レディーミクストコンクリートの運搬時間と各種運搬機器ごとの荷卸し時間の調査に関する一考察

STUDY ON SURVEY OF TRANSPORT TIME OF READY-MIXED CONCRETE AND UNLOADING TIME BY VARIOUS TRANSPORTATION EQUIPMENT IN CONSTRUCTION SITE

斉藤丈士 ——— * 1 湯本哲也 ——— * 2
中田善久 ——— * 3 大塚秀三 ——— * 4

Takeshi SAITO ——— * 1 Tetsuya YUMOTO ——— * 2
Yoshihisa NAKATA ——— * 3 Shuzo OTSUKA ——— * 4

キーワード：

レディーミクストコンクリート, 運搬時間, 荷卸し時間, 運搬機器, 打込み箇所

Keywords:

Ready-mixed concrete, Transportation time, Unloading time, Transportation equipment in construction site, Placing site of concrete

In order to clarify influence of difference of concrete transportation equipment in construction site and placing site of concrete on working time of concrete construction, Survey was carried out for working time of transport vehicles of ready-mixed concrete. As a result, Concrete transportation equipment in construction site had a large influence on unloading speed of ready-mixed concrete.

1. はじめに

フレッシュコンクリートは時間の経過に伴い徐々に流動性を失っていくため、コンクリート工事において時間の管理が重要であることは論を待たない。これに関して、建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事（以下、JASS 5 とする）¹⁾の「7.4 運搬」には「コンクリートの練混ぜから打込み終了までの時間の限度は、外気温が 25℃未満のときは 120 分、25℃以上のときは 90 分とする。」と記述されている。また、JIS A 5308（レディーミクストコンクリート）にはコンクリートの練混ぜを開始してから運搬車が荷卸し地点に到着するまでの時間（以下、運搬時間とする）を 1.5 時間以内とすることが規定されており、全国生コンクリート工業組合連合会が発行する生コン工場品質管理ガイドブック²⁾においては、JASS 5 等の仕様と JIS A 5308 の規定を満足するためには「工場から現場までの運搬時間は 1 時間以内を目安にするとよい。」と解説している。このように、コンクリートの練混ぜを開始してから運搬車が荷卸し地点に到達するまでの時間を重要視しているにもかかわらず、その実態には不明な点が多い。この点は黒田ら^{3),4)}が、デリバリーシートにより運搬時間、待ち時間および打込み終了までの時間について検討した報告が見られるに過ぎない。しかし、トラックアジテータによる荷卸し時間に打込み箇所ごとの打込み時間は間接的に影響を及ぼすと考えられるが、この検討までを行った報告は筆者の知る限り見あたらない。

そこで、本報告は、レディーミクストコンクリートの運搬時間における待機時間および荷卸し時間とコンクリートの打込み箇所の関

係を明らかにするために、レディーミクストコンクリート（以下、生コンとする）運搬車の運搬記録（概要は後述）を対象に調査を試みたものである。ここでは、運搬記録から抽出したデータにより荷卸し箇所から打込み箇所までのコンクリートの運搬方法（以下、運搬機器とする）の違いおよびコンクリートの打込み箇所の区分（以下、打込み箇所とする）と生コン運搬車の待機時間および荷卸し時間の関係について検討した結果を述べる。

2. 本報告で取り扱う生コン運搬車の作業時間

JASS 5 によると、コンクリートの練混ぜから打込み終了までの時間は、「練混ぜから現場の荷卸しまでの時間に現場内の運搬時間を付加した時間」と解説されている¹⁾。ここでは、この時間が生コンの練混ぜから生コン運搬車が荷卸しを終了するまでの時間と概ね一致すると見なし、図 1 に示すように各作業段階の時間に区分した。すなわち、①運搬時間（練混ぜ開始から運搬車が荷卸し地点に到達するまでの時間で JIS A 5308 における「レディーミクストコンクリートの運搬時間」と同義）、②待機時間（荷卸し地点において生コン運搬車が荷卸し待ちをする時間）および③荷卸し時間（生コン運搬車が荷卸しを開始してから終了するまでの時間）の和を総時間とし、これが JASS 5 における「コンクリートの練混ぜから打込み終了までの時間」と同等であると見なししている。また、②待機時間と③荷卸し時間の和は工事現場における生コン運搬車の拘束時間であり、運搬車の配車計画にあたり必要なデータである²⁾が、その報告例は見あたらない。

¹⁾ 日本大学生物資源科学部生物環境工学科 准教授・博士（工学）
〒252-0880 藤沢市亀井野 1866

²⁾ 日本大学理工学部 客員研究員・修士（工学）

³⁾ 日本大学理工学部建築学科 教授・博士（工学）

⁴⁾ ものつくり大学技能工芸学部建設学科 教授・博士（工学）

¹⁾ Assoc. Prof., Dept. of Bioenvironmental and Agricultural Engineering, College of Bioresource Science, Nihon Univ., Dr. Eng.

²⁾ Visiting Researcher, College of Science and Technology, Nihon Univ., M. Eng.

³⁾ Prof., Dept. of Architecture, College of Science and Technology, Nihon Univ., Dr. Eng.

⁴⁾ Prof., Dept. of Building Technologists, Monotsukuri Institute of Technologists, Dr. Eng.

図1 本調査における運搬時間の区分

図2 生コンの呼び強度と目標スランプの傾向

図3 生コン運搬車の積載量:Lと片道運搬距離の傾向

3. 調査概要

3.1 調査対象

神奈川県横浜市内の生コン工場1工場を対象として、当該工場独自の品質管理記録である「運搬記録」から運搬車の作業時間と工事現場の条件に関わるデータを抽出した。この生コン工場は、出荷する生コンのほとんどが建築工事向けの普通コンクリートであり、コンクリートの年間生産量はおよそ14万 m^3 である（ただし、そのうち約17%は工場において引渡しのため運搬記録がない）。

「運搬記録」は、1度の運搬について1枚のシートにコンクリートの調合に関する情報や工事現場に関する情報を記録する書式で、当該工場に所属する運搬車の運転手が生コンを出荷した当日の荷卸し地点到着時、荷卸し開始時および荷卸し終了時の時刻や目視によるコンクリートの状態、さらに運搬機器や打込み箇所などの工事現場の条件を把握できる範囲で記録するものである。

3.2 調査に使用したデータ

調査には、2013年7月から2014年6月までの1年分の「運搬記録」からモルタルを積み込んだ運搬車のものと作業時間が記録されていないものを除いて用いた。対象となった「運搬記録」のシート数は、総数17,100枚（71,945 m^3 、280日分）である。また、この中から検討項目ごとに必要な調査項目が未記入のシートは除外した。なお、対象となった「運搬記録」の中で全て記入されていた項目は、生コン運搬車への積込み量である。

3.3 調査項目

運搬記録からコンクリートの調合、生コン運搬車への積込み量（以下、積載量:Lとする）、生コン工場から工事現場までの距離、運搬時間、待機時間、荷卸し時間、運搬機器および打込み箇所を抽出し

検討した。ただし、調査項目が未記入の場合の記録は除いたため、データ数(n)は検討項目ごとに異なっている。また、現場の受入検査や生コンの製品検査にかかる時間については、所要時間が概ね5分程度と考えられる⁴⁾ことやこれらの検査が一定の頻度で行われることから、本調査では考慮せず待機時間に含まれるものとして取り扱った。

なお、荷卸し時間については、運搬車ごとにコンクリートの積載量:Lが異なっているため、積載量:Lを荷卸し時間で除した荷卸し速度(m^3/h)に換算して検討した。さらに、運搬機器および打込み箇所ごとの待機時間および荷卸し速度の検討においては、データのばらつきを考慮して全体の平均値と調査区分ごとの平均値を対象に母集団の平均値の検定(T検定)を行い、有意差の有無を判定した。

4. 本調査におけるデータの傾向

4.1 生コンの呼び強度と目標スランプの傾向

生コンの呼び強度および目標スランプの傾向を図2に示す。呼び強度は、27以下が少なく30以上が大部分を占めていた。また、目標スランプは、18cm以上の軟練りコンクリートが大部分を占めていた。これは、前述のように当該生コン工場から出荷する生コンのほとんどが建築工事向けのため、JASS5の調合管理強度を適用したと推察されることと呼び強度が33以上では目標スランプを21cmに設定できる¹⁾ことが影響していると考えられる。

4.2 生コン運搬車の積載量:Lと運搬距離の傾向

生コン運搬車の積載量:Lと生コン工場から工事現場までの距離（以下、片道運搬距離という）の傾向を図3に示す。生コン運搬車の積載量:Lは、4 m^3 超が87.4%と圧倒的に多く、4 m^3 以下はいず

図4 総時間と運搬時間の傾向

れも少なかった。これは、極力、生コン運搬車の最大積載量まで積載することで運搬効率の向上をはかっているためと考えられる。また、片道運搬距離は、5km超10km以下が55.2%で最も多く、15km以下のものがほとんどであった。これは、施工者や販売店などが、多少の混雑等があっても前述したJASS 5¹⁾の仕様やJIS A 5308の規定の時間限度を遵守できる距離の生コン工場を選択しているためと考えられる。

4.3 総時間と運搬時間の傾向

総時間と運搬時間の傾向を図4に示す。総時間は、45分超60分以内が35.1%と最も多くかつ中央値を含み、中央値から遠ざかるほど運搬回数は少なくなる傾向にあった。また、120分超は1.5%と少なかった。運搬時間は、15分超45分以内の範囲に全体の85%程度が含まれており、一般的な傾向⁵⁾と概ね整合している。なお、90分超は0.1%とごく僅かであった。

4.4 運搬機器と打込み箇所の傾向

打込み箇所ごとの運搬機器の傾向を図5に、運搬機器ごとの打込み箇所の傾向を図6に示す。ここで、打込み箇所の「その他」は、杭、基礎、躯体および土間以外に区分されたものと、打込み箇所の区分が複数記録されたものとしている。運搬機器は、コンクリートポンプが全体の83.6%と最も多く、次いで運搬車の排出シュート(図中では運搬車シュートまたはシュートとしている)が全体の13.8%、手押し一輪車およびコンクリートバケット(図中ではコンクリートバケットまたはバケットとしている)はそれぞれ全体の1.3%および0.2%と非常に少なかった。打込み箇所は、躯体が全体の53.4%と最も多く、次いで基礎が18.2%、杭が15.8%、土間が4.3%であった。

打込み箇所ごとの運搬機器は、打込み箇所が杭の場合に運搬車の排出シュートが87.8%と圧倒的に多いほかは、いずれの打込み箇所においてもコンクリートポンプが大多数を占めていた。運搬機器ごとの打込み箇所は、運搬車の排出シュートを用いる場合は杭が96.2%とほとんどを占めており、運搬機器で最も多いコンクリート

図5 打込み箇所ごとの運搬機器の傾向

図6 運搬機器ごとの打込み箇所の傾向

図7 運搬機器ごとの生コン運搬車の積載量:Lの傾向

ポンプは全体と比べて杭だけが少なくなる傾向にあった。また、手押し一輪車およびコンクリートバケットはいずれも「その他」が大きな割合を占め、一台の運搬車から複数の打込み箇所に配分されることが多いようである。なお、運搬機器が手押し一輪車の場合の打込み箇所は土間が比較的多く約2割を占めていた。これは、手押し一輪車が一般には高さ方向の運搬に適さないためと考えられる。

4.5 運搬機器ごとの生コン運搬車の積載量:Lの傾向

運搬機器ごとの生コン運搬車の積載量:Lの傾向を図7に示す。

図 8 打込み箇所ごとの生コン運搬車の積載量：L の傾向

生コン運搬車の積載量：L は、運搬機器がコンクリートポンプおよび運搬車の排出シュートの場合は 4m³ 超が多かった。また、運搬機器が手押し輪車およびコンクリートバケットの場合の生コン運搬車の積載量：L は小さめとなり、特に手押し輪車では、3m³ 以下が全体の 84.8% を占めた。これは、運搬機器の性質として荷卸しを細切れに行わざるを得ないことや図 6 に示したように、手押し輪車およびコンクリートバケットは、「その他」の打込み箇所に適用されることが多いためと考えられる。

4.6 打込み箇所ごとの生コン運搬車の積載量の傾向

打込み箇所ごとの生コン運搬車の積載量：L の傾向を図 8 に示す。生コン運搬車の積載量：L は、いずれの打込み箇所も 4m³ 超が多かった。ただし、打込み箇所がその他の場合は生コン運搬車の積載量：L はやや小さめとなっており、図 7 において積込み量：L が小さめとなる手押し輪車とコンクリートバケットが、図 6 においてその他の打込み箇所に比較的多く適用されている傾向を反映している。

5. 運搬機器および打込み箇所が待機時間に及ぼす影響

5.1 運搬機器が待機時間に及ぼす影響

運搬機器ごとの平均待機時間を図 9 に示す。図中には、全体の待機時間と運搬機器ごとの待機時間について母集団の平均値の検定（T 検定）を行い、危険率 1% で有意差の有無を判定した結果を併せて示した。

待機時間は、全体の平均が 12.1 分に対しコンクリートポンプを使用した場合の平均が 12.7 分と僅かに長く、有意差のある結果となった。また、運搬車の排出シュートを使用した場合の平均待機時間は 9.9 分、手押し輪車を使用した場合の平均待機時間は 6.0 分といずれも全体の平均より短く、有意差のある結果となった。これは、コンクリートポンプを使用する場合は比較的一度の打設量が多く、かつ段取り替えなどで荷卸しピッチが納入ピッチよりも遅くなった場合に待機車両が溜まっていく傾向にあることが影響していると考えられる。また、コンクリートポンプが全体の 8 割以上を占め、なおかつ全体の平均とコンクリートポンプを使用した場合の平均の差が小さかったにもかかわらず有意差があったのは、コンクリートポンプ以外の運搬機器の平均がいずれも全体の平均よりも短かったため片側に偏ったことの影響と考えられる。一方、手押し輪車を使用した場合は図 7 に示すように生コン運搬車の積載量が比較的小さく、さらに一度に納入する生コン運搬車の台数が 1 台の場合が多かった

図 9 運搬機器ごとの平均待機時間

図 10 打込み箇所ごとの平均待機時間

（手押し輪車の場合の 90.8%）ため、待機車両が溜まることなく待機時間が短くなったと考えられる。なお、運搬車の排出シュートを用いる場合は図 6 に示すように打込み箇所のほとんどが杭であり、後述のように荷卸し速度が速いため待機車両が溜まることなく待機時間が短くなったと考えられる。

5.2 打込み箇所が待機時間に及ぼす影響

打込み箇所ごとの平均待機時間を図 10 に、運搬機器がコンクリートポンプの場合における打込み箇所ごとの平均待機時間を図 11 に示す。図中には、全体の待機時間と打込み箇所ごとの待機時間について母集団の平均値の検定（T 検定）を行い、危険率 1% で有意差の有無を判定した結果を併せて示した。

全体における待機時間（図 10）は、全体の平均に対し打込み箇所が杭の場合の平均は短く有意差あり、基礎の平均は有意差なし、躯体の平均はやや長く有意差あり、土間の平均は短く有意差ありとなった。しかし、運搬機器がコンクリートポンプの場合に限る（図 11）と、打込み箇所が杭の場合および躯体の場合はいずれも有意差がなくなり、有意差があるのは打込み箇所が土間の場合のみとなる。これは、杭において運搬機器が運搬車の排出シュートの場合の待機時間が短いデータが大量に除外されたためと考えられる。これより、杭および躯体の待機時間については、打込み箇所の影響よりも運搬

図 11 運搬機器がコンクリートポンプの場合における打込み箇所ごとの平均待機時間

図 12 運搬機器ごとの平均荷卸し速度

機器の影響の方が大きいと考えられる。なお、打込み箇所が土間の場合は、打込み箇所が平面で打込み状況を目視確認できることが生コンの納入ピッチの適切な調整につながりやすいと推察されることから、待機車両が溜まりにくいものと考えられる。

6. 運搬機器および打込み箇所が荷卸し速度に及ぼす影響

6.1 運搬機器が荷卸し速度に及ぼす影響

運搬機器ごとの平均荷卸し速度を図 12 に示す。図中には、全体の荷卸し速度と運搬機器ごとの荷卸し速度について母集団の平均値の検定 (T 検定) を行い、危険率 1% で有意差の有無を判定した結果を併せて示した。

荷卸し速度は、全体の平均が 30.8m³/h に対しコンクリートポンプを使用した場合の平均が 28.7m³/h と僅かに遅く、運搬車の排出シュートを使用した場合の平均が 44.8m³/h と速く、手押し一輪車を使用した場合の平均が 2.3m³/h と著しく遅く、コンクリートバケットを使用した場合の平均が 14.5m³/h と遅くなり、いずれも全体の平均と有意差があった。運搬車の排出シュートを使用する場合は前述のように杭に打ち込むことが多く、杭はトレミー工法が採られることが多い。したがって、運搬車から排出されるコンクリート流が停滞する

図 13 打込み箇所ごとの平均荷卸し速度

図 14 運搬機器がコンクリートポンプの場合における打込み箇所ごとの平均荷卸し速度

ことなく荷卸しが完了する傾向にあるため荷卸し速度が速くなると考えられる。また、手押し一輪車を使用する場合は運搬車から一度に排出するコンクリートの量が 30~40L 程度と細切れになり荷卸しに時間がかかる傾向にあるため、荷卸し速度は非常に遅くなると考えられる。コンクリートバケットを使用する場合は、運搬車から一度に排出するコンクリートの量が手押し一輪車の場合ほど少なくはないものの、排出を複数回に分けざるを得ないことにより荷卸し速度は遅くなると考えられる。

6.2 打込み箇所が荷卸し速度に及ぼす影響

打込み箇所ごとの平均荷卸し速度を図 13 に、運搬機器がコンクリートポンプの場合における打込み箇所ごとの平均荷卸し速度を図 14 に示す。図中には、全体の荷卸し速度と打込み箇所ごとの荷卸し速度について母集団の平均値の検定 (T 検定) を行い、危険率 1% で有意差の有無を判定した結果を併せて示した。

全体における荷卸し速度 (図 13) は、全体の平均に対し打込み箇所が杭の場合の平均は速く有意差あり、基礎および躯体の平均は若干遅く有意差あり、土間の平均は有意差なしとなった。しかし、運搬機器がコンクリートポンプの場合に限る (図 14) と、打込み箇所が基礎、躯体および土間の場合はいずれも有意差がなくなり、有意

差があるのは杭の場合のみとなる。これは、前述のように杭はトレミー工法が採られることが多くパイプレータによる締固めなどを行わない¹⁾ため、打込み速度を「良好な締固めができる範囲」¹⁾に調整する必要がないためと考えられる。なお、コンクリートポンプ工法施工指針によると、土間はコンクリートポンプ工法における作業効率⁹⁾が高く、荷卸し速度を速くできる、すなわちコンクリートポンプの吐出量を大きくできる可能性があると考えられるが、調査結果からは本調査の対象となった工事現場では土間における吐出量を大きくしている場合は少ないと推察される。

7. 平均荷卸し速度と生コン運搬車の拘束時間

前章までの結果から、運搬機器および打込み箇所と待機時間および荷卸し時間の組合せにおいて最も関係が大きかったのは、運搬機器の違いが荷卸し速度に及ぼす影響であることがわかった。図2に示したように目標スランプ 15～23cm の一般的な建築コンクリートを対象とした本調査の結果を運搬機器に関してまとめると表1のようである。コンクリートポンプおよびコンクリートバケットの平均荷卸し速度は、JASS 5¹⁾の7.4 運搬の解説表 7.1 に示される標準運搬量の範囲にある。なお、手押し一輪車は、平均待機時間が短く平均積載量：L が少ないにもかかわらず、生コン運搬車の拘束時間（平均待機時間＋平均荷卸し時間）が著しく長かった。これは、他の運搬機器と比較して平均荷卸し速度が著しく小さいためと考えられる。

8. まとめ

工事現場内におけるコンクリートの運搬機器およびコンクリートの打込み箇所の違いがコンクリート工事の作業時間に及ぼす影響を明らかにするために、生コン運搬車の運搬記録を対象に調査を行った。その結果、次の知見を得た。

- 1) 運搬機器は、全体にコンクリートポンプが多く、打込み箇所が杭の場合に限り運搬車の排出シュートが多かった。
- 2) 運搬機器が手押し一輪車およびコンクリートバケットの場合の打込み箇所は、杭、基礎、躯体および土間に区分されない「その他」が多かった。
- 3) 生コン運搬車への積載量は、運搬機器が手押し一輪車およびコンクリートバケットの場合に少なめとなる傾向にあった。
- 4) 待機時間は、運搬機器が運搬車の排出シュートおよび手押し一輪車の場合にやや短くなる傾向にあった。また、待機時間は、打込み箇所が土間の場合にやや短くなる傾向にあった。
- 5) 荷卸し速度は、運搬機器の違いの影響を受けており、運搬機器が運搬車の排出シュートの場合にやや速く、手押し一輪車の場合に著しく遅く、コンクリートバケットの場合にやや遅くなる傾向を示した。また、荷卸し速度は、打込み箇所が杭の場合にやや速くなるが、それ以外の打込み箇所では打込み箇所の違いによる影響が小さい傾向を示した。

表1 運搬機器に関する本調査結果のまとめ

運搬機器	用途 (打込み 箇所)	平均 荷卸し 速度 (m ³ /h)	生コン 運搬車 拘束時間 (min)*	備考 (本調査における傾向)
コンクリート ポンプ	すべて	28.7	21.6	全体の8割以上を占める方法 杭への適用は少ない
運搬車の 排出シュート	ほとんど が杭	44.8	15.6	適用例は比較的多い(14.1%) 杭への適用が極めて多い
手押し 一輪車	土間 その他	2.3	47.7	適用例が少ない(1.3%) その他雑工事への適用が多い
コンクリート バケット	すべて	14.5	21.6	適用例が非常に少ない(0.2%) その他雑工事への適用が多い

* 生コン運搬車の平均待機時間と平均荷卸し時間(平均積載量÷平均荷卸し速度)の和

本報告では、JASS5¹⁾にコンクリートの運搬機器の概要として示されている各種運搬機器の標準運搬量に加えて、新たに運搬車の排出シュートと手押し一輪車の平均荷卸し速度を示すことができた。また、表1に示す生コン運搬車の拘束時間(待機時間と荷卸し時間の和)を若干多く見積もれば、工事現場内における生コン運搬車の到着から打込み終了までの作業時間に対応できる可能性がある。

本調査結果が、コンクリート工事の施工計画や生コン工場における配車計画などに役立てば幸いである。ただし、本調査はあくまでも1生コン工場を対象として実施したものであり、工場の規模や地域などにより傾向が異なる可能性があることに留意いただきたい。今後は、コンクリートの種類や調査、打設時期などが作業時間に及ぼす影響についても明らかにしていきたいと考えている。

謝辞

本調査の実施にあたり、データを提供してくださった生コン工場、データのまとめにご協力を頂いた日本大学生物資源科学部卒研(当時)の杉石遥氏、三宅孝伸氏に謝意を表します。

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, 2015.7
- 2) 全国生コンクリート工業組合連合会：生コン工場品質管理ガイドブック（第5次改訂版）, p.269, 2008.10
- 3) 黒田泰弘, 片山行雄, 藤丸啓一, 菅野光寿：建築工事用レディーミックスコンクリートの実態調査, コンクリート工学, Vol.51, No.10, pp.792-800, 2013.10
- 4) 黒田泰弘, 辻埜真人, 西田朗：デリバリーシートによる運搬時間、待ち時間および打込み終了までの時間の分析, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.1, pp.1312-1317, 2012.7
- 5) 日本建築学会：コンクリートポンプ工法施工指針・同解説, pp.134-137, 2009.12
- 6) 前掲文献 5), p.83

[2018年6月5日原稿受理 2018年8月13日採用決定]