

報告 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

黒田泰弘*1・辻埜真人*1・西田 朗*1

要旨: 運搬時間や練混ぜから打込み終了までの時間には JIS A 5308 や JASS 5 で限度が設けられている。運搬時間は交通事情等により変動するものであり、打込み終了までの時間も施工上の様々な要因によって変動するものであるため、いずれの時間も統計的に扱うべきデータであると考えられる。そこで、運搬時間が異なる複数の現場のデリバリーシート（打込み時間管理表）を調査し、運搬時間、待ち時間、打込み時間および出荷から打込み終了までの時間について分析した。その結果、各時間の分布や相互の関係を明らかとするとともに、95%の確率で打込み終了までの時間の限度が 120 分、90 分となる場合の運搬時間の目安を示した。

キーワード: 運搬時間、待ち時間、打込み時間、打込み終了までの時間

1. はじめに

JIS A 5308 には、運搬について「練混ぜを開始してから 1.5 時間以内に荷卸しができるように、運搬しなければならない。ただし、購入者と協議の上、運搬時間の限度を変更することができる。」との規定がある¹⁾。

また、JASS5 の 6 節には、「工場は、7 節に定められた練混ぜから打込み終了までの時間の限度内にコンクリートを打ち込めるように運搬できる距離にあることとする。」との規定があり²⁾、7 節には「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。ただし、コンクリートの温度を低下させ、または凝結を送らせるなどの特別な対策を講じた場合には、工事監理者の承認を受け、その時間の限度を変えることができる。」との規定がある³⁾。

コンクリートの品質は打込みまでの時間の経過に伴って変化するため、このような運搬時間や練混ぜから打込み終了までの時間に関して限度が設けられているわけであるが、運搬時間は交通事情等により変動するものであり、打込み終了までの時間も施工上の様々な要因によって変動するものである。したがって、運搬時間も打込み終了までの時間も、統計的に扱うべきデータであると考えられる。しかしながら、運搬時間や打込み終了までの時間について統計的に整理された資料はあまり見かけない。

もし、運搬時間や打込み終了までの時間といったデータが統計的に整理され、運搬時間と打込み終了までの時間との関係やそれらのばらつきなどが明らかとなれば、レディーミクストコンクリート工場を選定する際の有力な資料となる。また、現着から打込み終了までの時間

が明らかになれば、時間限度を超える場合だけに限らず、特別な対策を講じる必要がある場合の検討時間が絞られるため、対応を取りやすくなり、施工時のコンクリートの品質確保にもつながると考えられる。

そこで、著者らは、運搬時間が異なる複数の現場からデリバリーシート（打込み時間管理表）を取り寄せ、運搬時間、待ち時間、打込み時間および出荷から打込み終了までの時間（以下、総時間）の分布や相互の関係を調査した⁴⁾。本報告は、デリバリーシートの調査結果を整理し、考察を加えたものである。

2. 調査の概要

2.1 デリバリーシート

デリバリーシートとは、工場がレディーミクストコンクリートを出荷した時刻、現場に到着した時刻、打込みを開始した時刻、打込みを終了した時刻およびレディーミクストコンクリートの数量等を、打込み工区毎にまとめたものであり、現場においては通常、打込み時間の管理や打込数量の確認に使われている。デリバリーシートの例を表-1 に示す。

表-1 デリバリーシートの例

出荷日:				工場名:		連絡先:	
製品名: 普通 33-15-20M				打込箇所: 基礎		予定数量: 200m ³	
台数	車番	工場発	現場着	所要時間	打込開始	打込終了	累積量
1	525	10:35	10:48	:13	11:05	11:10	425
2	540	10:51	11:05	:14	11:10	11:21	850
3	523	10:59	11:11	:12	11:21	11:28	1275
.
42	525	16:00	16:15	:15	16:30	16:40	1780

*1 清水建設(株) 技術研究所 工博(正会員)

2.2 調査内容

都市部に立地する5つの建設現場（A～E 現場）からデリバリーシートを入手し、工場毎に運搬時間、待ち時間、打込み時間および打込み終了までの時間について調査し、各時間の分布や相互の関係について検討することにした。

なお、打込数量が一定規模（150～250m³/日）のものに絞って、輸送時間が0～60分程度に広く分布するように、10工場（イ～ヌ工場）、計30日分のデリバリーシート（No.1～30）を選定し、データを整理した。

3. 調査結果および考察

3.1 調査結果

デリバリーシートの整理結果の一覧を表-2に示す。

No.1～No.5のデータはA現場のデリバリーシートのものであり、いずれも平均の運搬時間が40分を上回り、

今回入手した中では最も運搬時間が長い事例である。

次のNo.6～No.27のデータはB～D現場のデリバリーシートのものであり、平均の運搬時間が10～36分という中間的な事例である。

残りのNo.28～No.30のデータはE現場のデリバリーシートのものであり、ヌ工場は現場に隣接することから、運搬時間が極めて短い事例となっている。

まず各時間の分布について、以下に整理する。

(1) 運搬時間

図-1にNo.2, 7, 14, 30の運搬時間のヒストグラムを示す。運搬時間が長くなるほど、標準偏差が大きくなっており、ばらつきが大きくなる傾向を示すことがわかる。

運搬時間の長いNo.2の例では、最短の運搬時間が38分であったのに対し、最長の運搬時間は80分と大きな開きがあり、後者では深刻な交通渋滞に巻き込まれたことが窺われる。

表-2 デリバリーシートの整理結果の一覧

単位:分

No.	現場	工場	延べ台数 (台)	運搬時間 の最小値	平均				標準偏差			
					運搬時間	待ち時間	打設時間	総時間	運搬時間	待ち時間	打設時間	総時間
1	A	イ	51	34	43.7	18.3	7.4	69.5	6.8	14.3	5.7	17.2
2		イ	45	38	53.6	21.2	7.0	81.8	7.2	10.1	2.6	13.4
3		イ	52	37	50.3	19.9	6.4	76.6	7.4	12.4	4.2	17.2
4		イ	45	34	47.7	15.2	6.8	69.8	8.5	10.4	3.4	14.3
5		イ	52	35	45.9	30.1	8.2	84.2	7.2	15.9	5.5	22.0
6	B	ロ	48	28	36.3	8.0	6.1	50.4	6.3	6.0	3.0	10.3
7		ロ	44	26	35.4	10.5	7.9	53.8	5.8	6.8	4.9	10.4
8		ロ	48	27	35.3	8.6	6.9	50.8	5.3	6.9	4.6	10.5
9		ハ	38	18	24.4	14.1	8.4	46.9	7.1	11.6	4.8	16.8
10		ハ	42	18	26.8	12.3	8.2	47.3	5.5	9.0	5.0	12.0
11	C	ニ	47	17	21.9	20.7	8.3	50.9	3.0	20.2	3.6	20.5
12		ニ	43	16	22.8	23.8	7.4	54.0	2.7	16.2	2.8	16.0
13		ニ	49	14	20.6	20.0	9.7	50.3	3.5	16.4	8.2	19.6
14		ホ	45	15	22.0	10.0	5.0	36.9	2.6	11.3	2.0	11.4
15		ホ	38	17	20.2	9.2	5.3	34.6	4.2	6.4	1.5	7.0
16		ホ	48	14	18.1	22.4	8.4	49.0	1.8	18.2	5.1	19.5
17		へ	52	18	22.5	8.3	5.2	36.0	2.3	7.9	2.5	8.2
18		へ	47	15	22.7	4.1	5.3	32.0	2.9	3.6	2.8	4.3
19		へ	43	16	24.5	14.3	5.8	44.5	3.9	10.4	1.9	7.6
20	D	ト	54	13	18.6	15.0	6.9	40.6	4.5	15.3	3.7	16.7
21		ト	50	10	17.1	14.6	6.7	38.3	3.9	7.6	2.9	7.5
22		ト	54	11	14.6	11.8	5.6	32.0	2.5	8.2	2.3	8.1
23		チ	54	7	11.9	14.6	6.9	33.4	3.1	11.4	3.9	11.5
24		チ	48	7	11.4	10.1	6.8	28.3	1.8	7.7	4.1	8.7
25		リ	51	7	14.7	13.3	6.9	34.9	5.2	8.1	4.7	9.2
26		リ	55	7	11.7	15.3	6.2	33.2	4.2	6.4	3.4	7.1
27		リ	54	7	10.0	12.5	6.9	29.5	2.8	8.7	3.9	10.2
28	E	ヌ	54	1	1.8	5.4	7.0	14.1	1.4	7.2	4.9	9.3
29		ヌ	37	1	2.1	10.0	7.7	19.8	1.1	8.6	4.2	8.7
30		ヌ	42	1	3.0	4.0	6.7	13.7	1.0	3.3	2.9	4.9

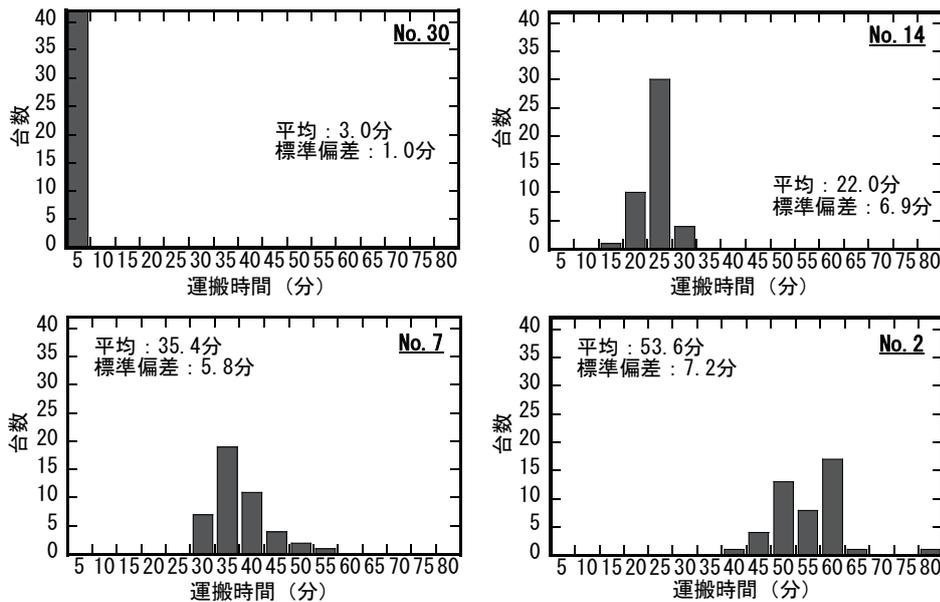


図-1 運搬時間のヒストグラム

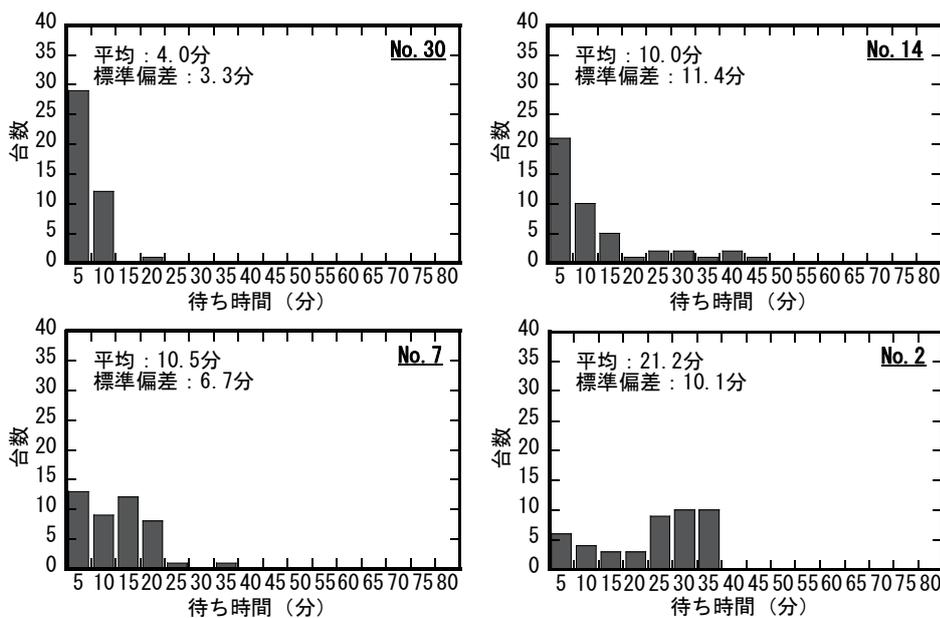


図-2 待ち時間のヒストグラム

(2) 待ち時間

図-2にNo.2, 7, 14, 30の待ち時間のヒストグラムを示す。全体的な傾向として、運搬時間が長くなるほど、待ち時間は長くなっていた。ただし、No.7とNo.14の平均値の差は小さかった。No.14の標準偏差がNo.7より大きく、それが影響しているものと考えられる。このため、現場の状況について、ヒアリングしてみた。

その結果、待ち時間の標準偏差が比較的小さいNo.7のB現場は敷地が狭く、敷地内にアジテータ車が待機するスペースがないため、工場への連絡を通常より頻繁に行っていることがわかった。工場との連絡を密に行うこ

とで待ち時間が長くなるケースを生じにくかったのではないかと考えられる。他方、No.14のC現場は敷地に余裕があり、特に注意が払われなかった結果、運搬時間が比較的短いにもかかわらず、待ち時間が長くなるケースを生じたと考えられる。

なお、待ち時間には受入検査のフレッシュコンクリートの試験に要する時間も含まれているが、概ね5分程度で終了していたようである。

(3) 打込み時間

図-3にNo.2, 7, 14, 30の打込み時間のヒストグラムを示す。打込み時間の平均値は約5~8分間にあり、運搬時間の違いの影響は特に認められなかった。打込み時間の差は施工箇所への打込み易さの違いによるものと思われる。

打込み時間の平均値が最も短いNo.14はマットスラブの打込みでありであった。アジテータ車1台あたりの積載量は最終調整の場合

を除き、 4.25m^3 なので、マットスラブでは約 $50\text{m}^3/\text{h}$ で打ち込んでいた計算となる。

なお、特にトラブルがない場合でも、打込み開始時、最終の調整時、配管の切替時および休憩後の再開時などで打込み時間は長くなる傾向にあった。

(4) 総時間

図-4にNo.2, 7, 14, 30の出荷から打込み終了までの総時間のヒストグラムを示す。運搬時間が長いほど、総時間の平均値だけでなく、標準偏差も大きくなっていることがわかる。

運搬時間の短いNo.30の総時間の平均は約14分であり、

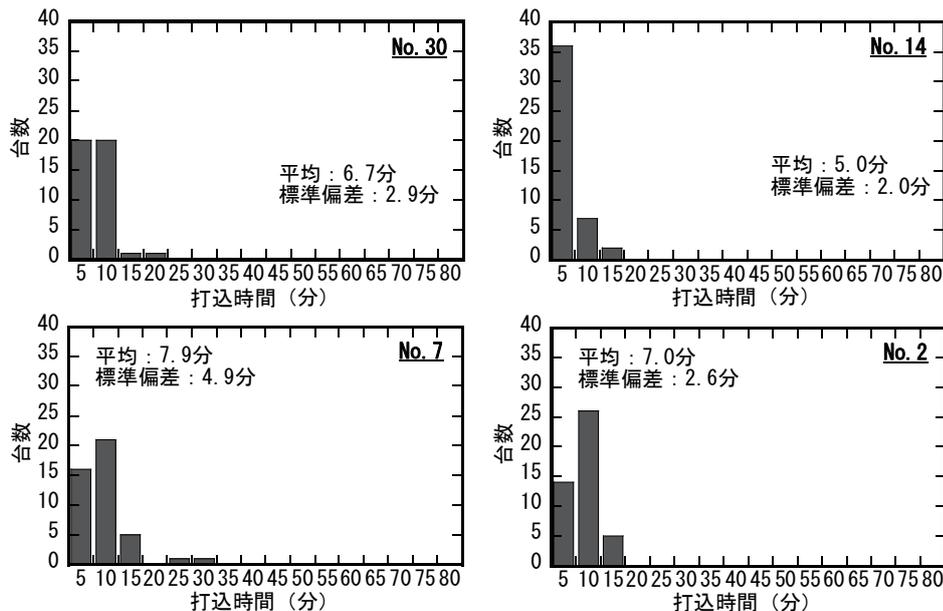


図-3 打込時間のヒストグラム

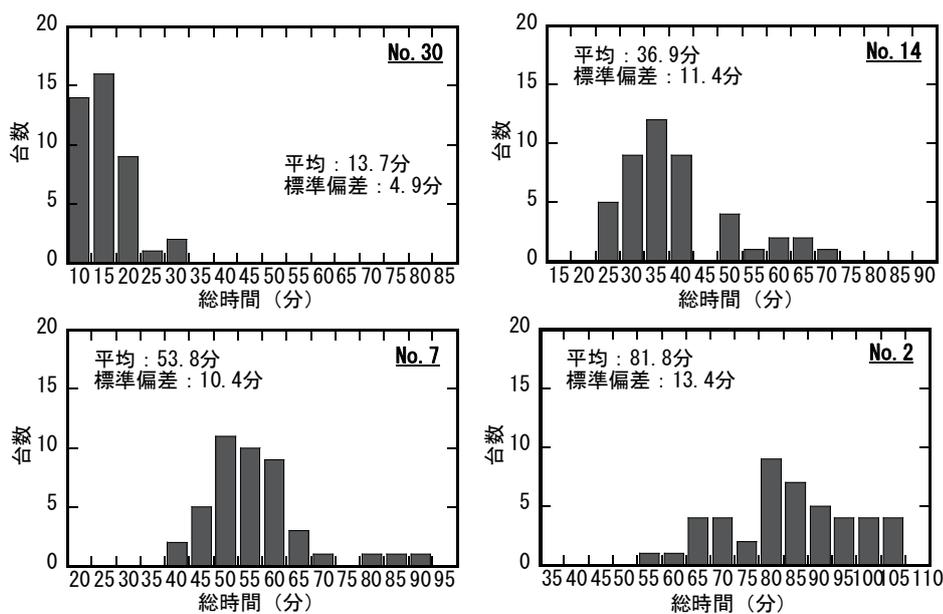


図-4 総時間のヒストグラム

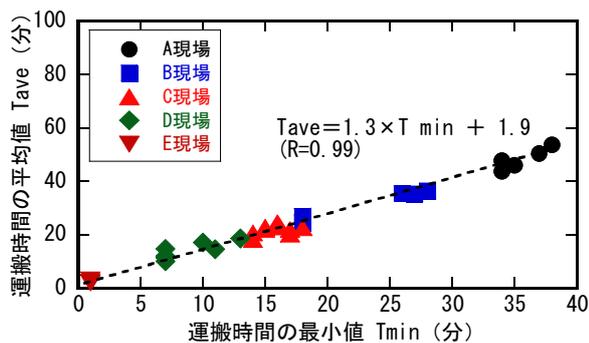


図-5 運搬時間の最小値と平均値との関係

出荷から 30 分以内に全て打込みが終了していたのに対し、運搬時間の長い No.2 の総時間の平均は約 82 分であり、全体の約 1/4 にあたる 12 台で打込み終了までの時間は 90 分を超えていた。

3.2 項目間の関係

(1) 運搬時間の最小値と平均値との関係

デリバリー上の運搬時間とは、平均値を指すと思われるが、最短時間（最小値）で答える工場も多いと考えられる。運搬時間が短いうちはその差は小さいため、どちらを指していても大きな違いはないが、長くなると、その差は大きくなる。

図-5 に、運搬時間の最小値と平均値との関係を示す。運搬時間の最小値と平均値との間の相関は高く、今回の調査では、式 (1) のような回帰式が得られ、運搬時間の平均値は、最小値の概ね 1.3 倍であることがわかった。したがって、実績のない区間を運搬する場合には、交通量の少ない時間帯に調査を実施し、それを 1.3 倍することで運搬時間の平均値を予測することも可能と考えられる。

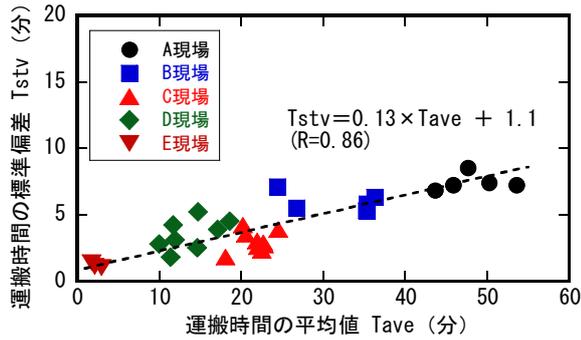
$$Tave = 1.3 \times Tmin + 1.9 \quad (R=0.99) \quad \text{式 (1)}$$

Tave : 運搬時間の平均値 (分)

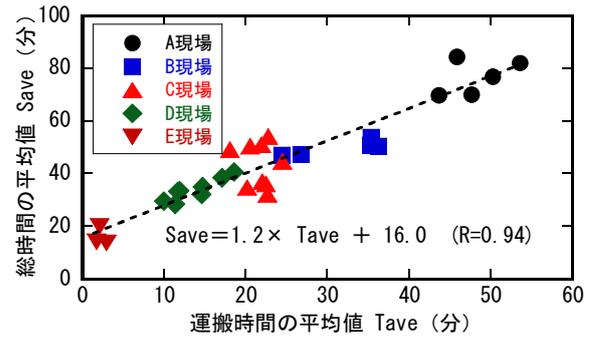
Tmin : 運搬時間の最小値 (分)

(2) 運搬時間の平均値と標準偏差との関係

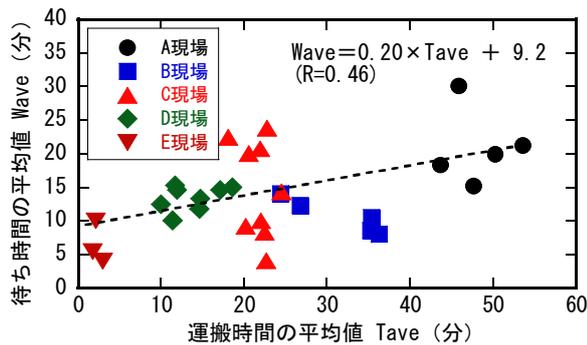
所定の運搬時間を守るためには、そのばらつきの把握も重要である。図-6 に、運搬時間の平均値と標準偏差との関係を示す。



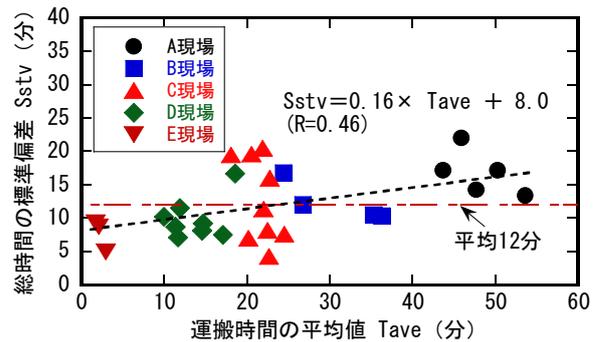
図一六 運搬時間の平均値と標準偏差との関係



図一八 運搬時間の平均値と総時間の平均値との関係



図一七 運搬時間の平均値と待ち時間の平均値との関係



図一九 運搬時間の平均値と総時間の標準偏差の関係

運搬時間の平均値が大きくなるほど、運搬時間の標準偏差は大きくなる傾向にあり、今回の調査の範囲では、式(2)のような回帰式が得られた。式(2)によれば、運搬時間の平均値が30分の場合の標準偏差は約5分、60分の場合の標準偏差は約9分となった。

$$Tstv = 0.13 \times Tave + 1.1 \quad (R=0.86) \quad \text{式(2)}$$

Tstv : 運搬時間の標準偏差 (分)

なお、C現場の運搬時間の標準偏差は概ね回帰式より小さいことから、C現場と各工場間の交通事情は工事期間を通して比較的よかったことが推察される。他方、B現場やD現場では、運搬時間の標準偏差が相対的に大きいプロットもあることから、施工当日に交通渋滞の影響を受けたことが推察される。

(3) 運搬時間の平均値と待ち時間の平均値との関係

図一七に運搬時間の平均値と待ち時間の平均値との関係を示す。運搬時間が長くなるほど、待ち時間も長くなる傾向は認められたものの、相関は高くはなかった。回帰式を式(3)に示す。前述のように現場固有の条件の影響を強く受けたためと考えられる。

$$Wave = 0.20 \times Tave + 9.2 \quad (R=0.46) \quad \text{式(3)}$$

Wave : 待ち時間の平均値 (分)

(4) 運搬時間の平均値と総時間の平均値との関係

図一八に運搬時間の平均値と総時間の平均値との関係を示す。運搬時間が長くなるほど、総時間も長くなり、今回の調査では、式(4)のような回帰式が得られ、運搬時間の平均値と総時間の平均値との相関も高いことが確認できた。

$$Save = 1.2 \times Tave + 16.0 \quad (R=0.94) \quad \text{式(4)}$$

Save : 総時間の平均値 (分)

(5) 運搬時間の平均値と総時間の標準偏差との関係

図一九に運搬時間の平均値と総時間の標準偏差の関係を示す。運搬時間が長くなるほど標準偏差は大きくなる傾向にあったものの、明確な関係ではなく、標準偏差の最大値は22分、平均値は12分であった。回帰式を式(5)に示す。

$$Sstv = 0.16 \times Tave + 8.0 \quad (R=0.46) \quad \text{式(5)}$$

Sstv : 総時間の標準偏差 (分)

運搬時間の平均値と総時間の標準偏差の相関が小さかったのは、総時間の標準偏差が現場と工場間の交通事情や待ち時間のばらつきといった現場固有の条件によっても左右されるためと考えられる。前述のように工場との連絡を密に取っているB現場では、運搬時間が長い

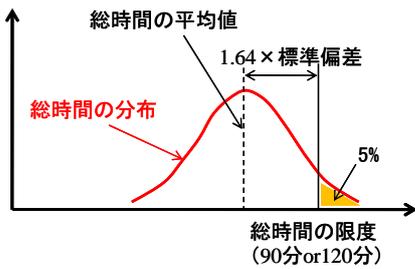


図-10 圧縮強度の平均値と標準偏差との関係

表-2 試算結果一覧

	時間限度 120 分 (外気温 25℃未満)	時間限度 90 分 (外気温 25℃以上)
総時間の標準偏差	17.9 分	14.7 分
総時間の平均値	90.5 分	66.0 分
運搬時間の平均値	61.9 分	41.9 分
運搬時間の最小値	46.2 分	30.8 分

割には、待ち時間は比較的小さく、プロットも回帰線を概ね下回ることから、工場との連絡を密に行うことを前提とすれば、総時間の標準偏差をある程度低く抑えることは可能と考えられる。

3.3 打込み終了までの時間限度を守るための運搬時間

JASS5によれば、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分とされている。今回の調査結果をベースとして、この限度を守るための運搬時間について求めることにした。なお、ここでは、練混ぜから打込み終了までの時間と総時間は、同義と見なすこととする。

図-10のように、総時間のばらつきを正規分布と仮定し、95%の確率で総時間の限度が120分、90分となる場合の総時間の標準偏差と平均値および運搬時間の平均値を式(4)と式(5)より試算した。さらに、運搬時間の平均値と式(1)より運搬時間の最小値も試算した。

試算結果は表-2のとおりであり、時間限度を120分とした場合の運搬時間の平均値の目安は約62分、最小値の目安は約46分であり、時間限度を90分とした場合の運搬時間の平均値の目安は約42分、最小値の目安は約31分となった。

したがって、これらの運搬時間を目安に、レディーミクストコンクリート工場を選定することが望ましく、運搬時間がこれよりも長くなる場合には、予め、想定される上限の温度条件において、フレッシュ性状の経時変化を確認し、必要に応じて対策を講じておくことが施工時のコンクリートの品質確保にもつながると考えられる。

4. まとめ

レディーミクストコンクリート工場の選定や建設現場におけるコンクリートの施工時間を絞り込むための基礎資料を得るため、複数の現場よりデリバリーシートを入手し、運搬時間、待ち時間、打込み時間および総時間の分布や相互の関係を整理した。本検討において得られた主な知見は以下のとおりである。

- (1) 運搬時間が長くなるほど、そのばらつきも大きくなる傾向を示した。また、運搬時間の最小値と平均値との間の相関は高く、運搬時間の平均値は最小値の概ね1.3倍であった。
- (2) 運搬時間が長くなるほど、待ち時間も長くなる傾向は認められたものの、相関は高くはなかった。運搬時間の違いよりも現場固有の条件の影響を強く受けたためと考えられる。
- (3) 1車あたりの打込み時間の平均値は約5~8分の間にあった。打込み時間の差は施工箇所の打込み易さの違いによるものと思われる。
- (4) 運搬時間が長いほど、打込み終了までに要する時間は長くなった。また、打込み終了までに要する時間の標準偏差も大きくなる傾向は認められたものの、相関は高くはなかった。打込み終了までに要する時間は、施工当日の現場と工場間の交通事情や待ち時間のばらつきといった現場固有の条件によっても左右されるためと考えられる。
- (5) 出荷から打込み終了までの時間のばらつきを正規分布と仮定し、95%の確率で打込み終了までの時間の限度が120分、90分となる場合の運搬時間を試算すると、前者の場合の運搬時間の平均値の目安は約62分、最小値の目安は約46分であり、後者の場合の運搬時間の平均値の目安は約42分、最小値の目安は約31分となった。

参考文献

- 1) 日本規格協会：JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」、p.5, 2009
- 2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート工事標準仕様書・同解説 JASS5「鉄筋コンクリート工事」、p.20, 2009
- 3) 日本建築学会：鉄筋コンクリート工事標準仕様書・同解説 JASS5「鉄筋コンクリート工事」、p.23, 2009
- 4) 黒田泰弘ほか：建築現場用レディーミクストコンクリートの実態調査(その1. デリバリーシートの分析)、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.847-849, 2011.08