現場施工実績に基づく流動化 コンクリートの基本性質

内藤 誠一*1・森河 久*2・徳村 秀二*3

概要 横浜港横断橋 PC バージは海洋コンクリート構造物の一部であり、ワーカブルで密実なコンクリートが必要であるということから、流動化剤を添加した流動化コンクリートを使用した。本稿は、現場施工管理で得られた多くのデータに基づき、流動化コンクリートの品質に及ぼす各種要因の影響についてまとめたものである。重回帰分析を実施した結果、コンクリート温度と添加に至る時間が、流動化コンクリートのスランプに大きく影響している。

キーワード：PCバージ、海洋コンクリート構造物、流動化コンクリート、コンクリートの品質管理、重回帰分析

1. 横浜港横断橋 PC バージの施工

1.1 PCバージの概要

横浜港横断橋基礎工の設計・施工については本誌1984年12月号中ですでに報告済みであるが、その概要を述べる。本橋は横浜市道高速湾岸線の一部として、本牧ふ頭と大黒ふ頭間の横浜航路上をまたいで架橋される、橋長860m、スパン割200+460+200mの世界最長の中央スパンをもつ3径間連続斜張橋である。下部構造は多柱式基礎を採用しているが、架橋地点の施工条件から、フーチングの外殻をプレキャストブロック化した施工法を採っている。このPCバージと呼んでいるプレキャストブロックは、前稿に記したとおり、①基礎柱構築時の作業台、②フーチングコンクリート用型わく、

③フーチングの一部、という3つの機能をもっている。また、PCバージの設計施工上の条件として以下のことが挙げられる。

- 1) 本設構造物および仮設構造物として多種の構造系で使用され、荷重条件が厳しい。
- 2) PRC構造の海洋構造物であり、鋼材の防錆対策の立場からひびわれ幅の制限が厳しく、またコンクリートの水密性が要求される。
- 3) 鉄筋、PC鋼材およびこれらを保持する鋼材が多量に配置されているため、コンクリートはとくに良好なワーカビリティをもつものである必要がある。
- 4) 1回の打設量が多いため、高いポンパビリチが要

図-1 P₂主塔バージ概略工程表

*1 首都高速道路公団第二建設部次長

*2 正会員 首都高速道路公団神奈川建設局横浜港横断橋工事事務所班長

*3 首都高速道路公団計画部調査課

図-2 P₂主塔バージ平面図

(注) 実線はドック内施工部、破線は海上施工部。

図-3 PC主塔バジ施工ロット

表-1 コンクリート数量総括

P ₂ (P ₂) 主塔バージコンクリート打設量				
ブロック No.	打 設 高 (m)	コンクリー ト量 (m ³)	打 設 日	備 考
1ブロック	1.30	2230	昭 57.12.10	早強コンクリート
2ブロック	2.30	1000	昭 58. 2.15	
3ブロック	1.80	820	昭 58. 3.31	
4ブロック	2.85	580	昭 58. 5. 7	
5ブロック	2.85	1310	昭 58. 8.10	
6ブロック	2.40	490	昭 58. 9. 7	
7ブロック	1.35	280	昭 58.11. 4	
P ₁ (P ₁) 端部バージコンクリート打設量				
ブロック No.	打 設 高 (m)	コンクリー ト量 (m ³)	打 設 日	備 考
1ブロック	1.50, 1.30	1350	昭 59. 2.29	早強コンクリート
2ブロック	3.30, 3.20	950	昭 59. 4.19	
3ブロック	3.45	590	昭 59. 5.24	
4ブロック	1.00	160	昭 59. 6.15	
5ブロック	3.75	850	昭 59. 9.27	
6ブロック	2.75	420	昭 59.11. 6	

求される。

以上の条件を満足するために、ベースコンクリートの基本性質は変えずに高い施工性を得ることのできる流動化剤を添加した流動化コンクリートを使用している。本稿では、主塔基礎用PCバジのドライドック内施工と海上施工時に得られた品質管理用データに基づいて、流動化コンクリートの基本性質について述べる。

1.2 コンクリート品質管理データの採取状況

流動化剤は、使用実績、攪拌性能、流動化効果等を総合的に判断してP社製のNP20(メラミン系)を採用した。流動化剤の添加量は、図-4に示す範囲のスランプをもつ流動化コンクリートを得ることのできる値とした。ベースコンクリートからのスランプの伸び量は7cmである。

コンクリートの品質検査の要領を、首都高速道路公団の標準仕様と本工事における仕様とを併記して図-5に表す。本仕様に基づいて得られるデータ数は表-2のとおりである。

なお、主塔バジの施工リフト施工実績一覧とを、図-3、表-1に示した。使用した生コンプラントのコンクリートの配合一覧を表-3に示す。

2. 流動化コンクリートの影響因子

2.1 重回帰分析結果

回帰分析とは、1組の特性があるとき、原因を表す変数(説明変数 x)と結果を表す変数(目的変数 y)の間

写真-1 PCバジコンクリートの打設状況

Basic Natures of Superplasticized Concrete based on a Field Data

By S. Naitoh, H. Morikawa, S. Tokumura

Concrete Journal, Vol. 23, No. 8, pp. 33~41, Aug. 1985

Synopsis Prestressed concrete barges, which becomes parts of substructure of Yokohama Odankyo located in Yokohama Bay, were made with superplasticized concrete to get better workability and watertightness. Properties of superplasticized concrete are reported in this paper, based on the results of field tests and observed phenomena. Regressive analysis results show that, among other factors, temperature of fresh concrete and delayed time of addition of superplasticizer have great influence on the increase of slump in superplasticized concrete.

Keywords : P.C. barge, off-shore structures, superplasticized concrete, quality control, regressive analysis

図-4 流動化剤添加量の決定

表-2 コンクリート打設時品質管理データの採取数の一例

総打設量 500 m ³ コンクリート運搬車 100 台 (5 m ³ /1 台)		首都公団の標準仕様		本工事の仕様	
生コンプラント出荷時	スランプ試験	28 回	スランプ試験	36 回	出発時刻計測
打設現場運搬車到着	スランプ試験	28 回	スランプ試験	36 回	到着時刻計測
生コンに流動化剤を添加、強制攪拌後	圧縮強度試験	4 回	圧縮強度試験	6 回	空気量計測
打設現場運搬車到着	空気量計測	4 回	空気量計測	6 回	コンクリート温度計測
生コンに流動化剤を添加、強制攪拌後	コンクリート温度計測	4 回	コンクリート温度計測	36 回	コンクリート温度計測

図-5 コンクリートの品質管理試験

表-3 P₁, P₂ バージコンクリート配合一覧

配 合 表												使用区分					
設計基準 強 度 (kg/cm ²)	細骨材の 最大寸法 (mm)	スランプの範囲		空気量の範囲		水セメ ント比 (%)	細 骨 材 率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)						バー ジ	打設ブ ロック	生コン プラン ト区分	
		ベース コンク リート	流動化 コンク リート	ベース コンク リート	流動化 コンク リート			水 W	セメント C	細骨材 S	粗 骨 材		混 和 剤				
											砕 石	玉 石	AE 材	流動化剤 (I)			
350	25	8	15	4.0	4.0	41.5	38.1	154	372	692		1147	0.93	3.12	P ₂	①②③	A
						41.5	38.7	155	373	692	797	334	0.933	3.13		①②③	B
						42.5	39.0	155	365	699	567	546	0.912	3.07		⑦	C
						43.0	41.5	156	363	744	538	538	0.908	3.05		⑥	D
						41.5	38.7	158	381	697		1124	0.952	3.20	P ₂	④	A
															P ₁	①	
						41.5	39.6	159	383	699	778	326	0.958	3.22	P ₂	④	B
															P ₁	① ②	
						41.5	38.7	158	381	697	575	562	0.952	3.20	P	②③④	A

表-4 重回帰分析結果 (各欄に相関係数を示した)

	配 合 設 計 (%)		運 搬 時 間 (min)			コンクリ ート温度 (°C)	空 気 量 (%)		ス ラ ン プ (cm)					添 加
	細骨材率	砕石混入率	(到)-(出)	(添)-(出)	(添)-(到)		到 着	添 加	出 荷	到 着	(添)-(出)	(添)-(到)	添 加	
変 数	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	x ₁₁	x ₁₂	y	
x ₁	1													
x ₂	0.46	1												
x ₃	-0.22	0.03	1											
x ₄	-0.38	-0.07	0.89	1					(対 称)					
x ₅	-0.45	-0.25	0.18	0.60	1									
x ₆	0.51	0.11	-0.22	-0.28	-0.20	1								
x ₇	-0.18	-0.38	0.13	0.07	-0.04	-0.30	1							
x ₈	-0.05	0.13	0.13	0.08	-0.03	-0.17	0.24	1						
x ₉	0.25	0.17	-0.07	-0.11	-0.13	-0.03	-0.18	-0.06	1					
x ₁₀	0.30	0.15	-0.41	-0.47	-0.33	0.15	-0.17	-0.24	0.56	1				
x ₁₁	0.27	0.08	-0.48	-0.48	-0.21	0.25	0.12	-0.00	-0.16	0.36	1			
x ₁₂	0.31	0.11	-0.40	-0.39	-0.16	0.21	0.13	0.08	0.07	0.24	0.92	1		
y	0.38	0.15	-0.49	-0.51	-0.26	0.24	0.04	-0.03	0.27	0.59	0.91	0.93	1	
平 均 値	39.0	40.8	15.4	24.6	9.0	18.5	4.3	4.1	9.8	8.4	5.6	7.0	15.3	
標準偏差	0.87	29.9	9.1	11.8	5.4	6.1	0.30	0.31	0.68	0.63	1.56	1.33	1.60	

(参考) 相関係数 r は $|1|$ に近いとき強い相関関係 $r < 0$ のとき負の相関関係 $r > 0$ のとき正の相関関係

写真-2 流動化剤の添加

の関数関係を調べる方法である。この分析結果を参考にすることにより、結果に強く影響する原因を重点的に管理することによって最終特性の管理を行うことができる。また、最終特性にばらつきがあるときも、強く影響を与える原因のばらつきを管理することにより、最終特性も管理することができる。

以上の見地から、まず流動化効果の影響因子を重回帰分析によって調べた。ここで流動化効果を表現する指標は、使用した流動化剤が後添加方式であることから、流動化剤添加後アジテータトラックのドラム内で攪拌後のコンクリートのスランプおよび添加攪拌前からのスランプの伸びとする。使用した資料は、表-2 に示した圧縮強度、空気量を計測したデータ 64 個である。

表-4 に示した重回帰分析結果から次の傾向が認められる。

- 1) 細骨材率が大きいと、スランプの伸び、添加後ス

ランプが大きくなる。

- 2) 砕石混入率は、スランプ伸び、添加後スランプとの相関性がほとんど認められない。
- 3) 生コンプラント出荷（以下、出荷時という）から打設現場に到着する（以下、到着時という）まで、あるいは流動化剤添加攪拌（以下、添加後という）までの時間が長いと、到着時スランプ、添加後スランプおよびスランプ伸びが小さくなる。
- 4) 添加後コンクリート温度が高いと、スランプ伸びおよび添加後スランプが大きくなる。
- 5) 空気量とスランプ伸び、添加後スランプとは相関性が認められない。
- 6) 出荷時スランプが大きいと、到着時および添加後スランプが大きくなる。
- 7) 出荷時スランプとスランプ伸びとは相関性が認められない。
- 8) 到着時スランプが大きいと、スランプ伸びおよび添加後スランプが大きくなる。

以上列記した相関関係から、原因を表す変数として注目すべき事項としては次の3つが挙げられる。

- 1) 運搬時間
- 2) コンクリート温度
- 3) コンクリートの配合設計

なお、データ採取の都合上、相関係数が求められなかった 4) 攪拌条件 も含めて、さらに検討する。

2.2 運搬時間と流動化効果

重回帰分析結果中に示したように、運搬時間と流動化効果には負の相関関係がある。ここに運搬時間とは、生コンプラント出荷から打設現場到着まで、および流動化剤添加攪拌までの時間としている。運搬時間と流動化効果の単回帰分析を同じデータに対して実施すると 図—6 になる。明らかに負の相関関係が認められるが、回帰直線を求めると、添加後スランプ (Y_1) と運搬時間 (X_1) では、 $Y_1 = -0.069 X_1 + 17.04$ となる。スランプ伸び (Y_2) と運搬時間 (X_2) の回帰直線は $Y_2 = -0.063 X_2 + 7.11$ となった。 Y_2 と X_2 の関係から、流動化剤添加によるスランプ伸びの設計値は、運搬時間 30 分程度以内であれば十分確保できるものと考えられる。一方、運搬時間、とくに 出荷時から添加時に至る時間が 50 分以上に及ぶと、 Y_2 、 X_2 の回帰直線から設計値の 80% 程度の伸びしか得られないということになる。

2.3 コンクリート温度と流動化効果

表—4 に示したように、コンクリート温度と流動化効果には正の相関関係があった。

2.2 項と同様に、その関係について詳細に検

討する。打設日が同じ施工ブロックにおいて、コンクリート温度はほぼ等しいことから、スランプの平均値およびスランプ伸びの平均値を使用して単回帰分析を行った。その結果を 図—7 に示す。この図では、スランプの経時変化を併記して添加後スランプ、スランプ伸びを表したが、これらとコンクリート温度とは正の相関関係がある。回帰直線を求めると、コンクリート温度 (X_3) と添加後スランプ (Y_3) の関係は $Y_3 = 0.091 X_3 + 13.08$ となり、また、到着時からのスランプ伸び (Y_4) は $Y_4 = 0.081 X_4 + 5.09$ となった。本流動化剤添加によるスランプ伸び (Y_4) の設計値は 7 cm と設定されているが、コンクリート温度に強く影響され、25°C 程度の時に 7 cm となることが明らかとなった。また、首都高速道路公団仕様では、打設可能なコンクリート温度の下限値は

図—6 運搬時間と流動化効果

図—7 コンクリート温度と流動化効果

図—8 細骨材率と流動化効果

10℃であるが、10℃程度でのスランプ伸びは、本工事実績によると設計値に対して20%程度と減少することが明らかとなった。

2.4 コンクリートの配合要因と流動化効果

(1) 細骨材率

表—4によれば、細骨材率と添加後スランプは正の相関関係があることが示された。ここに、他の条件を無視して、細骨材率(X_5)と添加後スランプ(Y_5)およびスランプ伸び(Y_6)の関係を各施工ブロックの平均値を使用して表したのが図—8である。回帰直線を計算すると、添加後スランプ $Y_5 = 0.596 X_5 - 8.46$ 、スランプ伸び $Y_6 = 0.389 X_6 - 8.54$ となる。このデータは、8ブロックを延べ13社の生コンプラントを使用して打設したときのデータに基づいたもので、4種類の細骨材率がある。施工当初、通常的设计基準強度 350 kg/cm^2 のコンクリートの配合を使用した。4ブロック打設後のセメント量、細骨材率は各々 10 kg/m^3 、1%程度多くした経緯がある。このようなことから、流動化コンクリート用の配合では、流動化後のスランプを考慮して細骨材率を多少大きくした方が、流動化後のスランプを大きくできると考えられる。

2.5 攪拌条件に注目した流動化効果

流動化効果にもっとも直接的に影響を及ぼすと予想される流動化剤添加後の攪拌性能について報告する。本PCバージ用流動化コンクリートの攪拌方法は、施工管理が容易であるという理由から、流動化剤添加後、トラックミキサのドラムを一定時間(90秒間)高速回転するというものである。本設構造物であるため、攪拌性能を大きく変化させることはできない。そこで、傾胴式ミキサ(4.5 m^3)を使用した本攪拌方法で変化する条件は以下の2項であると考え、この点に注目して資料を収集した。

- 1) ドラム回転速度が異なることによる一定時間内のドラム回転回数

- 2) 今までのトラックミキサ使用期間の長短によるミキサの性能の違い

(1) ドラム回転回数

図—9(a)は、ドラム回転回数を横軸に、添加後スランプを縦軸にとり、3回の打設時の実績データをプロットしたものである。図—9(b)は、横軸は同じくドラム回転回数で、縦軸に到着時から添加後のスランプ伸びをとり、同じ実績データに基づいて作図した。単回帰分析を

各々実施すると、ドラム回転回数と添加後スランプの相関係数は0.217、ドラム回転回数とスランプ伸びの相関係数は0.212と小さい。以上のように、本データは本設構造物の現場管理実績から得られたものであって、変数の範囲を故意に大きくできないため、攪拌時の回転回数による明確な傾向を見い出すことはできなかった。ただし、今回の攪拌時間を一定にするという現場管理方法

図—9 ドラム回転回数と流動化効果

図—10 トラックミキサ使用期間と流動化効果

で、許容値内のスランプを得ることはできた。

(2) トラックミキサの使用期間

図—10 (a) はトラックミキサの使用期間を横軸に、添加後スランプを縦軸にとり、(1) と同じ3回のコンクリート打設時の実績データに基づいてまとめた。図—10 (b)に、横軸を同じくトラックミキサ使用期間、縦軸をスランプ伸びにとり、まったく同じデータに対して作成した。(1) と同様に単回帰分析を実施すると、相関係数は、トラックミキサ使用期間と添加後スランプは0.137、トラックミキサ使用期間とスランプ伸びが0.131 と小さく、有意性はないという結果となった。

3. 流動化コンクリートの品質への影響因子

流動化コンクリートの品質の中で次の2点について報告する。

- 1) 硬化したコンクリートの強度 (材令 28 日、標準養生)
- 2) 流動化コンクリートのスランプのばらつき

3.1 流動化コンクリートの圧縮強度

表—2 に示したように、現場到着時と流動化剤添加攪拌後の各々で圧縮強度用試料を採取している。これらの強度試験結果と、まだ固まらない状態の流動化コンクリートの性質に影響した運搬時間、コンクリート温度、スランプおよび空気量との関係について検討した。これらの資料に基づいて重回帰分析を行った結果が表—5 である。

この結果によれば次の傾向が認められる。

- 1) 運搬時間 (出荷から到着および出荷から添加) が長いと圧縮強度が小さい。
- 2) コンクリート温度が高いと圧縮強度が小さい。
- 3) 空気量と圧縮強度には今回は相関関係が認められない。
- 4) スランプ、スランプ伸びと圧縮強度には相関関係が認められない。
- 5) ベースコンクリートの圧縮強度が大きいと流動化コンクリートの圧縮強度も大きい。

1), 2) はベースコンクリート、流動化コンクリート両者に共通して発生した相関関係であるが、原因は定かではない。

スランプ伸び、添加後スランプと流動化コンクリートの圧縮強度には相関関係はなく、所定の圧縮強度を得るために、流動化コンクリートであることで特別の管理は必要としないという結果が得られた。また、図—11 に表したベースコンクリートと流動化コンクリートの圧縮強度の回帰図からも、特記すべきことはうかがえない。以上から、流動化コンクリートは流動化後もベースコンクリートの圧縮強度に対する性質を保持していると言える。

3.2 流動化コンクリートのスランプのばらつき

表—5 コンクリート強度に対する重回帰分析

変数	運搬時間 (min)			コンクリート温度 (°C)	空気量 (%)		スランプ (cm)					コンクリート強度 (min)	
	(到)-(出)	(添)-(出)	(添)-(出)	添加後	到着時	添加後	出荷時	到着時	(添)-(出)	(添)-(到)	添加後	到着時	添加後
x_1	x_1	x_2	x_3	x_4	x_9	x_{10}	x_5	x_6	x_7	x_8	x_{11}	x_{12}	y
x_{12}	-0.35	-0.24	0.09	-0.30	0.03	0.06	-0.16	-0.06	0.09	0.03	0.02	1	
y	-0.34	-0.25	0.04	-0.27	0.10	0.06	-0.21	-0.08	0.19	0.14	0.10	0.79	1
												414.8	417.5
												12.5	11.9

流動化コンクリートのスランプの出荷時から添加後までの各施工段階の代表的なヒストグラムを図—12 (a), (b) に示した。また同図中に、スランプ伸びを、出荷時からの場合と到着時からの場合とを示した。各施工段階ごとの平均値、標準偏差、変動係数も同様に記載した。これらのヒストグラム、標準偏差を比較すると分かる通り、生コンプラント出荷時スランプおよび現場到着時スランプはばらつきが非常に小さく、管理範囲 ± 2.5 cm に対して ± 1.5 cm の範囲に 99% 含まれる。一方、流動化剤添加後スランプは管理範囲が ± 2.5 cm と等しい規定であるにもかかわらず、ばらつきが大きい。今回の流動化コンクリート施工にあたっては、流動化剤を一定量添加し、一定時間攪拌しているため、当然の結果とも考えられる。しかし、このように流動化剤添加量だけを管理してコンクリートを打設するという簡便な管理方法の適用可能性を調べるために、このばらつきの原因を調査した。

流動化剤添加後のスランプのばらつきの大小を各施工ブロックの標準偏差の大小により表現し、標準偏差が大きいときばらつきが大きいと考える。この標準偏差の大

小に対する要因分析を行うことにより、ばらつきに対する影響因子を調べるという方法を採用した。そこで、流動化コンクリートのスランプの標準偏差を目的変数とする重回帰分析を行った。重回帰分析結果を表—6 に示

図—11 ベースコンクリートと流動化コンクリートの圧縮強度

図—12 スランプの経時変化

表-6 スランプのばらつきに対する重回帰分析

	運搬時間 (min)		コンクリート温度 (°C)		配 合 設 計				スランプ伸び (cm)	スランプ標準偏差	
	平 均 値	標準偏差	平 均 値	平均値-20	セメント量 (kg/m³)	細骨材率 (%)	細 骨 材 粗 粒 率	碎石混入率 (%)	(添加)~(到着)	到 着	添 加
変 数	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}
x_1	1										
x_2	0.65	1									
x_3	-0.34	-0.21	1								
x_4	0.17	0.05	0.10	1				(対 称)			
x_5	-0.43	-0.55	-0.16	-0.35	1						
x_6	-0.34	-0.17	0.52	0.51	-0.29	1					
x_7	0.10	0.21	0.10	0.10	-0.42	-0.25	1				
x_8	-0.13	0.02	0.11	-0.16	0.15	0.45	-0.81	1			
x_9	-0.68	-0.40	0.59	0.08	0.23	0.38	0.21	-0.06	1		
x_{10}	0.09	0.39	-0.06	0.17	-0.69	-0.06	0.53	-0.44	-0.24	1	
x_{11}	0.42	0.47	-0.56	-0.08	-0.38	-0.44	0.22	-0.08	-0.50	0.38	1
平 均 値	19.4	7.3	19.0	5.7	377.5	39.0	2.62	42.3	6.64	0.55	1.39
標準偏差	5.3	3.0	6.5	2.9	6.2	0.89	0.11	30.6	0.90	0.09	0.30

す。本結果から次の傾向が認められる。

- 1) 運搬時間の平均値が大きいとスランプの標準偏差（ばらつき）が大きい。
- 2) 運搬時間の標準偏差（ばらつき）が大きいとスランプの標準偏差（ばらつき）が大きい。
- 3) コンクリート温度が高いとスランプの標準偏差（ばらつき）が小さい。
- 4) セメント量，細骨材率が大きいとスランプの標準偏差（ばらつき）が小さい。
- 5) 細骨材粗粒率及び碎石混入率はスランプ標準偏差（ばらつき）と相関関係が認められない。

これらの中で 1), 2) の原因は, 2.2 で述べたように運搬時間が長いほど添加後スランプが小さくなることが直接影響を及ぼし, 運搬時間がばらつくと添加後スランプもばらつくと考えられる。3) は一定値以上の温度の方が安定した流動化効果が得られるということを示していると考えられる。4) の配合要因は, 先に触れたように流動化後コンクリートのスランプを考慮して細骨材率を多少大きくした方が添加後スランプのばらつきが小さくなると解釈できる。

4. ま と め

本設構造物のコンクリート打設時実績データに対して各種検討を加え, 流動化コンクリートの性質について報告した。これまで述べた内容を簡単にまとめると, 流動化コンクリートは, コンクリート温度および添加に至る時間の強い影響を受ける。このために, 生コンプラント出荷時に比較して, 添加後のコンクリートのスランプはばらつきが大きくなる。また, 配合設計の段階から, 流動化後において所要のコンクリートの品質を確保できるよう配慮して施工計画を作成する必要があると考える。

横浜港横断橋基礎のPCパージコンクリートは, とく

に以上の点に留意して, 昭和 59 年 11 月現在, 全数量の打設が終了した。本稿が今後の流動化剤を添加したコンクリートの現場施工計画作成の一助になれば幸いである。

最後に, 本稿作成にあたりデータ収集・整理のご協力をいただいた首都高速道路技術センターの各氏と, 施工者の B 121 工区鹿島建設・大林組・東亜建設基礎建設工事共同企業体, B 122 工区大成建設・前田建設工業・清水建設基礎建設工事共同企業体の各氏, とくに鹿島建設の南郷氏に謝意を表す次第である。

参 考 文 献

- 1) 土木学会：流動化コンクリート施工指針（案），昭 58.10
- 2) 大内・秋元・小原・小泉：コンクリート工事ポケットブック，山海堂，昭 65.2
- 3) 芳賀敏郎：回帰分析・重回帰分析，日本科学技術速盟（投稿：昭和 60 年 3 月 30 日受付）