

VI-237

吹付け技術を用いたプレキャスト型枠の製造技術の開発

青木建設 研究所	正会員	谷口 秀明
東急建設 技術研究所	正会員	前田 強司
青木建設 研究所	正会員	牛島 栄
東急建設 技術研究所	正会員	佐藤 務
東急建設 技術研究所	正会員	西岡 哲

1. 研究開発の背景

近年、コンクリート工事では熟練労働者の不足や建設労働者の高齢化が深刻化しており、施工の省人化、苦渋作業からの開放あるいは施工の安全性の確保などが望まれる。一方、大量に使用・消耗する合板型枠は結果的に南洋材の大量伐採を招くことから、地球環境を保護する上で問題視されている。これらを解決すべく、さまざまなプレキャスト（以下、PCaと記す。）型枠が開発・使用されている。しかし、この工法は現場打ち工法に比べると、①工場から現場までの運搬費がかかる、②道路事情・道交法によって版の寸法に制限を受け、特に奥地の現場に運ぶことは困難である、③不定形の製品が多いと極めてコスト高になる、などの欠点がある。

そこで、筆者らは成形の自由度が高く、現場でも製造しやすい吹付け技術を利用したPCa型枠の製造技術の研究開発を開始した。ここでは、本技術の特徴とこれまでの実験の概略を述べる。

2. 開発技術の特徴

研究開発の対象は、図-1のように鋼製などの受け型枠にコンクリート（モルタルを含む。）を吹き付け、コンクリートが硬化後に受け型枠を脱型してPCa型枠を製造する技術である。使用する機器類は、現場までの運搬や調達が可能であり、現場周辺でPCa型枠の製造が可能となる。混和材や短繊維をコンクリート中に混合すれば、高強度化、薄肉による軽量化あるいは収縮ひび割れの抑制を図れ、さらに表層と基層の材料の変更によって低コスト化も期待できる。また、曲面等の形状の製作や組立て時の寸法調整が自由であること、あるいは立てた状態で製造・養生することで作業スペースを縮小できる、といった特長も有する。

一方、使用する吹付けコンクリートには、①コンクリートの自重と吹付け時の衝撃に耐え得る受け型枠との付着性及び形状保持性、②コンクリートの衝突エネルギーの吸収性、③すでに吹き付けられたコンクリートとの一体性、などの性能が要求される。これらの要求性能に対し、コンク

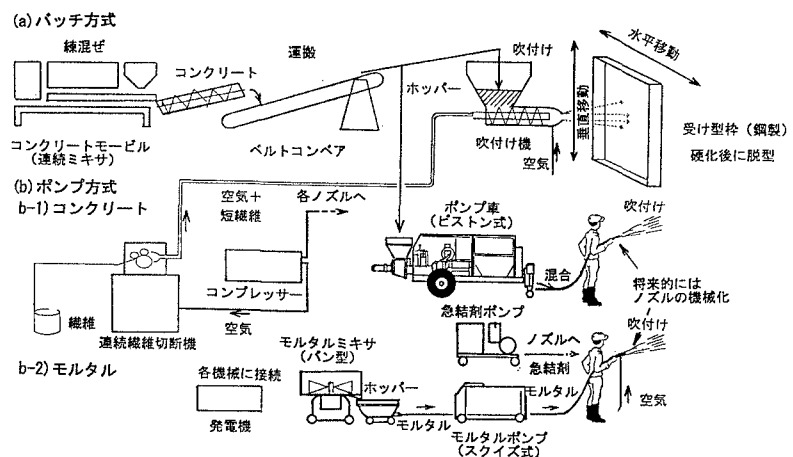


図-1 吹付け技術を用いたプレキャスト型枠の製造システム

キーワード：吹付け、プレキャスト型枠、省力化

連絡先：青木建設 研究所 材料研究室（〒300-26 つくば市要36-1 Tel. 0298-77-1114, Fax. -1137）

東急建設技術研究所土木材料研究室（〒229 相模原市田名字曾根下3062-1 Tel. 0427-9534, Fax. -9503）

リートの使用材料、配合及び流動性状は経験的には判断されているが、それらの条件は機械の性能や吹付け距離等の施工方法によって異なることから、本技術の研究開発に当たっては総合的な見直しが必要である。

また、吹付け工法はその性質から広く薄く施工することに適しているため、本技術を用いて製造するPCa型枠は基本的に版厚が薄く、版の寸法の大きい方が有利である。しかし、あまり薄くし過ぎると、高強度化のための材料を使用しなければならないので、厚さとしては5cmを基本とした。なお、海岸地区などの高耐久性を重視する用途を除き、一般的な材料を用いたモルタルもしくは最大粒径10mm程度のコンクリートを吹付け材料とした。

表-1 吹付けコンクリートの使用材料及び配合

No	W/P (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)					SPA, SP (Px Wt%)	SA (Px Wt%)	BP, CE (kg/m³)
				W	P		S	G			
					C	LF					
1	32	42	67	189	450	150	1038	527	SPA1.0	0	BP 0.3
2	46	46	65	185	400	0	1124	636	SP 0.6	7.0	CE 0.4

W:水, C:普通ポルトランドセメント(比重3.16), LF:石灰石微粉末(比重2.70)
S:陸砂(比重2.57), G:粒度調整骨材6号(比重2.70, 10mmでふるったもの)
SPA:高性能AE減水剤(ネリカルン酸系), SP:高性能減水剤(ネリカルン酸系)
SA:液体急結剤(水溶性7Mニガム塩), BP:多糖類系増粘剤, CE:セルロース系増粘剤

3. 吹付け方式の検討

(1) バッチ方式による吹付け

図-1(a)に示すように、スクリュウによってコンクリートをノズルまで送った後、圧送空気で吹き付ける方式で吹付け実験を行った。コンクリートの使用材料と代表的な

配合は、表-1(配合No. 1)の通りである。この実験では、急結剤を使用せずにコンクリートの粘性のみで受け型枠に付着させること試みた。また、スランプの値が2~24cmの広い範囲のコンクリートを使用し、受け型枠への付着状況を確認した。

振動機や掻き上げ羽根の取付け、ノズルの変更などの対策を講じたが、結果的には吹付けの脈動や材料の跳ね返りは低減できなかった。この原因として、空気のノズルからホッパーへの逆流や材料と空気の混合状態の不均一などが考えられた。ただし、この吹付け方式の場合にはスランプ24cmの高い流動性を持ったコンクリートであっても、厚さ約20cmまで形状を保持できることが確認された。

(2) ポンプ方式による吹付け

図-1 b-1)のようにピストン式ポンプ車を用いた吹付け実験を実施した。受け型枠が小さいことからコンクリートの吐出量は最小設定の7m³/hrにした。また、実験にはアルカリフリーの液体急結剤を使用した配合(表-1 配合No. 2)のコンクリートを使用し、スランプを12cmとした。実験結果では、急結剤を5%使用した時のリバウンド率は13%と一般的な吹付け結果に比べてかなり小さく、使用量を増加することによって10%以下も可能であった。また、リバウンド率には吹付け距離や空気圧送量に最適な値があり、今回の実験ではそれぞれ120cm, 8m³/分が最小値になった。急結剤の使用量が約5%以下であれば、しばらくの間はコテ均しも可能であった。しかし、配筋を施した試験体(900×1800×150mm)に吹き付けると、鉄筋背後に砂分の筋が、また型枠底部にリバウンドした骨材によるジャンカが生じ、今後の対策を講じる必要がある。

型枠寸法や現場スペースなどが比較的小規模な工事を考え、モルタルを用いた吹付けを検討した。この場合には、図-1 b-2)のように汎用的なモルタル用のスクイズ式ポンプや吹付け機などを使用した。吹付け量としては1m³/h程度の製造は可能であった。実験には配合比率W:C:S=0.35~0.45:1:1.5~2.0のモルタルを用いたが、汎用機械を使用する場合にはミキサ練混ぜ能力及びポンプ圧送能力の問題から、水セメント比に限界があることがわかった。

4. まとめ

吹付けによってPCa型枠を製造する技術は、ポンプ方式でモルタルもしくはコンクリートを吹き付けることによって可能であることがわかった。また、アルカリフリーの液体急結剤の使用量を調整することで、リバウンド低減やコテ均しを行うことができる。今後、製造した型枠の物性の確認、溶接金網などの設置方法あるいは型枠の施工方法などを検討する予定である。なお、将来的には、吹付け作業はノズルマンの能力差の影響を受けないように機械化・自動化を進める。

謝辞：共同研究開発会社である㈱上田商会、吹付け実験にご協力いただいた㈱J-fec社長 山代育民氏、さらに研究開発に関してご助言いただいた筑波大学教授 山本泰彦氏に深く感謝致します。