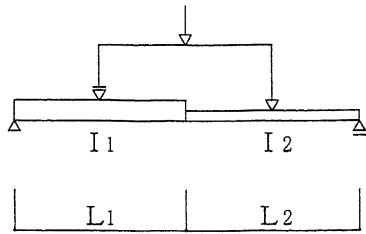
F1 試験体は、段差補強部外の曲げ降伏で破壊した。打ち継ぎ面のずれも見られず終局まで一体として挙動した。F2 試験体は一般部入隅から垂直方向に曲げひび割れが発生し、 $P = 72.5 \text{ KN}$, $\delta = 30 \text{ mm}$ で耐力が最大を示した。以後、一般部上端筋位置から段差部入隅まで斜めにひび割れが入り変位が進行した。

F3 試験体は一般部入隅から垂直方向に曲げひび割れが発生し、 $P = 71 \text{ KN}$, $\delta = 22 \text{ mm}$ で耐力が最大を示すと同時に、一般部上端筋位置から段差部入隅まで斜めにひび割れが入り耐力が低下した。

F4 試験体は床下がり下端筋及び一般部入隅から曲げひび割れが発生した。 $P = 67 \text{ KN}$, $\delta = 25 \text{ mm}$ で耐力が最大を示すと同時に、段差部下端の基板と後打ち部の接合面が開き耐力が低下した。

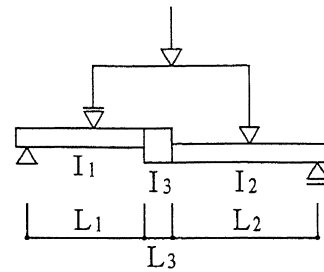
F5 試験体は床下がり部及び一般部入隅から曲げひび割れが発生した。 $P = 66 \text{ KN}$, $\delta = 42 \text{ mm}$ で最大荷重となり除荷した。

全試験体共一般部下端の曲げ補強筋が降伏し (F4, F5



- I1 : 一般部の断面 2 次モーメント
- I2 : 床下がり部の断面 2 次モーメント
- L1 : 一般部のスラブ長さ
- L2 : 床下がり部のスラブ長さ

図7-1 解析モデル-1



- I1 : 一般部の断面 2 次モーメント
- I2 : 床下がり部の断面 2 次モーメント
- I3 : 段差補強部の断面 2 次モーメント
- L1 : 一般部のスラブ長さ
- L2 : 床下がり部のスラブ長さ
- L3 : 段差補強部のスラブ長さ

図7-2 解析モデル-2

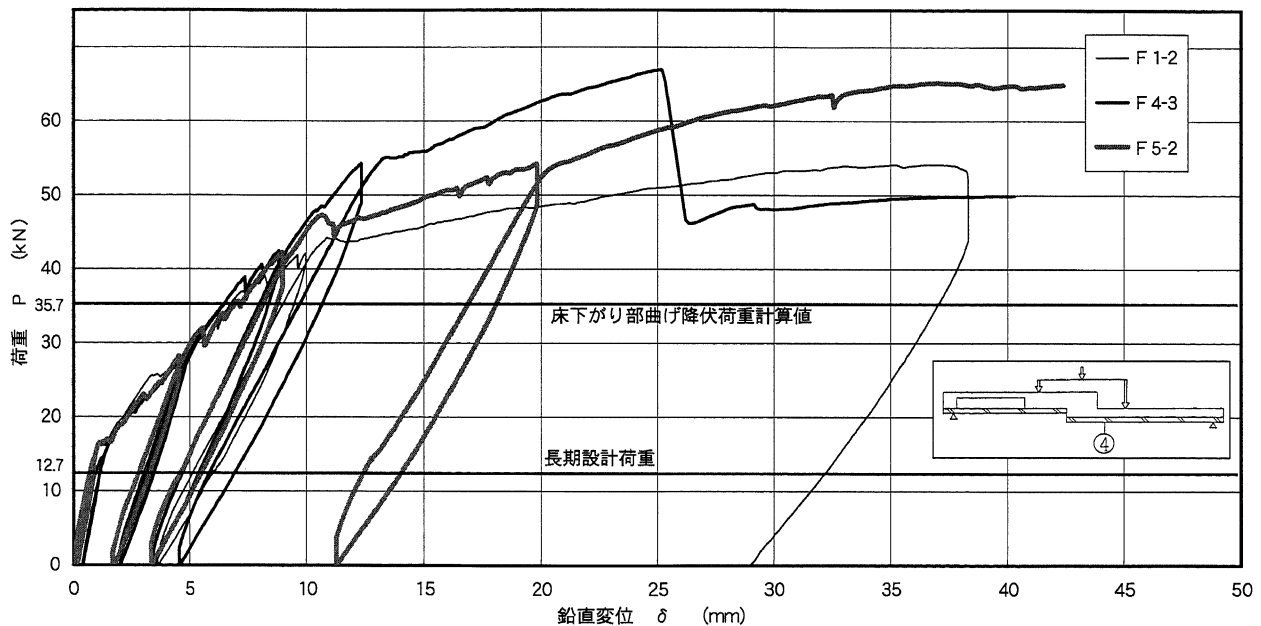


図8 荷重(P)ー鉛直変位(δ) F1-2, F4-3, F5-2 (変位④)

試験体は、床下がり部側下端の曲げ補強筋の降伏) 最大耐力は、曲げ降伏荷重計算値を上回った。

◇耐力

初期剛性は実験値/計算値は0.76~1.27でF5, F6試験体が良好な結果となった。曲げ降伏荷重は何れも計算値を上回り、実験値/計算値は1.12~1.54であった。最大耐力は同一形状のF1, F4, F5とF2, F3, F6がそれぞれほぼ同じ値となった。

8. ま と め

段差合成スラブは、L型、Z型何れも曲げ終局時まで

安定した変形性状を示し、基板と後打ちコンクリートも一体として働き、スラブとしての性状を十分に発揮できる。Z型試験体では、段差部の補強配筋はA配筋、B配筋共有効な補強方法である。特に床下り部の基板のトラス筋を段差補強部まで延ばすF3, F5試験体のB配筋は、曲げ終局時においても打ち継ぎ面が開くことなく、安定した性状を示した。

基板と後打ちコンクリートを一体として全断面有効とした既往の計算方法は妥当な方法である。

また、全断面有効として変断面スラブにモデル化する計算方法も評価し得る。

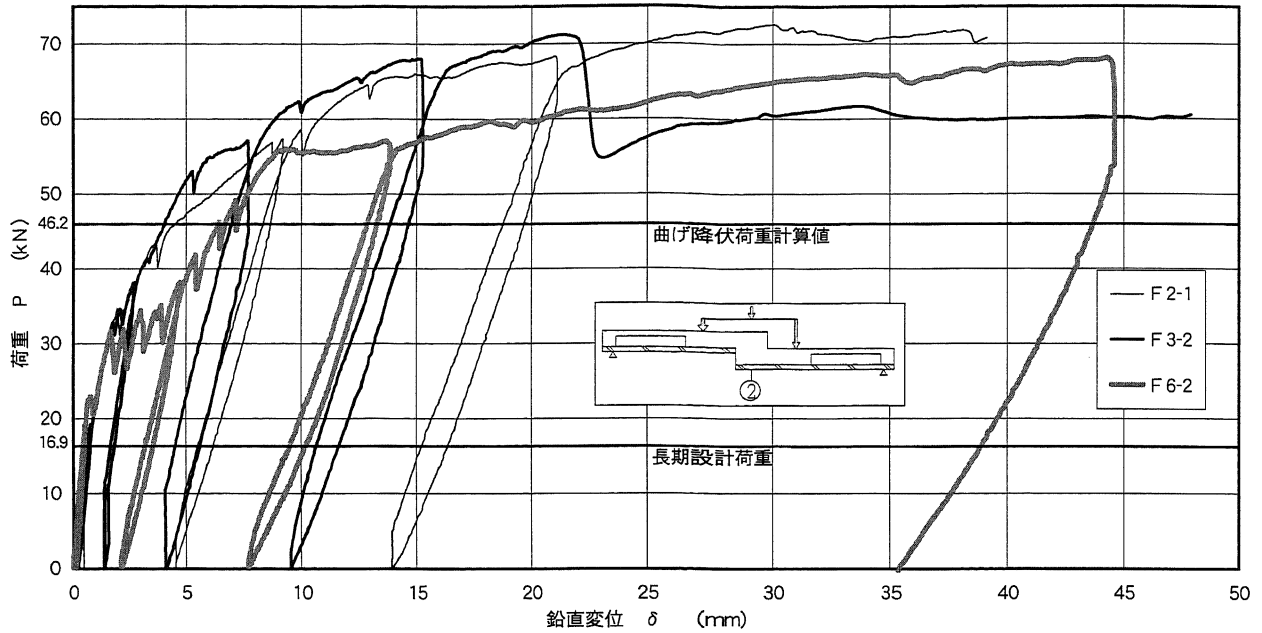
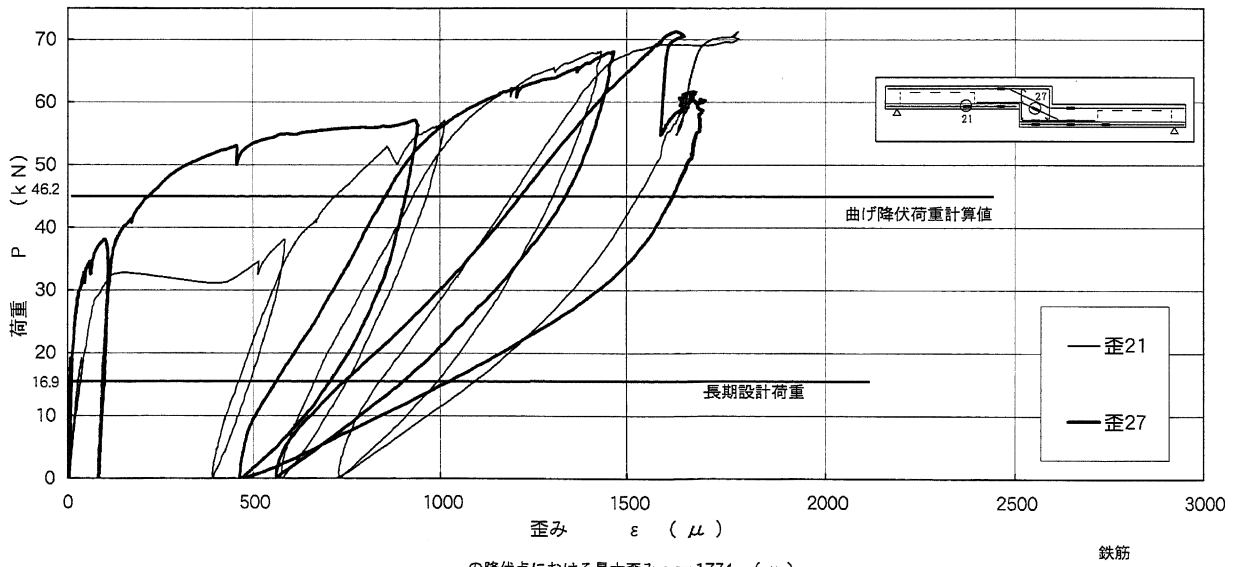


図9 荷重(P)—鉛直変位(δ) F2-1, F3-2, F6-2 (変位②)



の降伏点における最大歪み $\epsilon = 1774$ (μ)

図10 荷重(P)—鉄筋のひずみ度(ε) F3-2 (ひずみ⑳, ㉑)

謝辞

本研究にあたり国士舘大学工学部建築学科平成12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。

参考文献

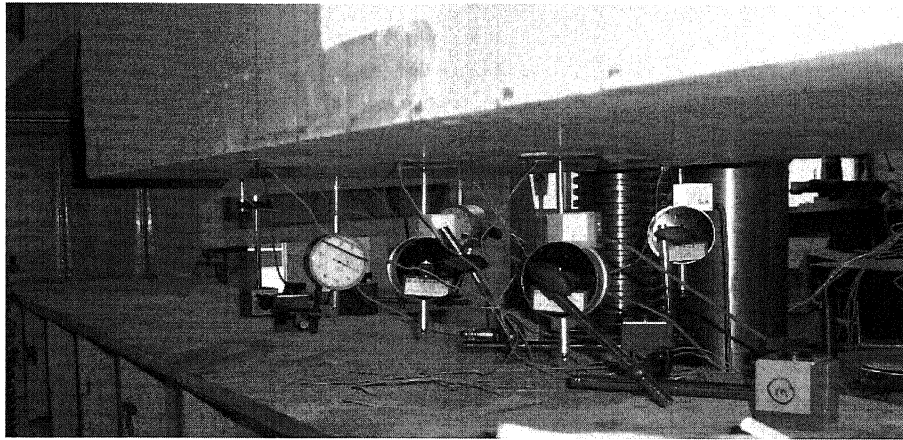
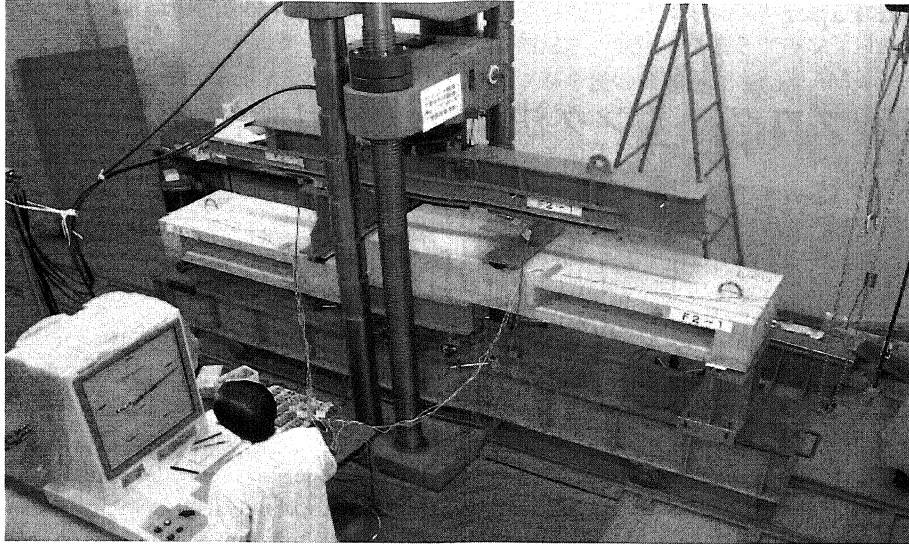
(1) 田中輝明, 笹本啓吾, 横店秀利: 「中空合成スラブに關す

る実験的研究」国士舘大学理工学研究所報告第12号

(2) 松井源吾, 田中輝明, 他: 「中空スラブの計画と設計」彰国社

(3) 日本建築学会: 「鉄筋コンクリート構造設計基準・同解説」

(4) 成瀬 忠, 他: 「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」1999年 日本建築学会大会(中国)梗概集



実験状況