

報告 梁部材に使用する打込み型枠の一体性に関する実験報告

小柳光生*¹・中根 淳*²・関根正孝*³

要旨：施工の省力化や環境保護の観点から梁用打込み薄肉プレキャスト型枠を開発し、既に実用化している¹⁾が、今回、構造体の一部とみなすことの出来る型枠を開発する目的で改良を行った。改良点は、調合の見直しや界面付着の改善である。本報告は、改良パネルの曲げ、圧縮強度試験や界面部の接着強度試験を行い、一体性や長期的な特性に優れていることを確認した。また、合成梁としての曲げ実験を行い、在来型一体打ち梁と同等以上の構造性能を有することが分かった。また梁の2時間耐火試験を行った。

キーワード：打込み型枠、一体性、曲げ強度、界面改善、耐火性能

1. はじめに

コンクリート工事の省力化を目的として、新素材を用いた薄肉プレキャストの折り曲げ型枠を梁用の打込み型枠工法として既に開発、報告し、既に多くの物件に適用した。¹⁾ この種の型枠は、現場での型枠材の加工・組立てや解体を極力少なくできる上に、薄肉材のため、軽量であり鉄筋工事との相互干渉も基本的に発生しないという特長をもつ。また、近年の熱帯雨林保護のための合板削減の動きにも有効であるため、数多く研究開発され、実施例も報告されている。

しかし、あくまで型枠扱いであればコストその他の面でやや不利である。高強度という特性を利用し、構造体のかぶりの一部とみなすことができればその価値は大きい。そこで、これまでの型枠工法に多少の改良を行い、後打ちコンクリートと一体化できる型枠兼用プレキャスト（以下プレキャストをPCと呼ぶ）工法を開発する目的で、各種の実験を行ったので報告する。

2. 型枠兼用PC工法の仕様

本型枠工法は、平らなベッド上で打込んだ高曲げ強度PC板を折り曲げることで形成される梁用型枠であり、梁寸法を自由に選定できる特長がある。このPC板の調合は表-1に示すが、これまでのモルタル¹⁾を改良して最大寸法15mmの小砂利を使用したコンクリート板（厚さ25mm）としている。PC板と後打ちコンクリートとの一体化はこれまで打上り面のまま（プレーン界面）であったが、改良として界面部への砂利散布（5kg/m²程度）による剪断キー方式を採用した。補強材はビニロン短繊維（30mm長）は従来通り用いるが、これまでのアラミド長繊維の代わりに安価なワイヤーメッシュ筋を下面より3mm前後に敷込む方式とした。ただし折り曲げ部は、繊維系コーナー補強材の他、

これまで同様にアラミド繊維も併用している。PC板断面状況を図-1に示す。

表-1 パネル調合表

単位：kg/m³

名 称	W/C	単位 水量	セメント 量	細骨 材	粗骨 材	収縮低 減材	ビニ ロン	高 性 能 AE減水剤
調合 A	29.0	269	928	689	346	8	26	25

*1 (株)大林組 技術研究所 建築第二研究室 主任 研究 員 工博（正会員）

*2 (株)大林組 技術研究所 建築第二研究室 室 長 （正会員）

*3 (株)大林組 技術研究所 構造第三研究室 副主任研究員 （正会員）

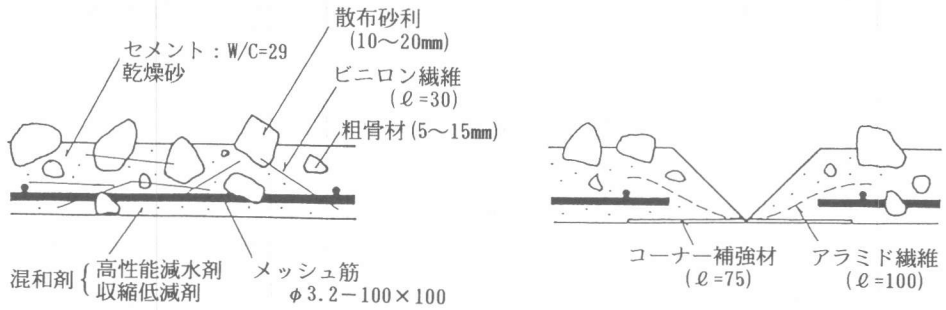


図-1 PC板断面の状況

3. PC板の力学特性

3. 1 基本的な考え方

打込みPC板は、型枠PC板としての有効な曲げ強度が確保されなければならない。それと同時に構造体の一部とみなす場合、構造体コンクリートと同等以上の強度を有すること、しかも長期的にも安定している必要がある。さらに構造上、一体化の役割を有することが確認されなければならない。ここでは、PC板の基本的な力学特性についての試験結果を示す。

3. 2 曲げ強度試験

調合は表-1であり、曲げ試験体寸法は、長さ 700mm、幅 100mm、厚25mmとし、メッシュ筋φ2.7-100×100をかぶり 3mm前後に配置した。試験材齢は、1週、4週、13週、26週とし、養生条件は、標準気中と外気暴露の2水準とした（1週までは標準気中養生）。フレッシュコンクリートの性状を表-2に示す。曲げ試験結果を図-2に示す。

この結果から材齢4週では、初期ひび割れ強度：80kgf/cm² 強を示し、最大曲げ強度：150kgf/cm²前後であった。また長期材令でも強度低下は小さくほぼ安定していることが確認された。

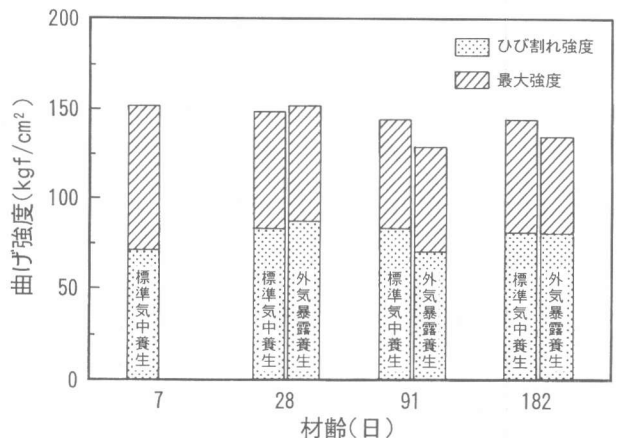


図-2 曲げ強度試験結果

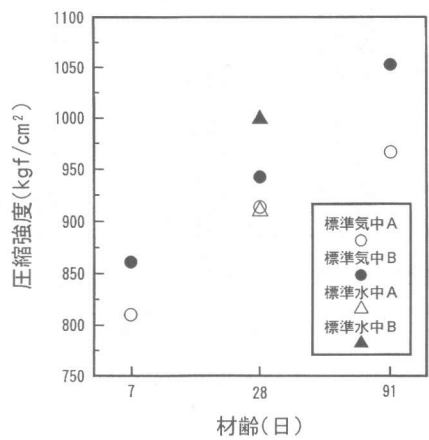
表-2 フレッシュコンクリートの性状

名 称	スラブラー (mm)	空 気 量 (%)	温 度 (℃)	単位重量 (kg/m ³)
調査 A	640×650	1.7	21.5	2,310

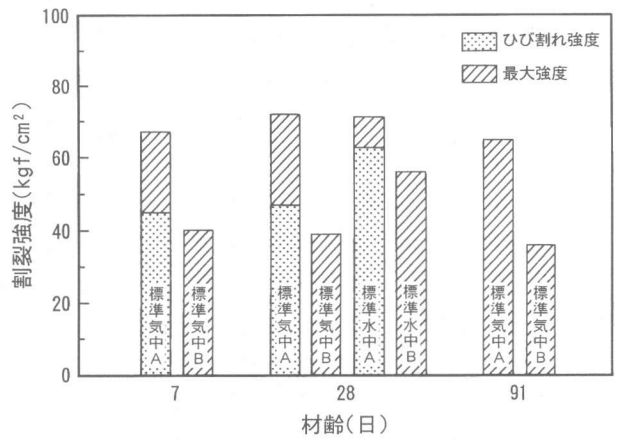
3. 3 圧縮強度および割裂強度試験

圧縮強度・割裂強度を調べるためのコンクリートは、表-1の調査（A調査）の他、参考に、ビニロン繊維を混入しないで他は同じという調査（B調査）についても比較した。圧縮強度、割裂強度のテストピースはそれぞれφ100×200、φ150×300であり、材齢と養生は、標準水中養生（4週、1年）、標準気中養生（1週、4週、13週、1年）の6水準である。圧縮強度、割裂強度の試験結果をそれぞれ図-3、4に示

す。材齢 1 年の結果はまだ得られていないが、A 調合の圧縮強度は 4 週で 900kgf/cm²以上を示し、現在のところ長期材齢（13 週）での強度も安定している。また A 調合の割裂強度は 4 週で 72kgf/cm² を示し、ビニロン混入の効果が確認された。



図－3 圧縮強度試験結果



図－4 割裂強度試験結果

* ひび割れ強度測定せず

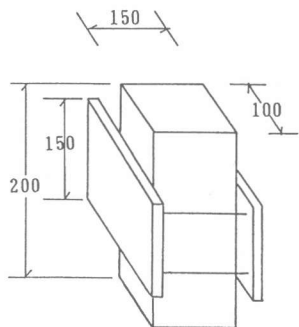
3. 4 界面の直接せん断試験

後打ちコンクリートとの一体化を図るため、界面は砂利散布によるコッター処理法を採用するが、この処理法の妥当性を調べるため、図－5 のような試験体を使って、押し抜き形式による 2 面せん断試験を行った。砂利は寸法 10～20mm のものを 1m² 当たり 5kg 程度散布した。

試験要因は、砂利の凹凸の効果を調べるため、剥離剤塗布の有無を要因とした。

P C コンクリートは表－1 の調合であり、後打ちコンクリートの調合は W/C=60%、スランプ 18cm とした（試験時の圧縮強度：390kgf/cm²）。試験結果を表－3 に示すが、この時の強度は界面部の全断面積（150cm²×2 面）を荷重で除して算出した。この表から、剥離剤を塗布しないタイプは平均 20.9kgf/cm²，塗布した場合でも平均 14.1kgf/cm² のせん断強度（初期剥離）であった。

表－3 界面のせん断強度試験結果



図－5 試験体の状況

試験体 シリーズ	剥離剤 の有無	初期剥離強度 (kgf/cm ²)		最大せん断強度 (kgf/cm ²)	
			平均値		平均値
No. 1	無	15.6	20.9	18.4	23.0
		18.9		22.2	
		28.3		28.3	
No. 2	有	16.0	14.1	18.6	15.8
		17.9		17.9	
		8.4		10.8	

3. 5 界面の接着強度試験

建研式接着試験法を用いて、界面処理の違いによる接着強度を調べた。界面の要因は①プレーン②砂利散布（粒径10～15mm）③砂利散布（粒径5～15mm）の3要因とした。試験方法はP C板製作3週後にコンクリートを打込み、所定の養生を行い、接着強度試験を行った（試験片寸法：4cm×4cm）。養生は、湿潤養生、気中養生および気中養生後に強制乾燥（100℃、1日間）の3要因とした。養生期間4週での試験結果を図-6に示す。この結果から、強制乾燥を行うと、①プレーンの場合、コンクリートの乾燥収縮に伴う肌分かれ現象を起こし、接着強度はゼロに近いが砂利散布の場合、いずれも平均10kgf/cm²以上の接着強度を確保できることが確認され、砂利散布の効果が認められた。

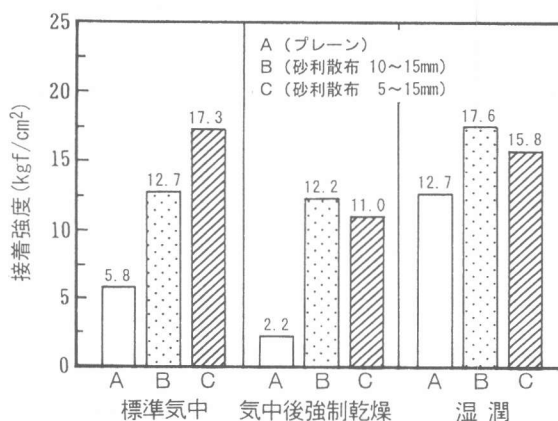


図-6 接着強度試験結果

表-4 引抜き強度試験結果

要 因		材 齢 1 週		材 齢 4 週	
		引抜き強度 (kgf/本)	平 均 値	引抜き強度 (kgf/本)	平均値
調査 A	1	980	880	910	980
	2	950		1000	
	3	750		1040	
調査 B	1	720	790	1080	870
	2	860		740	
	3	790		790	
調査 C	1	520	480	580	590
	2	460		710	
	3	460		480	

3. 6 セパレータ引抜き強度

セパレータは埋込みタイプ（レジコン Z）を基本仕様としており、この時の引抜き強度試験結果を示す。調査は表-1をベースとして、ビニロン繊維の効果を調べるため、ビニロン繊維容積比2%（調査A）、1%（調査B）、0%（調査C）とした。試験結果を表-4に示す。材齢1週で、容積比2%、1%それぞれ880、790kgf/本を示しており、設計引抜き強度（350kgf/本）の2倍以上の安全率を有していた。一方、ビニロン繊維を混入しない場合、引抜き強度は480kgf/本と低かった。

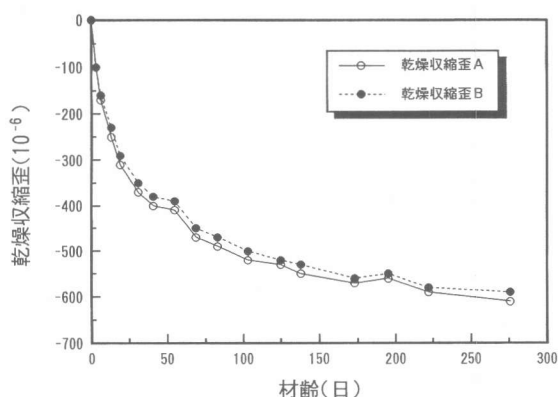


図-7 乾燥収縮試験結果

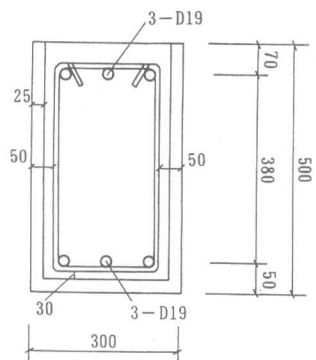
4. P C板の物理的特性

P C板の耐久性能を調べるため、中性化促進試験（CO₂濃度5%、湿度50%、温度30℃）を行った。現在、6か月の試験期間でも中性化はゼロであり、耐久性能に優れたP C板であることが確認された。またP C板の乾燥収縮変形を調べるため、寸法100×100×400の試験体を打込み初期養生（温度40℃、湿度90%R.H、10時間）

の後、冷却して材齢1日で直ちに標点を張り、原点として歪みを計測した。試験室は恒温恒湿室で気中養生とし、コンクリートの調合は表－1（調合A）の他、ビニロン無し（調合B）も参考に比較した。試験結果を図－7に示す。

5. 耐火試験の結果

建材試験センターで合成梁の2時間耐火試験を行った。梁試験体の断面を図－8に示す。梁底のストラップ筋までの被りはP C板の外表面から30mmとしている。試験結果を表－5に示すが、鋼材の最高温度は規定値以内であり、耐火上、有害な変形、脱落なども生じなかった。



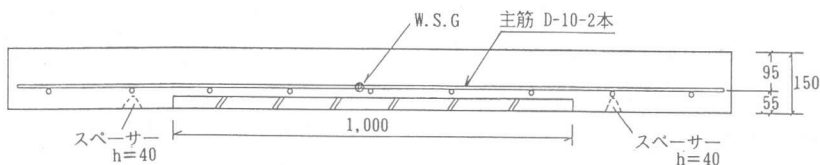
図－8 耐火試験用梁断面

表－5 耐火試験結果

試 験 体	A	B
加 熱 時 間	120 分	120 分
鋼 材 最 高 温 度 (規定値 500℃)	456 ℃ (144 分)	457 ℃ (147 分)
変 形 ・ 破 壊 脱 落 ・ 割 れ 目 等	P C パネル表面に、部分的な表層剥離が生じていたが、耐火上有害な変形破壊、脱落、割れ目等は認められなかった。	
〈参考〉 ストラップ筋最高温度	480 ℃ (135 分)	494 ℃ (134 分)

6. 合成梁としての曲げ実験

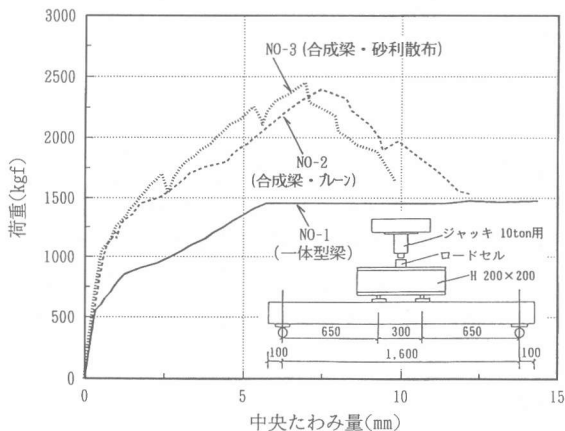
P C板を接着させた合成梁が、在来の一体型梁と比較しても同等以上の曲げ性能を有することを確認するため、梁底および梁側面にP C板を張り付けて曲げ実験を行った。



図－9 試験体の平面および側面図

6. 1 梁底接着P C板曲げ実験

P C板を接着させた曲げ試験体は厚15cm、幅20cm、長さ180cmとし、P C板（長さ100cm）を中央付近に敷き込んでいる。その状況を図－9に示す。この時、P C板界面は、本仕様の砂利散布（No.3）の他、プレーン（砂利散布無し）の試験（No.2）も行った。単純支持による2点加力を行い、その荷重～たわみ曲線を図－10に示す。界面がプレーンタイプの場合でも合成梁の方が曲げ剛性、最大荷重ともに上回っており、在来の一体型梁



図－10 荷重～たわみ曲線

(No.1)と同等以上の曲げ性能を有することを確認した。またひび割れ状況を図-11に示すが、ひび割れ分散も良くプレーンタイプでも剥離の様子はまったく認められなかった。

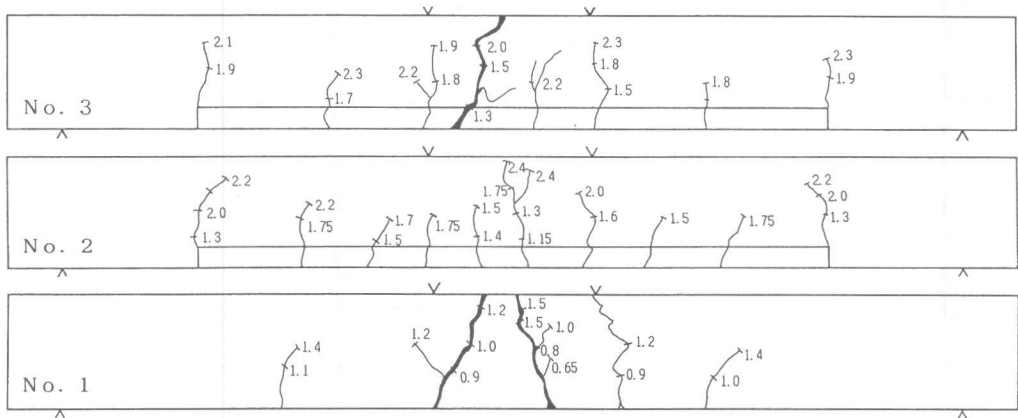


図-11 ひび割れの状況

6. 2 梁側面接着PC板曲げ実験

梁底と同様に、PC板（長さ100cm）を中央部の両側面に接着した曲げ実験を行った。試験体の要因、寸法や加力方法などは、梁底実験と全く同一である。荷重～たわみ曲線を図-12に示すが、梁底実験の場合と同様、在来の一体型梁と同等以上の曲げ性能を有していた。曲げ実験では界面がプレーンのPC板も合成梁として有効であったが、長期間の乾燥収縮などによる肌分かれの恐れを考慮して、砂利散布によるコッター処理法は必要であると判断する。

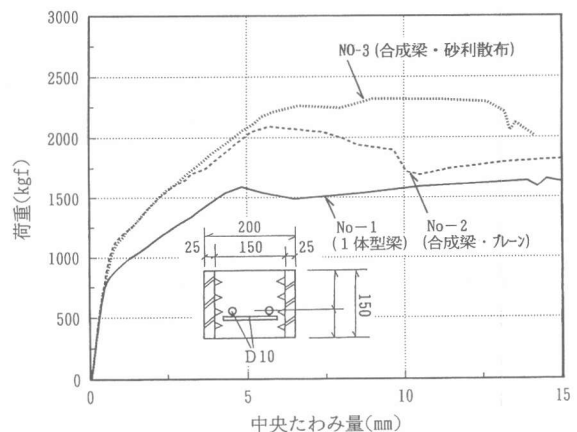


図-12 荷重～たわみ曲線

7. まとめ

梁を対象にした打込みプレキャストコンクリート型枠を開発し、単なる型枠ではなく、構造体の一部として評価できるPC板の可能性を検討した。PC板性能試験として、曲げ強度、圧縮強度、接着強度などの基本特性試験を把握するとともに、合成単純支持梁としての曲げ実験を行い、今回の仕様が一体化に有効であることを確認した。また、表面からの中性化を防止できるため、高耐久性能も有している。被りの一部として評価した梁の2時間耐火性能試験にも合格した。

参考文献

- 1) 小柳光生ほか：薄肉PCa 折り曲げ型枠工法の開発、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.14 No.1、pp.137-142、1992