

報告 コンクリートバケットによる打込み方法を変えた独立柱の施工

中田 善久*1・毛見 虎雄*2

要旨: 本報告は、コンクリートバケットによる独立柱の施工に伴い、コンクリートバケットの排出口から先端までの配管方法においてコンクリートの閉塞防止ならびに脱型後の表面気泡面積率を低減させるために、コンクリートポンプ用配管を用いた6種類の打込み方法による独立柱の施工結果について述べたものである。ここでは、6種類の配管方法におけるコンクリートバケットによる打込み速度および脱型後の表面気泡面積率からコンクリートバケットの排出口からテーパ管を用いて絞る配管方法はコンクリートの落下の衝撃および型枠の振動を低減につながることを明らかにした。

キーワード: コンクリートバケット, 打込み方法, 独立柱, 打込み速度, 配管方法

1. はじめに

近年、コンクリートの打込み方法として、コンクリートポンプ工法が定着しているが、打込み箇所ならびに工法によっては、打込みの準備の方に多大な労力がかかることから、コンクリートバケットを用いることがある。このコンクリートバケットは、JASS 5¹⁾の中でバケット内の静置時間による水や粗骨材の分離に関する記述のみであり、既往の研究においてもこの技術に関する定性的なテクニックはあるものの不明確な部分が多い。高層RCの施工報告^{2)~5)}などをみるとコンクリートバケットによる打込みを行ったことは述べているが、コンクリートバケットの排出口からどのようにして打込んでいるか述べられていない。独立柱のように、打込み高さが高くなると、一般的に、コンクリートバケットの排出口からサニーホースを柱底部まで落とし込み、コンクリートを打込んでいるようである。しかし、このような方法は、サニーホースがコンクリート内に埋まると閉塞しやすく、サニーホースがコンクリートヘッドより高くなると巻込み空気の量が多くなる可能性があり、従来からいわれているコンクリートの品質

確保の上からバケット工法を見直す必要がある。

そこで、本報告は、コンクリートバケットによる独立柱の施工に伴い、コンクリートバケットの排出口から先端までの配管方法においてコンクリートの閉塞防止ならびに脱型後の表面気泡面積率を低減させるために、コンクリートポンプ用配管を用いた6種類の打込み方法による独立柱の施工結果について述べたものである。ここでは、6種類の配管方法におけるコンクリートバケットによる打込み速度および脱型後の表面気泡面積率を調べ、コンクリートバケットの排出口から先端までの配管方法について一考察を述べている。

2. 本報告で取扱うコンクリートバケット

コンクリートバケットの概略図を図-1に示す。一般的に、コンクリートバケット⁶⁾は、コンクリートをバケットに受けこれをクレーンなどの手段により打込み箇所に運搬するもので、その形状は材料の付着や排出時の材料分離を少なくするために円筒形でかつ、排出口が中央真下にある。このコンクリートバケットは、鋼製

*1 ものつくり大学講師 技能工芸学部建設技能工芸学科 工博(正会員)

*2 足利工業大学教授 工学部建築学科 工博(正会員)

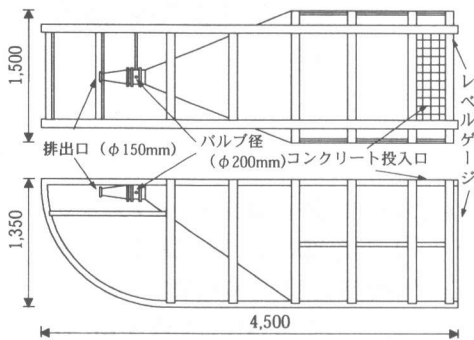


図-1 コンクリートバケットの概略図

表-1 コンクリートの使用材料

生コン工場	普通ポルトランドセメント	細骨材	粗骨材
A	密度 3.16g/cm ³ 比表面積 3,260cm ² /g	君津産 表乾比重2.61 粗粒率2.65	鳥形山産砕石 表乾比重2.71 実積率61.0%
B	密度 3.15g/cm ³ 比表面積 3,320cm ² /g	君津産陸砂：鳥形山産砕砂=6:4混合 表乾比重2.62 粗粒率2.62	鳥形山産砕石 表乾比重2.70 実積率59.5%
C	密度 3.15g/cm ³ 比表面積 3,290cm ² /g	市原産細砂：八戸産砕砂=8:2混合 表乾比重2.60 粗粒率2.55	八戸産砕石：鳥形山産砕石=7:3混合 表乾比重2.69 実積率61.0%

で容量2.5m³、質量約1 tであり、コンクリートの排出口が6インチ(φ150mm)となっている。また、バケットの横にレベルゲージがついており、ここで投入したコンクリートの量が確認できるようにになっている。

3. 独立柱の施工概要

(1)コンクリートの使用材料および割合

コンクリートは、設計図書に基づき3工場から呼び強度35、スランプ18cmのものを用いた。このコンクリートの使用材料を表-1に示し、コンクリートの割合を表-2に示す。

(2)独立柱の概要およびコンクリートの品質管理

独立柱の概要および測定した独立柱を表-3に示す。独立柱の形状は、大断面の3タイプである。コンクリートの品質管理は、打設日ごとあるいは100m³ごとに検査ロットを1ロットとして、適当な間隔をおいた3台の運搬車から1

表-2 コンクリートの割合

生コン工場	呼び強度	スランプ(cm)	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				
				W	C	S	G	AE減水剤
A	35	18	44.4	180	405	726	1,000	4.33
B	35	18	43.5	181	416	421 ^{*1} 290	999	4.16
C	35	18	44.2	182	412	676	719 ^{*2} 303	4.37

※1；上段君津産陸砂，下段鳥形山砕砂

※2；上段八戸産砕石，下段鳥形山産砕石

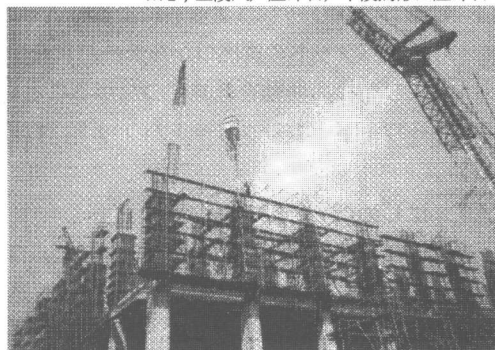


写真-1 コンクリートバケットによる独立柱の施工状況

個ずつ採取した合計3個の供試体採取して試験を行った。試験内容は、スランプ試験(JISA 1101)、空気量試験(JISA 1128)およびによる圧縮強度試験(JASS 5T-603)とした。生コン工場から現場までのコンクリートの運搬時間は、約20～30分であった。この独立柱に用いたコンクリートの使用量は、延べ2,152.5m³であり、コンクリートの品質管理の検査ロット数は延べ33ロットであった。コンクリートの打込みは、平成10年1月～7月に行った。

(3)バケットの排出口から先端までの配管方法および独立柱の打込み方法

コンクリートの打込み高さは、独立柱の主筋の継手の位置が独立柱のコンクリート天端より約3m上部に位置し、この付近にコンクリートバケットの排出口が位置するために、排出口から先端までの配管長さは独立柱の高さより3m程度長くなった。コンクリートバケットはコンクリートをレベルゲージから目視により約2.5m³投入し、クローラクレーンを用いて運搬

表-3 独立柱の概要および測定した独立柱

独立柱の概要				フレッシュコンクリート			測定した独立柱							
種類	形状 (mm)	配筋	本数	使用量 (m ³)	検査ロット数*			配管方法						
					A	B	C	①	②	③	④	⑤	⑥	計
(a)	1,100 × 1,100 × 6,700	主筋：20-D38 フープ筋：D16-@100	115	1,114.5	-	8	9	3	4	2	8	-	-	17
(b)	1,000 × 1,000 × 4,350	主筋：20-D38 フープ筋：D13-@100	115	513.0	-	8	-	-	-	-	-	2	6	8
(c)	1,000 × 1,000 × 4,300	主筋：20-D38 フープ筋：D13-@100	115	525.0	5	3	-	-	-	-	-	-	8	8

※A,B,Cは生コン工場を示す

表-4 コンクリートバケットの排出口から先端までの配管方法

配管方法 No.	コンクリートバケットの排出口（6インチ）から先端までの配管方法
①	トランスファホース(6インチ)3m ⇒ テーパ管(6→5インチ)0.5m ⇒ 配管(5インチ)3m×2
②	トランスファホース(6インチ)3m ⇒ テーパ管(6→5インチ)0.5m ⇒ テーパ管(5→4インチ)1.5m ⇒ 配管(4インチ)3m×2
③	テーパ管(6→5インチ)0.5m ⇒ トランスファホース(5インチ)3m ⇒ 配管(5インチ)3m×2
④	テーパ管(6→5インチ)0.5m ⇒ トランスファホース(5インチ)3m ⇒ テーパ管(5→4インチ)1.5m ⇒ 配管(4インチ)3m×2
⑤	テーパ管(6→5インチ)0.5m ⇒ トランスファホース(5インチ)3m ⇒ 配管(5インチ)3m
⑥	テーパ管(6→5インチ)0.5m ⇒ トランスファホース(5インチ)3m ⇒ テーパ管(5→4インチ)1.5m ⇒ 配管(4インチ)3m

した（写真-1参照）。コンクリートの打込みは、配管を独立柱中央に柱底部まで差込んだ後、バルブを開きコンクリートヘッドとともにコンクリートバケットを徐々にあげていった。ここで、配管先端部分はコンクリート内に50～100cm挿入した状態とした。また、独立柱の打設高さは最高2.5mとし、側圧がかからないように数本の独立柱を打ち回しながら施工した。この打込みに対してφ50mmの棒状高周波パイプレータを2本用いて締固めを行った。締固めは、50mmの棒状高周波パイプレータを高さ方向0.5mごとに各15秒程度1回行うようにし、柱の隅部（4箇所）に対して行った。

コンクリートバケットの排出口（φ150mm）から先端までの配管方法を表-4に示す。ここでは、独立柱のタイプごとに打込高さが異なる6種類のコンクリートバケットの排出口から先端までの配管方法によりコンクリートを打込んだ。また、コンクリートバケットの排出口から先端までの配管を接続するとき排出口から約700mmの位置にフレームがあるので、この位置にトランスファホースを取付けるとこの部分に変形するため配管を接続した状態でコンクリートバケットを横倒すことができる。また、独立

柱の高さにより配管長さを変化させたため、配管方法⑤および⑥は他に比べ短くなっている。さらに、先端部分のコンクリート配管に円形の鉄板を配管ジョイントに半円状部分のみ溶接したものをを用いて配管を挿入とぎに取り外し、コンクリート漏れ止めとした。

(4)コンクリートバケットによる打込み速度の測定方法

コンクリートバケットによる打込み速度を測定した独立柱を表-3に示す。本報告で取扱うコンクリートバケットによる打込み速度は、目視によりコンクリートバケットにコンクリートを約2.5m³積載し、バルブを開いてからコンクリートを全て打込んだときの時間を測定し、バケット内のコンクリート量(2.5m³一定)をこの値で除した値とした。ここでは、コンクリートをバケットに積載する時間およびバケットを打込み部材まで運搬する時間を除外している。また、コンクリートの品質管理を行ったものは、コンクリートバケットによる打込み速度を測定したものと同一である。

(5)脱型後の表面気泡面積率の測定方法

脱型後の表面気泡面積率を測定した独立柱を表-3に示す。脱型後の表面気泡面積率は、独

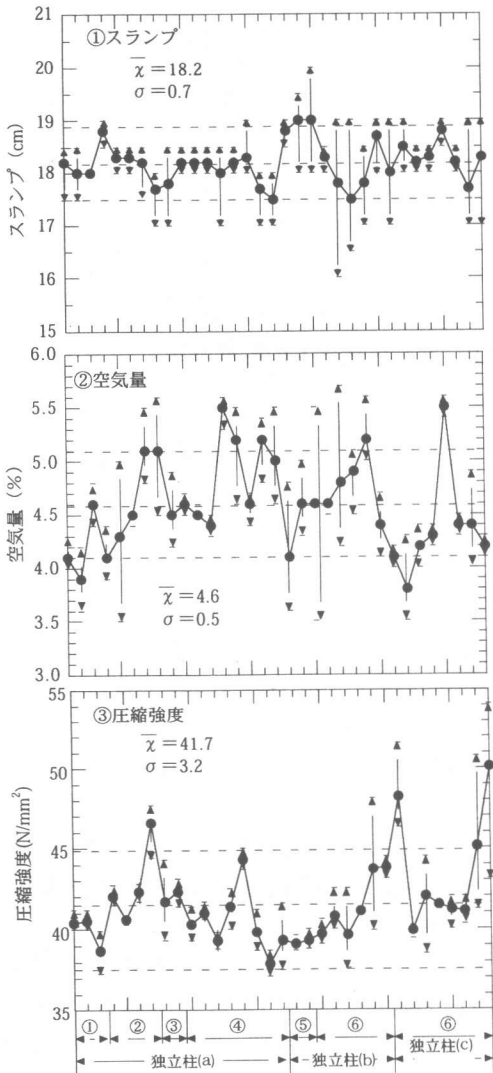


図-2 コンクリートの品質管理結果

立柱の仕上がり程度を評価するために、独立柱の任意の一面の中央とし打込みの影響が大きいと考えられる独立柱の下部 300mm のところに目視により薄紙A4(210×297mm)に気泡をトレースし、画像解析によりその面積率を求めた。

4. 結果および考察

(1)コンクリートの品質管理結果

コンクリートの品質管理結果を図-2に示す。スランプは、全てのロットとも管理目標値である $18 \pm 2.5\text{cm}$ を満足しており、このばらつ

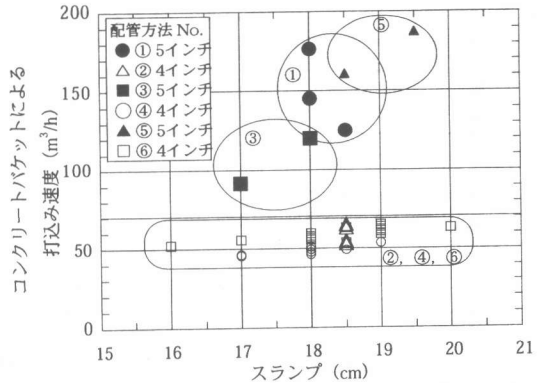


図-3 スランプとコンクリートバケットによる打込み速度の関係

きは小さかった。このスランプの値は、コンクリートの打込み速度に影響を及ぼすものと考えられる。

空気量は、スランプに比べばらつきが大きかったものの、全てのロットとも管理目標である $4.5 \pm 1.5\%$ を満足していた。この空気量は、締固めを同一条件でφ50mmの棒状高周波パイプレータを2本用いて行なっているため、この範囲のばらつきであれば脱型後の表面気泡面積率に影響がないと考えられる。

圧縮強度は、ばらつきが大きいものの呼び強度を満足していた。このばらつきの原因は、生コン工場が異なること、打設時期(施工期間約8ヶ月)が異なることおよび天候・気温が異なることがあげられる。

(2)コンクリートバケットによる打込み速度

スランプとコンクリートバケットによる打込み速度の関係を図-3に示す。コンクリートバケットによる打込み速度は、コンクリートバケットの排出口から先端までの配管方法により大きく異なることを示している。コンクリートバケットの排出口から先端までの配管径5インチのとき、コンクリートバケットによる打込み速度が $70\text{m}^3/\text{h}$ 以上であり、配管径4インチのとき、コンクリートバケットによる打込み速度が $70\text{m}^3/\text{h}$ 以下であった。これは、コンクリートバケットの排出口から先端までの配管方法におけ

るテーパ管を用いた絞り方が大きな原因と考えられる。コンクリートバケットの排出口から先端までの配管方法におけるテーパ管を用いた絞り方として、コンクリートバケットの排出口（6インチ）から配管径5インチに絞った場合より配管径4インチまで絞った場合の方がテーパ管を設けたことによりコンクリートの自由落下速度をコントロールできることができたと考える。コンクリートの打込み状況は、コンクリートバケットの排出口（6インチ）から配管径5インチに絞った場合、型枠の振動およびコンクリート落下の衝撃が大きかったが、配管径4インチに絞った場合、型枠の振動およびコンクリート落下の衝撃を低減できていることが観察できた。このことから、一般的に、コンクリートバケットの排出口（6インチ）から直接サニーホースをつなげて打込んでいるとき、サニーホース内の空気が巻き込まれるため、配管径5インチに絞った場合と同様に、コンクリートバケットによる打込み速度が速くなっていると推測できる。また、配管径4インチに絞った場合は、一般的なコンクリートのポンプ車の圧送速度（50～70m³/h）と同程度の打込み速度となり締め固めも含めて適切なコンクリートの打込み速度になると考えられる。

バケットへのコンクリート積載量を目視で行っているため、ばらつきが大きかったものの、コンクリートバケットの排出口から先端までの配管長さが同一径であれば長くなるとコンクリートバケットによる打込み速度が若干、遅くなり、コンクリートのスランプが大きい方が若干であるがコンクリートの打込み速度が速くなる傾向を示した。

以上のことから、一般的なコンクリートバケットの打込みに要する時間は、コンクリートをバケットに積載する時間、バケットを打込み部材まで運搬する時間およびバケットによる打込み時間を合わせたものであるが、構造体コンクリートの品質を考えるとこのうちバケットによる打込み速度も重要な一つであり、このコン

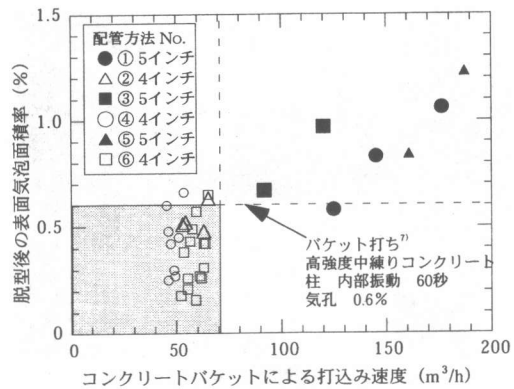


図-4 コンクリートバケットによる打込み速度と脱型後の表面気泡面積率の関係

クリートの自由落下速度をコントロールすることにより型枠の振動およびコンクリート落下の衝撃の小さい打込みにつながる。

(3)脱型後の表面気泡面積率

コンクリートバケットによる打込み速度と脱型後の表面気泡面積率との関係を図-4に示す。脱型後の表面気泡面積率は、ばらつきが大きいもののコンクリートバケットによる打込み速度が大きくなるにつれて大きくなる傾向を示した。この中で、脱型後の表面気泡面積率は、コンクリートバケットの排出口から先端までの配管方法からみると打込み高さが大きい方が大きな値を示しており、配管径の大きな方が大きな値を示している。この要因として、棒状高周波バイブレータを用いた締め固めの影響、コンクリートバケットによる打込み速度および打込み高さがあげられる。すなわち、打込み高さを変えることは困難であるため、コンクリートバケットによる打込み速度を配管径4インチに絞るような配管方法②、④および⑥にすると、コンクリートの自由落下速度をコントロールすることから適切な打込みを可能とし、脱型後の表面気泡面積率を低減する可能性が高くなる。この打設した独立柱における脱型後の表面気泡面積率は、既往の研究の結果⁷⁾とほぼ同程度以下の値を示しており、目視においてジャンカおよびす・豆板などは見られなかった。本報告では、

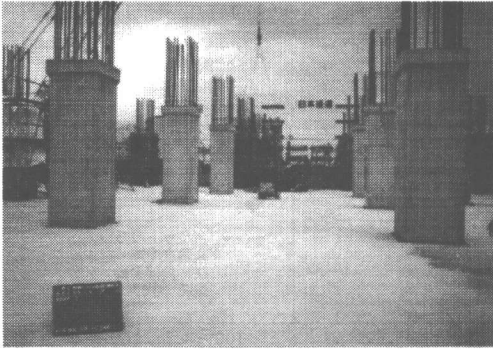


写真-2 脱型後の独立柱の状況

既往の研究の結果⁷⁾のようにバケット工法によるコンクリートの品質変化(独立柱のコアによる品質)を測定できなかったものの、コンクリートバケットの排出口から先端までの配管方法によりコンクリートバケットによる打込み速度をコントロールし、構造体コンクリートの表面気泡面積率の低減を図ることができる。

5. まとめ

独立柱の施工に伴い、コンクリートバケットの排出口から先端までの配管方法としてコンクリートポンプ用配管を用いた6種類の方法におけるコンクリートバケットによる打込み速度および脱型後の表面気泡面積率の測定結果から次のことがいえる。

- (1)コンクリートバケットの排出口(6インチ)からテーパ管(6→4インチ)を用いて絞る配管方法は、コンクリートバケットによる打込み速度を減速することができる。
- (2)コンクリートの自由落下速度をコントロールすることにより型枠の振動およびコンクリート落下の衝撃の小さい打込みにつながる。
- (3)コンクリートの自由落下速度は、脱型後の表面気泡面積率に大きな影響があり、コンクリートの自由落下速度を低減するとその量も低減する可能性が高くなる。
- (4)コンクリートバケットの打込みに要する時間のうち打込み速度も重要な一つである。このようにコンクリートバケットの排出口か

ら先端までの配管方法がコンクリートバケットの打込み方法に反映され、打込みの面からよりよい構造体コンクリートとなることを期待する。

【謝辞】工事を行うに当たり、ご指導を頂きました日本貨物鉄道開発本部青木幹夫チーフ、池田菜摘子氏、梓設計保智秀雄主幹、東京建築研究所瀬戸口武雄監理部長に感謝いたします。また、本報告をまとめるに当たり、施工管理データを提供して頂いた西松建設東京建築支店飯野康一所長、武藤靖男所長、太田要一作業所長をはじめとする西松・大林建設共同企業体JR貨物出張所の方々に謝意を表します。データの測定に際して、佐藤忠吉氏(松原組)、中山正司氏(テイクワット)、女屋英明氏(内山城南コクリト)および貞森孝吉氏(東京SOC)のご協力を得た。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会, 建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事
- 2) 高畑顯信, 桶谷正博, 岩清水隆, 河野浩司: シリカフェームを用いた $F_c=600\text{kgf/cm}^2$ の高強度コンクリートの高層RC集合住の施工, コンクリート工学, Vol.34, No.2, pp.13-22, 1996.2
- 3) 篠崎徹, 寺井靖人, 大野梅夫, 青木誠: $F_c=600\text{kgf/cm}^2$ の高強度コンクリートを用いた高層RC建物の施工, コンクリート工学, Vol.35, No.6, pp.19-23, 1997.6
- 4) 渡部聡, 櫻井重英, 坂本博, 佐藤玲圭: $F_c=100\text{N/mm}^2$ のコンクリートを使用した超高層集合住宅の施工コンクリート工学, Vol.36, No.4, pp.11-15, 1998.4
- 5) 黒羽健嗣: 高強度コンクリート, コンクリート工学, Vol.37, No.6, pp.31-35, 1999.6
- 6) 日本コンクリート工学協会, コンクリート工事の施工技術 良いコンクリート工事をするための施工技術の基本
- 7) 大島久次, 毛見虎雄: 高強度中練りコンクリートの施工 (上)その基本的な諸問題についての考察」施工, pp.29-40, 1968.12