

生コンクリートの経時変化についての考察

土木課 市岡達弘

1. はじめに

近年林道工事において、生コンクリートの利用度が増加し、当局管内の林道工事をみても、特別の場合を除き、ほとんどが生コンクリートを使用している。

生コンクリートを使う理由としては、

- (1) 高品質のコンクリートが得られる。
- (2) 現場設備が不要となり、工費の節減ができる。

経費的にみますと、現場練りは生コンクリートに対し、約58%増加となり、管内全体では約3,000万円となる。

- (3) 工程管理を弾力的且つ円滑に進めることができる。

などの利点があるからである。

この生コンクリートの使用について、学会等で示されている経時限度をみると、下表の

区 分	条 件	限度(分)	
jis-A5308 レデミクストコンクリート	練りませから荷卸しまで	90	
土 木 学 会	練りませから	温暖で乾燥しているとき	60
	打ち終りまで	低温で湿潤なとき	120

限度を越えてはならないときめられている。

ところで、

- ア 管内の工事現場が年々奥地化している。
- イ 道路条件の悪化から、運搬時間が長くなっていく。
- ウ 開発規制などから、工事が片押化している。

と言う悪条件が増大しつつあり、ややもすると、この基準を超過したコンクリートが使用される懸念がでてくる。従って、この「生コンクリートを林道工事に、どこまで使用することができるか」という問題点を掘り起すとともに、その対応が急がれるわけである。

このような観点から、

- (ア) 条件別経時限度をどこにおくか。
- (イ) 工程上のロス時間を削減する方法は何か。

(ウ) 現場における品質管理の徹底をどうすべきか。

などについて実態を調査し考察を進め、一応の目途を把握したので発表する。

2. 現在までの調査研究の経過

- (1) 昭和50年度は、生コンクリートの現場管理方法の調査。
- (2) 昭和51年度は、現場管理方法の改善検討と時間経過に伴うスランプ、空気量、圧縮強度の調査。
- (3) 昭和52～53年度は、運搬時間・工程別現場作業時間の実態調査とその分析。

3. 1年目のアプローチ（昭和50年度）

小坂町にあるJIS認定のK生コン工場において、生コンクリート打設までの保管状態を3種類に区分して、時間経過に伴うスランプ、空気量等を調査した。

- (1) 試験する配合

配合区分	強度	W/C	スランプ	空気量	遅延剤	使用区分
A	180 $\%$	62 $\%$	8cm	5.0 $\%$	ポゾリス No.5 L	ブロック、石積用
B	180	62	12	5.0	” No.8	” ”
C	180	62	8	5.0	” No.8	石積用

A種コンクリートの中より、上記の配合を満たす生コンを選んだ。

- (2) 生コンクリート打込みまでの保管状態を野ざらし。シート被覆、濡れむしろ被覆の3種類に区分した。
- (3) 運搬時間の決定

前年度における管内40路線の実績をみると、平均距離21.4 Kmで運搬所要時間45分であったため、今回の試験は生コンクリートをミキサー車に積み込んでから、停車したまま45分間ドラムを常時回転させたのち、容器にあけた。

- (4) 試験月日は第1回50年10月15日、第2回は50年10月22日。
- (5) 試験経過

1回目の試験の結果、保管状態による差異については、「野ざらし」に対し、「被覆したもの」の効果は認められたが、遅延効果を考えて使用したポゾリスNo.8については、遅延効果の傾向を把握するまでには到らなかった。

「野ざらし」は放置時間の経過と共にスランプの変動が大きく、作業性が落ち、遅延効果が期待できなかった。

2回目の試験は、1回目の結果から効果の認められなかった「野ざらし」はとりやめ、「シート被覆」のみとした。(図-1参照)

B配合は流動性が強く、ブロック練積及び練石積には不適當なことがわかった。

C配合はA配合に比べ、スランブの減少が目立ち、作業性が悪くなった。

空気量は設計値5%に対し、運搬中の減少を考慮し、1%程度増量して練り上げたところ、区分A・B・Cとも設計値を1%下まわった程度に止どまった。

C配合は空気量が当初の予想以上に多かったための変動があり、作業性が悪くなった。

今回の試験でも、従来使用してきたポゾリス№5 Lに対する№8の遅延効果は、解明できなかった。

時間の経過と圧縮強度との関係は、3種類ともバラツキはあったものの、強度の落ち込みはなかった。(図-2参照)

4. 2年目のアプローチ(昭和51年度)

50年度は試験時期が10月中旬以降であったことなどにより、期待した成果が得られなかった反省の上になつて、51年は各管林署の工事現場において、夏期を中心に、次の方法で試験的に実施した。

(1) 試験時期及び打ち込みまでの保管状態

- シートの上に濡れむしろ
- ◎ 7月下旬～8月上旬 { シート 1枚
- ◎ 9月上旬～中旬 シート 1枚

(2) 試験する配合仕様は下の表のとおり

区 分	設 計 仕 様	左記事項を満すA種配合表
セメントの種類	普通ポルトランドセメント	普通ポルトランドセメント
強 度	180 ㎏	248 ㎏
水セメント比	62 %以下	59.1 %
スランブ	8 cm	8 cm
空 気 量	5.5 %	5.5 %
A E 剤	№5 L	№5 L

(3) 気温による地域区分

管内の気温を調べてみたところ、マクロ的にみて、年平均気温が12度の線を境に南・北ブロックに分かれているのに着目し、これとほぼ同じ方法で、北部と南部に分けてみたが、今回の調査では特別の影響はなかった。

然し、打設時期や場所の状況によって気温は変化し、これが敏感に生コンクリートの経時限度と関係があるため、ミクロ的に温度及び湿度の変化と経時限度との相関関係を、とらえてみることも必要である。

(4) 今回の試験結果

ア スランプの範囲

指定値 8 cm に対して ± 2.5 cm の範囲があり、これを数値におきかえると上限値が 10.5 cm、下限値が 5.5 cm となる。

これに対し、120 分経過時の平均スランプは 6.6 cm、150 分では 4.6 cm と低下した。作業性の難易度より考えると、経過 120 分までは作業が容易であった。

下限地以下の箇所を改善する方法として、プラントでの練りませの際、1 cm 程度スランプを多く見込むことが考えられる。(表-4、図-3 参照)

イ 空気量の範囲

指定した空気量 5.5 % に対して、± 1.5 % の範囲を加味すると、上限値が 7 %、下限地が 4 % となる。

試験の結果は平均値が、120 分で 4.2 % と許容範囲内であった。

下限値以下の箇所を改善する方法としては、プラントで 1 % 程度多く空気量を仕込めば解消できる。(表-5、図-4 参照)

ウ 圧縮強度

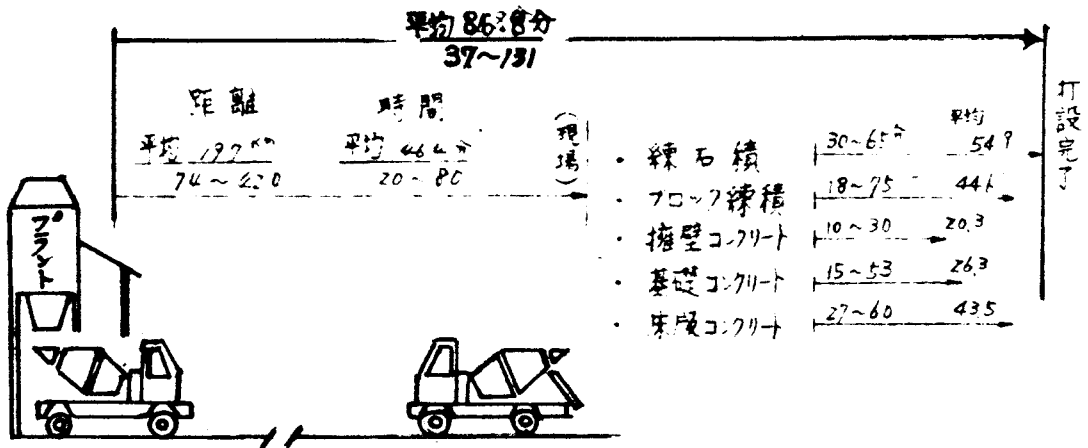
各測定時間毎に 3 本を 1 組としてテストピースを作り、28 日間現場にて自然養生したものを圧縮試験機にかけたものである。

設計基準強度 180 ㎍ に対し、0 分で採取したテストピースは標準水中養生の結果、平均強度 256 ㎍ となり、60～180 分間の現地における自然養生も、219～228 ㎍ と高低はあるものの、ほぼ横ばいとなり、時間の経過に伴う強度の落ち込みはなかった。(表-6、図-5 参照)

5. 3 年目アプローチ (昭和 52—53 年度)

コンクリート工事における所要時間の実態を把握するため、管内各署の工事現場で、生コンプラントを出発してから現場で打設が完了するまでの、各工種別所要時間を調査した。

調査した現場は 29 路線で、工種は主なものとして練石積、ブロック練積、擁壁、基礎コンクリート、床版の 5 種目を選んだ。その結果をまとめたのが表-7 であり、これを模式図に書くと、次のようになる。(表-7 参照)



この調査でわかったことは、プラント出発から打設完了までの $\frac{1}{2}$ を、運搬時間に要しているが、今後運搬距離が長くなるに従って運搬時間が増大し、現場における生コンクリートの保管時間が減少するので、作業の手順、仕事量の把握等に十分な配慮が必要である。

特に練石積、ブロック練積については、ややもすると打設時間が長くなりがちなので、特に注意を要する。

6. 生コンクリート使用と現場練の経費比較

昭和53年度における68件の新設工事より試算すると、およそ次のようになる。

(1) 生コンクリート

強度	粗骨材φ	スランブ	
条件 135kg	25mm	8cm	
建設物価	高山市	10,600円	} 12,000円/m ²
	悪路割増	500	
	運搬費10km	400	
	小型車割増	500	

(2) 現場練

セメント	3,825.4円/10m ²	} 13,014.6 13,015円/m ²
粗骨材	1,737.6	
細骨材	1,233.6	
減水剤	1,452	
ミキサー運転経費	5,726.5	
運搬費セメント	1,581	
骨材	1,882	

施設の設置・撤去（0.1 m³級）

	歩掛	単価	損率	金額
普通作業員	28.1人	7,470円	1.00	209,907円
素材	7.13 m ³	31,000	0.30	66,309
製材品	2.24 m ³	52,000	0.30	34,944
洋釘	3.10 kg	128	1.00	397
鉄線	40.7 "	108	1.00	4,396
シート	4枚	7,950	0.10	3,180
ウォーターホース	100 m	370	0.10	3,700
運賃（搬入搬出）				8,000
計				<u>330,833円/か所</u>

(3) 対比

生コンクリート 12,000円/m³

現場練 13,015

施設の設置・撤去 330,833円/か所/1工事

○ 1新設工事当り 平均コンクリート使用量 48 m³

○ 施設費の1 m³当り経費

$$\frac{330,833}{48 \text{ m}^3} = 6,896 \text{ 円} \div 6,900 \text{ 円}$$

○ 生コンクリート単価12,000円に対する施設費の割合

$$\frac{6,900}{12,000} \times 100 = 57.5 \div 58\%$$

○ 全工事を現場練とした場合の施設費総額

$$68 \text{ 件} \times 330,833 \div 2,250 \text{ 冊}$$

$$\text{諸経費 } 2,250 \text{ 冊} \times 0.30 \div 675 \text{ 冊}$$

$$\text{計 } \underline{2,925 \text{ 冊}}$$

∴ 生コンクリート使用のメリットは 約3,000冊となる。

○ 調査集計表で基準外に落ちている割合

スランプ 41% } 平均42%
空気量 43%

○ 品質管理等を放置した場合、不良コンクリート工事が発生することとなり、現場練が必要となる。この場合に要する経費

$$3,000 \text{ 冊} \times 0.42 = 1,260 \text{ 冊}$$

7. ま と め

以上の調査により問題点の処理と、今後の対応策をまとめてみると、

(1) 条件別経時限度の傾向

林道工事における生コンクリート使用の最盛期は、夏より秋にわたり、年間では温度が上昇し、水分の蒸散が多い時期であるが、現場に荷卸しされた生コンクリートの保管に当たっては、これを「野ざらし」状態で放置せず、シート・濡れムシロ等で被覆したり、穴に保管するなどの養生をした場合は、今後改善を要する点はあるが、一応の目安として、一般的には、120分程度までは使用が可能と考えられる。

(2) ロス時間削減の方策

年毎に工事現場が奥地化して、運搬時間が長くなるので、

ア まずプラントとの連携を密にし、生コン車の出発、現場到着時間の連絡確認を必ず行う必要がある。

現場への搬入量については、その工事の打ち込みに要する時間を十分考えて適量を決め、又、その日の工事に生コンクリートを多量に使用する場合には、現場での処理時間より短い間隔で、出荷しないように連絡、確認を行うことが大切である。

従来生コン車が現場で時間待ちすることもあったが、生コン車到着までに、受け入れ場所、施設の準備を完了して、生コン車の手待ち時間を無くするようにすべきである。

イ 関連工程との組み合わせ。

打設か所の型枠組み及び点検はもとより、使用資材は使用量を計画的に搬入し、取付及び先行作業を順序よく進めていく必要がある。

ウ 作業仕組の改善

生コンクリートの保管時間を、努めて少なくするためには、従来は構造物を1か所毎に完成し、次の構造物に取りかかっていた方法を改め、縦及び横方向の構造物を同時に手がけるなど、複数以上の構造物を完成させる、作業仕組の改善が必要である。

エ 現場における品質管理の方策

1点目に取り上げたように、生コンクリートを一定時間保管する場合は、シート又は濡れムシロで全面を被覆したり、穴に保管するなどして、温度の上昇や、温度変化等による水分の蒸発を、防ぐ処置を講ずると共に、スランプ・空気量についても、定期的に計測を行い、所定の値を保つ時間内に、打ち込みを完了するように努めなければならない。

そのためには、運搬時間と打設時間の変動に合わせて、適切な処置を講ずる必要がある。

以上述べたとおりであるが、53年度について管内全工事をながめてみると、施工管理を放置した場合、実態として、現場練りに切替えを要する部分が増大しており、これにかかる経費は、約1,300冊と試算される。

今後、一層の努力を払い、品質管理並びに工程管理の徹底を図る中で、生コンクリートの経時限度を伸ばさせ、生コンクリート本来の特性を活用し、年々増大しつつある新設工事のコストの軽減を、はかってまいりたい。

図-1 スランプ計測図

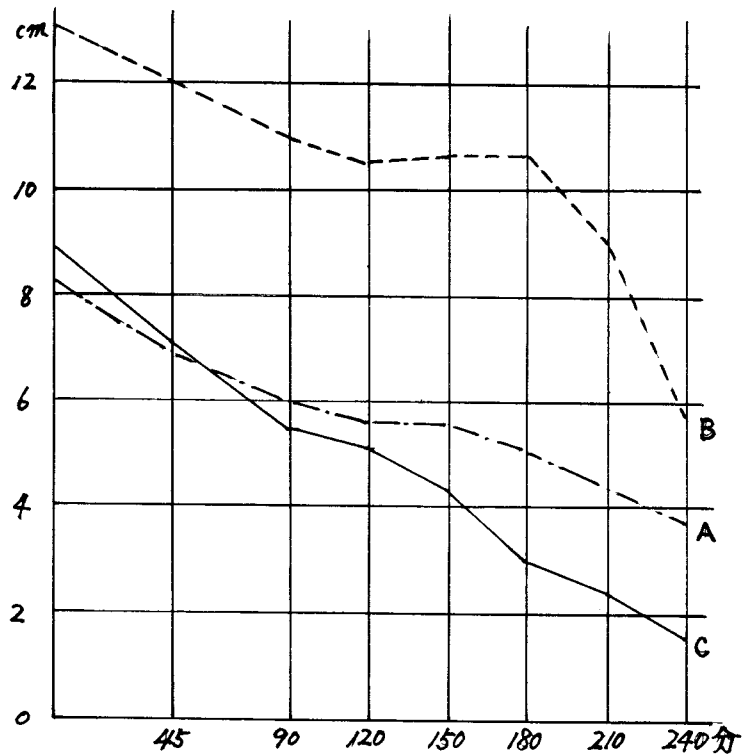


図-2 空気量計測図

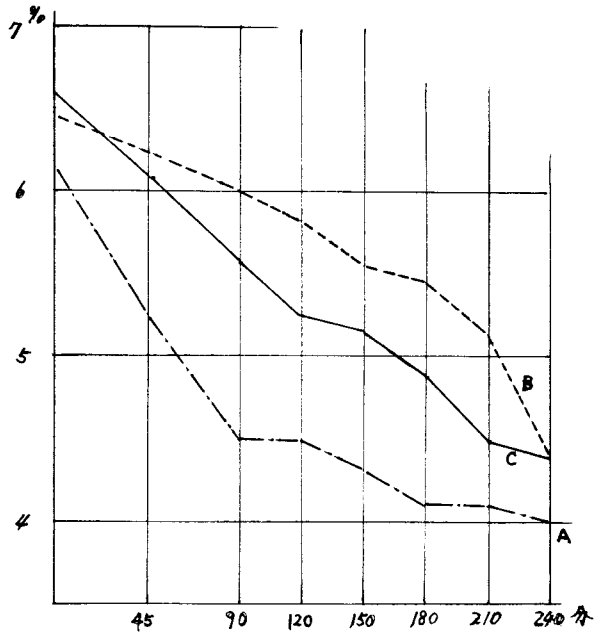
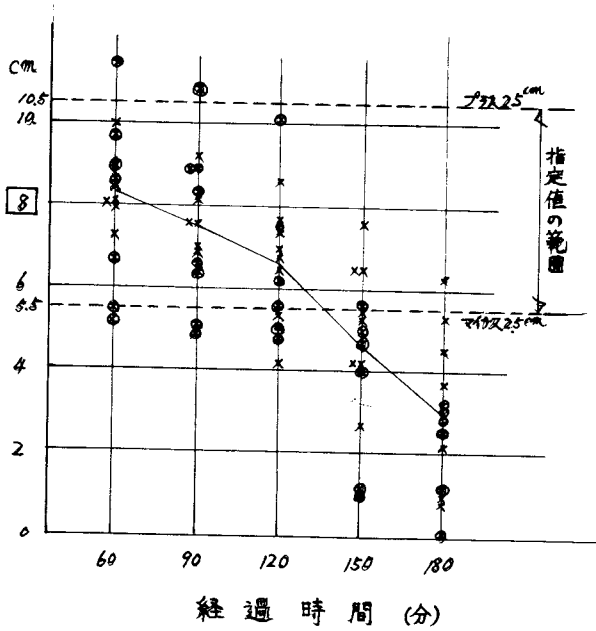


図-3 スランプ計測図



(注 ⊙ は北部地区
 × は南部地区)

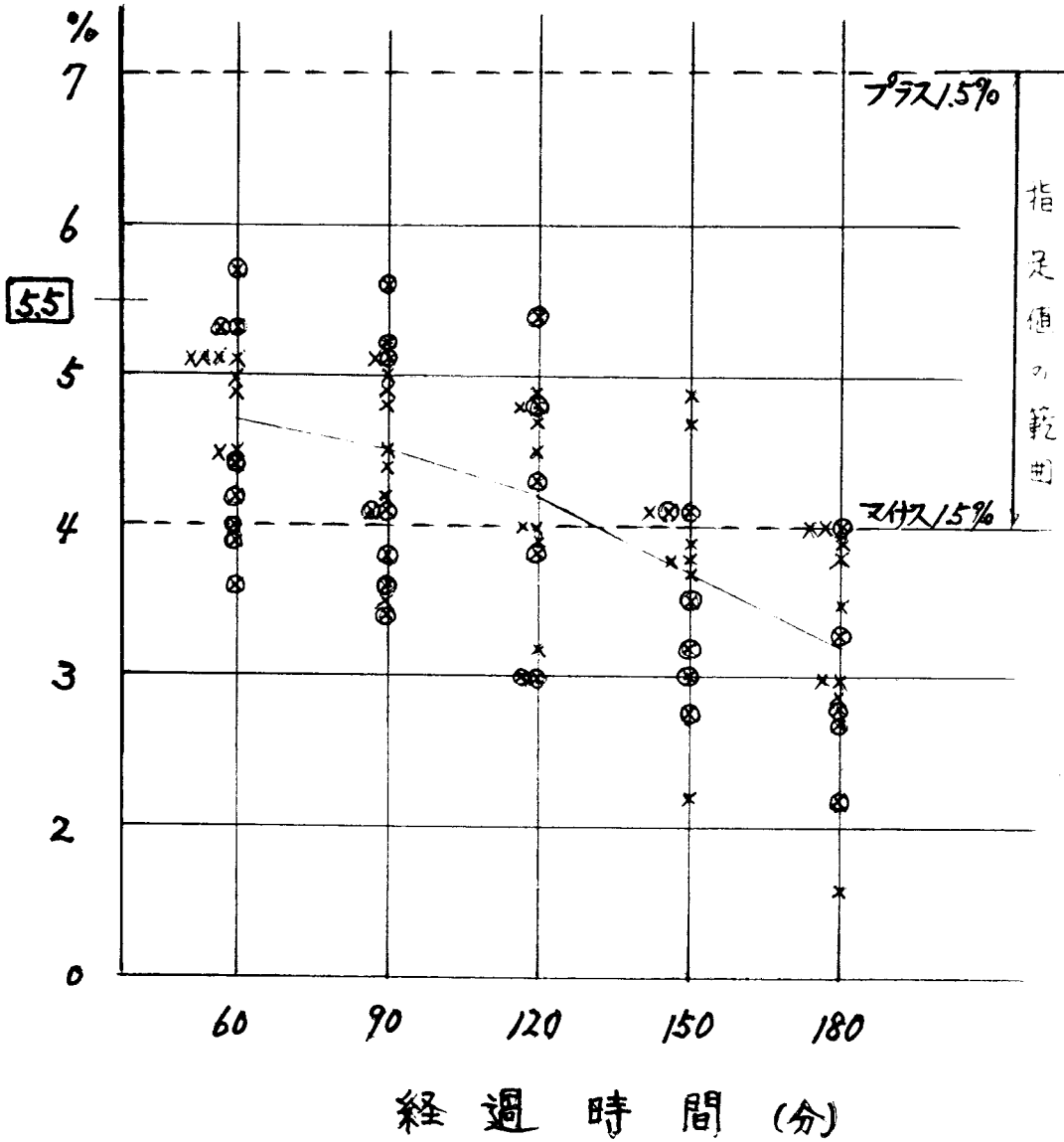
表-4

ス ラ ン プ 計 測 値

署	工事名	測定開始時間	養生区分	経過時間(分)				
				60	90	120	150	180
A	ア	10.50	野ざらし	5.2 ^{cm}	4.9 ^{cm}	cm	cm	cm
	ア	10.30	〃	5.5	5.1			
B	イ	11.20	シート	8.6	6.6	5.1	1.0	0.1
C	ウ	12.25	〃	9.7	8.9	4.8	1.2	1.2
D	エ	13.55	野ざらし	6.7	6.3	5.6	5.0	3.1
E	オ	11.00	シート	8.1	6.9	5.4	4.2	2.2
	オ	11.00	シムシロ	8.1	6.5	6.5	4.2	1.0
	オ	10.00	シート	9.1	7.0	7.0	5.3	3.7
F	カ	15.15	シムシロ	7.3	6.4	4.2	2.7	0.8
G	キ	9.00	ムシロ	8.0	7.6	7.4	6.5	5.3
	キ	11.00	シート	8.5	7.6	6.8	5.5	3.0
H	ク	10.25	〃	8.8	8.2	7.7	6.5	4.5
	ケ	14.00	〃	10.0	9.2	8.6	7.6	6.3
I	コ	13.30	シムシロ	8.9	8.3	6.2	5.6	2.9
	コ	13.30	シート	9.0	8.9	7.5	4.0	2.6
	コ	13.00	〃	11.4	10.8	10.1	4.7	3.2
平均値				8.3	7.5	6.6	4.6	2.9
北部		〃		8.1	7.5	6.6	3.6	2.2
南部		〃		8.5	7.4	6.7	5.3	3.4

工事名の は北部地区

図-4 空気量計測図



(注 ⊗ は北部地区
x は南部地区)

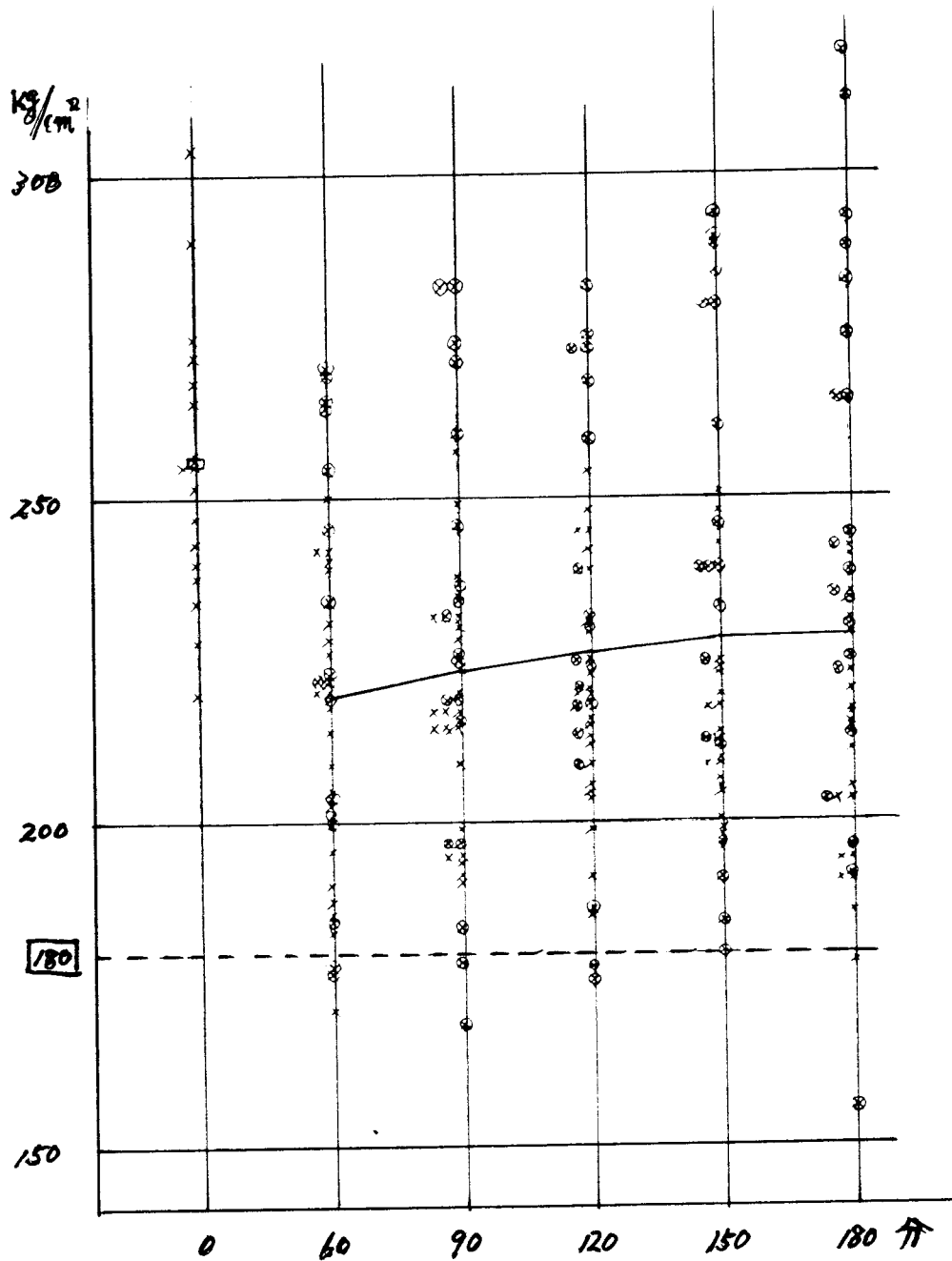
表-5

空 気 量 計 測 値

署	工事名	測定開始時間	養生区分	経過時間 (分)				
				60	90	120	150	180
A	ア	10.50	野ざらし	3.9%	4.1%	%	%	%
	ア	10.30	〃	4.2	3.8			
B	イ	11.20	シート	4.0	3.6	3.0	2.8	2.2
C	ウ	12.25	〃	5.3	5.1	4.3	3.0	2.7
D	エ	13.55	野ざらし	3.6	3.4	3.0	3.2	2.8
E	オ	11.00	シート	5.1	5.0	4.9	4.9	4.0
	オ	11.00	シムシート	5.1	5.1	4.8	4.7	4.0
	オ	10.00	シート	4.5	4.2	3.9	3.9	3.9
F	カ	15.15	シムシート	5.1	4.5	3.2	2.2	1.6
G	キ	9.00	ムシロ	5.1	4.8	4.5	3.7	3.0
	キ	11.00	シート	4.9	3.5	4.0	3.8	2.9
H	ク	10.25	〃	5.0	4.9	4.7	4.1	3.0
	ケ	14.00	〃	4.5	4.4	4.0	3.8	3.5
I	コ	13.30	シムシート	5.7	5.6	5.4	4.1	4.0
	コ	13.30	シート	5.3	5.2	4.8	4.1	3.8
	コ	13.00	〃	4.4	4.1	3.8	3.5	3.3
平均値				4.7	4.5	4.2	3.7	3.2
北部		〃		4.6	4.4	4.1	3.5	3.1
南部		〃		4.9	4.6	4.3	3.9	3.2

工事名の は北部地区

圖-5 壓縮強度計測圖



(注 ⊙は北部地区
×は南部地区)

經過時間 (分)

表-6

圧縮強度計測表

署	工事名	資料採取 月 日	養生区分	圧 縮 強 度					δ 28
				0	60	90	120	150	
B	イ	9. 1	シ ー ト	247	204	246	218	239	265
				220	222	234	224	261	244
				228	234	232	219	232	266
C	ウ	8. 11	"	304	269	260	275	285	293
				243	264	237	283	280	275
				290	245	283	273	289	288
D	エ	11. 2	シ ー ト	256	222	216	239	239	230
				255	223	219	232	246	238
				252	219	225	230	239	223
E	オ	8. 6	"	257	218	215	213	206	241
				265	209	209	221	218	231
				255	228	215	229	214	214
E	オ	8. 6	シ ム シ トロ			217	231	205	217
						215	206	225	242
						217	212	199	223
F	カ	7. 29	シ ム シ トロ	234	171	195	192	198	203
				240	183	191	187	196	205
				238	186	195	199	207	203
G	キ	9. 1	ム シ ロ		239	249	245		
					240	257	245		
					220	235	239		
G	キ	9. 6	シ ー ト		226	231	242	248	211
					220	232	248	251	228
					231	228	254	243	235
H	ク	8. 6	"		188	192	205	201	178
					196	199	204	209	194
					191	194	209	209	191
H	ケ	9. 30	"		205	214	218	223	186
					214	220	215	210	194
					203	217	220	213	191
I	コ	7. 23	シ ム シ トロ	268		219	225	213	156
				272		226	221	197	235
				276					225
I	コ	7. 23	シ ー ト		200	197	209	212	243
					201	197	214	225	213
I	コ	9. 21	"		185	184	178	180	192
					177	169	186	192	203
					178	178	176	185	196
平 均 値				256	219	223	226	228	228
北 部				259	225	229	232	241	244
南 部				250	214	218	221	216	211

工事名の は北部地区

表-7

生コンクリート工事における 所要時間調査表

署名	工事名	距離 Km	所要時間 分	現場到着より打設終了までの所要時間					時間累計
				練石積	ブロック積	擁壁	基礎	床版	
A	ア	18.2	49	60				27	^{92.5} 76 ~ 109
B	イ	11.1	20	30	40	25	30		^{52.5} 45 ~ 60
	ウ	7.4	29	43		30	53		^{70.5} 59 ~ 82
	エ	28.8	74	57			20		^{112.5} 94 ~ 131
	オ	2.40	60				20		80
C	カ	15.8	28	55					83
	キ	29.2	53	55	55		25		⁹³ 78 ~ 108
D	ク	33.0	80		50				130
	ケ	31.7	54		63	10			^{90.5} 64 ~ 117
	コ	13.1	27		75		10		^{69.5} 37 ~ 102
E	サ	18.1	22		50				72
	シ	11.4	29		30	10	52	60	⁶⁴ 39 ~ 89
	ス	17.6	51		59				110
F	セ	18.4	52		50	30	20		⁸⁷ 72 ~ 102
	ソ	20.9	49		52				101
	タ	14.1	47		33	23	15		⁷¹ 62 ~ 80
G	チ	16.0	40		89				129
	ツ	26.0	71		18				89
	テ	16.0	42		36				78
	ト	17.0	45		72				117
H	ナ	42.0	59		32				91
	ニ	8.7	30		33	22			^{57.5} 52 ~ 63
I	ヌ	12.3	30		20				50
	ネ	19.3	55		20				75
	ノ	15.2	40		20				60
J	ハ	24.0	60	70	40		30		¹¹⁰ 90 ~ 130
	ヒ	22.8	52	65		13	20		⁹¹ 65 ~ 117
	フ	19.7	46	49					95
	ヘ	20.3	52	65		20	20		^{94.5} 72 ~ 117
計		572.1	1,346	549	937	183	315	87	37~131
箇所数		29	29	10	21	9	12	2	29
平均値		19.7	46.4	54.9	44.6	20.3	26.3	43.5	^{86.8} 64.6 ~ 100.5
北部平均値		21.2	48.4	53.8	46.4	21.4	26.0	27.0	^{91.3} 69.8 ~ 102.2
南部 "		17.0	42.7	65.0	37.1	19.0	26.8	60.0	^{78.1} 61.7 ~ 107.7

工事名の は北部地区