

V-2 コンクリートの早強化に関する実験

北海道工業大学 正員 穴家雅生
 北海道工業大学 正員 堀口 敬
 北海道工業大学 正員 糸田勝男
 北海道工業大学 学員 松本茂美
 北海道工業大学 学員 山田啓明

1. まえがき

近年、コンクリート構造物のプレハブ化が進んでいる従ってプレハブの躯体どうしの継手を円滑能率的に施工する必要がある。その時一定の強度を早期に得ることが施工におけるプレハブの効率を向上させる。従って継手材料としてモルタルを取り上げ円管によるひきぬき試験をおこなった。これはその実験結果(資料1)をもとに望ましいと思われる配合を選びひきぬき試験を行なった。その結果をもとに作業性や早期強度の向上をはかることにした。モルタル供試体を打ちこんだ後、ある一定の温度まで加熱養生したもののについて、圧縮強度及び曲げ強度を求めた。その実験結果から各因子の影響を求めた。これらの結果をもとにひきぬき試験を行なった。

2. 実験1

これまでの実験をもとに実験条件を次のように決めた。塩化カルシウムセメントに対する重量比は30%、水の温度は40℃、セメント及び細骨材の温度は40℃、使用細骨材は標準砂とした。実験因子として円管(1)の長さを200mm、300mm、400mmの3通りとした。これらの供試体の養生時間は10分、100分、420分、960分、1440分のようにして引張試験を行なった。供試体の詳細は図1に示す。又使用セメントは普通ポルトランドセメントであった。

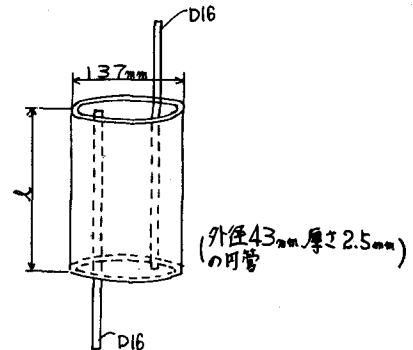


図-1 実験1の供試体

実験結果は表1のようである。この測定値を管長と養生時間についてグラフを描くと図-2のようになる。又管長における養生時間の影響をグラフで見ると図-3～図-5である。

	20	30	40
10	58	80	90
100	3335	425	5415
420	2555	3890	6350
960	3460	8810	9300
1440	3850	9600	10700

表-1 実験1の引張試験の結果 (単位: kg)

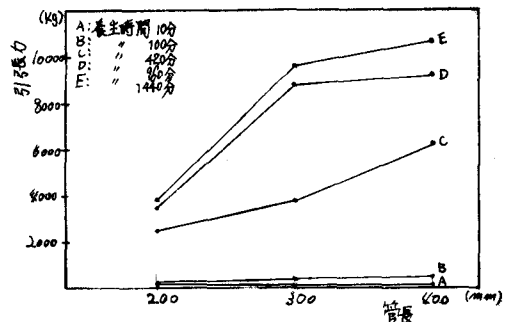


図-2 管長変化と養生時間に関する引張試験結果

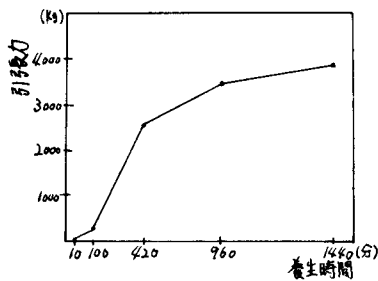


図-3 ($\phi=20$)の引張力と養生時間の関係

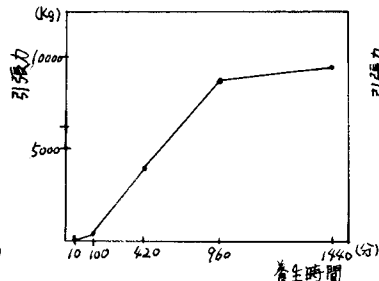


図-4 ($\phi=30$)の引張力と養生時間の関係

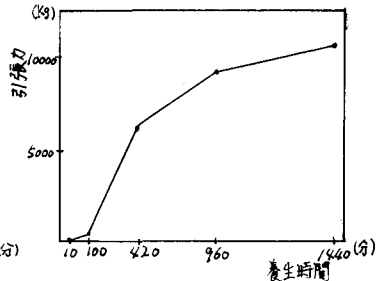


図-5 ($\phi=40$)の引張力と養生時間の関係

実験1におけるモルタルは用管に入れる前に硬化が進み易い。その為ワーカビリティが悪くなる。従って突き固めに困難が生じる。突き固め
方によつて、強度に大きな差が生じる。作業性を向上させるければ実用化が難しいと思われる。

3. 実験2

三連モルタルに打ちこんだモルタルを乾燥器に入れ、計画強度を上げる。これらの養生が終了後、曲げ及び圧縮試験をおこなった。
実験1の結果によつて、作業性を向上させるためには、供試体を打ちこんだ後、モルタルの強度を上昇させる方法(後上げ)が良いと思われる
からである。

実験条件は次のようである。

使用細骨材は標準砂、使用セメントは普通ポルトランドセメント、セメントと砂の比は1:3である。

後上げ時間	曲げ平均(%)	圧縮平均(%)
1時間	12.1	39.0
2時間	12.5	41.3
3時間	17.6	55.5
4時間	27.6	92.6
5時間	25.6	160.0
6時間	22.1	196.1

表-2 実験2 加熱温度140℃

後上げ時間	曲げ平均(%)	圧縮平均(%)
1時間	14.3	52.2
2時間	33.1	102.2
3時間	35.7	189.3
4時間	46.8	197.1
5時間	45.5	213.3
6時間	43.4	211.0

表-3 実験2 加熱温度160℃

後上げ時間	曲げ平均(%)	圧縮平均(%)
1時間	22.1	76.4
2時間	20.3	73.9
3時間	28.8	141.5
4時間	30.3	198.6
5時間	29.8	191.5
6時間	17.0	159.6

表-4 実験2 加熱温度180℃

後上げ時間	曲げ平均(%)	圧縮平均(%)
1時間	17.8	55.7
2時間	18.6	60.4
3時間	32.0	156.4
4時間	28.2	182.2
5時間	26.3	161.6
6時間	24.1	140.6

表-5 実験2 加熱温度200℃

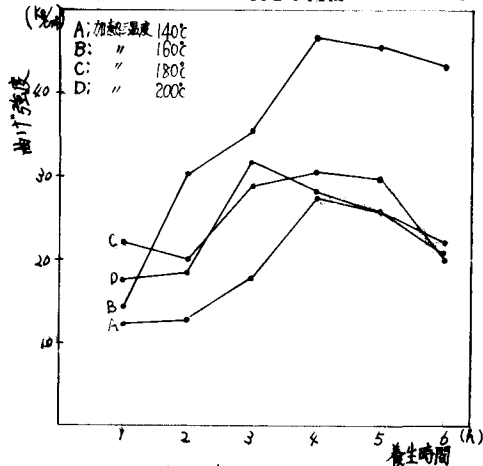


図-6 実験2 養生時間と曲げ強度の関係

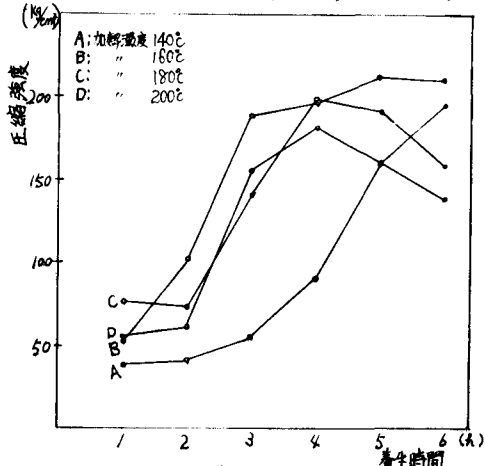


図-7 実験2 養生時間と圧縮強度の関係

どし曲げ、圧縮強度の値は3本の供試体の平均値である。また養生時間は後上げ時間を含めて全供試体とも24時間である。

後上げ加熱においても4時間ないし6時間までにおいて、もっとも良い値を得ることができた。温度上昇方法を後上げたことや、水セメント比の増加、塩化カルシウム濃度増加によって作業性も十分向上した。問題点としては、さらに一層の養生時間の短縮がみられる。

4. 実験3

上記の両実験においてある程度の強度を得ることができた。作業性も向上させることができた。従って影響因子との関係をもとめるために下の表6のように6因子を置き3水準のL27型直交配列による実験をおこない、その結果についての分散分析をおこない有意因子をもとめることにした。

影響因子	水準 1	水準 2	水準 3
加熱温度	140℃	160℃	180℃
後上げ時間	2時間	3時間	4時間
セメント種別	A(普通ポルチランドセメント)	B(シレットセメント)	C(フライアッシュセメント)
塩化カルシウム濃度	0%	20%	40%
水セメント比	45%	55%	65%
養生時間	0時間	3時間	24時間

表-6 実験3の因子と水準

配合比、使用細骨材を一定として6因子の3水準をL27型直交配列により配列する。それによって製作したモルタルをシハリス試験器によって曲げ強度の実験を行う。その結果2つに割いた供試体で圧縮試験器で実験を行う方法である。供試体の詳細は図-8に示す。

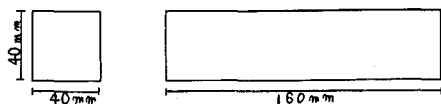


図-8 実験3のシハリス試験供試体の寸法

温度後上げ方法は

供試体を打ち込み後、すみやかに乾燥器に入れ、ある指定温度まで上昇させる。

実験の割り付け表と測定結果は表-7に示すようになる。

NO	因子 順序	後上げ 温度(℃)	塩化カルシウム 濃度(%)	w/c (%)	後上げ 時間(h)	セメント 種類	養生 時間(h)	測定結果	
								曲げ強度(MPa)	圧縮強度(MPa)
1	14	140	0	45	2	A	0	0	0
2	15			55	3	B	3	21.1	54.8
3	13			65	4	C	24	0	0
4	17		20	45	3	B	24	39.5	130.3
5	21			55	4	C	0	22.0	117.0
6	1			65	2	A	3	13.6	39.4
7	27		40	45	4	C	3	53.2	183.5
8	16			55	2	A	24	14.7	34.3
9	10			65	3	B	0	21.4	100.1
10	24	160	0	45	3	C	3	0	0
11	22			55	4	A	24	0	0
12	26			65	2	B	0	9.9	34.0
13	7		20	45	4	A	0	34.9	200.0
14	9			55	2	B	3	24.8	106.0
15	2			65	3	C	24	21.3	73.4
16	23		40	45	2	B	24	36.5	113.6
17	4			55	3	C	0	20.2	160.1
18	12			65	4	A	3	25.2	132.8
19	25	180	0	45	4	B	24	13.5	55.0
20	20			55	2	C	0	0	0
21	3			65	3	A	3	0	0
22	6		20	45	2	C	3	47.0	219.0
23	8			55	3	A	24	16.1	87.8
24	11			65	4	B	0	13.9	92.7
25	18		40	45	3	A	0	19.9	97.2
26	19			55	4	B	3	80.2	334.0
27	5			65	2	C	24	41.0	141.0

セメント種類：A(普通ポルトランドセメント)，B(ジェットセメント)，C(フライアッシュセメント)
 なおし、測定値0は測定不可能である。

表-7 実験3の割り付け及び測定結果

圧縮強度の分散分析によるF検定を行うと表-8のようになり、塩化カルシウム濃度だけが有意となった。この結果から主効果グラフを描くと図-9のようである。

要 因	自由度	F 値
加熱温度 F	2	1.94
塩化カルシウム濃度 A	2	21.26**
水セメント比 E	2	2.265
後上げ時間 D	2	3.35
セメント C	2	2.78
養生時間 B	2	2.74
A × E	4	2.14
残 差	10	

表-8 実験3の圧縮強度に関する分散分析

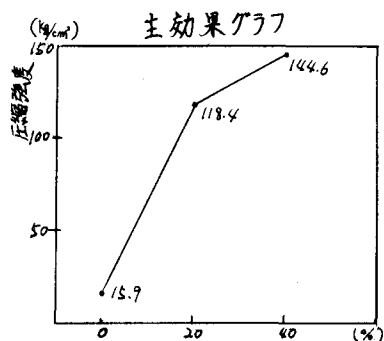


図-9 塩化カルシウム濃度と圧縮強度の関係

同様に曲げ強度について分散分析を行った結果表-9のようになります。塩化カルシウム濃度だけが有意となります。その主効果グラフは図-10のようになります。

要 因	自由度	F 値
加熱温度 F	2	0.70
塩化カルシウム濃度 A	2	14.12**
水セメント比 E	2	1.79
後上げ時間 D	2	1.35
セメント C	2	3.56
養生時間 B	2	2.94
残 差	14	

表-9 実験3の曲げ強度に関する分散分析

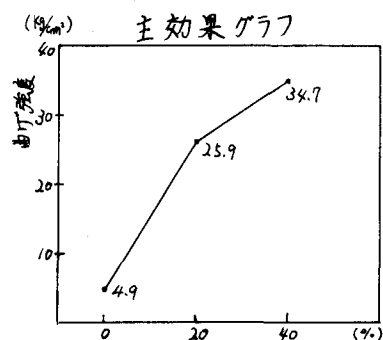


図-10 塩化カルシウム濃度と曲げ強度の関係

この分散分析の結果、曲げ及び圧縮ともに塩化カルシウム濃度が1%危険率で有意となり、グラフに表わすと塩化カルシウム濃度に比例して強度が増加していることがはっきりした。また、有意判定は得られるが、圧縮強度においては後上げ時間がある程度影響をおよぼしていると思われる。曲げにおいてはセメント種類がある程度影響をおよぼしていると思われる。後上げ温度については、今回の水準に限ってはほとんど影響がみられなかった。

5. 実験4

これはその実験データをもとにもっとも有効と思われる配合を引抜き試験をおこなった。

供試体の詳細は次のようである。

鉄管の長さ(ℓ)は 200mm, 250mm, 300mm, 膨張材は 0%, 0.5%, 10%, 後上げ温度は 160℃

後上げ時間は 4時間, 養生時間は 0時間, 水セメント比は 55%, セメントと砂の比は 1:3,

細骨材は標準砂, 塩化カルシウムのセメントに対する重量比は 30% とする。

番号	鉄管の長さ (mm)	膨張剤 (g)	1回 (N)	2回 (N)	3回 (N)	平均 (N)
N01	200	0	8.475	10.250	9.800	9.508
N02	200	5	9.050	9.040	9.810	9.300
N03	200	10	9.700	5.870	8.540	8.036
N04	250	0	9.165	10.250	9.940	9.785
N05	250	5	10.425	9.670	9.920	10.005
N06	250	10	10.625	8.175	9.470	9.423
N07	300	0	11.050	10.800	10.040	10.630
N08	300	5	9.975	11.790	9.740	10.502
N09	300	10	10.575	11.150	10.440	10.722

表-10 引抜き試験結果 ただし○印は鉄筋が切れたことを示す。 TOTAL 87.912

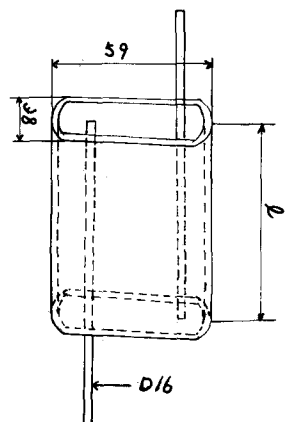


図-11 実験4の供試体

要 因	平方和 (S ²)	自由度 (f)	平均平方和 (V = S ² /f)	F = V/V _e
鉄管の長さ H	12.554	2	6.277	6.580
膨張剤 G	1.896	2	0.948	0.994
H × G	2.492	4	0.623	0.653
E	17.164	18	0.954	
TOTAL	34.106	26		

表-11 実験4の分散分析

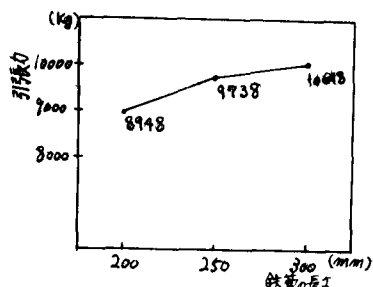


図-12 鉄管の長さHと引抜き強度の関係

分散分析の結果、鉄管の長さHだけが有意となった。鉄管の長さH 200mmでは、鉄筋は切れることはなかったが、鉄管の長さHが250mm、300mmでは鉄筋は切れた。これらのことから強度においては継手として十分に実用できると思われる。膨張剤においてはそれほど影響はみられなかった。

まとめ

今回の一連の実験において当初の目的であった継手としてのモルタルを一定の強度とする短時間において、硬化させ、作業性においても向上させることは、一様の成果を得ることが出来たと思われる。
 なお、今後、今回の実験において一定の強度を得た供試体がより長期的時間経過(年単位)に伴う劣化が問題点である。また、供試体を乾燥器に入れ、温度の後上げをおこなったがプレハブコンクリートの継手として実際にもちいる場合の温度上昇効果についても、改良のすべき点が多いと思われる。
 なお、実験4については、本学の土木工学科4年、大指、厨川 両名がおこなったものである。

参考資料 1. 土木学会北海道支部 昭和52年度論文報告集 第V部門 V-9
 「塩化カルシウム混入によるプレキャストコンクリートの劣化」 道工入、大塚雅生他。