

## [47] 流動化コンクリートのコールドジョイントに関する実験

正会員 ○ 奥野 亨 (竹中技術研究所)

同 和泉 意登志 ( 同 )

同 嵩 英 雄 ( 同 )

### 1. まえがき

流動化コンクリートは、軟練りコンクリートの品質の改善および良好な施工性の確保を目的に、「高性能減水剤遮延添加工法」<sup>1)</sup>として昭和50年に最初に実用化されて以来、わが国の建築工事に普及しつつある工法である。<sup>2)3)</sup>またその概要については昨年度に報告したが、流動化後のスランプ低下の経時変化が大きいことによるコールドジョイントの発生が施工上の最も大きな問題点としてあげられている。

本研究は夏期における流動化コンクリートのコールドジョイントを評価することを目的として、実験室における打継ぎ部の曲げ強度に及ぼす要因の影響、実験室実験の結果に基づくレデミクストコンクリートの現場における打継ぎ部の曲げ強度性状および実大壁体に打設した場合の打継ぎ部の性状を検討したものである。

### 2. 打継ぎ部の強度

#### 2.1 概要

コールドジョイントを定量的に把握することを目的として、打継ぎ部の曲げ強度を特性値とした実験を行なつた。まず実験室において、各種の要因が打継ぎ部の曲げ強度に及ぼす影響を検討し、次に実験室実験結果を基に夏期に、レデミクストコンクリートを使用し、実際の施工に近い条件で、流動化コンクリートの打継ぎ部の曲げ強度を検討した。

#### 2.2 実験室実験

##### 1) 実験の因子と水準

実験の因子と水準を表-1に示す。

##### 2) 使用材料および調合

セメントは普通ポルトランドセメント、骨材は大井川産の川砂・川砂利、表面活性剤はAE減水剤に標準形と遮延形、流動化剤に標準形と遮延形を使用した。調合は、水セメント比を5.5%とし、スランプを標準コンクリートで18cm、流動化コンクリートで21cmとした。流動化コンクリートについてはベースのスランプを12cmとし、練り混ぜ15分後に流動化剤を添加し1分間攪拌して流動化した。調合を表-2に示す。なお表面活性剤の使用量はセメント重量に対し、減水剤で0.25%、流動化剤では標準形で0.5%、遮延形で0.45%とした。

表-1 実験の因子と水準(実験室実験)

因子	練上り温度 養生温度	コンクリート の種類	表面活性剤 の種類	打継ぎ時間 間隔
水準	20℃	標準	標準形	0時間
		流動化	遮延形	1時間 2時間 3時間

特性値：打継ぎ部の曲げ強度(kg/cm²)

表-2 コンクリートの調合およびフレッシュコンクリートの試験結果

調合番号	練上り温度 養生温度	コンクリート の種類	表面活性剤 の種類	目標スランプ (cm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/cm³)				フレッシュコンクリートの性質			凝結時間	
							セメント	水	砂	砂利	スランプ(cm)	空気量(%)	温度(℃)	始発	終結
1	20℃	標準	標準形	18	55	45	318	175	807	996	17.8	3.6	23.0	6:38	8:53
2			遮延形	18	55	45	318	175	807	996	18.7	4.9	22.8	7:20	9:30
3		流動化	標準形	21	55	45	280	154	846	1044	20.8	3.3	22.0	7:20	9:27
4			遮延形	21	55	45	280	154	846	1044	20.0	4.0	23.5	9:33	11:36
5	35℃	標準	標準形	18	55	45	322	177	802	994	18.6	4.0	34.0	4:46	6:11
6			遮延形	18	55	45	322	177	802	994	18.2	3.8	35.0	5:02	6:11
7		流動化	標準形	21	55	45	284	156	841	1041	19.5	3.8	33.7	4:50	6:10
8			遮延形	21	55	45	284	156	841	1041	20.5	5.6	34.0	6:16	7:42
9	20℃	流動化ベース	標準形	12	55	45	280	154	846	1044	12.5	4.6	22.0	6:17	8:46
10	35	流動化ベース	標準形	12	55	45	280	156	841	1041	12.0	4.9	34.0	4:14	5:25

### ③ 供試体の製作および養生

曲げ強度用供試体は、図-1に示す様に $15 \times 15 \times 530\text{mm}$  の鋼製型わくの解放されている部分にふたをし、長手方向を鉛直として、型わくの木口からコンクリートを4層に分けて打込み、各層毎に突き棒・たたきによる締め固めを行ない成型した。養生は材令1日で脱型した後試験材令まで練り上りと同一の温度で水中養生を行なった。

### ④ 試験方法

打継ぎ部の曲げ強度試験は、図-1に示すように打継ぎ部をスパン中央に設置し、JIS A 1106(コンクリートの曲げ強度試験方法)に準じて行なった。

### ⑤ 試験結果

フレッシュコンクリートの試験結果を表-2に、硬化コンクリートの試験結果を表-3に示す。表-3に示した調合No.1~8の曲げ強度について、4元配置の分散分析を行なった。分散分析表を表-4に、要因効果図を図-2に示す。分散分析によれば、打継ぎ時間のみが1%有意となり、養生温度、コンクリートの種類および表面活性剤の種類には有意差が認められず、いずれの交互作用についても有意差が認められなかった。打継ぎ部の曲げ強度は打継ぎ時間が2時間まではほぼ直線的に強度が低下し、打継ぎ無しの強度に比較して20%程度小さくなつた。また打継ぎ時間2時間と3時間との有意差は認められなかつた。

分散分析結果では誤差の寄与率が5.6%と大きい為、打継ぎ時間以外の要因に有意差が認められなかつた。

養生温度、コンクリートの種類、表面活性剤の種類の影響を曲げ強度と打継ぎ時間との関係で表わすと図-3のようになる。養生温度の影響は $35^{\circ}\text{C}$ の場合が $20^{\circ}\text{C}$ の場合より曲げ強度が小さく2時間まで強度の低下割合が大きい傾向にある。コンクリートの種類の影響は、2時間までは流動化コンクリートの場合が標準コンクリートの場合より強度低下が大きい傾向にあるが、2~3時間では曲げ強度の差はないようである。表面活性剤の影響は、遅延形の場合が標準形の場合より強度低下が小さくなっている。これは表-2の凝結時間で示す様に、遅延形では標準形より凝結時間が長くなっていることが一因として上げられる。

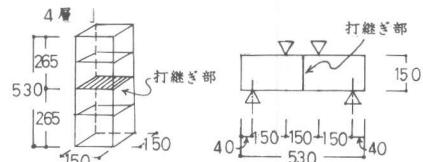


図-1 供試体の製作および試験方法

表-3 硬化コンクリートの試験結果

調合番号	練上がり温度 養生温度	コンクリートの種類	表面活性剤の種類	曲げ強度(kg/cm²)				圧縮強度(kg/cm²)
				0時間	1時間	2時間	3時間	
1	$20^{\circ}\text{C}$	標準形	標準形	40.1 (100)	41.3 (103)	36.3 (91)	34.2 (85)	25.8 36.6
2			遅延形	39.0 (100)	41.4 (106)	35.6 (91)	31.3 (80)	23.3 34.3
3		流動化	標準形	41.7 (100)	40.1 (96)	33.5 (80)	32.9 (79)	26.9 36.4
4			遅延形	41.8 (100)	37.3 (89)	33.0 (79)	35.3 (84)	26.7 36.5
5	$35^{\circ}\text{C}$	標準形	標準形	39.9 (100)	41.7 (105)	31.7 (99)	37.1 (93)	26.3 35.8
6			遅延形	37.6 (100)	31.5 (84)	31.9 (89)	31.3 (83)	27.1 36.0
7		流動化	標準形	43.0 (100)	34.7 (81)	34.5 (80)	29.9 (70)	29.3 37.7
8			遅延形	38.9 (100)	37.4 (96)	33.7 (87)	35.5 (91)	28.1 36.7
9	$20^{\circ}\text{C}$	流動化ベース	標準形	43.4 (100)	37.8 (87)	33.2 (75)	31.4 (72)	27.5 35.3
10	$35^{\circ}\text{C}$	流動化ベース	標準形	36.7 (100)	34.1 (93)	31.6 (86)	28.9 (79)	26.5 34.9

注：圧縮強度は3個のデータの平均値、打継ぎ部の曲げ強度は2個のデータの平均値、

打継ぎ部の( )内の値は、打継ぎ時間0に対する強度比[%]

表-4 分散分析表

要因	曲げ強度を特性値とした場合				
	S 平方和	$\phi$ 自由度	V 分散	$F_0$ 分散比	P(%) 寄与率
A	4193	1	4193	3.41	2.2
B	1	1	1	—	—
C	2916	1	2916	2.36 **	1.3
D	55473	3	18491	15.02	39.0
e	70180	57	1231		57.5
T	132763	63		100(%)	

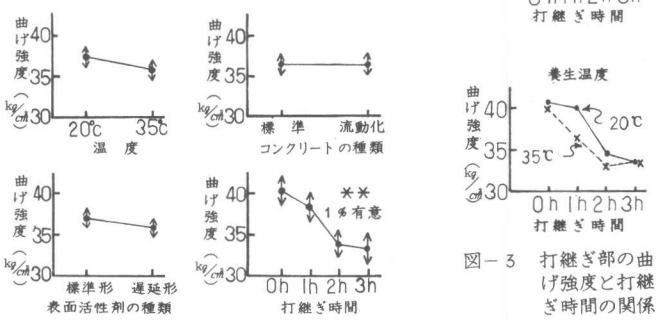


図-2 要因効果の比較

### 2.3 暑中における現場実験

実験の因子と水準を表-5に示す。

1) 使用材料および調合 セメントは普通ポルトランドセメント、骨材は、八代川・緑川産の混合砂、緑川産川砂利、表面活性剤はA E剤、流動化剤はE剤を使用した。調合を表-6に示す。

2) 供試体の製作・養生および試験方法 コンクリートはレデミクストコンクリートを使用し、練り上り約5分後に流動化剤を添加し、1分間高速回転し流動化した後、トラックアジテータよりコンクリートを採取した。供試体寸法は、実験室実験と同一とし、曲げ強度用供試体は突き棒およびバイブレータによる方法で製作した。養生は脱型後材令28日まで20°C水中養生とした。強度試験方法は実験室実験と同一とした。

3) 試験結果 フレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートの試験結果を表-7、表-8に示す。

曲げ強度の試験結果について3元配置による分散分析を行ない要因効果を比較した。分散分析表および要因効果の比較を表-9、図-4に示す。分散分析の結果、主効果では打継ぎ時間および締め固め方法で共に1%で有意であるが、コンクリートの種類では有意差がなかった。交互作用ではA×Bで1%、A×Cで5%であるが、B×Cでは有意差がなかった。打継ぎ部の曲げ強度は打継ぎ時間の経過に伴なって低下し、流動化コンクリートでは標準コンクリートに比較し低下率はやや大きい。しかし、曲げ強度は打継ぎ1時間までは流動化コンクリートの方が高く、2時間でやや低くなつており、1、2時間程度の打継ぎでは、曲げ強度は標準コンクリートと同等と考えられる。締め固め方法では、バイブルーティより空き棒を用いた場合に曲げ強度が高い。

### 2.4 考察

打継ぎ部の曲げ強度に及ぼす影響は、打継ぎ時間が支配的であり、その他の要因の影響は比較的小ない。

流動化コンクリートは標準コンクリートに比較して打継ぎ時間が1時間で強度低下の割合が大きい傾向にあるが、曲げ強度では打継ぎ時間1~3時間においてほぼ同等と考えられる。実験室実験と現場実験において曲げ強度の低下の傾向が異なるのは、実施工では、直射日光や風による乾燥が激しい為、打継ぎ1時間の低下が大きかったことによるものと推察される。

表-5 実験の因子と水準(現場実験)

要因	A コンクリートの種類	B コンクリートの打継ぎ 時間間隔	C コンクリートの締め 方法
水準	A <sub>1</sub> : 標準	B <sub>1</sub> : 0時間(打継ぎなし)	C <sub>1</sub> : 突き棒
	A <sub>2</sub> : 流動化	B <sub>2</sub> : 1時間	C <sub>2</sub> : バイブルーティ

特性値: 打継ぎ部の曲げ強度(kg/cm²)

表-6 コンクリートの調合

コンクリートの種類	W/C (%)	S/g (%)	C (kg/m³)	W (l/m³)	S (kg/m³)	G (kg/m³)	Admix
A <sub>1</sub> 標準	51	42	357	182	748	1065	A E 剤 C×0.04%
A <sub>2</sub> 流動化	51	45.5	339	173	828	1022	A E 剤 C×0.04% 流動化剤 C×0.35%

表-7 フレッシュコンクリートの試験結果

測定	標準	流動化	
		流動化剤添加前	流動化剤添加後
スランプ(cm)	18.2	13.0	19.1
フロー(cm)	27.0 × 25.5	23.5 × 23.5	30.5 × 29.5
空気量(%)	4.1	4.3	3.4
温度(℃)	31.5	32.0	32.0

表-8 硬化コンクリートの試験結果

Aコンクリートの種類	C締め固め方法	曲げ強度(kg/cm²)			圧縮強度(kg/cm²)
		B <sub>1</sub> 打継ぎ0h	B <sub>2</sub> 打継ぎ1h	B <sub>3</sub> 打継ぎ2h	
A <sub>1</sub> 標準	C <sub>1</sub> 突き棒	37.9	36.5	35.5	28日
	C <sub>2</sub> バイブルーティ	36.6	31.6	34.8	
A <sub>2</sub> 流動化	C <sub>1</sub> 突き棒	42.8	38.0	37.1	271
	C <sub>2</sub> バイブルーティ	40.6	31.3	29.8	

表-9 分散分析表

要因	S 平方和	φ自由度	V 分散	F <sub>0</sub> 分散比	P 寄与率
A	8.1	1	8.1	3.5 **	1.7
B	140.8	2	70.4	30.6 **	40.0
C	90.1	1	90.1	39.1 **	25.8
A×B	36.9	2	18.4	8.0 **	9.5
A×C	14.6	1	14.6	6.3 *	4.3
B×C	16.9	2	8.5	3.7	4.3
e	32.8	14	2.3		14.4
T	340.2	23			100(%)

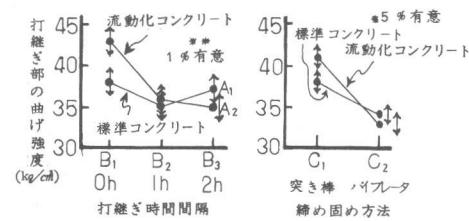


図-4 要因効果の比較

### 3. 実大壁体の打継ぎの実験

1) 概要 コンクリート壁体に生ずるコールドジョイントの性状を把握することを目的として8種類の実大壁体を製作し、所定の時間間隔で打継いだコンクリート壁体の打継ぎ部分について、目視によるコンクリート表面の観察および透水性の試験を行ない、壁体の打継ぎ部に及ぼす要因の影響を検討した。

2) 実験の因子と水準 実験の因子と水準を表-10に示す。

3) 試験体の製作方法 試験体は壁厚を180mm長さを2.7mとし、配筋は縦・横共にD13-@200ダブルとした。コンクリートは2・3の現場実験と同一で、レデミクストコンクリートを使用し、練り上り約5分後に流動化剤を添加し1分間トラックアジャータで高速攪拌し流動化した後、ブーム付ポンプ車を用いてコンクリートを打込んだ。打込みは1層の打上り高さを900mmとして2層に分けて行ない、Φ45mmのバイブレータを用いて締め固めを行なった。

4) 試験方法 壁体の打継ぎ部について、目視による観察および図-5に示す方法で材令28日、1年で透水試験を行なった。

5) 実験結果 壁体の打継ぎ部の観察では写真-1に示す様に、いずれの場合も「豆板」「す」は見られず、材令1年においてもはだ分かれ等の欠陥は見られなかった。透水試験では、材令28日・1年においても打継ぎ部からの漏水は見られなかった。材令28日で透水試験の際に測定した壁体の吸水量は、図-6に示す様にコンクリートの種類・打継ぎ時間およびバイ

ブレータのそう入間隔による差異が認められず、また材令1年においてもほぼ同様であった。以上より、流動化コンクリートは通常のコンクリートと同様に、JASS-5で規定されている打込み・締め固めが行なわれば「豆板」「す」等の欠陥は発生せず、かつ外観上ほとんど打継ぎを消しうる施工ができると考えられる。

### 4.まとめ

夏期における流動化コンクリートのコールドジョイントを評価することを目的として、打継ぎ部の曲げ強度性状および実大壁体の打継ぎ部の性状を検討した結果、1)打継ぎ1時間では標準コンクリートに比較し、曲げ強度の低下率は大きいが、曲げ強度は打継ぎ2時間でも同等以上である、2)実際の施工において、JASS-5で規定されている打込みにおける打継ぎ時間間隔および締め固め方法で行なえばコールドジョイントの欠陥を防止できることが判った。従って、夏期でも流動化コンクリートは通常のコンクリートの場合と同様な施工でよいと考えられる。なおコールドジョイント部の漏水については、実際の拘束条件を考慮した検討が必要であろう。

参考文献 1)嵩,他“高性能減水剤の遅延添加による高品質コンクリート打設工法の研究”,第1報~第3報,日本建築学会大会,S5.0.1.0.

2)池田,他“高性能減水剤の遅延添加による高流動的研究,第3報”,日本建築学会大会,S5.1.1.0.

3)池田,嵩,押田,“流動化コンクリートの諸性質”,コンクリート工学年次講演会論文集,1979.

表-10 因子と水準(実大壁体)

要因	A コンクリートの種類	B コンクリートの打継ぎ時間間隔	C バイブレータのそう入間隔
水準	A <sub>1</sub> 標準	B <sub>1</sub> : 0h (打継ぎなし)	C <sub>1</sub> @ 600
	A <sub>2</sub> 流動化	B <sub>2</sub> : 1h	C <sub>2</sub> @ 600

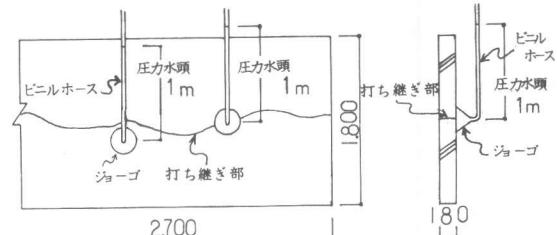


図-5 透水試験方法

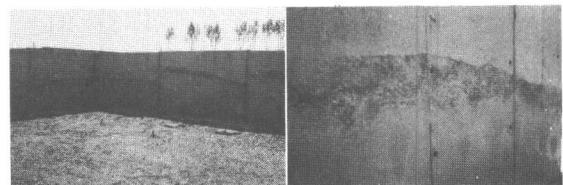


写真-1 試験体の表面状況

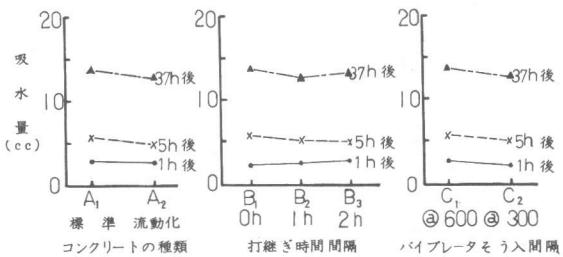


図-6 要因効果の比較(吸水量)