

# 報告 レディーミクストコンクリート工場の製造・運搬・品質管理における スランプ管理の実態とスランプ低下の傾向に関する調査

湯本 哲也<sup>\*1</sup>・中田 善久<sup>\*2</sup>・斉藤 丈士<sup>\*3</sup>・大塚 秀三<sup>\*4</sup>

**要旨:** レディーミクストコンクリート工場のスランプ管理の実態を把握する目的で、レディーミクストコンクリート工場の管理記録より各段階のスランプまたは目視スランプの整合の関係、呼び強度16~42のレディーミクストコンクリートおよび調合管理強度47.5N/mm<sup>2</sup>の高強度コンクリートの運搬記録から各種施工条件の違いによる運搬時間、待ち時間および打込み時間の傾向について調査し、また、運搬記録および品質記録から荷卸し地点における各種施工条件の違いによる目視スランプとの関係を調査し、スランプロスの傾向を明らかにしたものである。

**キーワード:** レディーミクストコンクリート、目視スランプ、スランプロス、品質管理、運搬記録

## 1. はじめに

レディーミクストコンクリート工場（以下、生コン工場という。）では安定した品質のレディーミクストコンクリート（以下、生コンという。）を製造・納入するために製造工程の各段階において様々な管理を行っており、記録がとられているが、生コン使用者の受入検査で何かあったケースについて製品検査記録や工程管理記録が確認される程度で、これらの記録が詳細に分析されることは少ない。ましてこれらのデータを連携して整理し分析した例は極めて稀である。そこで筆者らは生コンの製造・運搬・品質管理に関わる様々な傾向を明らかにするために、生コン工場の品質記録の整理・分析を行っており、これまでに運搬記録における目視によるスランプの記録を生コンの自主管理に適用できる可能性<sup>1)</sup>を示した。本報告では、生コンのスランプ管理の実態を把握するために、製造記録、工程管理記録および運搬記録から各段階におけるスランプまたはスランプ推定値の整合および建設現場における各種施工条件がスランプの低下に及ぼす影響について調査した結果を述べる。また、運搬記録を元に建設現場の各種施工条件の違いによる生コンの運搬時間、待ち時間および打込み時間の傾向についても述べる。

## 2. 生コン工場の管理記録

### 2.1 工程管理記録

工程管理記録は、生コン工場で製造する生コンの製造工程管理のために行う試験で、JIS Q 1011に「スランプは、全バッチについて目視などによる確認を行い、かつJIS A 1101による場合には、1回以上/午前、1回以上/

午後測定を行う。」とされており、この全バッチについて目視による確認は、生コン工場の製造係りが製造記録として記録しているものである。

この製造記録とは、生コンの計量・練混ぜ・積み込み作業において生コンの製造係りが生コンの計量、練混ぜおよび積み込み作業終了時に記録するもので、その内容は、車番、発時間、数量又バッチ毎に目視によるスランプ、容積、ワーカビリティチェックなどである。

次に、JIS A 1101による試験は、生コン工場においてトラックアジテータから採取した試料により技術係りがJIS A 1101により測定したスランプ(cm)を記録したものである。

### 2.2 運搬記録

運搬記録は、生コン工場の自主管理に用いるもので、生コン車の運転手が記録している。この内容は、生コンの容積、生コンの呼び強度、生コンの呼び名におけるスランプ（以下、呼びスランプと称する。）、製造地点および荷卸し地点における目視スランプ、場内運搬方法、使用箇所、生コン工場から現場までの距離（以下、輸送距離という。）、生コン工場から現場に到着するまでに要した時間（以下、輸送時間という。）、現場での待ち時間（以下、待ち時間という。）および打込み時間などである。なお、運搬時間と打込み時間の概要を図-1に示す。

### 2.3 製品検査記録

製品検査記録は、生コン工場で製造する生コンの荷卸し地点における製品検査のために行う試験で、荷卸し地点においてトラックアジテータから試料を採取し技術係りがJIS A 1101により測定したスランプ(cm)（以後、実測スランプという。）などを記録したものである。

\*1 (株) 和田砂利商会 (正会員)

\*2 日本大学理工学部建築学科 教授 博士 (工学) (正会員)

\*3 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) (正会員)

\*4 ものつくり大学技能工芸学部建設学科 准教授 博士 (工学) (正会員)

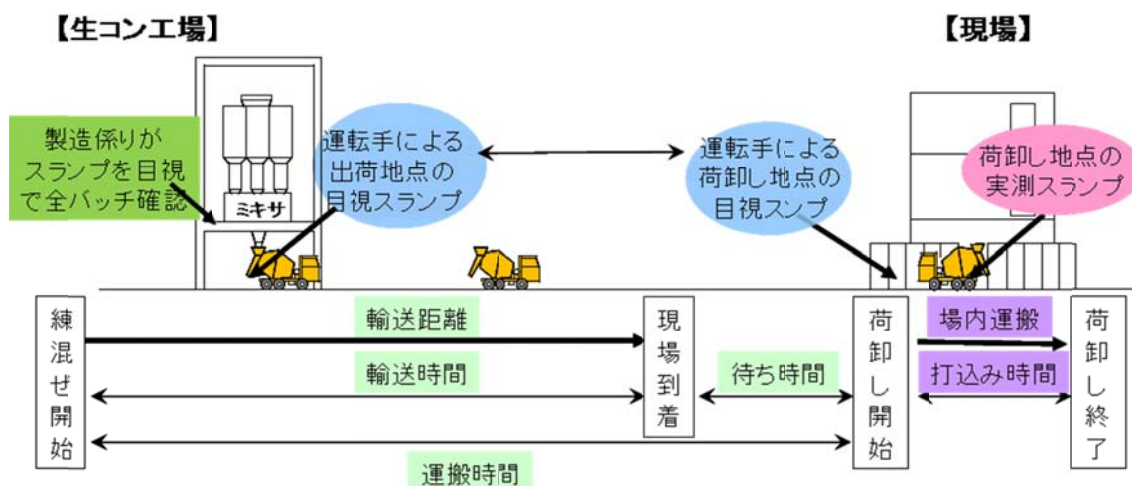


図-1 練混ぜから打込み終了までの流れ

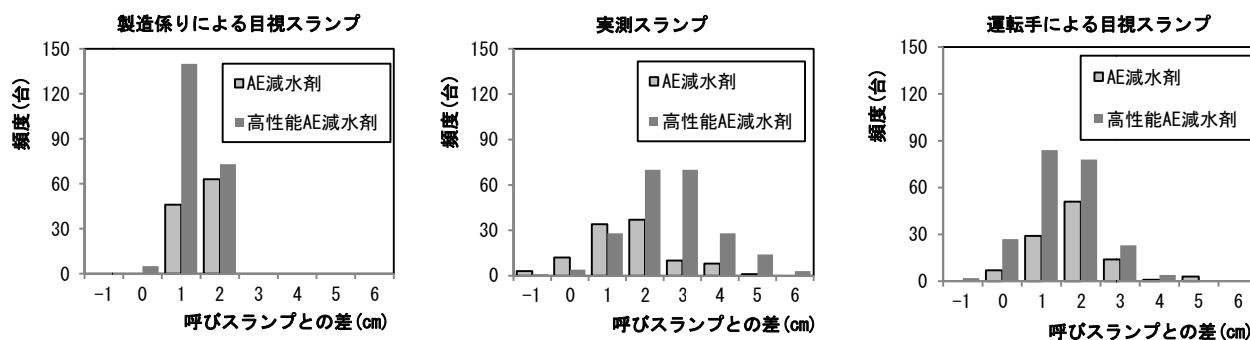


図-2 製造地点における呼びスランブと実測スランブ、製造係りおよび運転手による目視スランブの差

### 3. 製造・運搬時の各段階におけるスランブの整合

#### 3.1 調査概要

平成26年7月1日～10月31日までの普通コンクリートとして呼び強度16～42，高強度コンクリートとして調合管理強度47.5N/mm<sup>2</sup>の3,750データについて工程管理および製品検査記録における実測スランブのある327データについて製造記録による目視などによるスランブ（以下、目視スランブという。）について整理を行った。

#### 3.2 調査結果

##### (1) 製造地点におけるスランブの試験または推定結果

製造地点における呼びスランブと実測スランブ，製造係りによる目視スランブおよびトラックアジテータの運転手による目視スランブの差を図-2に示す。なお、呼びスランブと各目視スランブの差については、-0.5以上0.5未満で四捨五入をして集計した。

練上りのスランブは，工程管理規定においてスランブロス considering 荷卸しの目標スランブに対し標準期は1cm，夏期は2cmを割り増しており，製造係りによる目視スランブの呼びスランブとの差は，概ねこれに準ずる結果となった。

実測スランブと呼びスランブの差は，AE 減水剤を用いたコンクリートで平均 1.6cm，高性能 AE 減水剤を用

いたコンクリートで平均 2.4cm となり，同じ呼びスランブの場合に若干ではあるが高性能 AE 減水剤を用いた方が実測スランブは大きくなる傾向を示した。

一方，運転手による目視スランブと呼びスランブの差は，AE 減水剤を用いたコンクリートが平均 1.8cm で実測スランブとほぼ同等，高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートが平均 1.4cm で実測スランブよりも小さくなった。この結果は，運転手による目視スランブは AE 減水剤を用いたコンクリートでは実測スランブに近いが，高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートでは実測スランブよりも小さい場合が多いことを示している。これは，高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートは化学混和剤の減水率が高く単位水量が小さくなるため AE 減水剤を用いたコンクリートよりも粘性が高まる傾向にある<sup>2)</sup>ことが影響していると考えられる。したがって，高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートは，粘性の影響により目視スランブが実際のスランブよりも小さく推定される傾向にあると考えられる。

なお，実測スランブおよび運転手による目視スランブのいずれも，呼びスランブとの差の最大値および最小値にAE減水剤を用いた場合と高性能AE減水剤を用いた場合で大きな差は見られなかった。

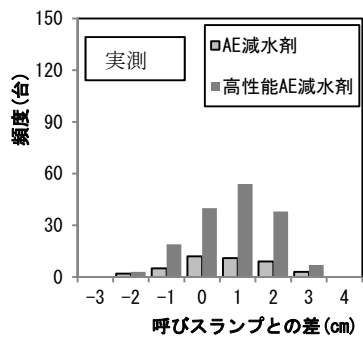


図-3 荷卸し地点における実測スランプ，呼びスランプおよび運転手による目視スランプとの関係

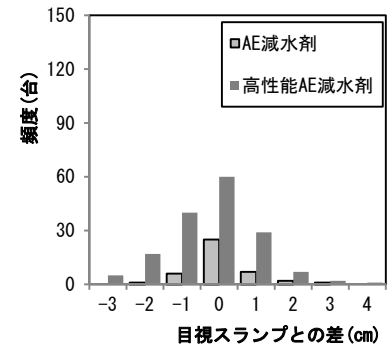
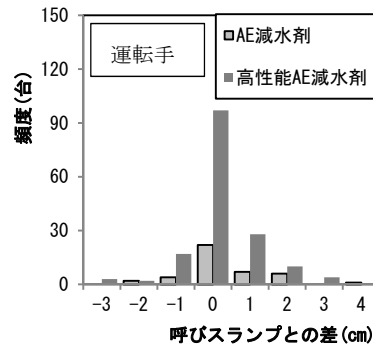


図-4 荷卸し地点における実測スランプと目視スランプとの関係

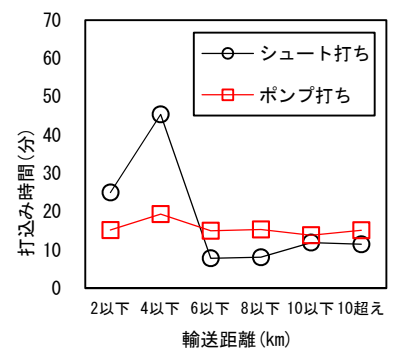
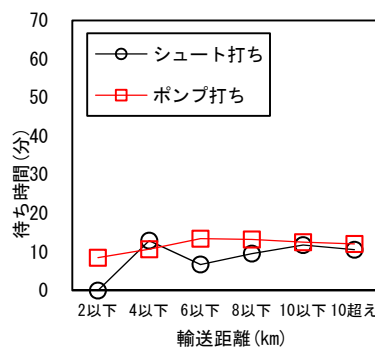
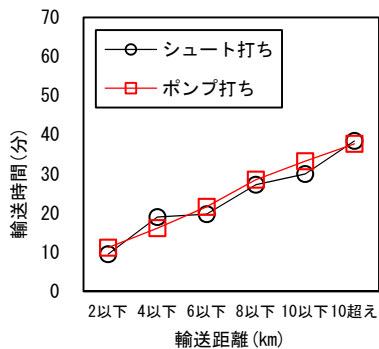


図-5 輸送距離と場内運搬方法の違いによる輸送時間，待ち時間および打込み時間の関係

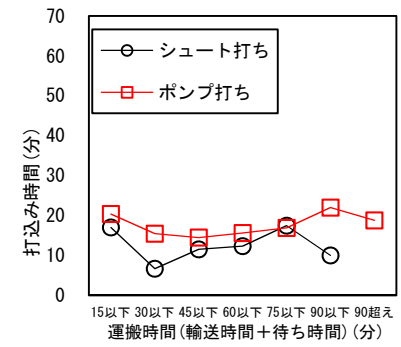
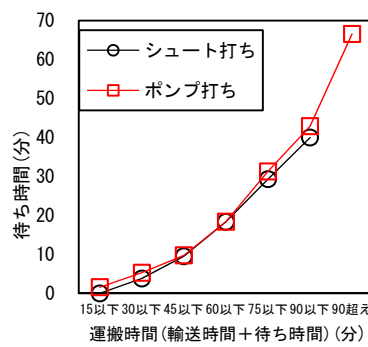
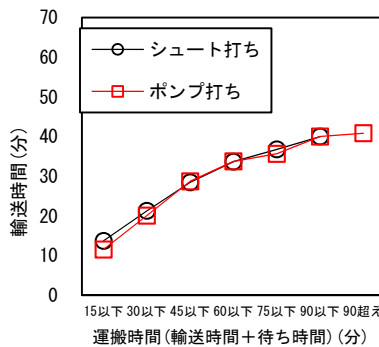


図-6 運搬時間と場内運搬方法の違いによる輸送時間，待ち時間および打込み時間の関係

(2) 荷卸し地点におけるスランプの試験または推定結果

荷卸し地点における呼びスランプと実測スランプおよびトラックアジテータの運転手による目視スランプの差を図-3に示す。

荷卸し地点における実測スランプと呼びスランプの差の平均値は，AE 減水剤と高性能 AE 減水剤で 0.4cm，0.6cm と呼びスランプと実測スランプの差の最大値と最小値の範囲をみると，どちらも呼びスランプよりも大きい結果となった。これは荷卸し地点において呼びスランプを下回らないように目標スランプを設定しているためによるものと考えられる。次に，運転手による目視スランプと呼びスランプの差の平均値は，AE 減水剤と高性能 AE 減水剤ともにほぼ呼びスランプ近傍になったが，目視スランプと呼びスランプの差の最大値および最小値

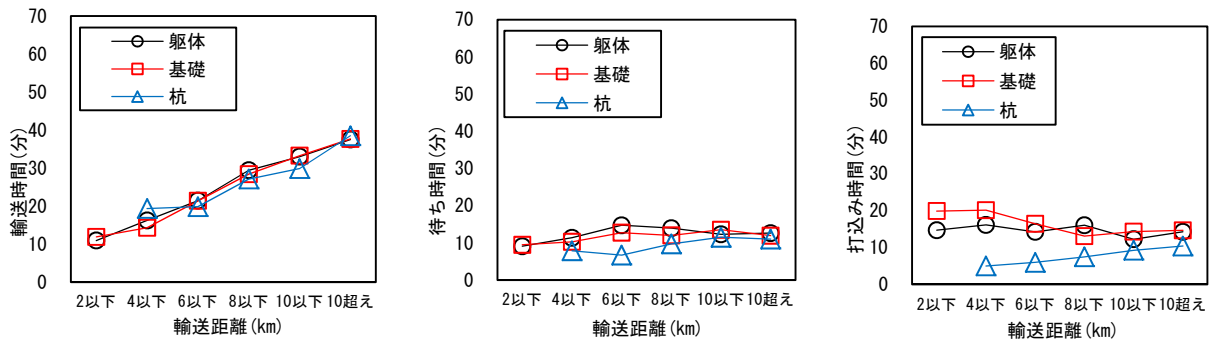
は大きい結果となった。

次に，荷卸し地点における実測スランプと運転手による目視スランプの差を図-4に示す。

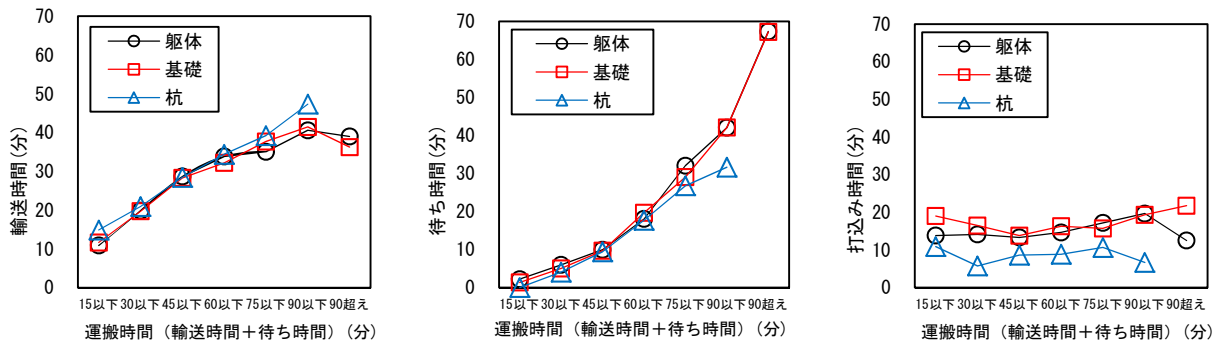
荷卸し地点における実測スランプと目視スランプの差の平均値，最大値および最小値は，AE 減水剤および高性能 AE 減水剤どちらの場合においてもほぼ同じような値であった。

4. 各種施工条件の違いによる輸送時間，待ち時間および打込み時間の傾向

生コンの練混ぜから打込み終了までの時間は，レディーミクストコンクリート納入書の納入時刻の着時間と発時間との差によるとされているが，JASS5:2009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



図一七 輸送距離と使用箇所の違いによる輸送時間、待ち時間および打込み時間の関係



図一八 運搬時間と使用箇所の違いによる輸送時間、待ち時間および打込み時間の関係

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。」と規定されていることなどから、運搬時間は生コン工場と建設現場との距離で判断されているが、運搬時間には生コン工場から建設現場まで輸送する時間と建設現場に到着してから荷卸し地点に着けるまで現場付近および現場内で待っている待機する時間があり、現場まで輸送する時間は交通事情等により変動し、現場で待機する時間も施工条件等により変化する。この現場まで輸送する時間は距離と一定の相関関係は推察できるが、現場で待機する時間との関係について不明な点があり、これを明らかにすることで運搬時間予測の精度向上にもつながり施工時のコンクリートの品質確保にもなると考えられる。

#### 4.1 調査概要

平成26年7月1日～10月31日までの普通コンクリートとして呼び強度16～42、高強度コンクリートとして調査管理強度47.5N/mm<sup>2</sup>の3,750データについて生コン工場の運搬記録における場内運搬方法および使用箇所の違いに分類しJISにおける運搬時間を輸送時間と待ち時間とし、打込み時間について整理を行った。

#### 4.2 調査結果

##### (1) 場内運搬方法の違いによる輸送時間、待ち時間および打込み時間の関係

輸送距離と場内運搬方法の違いによる輸送時間、待ち時間および打込み時間の関係を図一5に、運搬時間と場内

運搬方法の違いによる輸送時間、待ち時間および打込み時間の関係を図一6に示す。

場内運搬方法の違いによる輸送距離と輸送時間、待ち時間および打込み時間を比べると、どちらも輸送距離が長くなると長くなる傾向を示したが、輸送距離が長くなっても待ち時間に大きな変化は無かった。また、打込み時間については、輸送距離が短い4km以下の現場数が少なかったために大きな値になったが、それ以降ではポンプ打ちに比ベシュート打ちの方が打込みに掛かる時間は短くなる傾向を示し、打込み時間の平均はシュート打ち、ポンプ打ちで10.0分、15.3分であった。

次に、場内運搬方法の違いによる運搬時間と輸送時間、待ち時間および打込み時間を比べると、運搬時間が長くなると輸送時間は比例して長くなる傾向を示したが、待ち時間は運搬時間が長くなるとより長くなる傾向を示した。これは、運搬時間が輸送時間よりも待ち時間の影響をより大きく受けていると考えられる。打込み時間は運搬時間が長くなっても大きな変化は無かった。

##### (2) 輸送距離と使用箇所の違いによる輸送時間、待ち時間および打込み時間の関係

輸送距離と使用箇所の違いによる輸送時間、待ち時間および打込み時間の関係を図一7に、輸送距離と使用箇所の違いによる輸送時間、待ち時間および打込み時間の関係を図一8示す。

使用箇所の違いによる輸送距離と輸送時間、待ち時間および打込み時間を比べると、輸送時間は輸送距離が長

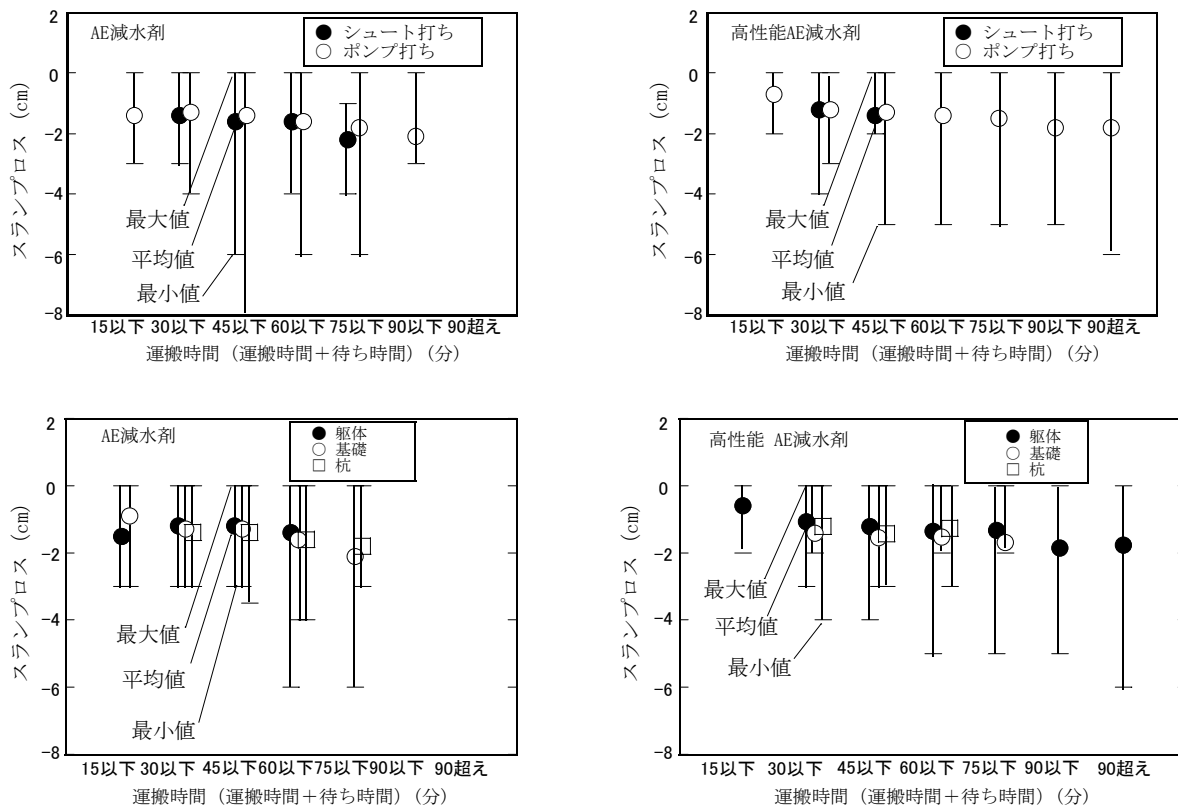


図-9 運搬時間の違い、場内運搬の違い、使用箇所の違いおよび化学混和剤の種類違いによるスランプロス

くなると比例して長くなる傾向を示すが、待ち時間および打込み時間は、輸送距離が変わっても大きな変化はなかった。使用箇所の違いを比べると、躯体および基礎は同じような傾向を示したが、杭の場合は、待ち時間および打込み時間において若干ではあるが距輸送距離が長くなると待ち時間および打込み時間が長くなっていた。次に、運搬時間と使用箇所の違いによる輸送時間、待ち時間および打込み時間を比べると、運搬時間が長くなると輸送時間は長くなるが運搬時間が90分を超えると若干短くなった。また、待ち時間は、運搬時間が長くなるとより長くなる傾向を示した。これは、運搬時間が輸送時間よりも待ち時間の影響をより大きく受けているためと考えられる。打込み時間は、躯体および基礎は同じような傾向を示し運搬時間が長くなっても大きな違いはなかったが、躯体および基礎に比べると杭の打込み時間は短い結果となった。

## 5. 各種施工条件の違いによるスランプ低下の傾向

### 5.1 調査概要

平成26年7月1日～10月31日までの普通コンクリートとして呼び強度16～42、高強度コンクリートとして調査管理強度47.5N/mm<sup>2</sup>の3,750データについて生コン工場の運搬記録における荷卸し地点と積込地点の運転手による目視スランプの差（以下、スランプロスという。）につい

て整理を行った。なお、分類後のデータ数が10未満のものは除外した。

### 5.2 調査結果

運搬時間の違い、場内運搬方法の違い、使用箇所の違いおよび化学混和剤の種類の違いにより区分したスランプロスを集計した結果を図-9に示す。なお、ここでは、スランプロスの傾向として、スランプロスの平均値および範囲について検討している。

場内運搬方法の違いによるスランプロスをAE減水剤と高性能AE減水剤で比較すると、AE減水剤を用いた生コンのスランプロスの最小値は、運搬時間30分を超えた辺りで大きくなっており高性能AE減水剤を用いた生コンより早い時間帯からスランプロスの範囲が大きくなった。一方、スランプロスの平均値は、AE減水剤および高性能AE減水剤を用いた生コンのどちらも場内運搬方法の違いよりも運搬時間が長くなると大きくなる傾向を示した。ただし、場内運搬方法の違いによるスランプロスの傾向の違いは明確ではなかった。

次に、使用箇所の違いによるスランプロスをAE減水剤と高性能AE減水剤で比較すると、AE減水剤を用いた生コンのスランプロスの最小値は、運搬時間45分を超えた辺りで大きくなっており、こちらも高性能AE減水剤を用いた生コンより早い時間帯からスランプロスの範囲が大き

くなった。一方、スランブプロスの平均値は、場内運搬方法の違いと同様にAE減水剤および高性能AE減水剤を用いた生コンのどちらも使用箇所の違いよりも運搬時間が長くなると大きくなる傾向を示した。ただし、使用箇所の違いによるスランブプロスの傾向の違いは明確ではなかった。

以上より、場内運搬方法および使用箇所の違いよりも、使用する化学混和剤の種類および運搬時間の方がスランブプロスに及ぼす影響は大きいと考えられる。

## 6. まとめ

生コンのスランブ管理の実態を把握するために、製造記録、工程管理記録および運搬記録から各段階におけるスランブまたはスランブ推定値の整合および建設現場における各種施工条件がスランブの低下に及ぼす影響について、また、運搬記録を元に建設現場の各種施工条件の違いによる生コンの運搬時間、待ち時間および打込み時間の傾向について調査を行った結果、次のようにまとめられる。

- (1) 製造係りの目視スランブおよび運転手の目視スランブと実測スランブを比較すると製造係りの目視スランブのばらつきが大きい結果となった。
- (2) 荷卸し地点の実測スランブは、目標スランブより大きめにばらつく傾向にあった。

- (3) 運搬時間が長くなると輸送時間は長くなるが、待ち時間はより長くなる傾向を示し、打込み時間は長くならなかった。
- (4) 輸送距離が長くなると輸送時間は長くなるが、待ち時間および打込み時間は長くならなかった。
- (5) 打込み時間は、場内運搬方法がシュート打ちおよび使用箇所が杭の場合に短い結果となった。
- (6) 荷卸し地点におけるスランブプロスは、AE減水剤および高性能AE減水剤ともに運搬時間が長くなると大きくなる傾向を示した。

今後は、荷卸しにおけるスランブの精度向上や輸送効率の向上を目指して本調査により得られた結果をレディーミクストコンクリート工場の業務にフィードバックするとともに、運搬記録の改良ならびに目視スランブの活用を検討していく予定である。

## 参考文献

- 1) 湯本哲也ほか：レディーミクストコンクリートの運搬記録に目視スランブを導入した自主管理の試み，コンクリート工学年次大会論文集，Vol.36,No.1,1594-1599,2013
- 2) 泉達男ほか：高性能AE減水剤を用いたコンクリートの施工性に関する研究，コンクリート工学年次論文集，VOL.22,pp.187-192,2000.6