

「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⁽¹⁾・笹本 啓吾⁽²⁾An Experimental Study of the Long Term
Deflection Effect for the Composite Void Slab

Teruaki TANAKA, Keigo SASAMOTO

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. Since the void slab is frequently applied as long span slab, the deflection by creep has to be considered in construction. This study is focusing on such deflection of the void slab, and carried out the deflection test for 410 days to identify the long term effect to the slab.

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。

一般に中空スラブは重量が軽減されるので長スパン化される場合が多い。その場合、弾性たわみにクリープたわみが加わり、実用上問題となることがある。

本研究は中空合成スラブの段差のない場合と、段差のある場合について410日にわたるたわみ実験を行い、中空合成スラブの長期たわみ性状を把握した。

1. 概 要

近年施工の合理化を目指して合成スラブによる床構法が盛んに用いられている。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。

本研究の合成スラブは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である。中空合成スラブに関しては先に構造性能を実証している⁽¹⁾⁽²⁾。中空スラブを用いることにより、床の自重が軽減され、長スパンが可能となる。この場合床たわみが問題となる。床たわみは弾性たわみにクリープ現象も伴うので長期にわたる

性状の把握が必要である。

本研究では中空合成スラブに段差のない場合と段差のある場合について、長期にわたる載荷実験を行い、中空合成スラブの長期たわみ性状を把握することを目的とする。

2. 試 験 体

i) 段差のない試験体

試験体は端部支持条件を固定支持とピン支持の2種類とした。スパンは端部固定の場合、内法スパン6000 mm、端部ピンの場合支持スパンを4900 mmとした。試験体巾は中空部及びリブ2つ分の1160 mmとし、スラブ厚は基板厚さ $t=65$ mm、中空リブ部 $t=110$ mm、後打ちコンクリート部 $t=75$ mm、合計スラブ厚 $t=250$ mm である。試験体の種類を表1に、試験体形状を図1に、試験体配筋図を図2に示す。

ii) 段差のある試験体

スラブの段差は試験体中央に設け、段差の小さい場合（段差100 mm）は基板は分離されず、スラブを薄くして対処するが（L型）、段差が大きい場合（段差230 mm）基板自体に差をつけ基板を分離する（Z型）。

端部支持条件は固定とし、スパンは内法スパンを

⁽¹⁾ 工学部建築デザイン工学科教授 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 技術部長
Technical Chief, Fujimori Sangyo Co.

表 1 試験体の種類

単位 (mm)

試験体名	支持条件	段差の形状	一般部分 スラブ厚さ	床下がり部分 スラブ厚さ	段差高さ	基板の形状
FD-1-1 FD-1-2	固定	—	250	—	—	—
FD-2-1 FD-2-2	ピン	—	250	—	—	—
FD-3-1 FD-3-2	固定	L 型段差	280	180	100	一枚
FD-4-1 FD-4-2	固定	Z 型段差	280	180	230	分割

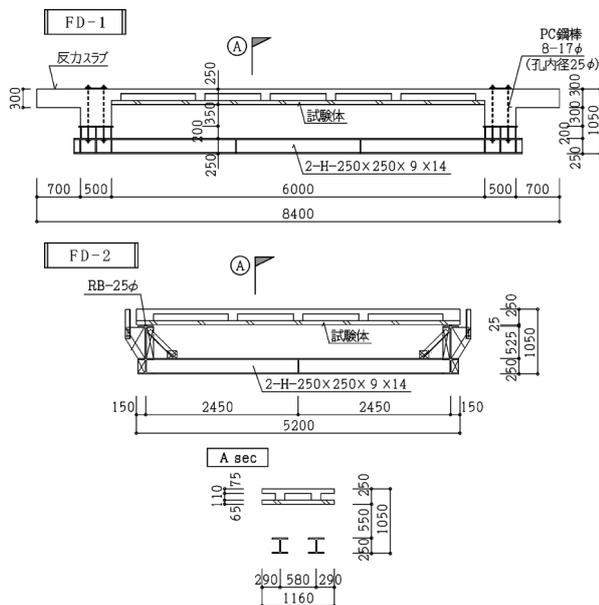


図 1 段差のない試験体形状

6000 mm, 試験体巾は中空部及びリブ 2 つ分の 1160 mm とした。一般部スラブ厚さは、基板 $t=65$ mm, 中空部 $t=140$ mm, 後打ちコンクリート部 $t=75$ mm で、合計スラブ厚 $t=280$ mm である。床下がり部は L 型段差の FD-3 では段差 100 mm で、基板厚 $t=65$ mm, 後打ちスラブ厚 $t=115$ mm, 総厚 $t=180$ mm の中空部のないものとし、Z 型段差の FD-4 では段差を 230 mm として、基板を段差部分で分離したものとした。スラブ総厚は L 型と同じ 180 mm である。

試験体の種類を表 1 に、試験体形状を図 3, 試験体配筋図を図 4 に示す。

3. 使用材料

i) コンクリート

基板は $FC=35$ N/cm², スランプ 8 cm とし、実際の合成スラブ製造要領により製作する。後打ちコンクリートは $FC=21$ N/cm², スランプは 18 cm で、基板コンク

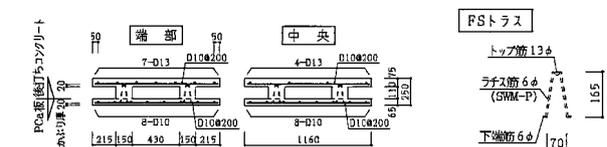
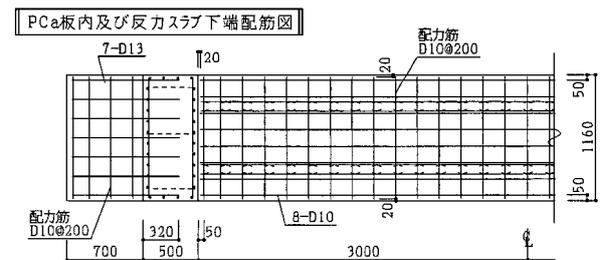
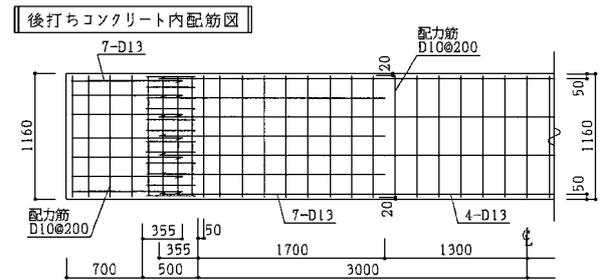
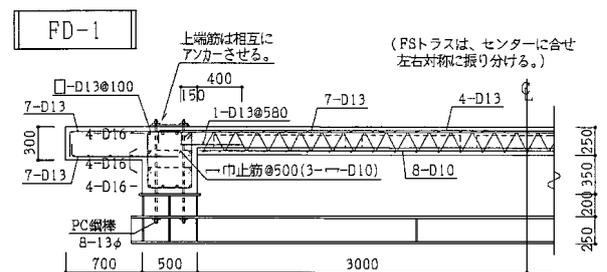


図 2-1 FD-1 試験体配筋図

リート打設の 28 日後に打設した。何れも普通コンクリートである。

ii) 鉄筋

D10~D16 は SD295A (JISG3112)

iii) トラス筋

上筋下筋は SD295A (JISG3112), ラチス筋は SWM-

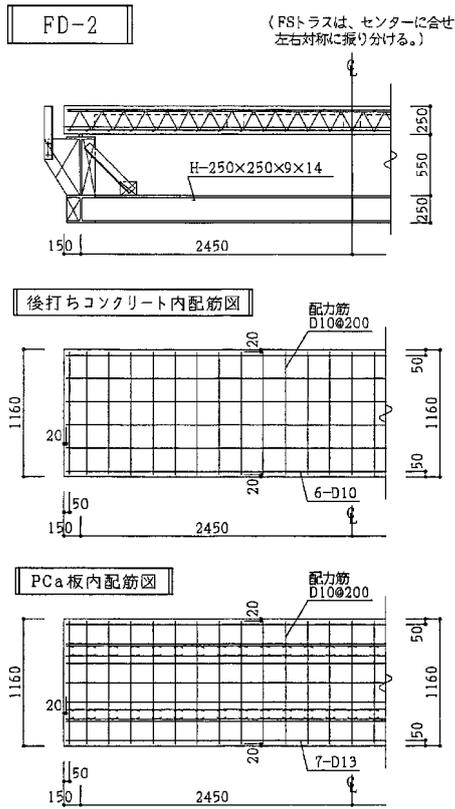


図 2-2 FD-2 試験体配筋図

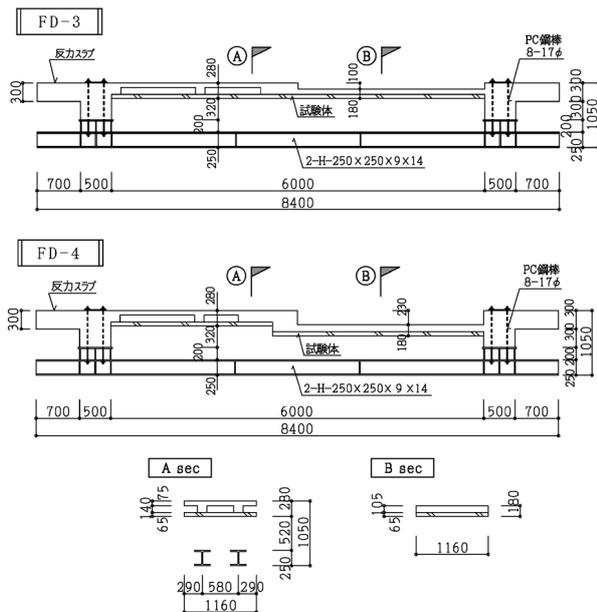


図 3 段差のある試験体形状

P (JISG3532) の溶接金網 (JISG3551) に使用する 6φ の鉄線

iv) 打ち継ぎ面の処理

基板の打ち継ぎ面の仕上げは実際の施工と同じ刷毛引き仕上げとする。

4. 材料の性質

i) 段差のない試験体の材料の物理的性質を表 2, 表 3 に示す。

ii) 段差のある試験体の材料の物理的性質を表 4, 表 5 に示す。

表 2 FD-1, FD-2 コンクリート材料の試験結果
単位 N/mm²

	圧縮強度	弾性係数
PCa 板	27.8	2.50 × 10 ⁴
後打ち部	19.5	2.24 × 10 ⁴

表 3 FD-1, FD-2 鉄筋材料の試験結果
単位 N/mm²

鉄筋	降伏点	引張強さ	弾性係数	
D10	357	498	1.99 × 10 ⁵	
D13	368	518	1.96 × 10 ⁵	
FS トラス 鉄筋	トップ筋 13φ	353	556	2.17 × 10 ⁵
	下端筋 6φ	395	565	1.84 × 10 ⁵
	ラチス筋 6φ	516	579	2.36 × 10 ⁵

表 4 FD-3, FD-4 コンクリート材料の試験結果
単位 N/mm²

	圧縮強度	弾性係数
PCa 板	38.6	2.63 × 10 ⁴
後打ち部	30.1	2.55 × 10 ⁴

表 5 FD-3, FD-4 鉄筋材料の試験結果
単位 N/mm²

鉄筋	降伏点	引張強さ	弾性係数	
D10	363	490	2.05 × 10 ⁵	
D13	353	490	2.05 × 10 ⁵	
FS トラス 鉄筋	トップ筋 13φ	389	539	2.05 × 10 ⁵
	下端筋 6φ	382	508	2.05 × 10 ⁵
	ラチス筋 6φ	—	566	2.05 × 10 ⁵

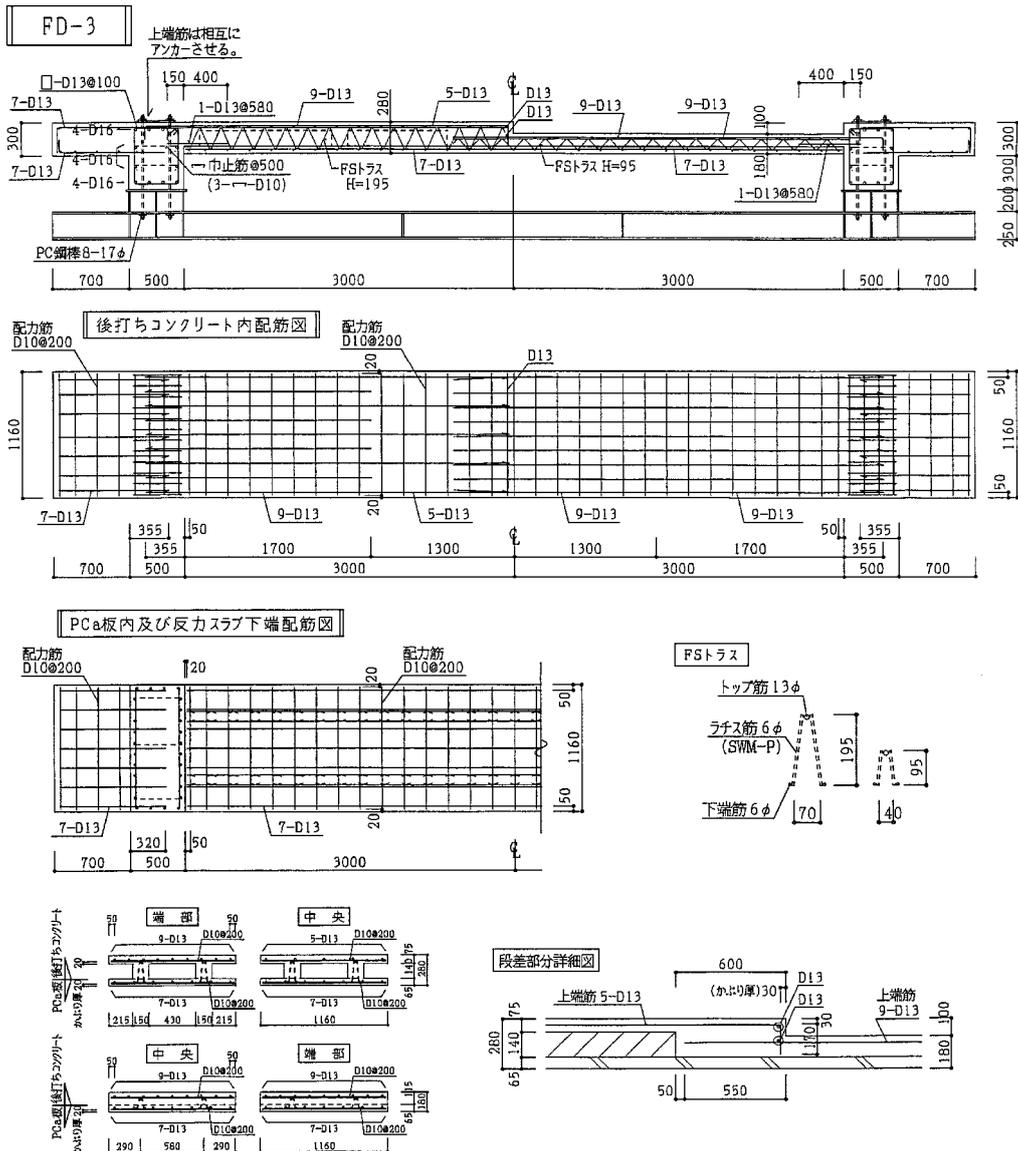


図 4-1 FD-3 試験体配筋図

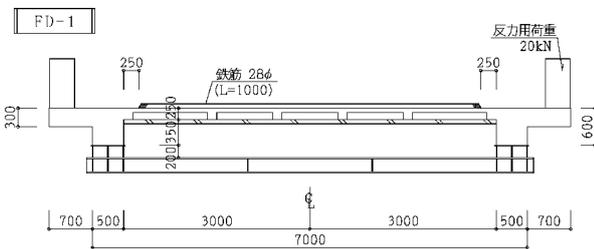


図 5 段差のない試験体 荷重状況図

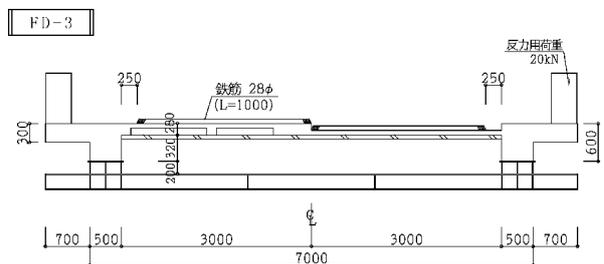


図 6 段差のある試験体 荷重状況図

5. 実験方法

荷重は段差のない試験体では後打ちコンクリート打設後55日目（基板では材令76日目）、段差のある試験体では63日目（基板では材令91日目）に実施した。持続載

荷荷重を2.6 kN/m²とし、28φの鉄筋（L=1000 mm）をスパンと直交方向に並べ、全長にわたって均等に荷重した。荷重状況を図5、図6に示す。

計測はひずみ計を用いて鉄筋及びコンクリートのひずみを、変位計を用いて試験体のたわみを計測した。また

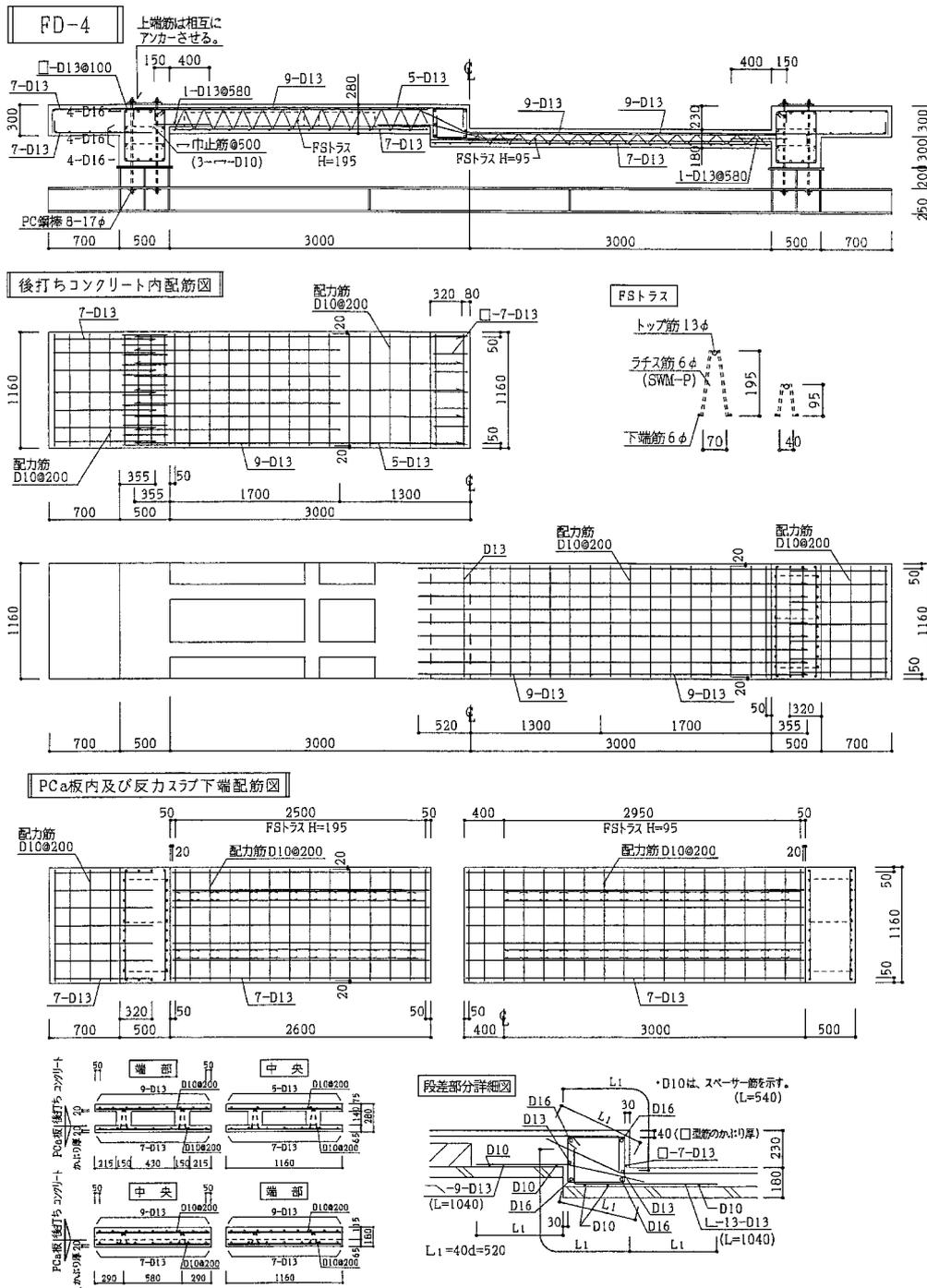


図4-2 FD-4 試験体配筋図

実験場の温度，湿度の経時変化を計測した。

6. 実験結果

表6は実験結果の一覧，表7は弾性たわみ計算値と長期たわみ実験値の比較である。図7はたわみの経時変化を示している。長期たわみ量の計測はサポート除去前を初期値とする累計である。従ってスラブ自重は荷重に含まれている。

7. 実験考察

◇長期たわみ

段差のない試験体ではたわみ量の進行は載荷後210日までは徐々に増加し，その後緩やかな進行となった。載荷後360日経過した時点でのたわみ量は，固定支持の場合で5.1 mm，ピン支持の場合で8.9 mm となり，弾性たわみ量の6.4倍，5.0倍となった。ピン支持は，固定支持

表 6 実験結果一覧

(FD-1, 2: スパン中央での長期たわみ量)
(FD-3, 4: スパン中央から床下がり部方向に500の位置でのたわみ量) 単位 (mm)

試験体名	載荷直後	180日	360日	410日	支持条件
FD-1-1	0.58	3.91	4.96	5.09	両端固定
FD-1-2	0.46	3.80	5.09	5.17	
FD-2-1	1.56	6.90	8.10	8.27	両端ピン
FD-2-2	1.49	7.27	8.90	9.06	
FD-3-1	1.57	4.41	6.29	6.50	L 型段差
FD-3-2	3.10	6.53	8.27	8.45	両端固定
FD-4-1	1.90	5.26	7.14	7.41	Z 型段差
FD-4-2	2.32	6.25	8.45	8.70	両端固定

表 7 弾性たわみ量 (δ_E) に対する増大率

試験体名	弾性たわみ量の計算値 ¹⁾ (mm)	弾性たわみ量に対する増大率 ²⁾ (倍)			
		載荷直後	180日	360日	410日
FD-1-1	0.80	0.73	4.89	6.20	6.36
FD-1-2		0.58	4.75	6.36	6.46
FD-2-1	1.77	0.88	3.90	4.58	4.67
FD-2-2		0.84	4.11	5.03	5.12
FD-3-1	1.29	1.22	3.42	4.87	5.04
FD-3-2		2.40	5.06	6.41	6.55
FD-4-1	1.36	1.40	3.86	5.25	5.45
FD-4-2		1.71	4.60	6.21	6.40

- 1) 計算値は両端固定および両端ピンの一方方向ばりとして求めた。この時のコンクリートのヤング係数は材齢55日 (FD-1, 2), 90日 (FD-3, 4) の材料試験結果を用いた。
- 2) 弾性たわみ量 (δ_E) に対する増大率は δ/δ_E で求めた。

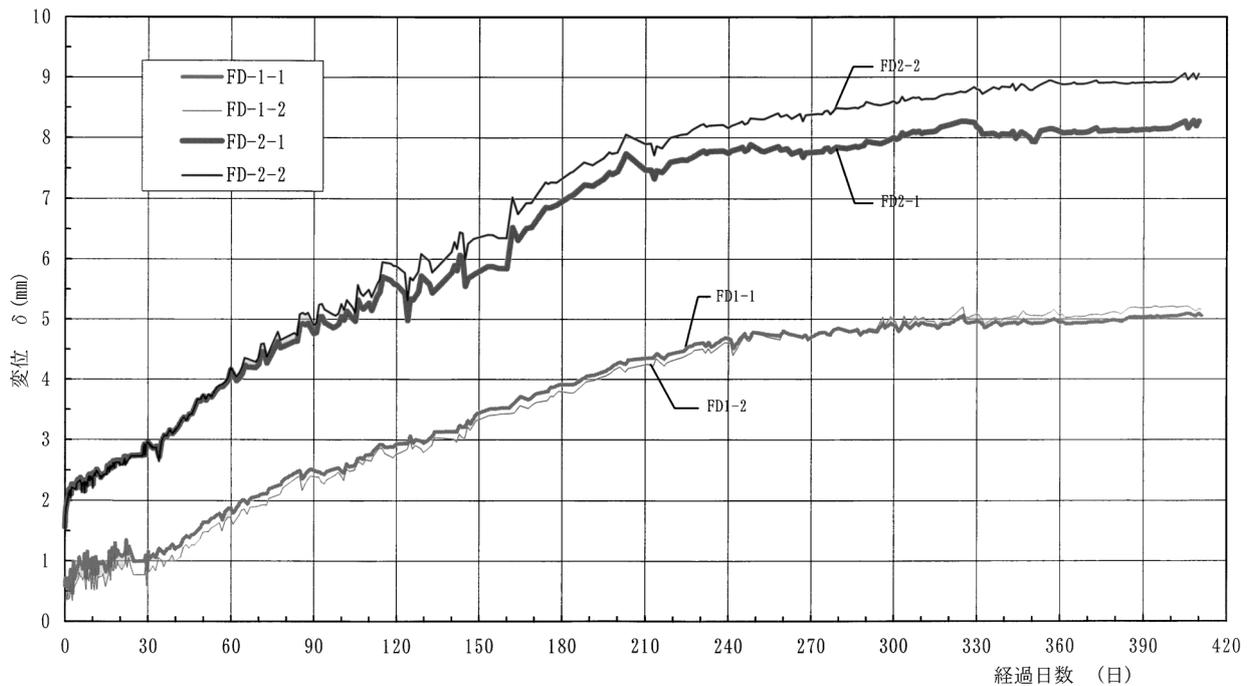


図 7-1 段差のない試験体のたわみ量の経時変化

の $5.03/6.36 = 0.79$ の増大率となる。

段差のある試験体では載荷後240日まで徐々に増加し、その後緩やかな進行となった。載荷後360日経過した時点でのたわみ量は、FD-3 (L 型段差) で8.27 mm, FD-4 (Z 型段差) で8.45 mm となり、弾性たわみ量に対する増大率は6.4倍, 6.2倍となった。

◇亀裂状況

亀裂は載荷後から FD1 は両端上端, FD2 は中央下端に, FD-3, FD-4 では両端上端に発生した。360日経過した時点では, 亀裂巾は FD-1 は0.1 mm, FD-2 で0.12

mm, FD-3 で0.1 mm, FD-4 で0.14 mm であった。

8. ま と め

載荷後410日経過した時点の段差のない試験体の弾性たわみ量に対する長期たわみ量は, 両端支持の場合6.5倍, ピン支持の場合で5.1倍である。ピン支持のたわみ量は固定支持の場合の0.79倍程度増大することが分かった。段差のある試験体の弾性たわみ量に対する長期たわみ量の増大率は5.0~6.4倍となった。L 型段差と Z 型段差の相違によるたわみ量の比率は $6.41/6.20 = 1.03$ とな

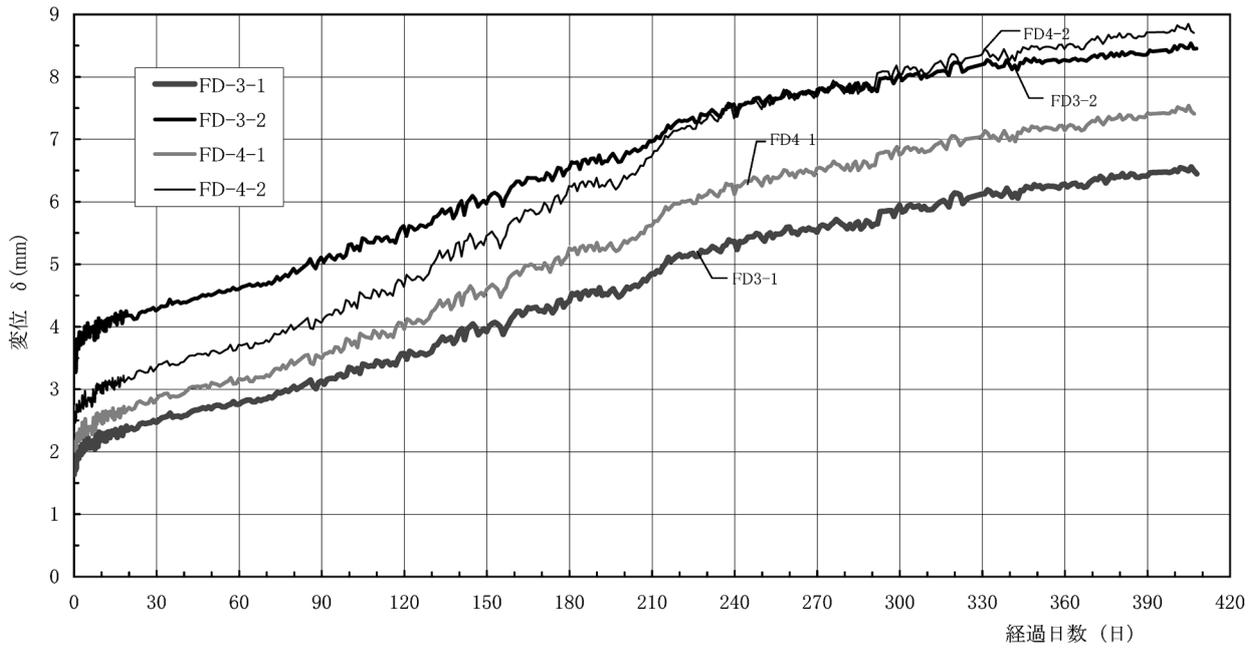


図 7-2 段差のある試験体のたわみ量の経時変化

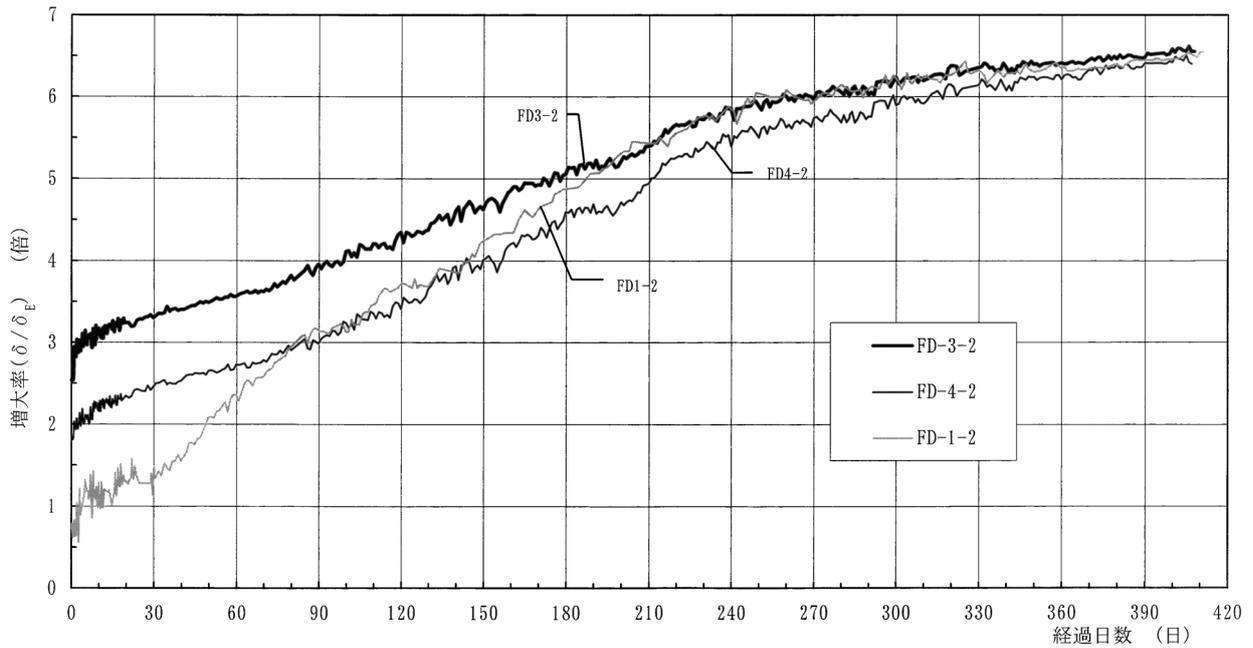
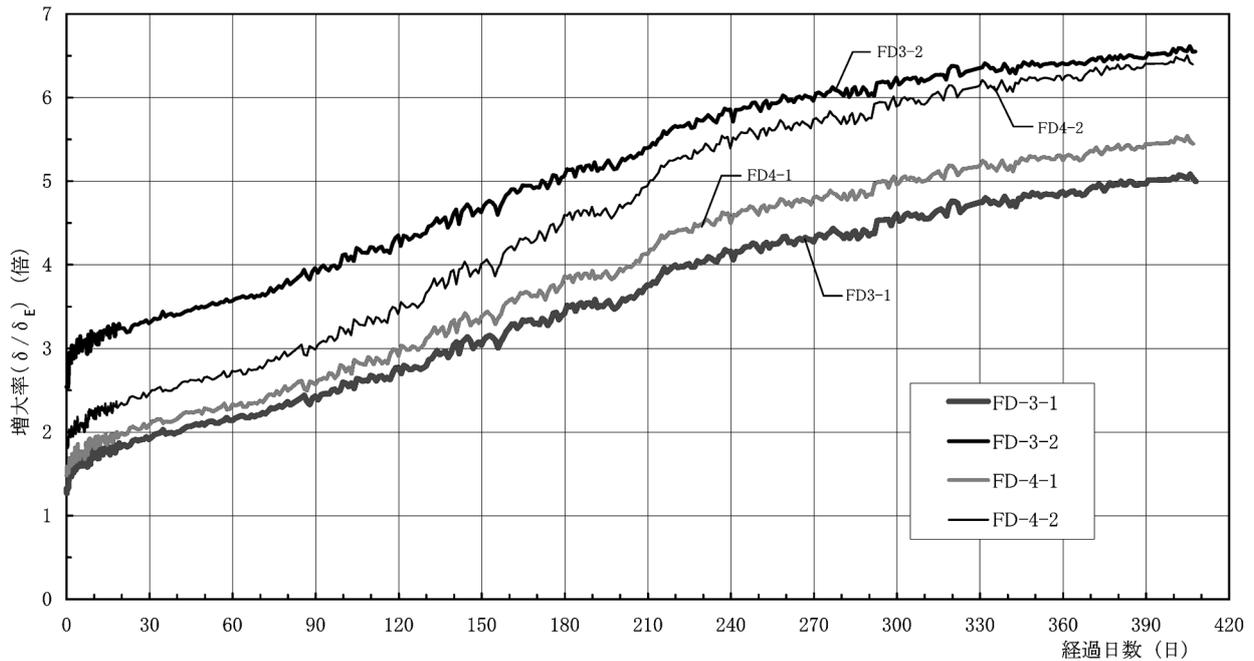


図 7-3 弾性たわみ量 (δ_E) に対する増大率の経時変化の比較

った。段差のない試験体と段差のある試験体とのたわみ量増大率の比は、ほぼ $6.55/6.36 = 1.02$ となった。以上より長期たわみ性状を確認できた。

9. 謝 辞

本研究にあたり住友金属工業株式会社建設技術部の方々のご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7-4 弾性たわみ量 (δ_E) に対する増大率の経時変化

写真(1) 荷重状況



写真(2) 実験状況

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) 「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, 笹本啓吾, 横店秀利 国土館大学工学部紀要第35号
- (3) 「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」佐賀 修, 荻原幸夫, 田中輝明, 笹本啓吾, 横店秀利 2002年日本建築学会大会(北陸)梗概集
- (4) 「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
- (5) 「中空スラブの計画と設計」松井源吾, 田中輝明他 彰国社
- (6) 「鉄筋コンクリート構造設計基準・同解説」日本建築学会