

[68] 円筒重ね継手のグラウト材について

正会員 ○ 佐々木勝男 (北海道工業大学)
 正会員 犬塚 雅生 (北海道工業大学)
 正会員 堀口 敬 (北海道工業大学)

1. まえがき

重ね継手の周囲を膨張性モルタルと鋼製円筒で拘束した円筒継手については、モルタルを圧力養生する。三軸圧縮状態におけるせん断強度の増大等について資料を得てきた。本報告は、円筒重ね継手に用いた充てんモルタルについて、その作業性を評価する試みである。垂直方向の継手を対象とした場合は、モルタルの性質による充てん作業の難易はあまり考慮する必要がないが、この種の継手を横手方向に応用する場合は、迅速かつ確実な充てん作業が可能になるモルタルの性質が厳しく要求される。その点に関しては近年モルタルの作業性を改善する様々の混和剤が市販されている。従って、これらの混和剤と膨張材とを混入した充てんモルタルについてその作業性及び材料の力学的性質を測定し、それらの性質と円筒重ね継手の強度との関係について資料を得ようとしたもの

表-1 因子及び水準

因子	水準	1	2	3
F (混和剤%)		1	2	3
A (W/C%)		3.5	4.0	4.5
E (膨張材%)		1.0	1.2	1.4

である。この

の目的のため

実験を3

シリーズに

分けて行ない、(1)作業性に関する実験(コンシステンシー試験) (2)硬化した充てんモルタルの強度試験(ミハエリス曲げ試験及び圧縮試験) (3)円筒重ね継手の引張強度試験の順に記述する。

2. 実験の概要

シリーズ1, 2は3因子, 3水準(表-1)をとり、L₂₇直交表により表2-(A)のように割り付けを行なった。又モルタル硬化前の性質と硬化後の曲げ強度及び圧縮強度については、表2-(B)と表-3に示す。

(1)注入モルタルのコンシステンシー試験(シリーズ1) 実験手順は、土木学会「コンシステンシー試験方法案」²⁾に規定するJロート試験方法による。モルタルの材令としての経過時間(単位:秒)については、2分間の練りませ作業終了時点から測定して(1)0秒、(2)90秒、(3)180秒、(4)300秒、(5)420秒、(6)600秒の6段階として、それぞれのモルタル材令が経過したものについてコンシステンシーを測定した。この評価はストップウォッチで流下時間

表-2 割り付け表及び流下時間

NO	割り付け表			各材令におけるモルタルの流下時間(秒)						所定流下時間に達した時の材令	
	混	WC	膨	0秒後	90秒後	180秒後	300秒後	420秒後	600秒後	C-1.5	C-3.5
1	1	3.5	1.0	1.0	中断					8	3.6
2	1	3.5	1.2	1.2	中断					7	3.4
3	1	3.5	1.4	1.3	中断					5	3.0
4	1	4.0	1.0	8	3.0					1.7	9.5
5	1	4.0	1.2	8	3.0	中断				1.7	9.5
6	✓	4.0	1.4	9	中断					1.5	8.5
7	1	4.5	1.0	6	8	1.2	2.0	中断		1.8	3.26
8	1	4.5	1.2	7	8	1.3	2.3	中断		1.8	3.16
9	1	4.5	1.4	7	8	1.6	2.8	中断		1.75	3.10
10	2	3.5	1.0	8	1.9	中断				6.5	9.9
11	2	3.5	1.2	8	2.2	中断				6.0	9.7
12	2	3.5	1.4	8	2.1	中断				6.0	10.3
13	2	4.0	1.0	8	1.6	2.5	中断			8.5	1.85
14	2	4.0	1.2	8	1.8	2.3	中断			7.0	1.89
15	2	4.0	1.4	8	2.1	2.4	中断			6.5	1.87
16	2	4.5	1.0	5	7	9	1.6	中断		2.9	3.75
17	2	4.5	1.2	5	7	1.0	1.6	中断		2.9	3.74
18	2	4.5	1.4	5	6	6	6	7	2.2	5.2	6.4
19	3	3.5	1.0	7	7	7	9	中断		3.6	4.1
20	3	3.5	1.2	7	7	8	9	中断		3.6	3.9
21	3	3.5	1.4	7	7	8	9	中断		3.6	3.9
22	3	4.0	1.0	7	7	7	8	中断		3.9	4.2
23	3	4.0	1.2	7	7	7	8	中断		3.8	4.15
24	3	4.0	1.4	7	7	8	9	中断		3.8	4.1
25	3	4.5	1.0	5	5	6	6	7	9	6.8	7.6
26	3	4.5	1.2	5	5	6	7	9	1.0	6.5	7.5
27	3	4.5	1.4	5	5	5	6	6	9	6.6	7.6

(対セメント重量)

を秒単位で測定した。Jロート内におけるモルタルの残留が35秒を越えるものについては硬化状態を目測から判断して充てんモルタルとして不適当と判定し、そのモルタルの測定を中止した。また流下時間がちょうど15秒及び35秒となる時の材令を表-2(C)中に「C-15」および「C-35」の様に表わした。ここで15秒とは、フレバクトコンクリートのモルタルについて、作業性を満足させる限度の1/3秒を目安とした値をとり、又35秒については本報告に使用した円筒継手に完全充てん可能なコンシステンシー限界と推定されたものである。従ってこの2つを所定流下時間(単位:秒)として記した。なをセメントはジェットセメントを使用し、膨張材とモルタルを高流動化させるための混和剤を使用した。又シリーズ1-3を通じて細骨材に豊浦標準砂(セメント重量の20%)を使用した。

(2)硬化したモルタルの強度試験(シリーズ2)

モルタルの打ち込みは室内温度20°Cで行ない、3時間後に脱型をし、20°Cの湿度養生を行なった。

(3)円筒重ね継手の引張強度試験(シリーズ3)

膨張材については過去の報告

等から1.2%に固定した。これは拘束状態の円筒重ね継手に使用すると、材令と共に封圧が変化し、好ましい効果がともなう。

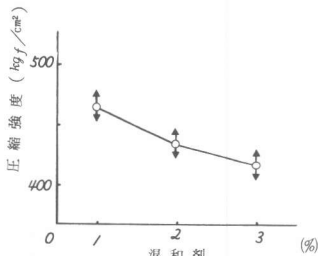


図-2 F (混和剤)の主効果
信頼限界±9.20

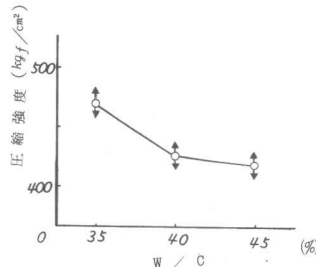


図-3 A (W/C)の主効果
信頼限界±9.20

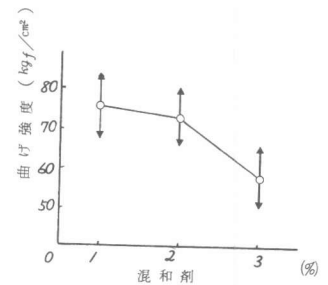


図-4 F (混和剤)の主効果
信頼限界±8.36

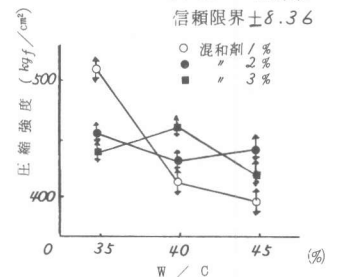


図-5 F×A 信頼限界±8.13
(混和剤とW/C)の交互作用

表-3 強度試験結果

NO	曲げ強度 (kgf/cm²)			圧縮強度 (kgf/cm²)		
	材令 (日)			材令 (日)		
	1	3	7	1	3	7
1	63	79	86	487	471	501
2	73	79	81	467	473	523
3	69	77	79	460	475	507
4	65	71	74	364	420	448
5	55	73	74	379	448	451
6	62	69	78	409	438	463
7	44	70	99	298	426	455
8	58	60	73	328	430	441
9	56	61	66	298	412	426
10	63	69	83	413	438	466
11	63	67	83	421	450	452
12	59	69	78	403	450	461
13	45	51	60	369	381	418
14	58	69	72	343	367	419
15	54	65	70	330	371	408
16	54	59	91	258	350	453
17	44	48	55	301	326	421
18	51	58	68	289	311	432
19	59	64	71	257	437	462
20	58	64	69	280	427	432
21	42	49	55	301	418	429
22	44	46	50	337	365	418
23	49	59	70	340	385	422
24	47	55	62	346	373	418
25	35	38	41	233	344	405
26	35	45	51	256	325	385
27	38	43	46	274	366	396

表-4 曲げ強度の分散分析 (7日強度)

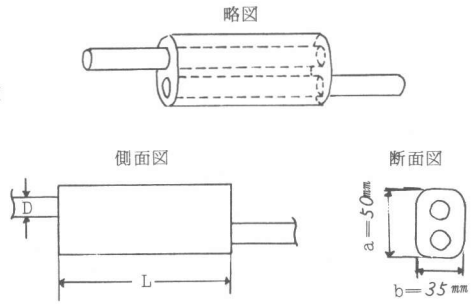
因子	平方和	自由度	平均平方和	F	寄与率
F (混和剤)	1830	2	915	12.53	33
A (W/C)	523	2	262	3.59	7
E (膨張材)	168	2	84	1.15	1
F×A (交互作用)	614	4	154	2.11	6
F×E (交互作用)	388	4	97	1.33	2
A×E (交互作用)	1000	4	250	3.42	14
ER (残差)	582	8	73		37
T	5105	26			

表-5 圧縮強度の分散分析 (7日強度)

因子	平方和	自由度	平均平方和	F	寄与率
F (混和剤)	11426	2	5713	51.90	40
A (W/C)	11614	2	5807	52.80	41
E (膨張材)	512	2	256	2.33	1
F×A (交互作用)	2722	4	681	6.19	8
A×E (交互作用)	553	4	138	1.25	
ER (残差)	1321	12	100		10
T	28148	26			

2 因子 (混和剤、W/C) 3 水準 (シリーズノと同じ) を取り、わり付けを行なった。使用した鉄筋は異形鉄筋 D/9 (SD30) を使用した。円筒については外径 48.6mm 肉厚 2.3mm のものを長径/短径 = 1.0/0.7 の楕円に成形したものを使用した。継手長 L は、8D、10D、15D とし継手の鉄筋が破断にいたるまで継手長を伸ばして実験をした。養生方法は 20 ± 2 °C の湿潤養生を行なった。材令は 7 日である。継手の形状については図-5 に示した。

図-5 円筒継手の形状



3. 実験結果

(1) 作業性及び充てんモルタルの強度試験結果

流下時間と材令については表 2-(B) と (C) に示した。7 日強度については、混和剤と W/C の混入量の増加に従いが材令時間が伸びた。又、曲げ強度について分散分析すると混和剤が 1% 危険率有意水準を満足した。圧縮強度では、混和剤、W/C、混和剤と W/C の交互作用が 1% 危険率有意水準を満足した。その主効果グラフを図-2 ~ 図-4 に示す。膨張材については曲げ強度、圧縮強度共に有意水準を満足しなかった。

(2) 継手の引張試験結果

継手が破壊 (引抜き又は、鉄筋破断 (L=10D)) を起こした時の引張強度を δ (kgf/mm²) = P / (πD²/4) として求め表 6-(B) に示した。(但し、P は最大引張強度、D は鉄筋直径) また、鉄筋が破断した継手には、(o) を付した。L=15D 以上は継手破断が発生するので / 印を付した。この結果について分散分析した結果、表-7 及び表-8 のようになり共に混和剤が L=8D では 5% 危険率有意水準、L=10D では 1% 危険率有意水準を満足した。この主効果グラフを表わすと図-6 のようになる。

表-6 わりつけ表及び引張強度

因子	わりつけ表			(B) 引張強度 (kgf/mm ²)			
	混	W/C	L	1-8d	10d	12d	15d
1	/	35	5.2	5.5	5.8 ^(o)	/	/
2	/	40	4.8	5.5	5.9 ^(o)	/	/
3	/	45	4.2	5.4	5.9 ^(o)	/	/
4	2	35	5.0	5.5	5.9 ^(o)	/	/
5	2	40	4.4	5.3	5.9 ^(o)	/	/
6	2	45	3.2	5.0	5.8 ^(e)	/	/
7	3	35	3.4	4.9	5.9 ^(o)	/	/
3	3	40	3.6	4.9	5.5	5.9 ^(o)	/
9	3	45	3.3	4.7	5.3	5.9 ^(o)	/

表-7 分散分析表 (L=8D)

因子	平方和	自由度	平均平方和	F	寄与率
F (混和剤)	263	2	132	6.95 ^{**}	47
A (W/C)	137	2	69	3.63	21
ER (残差)	75	4	19		32
T	475	8			

表-8 分散分析表 (L=10D)

因子	平方和	自由度	平均平方和	F	寄与率
F (混和剤)	63	2	32	32.00 ^{**}	79
A (W/C)	11	2	6	6.00	11
ER (残差)	4	4	1		10
T	78	8			

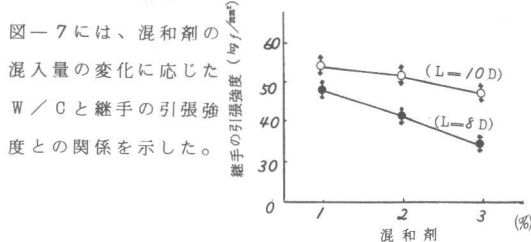


図-6 F (混和剤) の主効果

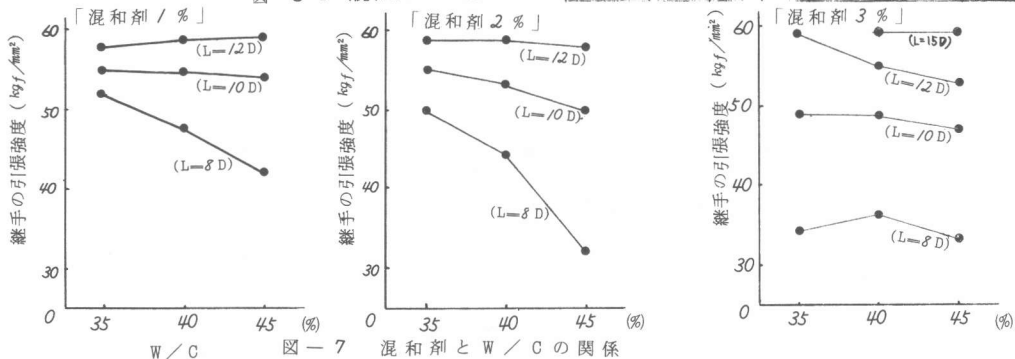


図-7 混和剤と W/C の関係

4. 考察

(1) 作業性及び充てんモルタルの強度について

円筒重ね継手の充てんモルタル (N0 / - N09) をシリーズ / の結果と対応させ、その時の流下時間が / 5 秒、35 秒となるモルタルの材令時間をそれぞれ図 8-(A)、(B) に示した。これで見ると混和剤の混入量が増加するに従って、モルタルの硬化は遅くなるが、継手の引張強度の結果を見ると $L = 10D$ の継手では $\sigma > 50 \text{ kgf/mm}^2$ 必要と仮定した場合、図-8 の斜線内の範囲であればよい。又、細長い間隙にも充てんを可能にする目安として、モルタル材令が 200 秒以上経過して硬化するようにならなければならない。図-8 中に記入した 200 ラインより上部では硬化が遅いので充てん作業上安全とした。

(2) 継手の引張試験について

引張試験だけに限っては $L = 10D$ 以上は本実験の水準の範囲 ($W/C(\%) = 35, 40, 45$) 内では影響を受けない事がわかった。しかし、 $L = 8D$ 以下になると拘束力が弱いため影響を受ける。又、混和剤の増加にとってもなって少しの強度低下が見られた。

5. 結論

膨張材については曲げ強度、圧縮強度とも有意が出なかった。このことは無拘束状態での有害な影響はない。図-6 に見るように、継手強度は混和剤の増加に従って低下し、逆に作業性は向上する。継手強度を満足する範囲で、計量誤差を考慮すると目標に $W/C = 40\%$ 、混和剤 = 2.7% とすれば所望の作業性と継手強度を満足させることができる。

(参考文献)

- 1) 犬塚, 「円筒重ね継手の早強化について」土木学会北海道支部論文報告集第36号 昭和56年2月
- 2) 土木学会 標準示方書 土木学会編 昭和55年
- 3) 犬塚, 「円筒重ね継手の膨張効果について」土木学会第35回年次学術講演会講演概要集 昭和55年9月

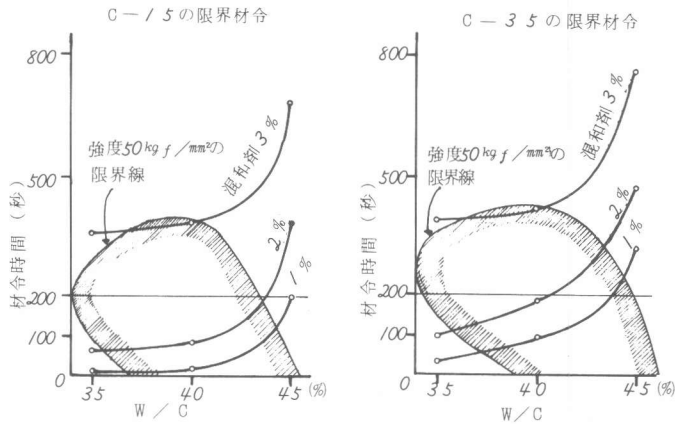


図-8 コンシステンシー試験