

# PC 橋のコンクリート施工に関する現状調査と充填性試験 —(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会の取組み—

浅井 洋\*1・徳光 卓\*2・中村 定明\*3・竹中 秀樹\*4

## 1. はじめに

わが国にプレストレストコンクリート (PC) が導入され、すでに 50 余年が経過した。導入当初、PC 技術は小規模の橋梁や枕木などに使用されていたが、技術革新によって、現在では、大規模な構造物に適用されている。

適用構造物の大型化や多様化が達成できた背景としては、架設技術やプレストレス導入技術の進歩が挙げられる。さらに、コンクリート施工上の技術革新としては、生コンクリート、コンクリートポンプ、およびバイブレータの登場と改良が挙げられる。また、コンクリート材料においては混和剤の技術革新がめざましく、現在では、水セメント比が 30% を下回るような富配合のコンクリートを製造することも難しくなくなりつつある。

一方、コンクリートの材料的観点からは、セメント量と水量がともに少なく、硬練りのコンクリートが良いコンクリートであるという常識が存在する。しかしながら、このような流動性に乏しいコンクリートは、鉄筋量が多くバイブレータも届きにくい場所でのコールドジョイントやジャンカの発生原因ともなる。したがって、大型化と複雑化が進む PC 構造物においては、適切な施工性を確保しつつ、コンクリート材料の品質も確保することが重要である。

このような背景のもと、(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会 (PC 建協) ではスランプ検討小委員会を設け、スランプを中心としたコンクリートの施工性能と、施工条件との相関を調査した。さらに、調査から重要性が明らかになったスランプと鉄筋量やバイブレータとの関係について、実験的な検討を実施した。本稿はこれらのアンケート調査結果と試験結果について報告することにより、PC 構造物の施工不良低減に資するものである。

## 2. コンクリートの施工性に関する調査

### 2.1 調査の概要

調査は PC 建協に加盟する会員企業 40 社 (賛助会員を除く) に対して行った。調査対象は、平成 15 年度に施工、あるいは平成 16 年 7 月現在施工中の、プレテンション橋を除くすべての PC 橋梁工事とした。調査方法は、記名回答方式のアンケート調査形式とした。

調査の結果、27 社より 570 現場 802 配合について回答が得られた。ただし、これらの回答にはすべての設問につい

て回答がないものも含まれており、各分析結果における有効回答数は分析対象項目によって異なっている。

なお、本稿ではスランプの表記について以下の略称を用いるものとする。

- (1) 設計スランプ 発注時の仕様に規定されていたスランプ
- (2) 配合スランプ 示方配合に示されたスランプで、施工者と生コンメーカーの契約スランプ
- (3) 計画スランプ 時間的にもっとも打設段階に近い施工計画上のスランプ (たとえば、ポンプ打設において筒先スランプが明示されている場合は筒先スランプの計画値。荷卸しスランプしか明示されていない場合は荷卸しスランプの計画値)。

本稿では調査結果のうち、コンクリートのスランプと打設に関連する項目のみを抽出し紹介する。

### 2.2 設計スランプと配合スランプ

表-1 に設計スランプと配合スランプを、図-1 に設計スランプと配合スランプの分布図を示す。ここでの設計スランプは仕様書に明記されたスランプであり、配合スランプは配合設計で算出されたスランプである。設計スランプは

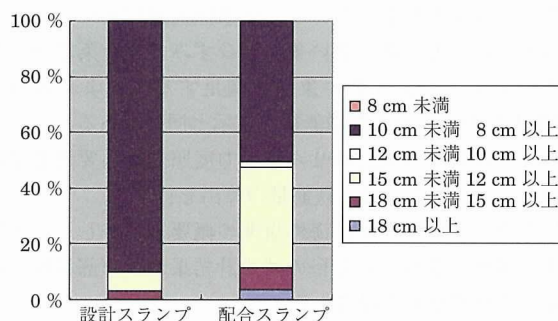


図-1 設計スランプと配合スランプの比較

表-1 設計スランプと配合スランプの比較

	設計スランプ	配合スランプ
18 cm 以上	0	22
18 cm 未満 15 cm 以上	24	48
15 cm 未満 12 cm 以上	51	221
12 cm 未満 10 cm 以上	2	11
10 cm 未満 8 cm 以上	688	311
8 cm 未満	1	0
合計	766	613

\*1 Hiroshi ASAI : (社)プレストレストコンクリート建設業協会

\*2 Suguru TOKUMITSU : (社)プレストレストコンクリート建設業協会

\*3 Sadaaki NAKAMURA : (社)プレストレストコンクリート建設業協会

\*4 Hideki TAKENAKA : (社)プレストレストコンクリート建設業協会

10 cm 未満 8 cm 以上が 全回答数 766 件中 89.8 % (688 件) と大半を占めていた。しかし、配合スランブは全回答数 613 件中 49.3 % (302 件) で 10 cm 以上としており、10 cm 未満 8 cm 以上の割合は全回答数 613 件中の 50.7 % (311 件) とどまった。

### 2.3 スランブの変更理由

スランブを変更した理由および現場状況について 286 件の回答が得られた。表 - 2 にスランブの変更理由を示す。なお、1 回答につき複数の理由が記載されている場合は複数回答として項目別に集計を行っている。

表 - 2 スランブの変更理由

大項目	小項目	回答数
コンクリートの充填性確保	PC 鋼材・鉄筋の密な配置	68
	中空床版橋の円筒型枠下部	22
	打設箇所について	27
	その他	12
	計	129
スランブロスによる影響	圧送距離が長い	43
	夏季のコンクリート打設	33
	運搬距離が長い	3
	計	79
ポンプ打設による影響	圧送能力, ポンプ閉塞	58
作業性・施工性の確保		34
施工実績の準用		8
その他		25
合計 (全回答 286 件中)		333

#### (1) コンクリートの充填性確保

スランブの変更理由としてもっとも多かったのは、コンクリートの充填性確保に関する項目であり、全回答中 38.7 % (129 件) であった。その代表的な意見を以下に示す。

- ・ PC 鋼材および鉄筋が密に配置されている。
- ・ 中空床版橋の円筒型枠下部の充填性確保が困難である。
- ・ PC 合成桁やはかま付き T 桁のように主桁ウェブ厚が薄い箇所、箱桁橋の下床版部、斜ウェブ等の斜材の充填性確保が困難である。

#### (2) スランブロスによる影響

配合スランブはスランブロス considering して設定されており、スランブロスに関する回答は 23.7 % (79 件) であった。その代表的な意見を以下に示す。

- ・ ポンプの配管距離やコンクリートの圧送距離が長く、ポンプが閉塞するおそれがある。
- ・ 夏季施工のため、高温によるスランブロスが大きい。
- ・ 生コンクリートの運搬時間が長い。

#### (3) ポンプ打設による影響

コンクリートの打設方法はポンプ車によるものが全回答数 787 件中 85.6 % (674 件) を占め、ポンプ打設をスランブ変更の理由とする意見も多く見られた。

- ・ ポンプ車の圧送能力が不足していた。
- ・ ポンプ閉塞のおそれがある。

#### (4) その他

その他の意見として、コンクリート打設における作業性・施工性の向上や隣接工区のコンクリート配合の準用が

挙げられた。具体的には、コンクリートの打設時間の短縮、コンクリートの表面仕上げの作業性向上が考えられる。

### 2.4 スランブ変更の方法

図 - 2 に高性能 AE 減水剤および流動化剤の使用状況を示す。スランブは、高性能 AE 減水剤や流動化剤を使用することにより、単位水量や水セメント比を変えずに変更されていた。使用状況については、高性能 AE 減水剤を使用した事例が 56.5 % (426 件)、流動化剤を使用した事例が 7.6 % (55 件) であった。なお、これらの変更に必要な費用は約 90 % で施工者が負担していた。

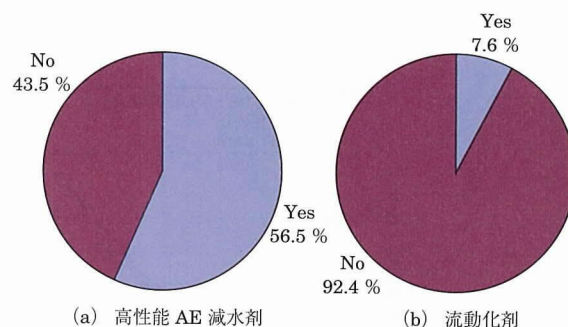


図 - 2 高性能 AE 減水剤および流動化剤の使用状況

### 2.5 スランブと現場条件との相関

#### (1) スランブと平均鉄筋量の関係

計画スランブを 6 ~ 10.4 cm, 10.5 ~ 13.4 cm, 13.5 ~ 16.4 cm, 16.5 ~ 20 cm の 4 範囲に分類し、各範囲に存在する平均鉄筋量のデータを図 - 3 に示すように正規確率紙にプロットした。正規確率紙上のデータは上限値と下限値の近くで直線相関を外れるものの、ほぼ直線的に分布しており、回帰式の相関係数も 0.9 を上回っている。このことから、データの分布はほぼ正規分布に従っていると推定される。

計画スランブ 6 ~ 10.4 cm, 10.5 ~ 13.4 cm, 13.5 ~ 16.4 cm, 16.5 ~ 20 cm に対する平均鉄筋量の算術平均値は、順に、123.8, 140.1, 173.0, 205.7 kg/m<sup>3</sup> となり、スランブの増加につれて平均鉄筋量も増加する傾向が見られた。図 - 4 に計画スランブと平均鉄筋量の関係を示す。両者の関係はほぼ線形であり、回帰式との相関は 0.98 と、良い相関が得られている。このことから現場で使用されているスランブの実態に基づくならば、数量計算書に基づく平均鉄筋量から、一般的に適用できる計画スランブを算定することは可能と考えられる。なお、本調査の範囲内から得られた計画スランブと平均鉄筋量の関係式は式 (1) のとおりであった。

$$S_L = -5.44 + 0.12 S_a \quad (1)$$

ただし、 $S_L$  : 計画スランブ (cm),

計画スランブは 8 cm ~ 18 cm の範囲

$S_a$  : 平均鉄筋量 (kg/m<sup>3</sup>)

#### (2) スランブと管内圧力損出の関係

ポンプ施工の場合、圧送距離が長い場合や曲がりの多い配管が必要な状況では、管内圧力損出が大きくスランブロ

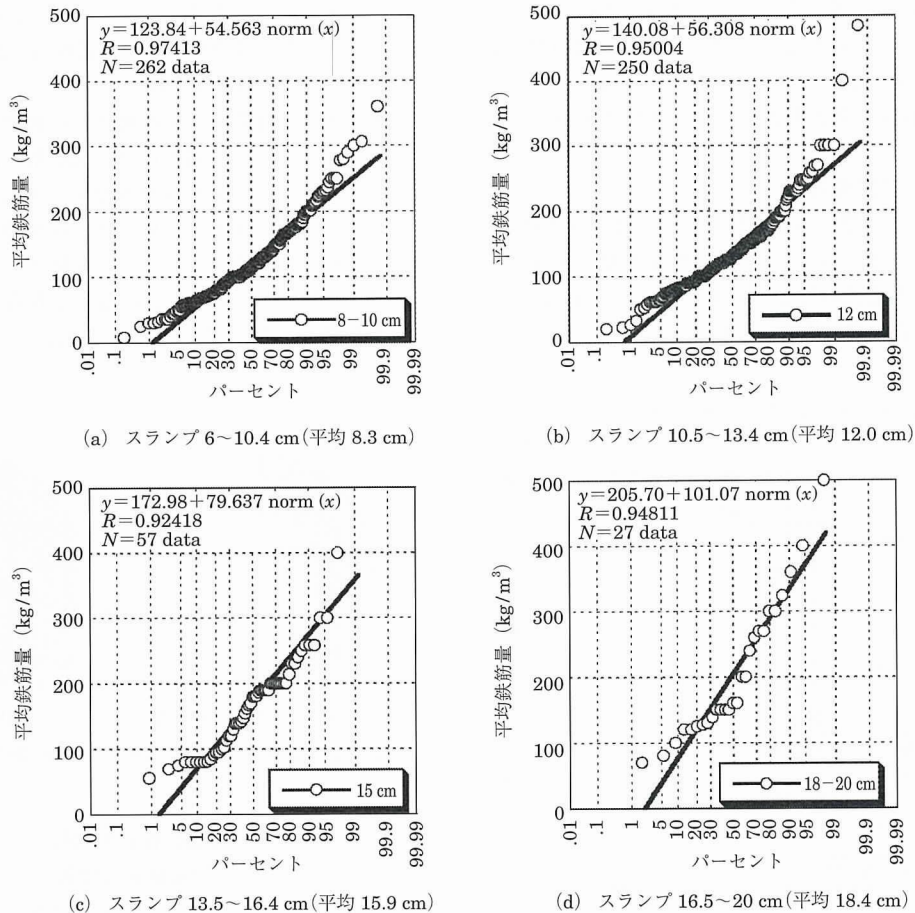


図-3 各スランプ範囲における平均鉄筋量の正規確率

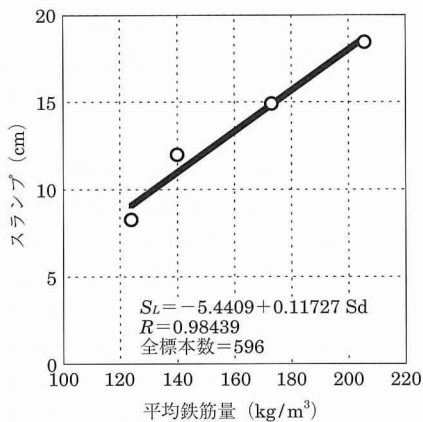


図-4 スランプと平均鉄筋量の関係

スが大きくなるため、スランプの大きなコンクリートが選択されることが多い。そこで、ポンプ施工における荷卸し時スランプと筒先スランプならびにポンプ圧送条件が明確な63現場124配合について、荷卸し時のスランプと管内圧力損失の計算値の関係を図-5に示す。この図から、荷卸し時スランプと管内圧力損失の計算値の上限値には図中の破線のような線形関係が見られる。つまりこの破線(上限線)は、ポンプ圧送性により決定されるスランプの大きさを表すものといえる。一方、この図には管内圧力損失が

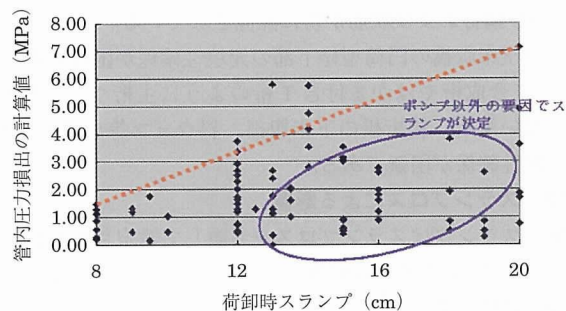


図-5 荷卸し時スランプと管内圧力損失計算値の関係

小さい場合でも大きなスランプを選定するデータも確認できる。この理由としては、スランプが過密配筋などのポンプ施工以外の要因で決定されることが考えられる。

### 2.6 現場におけるコンクリート打設上の工夫

コンクリートの充填性は材料の流動性だけで達成できるものでなく、コンクリート打設における施工上の工夫を行うことが重要である。現場におけるコンクリート打設上の工夫について192件の回答が得られた。表-3にコンクリート充填性向上のための施工上の工夫を示す。1回答につき複数の項目が含まれる場合は、複数回答として項目別に集計を行った。

表-3 コンクリート充填性向上のための施工上の工夫

大項目	小項目	回答数
適切なバイブレータ	外部振動機の使用	28
	棒バイブレータの使用	25
	小型バイブレータの使用	11
	高周波パイプ、太径パイプの使用	10
	板バイブレータの使用	6
	その他	7
	計	87
型枠に開孔を設置	打設孔の設置	24
	バイブレータの挿入孔の設置	9
	計	33
作業員およびバイブレータ配置	作業員の配置	15
	バイブレータ数を増加	14
	計	29
鉄筋のあき確保	打設時の鉄筋	14
	鉄筋配置の変更	7
	計	21
充填性の確認	透明型枠の使用	5
	検査窓の設置、投光器の使用	6
	計	11
再振動の実施		9
その他	打設順序および打設時間	8
	エア抜きの設置	7
	打設槽の暑さ、打設回数	6
	その他	28
	計	49
合計 (回答 192 件中)		239

## (1) 適切なバイブレータを使用する。

PC 鋼材および鉄筋が密に配置された箇所やバイブレータの届きにくい箇所などについて、施工条件に応じたバイブレータを選択するとの回答がもっとも多く、全回答中 87 件であった。その代表的な意見を以下に示す。

- ・外部振動機（型枠バイブレータ、壁バイブレータ）を使用する。
- ・バイブレータの届きにくい箇所には、長尺の棒バイブレータを、鉄筋が密で鉄筋間隔が狭い箇所では、小型バイブレータを使用する。
- ・締固め能力の高い高周波バイブレータ、太径のバイブレータを使用する。
- ・型枠側面の気泡を取り除くために、板バイブレータを使用する。

## (2) 型枠に開孔を設ける。

- ・鉄筋が密に配置された箇所、部材高が大きい場合などでは、型枠に打設孔やバイブレータの挿入孔を設ける。

## (3) 作業員およびバイブレータの配置。

- ・コンクリート打設前に作業員の配置を計画し、打設責任者を明確にするとともに、バイブレータの使い方に関する教育を行う。
- ・バイブレータの数を多くする。

## (4) 鉄筋のあきを確保する。

- ・鉄筋が密に配置された箇所では、先行打設部の施工後に鉄筋を組む、あるいは鉄筋の間隔を広げておき打設終了後に配筋を戻す。
- ・鉄筋径を大きくし鉄筋間隔を広げる。

- ・補強鉄筋量が多い PC 鋼材定着具周辺では、定着突起の形状および PC 鋼材種類を変更する。

## (5) 充填状況を確認する。

- ・コンクリートの充填確認のため透明型枠を使用する。
- ・充填状況が確認できない箇所については、型枠に開孔（検査窓）を設けたり、投光器を使用したりして目視する。

## (6) その他

その他の対策としては、打設後の再振動締固め、打重ね部のコールドジョイントの発生防止のための打設順序と打設時間の管理、ハンチ部などでの空気抜きの設置、一層あたりの打設高さを低く抑えるなどの回答が得られた。

## 2.7 調査結果のまとめ

アンケート調査の結果、発注時のスランプの仕様は全体の 90% で 8 cm とされていることがわかった。これに対し、実際の施工においては約半数の現場でスランプを増加させており、その理由として PC 鋼材や鉄筋の密な配置と、ポンプ施工の圧送距離が長いことが数多く挙げられた。調査データを分析した結果からも、スランプと平均鉄筋量、ならびにスランプとポンプ施工における管内圧力損失の計算値との間には相関が認められた。

一方、施工におけるコンクリートの充填性を確保するための取組みとしては、最適なバイブレータの使用や数の増加、打設時の鉄筋のあきを確保する工夫、充填確認のための工夫などの努力が行われていた。

## 3. 充填性試験

現在、多くの施工現場において、構造物のコンクリート施工性の難度に応じたスランプの選定が行われ、かつ施工上はバイブレータを中心とした工夫が行われていることが、アンケート調査結果から明らかとなった。調査結果では、鉄筋量や鉄筋のあき、ポンプ施工時の圧力損失などがスランプを決定する大きな要因であると考えられた。構造物の形状や配筋状態に対して適切なスランプ選定の指標が得られれば、発注段階あるいは施工計画段階の早期に必要なスランプを選定でき、充填不良などを発生させる要因を事前に排除できると考えられる。本試験では、打設直前のコンクリートを対象とし、棒状振動機の径とスランプに着目して充填性の検討を行った。振動機径は鉄筋配置が過密で太径振動機の挿入が困難な場合を想定した。試験に使用したコンクリートのスランプは、充填性能の改善程度を検討するため、8 cm ならびに 15 cm とした。

## 3.1 充填試験器

充填性試験方法は、既往の研究<sup>1)</sup>を参考に、A 室から B 室にコンクリートが移動する時間および B 室の充填率で評価する方法とした。コンクリート標準示方書<sup>2)</sup>では、締め固め間隔 50 cm 以下、一箇所あたりの振動時間を 5 ~ 15 秒とし、1 時間に締め固めを行える容積は 30 m<sup>3</sup>程度とされている。日本道路公団<sup>3)</sup>では、「水平層打ちの厚さは、40 ~ 50 cm 以下にしなければならぬ」と規定している。このような条件より、振動時間を平均値 10 秒とすれば、この間に締め固めが行えるコンクリート容積はおおむね 80 リットル程度

となるが、室内試験において1回の練混ぜ量を勘案し、試験のコンクリート容積を60リットルとした。試験器を図-6に示す。試験器の大きさは、締め固め間隔を考慮して奥行き400mmとし、振動機から端型枠（B室左端面）までの距離を250～400mm程度確保できるように、長さ500mmとした。完全にB室が充填された場合の高さは300mmである。

### 3.2 試験方法

練り上がったコンクリートは、スランプおよび空気量を確認した後、1層あたり突き棒で30回突き固め3層に分けて充填試験器A室に詰めた。仕切り板を開口し、棒状振動機を型枠に接触しないように挿入して10秒間締め固め、鉄筋格子間を流れてB室を充填する時間と充填高さを測定した。締め固め時間10秒間で、ほぼ水平になるまで充填できない場合には、締め固めを継続した。最大締め固め時間は310秒とし、ほぼ水平になるまでの締め固め時間および端型枠面の充填高さを計測した。また、本試験では、端型枠をアクリル製として充填中の状況をビデオ撮影し、締め固め時間に対する充填高さの変化を測定した。

### 3.3 コンクリート

PC上部工を対象構造物とし、設計基準強度40N/mm<sup>2</sup>を想定して水セメント比を40%とした。使用材料を表-4に、コンクリートの配合を表-5に示す。スランプは、AE減水剤を使用した8cmと高性能AE減水剤を使用した15cmの2種類とした。練混ぜには、100リットル強制練りパン型ミキサーを使用し、1回の練混ぜ量を70リットルとした。

### 3.4 鉄筋格子

鉄筋格子は、グリッド筋を想定し、D13鉄筋を70mm間隔（純間隔57mm）の格子状に配置した（図-7）。鉄筋格子は、図-6に示すように、鉄筋1および鉄筋2の間隔を100mmとした。B室完全充填容積（仕切り部開口高さ350mm×B室長さ250mm×幅400mm）に対する鉄筋質量を鉄筋量とすると、鉄筋格子1と2の両方を配置したときの鉄筋量は、190kg/m<sup>3</sup>である。

表-4 使用材料

項目	仕様
セメント	早強ポルトランドセメント 密度 3.14 g/cm <sup>3</sup>
細骨材	大井川水系陸砂 密度（表乾）2.59 g/cm <sup>3</sup>
粗骨材	青梅産砂岩砕石 密度（表乾）2.65 g/cm <sup>3</sup> 最大粗骨材寸法 20 mm
混和剤	AE減水剤 リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体
	高性能AE減水剤 ポリカルボン酸エーテル系

表-5 配合

配合No.	粗骨材最大寸法 $G_{max}$ (mm)	スランプ $S_L$ (cm)	水セメント比 $W/C$ (%)	空気量 $Air$ (%)	細骨材率 $s/a$ (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
						水 $W$	セメント $C$	細骨材 $S$	粗骨材 $G$	混和剤 $Ad$
1	20	8	40.0	4.5	43.0	168	420	728	986	AE減水剤
2	20	15	40.0	4.5	45.0	168	420	761	951	高性能AE減水剤

練混ぜ時間：細骨材+セメント→（10秒）→水+混和剤→（30秒）→粗骨材→（90秒）排出

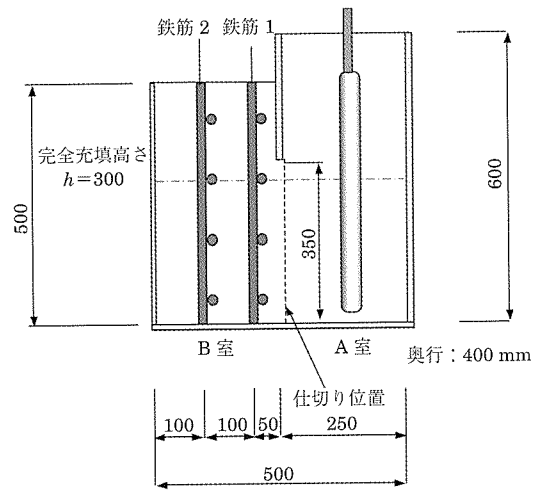


図-6 充填試験器

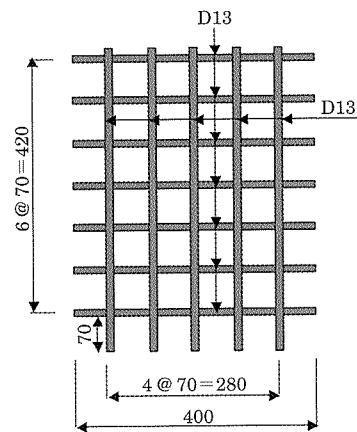


図-7 鉄筋格子

### 3.5 振動機

実際の施工では主に棒状振動機を使用して締め固めを行っている。コンクリート内部に棒状振動機を挿入すると、振動はコンクリートを介して半径方向に広がり、コンクリートを流動化させる。流動化したコンクリートは、自重によって移動し、鉄筋間を通過して型枠内に充填される。棒状振動機からの距離が遠くなるに依り、振動が伝わり難くなるため、テーブル型振動機のように底面全体を振動させて締め固める方法とは作用が異なると思われる。このような振動締め固め作用の違いを勘案し、実際の施工に近い試験方法として、棒状内部振動機を使用した。振動機は、直径

φ 30 mm, φ 40 mm, および φ 50 mm の 3 種類を比較して使用した。振動数は, 200 Hz とした。

#### 4. 試験結果

##### 4.1 φ 50 mm 振動機充填状況

スランプ 8 cm のコンクリートを A 室に充填し, φ 50 mm 棒状振動機を 10 秒間挿入したときの充填状況を写真 - 1 ~ 写真 - 3 に示す。振動機から鉄筋 2 までの距離は 275 mm である。振動機の挿入と同時に試験器内のコンクリート全体が流動化し, 鉄筋 1 および鉄筋 2 を容易に通過した。締固め時間 10 秒の間に B 室はほぼ水平になるまで充填された。この結果より, 本充填試験器の条件では, φ 50 mm 振動機を障害となる鉄筋から 275 mm (締固め間隔 550 mm) 以内に挿入することができれば, スランプ 8 cm のコンクリートでも鉄筋格子を十分充填できることが明らかになった。

##### 4.2 振動機径と締固め時間の関係

φ 50 mm 振動機を所定の位置に挿入できない場合, 細径振動機を使用する機会が多い。振動機径が充填状況に及ぼ

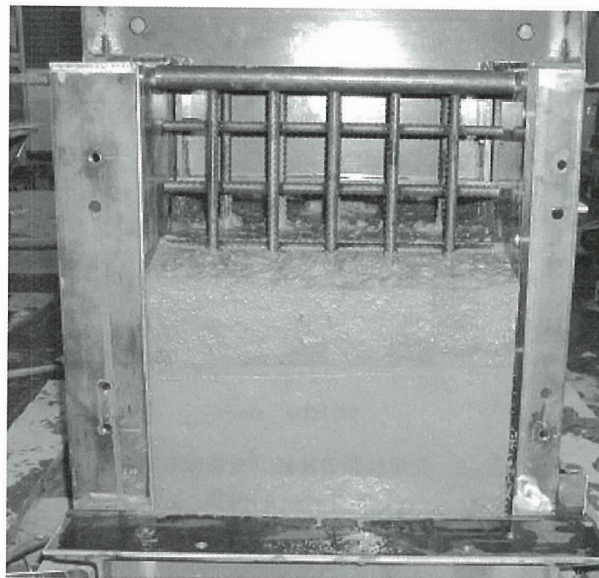


写真 - 3 型枠端面充填状況

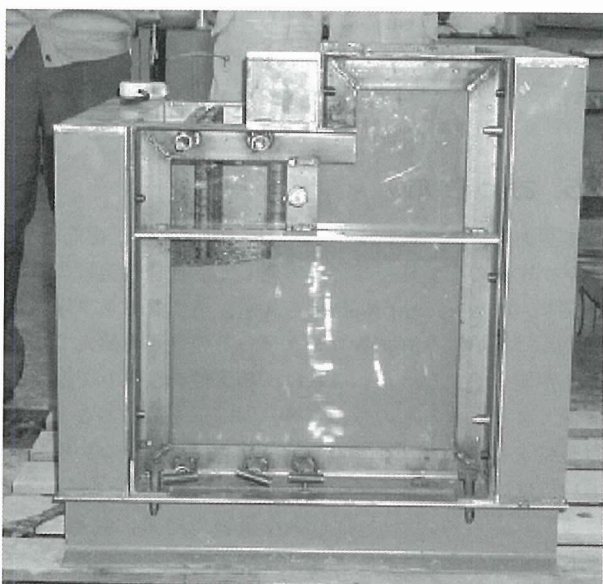


写真 - 1 充填状況

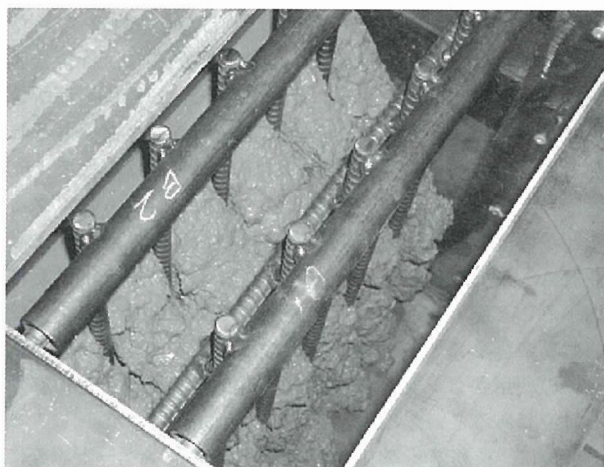


写真 - 2 鉄筋格子間通過状況

す影響について, 振動時間と充填率の関係を図 - 8 に示す。また, スランプ 8 cm とスランプ 15 cm についても比較した。ここで, 充填率とは B 室が完全に充填されたときの高さ (300 mm) に対する B 室端型枠面の充填高さの百分率とした。図中には, 標準的な締固め時間 5 ~ 15 秒の範囲も示した。

スランプ 8 cm では, φ 50 mm 振動機を用いた時の充填

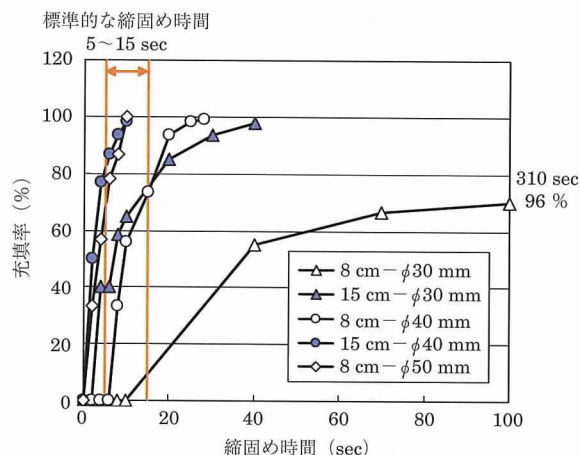


図 - 8 締固め時間と充填率の関係

時間が 10 秒程度であるのに対し, 振動機径が細くなるに従い, 充填に要する時間が長くなり, φ 30 mm 振動機を用いた場合には, 310 秒間の締固めで充填率 96 %であった。充填率の経時変化について見ると, φ 50 mm 振動機を用いた場合には, 充填試験器内のコンクリート全体が一気に流動化したのに対して, φ 30 mm 振動機は, 締固め時間 40 秒で充填率 60 %程度に到達した以降, 充填率の増加は緩やかになった。この原因は, φ 30 mm 振動機の締固め能力が小さいため, A 室と B 室の充填高さに差がある場合には, 振動による流動化と自重によってコンクリートは鉄筋格子間

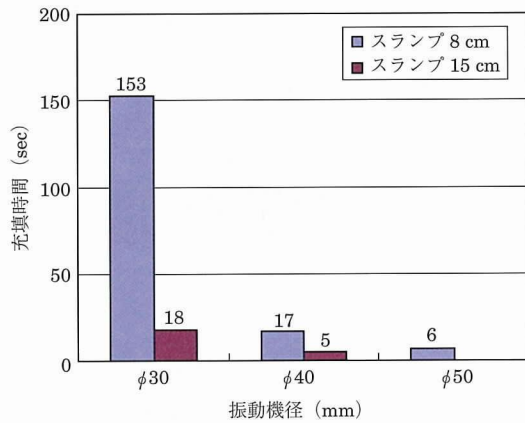


図-9 充填時間の比較 (充填率 80%)

を通過して移動するが、充填高さに差がなくなると流動化の範囲が小さいため移動が緩やかになったと考えられる。

スランプ 15 cm のコンクリートを φ 40 mm 振動機により締め固めた場合には、スランプ 8 cm を φ 50 mm 振動機で締め固めた場合とおおむね同じ結果が得られた。図-9 は、充填率 80% に達するまでの締め固め時間を比較したものである。ここで、充填率 80% とは、充填高さに 20% の差があっても、次の層を施工する際に支障なく充填できると考えられる値である。図から、スランプ 15 cm のコンクリートの使用は、φ 30 mm 振動機において、締め固め時間短縮の効果が高いことが確認できる。

以上の結果から、スランプ 8 cm のコンクリートを充填する場合、φ 50 mm 振動機を 550 mm の間隔で挿入すれば充填可能であるが、挿入が困難な場合には細径振動機を用いて、締め固め間隔を小さくする、あるいは締め固め時間を長くする必要がある。しかし、長時間の締め固めは、材料分離を生じさせるおそれがあり、スランプロスやコールドジョイントが生じないよう円滑に締め固め作業を行う必要がある。このような条件ではコンクリートのスランプを大きくすることが有効であるといえる。

#### 4.3 材料分離

試験前の単位粗骨材量に対し、試験後の鉄筋格子 2 を通過した試料による単位粗骨材量の比を単位粗骨材量比とする。単位粗骨材量比と締め固め時間との関係を図-10 に示す。単位粗骨材量比は締め固め時間 10 秒より 28 ~ 40 秒の方が小さくなり、締め固め時間が長くなると単位粗骨材量比は低下する傾向にある。同一振動機径で各スランプ間の比較を行うと、スランプ 15 cm の単位粗骨材量比がスランプ 8 cm より大きい場合もあり、スランプ 8 cm と 15 cm のコンクリートでは単位粗骨材量比に顕著な傾向は認められない。一般に、長時間の締め固め作業は材料分離を生じやすくと考えられるが、本試験の範囲では、適切な締め固め時間で施工すればスランプ 15 cm を用いても極度な材料分離は生じないと言える。

#### 4.4 充填性試験のまとめ

本試験の範囲で次の結果が得られた。

- (1) 本試験の配筋状態でも、φ 50 mm 振動機を使用す

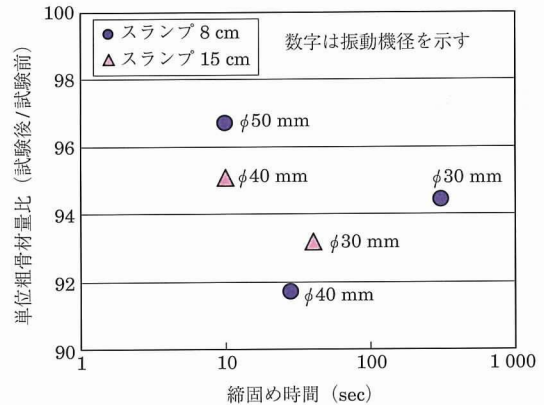


図-10 締め固め時間と単位粗骨材量比の関係

ばスランプ 8 cm のコンクリートを充填することが可能である。

- (2) 振動機径がコンクリートの充填時間に及ぼす影響は大きく、細径の振動機を使用した場合には、締め固め時間を長くする必要がある。
- (3) スランプ 15 cm のコンクリートは、スランプ 8 cm に比べて充填に要する時間が短縮される。
- (4) スランプ 8 cm と 15 cm では材料分離に顕著な差は認められない。

## 5. おわりに

本調査の結果、施工技術者は、構造物の形状、配筋状況、ポンプ圧送の配管延長などを考慮して、仕様規定によるスランプ (8 ± 2.5 cm) に拘束されず、適切なポンプ圧送性もしくは充填性を有するコンクリートの使用を望んでいることが明らかとなった。これは、施工性を改善して品質を確保しようとするもので、形枠に開口部を設けるなどして目視によりコンクリートの充填状況を確認できない場合においては、より確実で有効な対策であると考えられる。

また、コンクリートの充填性試験の結果、鉄筋や PC 鋼材が過密に配置されている PC 構造物においてスランプ 8 cm のコンクリートを使用する場合、(1) 締め固め時間を十分確保する、(2) 太径の振動機が挿入できない場合は、細径の振動機を使用して締め固め間隔をさらに小さくするなどの対策が有効であることが判明した。しかし、対策 (1) では、1 箇所の締め固め時間を長くする必要があり、材料分離を起こす危険性が増加する。対策 (2) では、締め固め箇所数が増えるため、円滑な打ち込み作業が期待できないおそれがある。本試験の結果、スランプを増加させることで、充填に必要な振動を小さくでき、さらに振動時間も短くすることが可能であることが明らかになった。したがって、高性能 AE 減水剤などを使用することにより、単位水量を増加することなく高品質でワーカブルなコンクリートを比較的容易に得ることができる現在では、このようなコンクリートの使用がコンクリートの充填不良の低減に非常に有効な対策であるといえる。

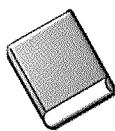
最後に、業務繁多の中、多くの現場からアンケート調査にご協力いただきました。ここに、深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 土木学会：高流動コンクリート施工指針，コンクリートライブラリ  
ー 93，1998  
2) 土木学会：コンクリート標準示方書 [施工編]，2002

3) 日本道路公団：コンクリート施工管理要領

【2005年8月4日受付】



刊行物案内

## フレッシュマンのためのPC講座

### プレストレストコンクリートの世界

頒布価格：会員特価 3 000 円（税込み・送料別途 400 円） ○申込み先：

：非会員価格 3 600 円（税込み・送料別途 400 円） (社)プレストレストコンクリート技術協会 事務局

体 裁：A4判，140頁

〒162-0821 東京都新宿区津久戸町4番6号 第3都ビル5F

内容紹介

TEL：03-3260-2521 FAX：03-3235-3370

## ＝基礎編＝

- 基礎 編1 PCとは何か  
基礎 編2 PCはどんなものに利用できるか  
基礎 編3 プレストレスの与え方について考えてみよう  
基礎 編4 プレストレスは変化する  
基礎 編5 荷重と断面力について考えてみよう  
基礎 編6 部材に生じる応力度について考えてみよう  
基礎 編7 プレストレス量の決め方について考えてみよう  
基礎 編8 PCに命を与えるには(プレストレスングとその管理)  
基礎 編9 PCを長生きさせよう

## ＝PC橋編＝

- PC 橋 編1 PC橋にはどんなものがあるか  
PC 橋 編2 PC橋を計画してみよう  
PC 橋 編3 PC橋を設計してみよう  
PC 橋 編4 現場を見てみよう

## ＝PC建築編＝

- PC 建築 編1 PC建築とは  
PC 建築 編2 PC建築にはどんなものがあるか  
PC 建築 編3 プレキャストPC建築の設計について考えてみよう  
PC 建築 編4 PC建築でオフィスを設計してみよう

資 料 PCを勉強するときの参考図書  
索 引