

SVETHO 工法におけるコンクリート (その1)

高橋 久雄 長尾 覚博
久保田 昌吾 川口 徹

Concrete Used in the SVETHO System (Part 1)

Hisao Takahashi Kakuhiro Nagao
Shyogo Kubota Toru Kawaguchi

Abstract

This report describes concrete used in the SVETHO System. A number of problems such as in planning of concrete mixtures, standards and techniques of concrete quality control, etc., are discussed. Useful information on concrete used in the SVETHO System is furnished.

概要

この報告は SVETHO 工法で使用するコンクリートの品質および管理の要点について述べたものである。内容は主として実際の工事で得られた資料を基にし、コンクリートの調合、コンクリートの品質管理、初期強度の一般的性状、などについて示したものであり、今後調査検討を行なわなければならない点があるが、現時点としては、SVETHO 工法により施工する際の指針として役立つものと思われる。

1. はじめに

本報告は SVETHO 工法に用いるコンクリートについて述べたものである。

SVETHO 工法はスリップフォーム工法の一つである。従来のスリップフォーム工法では、垂直にスリップするのみであったが本工法では壁面が傾斜、曲面、あるいは直径100m以上、高さ200m以上でも施工でき、その操作は全て自動的に行なわれる。

この工法で用いるコンクリートは初期強度（型枠より離脱する際の圧縮強度）短期強度（ロッドを盛り替える時の圧縮強度）および設計規準強度が満たされる事が条件であり、このためスランプは5~8cmで行うこととした。

尚、本工法による施工は昼夜連続作業となる。

写真-1は本工法で施工中の実験工事

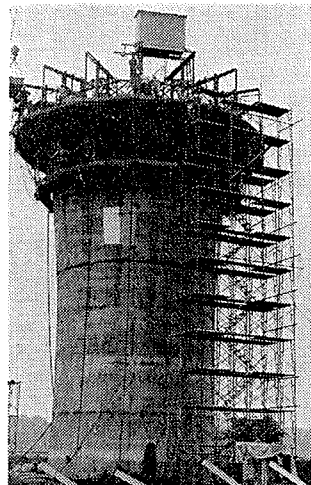


写真-1

の様子である。

この報告は、主として、実験工事、某工場の煙突（約110m）工事を実施した際のコンクリートの調合、品質、および管理の方法について述べた。

さらに上記の工事から得られた資料と、室内実験の結果から初期強度の一般的傾向についても示した。

2. コンクリートの調合

工事において用いられたコンクリートの調合条件として

- ①打設時スランプ、 6.0 ± 1.5 cm
- ②初期強度 1.0 kg/cm^2 以上
- ③短期強度 60.0 kg/cm^2 以上 etc.

が SVETHO 工法において用いられるコンクリートの要求条件であり、他の調合条件については JASS 5（日本建築学会、鉄筋コンクリート工事、以下 JASS 5 と略す。）に準拠した。

初期強度の材令は 4.0~8.0 時間、短期強度は 24.0~48.0 時間程度と実験工事、および某工事より判明した。

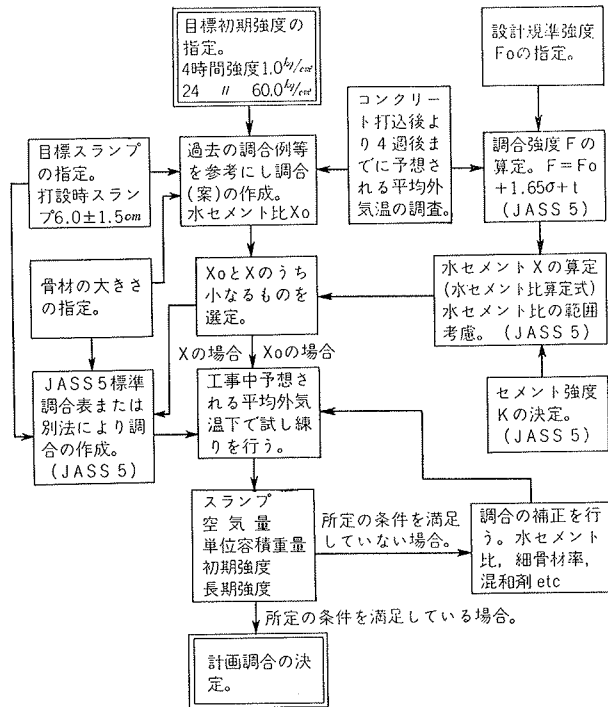
計画調合はこれらの条件を満たすべく試し練りを行い、決定した。

調合決定までの手順は図-1 である。

図中、調合強度 F の算定式 $F = F_0 + 1.65\sigma + t$ に用

いた係数1.65は、正規分布における不合格となる確率が5%とした値である。

また標準偏差σはコンクリート打設期間全体の値とした。



図一 調合決定までの手順

表一 1 ~ 2 は工事において用いた調合例である。

打設時スラップ 6.0±1.5cm 設計強度 210kg/cm² 1m²中

施工場所	工事中外気温	普通ポルトランドセメント	水	細骨材	粗骨材	普通減水剤	水セメント比	細骨材率
東京	19.0~32.0℃	300kg	148kg	733kg	1,192kg	700cc	49.3%	38.1%

表一 1 実験工事 施工期間1972年6月8~17日

打設時スラップ 6.0±1.5cm 設計強度 210kg/cm² 1m²中

施工場所	工事中外気温	普通ポルトランドセメント	水	細骨材	粗骨材	普通減水剤	水セメント比	細骨材率
四日市	12.0~25.0℃	320kg	169kg	826kg	1,048kg	800cc	52.8%	44.8%

表一 2 某工事 施工期間1972年9月20日~11月3日

さらに、工事期間中の細粗骨材の粒度分布の変化、骨材の含水状態の変化、外気温の変化をあらかじめ考慮し、補正調合を検討しておく必要性が指摘された。

3. コンクリートの管理

工事期間中のコンクリートは下記の項目について管理を行った。

- ①材料の管理。
- ②コンクリート製造方法の管理。

③練り上ったコンクリートの管理。

工事における上記の項目の管理は以下に示す要領に従い実施した。

3.1. 材料の管理

材料は良質で堅固なものを用い、その保管についても十分配慮する。(JASS5 参照)

特に骨材入荷時には1)骨材の種類 2)骨材の大きさ、3)異物の混入の有無、等をたえず目視にて先ず検査し、適正でない場合には所定の検査をすべきである。

3.2. コンクリート製造の管理

コンクリート製造管理の要点を表一3に示した。

1)セメント、骨材、水、混和材料は夫々別個に計量する。	5)計量器は自動計量方式のもので、手動に切替えてできるものとする。
2)計量器の計器は1回毎の計量値を確認できるとともに容易に制御出来るものとする。	6)計量装置には微計量装置をつける。
3)計量器は、各材料毎に次に示す精度で計りとれるものを用いる。(JIS A 5308)	7)ミキサーの形式は強制攪拌式とし、予めその性能を調査後使用する。
	8)ミキサーを長期間使用すると、ミキサー各部分の摩耗などによって練り混ぜ性能が変化するため、JIS A 1119の試験を1ヵ月1回又は混練りに変化のあった時に行い、練り混ぜ時間を適切に定めたり、必要に応じて補修したりしなければならない。
	9)プラントから打設箇所までの運搬はコンクリートの品質を低下させぬような設備にする。
セメントの計量誤差(1回計量重量の)	1%以内
骨材	2
水	1
混和剤	1
混和材	3
4)計量装置の点検、整備を定期的に行なう。	

表一 3 製造の管理

さらにコンクリート製造時における管理の要点を表一4に示した。

項目	コンクリート製造時の管理
細骨材の表面水量	細骨材の表面水をできるだけ計量器の近くから採取した試料について行い、細骨材と水との計量を補正する。
細骨材の粒度	コンクリート打設開始前に細骨材の粒度を調べ、混合比の割合を変えたり、粒度に応じてコンクリートの配合を補正する。FMで0.2以上変化すれば補正する。
スラップ	目視によるスラップの補正は、細骨材の表面水量の0.5%以内とする。
材料の計量	1)コンクリート打設開始前に計量器内の材料を完全に排出し、0点の補正を行う。
	2)各バッチ毎に計量目盛をチェックし、材料の不足のある場合は手動で投入量を補正する。
ミキサー	1)ミキサーは、使用開始前と使用後に充分水洗いをする。また、日内においても混練間隔が長くなる場合にはその都度水洗いする。
	2)混練時間は、ミキサーの練り混ぜ性能試験を行ってこれを決定する。等があげられる。

表一 4 製造時の管理

3.3. 練り上ったコンクリートの管理

練り上ったコンクリートの主な管理項目と、その頻度、および品質の判定規準を表一5に示した。

項目	練り上ったコンクリートの品質管理
目視検査	練り上った全てのコンクリートについて○均一性(材料の分離)○ワーカビリティ○異物の混入○骨材の種類別、について目視検査を行い、異常と認められたバッチのコンクリートは廃棄する。
スランプ試験	スランプ試験は1日4回(昼夜2回づつ)試料を採取し、JIS A 1101により測定し、所要スランプ値との差が±1.5cmに納まっていない場合、またコンクリートが分離したり、流動性が乏しくて打込みにくい場合には水セメント比を変えず、骨材量を増減して割合を調整する。
コンクリートの練り上り温度	スランプ試験時および強度試験用試料採取時にコンクリート練り上り温度を測定する。
空気量試験	空気量の測定を1日2回および空気量の調整を行った時にJIS A 1128により測定する。目標値との差が±1%をこえる場合は表面活性剤の量などを変えて所要の空気量が得られるように配合を調整する。
単位容積重量試験	単位容積重量は係員が行う必要があると認めた場合を除いて行わなくてよい。

下表はスランプ、空気量、コンクリート温度、単位容積重量の試験方法、試験回数、判定をまとめたものである。

試験項目	試験方法	試験回数	判定
スランプ	JIS A 1101	1日4回以上(昼夜2回以上)	±1.5cm
練り上りコンクリート温度	アルコール温度計にて測定	スランプ採取時及び供試体採取時	
空気量	JIS A 1128	1日2回(昼夜1回づつ)及び空気量調整時	±1.0%
(単位容積重量)	空気量測定装置と試料を同時測定し算出	空気量測定時	

表一5 練り上ったコンクリートの管理

以上の管理の要点はいずれも重要であるが、工事において問題となりがちであったのは、スランプの変動であった。

スランプの変動は1)作業性 2)長期強度 3)初期強度に与える影響が大きい。

工事においても、スランプは目標範囲 $6.0 \pm 1.5\text{cm}$ の範囲には納まっておらず 6.0 ± 4.0 程度のばらつきであった。

スランプの変動が生じた主な原因は、

- 1) 骨材（特に細骨材）の表面水量の変動。
- 2) 骨材の粒度分布の変化。
- 3) 材料の計量誤差。

などがあげられ、上記の管理を含めたプラントの操作をするパッチャーマンの技術が問題であり、さらにコンクリートの管理はコンクリート主任技師程度の技術者が管理しなければならない点が指摘された。

4. 初期強度、短期強度の管理

4.1. 初期強度の管理

工事ではコンクリート打設と併行してコンクリートの初期強度試験を行った。

試験の結果は、ただちに司令室へ報告し、スリップ時期の判断を行い、初期強度が目標値をはずれた場合は1)スライドピッチを変える、2)コンクリートの割合を変更する、等の処置を施した。

工事における初期強度、短期強度は以下に示す要領

で行なった。

試験の回数は1日4回以上(昼夜それぞれ2回以上)試料を採取し、測定回数は気候状態等必要に応じて増した。1回のサンプリングはコンクリートが打設後型枠外に出るまでの材令(通常4.0~8.0時間)にて試験を行うもの3本を採取した。

供試体の作成はJIS A 1132に準じた。また、供試体の寸法は $10\phi \times 20\text{cm}$ のものを採用した。

供試体は所定の試験に先立ち(試験材令の30分前)焼石膏にてキャッピングし、現場に設置した簡易式初期強度試験装置(写真一2参照)にて試験を行った。

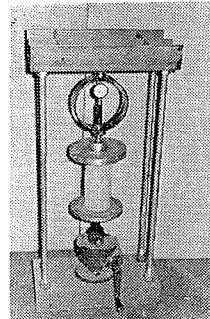
但し、工事開始直後は上記の試験の回数を増し、初期強度の発現性状の傾向を把握し、傾向が判明した後は上記の試験回数にて実施することとした。

またロッドの盛り替えを行う時のみ、上記の材令の他にロッド盛り替え時の材令(通常24~48時間)にて短期強度の試験を行なった。

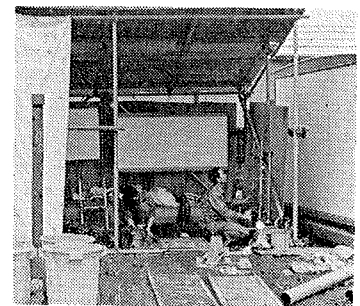
この場合はあらかじめ試験時の材令15~20時間前に超早強セメントにてキャッピングし、あらかじめ選定した試験所にて試験を行なった。

なお上記、初期強度、短期強度の試験体は所定の材令まで直射日光を避け、風当りの強くない、構造体近くに放置した。

写真一3は実験工事における、初期強度試験の状況である。



写真一2



写真一3 初期強度試験状況

4.2. コンクリート初期強度の傾向

コンクリートの割合を決める際、あるいは工事計画を立てる際には、コンクリートの初期強度におよぼす要因と初期強度の関係を検討しておく必要がある。

コンクリートの初期強度におよぼす要因については種々考えられるが、ここではその一般的傾向について述べる。

工事を通じて得られた資料から、材令3~8時間程度の強度は混練時間外気温の影響を大きく受ける(図一1, 2参照)

また混練時の外気温は図一4に示すように練り上り

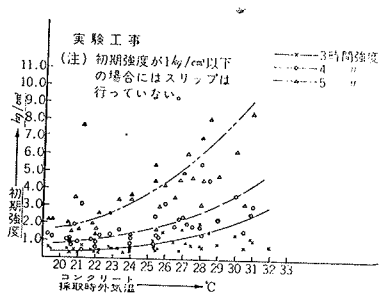


図-2 コンクリート混練時外気温と初期強度(1)

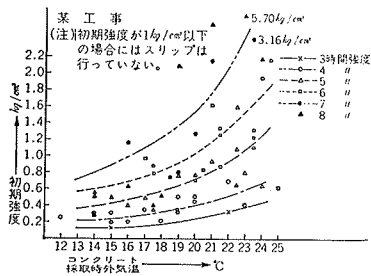


図-3 コンクリート混練時外気温と初期強度(2)

コンクリート温度に関係しているの、当然初期強度はコンクリート練り上り温度に関係しているとも言える。(図-4 参照)

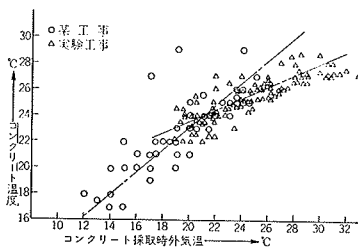


図-4 混練時外気温と練り上りコンクリート温度

さらにまた混練時のスランプも混練時の外気温と同様、大きな要因となっている。

また室内実験の結果から、材令3～8時間程度の強度と水セメント比との関係はあまり認められず(図-5 参照)、まだ硬まらない時期に加圧養生したものは加圧しないものに比し初期強度は大きくなることが認められた。(図-6 参照)

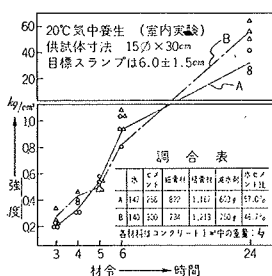


図-5

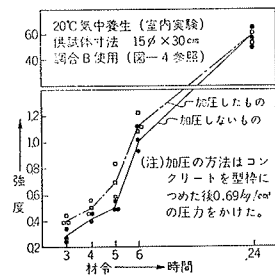


図-6

つまり材令3～8時間程度の材質ではコンクリートの水和作用が始まっており、さらに未だ半固体の状態であるため、初期強度は高温による水和の促進、内湿分の免散、自重による圧密効果等により発現するものと考えられる。

5. 調合強度の管理

5.1. 調合強度の管理

工事においては調合強度が、設計規準強度に対し十分安全である事を裏付けるため管理試験を行う必要がある。

JASS 5₂では便宜上、材令1週より4週強度を推定する事を提案しており、実験工事、および某工事においても JASS 5 の方法にて管理を行った。

管理の要領は以下に示すとおりである。

供試体は1日2回以上(昼夜それぞれ1回以上)の割合で採取する事を原則とした。

1回のサンプリングは、1週、4週材令、各3本、計6本とした。

供試体の作り方は JIS A 1132 に準じた。また供試体の寸法は 10φ×20cm のものを採用した。

供試体は製作後2日目に脱型し、あらかじめ選定した試験所にて21±3°Cの標準水中養生とした。

この強度の試験場所および養生場所については、工事開始前にあらかじめ確認しておく必要がある。

試験の結果は、1週強度から推定した4週強度が下記の条件を満足しない場合は、次回のコンクリートの計画調合の調整、各作業の管理状態の改良などの処置を講じた。

- 1) 設計基準強度、または、指定強度を下まわる確率が1/20以下。
- 2) いずれの1回の強度も設計基準強度または指定強度の70%以上。

さらに4週強度試験を行い、調合強度および上記推定強度の確認をした。

上記の管理方法で行った、実験工事と某工事での結果を図-7に示す。図中、1週強度と4週強度の関係式は参考までに求めて見たものである。

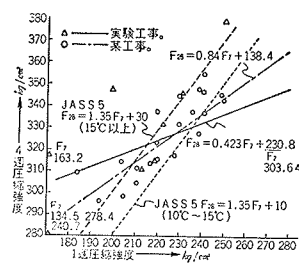


図-7 調合強度の管理結果

5.2 短期強度から4週強度の推定

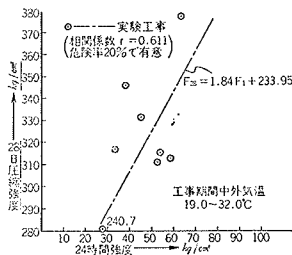
前項で工事において行なわれた調査強度の管理について述べたが、SVETHO 工法では短期強度（ロッドの盛り替え時に行う24～48時間強度）試験を行うため、短期強度と4週強度との関係を求める事により、短期強度からの推定が可能であるかを検討した。

図一7～8は実験工事における短期強度（24時間強度、3日強度）と4週強度との関係式を求めて見たものである。

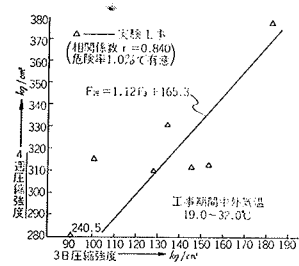
図中の関係式は特定の条件のみについての結果であり、また資料の数も少ない事から、これを実際の工事に用いる事はできない。

さらに短期強度と4週強度の関係は、施工時期、施工場所によって異なるのは当然の事である。

図一8と9の比較から材令3日程度の短期強度から4週強度を推定できる可能性があるように思われるが種々の条件下における3日強度と4週強度との関係を調査しなければ一般的な推定式を提案する事はできない。



図一8 24時間強度と4週強度との関係



図一9 3日強度と4週強度との関係

今後、この点に関しては詳細な調査、検討を行う予定である。

6. 結び

以上、SVETHO 工法において用いたコンクリートについてその概要を述べたが、その品質、および管理方法に、未解決な点が多く、今後主として下記の項目について調査、検討を行う予定である。

- ①コンクリートの製作条件の検討。
- ②初期強度の発現におよぼす要因の検討。
- ③施工現場におけるコンクリート強度の標準偏差 σ の調査。
- ④種々の条件下における短期強度（主として3日強度）と4週強度との関係。

参考文献

- 1) JASS 5 日本建築学会, 鉄筋コンクリート工事。
 - 2) JIS A 5308 レディーミクストコンクリート。
- etc.