

報告 打込み箇所における高流動コンクリートの全量検査に関する実験

木曾 茂^{*1}・緒方 紀夫^{*2}・西田 宏司^{*3}・清水 哲史^{*4}

要旨：高流動コンクリートを現場で打設する場合、打設する全量のコンクリートが所要の充填性能を有することが肝要であり、打込み前に全量のコンクリートについて、簡単に「自己充填できるかどうか」検査できる手法の開発が望まれる。この一手法として、平行筋およびメッシュ筋で構成する全量検査装置を試作し、室内および現場で試験した結果、コンクリートの配合条件および打込み速度等に応じて適切な平行筋およびメッシュ筋間隔を設定することで、打込みする全量のコンクリートの充填性能をチェックできることが確認できた。

キーワード：高流動コンクリート、自己充填性、全量検査、二段配筋通過試験、Vロート

1. はじめに

締固めを必要としない高流動コンクリートが汎用的に使用されると、現場の省力化および耐久性の向上等によるトータルコストの低減が可能となる。このようなことから、日本道路公団試験研究所（以下、JIIという。）においても、自己充填性能の他に従来のコンクリートと比較して高強度等の高い複数の性能を有するコンクリートを高性能コンクリートと称して民間企業と共同研究を進めているところである。

高流動コンクリートが広く普及し、これを現場で打ち込む場合に1バッチでも充填性の劣るコンクリートを打設すると、その後に打設するコンクリートの充填性を阻害して構造物全体の品質を損なう恐れがある。この対策として、打込み前に全量のコンクリートを簡単に「締固め不要であるかどうか」チェックできれば、さらに信頼性の高いコンクリート構造物が得られる〔1〕。

ここでは、トラックアジテータ車とポンプ車の間に設置し、このように簡単に自己充填性能を全量検査できる装置の開発を目的として、実施した室内および現場試験の結果と考察について述べる。

2. 実験概要

2. 1. 使用材料および配合

室内試験および現場試験で用いたコンクリートの材料および配合を表1および表2に示す。室内試験の配合は文献〔2〕の汎用性ハイパフォーマンスコンクリートとして配合設計した。

現場試験では、JIIと民間企業で共同研究しているカルシュームサルフェート系混和材を用いた高性能コンクリートを使用した。

2. 2. 試験装置および試験方法

室内および現場において、表3に示す試験を行った。

* 1	日本道路公団	試験研究所	橋梁研究室	主任	(正会員)
* 2	"	"	"	室長、工修	(正会員)
* 3	"	"	"		
* 4	八洋コンクリートコンサルタント(株)	技術センター	課長補佐		

表-1 使用材料

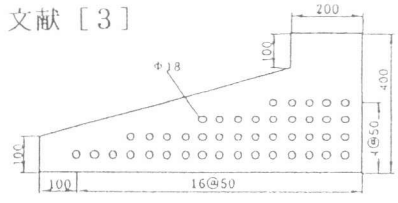
使用材料	室内試験の材料	現場試験の材料
セメント (C)	中庸熱ポルトランドセメント 比重:3.21, プレーン値:3,080cm ³ /g	早強ポルトランドセメント 比重:3.14, プレーン値:4,420cm ³ /g
混和材 (F)	—	カルシュームサルフェート系混和材 比重:2.50, プレーン値:4,050cm ³ /g
細骨材 (S)	静岡県大井川産川砂 比重:2.58, 吸水率:1.88%, FM:2.76	長野県白田町勝間産砕砂 比重:2.62, 吸水率:1.54%, FM:2.57
粗骨材 (G)	東京都青梅産碎石 比重:2.65, 吸水率:0.72%, FM:6.63	長野県佐久市安原産砕砂 比重:2.72, 吸水率:1.13%, FM:6.90
高性能AE減水剤(HAE)	ポリカルボン酸系高性能AE減水剤	ポリカルボン酸系高性能AE減水剤

表-2 コンクリートの配合

	粗骨材の 最大寸法	水結合 材比	細骨材 率	単 位 量 (kg/m ³)					
				W	C	F	S	G	HAE
室内	20mm	25.7%	48.7%	179	697	—	684	739	11.2
現場	25mm	34.6%	46.9%	171	437	23	763	894	16.1

図1に示す室内試験の二段配筋通過試験は、トラックアジテータ車とポンプ車の間に設置する写真1の全量検査装置をモデル化したものである。両装置とも上段に平行筋、下段にメッシュ筋を配置している。これは、材料分離抵抗性の低いコンクリートが上段の平行筋を通過した場合、モルタルの先走り等を起こして材料分離し、骨材のブロッキングにより下段メッシュ筋に閉塞するようにしたものである。また、流動性が小さな場合には、上段の平行筋を通過しても、下段のメッシュ筋にコンクリートが閉塞するように鉄筋間隔を定めるものである。

表-3 試験項目

測定項目	測定方法
スランプフロー	土木学会；コンクリート標準示方書〔平成6年版〕標準編
二段配筋通過試験 (図1参照)	25ℓのコンクリートをロート底蓋を開けて流下させ、鉄筋通過状況および通過時間を測定する。
過密配筋充填性試験	充填性を確認する。 文献〔3〕 
全量検査装置	現場での検査。図2参照

3. 実験結果と考察

3. 1. Vロート試験結果

室内および現場で実施したVロート試験（吐出口：75×75mm）結果について、図2および図3に示す。試験は、1試料につき2回行った。Vロート試験では、ロート内に投入されたコンクリートの位置エネルギーがロート壁面との摩擦やコンクリートの変形が吐出口で消費され、変換された運動エネルギーが流下速度として得られるものであるが、図2および図3によれば、

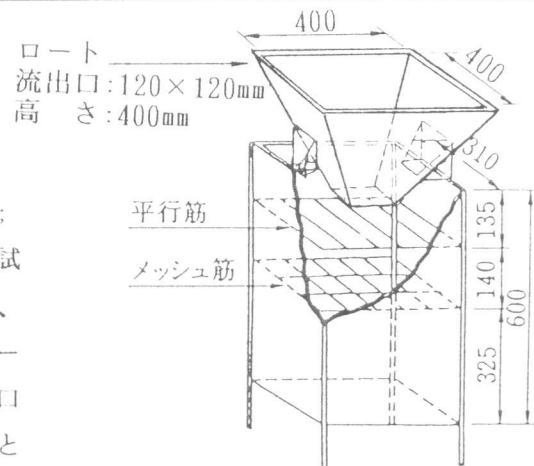


図-1 二段配筋通過試験装置

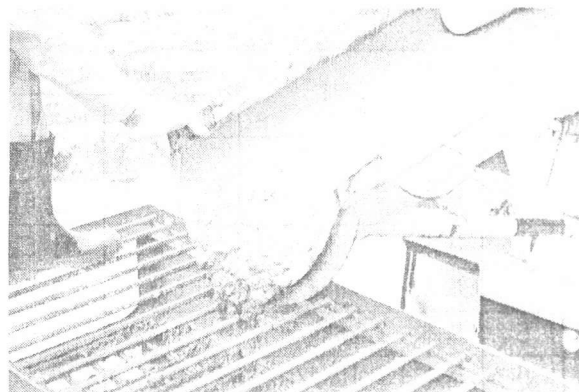


写真-1 全量検査装置を用いた試験状況

室内および現場で実施した試験値の傾向が異なっている。室内試験では、1回目と2回目の流下速度がほぼ一致しているが、現場の試験値は相関があまりみられない。この原因として、粗骨材の最大寸法および単位粗骨材量の違い等が挙げられる。特に大きい要因として、室内では粗骨材の最大寸法； $G_{max} = 20\text{mm}$ であるが、現場では $G_{max} = 25\text{mm}$ であり、吐出口で骨材のブロッキングが起こり、1回目と2回目の流下速度が違っていると考えられる。

現場のコンクリートは、一般的なPC桁に締固め無しで問題なく充填されており、ロート試験で品質を判定するには $G_{max} = 25\text{mm}$ 用の吐出口を持つロート試験装置が必要である。

3. 2. 室内の二段配筋通過試験

室内で実施した二段配筋通過試験および過密配筋充填試験等の結果を表4に示す。また、図4には二段配筋通過試験とVロート試験の通過時間の関係を示す。

二段配筋通過試験と過密に配筋さ

れた型枠の隅々まで充填できる性能を評価する過密配筋充填試験の関係をみると、流動性が小さく、過密配筋充填試験で型枠内に未充填部分があるもの(No.5、No.10)は、二段配筋通過試験でもメッシュ筋上に閉塞している。また、No.4は、二段配筋通過試験で全量通過しているが、通

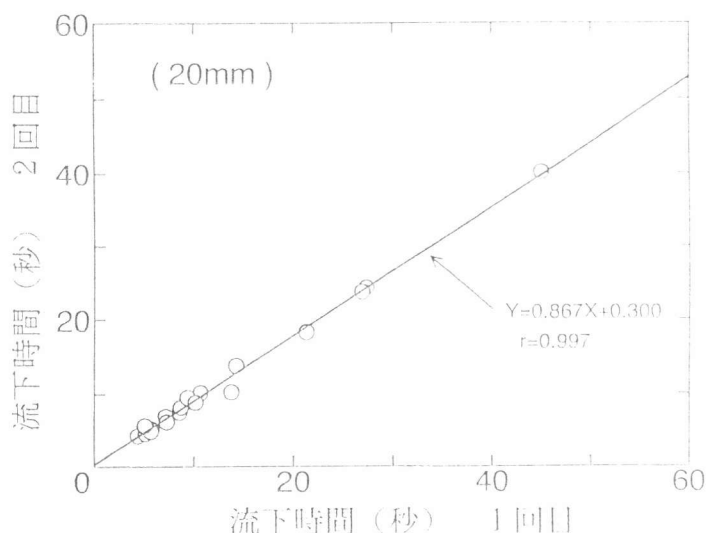


図-2 室内でのVロート試験結果

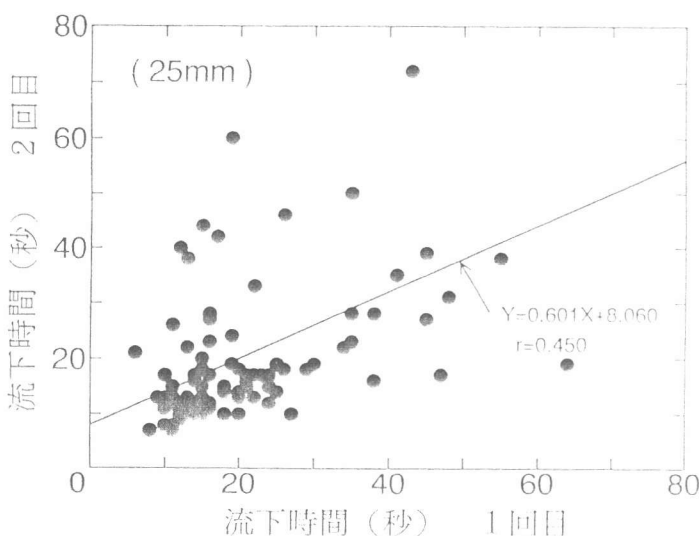


図-3 現場でのVロート試験結果

表-4 室内試験結果

配合 No.	種 別	二段配筋通過試験		スラフフロー (cm×cm)	Vロート (秒)	過密配筋充填試験
		通過状況	通過時間			
1	基本配合	○	12.6秒	69×68	7.5	A
2	基本-W=10kg/m ³	○	33.6秒	62×60	13.8	B
3	基本-W=15kg/m ³	○	41.5秒	58×57	18.3	C
4	基本-W=20kg/m ³	○	73.9秒	51×51	24.3	D
5	基本-W=25kg/m ³	×	—	44×43	40.2	D：先端 1/3未充填
6	基本+W=10kg/m ³	○	10.1秒	70×69	7.0	A
7	基本+W=20kg/m ³	○	5.9秒	73×72	5.2	B
8	基本+W=30kg/m ³	□	4.6秒	72×71	4.3	モルタル先走り
9	基本-Ad=0.3%	○	15.1秒	57×56	10.3	B
10	基本-Ad=0.4%	×	—	42×42	10.2	D：先端 2/3未充填
11	基本+Ad=0.2%	○	14.3秒	69×68	9.0	A
12	基本+Ad=0.4%	○	11.5秒	71×70	8.2	A

備考：*1) 二段配筋通過試験の上段は間隔48mmの平行筋、下段は55mmメッシュ筋とした。

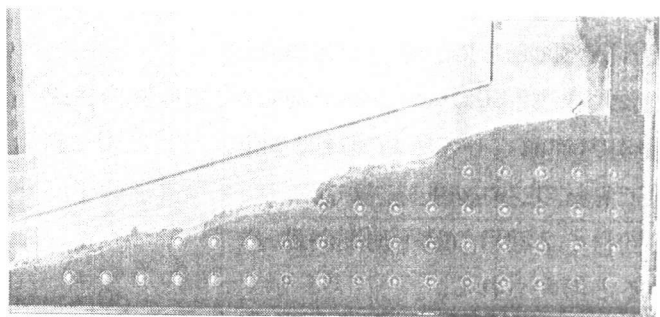
*2) 二段配筋通過試験の記号は、下記の通過状況を示す。

○；全量通過 □；骨材がメッシュ上に一部残留 ×；メッシュ上に全面閉塞

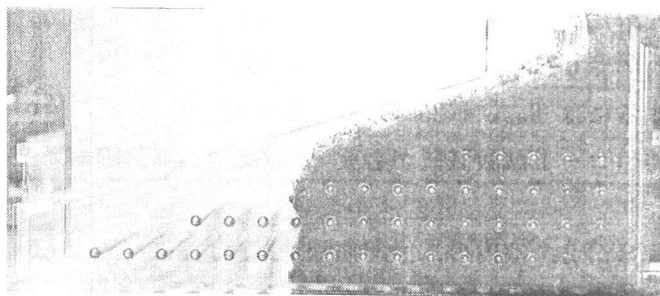
過時間は73.9秒要しており、時間当たりの量にすると1.21m³/hrであり、3.3で述べるように投入量が二段に配筋した鉄筋を通過する量を上回り、閉塞するものと考えられる。また、材料分離を起こし、モルタルが先走りしているNo.8などは、二段配筋通過試験で骨材が残留している。従って、二段配筋通過試験によって充填性能を評価できるものと考えられる。

図4によればVロート試験の通過時間との関係はほぼ直線関係で示すことができ、Vロート試験で評価が可能な流動性や材料分離抵

配合 No. 1
基 本



配合 No. 5
W= -25kg/m³



配合 No. 8
W= +30kg/m³

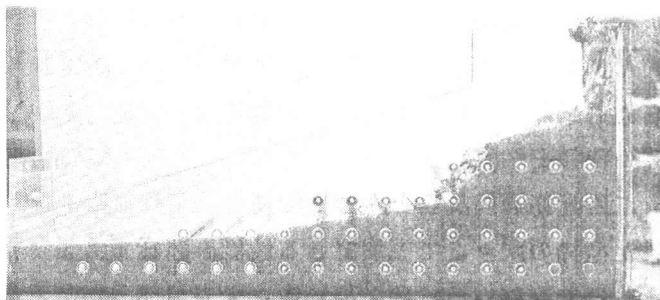


写真-2 過密配筋充填試験状況

抗に必要な粘性等も二段配筋通過試験によって評価できるものと考えられる。

3. 3. 全量検査装置を用いた現場試験結果

現場における全量検査装置を用いた試験は、PC桁の高性能コンクリート打込み時に、表2に示す配合のコンクリートを使用して試験した。1回目の試験 (F.1)は、写真1に示すようにポンプ車のホッパ上に全量検査装置を設置して、アジテータ車のシュートからコンクリートを投入したが、メッシュ筋を通過せずに閉塞し、メッシュ筋上にコンクリートが盛り上がる状態になった。これは、投入するコンクリート量がメッシュ筋を通過する量より多く、メッシュ筋上

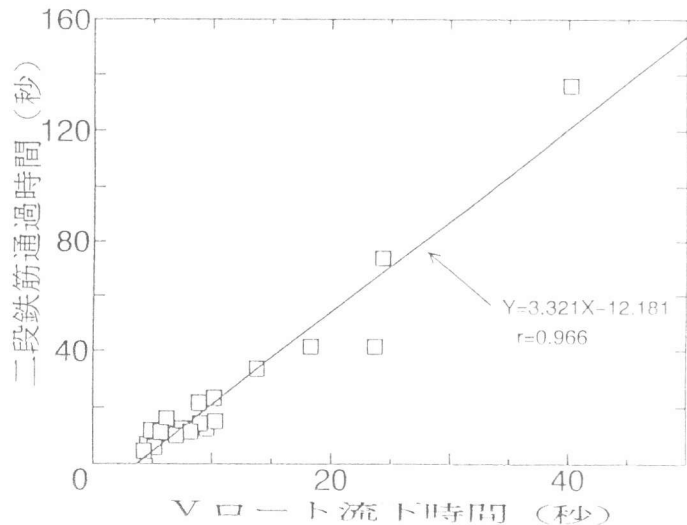


図-4 Vロート試験と二段配筋通過試験の関係

表-5 現場試験結果の概要

現場試験 NO.	全量検査装置の試験 通過状況	投入量	スランブフロー (cm×cm)	Vロート (秒)	備考
F. 1	装置に閉塞	60m ³ /hr	61.0	16.8	
F. 2	全量通過	20m ³ /hr	62.5	12.0	100分後フロー42cm

*) 投入量は、ポンプ車のホッパへのコンクリート時間当り投入量を表示した。

*) 全量検査装置の配筋は、上段@48mm平行筋、下段@55mmメッシュ筋とした。

でコンクリートが圧密されて閉塞したものである。2回目の試験 (F.2)は、写真3に示すようにポンプ車の筒先→全量検査装置→ポンプ車のホッパーの間を100分間循環させたが、閉塞することなく全量検査装置を通過し、循環させることができた。これらの試験結果から、ポンプ車のホッパへの単位時間当たりの投入量を考慮して、全量検査装置の鉄筋間隔を定める必要があることがわかった。

F.2 試験において、100分循環させた後にはポンプ圧送ロス等によりスランブフローが42cmに低下しているが二段配筋を通過しており、打込み箇所においても高流動コンクリートを少量ずつコンスタントに打ち込むことにより、充填性能を改善できる裏付け資料になると考えられる。

試験の目視観察から適切な全量検査装置の鉄筋間隔を定めれば、流動性の小さい場合はコンク

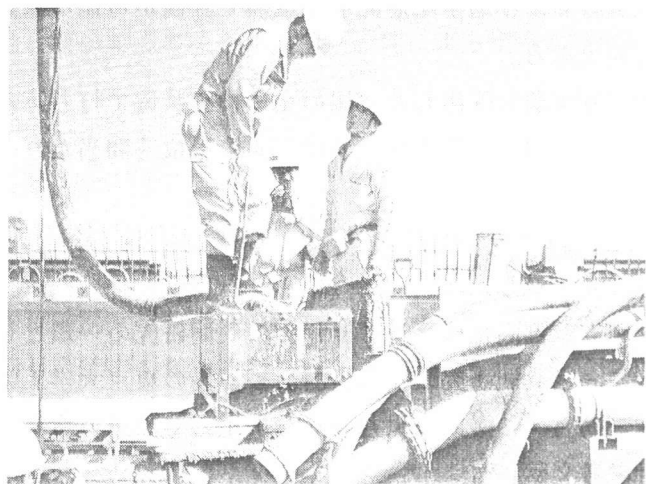


写真-3 現場試験(F.2) 状況

リートはメッシュ筋上に残留ぎみとなり、また、材料分離抵抗性の小さい場合には、モルタルが先走りして骨材がメッシュ筋上に残ることから、現場においても全てのフレッシュコンクリートの性状を判定することが可能と考えられる。全量検査において性状の変化が生じた場合には、直ちに打込みを中止し、アジテータ車から試料を採取し、スランプフロー試験およびロート試験を行い、性状をチェックする必要がある〔1〕。

3. 4. 現場試験の補足試験

3. 3の現場試験において、コンクリートの単位時間当たりの投入量によって全量検査装置の通過状況が異なったため、再度、PC桁のコンクリート打込み時に現場で二段配筋通過試験装置を用いた試験を実施した。

時間当たりの投入量は、3. 3のF.1と同量とするためにロートを使わず、

40ℓのコンクリートを 2 ～ 3秒間(60m³/hr)に試験装置に投入した。試験の結果は、表6に示すように3. 3のF.1と同様に下段のメッシュ筋間隔が@55mmの場合には全て閉塞した。

表-6 補足試験結果

アジテータ車 No.	Slump Flow (cm)	Vロート (秒)	二段配筋通過試験 (秒)	
			@55mm ^{*1)}	@63mm
1	64.5	26.0	× (31%)	○ 13.2
2	64.0	21.0	× (12%)	○ 20.2
3	64.5	15.0	× (100%)	× (6%)
4	63.0	19.0	× (12%)	○ 15.2
5	62.5	8.0	× (50%)	○ 11.5
6	64.5	9.0	× (75%)	× (6%)

*1) @55mm、@63mm下段のメッシュ筋間隔

*2) (%)はメッシュ筋上の閉塞面積率

4. まとめ

本実験結果から、次のことが言える。

- ①. 高性能コンクリートを用いた現行の一般的な構造物の品質管理試験にVロート試験を用いる場合、粗骨材最大寸法に応じた吐出口を持つVロート試験装置の使用が望ましい。
- ②. 本実験で使用した上段に平行筋、下段にメッシュ筋を配置した二段配筋通過試験で、Vロート試験および過密配筋充填性試験で評価が可能な流動性、充填性および材料分離抵抗性の評価が可能である。
- ③. 本実験で使用した現場の全量検査装置で打ち込みする全量のコンクリートの検査が可能であるが、装置の鉄筋間隔は、投入する単位時間当たりのコンクリート量も考慮して定める必要がある。

5. おわりに

本実験は高性能コンクリートの共同研究の一環として行った実験であり、実験を進めるにあたって、本共同研究の技術検討会委員長の東京大学工学部 岡村 甫教授ならびに委員各位に貴重なご助言・ご援助を賜り、ここに記して深謝の意を表す。

[参考文献]

- [1] 岡村、小澤；締固め不要コンクリートの施工、セメントコンクリート、No. 558、pp. 1～7、1993. 8.
- [2] 岡村、前川、小澤；ハイパフォーマンスコンクリート、技法堂出版 1993. 9.
- [3] 小澤、岡村、坂田；締固め不要コンクリートの充填性評価のためのロート試験、超流動コンクリートに関するシンポジウム論文報告集、pp. 17～22、1993. 5.