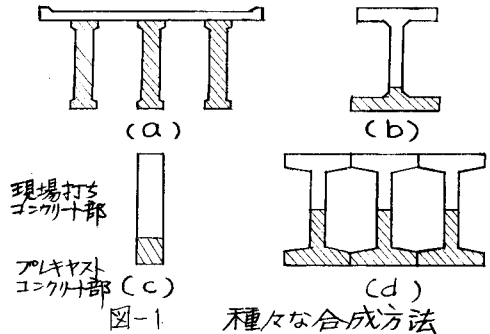


序 土木工事に於るプレキャスト部材の活用の一つに次の合成梁工法がある。これは図-1のa, b, c, dに示した如くプレキャストプレストレスト梁上部に新コンクリートを打設し、断面を増しプレキャスト部分と一体化せしめ、完成断面をつくるものである。クレーンによりプレキャストプレストレスト梁を支間に簡単に架設し、それを足場として上部コンクリートの打設作業を行う事が出来るので、支保工を極めて簡易化する事が出来る。これを全く必要としない場合も起り得る。その他架設地裏の交通流を全く妨げない利点があり、又或る場合には工事の繁雑さを少なくする事が出来て工期を短縮出来る事もある。

この種の合成方法を実施に移すには、先ず打ち継ぎ面に関して三つの技術的問題を明



らかにする必要がある。第1は上下に打ち継いで合成したコンクリート梁の水平打ち継ぎ面の静的剪断強度ならびに剪断疲労強度及びその補強方法である。それは鉛直荷重がかかる時、定着部を除く梁中間の水平打ち継ぎ面に主として働く力が剪断応力である事による。第2の問題は収縮差応力である。この種の合成部材に於ては梁の上下部でコンクリートの収縮率が異なるため一体化した後、上下部でクレープ量乾燥収縮量を異にする。その為互いに拘束しあって内部応力が発生する。第3の問題は打ち継ぎ後に再ストレッシングを行う場合、合成梁端部の強度補強方法である。打ち継いで完全な梁断面を作製した後、断面にさらにプレストレスを導入する場合、梁端にも水平な打ち継ぎ面があるのでこの梁端部水平打ち継ぎ面の割裂強度、そして剪断強度或いはこの両応力の組合せ作用に対する強度が問題となる。新旧コンクリートのヤング率が異なる場合には、このファクターも考慮に入れなければならない。この報告は以上の三つにつき行った基礎研究の結果をとりまとめたものである。

1. 水平打ち継ぎ面の剪断強度、剪断疲労強度

供試体は図-2に示す合成T型梁である。

さうエ部分の梁を作製し5日〜7日

養生した後プレストレスを導入した。次に打ち継ぎ面の表面処理を念に行なった後フランジ部のコンクリートをその上に打ち継いだ。この様にして作製した合成T型梁供試体20本の静的曲げ試験、7本の曲げ疲労試験より、次の事が認められた。打ち継ぎ面の剪断強度は、打ち継ぎ面の処理如何によって異なる。最も大切な事は、ブリージングによって生じた旧コンクリート上部の品質の悪くなった部分を完全に取除き打ち継ぎ面を充分清浄に

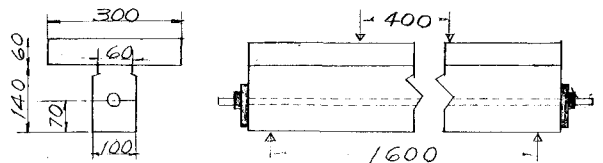


図-2 合成T型梁供試体

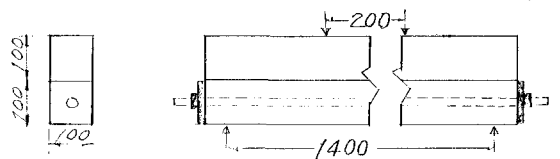


図-3 合成矩形梁供試体

する事である。この様な表面処理を入念に行つて打継いだ場合、打継面を特に凹凸にしなくても、そのコンクリートの引張強度程度の剪断強度と発揮させ得る事が明うめになった。(表-1参照) なお適当な方法で旧コンクリート打継面に粗骨材最大寸法の1/2程度の凹凸をつければ剪断強度を更に10%~20%増加させる効果のある事も認められた。これは粗骨材のれみあいの影響と考えられる。上記の凹凸をつけた場合、コンクリートの圧縮強度と剪断強度の関係はほぼ $\tau_u = 0.04 \sigma_c + 24$ (Kg/cm²) — (1)

$200 \text{ Kg/cm}^2 < \sigma_c < 500 \text{ Kg/cm}^2$ τ_u : 剪断強度
 σ_c : 圧縮強度 (上下部いずれか弱い方) で表わされる。(表-2参照) 入念に施工した場合には上記の強度を発揮させ得る

が、一層安全である様に、又急激な破壊を防止する為には、何等かの補強が必要である。このため最も実用的なスターラップの補強効果を検討した。(表-3参照)

この結果スターラップは梁の靱性を増すために非常に効果のある他、打継面の剪断強度を増すためにも非常に有効である事が認められた。スターラップで補強された打継面の剪断強度は、ほぼ次式で表わされる。

$$\tau_u = 0.04 \sigma_c + 16P + 24 \quad (\text{Kg/cm}^2) \quad (2)$$

τ_u : 剪断強度 σ_c : 圧縮強度

P : スターラップ量 (%)

水平打継ぎ面の繰返し応力に対する強度に関しては、静的試験に用いたものと全く同様の供試体をつくり同じ載荷方法で検討を行なつた。その結果、(表-4参照) 応力が交番しない場合に、繰返し荷重の上限値が静的剪断強度の60%程度ならば200万回の繰返しに充分な事が示された。上記の試験は、打継ぎ面と下断面のフランジとウェブとの接合面に設けた梁だけについて行ったものである。又曲げ破壊に先行して、剪断破壊をおこさせる様に打継ぎ部分で断面を縮小してもある。従つてこれらの実験結果が、直ちに他の打継ぎ位置の場合に適応出来るとは限らない。そこで、梁中立軸を含む中心面で打継いだ矩形の合成梁供試体(図-3参照)を作製し断面急変部以外の打継ぎ位置の場合について検討した。梁の作製方法中、載荷方法は丁型梁と同一にした。

表-1 打ち継ぎ面の表面処理の程度が剪断強度に与える影響

(1) 供試体番号	(2) 打ち継ぎ面の凹凸の程度	(3) せん断破壊面に於けるせん断荷重 (t)	(4) (3)の荷重に於けるせん断強度 τ_u (Kg/cm ²)	(5) せん断強度 τ_u (Kg/cm ²)	(6) コンクリートの圧縮強度 σ_c (Kg/cm ²)	(7) フランジ
C4	最大粗骨材寸法の1/2程度	7.00	0.091	42	485	468
C5	"	6.94	0.093	42	487	502
C1	最大粗骨材寸法の1/2程度	7.00	0.083	42	476	425
C2	"	6.45	0.031	39	480	435
C3	"	8.35	0.074	50	493	478
C6	凹凸無し、レタースペースを埋める	6.02	0.039	36	509	418
C7	"	258	0.288	15	482	416

I は全断面有効として算出

表-2 コンクリートの圧縮強度とせん断強度との関係

(1) 供試体番号	(2) 打ち継ぎ面の凹凸の程度	(3) せん断破壊面に於けるせん断荷重 (t)	(4) (3)の荷重に於けるせん断強度 τ_u (Kg/cm ²)	(5) τ_u (Kg/cm ²)	(6) コンクリートの圧縮強度 σ_c (Kg/cm ²)	(7) $\tau_u = 0.04 \sigma_c + 24$ τ_{uc}/τ_u
C8	最大粗骨材寸法の1/2程度	5.60	0.062	34	296	34
C9	"	6.96	0.056	42	379	324
C10	"	6.83	0.065	41	393	324
C1	"	7.00	0.053	42	476	425
C2	"	6.45	0.031	39	480	435
C3	"	8.35	0.074	50	493	478

表-3 スターラップによる補強効果

(1) 供試体番号	(2) スターラップの定着方法	(3) スターラップの使用量	(4) 表面処理の程度	(5) せん断破壊面に於けるせん断荷重 (t)	(6) (5)の荷重に於けるせん断強度 τ_u (Kg/cm ²)	(7) τ_u (Kg/cm ²)	(8) コンクリートの圧縮強度 σ_c (Kg/cm ²)	(9) $\tau_u = 0.04 \sigma_c + 16P + 24$ τ_{uc}/τ_u
R ₁	フック無し、異形鉄筋	1.2	粗骨材最大寸法の1/2程度	8.9	0.083	64	407	59
R ₂	"	1.2	"	10.4	0.106	82	409	60
R ₃	"	1.2	"	10.9	0.105	67	482	60
R ₄	"	0.6	"	9.3	0.062	56	526	62
R ₅	"	0.6	"	9.9	0.062	50	523	53
C ₁	スターラップ無し	0.0	"	7.0	0.053	42	476	41
C ₂	"	0.0	"	6.5	0.031	39	480	41
C ₃	"	0.0	"	8.4	0.074	50	493	43
R ₆	フック無し、定着長さ 5D、異形鉄筋	1.2	"	10.9	0.134	87	516	63
R ₇	フック無し、定着長さ 5D、異形鉄筋	1.2	"	9.0	0.103	54	518	505

(注) R₇の鉄筋は、その上にビニールを巻き、ガラスをぬり、コンクリートに付着をなくした。

これらの
実験結果
は表5に
示す様で
ある。こ
れらは斜

供試体 番号	打継面 の処理	破壊 荷重	破壊 様式	破壊時 の最大 変位	コンクリートの圧縮強度 下部	コンクリートの圧縮強度 上部
A1	1/4ス ペース 除去	9.25	斜列 破壊	25.4	419	444
A2	"	11.00	"	30.2	508	494
A3	"	11.05	"	30.3	449	447
A4	"	11.66	"	32.0	447	433

表-5 矩形梁曲げ試験結果

引張によって破壊しているため水平打継面の最終剪断強度は求められていない。表の値よりも大きいという事が言えるだけである。しかしこの値に対応するT型梁C6,C7の実験結果と較べる時、矩形梁の水平打継面の剪断強度がT型梁で求めた剪断強度より低いという事は無いと考えられる。したがって前に述べた(1)式、(2)式は上記の様打継位置の場合にも、ほぼ適用出来ると考えられた。

2. 収縮差応力 収縮差応力に関しては、従来から種々研究が行なわれ、理論的なアプローチがなされている。いずれも合成部に対になっているコントロール供試体によって、上部下部の収縮差を求め、その差にもとづいて、弾性理論から応力を計算するものである。この計算方法については、大別して拘束状態の考え方を要にする二種類の方法が提案されている。これらの計算に従う時断面の形状によっては、相当大きな引張応力を生ずる時もある。コンクリートは内部応力を緩和するのに優れた材料であり、この収縮差応力に対してもクリープ等により相当大きな減少効果を持つ事が予期されるが公表された研究でこれらのファクターを検討してあるものは殆んどない。それはこの場合、応力と直接供試体の歪から求められない事による。筆者は次の様な方法でこれらの内部応力を計る事を試みた。図-4に示す合成梁供試体の下部とモルタルとし、約90kg/m²のプレストレスを導入した。翌日φ25の鉄筋を二本配置して上部コンクリートをこれに打継ぎ最終断面を完成した。各打設の時合成梁該部と全く等しいコントロール供試体を三本づとり、一面を被覆して水蒸気防止全く合成梁該部と等しい条件で養生を行った。材令400mm上部、下部コントロール供試体の収縮差が300~350μmとなつたので合成梁接合部にあらかじめ入れあて溝を両面から圧縮し合成梁上部下部と切り離した。その後直ちに剥离された合成梁上部と下部の歪変化を測定したのである。これらの結果は図-5に示す様であるが、別々になつた上部、下部の供試体は材令とともに曲率を減じ、もとの如く直線になる傾向を持つがその大きな変化は一日で終り、その後はある曲率を保ったまま収縮してゆくか(下部供試体)そのまま一定で余り伸縮しない。(上部)

表-4 疲労試験結果

供試体 番号		載荷 方式	試験回数		試験時間	
			0~231	231~313	313~370	370~
CF1	載荷	0.4	0.4	0.4		
	下り荷重	3.5	4.5	5.5		
	f/fu	0.52	0.67	0.82	破壊	
CF2	載荷	0.309	309~401	401~451	451	
	下り荷重	0.4	0.4	0.4		
	上り荷重	4.5	5.0	5.5		
	f/fu	0.67	0.75	0.82	破壊	
RF1	載荷	0.236	236~264	264~310.3		
	下り荷重	1.2	1.2			
	上り荷重	6.0	7.0			
	f/fu	0.62	0.73	破壊		
RF2	載荷	0.140.8	140.8			
	下り荷重	1.2				
	上り荷重	6.0	鋼棒の破断で破壊			
	f/fu	0.62				
RF3	載荷	0.223	223~289.7	289.7		
	下り荷重	1.2	1.2			
	上り荷重	7.0	8.0			
	f/fu	0.73	0.83	破壊		
RF4	載荷	0.226	226~260			
	下り荷重	2.0	2.0			
	上り荷重	7.2	8.6			
	f/fu	0.60	0.71			

f: 上り荷重

f_u: 静的剪断強度

CF, RF: いずれの供試体打継面も縦骨材最大寸の1/2程度の凹凸がなされている。

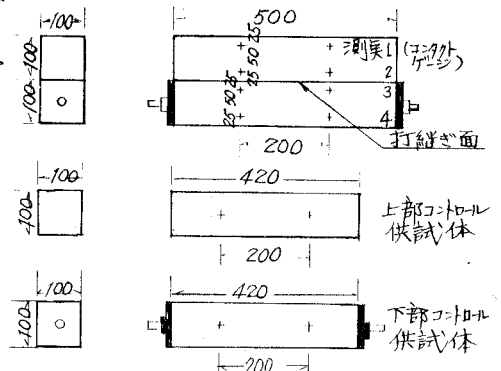


図-4 収縮差応力を測定した供試体

	供試体 1			供試体 2		
	理論値	変位1日間の歪	変位1日間の歪	理論値	変位1日間の歪	変位1日間の歪
曲率半径	388 ^m	289 ^m		388 ^m	307 ^m	
上部分	1	-5 [%]	-2 [%]	-6 [%]	-5 [%]	0 [%]
	2	+37	+9	+15	+37	+6
下部分	3	-26	-3	-11	-26	-8
	4	+24	-1	0	+24	+3

表-6 収縮差たカ

拘束解放直後の歪変化をもとにして計算した応力と解放後一日間の歪変化をもとにして計算した応力を表-6に示した。拘束を解放した後一日間かかって生じる歪変化が内部応力によるものかクリープ歪の回復が明らかでないがそれを内部応力とみて応力を算出してもその値は理論値よりかなり小さくその程度である。従って厳密な内部応力の計算は今の理論では不充分であり更に検討を要するが、内部応力の推定に当って充分安全な自守を与えるものである。収縮差によって生じる撓みは理論値よりかなり大きく充分注意する必要があると考えられる。筆者はこれらにつき更に検討中である。

ろ、合成桁端部水平打継部の強度、一般にPC桁端部では、プレストレス導入時に割裂応力のため軸方向のひびわれを発生しやすい。打継面の割裂強度、および筋断強度は単体としてのコンクリートよりも小さいので、水平打継面を持つPC桁端部で、過早に打継面にひびわれを生じるおそれがある。実際の合成桁端部の問題は三次元の問題であるが、実験では二次元の段階から始めた。

図-6に示す供試体を用い、梁中全体に荷重をかけたのである。その結果ヤング率が新旧コンクリートで等しい場合は、打継面があっても単体と同様に応力分布を考えられる事、プレストレス導入時の打継面に対する相対位置のうち打継面をクリティカルにするような範囲は割と狭い事等が明らかになっている。実用に供する合成梁では新旧コンクリートの品質が同じとは限らずむしろ異なる場合の方が多い。それでコンクリート品質の差異の影響を検討するためヤング率及び強度に大差あるコンクリートを用いて端部の供試体を作製し破壊試験を行っている。なおこの研究に対し、昭和41年度吉田研究奨励金を賜うことがここに感謝する次第である。

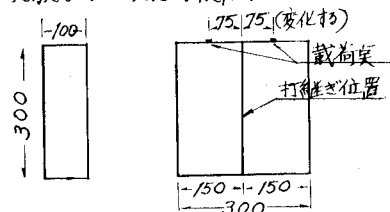
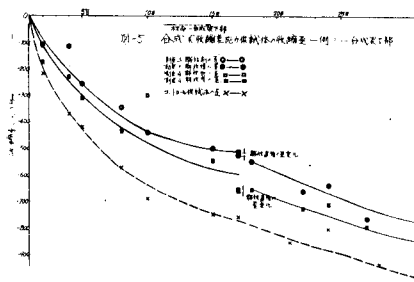
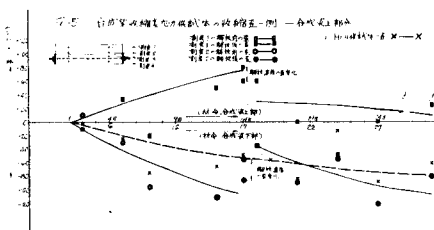


図-6 端部供試体の一例