



室蘭工業大学

学術資源アーカイブ

Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive



## 北海道の生コンクリート工場の実施配合値に対する 重回帰分析

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2014-03-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 後藤, 知以, 野月, 博征, 長島, 弘 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/1105">http://hdl.handle.net/10258/1105</a>

# 北海道の生コンクリート工場の実施配合値に対する重回帰分析

後藤 知以・野月 博征・長島 弘\*

## A Multiple Regression Analysis to Mix Proportions of Ready Mixed Concrete in Hokkaido

Tomoyuki GOTOH, Hiroyuki NOZUKI and Hiroshi NAGASHIMA

### Abstract

The purpose of this paper is to investigate the adaptability of regression function for concrete mix proportioning. The survey of actual mix proportions on four types of normal weight concrete with nominal strength 210kg/cm<sup>2</sup> were obtained through questionnaires sent to 220 plants of ready mixed concrete all over Hokkaido. In previous paper, it was shown that the adaptability of mix proportioning in accordance with JASS 5 Reinforced Concrete Work and Concrete Mix Guide of AIJ was not enough to the survey mixes.

In this paper, a multiple regression analysis containing many independent variables on concrete materials characteristics tested daily for acceptance inspection or quality control at ready mixed concrete plant and district characteristics including plant property was applied to the survey mixes.

The result of analysis shows that two regression functions that the dependent variables were unit water content and particle surface modulus of fine and coarse aggregate to be used were able to estimate closely unit content 1/m<sup>3</sup> of each material in the observed mixes.

### 1. 緒 言

日本建築学会では、所要の品質のコンクリートを経済的に得るための標準的な方法を JASS 5<sup>1)</sup>、及び調合指針<sup>2)</sup>で詳細に解説している。北海道生コンクリート工業組合が昭和57年の秋に、24地区協組の全工場を対象に調査した実施配合値<sup>3-5)</sup>に対し、筆者らは JASS 5 指針調合法（以下、指針法と略記）の適合性を検討した<sup>6-8)</sup>。その結果によると、指針法による計算値と調査値の差で適合性を検討しているが、平均では比較的良好な適合性を示すのに、標準偏差がかなり大きくなった。つまり、指針法では補いきれない要因のあることを指摘し、指針法では採用されていない使用材料の物性や各工場固有の特性などが、なお影響していると考察した。

本報告では、指針法には採用されていなくても、生コンクリート工場で受入れ検査や品質管理のため日常測定されている材料物性をなるべく数多く説明変数として採用し、更に工場固有特性を包含する地区協組そのものも分類尺度の説明変数として、調査配合値の重回帰分析を行った。

---

\*日本セメント(株)

これら説明変数が重相関係数に及ぼす影響と、得られた重回帰式から計算した調査単位量の推定精度を調べたものである。

## 2. 分析に用いた調査配合

生コンクリート工場の実施配合の調査は、北海道生コンクリート工業組合が、その加入24地区協組（直扱いを含む）の

表-1 調査配合の種類

記号	使用セメント	粗骨材 最大寸法	スランプ
(イ)	普通ポルト	25 mm	8 cm
(ロ)	普通ポルト	25 mm	18 cm
(ハ)	普通ポルト	40 mm	8 cm
(ニ)	混合 B 種	40 mm	8 cm

全て呼び強度210kg/cm<sup>2</sup>の普通コンクリート

表-2 地区協組別の集計概要（工場数）

No.	地区協組	調査 回収 工場	粗 骨 材				化学混和剤				セメント			
			配合 (ロ)		配合 (ハ)		(ロ)		(ハ)		(ニ)			
			砂 混 利	砕 石	砂 混 利	砕 石	AE 減	AE 減	AE 減	AE 減	高 炉 B	フ ライ B		
1	北海道	11	9	2	11	5	6	9	2	1	10			
2	函館	8	5	3	8	4	4	7	1	2	6			
3	北渡島	8	2	6	7	5	3	4	3	3	4			
4	札幌	22	6	14	2	2	14	6	7	15	17	5		
5	小樽	5	5	5	5	1	4	2	3	4	4			
6	後志	9	8	7	7	5	3	5	2	4	3			
7	室蘭	7	7	6	6	6	1	5	1	4	2			
8	西胆振	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3			
9	苫小牧	8	6	1	6	1	2	5	4	3	3	4		
10	日高	6	6	6	6	4	2	4	2	3	3			
11	千歳	5	5	4	1	3	2	3	2	3	2			
12	道央	10	10	9	1	2	8	6	4	1	9			
13	空知	5	5	5	5	4	1	5	2	2	3			
14	旭川	11	11	11	11	9	2	10	1	3	8			
15	上川北部	9	8	1	8	1	8	1	9	2	7			
16	留萌	8	4	4	2	5	5	3	4	3	4			
17	宗谷	11	7	3	2	8	8	2	9	1	5	5		
18	釧路	9	1	7	1	1	6	1	8	1	7	1		
19	根室	9	9	9	9	6	3	8	1	7	2			
20	北見	14	11	3	11	3	3	11	6	8	10	4		
21	遠紋	8	8	8	8	6	2	7	1	4	4			
22	十勝	12	12	12	12	8	4	10	2	10	2			
23	南十勝	3	3	3	3	2	1	3	1	1	2			
24	直扱い	4	3	3	3	2	1	2	1	1	2			
合 計		205	122	21	57	93	22	81	115	85	149	47	91	107

全工場を対象に、郵送により調査票を送付（220工場）、回収（205工場）したものである<sup>3-5)</sup>。調査項目は、普通骨材を用いた呼び強度210kg/cm<sup>2</sup>の表1に示す典型的な4種類の配合の配合値（重量、及び絶対容積）と使用材料の種類と諸物性である。

なお、約8割の調査票で目減り対策として、絶対容積の合計が1015~1025ℓに割増してあったので、合計が1000ℓになるよう空気量以外の絶対容積を比例配分して修正した。また、骨材のふり通過率の欠測値なども、できるだけ補間して用いた。本章では分析に必要な集計結果の概要を記す。

## 2.1 使用骨材

粗骨材の種類・・・地区協組別の集計概要を表2に示す。建築用の配合(ロ)に較べ土木用の配合(イ)に砕石使用が多いが、両配合とも粗骨材の種類に地域性がみられる。大河川の流域には砂利使用の工場が多く、後志、胆振、根室では砕石使用が多い。それらと隣接する札幌や釧路は、砂利と砕石を混合した合成粗骨材が使用されている。道南の砂利は山砂利である。

単味・合成使用・・・  
工場に搬入された骨材をそのまま細骨材、又は粗骨材として混練する場合を単味使用と呼び、複数の搬入骨材を合成して細骨材、又は粗骨材として使用する場合を合成使用と呼ぶことにする。表3には細骨材、及び粗骨材

表一3 工場搬入骨材の単味・合成使用状況（工場数）

骨 材	単味・合成	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
細 骨 材	砂 (単味)	117	117	115	114
	砂 + 砂	72	72	70	70
	砂 + 砕砂	11	11	11	10
	砕砂+砕砂	—	—	—	—
	砕砂(単味)	—	—	—	—
粗 骨 材	砂利(単味)	108	115	43	43
	砂利+砂利	6	7	48	48
	砂利+砕石	19	21	22	22
	砕石+砕石	—	—	58	56
	砕石(単味)	67	57	23	23

の単味・合成使用状況を配合別に示す。

細骨材は、各配合共通して合成使用が80工場を超える。そのほとんどが砂と砂の合成である。砂と砕砂の合成は少なく、11工場にすぎない。これら合成細骨材は、細砂に粗砂又は粗砕砂を合成して、粗粒率を2.7程度にするための粒度調整が主目的となっている。今のところ、調査配合に関しては砕砂を単味で使用する工場はない。

粗骨材は、最大寸法25mmの配合(イ),(ロ)と、最大寸法40mmの配合(ハ),(ニ)で、単味・合成の使用状況が異なる。前者では、砂利又は砕石の単味使用が多く170工場を超える。これに対し後者では、合成使用が多く、砕石と砕石の合成が約60工場もある。これらは最大寸法25mmの粗骨材に粗粒の骨材を加えて、最大寸法40mmの粗骨材に粒度調整したものである。

粗粒率と実積率・・・調査配合に用いられた細骨材と粗骨材の粗粒率を表4に、実積率を表5に示す。細骨材は4配合をまとめて集計した。表中の $\bar{x}$ は平均、sは標準偏差、minとmaxは最

小値と最大値である。粗粒率については、細骨材、粗骨材とも合成により粒度調整され、極めてばらつきの少ない骨材が使用されている。実積率については、ばらつきや範囲がやや大きい。最大寸法40mmの実積率の値が、25mmより大きくなってないのは、砕石が多用されているためと考えられる。なお、細骨材の実積率値の記入のない工場も少なからずあった。

## 2.2 使用セメントと混和剤

配合(イ)~(ハ)の使用セメントは普通ポルトである。配合(ニ)の混合B種の種類については、表1の右欄

に示してある。高炉B種は主に道東の工場で、フライB種は主に道南と道央の工場で使用されている。全道的には、ほぼ同数となっている。

化学混和剤は調査配合全てに使用されている。AE剤とAE減水剤の配合別の使用状況を表6に示す。6銘柄の混和剤に限られているが、AE剤としてはヴィンソルが、AE減水剤としてはポゾリスを使用する工場が多い。なお、建築用配合(ロ)のAE減水剤使用率が、比較的高い。

## 2.3 調査配合の主な配合値

普通骨材を用いた呼び強度210kg/cm<sup>2</sup>の典型的な4種類のコンクリート配合を指定して、道内の

表-4 使用細,粗骨材の粗粒率

骨材	配合	$\bar{x}$	s	min	max	個数
細骨材	全	2.73	0.13	2.29	3.17	790
粗骨材	(イ)	6.86	0.09	6.57	7.25	200
	(ロ)	6.86	0.09	6.57	7.25	200
	(ハ)	7.32	0.08	7.03	7.49	196
	(ニ)	7.32	0.08	7.03	7.49	194

表-5 使用細,粗骨材の実積率<sup>0</sup>/vl

骨材	配合	$\bar{x}$	s	min	max	個数
細骨材	全	65.2	2.2	58.8	71.4	614
粗骨材	(イ)	62.8	2.3	56.2	69.0	184
	(ロ)	62.9	2.3	56.2	69.0	184
	(ハ)	62.8	2.7	56.5	69.7	145
	(ニ)	62.7	2.6	56.5	69.7	144

表-6 配合別の使用混和剤の銘柄と種類 (工場数)

銘柄	(イ)		(ロ)		(ハ)		(ニ)	
	AE	AE減	AE	AE減	AE	AE減	AE	AE減
ポゾリス	-	45	-	56	-	34	-	26
ヴィンソル	130	4	109	7	142	3	151	3
ブラストクリート	-	7	-	12	-	4	-	3
チュポール	5	3	4	6	5	4	4	3
シェルコン	2	1	2	-	2	-	2	-
リグナール	-	3	-	4	-	2	-	2
計	137	63	115	85	149	47	157	37

北海道の生コンクリート工場の実施配合値に対する重回帰分析

表一七 調査配合の主な配合値 ( $\bar{x}$  : 平均, s : 標準偏差, min : 最小値, max : 最大値)

配 合 号	単位水量 $\ell/m^3$				単位粗骨材量 $\ell/m^3$				細骨材率 $\%/\ell$				配 合 数 (工場数)
	$\bar{x}$	s	min	max	$\bar{x}$	s	min	max	$\bar{x}$	s	min	max	
(イ)	152	8.4	131	179	415	22	351	460	42.5	2.7	36.8	49.9	200
(ロ)	171	9.0	151	198	385	18	330	432	44.2	2.1	39.0	50.6	200
(ハ)	145	7.6	126	172	443	21	387	487	39.5	2.4	34.5	46.0	196
(ニ)	142	7.1	126	165	445	20	392	492	38.8	2.4	33.1	45.2	194

表一八 地区協組別の主な配合値 ( $\bar{x}$  : 平均, s : 標準偏差)

No.	単位水量 $\ell/m^3$						単位粗骨材量 $\ell/m^3$						細骨材率 $\%/\ell$					
	(イ)		(ロ)		(ハ)		(イ)		(ロ)		(ハ)		(イ)		(ロ)		(ハ)	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
1	157	6.9	172	8.8	151	2.3	411	14.3	401	13.2	439	8.8	42.4	1.7	41.7	1.7	39.0	1.0
2	154	9.4	170	8.1	149	5.4	399	11.3	382	10.3	430	11.3	44.3	2.5	44.6	1.9	40.5	2.4
3	155	11.0	178	12.3	148	6.9	415	19.3	378	18.3	434	16.9	41.5	2.2	43.7	1.9	39.6	2.7
4	154	5.6	170	7.0	148	6.0	415	20.9	388	12.2	437	24.6	42.3	2.4	44.3	1.4	40.1	2.7
5	170	5.1	189	5.2	162	5.4	372	19.5	350	17.3	412	21.9	46.9	2.7	48.0	2.6	42.0	2.9
6	166	3.1	187	3.1	157	2.5	399	17.0	367	11.9	429	18.1	43.6	2.0	45.3	1.3	40.4	2.1
7	159	5.0	180	5.6	150	5.0	398	11.5	368	7.0	434	17.5	44.7	1.2	46.2	3.2	40.8	2.0
8	161	1.4	181	—	151	0.9	397	8.1	365	1.5	436	8.7	44.4	0.7	46.1	0.3	40.2	0.7
9	146	7.0	164	6.9	139	6.5	408	12.1	386	9.4	445	6.9	44.0	1.4	44.9	1.2	40.2	1.1
10	152	3.2	172	4.1	144	2.8	407	3.6	385	4.3	447	5.3	43.6	0.6	44.3	0.8	39.3	0.5
11	147	3.3	168	4.0	141	1.7	430	11.3	395	11.0	458	19.7	40.9	1.5	43.2	1.4	37.9	2.6
12	144	5.1	163	5.4	139	6.1	426	10.2	396	9.4	457	15.2	42.0	1.4	43.6	1.3	38.2	2.1
13	154	2.6	173	3.6	145	2.2	433	13.8	400	9.5	465	10.4	39.7	1.8	42.3	1.6	36.6	1.2
14	150	1.7	171	3.6	142	1.6	430	11.5	390	8.6	465	11.2	40.1	1.6	43.0	1.2	36.4	1.5
15	151	2.8	173	4.4	146	3.5	423	19.8	392	10.1	451	15.2	41.4	2.7	42.1	1.6	37.9	2.1
16	148	7.8	171	8.2	140	5.2	425	20.5	384	19.2	451	20.7	41.3	2.1	44.0	1.8	38.0	2.0
17	146	4.6	169	4.9	143	4.2	430	25.8	387	24.3	430	19.0	40.4	3.2	43.5	3.1	40.6	2.1
18	145	5.4	166	5.7	136	4.4	403	17.1	378	11.0	439	12.0	45.1	1.9	46.2	1.2	41.3	1.5
19	160	2.7	182	3.5	152	2.1	380	12.7	359	9.6	419	6.0	45.9	1.9	46.3	1.6	41.7	0.8
20	149	5.0	166	5.6	140	7.1	422	16.3	390	14.3	446	19.4	42.3	1.7	44.5	1.4	40.6	1.8
21	145	4.7	166	4.4	138	4.2	425	19.1	393	17.0	451	18.7	41.9	2.5	44.0	2.5	39.2	2.5
22	144	4.1	164	4.5	138	3.5	433	12.6	392	9.2	454	10.5	40.6	1.4	43.7	1.3	38.5	1.1
23	144	5.6	164	4.5	135	3.3	424	23.3	395	27.0	459	14.0	41.7	2.3	43.3	3.1	37.8	1.8
24*																		
全体	152	8.4	171	9.0	145	7.6	415	22.2	385	17.7	443	20.7	42.5	2.7	44.2	2.1	39.5	2.4

\* 地区協組No24の直扱いは、所在地の地区協組に含めて集計した。

表一九 指針調合法の適合性

指針値—調査値	$\bar{x}$	s	
水セメント比	1.9	2.3	$\%/\text{wt}$
単位水量	3.9	7.0	$\ell/m^3$
単位セメント量	0.1	6.2	$\ell/m^3$
単位細骨材量	4.8	25.8	$\ell/m^3$
単位粗骨材量	-6.5	28.8	$\ell/m^3$
細骨材率	0.8	3.8	$\%/\ell$

約200工場の実施配合値を調査したものであるが、骨材や混和剤などの使用材料は工場毎・配合毎に異なる。従って、使用材料の物性の相違による補正を行い、基準化した上でなければ、工場間・配合間の配合値を厳密には比較できない。しかし、配合別・地区協組別の実施配合値の傾向を知るため、材料物性による補正を行わず調査値をそのまま集計した結果を表7, 8に示す。表7には、配合別の主な配合値（単位水量、単位粗骨材量、細骨材率）の平均  $\bar{x}$ 、標準偏差  $s$ 、最小値  $\min$ 、最大値  $\max$  を示した。同一配合でも、単位水量で  $45 \ell/m^3$ 、単位粗骨材量で  $100 \ell/m^3$ 、細骨材率で、 $12\%$  もの範囲があり、これらが同じ呼び

方のコンクリートとして取扱われている。表8には、地区協組別に主な配合値を示す。地区協組ごとでは、ばらつきが小さくなっている。碎石使用工場の多い後志、胆振と根室の単位水量が多く、単位粗骨材量は少ない。

以上の約800配合の調査配合値に対し、各配合の使用材料物性、及び配合条件を用いて JASS 5 及び調査指針に基づいて精算した調査値の適合性を比較した<sup>7,8)</sup>結果を、表9に示す。指針法による計算調査値と調査配合値の差の平均  $\bar{x}$  と標準偏差  $s$  で比較している。平均では比較的良く適合しているが、標準偏差が大きく、指針法では補正の対象としていない材料物性や各工場固有の特性などの影響が、このばらつきに含まれていると考えられる。

表-10 採用した回帰変数の一覧

No.	変 数 と 記 号
1	* 単位水量 WATER $\ell/m^3$
2	単位ペースト量 PASTE $\ell/m^3$
3	* 単位粗骨材かさ容積 BULK $\ell/m^3$
4	細骨材率 FBYA $\%_{vl}$
5	粗細混合粗粒率 MIXFM
6	粗細混合表面率 MIXSM
7	* 粗骨材最大寸法 CMAX mm
8	* 水セメント比 WBYC $\%_{wt}$
9	粗骨材粗粒率 CFM
10	* 細骨材粗粒率 FFM
11	* 粗骨材実積率 CDEN $\%_{vl}$
12	細骨材実積率 FDEN $\%_{vl}$
13	粗骨材表面率 CSM
14	細骨材表面率 FSM
15	* 粗骨材中の碎石比 CCRUSH
16	細骨材中の砕砂比 FCRUSH
17	* スランプ SLUMP cm
18~25	粗骨材の通過率 CP (40、30、25、20、15、10、5、2.5) $\%_{wt}$
26~32	細骨材の通過率 FP (5、2.5、1.2、0.6、0.3、0.15、0.074) $\%_{wt}$
33、34	* セメント CEMENT (普通、高炉B、フライB)
35	* 化学混和剤 ADD (AE、AE減水)
36~58	地区協組 KYOSO (23地区、直扱い)

\* JASS 5 指針調合法で採用されている変数

### 3. 重回帰式の変数の選択

JASS 5 指針調合法に採用されていなくても、生コン工場で受入れ検査や品質管理のため日常測定されている材料物性などをなるべく数多く説明変数として採用することにする。また、指針調合法の適合性を悪くしていると考えられた工場固有特性も変数としたいが、200個にも及ぶので、それらを包含するものとして24地区協組を分類尺度変数として重回帰分析を行う。

重回帰式は一般に式(1)で示される。測定値  $y$  と推定値  $\hat{y}$  の相関を最大にし、説明変数  $x_i$  と残差  $y - \hat{y}$  との相関を最小にする偏回帰係数  $b_i$  を求めるものである。

$$\hat{y} = b_0 + \sum b_i \cdot x_i \quad (1)$$

$\hat{y}$  : 目的変数の予測値 (推定値),  $y$  : 目的変数の観測値 (測定値)

$b_0$  : 回帰定数,  $b_i$  : 偏回帰係数,  $x_i$  : 説明変数,  $i : 1 \sim n$ ,  $n$  : 説明変数の個数

計算は北大大型計算機センターの SPSS を用いて、変数追加モードによる重回帰分析を行った。

#### 3.1 目的変数の選択

一般にコンクリートの調合設計は、強度、耐久性、ワーカビリティなどの要請から、水セメント比と空気量を先決したあと、調合条件に該当する単位水量と単位粗骨材かさ容積 (又は、細骨材率) を各種資料から選んで、そのほかの調合値 (単位量) を計算している。JASS 5 指針調合法でも、単位水量と単位粗骨材かさ容積の標準値とその補正法を詳細に規定している。

コンクリートの調合単位量のうち、水・セメント・空気のペースト部と、細骨材・粗骨材の骨材部とから1個づつの関係量を目的変数として求めれば、他の単位量が計算できる。本報告では表10に

示すように、ペースト部から単位水量と単位ペースト量の2変数を、骨材部から単位粗骨材かさ容積、細骨材率、粗細混合粗粒率と粗細混合表面率の4変数を重回帰式の目的変数として採用した。これら6個の重回帰式を求め、推定精度の良好な目的変数を両部から選ぶことにする。

なお、骨材の粗粒率  $FM$  は粒子寸法の対数に、表面率  $SM$  は粒子表面積に比例する数値であり、それぞれ式(2),(3)で計算される<sup>9)</sup>。

表一11 粗粒率係数  $\alpha_i$ , 表面率係数  $\beta_i$

ふるい呼び 寸法 mm	$\alpha_i$	$\beta_i$
50	8.71	0.023
40	8.37	0.029
30	8.08	0.035
25	7.71	0.045
20	7.37	0.057
15	6.89	0.080
10	6.00	0.146
5	5.00	0.291
2.5	4.00	0.582
1.2	3.00	1.17
0.6	2.00	2.34
0.3	1.00	4.66
0.15	0.00	9.33
0.074	-1.01	18.73
0.037		



$$FM = \sum \alpha_i (P_i - P_{i+1}) / 100 \quad (2)$$

$$SM = \sum \beta_i (P_i - P_{i+1}) / 100 \quad (3)$$

$\alpha_i, \beta_i$  : 粗粒率係数, 表面率係数 (表11参照)

$P_i$  :  $i$  番目のふるいの通過率  $0/v1$ , ただし,  $P_i \geq P_{i+1}$

細骨材率  $FBYA$  と, 粗細混合粗粒率  $MIXFM$ , 粗細混合表面率  $MIXSM$  とは式(4)の関係がある。

$$FBYA/100 = \frac{MIXFM - CFM}{FFM - CFM} = \frac{MIXSM - CSM}{FSM - CSM} \quad (4)$$

$CFM, FFM$  : 粗骨材, 細骨材の粗粒率

$CSM, FSM$  : 粗骨材, 細骨材の表面率

表-12 変数の組合せと重回帰分析結果の要約

目的変数	説明変数	重相関係数	標準誤差	単独：上位取込みの変数 連立：連立変数の取込み順位
単 独 法	No.1 No.7~58	0.968	3.73	No.17、15、7、35、40
	2 “	0.952	6.73	No.17、15、35、20、53
	3 “	0.929	18.81	No.7、17、11、15、41
	4 “	0.843	1.85	No.21、15、17、8、16
	5 “	0.957	0.081	No.9、15、14、17、16
	6 “	0.947	0.038	No.14、20、15、13、17
連 立	No.1 No.3、7~58	0.968	3.72	24番目 (No.3)
	No.3 No.1、7~58	0.930	18.70	10番目 (No.1)
	1 4、 “	0.968	3.74	38 “ (No.4)
	4 1、 “	0.843	1.85	49 “ (No.1)
	1 5、 “	0.968	3.74	46 “ (No.5)
	5 1、 “	0.957	0.081	32 “ (No.1)
	1 6、 “	0.968	3.74	45 “ (No.6)
	6 1、 “	0.947	0.038	35 “ (No.1)
法	No.2 No.3、7~58	0.959	6.22	9番目 (No.3)
	No.3 No.2、7~58	0.940	17.35	7番目 (No.2)
	2 4、 “	0.952	6.73	40 “ (No.4)
	4 2、 “	0.843	1.85	44 “ (No.2)
	2 5、 “	0.952	6.75	43 “ (No.5)
	5 2、 “	0.957	0.081	47 “ (No.2)
	2 6、 “	0.952	6.73	40 “ (No.6)
	6 2、 “	0.947	0.038	46 “ (No.2)

3.2 説明変数の選択

JASS5 指針調合法で調合単位量を計算するために採用されている変数以外にも、表10に示す多くの変数を用いた。これらは、生コン工場で受入れ検査や品質管理のため日常測定されている物性から求められるものである。No.33以降は分類尺度である。変数地区協組 KYOSO は、骨材

表-13 単位水量WATERを目的変数とする重回帰分析(単独法)

DEPENDENT VARIABLE..		WATER				
MULTIPLE R		0.96756				
R SQUARE		0.93617				
ADJUSTED R SQUARE		0.92996				
STANDARD ERROR		3.73457				
SUMMARY TABLE						
VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
SLUMP	0.77688	0.60355	0.60355	0.77688	2.117927	0.65302
C:CRUSH	0.86353	0.74569	0.14214	0.29855	7.894884	0.26099
C:MAX	0.90129	0.81232	0.06664	-0.62722	-0.3795900D-01	-0.02027
ADD	0.91856	0.84376	0.03143	-0.06549	-7.154293	-0.22787
KYOSO5	0.93013	0.86514	0.02139	0.19770	16.53605	0.17964
KYOSO18	0.93837	0.88054	0.01540	-0.08957	-10.56015	-0.15197
WBYC	0.94546	0.89390	0.01336	0.38798	0.3260948	0.06680
KYOSO6	0.95005	0.90259	0.00870	0.20338	8.137986	0.11030
KYOSO17	0.95203	0.90637	0.00377	-0.04622	-5.468837	-0.06502
C:P20	0.95369	0.90953	0.00316	0.60377	0.1713631	0.17547
KYOSO21	0.95525	0.91250	0.00297	-0.08547	-5.106943	-0.07139
KYOSO22	0.95644	0.91478	0.00228	-0.11538	-4.759588	-0.08062
KYOSO23	0.95772	0.91723	0.00245	-0.07322	-7.177457	-0.06225
CEMENT1	0.95900	0.91969	0.00246	0.42961	3.964982	0.12192
CEMENT2	0.96123	0.92396	0.00427	-0.22216	3.918548	0.08371
KYOSO16	0.96231	0.92604	0.00208	-0.03612	-3.585291	-0.04859
KYOSO12	0.96291	0.92720	0.00116	-0.11786	-2.706878	-0.04208
KYOSO9	0.96360	0.92852	0.00131	-0.08113	-3.851549	-0.05050
KYOSO10	0.96394	0.92918	0.00066	0.00024	1.554965	0.01392
C:P15	0.96425	0.92977	0.00059	0.52187	-0.4468259D-01	-0.03740
C:P30	0.96454	0.93033	0.00056	0.59548	0.1744286	0.10406
F:CRUSH	0.96484	0.93091	0.00058	0.14398	-3.861318	-0.03155
KYOSO1	0.96512	0.93146	0.00055	0.06752	2.355469	0.03795
KYOSO3	0.96546	0.93210	0.00064	0.06484	3.376502	0.04576
C:SM	0.96572	0.93262	0.00051	0.23340	-22.73549	-0.05002
C:DEN	0.96595	0.93306	0.00045	-0.29047	0.2148843	0.03757
KYOSO11	0.96616	0.93346	0.00040	-0.05083	-2.676625	-0.02991
KYOSO4	0.96630	0.93373	0.00027	0.03969	-0.9541642	-0.02118
KYOSO20	0.96648	0.93409	0.00036	-0.07634	-1.015171	-0.01847
KYOSO14	0.96669	0.93449	0.00041	-0.04050	-0.6414465	-0.01043
F:P1.2	0.96679	0.93467	0.00018	0.09637	-0.1303536	-0.04804
F:PO.3	0.96686	0.93481	0.00014	0.04904	-0.5023620	-0.15036
C:P25	0.96693	0.93495	0.00014	0.62431	0.3669462D-01	0.03503
F:PO.074	0.96697	0.93503	0.00007	-0.02356	-2.630972	-0.10208
F:P2.5	0.96700	0.93509	0.00006	0.06660	-0.3771643D-01	-0.01147
C:P5	0.96702	0.93513	0.00004	0.23871	0.9304720D-01	0.01215
KYOSO7	0.96704	0.93517	0.00003	0.09951	-0.4128681	-0.00512
KYOSO2	0.96705	0.93519	0.00002	0.03245	0.4368309	0.00611
F:SM	0.96706	0.93521	0.00002	0.07114	24.55418	0.33284
F:PO.15	0.96710	0.93529	0.00008	-0.01759	-1.167126	-0.11968
F:PO.6	0.96740	0.93587	0.00058	0.11900	-0.2851744	-0.12369
KYOSO13	0.96745	0.93596	0.00010	0.01089	2.128428	0.02371
F:DEN	0.96748	0.93602	0.00006	-0.06515	0.1115955	0.01722
KYOSO8	0.96750	0.93606	0.00004	0.05563	-0.2463671	-0.00205
C:P40	0.96752	0.93609	0.00003	0.47612	0.9130577D-01	0.00772
KYOSO15	0.96753	0.93611	0.00002	0.00030	1.173042	0.01735
KYOSO19	0.96755	0.93616	0.00004	0.13329	1.090383	0.01612
F:FM	0.96756	0.93616	0.00001	-0.14740	0.4294530	0.00393
F:P5	0.96756	0.93617	0.00000	0.02335	-0.1992021D-01	-0.00215
(CONSTANT)					43.47628	

乗却変数：CFM,CP2.5

が地方的産物であることと、工場固有特性を地区協組として包含するものと考えて、まとめてその影響を抽出することにした。

説明変数の選び方によって、次の単独法と連立法の2通りの方法で分析を行うことにする。

単独法・・・表10のNo. 1～6から1個を目的変数とし、No. 7以降の52個を説明変数とする場合を、「単独法」と呼ぶことにする。6本の重回帰式が得られる。

連立法・・・表10のNo. 1, 2から1個を目的変数とし、No. 3～6からの1個を説明変数とし

表-14 混合粗粒率MIXFMを目的変数とする重回帰分析 (単独法)

DEPENDENT VARIABLE..		MIXFM				
MULTIPLE R		0.95678				
R SQUARE		0.91543				
ADJUSTED R SQUARE		0.90684				
STANDARD ERROR		0.08101				
SUMMARY TABLE						
VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
C:FM	0.88119	0.77650	0.77650	0.88119	-0.5686362	-0.52759
C:CRUSH	0.91864	0.84389	0.06740	-0.11698	-0.87733500-01	-0.15421
F:SM	0.92694	0.85922	0.01532	-0.22092	0.1880810	0.23556
SLUMP	0.93489	0.87401	0.01479	-0.57315	-0.79903180-02	-0.13099
F:CRUSH	0.93733	0.87859	0.00458	-0.14179	-0.1979879	-0.08595
F:P1.2	0.93982	0.88326	0.00467	-0.17394	-0.53664920-02	-0.10515
F:DEN	0.94191	0.88720	0.00394	-0.04264	-0.28174400-02	-0.02311
CEMENT1	0.94364	0.89046	0.00326	-0.53275	-0.29895850-01	-0.04852
KYOSO20	0.94488	0.89281	0.00235	-0.02594	-0.53035870-01	-0.05132
C:P20	0.94636	0.89560	0.00279	-0.87475	-0.57954630-02	-0.31553
KYOSO18	0.94730	0.89739	0.00179	-0.06726	-0.70255370-01	-0.05376
KYOSO9	0.94823	0.89914	0.00176	-0.03027	-0.73231720-01	-0.05105
C:MAX	0.94917	0.90091	0.00177	0.85581	0.36641650-02	0.10403
F:P2.5	0.95002	0.90254	0.00162	-0.04768	-0.45172140-02	-0.07301
KYOSO14	0.95068	0.90380	0.00126	0.10614	0.60028470-01	0.05120
KYOSO15	0.95129	0.90496	0.00116	0.13144	0.50533010-01	0.03773
KYOSO1	0.95187	0.90606	0.00110	-0.01644	0.59111280-01	0.05111
C:DEN	0.95246	0.90718	0.00112	0.17534	0.58201380-02	0.05411
KYOSO3	0.95298	0.90817	0.00098	0.00079	0.70708360-01	0.05095
KYOSO13	0.95348	0.90912	0.00096	0.08601	0.61026400-01	0.05614
CEMENT2	0.95387	0.90986	0.00074	0.35633	0.29625920-01	0.03566
KYOSO16	0.95425	0.91059	0.00072	0.03125	0.40178780-01	0.02895
C:P40	0.95454	0.91115	0.00057	-0.61795	-0.12566870-01	-0.05655
KYOSO10	0.95486	0.91176	0.00061	0.01249	-0.54788980-01	-0.03545
KYOSO21	0.95504	0.91211	0.00034	0.06961	-0.46526590-01	-0.03658
KYOSO19	0.95518	0.91237	0.00027	-0.18276	-0.21114370-01	-0.01660
C:P25	0.95541	0.91280	0.00043	-0.85995	-0.68517850-02	-0.34776
C:P10	0.95559	0.91316	0.00035	-0.76278	-0.10680970-01	-0.30752
KYOSO22	0.95575	0.91345	0.00029	0.02774	-0.20555200-01	-0.01851
KYOSO8	0.95587	0.91369	0.00024	0.02332	0.23513840-01	0.01032
KYOSO5	0.95598	0.91390	0.00021	-0.09816	0.49245930-01	0.02845
KYOSO12	0.95603	0.91399	0.00009	0.03683	-0.70056710-02	-0.00579
F:P5	0.95607	0.91408	0.00009	0.01254	0.22843250-02	0.01311
F:FM	0.95612	0.91416	0.00008	0.16776	0.30252080-01	0.01473
C:SM	0.95616	0.91425	0.00009	-0.39443	-0.3815031	-0.04462
KYOSO7	0.95621	0.91433	0.00009	-0.00923	-0.23871460-01	-0.01576
C:P30	0.95624	0.91440	0.00006	-0.81643	-0.70616090-03	-0.02215
WBYC	0.95627	0.91446	0.00006	-0.36756	0.15468470-02	0.01683
ADD	0.95630	0.91451	0.00006	-0.20225	-0.54542180-02	-0.00932
C:P2.5	0.95633	0.91456	0.00005	-0.20387	-0.41772320-02	-0.01269
C:P5	0.95636	0.91462	0.00006	-0.41707	-0.11009360-01	-0.07644
C:P15	0.95647	0.91483	0.00021	-0.81792	-0.46427120-02	-0.20662
F:PO.074	0.95649	0.91487	0.00004	-0.04047	-0.36554150-01	-0.07541
F:PO.3	0.95653	0.91494	0.00007	-0.16550	-0.80195830-02	-0.12762
F:PO.15	0.95655	0.91500	0.00005	-0.07475	-0.15446940-01	-0.03422
F:PO.6	0.95674	0.91534	0.00035	-0.18069	-0.36983660-02	-0.02520
KYOSO6	0.95675	0.91538	0.00004	-0.03692	-0.57343220-02	-0.00413
KYOSO11	0.95677	0.91540	0.00002	0.01644	0.10458840-01	0.00612
KYOSO23	0.95677	0.91542	0.00002	0.02359	-0.79807720-02	-0.00362
KYOSO2	0.95678	0.91543	0.00001	-0.04295	0.74348180-02	0.02532
KYOSO4	0.95678	0.91543	0.00000	-0.05735	0.29966500-02	0.00354
(CONSTANT)					12.39719	

棄却変数：KYOSO17

北海道の生コンクリート工場の実施配合値に対する重回帰分析

てNo. 7以降の変数に追加した重回帰式と、この追加した変数を目的変数としNo. 1, 2からの1個を説明変数としてNo. 7以降の変数に追加した重回帰式とを連立して解く場合を、「連立法」と呼ぶことにする。8対16本の重回帰式が得られる。

単独法に比較して、連立法の重回帰式の重相関係数が高められると考えた。これら単独法と連立法の変数の組合せを表12に示す。説明変数間には、内部相関の高いのも含まれているが、ステップワイズでそのまま分析した。

表一15 混合表面率MIXSMを目的変数とする重回帰分析(単独法)

DEPENDENT VARIABLE.. MIXSM						
MULTIPLE R		0.94738				
R SQUARE		0.89754				
ADJUSTED R SQUARE		0.88757				
STANDARD ERROR		0.03834				
SUMMARY TABLE						
VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
F:SM	0.76067	0.57862	0.57862	0.76067	0.2849278	0.47666
C:P25	0.87752	0.77003	0.19141	0.44636	0.26003940-02	0.30635
C:CRUSH	0.89473	0.80054	0.03050	0.28025	0.42273560-01	0.17247
C:SM	0.91101	0.82994	0.02940	0.41899	0.7441253	0.20203
SLUMP	0.92037	0.84707	0.01714	0.34489	0.38891940-02	0.14799
WBYC	0.92427	0.85427	0.00720	0.24182	-0.82211150-03	-0.02078
C:P20	0.92758	0.86041	0.00614	0.48386	0.25289870-02	0.31959
F:CRUSH	0.93084	0.86647	0.00606	0.28158	0.89894960-01	0.09053
KYOSO18	0.93316	0.87079	0.00432	-0.00303	0.34033160-01	0.06044
F:DEN	0.93473	0.87372	0.00293	0.00836	0.19411520-02	0.03696
KYOSO20	0.93641	0.87687	0.00315	0.03939	0.27728900-01	0.06228
F:PO.6	0.93755	0.87900	0.00212	0.46465	0.18700000-03	0.01001
KYOSO19	0.93865	0.88106	0.00206	0.20816	0.16410910-01	0.02995
KYOSO9	0.93965	0.88294	0.00188	0.06898	0.33637030-01	0.03443
KYOSO14	0.94049	0.88453	0.00158	-0.17020	-0.24926390-01	-0.05005
CEMENT2	0.94127	0.88599	0.00147	-0.20943	-0.12082440-01	-0.03378
KYOSO10	0.94193	0.88724	0.00124	-0.03921	0.26599980-01	0.03995
KYOSO21	0.94233	0.88798	0.00074	-0.12811	0.23809950-01	0.04108
KYOSO1	0.94274	0.88877	0.00079	0.15536	-0.23217780-01	-0.04660
C:P40	0.94315	0.88952	0.00076	0.28527	0.55232450-02	0.03769
F:P5	0.94352	0.89023	0.00070	-0.15730	-0.24743690-02	-0.03375
C:DEN	0.94388	0.89090	0.00068	-0.24833	-0.22013510-02	-0.04750
KYOSO22	0.94430	0.89171	0.00081	0.05264	0.93820640-02	0.01961
KYOSO12	0.94456	0.89220	0.00049	-0.12997	0.29923170-02	0.00574
F:PO.3	0.94476	0.89257	0.00037	0.60089	0.27573970-02	0.01085
KYOSO3	0.94497	0.89296	0.00039	0.00613	-0.28230360-01	-0.04722
CEMENT1	0.94521	0.89342	0.00045	0.29867	0.14825920-01	0.05585
C:MAX	0.94543	0.89383	0.00042	-0.44425	-0.19245620-02	-0.12633
KYOSO15	0.94567	0.89429	0.00045	-0.24227	-0.21712990-01	-0.03963
KYOSO16	0.94593	0.89479	0.00050	-0.02169	-0.15919960-01	-0.02663
C:P2.5	0.94607	0.89504	0.00026	0.16042	0.16904490-02	0.01192
KYOSO7	0.94620	0.89530	0.00026	0.00252	0.12681070-01	0.01945
C:P30	0.94632	0.89553	0.00022	0.40875	-0.28125270-04	-0.00205
KYOSO6	0.94643	0.89573	0.00020	0.05423	0.97714730-02	0.01634
F:PO.074	0.94655	0.89596	0.00023	0.31950	0.19411440-01	0.09295
KYOSO13	0.94669	0.89623	0.00027	-0.23174	-0.21775060-01	-0.02795
F:PO.15	0.94684	0.89650	0.00027	0.38094	0.72238820-02	0.09142
F:P1.2	0.94694	0.89669	0.00019	0.23177	0.80672850-03	0.03669
C:P15	0.94702	0.89685	0.00016	0.42396	0.18038290-02	0.18633
F:FM	0.94708	0.89696	0.00011	-0.33526	-0.12052730-01	-0.01362
C:P10	0.94712	0.89704	0.00008	0.40826	0.41817820-02	0.27946
C:FM	0.94717	0.89714	0.00009	-0.47198	0.4474211	0.96356
C:P5	0.94727	0.89732	0.00019	0.25922	0.40195710-02	0.06478
ADD	0.94731	0.89740	0.00008	0.23003	0.28144740-02	0.01116
KYOSO8	0.94735	0.89747	0.00007	-0.06815	-0.91097780-02	-0.00934
KYOSO5	0.94737	0.89752	0.00005	0.20004	-0.77698480-02	-0.01042
KYOSO23	0.94738	0.89752	0.00001	0.01144	0.29960010-02	0.00321
F:P2.5	0.94738	0.89753	0.00001	-0.09470	0.11574850-03	0.00434
KYOSO11	0.94738	0.89754	0.00001	-0.03922	-0.19890430-02	-0.00273
(CONSTANT)					-3.890006	

棄却変数: KYOSO 2, 4, 17

#### 4. 重回帰分析の結果

北海道内205の生コンクリート工場から回答された表1の4種類の調査配合(イ)~(ニ)の808配合を一括込みにして計算した。このうち細骨材の実積率や粗骨材の合成実積率などに欠測値のあるものが除かれ、約500配合が分析された。単独法6個、連立法16個の重回帰分析の結果の要約を表12にまとめて示す。表中の重相関係数  $R$  は、目的変数の測定値  $y$  と推定値  $\hat{y}$  の相関係数である。標準誤差  $SE$  は、残差  $y - \hat{y}$  の標準偏差である。従って、 $R$  が大きく、 $SE$  の小さい重回帰式の予測精度が良いことになる。

単独法の場合、ペースト部からNo. 1の単位水量を、骨材部からNo. 5の混合粗粒率を目的変数とした重回帰式の重相関係数が高くなった。No. 4の細骨材率の重相関係数は意外に低くなった。

なお、JASS 5 指針調合法で採用している単位粗骨材かさ容積の重相関係数は、それほど高くなく、混合表面率よりも劣る。単独法による単位水量、混合粗粒率と混合表面率を目的変数とする重回帰分析の出力結果を、表13,14,15に例示する。

連立法の場合、No. 1の単位水量との連立では、No. 5の混合粗粒率（又は、No. 6の混合表面率）の重相関係数が高いが、単独法の場合の重相関係数・標準誤差とほとんど変化ない。また、No. 3の単位粗骨材かさ容積以外は、連立変数の取込み順も遅く、連立にする効果はあまりみられない。No. 2の単位ペースト量との連立でも、No. 3の単位粗骨材かさ容積のほかは、重相関係数、標準誤差ともに向上していない。これは説明変数の数が多すぎ、しかも内部相関のあるものも含まれているため、連立の効果が見れなかったと考えられる。

以上の分析結果から、単独法、連立法ともに、単位水量と混合粗粒率（又は、混合表面率）を目的変数とする重回帰式が良さそうである。しかし、これら目的変数の値のみでは、各調合単位量の推定精度は判断できないので、ペースト部と骨材部の両部の目的変数の推定値から各調合単位量を計算し、調査配合値の単位量と比較することにする。

#### 5. 調合単位量による比較

単独法、連立法各々、ペースト部からの2変数と骨材部からの4変数を組合せて8通り、計16通りの調合単位量を計算した。水セメント比と空気量は、調査値を用いた。水、セメント、細骨材、粗骨材の単位絶対容積  $l/m^3$  について、調査配合値と計算調合値の差（残差）の平均と標準偏差を、表16にまとめて示す。なお、連立法の場合は、目的変数を連立して解いてから、各調合単位量を計算した。

表16の調合単位量の残差の平均と標準偏差は、表12の重回帰式の重相関係数と標準誤差の値をある程度反映してはいるが、あまり大きな差となっていない。ペースト部としては、単位ペー

スト量よりも単位水量を目的変数とする方が単位量を良く推定する。骨材部としては、重相関係数の高かった混合粗粒率よりも混合表面率を目的変数とする方が、わづかながら単位量の推定精度が良くなっている。また、重相関係数の低かった細骨材率でも、それほど悪くはない。

表-16 調合単位量(調査値-計算値)の平均 $\bar{x}$ と標準偏差 $s$ ( $\ell/m^3$ )

目的変数の組合せ		水		セメント量		細骨材量		粗骨材量	
		$\bar{x}$	$s$	$\bar{x}$	$s$	$\bar{x}$	$s$	$\bar{x}$	$s$
単独	No.3	0.2	3.76	0.1	2.22	-1.2	16.1	1.0	14.7
	No.4	0.2	3.76	0.1	2.22	1.5	15.3	-1.8	14.5
	No.5	0.2	3.76	0.1	2.22	1.4	15.7	-1.7	15.0
	No.6	0.2	3.76	0.1	2.22	-0.7	14.1	0.4	13.1
法	No.3	-2.0	4.15	-1.2	2.46	2.9	15.2	1.0	14.7
	No.4	-2.0	4.15	-1.2	2.46	0.8	15.2	0.2	14.7
	No.5	-2.0	4.15	-1.2	2.46	2.2	15.6	0.3	15.2
	No.6	-2.0	4.15	-1.2	2.46	2.9	13.9	2.4	13.5
連立	No.3	0.4	3.78	0.1	2.23	-1.4	16.1	1.0	14.7
	No.4	0.2	3.76	0.3	2.22	1.7	14.1	-2.4	13.1
	No.5	0.2	3.76	0.1	2.22	1.4	15.7	-1.7	15.0
	No.6	0.2	3.76	0.1	2.22	-0.7	14.1	0.4	13.1
法	No.3	-0.1	4.13	0.0	2.45	-0.9	15.2	1.0	14.7
	No.4	-0.1	4.13	0.0	2.45	1.7	14.1	-1.6	13.6
	No.5	-0.1	4.13	0.0	2.45	1.6	15.7	-1.5	15.2
	No.6	-0.1	4.13	0.0	2.45	-0.5	13.9	0.6	13.5

以上の調合単位量による推定精度の比較から、単位水量と混合表面率を目的変数とする重回帰式が、調合単位量の推定には適当である。この場合、単独法でも連立法でも推定の精度は、ほぼ同じである。

表-17 指針調合法と重回帰式の単位量推定精度の比較

調合単位量 $\ell/m^3$ (調査値-計算値)	指針調合法		重回帰式*	
	$\bar{x}$	$s$	$\bar{x}$	$s$
単位水量	-3.9	7.0	0.2	3.8
単位セメント量	-0.1	6.2	0.1	2.2
単位細骨材量	-4.8	25.8	-0.7	14.1
単位粗骨材量	6.5	28.8	0.4	13.1

\* 単位水量と混合表面率を目的変数とする重回帰式による。

なお、JASS 5 指針調合法により精算した調合単位量の推定精度と、本報の重回帰式による推定精度を、表17に比較して示す。説明変数の欠測などのため、分析対象配合数は等しくはないが、重回帰式による推定精度は格段に良くなっている。特に、標準偏差は半減しており、ばらつきの少ない調合単位量の推定ができ、実用性が充分にあると考える。

## 6. 結 語

北海道の生コンクリート工場における典型的なコンクリートの実施配合値と使用材料に関する調査概要を示し、調査配合値に対する重回帰分析を行った。その結果、単位水量と粗細混合表面率を目的変数とする重回帰式が、調合単位量の推定に最適であることを指摘した。この重回帰式から推定した調合単位量は、JASS 5 指針調合法による計算単位量にくらべ、ばらつきが半減し、適合性が秀れていることを示した。

本報告の重回帰式には、生コンクリート工場で日常測定されている材料物性を数多く説明変数として採用している。これらには、内部相関の高い変数も含まれているために、今後は説明変数の精選化の検討が必要と考えている。骨材の表面率についても、微粒子部分の係数を修正することによって、調合単位量の推定精度を更に向上させ得ると思っている。

なお、分類尺度として採用した説明変数「地区協組」は、重回帰分析のかなり早いステップから取込まれており、調合値に与える影響が少なくないことを示し得た。これには工場固有特性の占める割合が大きいと予想されるので、その定量化も今後の課題であろう。

本報告には、建築工学科卒業研究生、58年度大島佳之（鉄建建設）、野口 覚（鴻池組）、59年度鈴木宏幸（東急建設）、村井昭宏（東亜建設工業）の諸君に多大な協力を得ました。ここに謝意を表します。

（本報告の内容は、部分的に参考文献<sup>7,8,10,11</sup>）に発表しております。）

（昭和61年5月21日 受理）

## 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、1979
- 2) 日本建築学会：コンクリートの調合設計・調合管理・品質検査指針案・同解説、1976
- 3) 北海道生コンクリート工業組合：昭和57年度活路開拓ビジョン実現化事業研究報告書、1983. 2
- 4) 北海道生コンクリート工業組合：全国生コンクリート工業組合連合会第2回（1983年）生コン技術大会研究発表論文集、p.39（1983.6）
- 5) 大島佳之、野口 覚：室蘭工大建築工学科卒業論文梗概集、No.15、p.生産1,4（1984.2）
- 6) 鈴木宏幸、村井昭宏：室蘭工大建築工学科卒業論文梗概集、No.16、p.生産1（1985.2）
- 7) 後藤知以、長島 弘：日本建築学会北海道支部研究報告集構造系、No.58、p.5（1985.3）
- 8) 後藤知以、長島 弘：日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）、A、p.389（1985.10）
- 9) 後藤知以：日本建築学会論文報告集、No.274、p.1（1978.12）
- 10) 後藤知以、野月博征、鈴木宏幸、村井昭宏：日本建築学会北海道支部研究報告集構造系、No.59、p.1（1986.3）
- 11) 後藤知以、野月博征、長島 弘：日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道）、A、p.667（1986.18）