

論文

[2109] コンクリート打ち継ぎ面の簡易型一面せん断試験

正会員 ○ 塩原 等 (建設省建築研究所)

佐藤 幸史 (長谷工コーポレーション)

1. はじめに

プレキャストコンクリート接合部のコンクリート打ち継ぎ面の設計は、打ち継ぎ面に垂直な応力を加えない条件での一面せん断試験の結果に基づいてせん断力について強度設計し、強度が不足すれば補強筋やシアキーを増やしていくという設計コンセプトに基づいてきた。しかし、架構式プレキャストコンクリートの梁端部の危険断面での打ち継ぎ面などでは、部材実験によって一体打ちに近い性能を有することが経験的に知られてきており、既往の設計法の適用範囲を越えた大きなせん断力に対する抵抗機構を有していると考えられる。このように、打ち継ぎ面のせん断応力度が著しく高くなる部分の設計には、この設計コンセプトに基づく接合部設計法はあまり有効ではない。この理由は、この設計法が低層の壁式コンクリート構造を対象としたものであり、設計せん断応力度が比較的小さい部分の接合部のみを想定しているためである。そこで、架構式プレキャスト部材の接合部の打ち継ぎ面に適用できる新しい設計コンセプトが必要とされており、本研究では、高圧縮力と高せん断力が同時に作用する打ち継ぎ面を安全かつ合理的に設計するための手法の可能性を検討するため、打ち継ぎ面の一面せん断試験を行った。

2. 接合部のせん断試験法

本研究は、コンクリート打ち継ぎ面に種々の凹凸を設け、圧縮応力とせん断応力の比を変えて2軸応力下での打ち継ぎ面の①強度、②せん断剛性、および③破壊モードのそれぞれの観点から打ち継ぎ面があっても性能が一体打ちと同等となる応力条件を見出そうとするものである。供試体の形状は図1に示すように高さ20×幅20×厚さ10cmで中央に打ち継ぎ面を持つ直方体の無筋コンクリートである。コンクリートは粗骨材最大径20mm碎石の普通コンクリートとした。供試体の4周にはシアキーを設け石膏で加圧板と一体化した。加圧方法を図2に示す。供試体の中央の打ち継ぎ面と圧縮試験機の上下の加圧板の角度を固定し、下面をリニアスライドベアリングによるローラー支持として圧縮合力の向きを一定に保ちながら、毎秒200～250kgfの荷重速度で一方向漸増圧縮荷重した。本研究で採用した一面せん断試験法は、既往の研究によれば、供試体の縁端部以外ではせん断応力度 τ と垂直応力度 σ_n はほぼ一定であり[1,2]、さらに供試体の破壊時には打ち継ぎ面付近に多数の微細なひび割れが発生し応力分布はかなり一様化すると考えられる[1]ので、打ち継ぎ面の応力は次の関係にあると仮定して実験結果を整理する。

$$\tau = P \sin \theta / A \quad (1) \quad \sigma_n = P \cos \theta / A \quad (2)$$

ここに、 θ ：打ち継ぎ面の法線と加力方向のなす角度、 P ：荷重、 A ：打ち継ぎ面の面積とする。

3. 供試体

供試体の変数は、①打ち継ぎ面の処理方法と②打ち継ぎ面の法線と加力方向のなす角度 θ の2

つとする。供試体の打ち継ぎ面の処理方法を図3に示す。鉄板型枠の無処理の打ち継ぎ面（タイプB）、はげびきにより1～2mmの凹凸を設けた打ち継ぎ面（タイプC）、ショットブラスト処理の打ち継ぎ面（タイプD）、高さ約2.8mmの三角形のシアキーを設けた打ち継ぎ面（タイプE）、高さ10mmの台形のシアキーを設けた打ち継ぎ面（タイプF）、及び、比較のための打ち継ぎ面の無い一体打ち供試体（タイプA）の6種類である。なお、タイプDはショットブラス

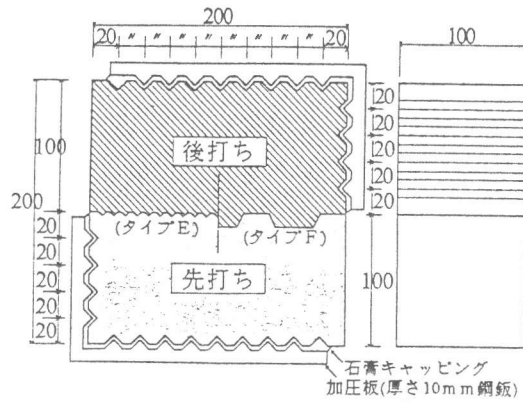


図1：供試体形状

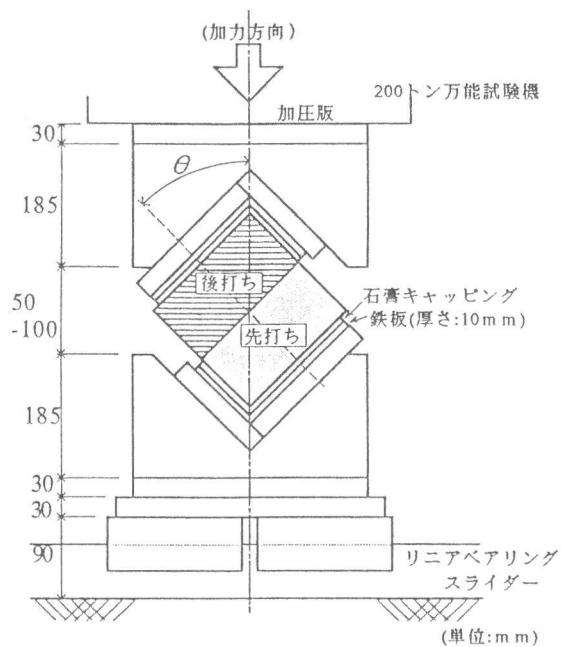


図2：加力方法

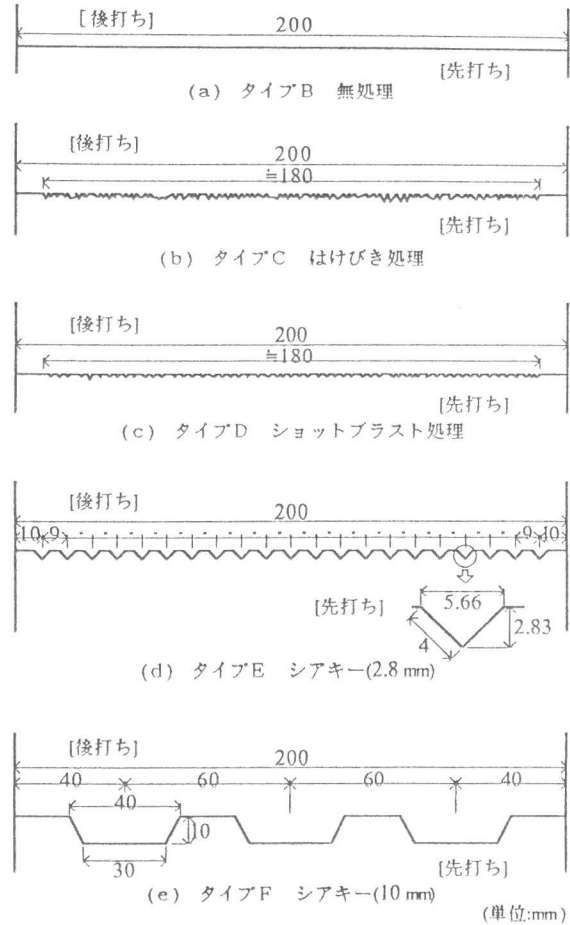


図3：供試体の打ち継ぎ面処理形状

表1：供試体一覧表

タイプ	打ち継ぎ面	tan θ							個数
		0.4	0.6	0.8	1.0	1.25	1.67	2.5	
A	なし（一体打ち）	2	1	2	2	1	2	2	12
B	無処理	1	2	2	1				6
C	はげびき処理	2		2	1	2	2	1	10
D	ショットブラスト処理	2	2	2	2	1			9
E	シアキー（2.8 mm）	2		2	2	2	2	2	12
F	シアキー（10 mm）	2		2		2	2	2	12

ここに、θ：角度（図2参照）

ト処理により骨材がむき出しになるよう意図したが、処理機械の性能不足で深さ 1 mm 程度の凹凸しかできなかった。供試体は、先打ち部分の打設後3～6日後（タイプDは1ヶ月後）に残りの部分のコンクリートを打設し、その後気中養生した。

打ち継ぎ面と荷重方向のなす角度は、約 22° から約 69° の範囲で7段階とした($\tan \theta = 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.25, 1.67, 2.5$)。表1に供試体 61 体の内訳を示す。原則として同じ変数の試験を最低2体加力した。表2に材料強度を示す。実験結果の応力度は、先打ち部分と後打ち部分のコンクリート圧縮強度の平均値で規準化し二体の試験体で平均値をとった。また、供試体の打ち継ぎ面のずれと開きを表・裏計4カ所に取り付けた二軸型亀裂変位計で測定した。打ち継ぎ面をはさむ測定規準点間の間隔は 60 mm とした。

4. 実験結果

表3に供試体の加力終了後の破壊モードの一覧表を示す。破壊は、①打ち継ぎ面（一体打ちの場合は打ち継ぎ面の位置）に沿ったずれ変形が大きくなり破壊する「ずれ破壊」と、②打ち継ぎ面とは異なる斜め破壊面が現れる「圧縮破壊」の2つに大別された。図4には各供試体の打ち継ぎ面のせん断応力度とずれ変位の関係を示す。次に打ち継ぎ面処理方法別にその実験結果を記述する。

タイプA: 打ち継ぎ面の無いこのタイプは、 $\tan \theta$ が 1.67 より小さいものは、せん断面（打ち継ぎ面の位置）付近にひび割れが生じた後、全体がゆっくりした耐力低下を示す圧縮型の破壊を示した。 $\tan \theta$ が 2.5 では、せん断面のひび割れが支配的になりずれが増加した。しかし、これは急激な破壊ではなく、破壊後の噛み合いによるせん断抵抗が見られた。

タイプB: 無処理のこのタイプは、 $\tan \theta$ が 0.4, 0.6 の試験体は、強度については一体打ちと同じとなった。せん断剛性は一体打ちに比べて少し低くなるが、ずれ破壊にはならなかった。 $\tan \theta$ が 0.8 以上の供試体では、小変形で急激にずれ破壊の急激な進行が起こった。そのため強度は一体打ちよりかなり低く、強度は垂直な応力度 σ_v とほぼ比例し、摩擦係数でおよそ 0.8 相当となった。

タイプC: はげびきのこのタイプは、 $\tan \theta$ が 0.4, 0.8, 1.0 では、強度とせん断剛性の点で一体打ちとほぼ同じ性能を示した。 $\tan \theta$ が 1.25 より大きいと、圧縮破壊から打ち継ぎ面のずれ破壊に変

表 2: コンクリート圧縮強度

タイプ	コンクリート圧縮強度 (kgf/cm ²)		
	先打ち	後打ち	平均
A	—	213-248	—
B	270	245	258
C	226	251	239
D	248	242	245
E	224	204	214
F	213	291	252

表 3: 破壊モード

タイプ	打ち継ぎ面	$\tan \theta$							
		0.4	0.6	0.8	1.0	1.25	1.67	2.5	
A	なし (一体打ち)	CC	C	CC	CC	C	CC	SS	
B	無処理	C	CC	SS	S				
C	はげびき処理	CC		CC	C	SS	SS	S	
D	ショットブラスト処理	CC	CC	SS	SS	S			
E	シアキー (2.8 mm)	CC		CC	CS	SS	SS	SS	
F	シアキー (10 mm)	CC		CC		CC	SS		

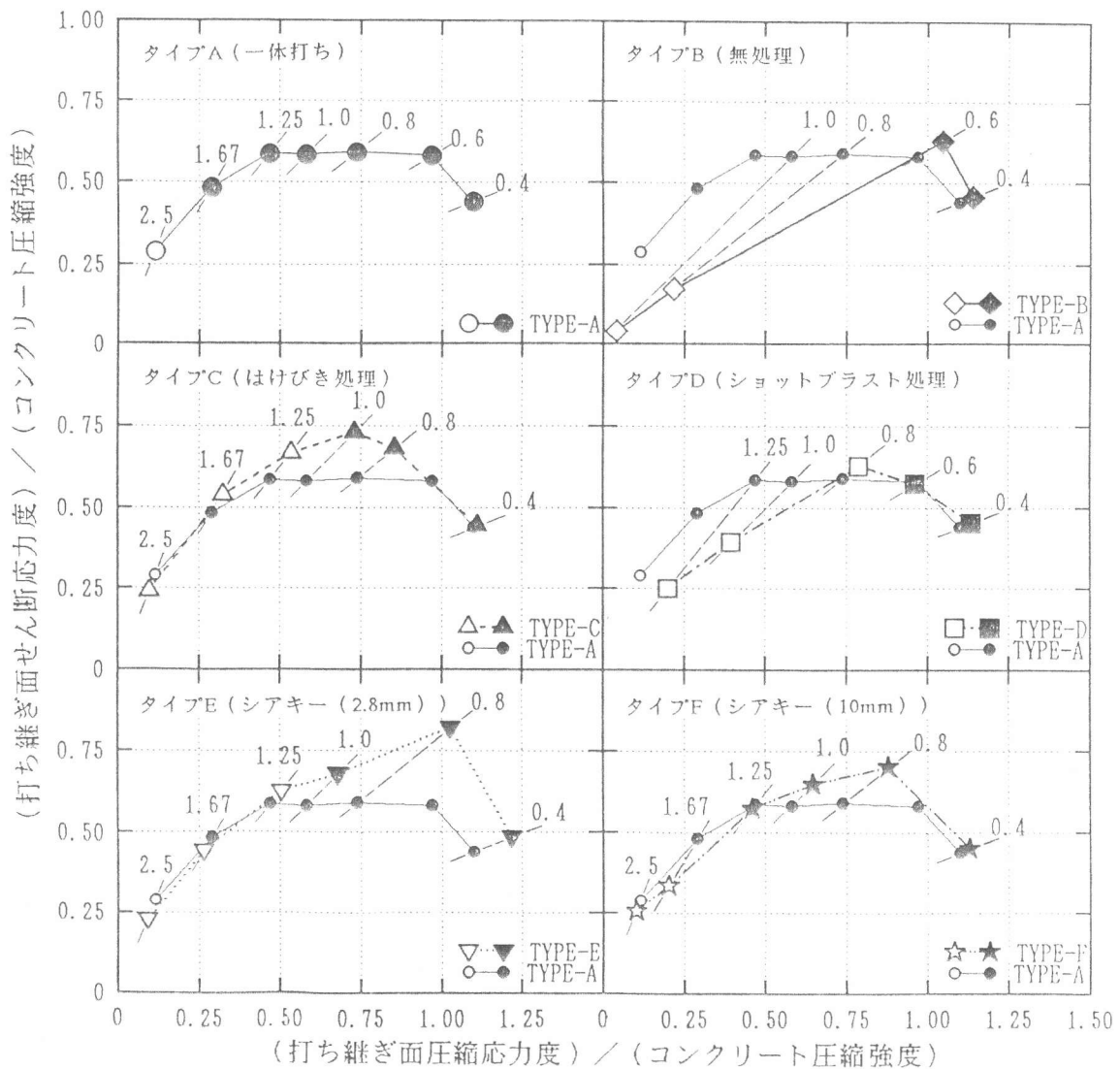
ここに、C: コンクリート圧壊, S: 打ち継ぎ面に沿ったずれ破壊 θ : (図2参照)

ん断剛性とも一体打ちとほぼ同じ性能を示した。tanθが1.67より大きいと、破壊は圧縮破壊からずれ破壊に変わった。tanθが1.67の供試体は、一体打ちの約71%の強度で破壊し、tanθが2.5の供試体ではやや持ち直して約89%の最大荷重となった。ずれ破壊したものは、いずれも後打ちコンクリート側のシアキーのせん断破壊が見られた。

5. 実験結果の考察

5.1 一体打ちと同等となる条件

図5は最大強度時の打ち継ぎ面に垂直な応力度とせん断応力度の関係を示している。この図より、圧縮応力と打ち継ぎ面のなす角度（または、せん断応力度と垂直な応力度の比）が一定値以上に大きくなると、たとえ打ち継ぎ面が介在していても強度と、最大強度後の破壊モードが一体打ちと同じになることが確認された。その時のtanθは、無処理で0.6、はげびきで1.0、ショットブラストで0.6、2.8mmのシアキーで0.8、10mmのシアキーで1.25となった。また、少な



※ 図中、黒塗 (●, ◆, ▲, ■, ▼, ☆) は圧縮破壊、
白抜き (○, ◇, △, □, ▽, ☆) は打ち継ぎ面のずれ破壊を示す。
図5: 最大強度時のせん断応力度 τ と打ち継ぎ面に垂直な応力度 σ の関係

わった。ただし強度は一体打ちに遜色がない。破壊面は後打ちコンクリート側であった。

タイプD: ショットブラストのこのタイプは、 $\tan\theta$ が 0.4, 0.6 では、強度、せん断剛性ともに一体打ちとほぼ同じ性能を示した。 $\tan\theta$ が 0.8 より大きいと、圧縮破壊から打ち継ぎ面のずれ破壊に変わった。最大荷重は、 $\tan\theta$ が 0.8 の場合一体打ちとほぼ同じであり、1.0, 1.25 の場合には、それぞれ一体打ちの 68%、42%と低くなった。破壊面は後打ちコンクリート側であった。

タイプE: 小さいシアキーのこのタイプは、 $\tan\theta$ が 0.4, 0.8 では、強度、せん断剛性ともに一体打ちとほぼ同じ性能を示した。 $\tan\theta$ が 1.0 以上の供試体でも、最大荷重は一体打ちとほぼ同じとなったが、破壊はずれ破壊に変わった。加力終了後打ち継ぎ面を観察すると後打ちコンクリート側のシアキーのせん断破壊が見られた。

タイプF: 大きいシアキーのこのタイプは、 $\tan\theta$ が 0.4, 0.8, 1.0, 1.25 では、強度、せん断剛性

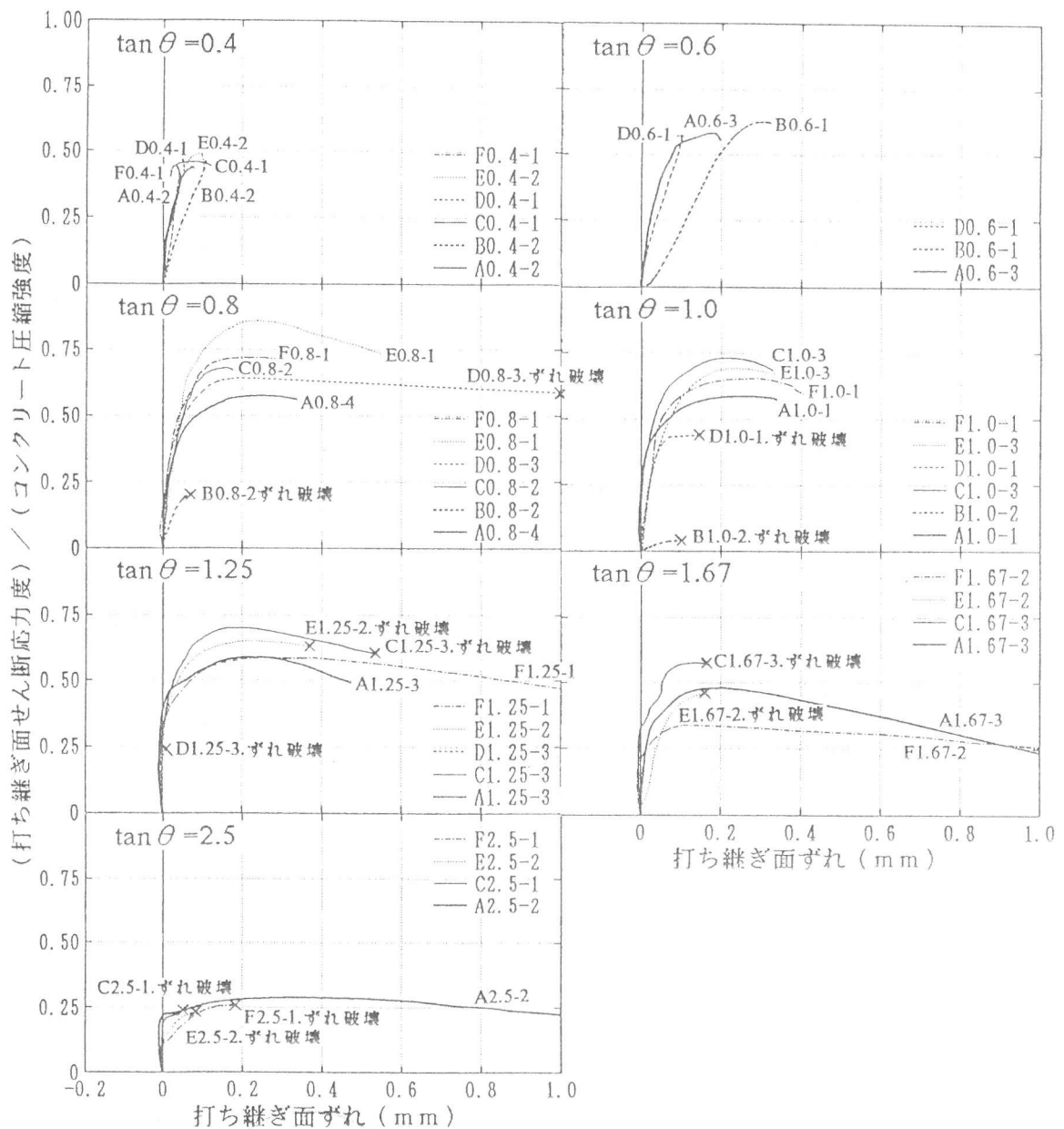


図4：打ち継ぎ面のせん断応力度とずれ変位の関係

くとも最大強度が一体打ちと同じになる時の $\tan\theta$ は、無処理で 0.6、はげびきで 1.67、ショットブラストで 0.8、2.8 mm のシアキーで 1.67、10 mm のシアキーで 1.25 となった。

5. 2 打ち継ぎ処理の影響

はげびき程度の処理でも、最大せん断力に対しては大きな効果が認められた。破壊モードをずれ破壊から圧縮破壊に移すためには、はげびきよりはシアキーを設けることがさらに有効であることが認められた。また、シアキーが小さいとシアキーが大きいものより高い強度が得られた。これは、シアキーが細かいために打ち継ぎ面での応力伝達がより均一になるためと考えられる。しかし、シアキーが小さいとずれ破壊が現れやすくなった。これは、シアキーが小さいとシアキ一部分に粗骨材が入らず、この結果、一旦破壊が始まるとせん断剛性が急激に劣化しずれ変形が支配的になりやすいものと考えられる。

5. 3 設計への応用と今後の研究課題

プレキャストコンクリートの接合部のディテールでは、部材内のコンクリート内に生ずる圧縮応力の向きと小さい角度で打ち継ぎ面が設けられる可能性があるため、ずれ破壊を防止するため打ち継ぎ面の応力伝達の検討を行う必要がある。その場合、打ち継ぎ面に作用するせん断力に対する強度設計でなく、圧縮応力と打ち継ぎ面の角度が、採用する打ち継ぎ面の処理方法によって決まるある値以上となるように制限する設計コンセプトが考えられる。本実験の結果によれば、この手法により一体打ちに近い性能の部材となることを保証する設計手法には充分可能性があるものと考えられる。今後は、繰り返し応力に対する検討と、部材実験によりこの設計コンセプトの実用性を確認することが必要であろう。

6. 結論

コンクリート打ち継ぎ面に種々の凹凸を設け、垂直応力を変えて、打ち継ぎ面の強度・せん断剛性・破壊モードのそれぞれの観点から一体打ちと同等になる応力条件を見出すことを目的として、合計61体の供試体の一面せん断・圧縮試験を行い、次の結論を得た。

- (1) 圧縮応力と打ち継ぎ面のなす角度が一定値以上となると、たとえ打ち継ぎ面が介在していても強度・せん断剛性・破壊モードのすべてについて、一体打ちと同じとなることが確認された。
- (2) 本報告の結果を利用して、プレキャストコンクリート接合部を打ち継ぎ面に作用するせん断力に対して強度で設計するのではなく、採用するそれぞれの打ち継ぎ面の処理方法に対して、圧縮応力と打ち継ぎ面の角度が一定値以上となるように制限する設計コンセプトを用いて、一体打ちに近い性能の部材となることを保証する設計手法は、充分可能性があるものと考えられる。

謝辞：本研究は、建設省建築研究所日米共同研究「プレキャストコンクリート造」の一部として実施された。

参考文献：

- [1] 後藤祐司・長滝重義：コンクリート接合部のせん断耐力に関する基礎研究、土木学会論文報告集第254号、pp. 95-106, 1976. 10,
- [2] 瀬古育二・山口温郎・自閑茂治：RCDコンクリートのせん断強度に関する実験的考察、コンクリート工学年次論文報告集 10-3, pp. 559-564, 1988.