論文　**Original Paper**

中空合成スラブのトラス鉄筋のせん断強度に関する実験的研究

田中　輝明(1)　笹本　啓吾(2)　佐賀　　修(3)

An experimental study on the truss by shearing stress in the composite void slab

Teruaki TANAKA, Keigo SASAMOTO, Osamu SAGA

Synopsis; The composite void slab, which consists of the pre-manufactured lower base and in-situe concrete, is widely used for rationalizing the design and construction works. Extensive efforts have been done by many researchers for identifying the structural characteristics of the composite slab. For the composite slab, the truss imbedded in the pre-manufactured lower base plays key roll to perform as a single slab. This study shows a capability of the truss to the shear forces which appear at the joint section of the composite slab.

要　旨：中空合成スラブは半製品のプレキャスト基板と現場打ち中空スラブが一体となった複合スラブであり，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近年多く実用に供されている。中空合成スラブについては既に多くの研究を行って合成スラブの一体性，強度，変形等，構造特性を明らかにしてきた(1)～(8)。

合成スラブでは半製品基板と後打ちコンクリートが一体として挙動することが必須条件である。これは接合面の付着の他にプレキャスト基板に埋め込まれた突出筋（トラス筋）が大きな役割をする。

本実験ではプレキャスト板と現場打ちコンクリートの打ち継ぎ面に生じるせん断力に対するトラス鉄筋のせん断性能を把握し実用に供することができることを実証した。

1. 概　　要

中空合成スラブは半製品のプレキャスト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めざ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プレキャスト鉄筋コンクリートの基板（PCa板）に接合鉄筋（トラス筋）が埋め込まれて突出しており，これが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。

この合成スラブがせん断破壊するような荷重を受ける場合，トラス筋が有効に作用すると考えられるので，トラス筋のせん断性能を把握することを目的として実験を行った。

2. 試　験　体

試験体は図1，表1に示すようにトラス鉄筋の標準間隔の580 mm 幅の実大スケールとし，スパン2250 mm，厚さ250 mm（PCa 板65 mm，中空部110 mm，後打ちコンクリート部75 mm）である。トラスのラチス筋は6ϕ（FSS−4），7ϕ（FSS−5）で水平面との角度はθ_1＝62.8°，θ_2＝79.6°である。FSS−6 はトラス鉄筋は挿入されていない。試験体は各2体，計6体を製作した。材料の物理的性質を表2，表3に示す。トップ筋と下端筋はSR295でラチス筋はSWM−P を用いた。PCa 板の現場打ちコンクリートとの接面は刷毛引き仕上げとした。

表1　試験体一覧

試験体名	トラス鉄筋ラチス筋の径
FSS 4	6ϕ
FSS 5	7ϕ
FSS 6	ラチス筋無し

3. 実 験 方 法

実験は連続梁形式の2点集中加力による一方向載荷とし図2に加力方法を示す。計測はダイアルゲージで変形をストレインゲージでひずみを計測し，ひび割れは

(1) 国士舘大学名誉教授
Kokushikan UNIV. Emeritus Prof.
(2) フジモリ産業株式会社　技術部長
Technical Chief, Fujimori Sangyo Co.
(3) 田中輝明建築研究所
Tanaka Architectural Office

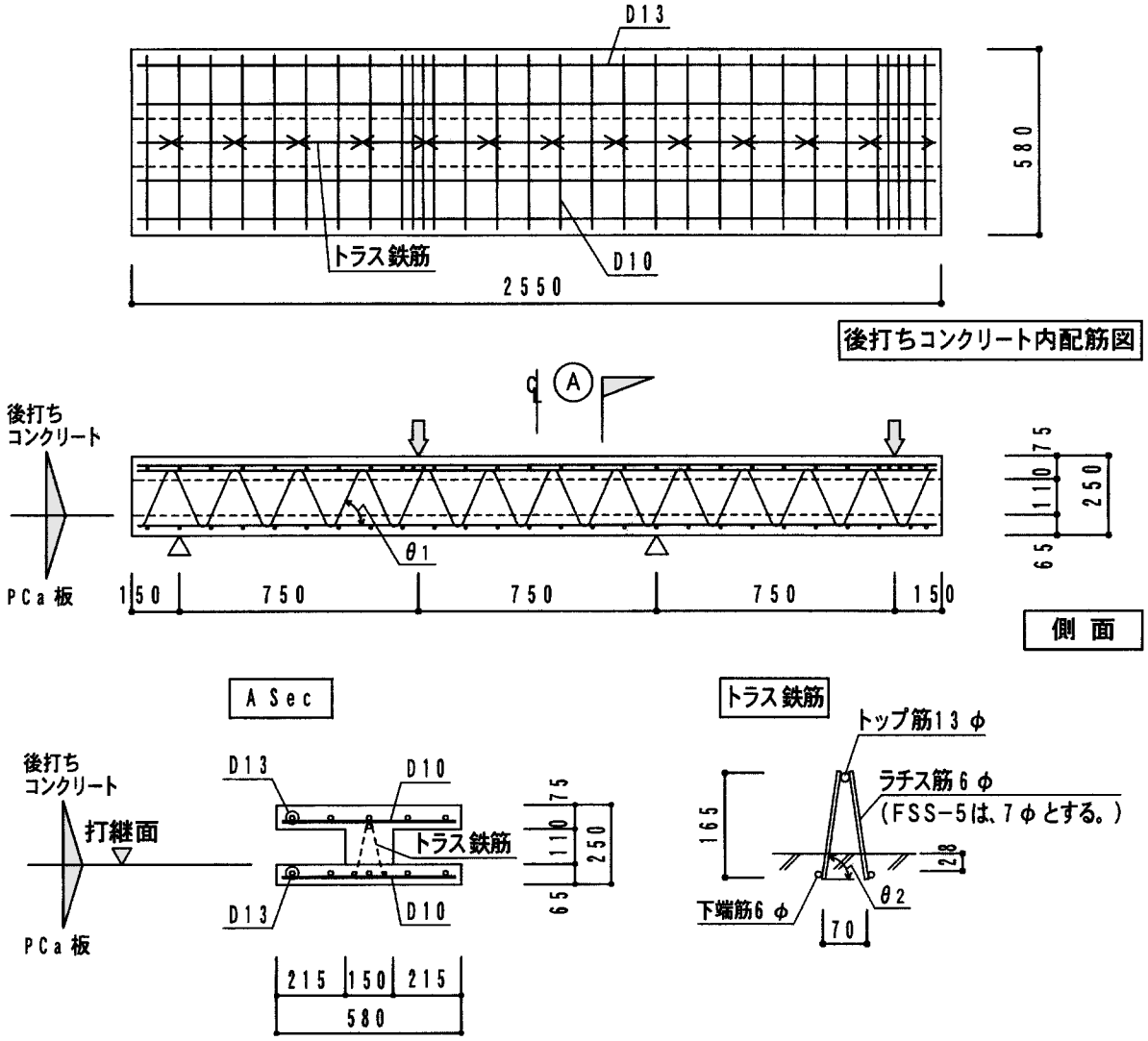


図1　FSS4 FSS5 試験体形状

表2　コンクリート材料の試験結果

単位 N/mm²

試験体	部　位	圧縮強度	弾性係数
FSS 4, 5, 6	PCa 板コンクリート	34.1	2.50×10^4
	後打ち部コンクリート	26.4	2.30×10^4

表3　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		SR295	354	470	2.05×10^5
D13			353	479	2.05×10^5
トラス鉄筋	トップ筋　13φ		339	483	2.05×10^5
	下端筋　6φ		379	517	2.05×10^5
	ラチス筋　6φ	SWM-P	—	659	2.05×10^5
	ラチス筋　7φ		—	596	2.05×10^5

目視で行った。図3に鉄筋のひずみ計測位置を示す。

4. 実験結果

表4は実験結果の一覧である。ここで計算式は下記による。

曲げひび割れ発生時のせん断力

$$Qm=\{0.38\sqrt{Fc}\cdot Z-M1\}/a \quad (1)$$

せん断ひび割れ発生時のせん断応力度

$$\tau c=0.085kc(500+Fc)/\{(M/Q\cdot d)+1.7\} \quad (2)$$

終局せん断応力度

$$\tau u=0.115\times ku\cdot kp(180+Fc)/\{(M/Q\cdot d)+0.12\}+0.85(pw\cdot w\sigma y)^{1/2} \quad (3)$$

せん断ひび割れ発生時のせん断力

$$Qc=\tau c\cdot b\cdot j-Q1 \quad (4)$$

せん断終局強度

$$Qu=\tau u\cdot b\cdot j-Q1 \quad (5)$$

Q1 ；自重によるせん断力

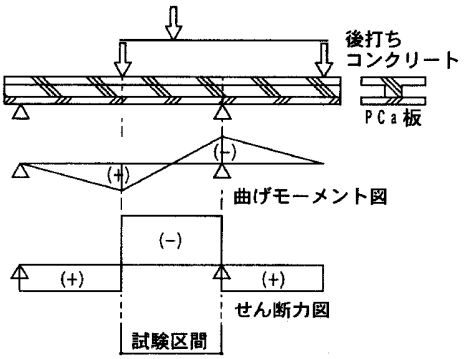


図2　加力方法

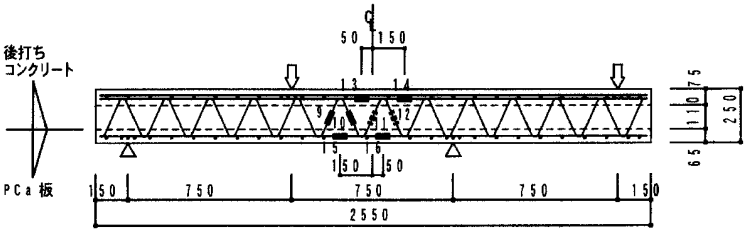


図3　鉄筋のひずみ計測位置

表4　実験結果一覧

試験体名	ラチス筋	曲げひび割れ発生時のせん断力（kN）			せん断ひび割れ発生時のせん断力（kN）			最大せん断力（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
FSS 4−1	6φ	35	26.7	1.31	59	39	1.51	117	78	1.50
FSS 4−2		31		1.16	57		1.46	138		1.77
FSS 5−1	7φ	53	26.7	1.99	84	39	2.15	144	80	1.80
FSS 5−2		45		1.69	62		1.59	127		1.59
FSS 6−1	無し	24	26.7	0.90	53	39	1.36	92	54	1.70
FSS 6−2		24		0.90	53		1.36	98		1.81

M1；自重による曲げモーメント
a　；せん断スパン
kc, ku；断面寸法による補正係数
kp　；引張鉄筋比による補正係数

◇破壊状況

全ての試験体は初めに上下面に曲げひび割れが発生し，その後リブ部分側面にせん断ひび割れが発生した。変形が進行するとPCa板には細かいひび割れが多数発生した。後打ちコンクリート面のひび割れはあまり増加せず初期に発生したひび割れの幅が増大した。最終破壊は何れもリブ部分のせん断亀裂で破壊した。

◇耐力

曲げひび割れの実験値/計算値はFSS−4で1.16～1.31, FSS−5で1.69～1.99, FSS−6で0.9となった。せん断ひび割れ発生時のせん断力の実験値/計算値はFSS−4で1.46～1.51, FSS−5で1.59～2.15, FSS−6で1.36となった。最大せん断力はFSS−4で117～138KN, FSS−5で144～127KNでありFSS−6に対してFSS−4は1.23～1.45, FSS−5は1.34～1.52倍である。

◇変形性状

図4に各試験体の変位を示す。各試験体はリブ部にせん断ひび割れが発生するまではほぼ同様な性状を示した。

その後最大せん断力に至るまで徐々に変位を増大し，最大せん断力に達してからは急激にせん断ひび割れが顕著になり耐力を降下させながら変形が進行した。

◇トラス筋，ラチス筋のひずみ度

図5はトラス上端筋No−13のひずみ度を，図6はトラス下端筋No−15のひずみ度を，図7はトラスラチス筋No−9のひずみ度を示す。

上端筋，下端筋では初期の段階ではひずみは殆どなく，せん断ひび割れ発生後から徐々にひずみ度が増加した。

ラチス筋は各試験体共圧縮ひずみと引張ひずみが一本おきに見られた。ラチス筋はせん断ひび割れが発生以前は小さなひずみであるが，せん断ひび割れが発生すると大きなひずみとなり，降伏性状を示した。

5. ま と め

1)　最大せん断耐力はトラス筋が無い場合に対してラチス筋6φで1.23～1.45, 7φで1.34～1.52倍になり，計算値とほぼ一致する。

2)　ラチス筋の径の違いによる計算値の最大せん断力は7φは6φの1.03倍であるが実験ではラチス筋径の相違による明確な差はなかった。

3)　中空合成スラブのトラス筋のラチス筋はせん断力伝達に効果があり，その強度は梁のせん断終局強度式，(3)式の第2項より求めて差支えない。

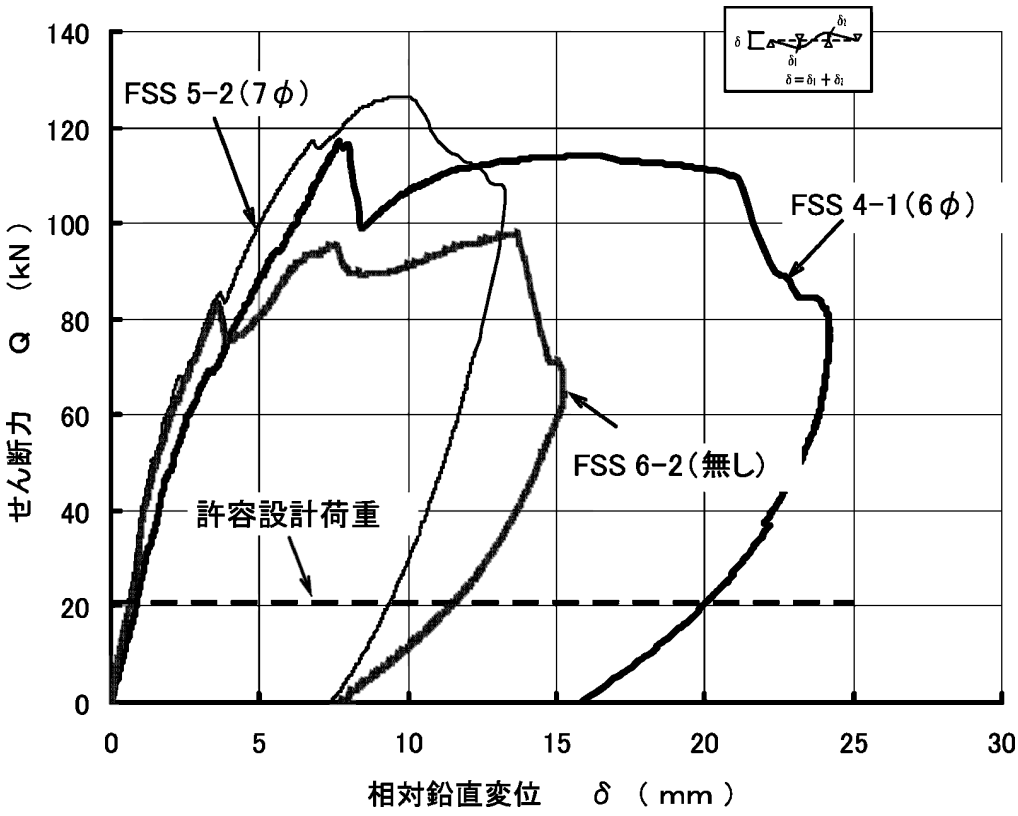


図4　試験体変位

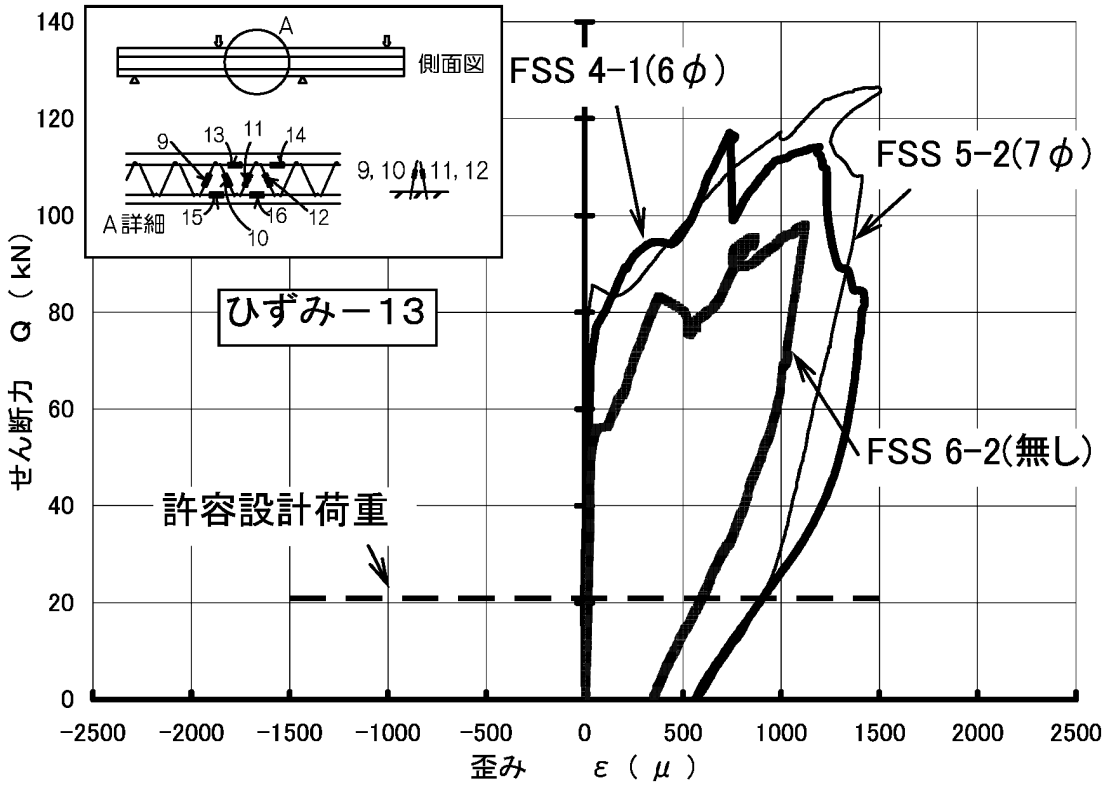


図5　トラス上端筋のひずみ度

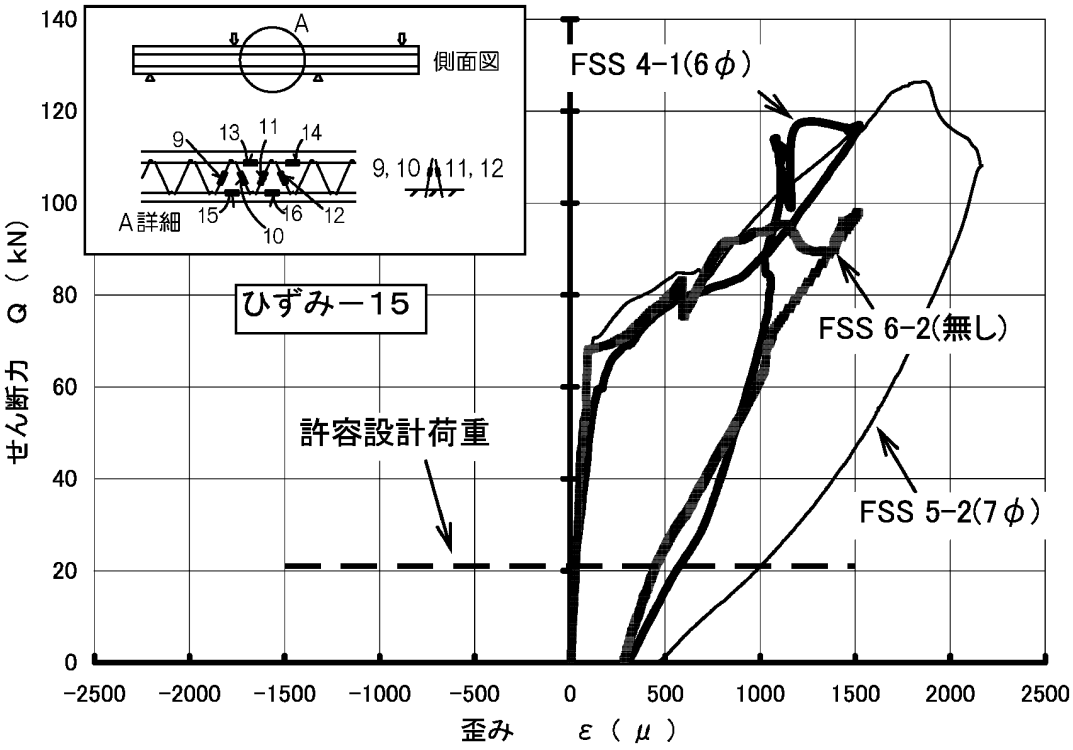


図6　トラス下端筋ひずみ度

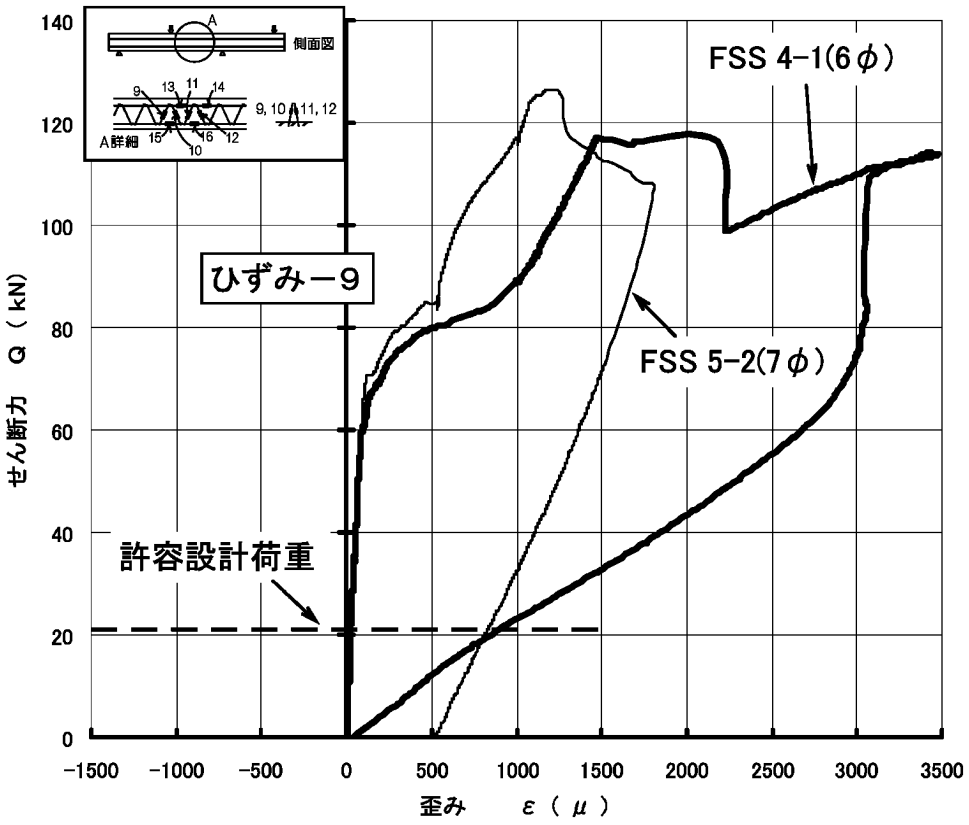


図7　トラスラチス筋ひずみ度

6. 謝　　辞

本実験にあたり国士舘大学工学部建築デザイン工学科平成15年度卒業研究生の協力をいただきました。感謝の意を表します。

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　国士舘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　国士舘大学工学部紀要第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)「波型中空型枠を用いた合成スラブの実験的研究」佐賀　修，荻原幸夫，田中輝明，笹本啓吾，横店秀利　2003年　日本建築学会大会（東海）梗概集
(7)「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」田中輝明，笹本啓吾，横店秀利　国士舘大学工学部紀要第36号
(8)「合成スラブ接合トラス鉄筋のラチス強度の実験的研究」（その1），（その2）佐賀　修，荻原幸夫，田中輝明，笹本啓吾，横店秀利　2004年　日本建築学会大会（北海道）梗概集
(9)「鉄筋コンクリート構造設計基準・同解説」日本建築学会