

スランプ 15cm コンクリートの打設施工

— RC造およびSRC造への適用 —

熊谷 敏 男
三 根 直 人

§ 1. はじめに

建築における現場打ちコンクリートは、従来、カートによる打設が一般に行なわれていた。しかし、昭和40年頃よりコンクリートを圧送するコンクリートポンプ車が使われ始め、打設能率に勝れるコンクリートポンプ工法は省力化および機械化という当時の建設産業の社会的要求と合致し、昭和43年にはコンクリートポンプ車によるコンクリート打設量は、現場打設コンクリート量の50%に、昭和45年にはほぼ100%に達し、建築におけるコンクリート打設工法に一大変革を成し遂げた¹⁾。

コンクリートを圧送する上でコンクリートポンプ車の損耗を減じ、かつ、圧送量を確保して能率的に作業を完遂するため、コンクリートの調合において、一般に次のような補正がなされた。すなわち、在来のカート打設のコンクリート調合に比べ、圧送困難や閉塞を生じないような圧送しやすいコンクリートとするために、普通コンクリートにおいてはセメント量で2~20kg/m³、水量で2~12kg/m³、細骨材率で1~3.5%/wt、スランプ値で1~2cm、空気量で0.5~1.5%/vol、それぞれ大きくするような補正が行なわれた²⁾。

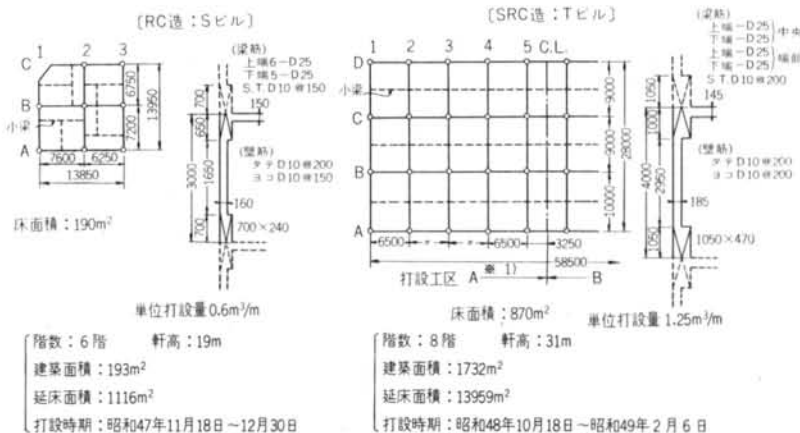
これらの補正はコンクリートの水分およびモルタル分を増し、ブリージングおよび硬化したコンクリートの乾燥収縮を大きくする。このようなコンクリートで打設された躯体はその躯体の亀裂発生に多少なりとも影響し、コンクリートポンプ工法を採用してから亀裂の発生が多くなったのではないかという懸念も聞かれている。コンクリートの亀裂は、漏水および化粧上の欠陥故障の原因となっている。

これらの問題を背景にして、コンクリートポンプ工法によってもたらされたコンクリートの軟練化の是正およびコンクリート躯体の亀裂低減を計る方法として在来の躯体寸法、型わく工法および配筋状態の建物に、スランプ15cmの中練りコンクリートの打設を試みた。

現在までにRC造（Sビル：シリーズI）およびSRC造（Tビル：シリーズII）の建物に、スランプ15cmのコンクリートを打設し、種々の検討結果が得られたのでここに報告するものである。

§ 2. RC造およびSRC造建物の概要

スランプ15cmのコンクリートを打設した建物の概要は図一に示すとおりである。RC造およびSRC造の建物の用途はともに事務所建築であり、建物の形状は類似しているが、建物の規模はSRC造の方がはるかに大きく、延床面積比で12.5倍となっている。1回のコンクリート打設におけるRC造とSRC造との規模の比較を行なうと以下に示すとおりである。



図一 1 スランプ15cmコンクリートを打設した建物の概要

*1) 1階分をA B 2工区に分けて打設した

打設床面積比 : 4.6
 打設コンクリート量比 : 4.3
 外周壁単位幅当りのコンクリート量比 : 2.1

リーズIIの建物への打設においてはレディミクストコンクリート会社より提出された通常の調合のコンクリートを打設した。

§ 3. コンクリートの打設および各種測定方法

3.1 コンクリートの調合

スランブ15cmコンクリートの調合は表-1に示すとおりである。当初、シリーズIの予備実験においてコンクリートポンプ車の圧送抵抗の大きいことが予想されたため、細骨材率を通常の調合のものより10%/wt増したもののについても圧送性を検討したが、通常の細骨材率で支障がないことが確かめられたため、シリーズIおよびシ

3.2 コンクリートポンプ車

スランブ15cmのコンクリートの打設に使用したコンクリートポンプ車は表-6に示すとおりである。シリーズIの打設においてはスクイーズ式コンクリートポンプ車（前面吐出圧20kg/cm²）を、シリーズIIにおいては下層階でスクイーズ式コンクリートポンプ車（前面吐出圧20、25kg/cm²）を、高層階ではピストン式コンクリートポンプ車（前面吐出圧45kg/cm²）を用いた。スクイーズ式では4in.の配管を、ピストン式では下引水平管および鉛直管に5in.の配管を、上引水平管に4in.の配管を用いた。

打設箇所	セメント (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	細骨材 (kg/m ³)	粗骨材 (kg/m ³)	混和剤※1 (cc/m ³)	水セメント 比 (%/wt)	細骨材率 (%/wt)	設計基準 強度 (kg/cm ²)	スランブ (cm)	空気量 (%/vol)
RC造予備実験	329	180	856	941	92.1	54.7	47.6※2)			
RC造1~4階	313	170	747	1091	87.6	54.3	40.6※3)			
" 5階	313	170	710	1128	87.6	54.3	38.6			
" 6階	313	170	674	1165	87.6	54.3	36.7	210	15±2.5	4±1
SRC造1, 2階	300	165	731	1137	90.0	55.0	39.1			
" 3, 4階	319	166	712	1137	96.0	52.0	39.0			
" 5~8階	325	166	707	1137	98.0	51.0	38.8			

※1) ヴインゾール (AE剤) 使用, ※2) 通常のものより10%/wt増したもの, ※3) 通常のものより2~3%/wt増したもの

表-1 打設したコンクリートの調合

振動機の 種類	メーカー	型 式	振 動 数 (V. P. M.)	原 動 機	重 量 (kg)		振 幅 (mm)	振 動 部		フレキシブルチューブ	
					動力部	振動部		直径 (mm)	長さ (cm)	直径 (mm)	長さ (m)
棒状 45φ	芝 浦	EF-145-4B	10000~12000	200V, 0.75KW	23	13	2.0	45	50	33	4
棒状 27φ	芝 浦	EF-127-4B	10000~12000	200V, 0.40KW	17	11	1.4	27	50	28	4
コテ状	東京フレキ	KD-66	7500~8500	200V, 0.45KW	7		1.0	高 さ 振動面		39.5cm	11×15cm

表-2 打設に用いたパイブレータ

項 目	R C 造	S R C 造
外周壁外側型わく	大パネル (0.9×3.6m)	APS大型パネル (6.5×4.0m)
締付金物 (丸セバ)	8φ	8φ, 13φ (APS用)
締付金物の間隔	45×45cm	外周壁 (APS) タテ60×ヨコ90cm 柱 45×45cm 内壁 60×60cm
支保工用端太材	チャンネル型ライトゲージ	角型ライトゲージ

表-3 型わく形式の概要

3.3 バイブレータ

スランプ15cmコンクリートの打設に用いたバイブレータは表-2に示すとおりである。シリーズIの打設においては内部挿入用棒状45φバイブレータを主として用い、コテ状バイブレータは外周壁の外側より、また内部挿入用棒状27φバイブレータは外周壁の開口わく下および階段の打設に補助的に用いた。シリーズIIの打設においては棒状45φバイブレータのみを用いた。

3.4 型わく形式および型わく

型わく形式およびシリーズIとシリーズIIとの型わく補強の相違点は表-3に示すとおりである。型わくは合板型わく工法であるが、外周壁においてシリーズIでは大パネル方式、シリーズIIではAPS大型型わく方式を採用した。3.5に後記するようにスランプ15cmコンクリートの打設においては、連続立上がり打設および型わく内へのバイブレータの挿入打設が必要となったため、シリーズIでは主として締付金物の間隔を通常より15cm狭い45cmとし、シリーズIIではチャンネル型ライトゲージの代わりに、角型ライトゲージを用いる補強を行なった。

3.5 RC造建物(シリーズI)のコンクリート打設方法

コンクリート打設によるコールドジョイント、豆板および未充填部などの欠陥の発生を少なくするために、連続的に立上がり部分を打設する方針をとった。この打設方法は、コンクリートの硬練り化によって、ブリージングおよび沈み現象が減少することによって可能となった

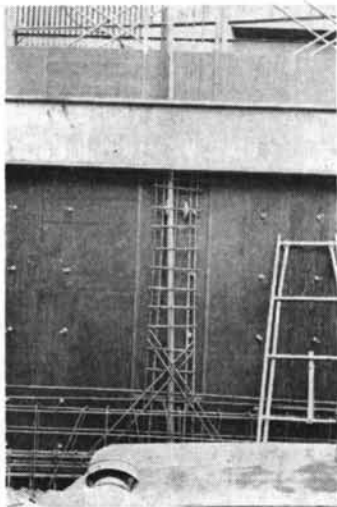


写真-1 バイブレータ挿入スペース確保のための単管の建込み(RC造)

ものである。そのため、外周壁の打設始点および外周壁とつながる内壁および梁にはリブラスおよび篠竹を入れて、外周壁の連続立上がり打設の一助とした。

スランプ15cm程度の中練りコンクリートの型わくへの打設においては、棒状バイブレータの挿入による締固めが不可欠である。しかし、RC造の外周壁においては型わくおよび鉄筋の組立てが完了した後からでは、バイブレータの挿入が困難であるため、写真-1に示すように片壁および壁の配筋が完了した時点で、直径5cmの単管を建込み、その後、梁筋および返し壁の型わくを行なった。コンクリート打設直前に単管を引抜き、この隙間に棒状バイブレータを挿入してコンクリートを打設した。外周壁のバイブレータ挿入位置は、図-2に示すように梁筋の中央からとした。挿入したバイブレータの操作をスムーズにするために、外周壁は2cmのコンクリートの増打ちを行なった。

各部位の打設順序は次のとおりである。まず始めに外周壁を連続的に打設する。この際、コンクリートポンプ車の通常の圧送能力でコンクリートを吐出すると、コンクリートの打込みが間に合わないため、圧送コンクリート量は型わくへの打込み処理量と見合う量とした(外周壁以外についても同様である)。この点は、開口を有する外周壁において特に重要である。写真-2に示すようにコンクリートが型わく内でいったん閉塞を生じると、

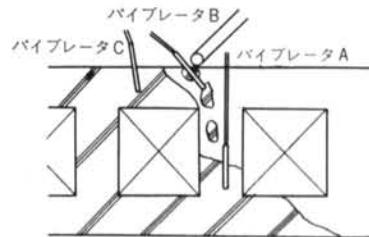
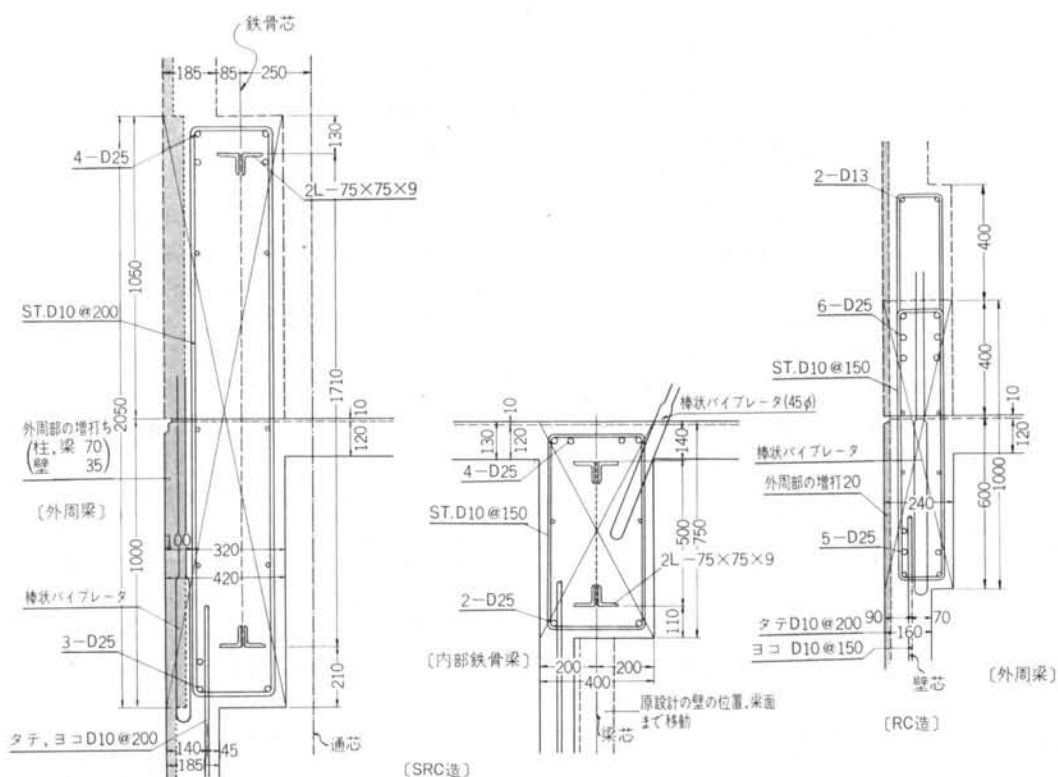


図-3 外周壁の開口まわりにおけるバイブレータの使い方



写真-2 梁筋の閉塞作用によって生じた未充填箇所(RC造)



図一 棒状バイブレータの挿入位置

外周部打設時の作業		RC造		SRC造	
		スラン 15cm	スラン 21cm	スラン 15cm	スラン 21cm
ス ラ ブ 上	棒状バイブレータ操作	5.5	2	2.5	2
	外部天端均し	0.5	—	0.5	—
外 部	コテ状バイブレータ操作	1	—	1	—
	たたき	1	2	1	1
内 部	コテ状バイブレータ操作	1	—	—	—
	棒状バイブレータ操作		—	—	—
合 計	たたき	2	2	2	2
		11	6	7	5

(単位:人)

表一 ポンプ車1台当りの打設工の配員

それを直すのに多大な労力と時間を費すことになる。開口まわりのコンクリート打設においては、図一3に示すような3台のバイブレータの使用が必要である。すなわち、圧送管から吐出されるコンクリートをバイブレータBで型枠内に落とし、単管引抜き箇所へ挿入されているバイブレータAで、充填および締固めを行なう。バイブレータCはこの後を追い、主として梁まわりの充填、およ

び締固めを行なう。外周壁の打設完了後、階段を打設し、内壁、柱、内部梁、およびスラブを連続的に打設する。

コンクリート打設におけるコンクリート打設工の配員は表一4に示すとおりであり、平均11人を要した。ポンプ工はポンプ車のオペレータが1人、圧送管の筒先が2人の計3人であった。

3.6 SRC造建物(シリーズII)のコンクリート打設方法

外周壁におけるバイブレータの挿入箇所は図一2に示すように、外側の型わくと梁筋との間とした。そのため、外壁部分で3.5cm、梁および柱部分で7cmのコンクリートの増打ちが必要となった。バイブレータの挿入を上記の位置にすることによって、RC造で実施した単管の建込みは不要となった。

各部位の打設方法および打設順序は、ほぼシリーズIの場合と同じであるが、階段が鉄骨階段であったため、この部分のコンクリート打設はなかった。内部の鉄骨を有する梁の打設においては図一2および写真一3に示すように、バイブレータの挿入が難しく、コンクリートの



写真一三 内部の鉄骨を有する梁のコンクリート打設 (SRC造)

打設に多大な労力を必要とした。さらに、この梁の下に付く内壁に至ってはパイプレータの挿入がなされず、コンクリートは落し込まれるのみでなら締固めが行なわれなかった。

コンクリート打設工の配員は表一四に示すとおりである。写真一四に示すように、パイプレータのモーター部分を吊り下げ、スライドできる装置を設けることによって、打設工を3人減少することが可能となった。

3.7 各種測定および観察方法

1) スランプおよび空気量

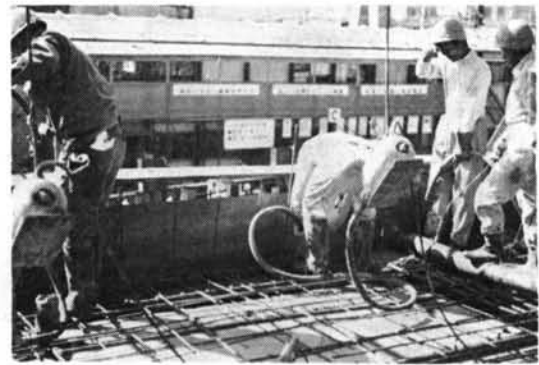
フレッシュコンクリートの運搬、待ち時間および圧送によるスランプおよび空気量の影響を調べるため、レディミクストコンクリートの工場出発時、コンクリートポンプ車への排出時およびコンクリートポンプ車での圧送後について、スランプは JIS A 1101、空気量は JIS A 1128 に準じて測定した。

2) コンクリートの側圧

コンクリート打設時の型わくにかかる側圧を計るため、シリーズ I では金属抵抗歪線、シリーズ II では OK 式側圧計を締付金物に取付けて測定した。前者においてはパイプレータの振動の影響で、ストレンメータの指針が振れたため、パイプレータ加振時の側圧は測定できなかった。

3) 躯体コンクリートの圧縮強度

打設された躯体の各部材および打込み高さ方向の圧縮強度を測定するため (供試体の採取位置は後記する空隙率および水和水についても同じ) 躯体から直径 10cm のコアを打込み方向に対して直角に切抜き、JIS A 1107 に準じて圧縮強度を測定した。(ただし、圧縮強度試験前の供試体の水中浸漬は行なわなかった) この測定は SRC 造についてのみ行ない、試験材令は 11~37 日であった。



写真一四 外周壁の打設およびパイプレータのモーター部分を吊り下げ (SRC造)

4) 外周壁に生じた亀裂

打設された躯体の外周壁に生じた亀裂性状を調べるため、亀裂位置、亀裂長さおよび亀裂幅について測定した。亀裂性状の測定はシリーズ I については外周壁全面、シリーズ II については外周壁の東面とし、測定時のコンクリート材令は前者では 1.3~2.7 カ月、後者では 1.1~4.8 カ月であった。

5) 躯体コンクリートの空隙率

圧縮強度用供試体と同様な方法で切取ったコアから、直径 10cm、高さ 5cm を切り取り空隙率測定用供試体とした。空隙率算出までの手順は以下に示すとおりである。

表面乾燥内部飽水状態の供試体の空中重量 W_s と水中重量 W_{sw} との差から式(1)で供試体の体積 V_s を求める。

$$V_s = \frac{W_s - W_{sw}}{\rho_w} \quad (\text{cm}^3) \quad \dots\dots(1)$$

ここで、 ρ_w : 水中重量測定時の水の比重 (g/cm^3)
その後、供試体は 105°C で 4 日間乾燥させ、クラッシュャーで粗砕後鉄乳鉢でモルタル部分を微粉細し、絶乾状態の粉体の空中重量 W_a と油中重量 W_{ao} との差から、式(2)で微粉体の体積 V_P を求める。

$$V_P = \frac{W_a - W_{ao}}{\rho_o} \quad (\text{cm}^3) \quad \dots\dots(2)$$

ここで、 ρ_o : 油中重量測定時の鉱油の比重 (g/cm^3)
これらより、空隙率 v (空気量、蒸発しうる水分の空隙および骨材の粗砕により現われる空隙が含まれる) は式(3)で求められる

$$v = \frac{V_s - V_P}{V_s} \times 100 \quad (\% \text{vol}) \quad \dots\dots(3)$$

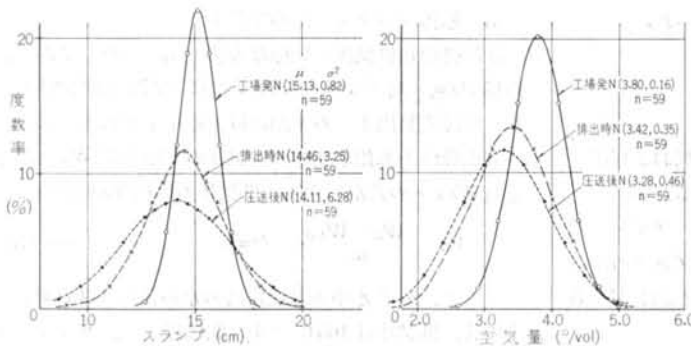
6) 躯体コンクリートの水和水

水和水測定用の試料は圧縮強度測定後の供試体から採取し、以下の方法によりコンクリート中のセメントの水和水を測定した。

コンクリートの強熱減量 I_g^{on} を JIS R 5202 に準じて測定する。この値の中にはセメントの水和反応に関連しないところのセメント、砂および砂利が本来もっている強熱減量も含んでいるため、これらを補正しコンクリート中のセメントの強熱減量 I_g' を求める。次に完全水和時の結合水の水セメント比を26%とし、コンクリートの調合のセメント量 C から完全水和時の結合水量 W_n を求める。文献3) に示されているセメントの水和生成式と、セメントの化学分析より求めた鉱物組成、およびコンクリートの調合から水和生成物を算出する。これらの水和生成物のうち $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は、一部他の反応で消費されるためこの補正を行なう。先に求めた I_g' の中には $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が 450°C 近辺で分解される水も含まれているが、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は他の水和生成物に比べて強度への貢献が少ないと考えられるので、この量を補正し試料の結合水量 W_n' を求める。水度 γ は式(4)で与えられる。

$$\gamma = \frac{W_n'}{W_n} = \frac{\alpha \cdot C}{W_n} \quad (^\circ/\text{wt}) \quad \dots\dots(4)$$

ここで、 $\alpha = \frac{W_n'}{C}$



図一四 運搬、待ち時間および圧送によるコンクリートのスランプおよび空気量の変化 (シリーズI : RC造の場合)

項目	構造	工場出発時 [A]	排出時 [B]	圧送後 [C]	[B-A]	[C-B]	生コン車所要時間 (分)				配管距離 (m)			生コンプラントから現場までの距離	生コンプラントの能力
							運搬時間	待ち時間	排出時間	実質排出時間	下引き水平管	鉛直管	上引き水平管 ※1)		
スランプ (cm)	RC造	15.13 ±0.91	14.46 ±1.80	14.11 ±2.51	-0.67	-0.35	25.4 ±7.4	14.6 ±13.5	11.1 ±4.8	9.2 ±2.5	3~15	3~19	11~20	6.0km	170m ³ /hr
	SRC造	15.69 ±1.35	15.06 ±1.98	16.15 ±2.34	+0.37	+0.09	19.2 ±6.0	10.6 ±12.8	7.6 ±5.8	6.2 ±2.5	8~18	5~30	35~45	3.4km	115m ³ /hr
空気量 (°/vol)	RC造	3.80 ±0.40	3.42 ±0.59	3.28 ±0.68	-0.38	-0.14									
	SRC造	4.09 ±0.40	3.94 ±0.82	4.15 ±0.79	-0.15	+0.21									

※1) 各階の最大配管距離, ※2) () 内は測定数を示す

表一五 運搬待ち時間および圧送によるコンクリートのスランプおよび空気量の変化

7) 型わくの変形

コンクリートの打設による型わくの変形は次のようにして測定した。下振りおよびトランシットを用いて、型わくの建込み完了時の型わくの精度とコンクリート打設後のコンクリートの精度を測り、その差から型わくの変形量を求めた。

§ 4. コンクリートの打設結果および考察

4.1 コンクリートの調合および運搬圧送によるスランプおよび空気量の変化

スランプ15cmのコンクリートの調合は通常のポンプ圧送用の調合で良く、圧送性を良くするために細骨材率を大きくする必要はない。細骨材率を大きくすることによって、コンクリートの乾燥収縮量は増大するため、亀裂低減上好ましくない。

既往の研究によるとスランプ15cmコンクリートの乾燥収縮量はスランプ21cmに比べ10~25%減少する⁴²⁾。しかし、コンクリートの締固め不足はコンクリートの収縮を逆に15~20%大きくさせる⁶⁾。コンクリートと鉄筋との付着力はコンクリートの打込み高さ方向の上部ほど硬練り化の効果が現われ、スランプ21cmに比べ5~25%増加する⁷⁾。これらから見るとスランプ21cmコンクリートをスランプ15cmにすることによって実験室のデータでは乾燥収縮量および鉄筋の付着ともに1~2割程度しか改善されないといえる。運搬、待ち時間および

圧送によるコンクリートのスランプおよび空気量の変化は、表一5および図一4に示すとおりである。シリーズIにおいては運搬、待ち時間および圧送によって順次低下傾向にあるが、シリーズIIについては逆に増加しており、この原因については明らかでない。シリーズIにおける運搬開始から圧送後までのスランプ低下は約1cm、空気量の低下は約0.5%/volであったが、施工上なら支障とならなかった。しかし、今回のシリーズIおよびシリーズIIへの打設は外気温が3.6~17.2℃の常温以下の結果であり、外気温の高い夏期においてはスランプの低下が、さらに大きくなることが予想されるため、今後検討する必要がある。

4.2 スランプ15cmコンクリート打設の特殊性

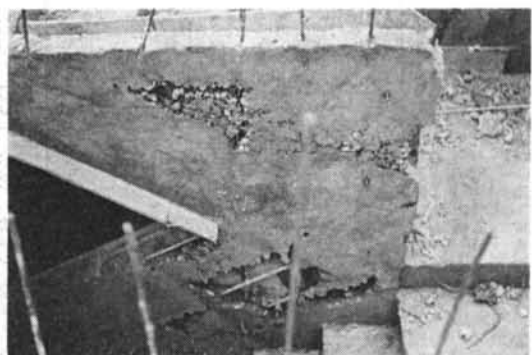
スランプ15cm程度のコンクリートの打設においては、コンクリートの打設速度を支配するのはパイプレータの打込み能力であり、スランプ21cmコンクリートの打設の場合（コンクリートポンプ車の圧送能力に支配される）と大きな異なりを生じている。そのため、表一4に示すように、コンクリートの打設工のうち、パイプレータ操作に携わる者の占める割合は、スランプ21cmの打設が20~40%に対して、スランプ15cmの打設は50~70%に達している。また、このパイプレータ操作の増大が、スランプ15cmコンクリート打設工の増員につながっている。

一般建築物への低スランプコンクリートの打設できる限界値は、ほぼスランプ10cmと思われる。これはスランプ10cm程度のコンクリートの2、3の打設の経験から、スランプ10cm近辺の施工軟度になると、極端に施工性が悪くなることによって確かめられた。

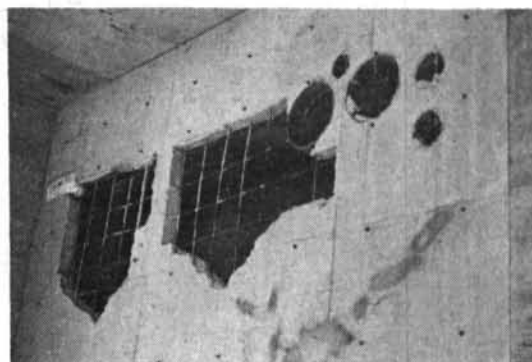
今回のスランプ15cmコンクリートの打設においては、立上がり部分の連続立上がり打設を行なった。これにより、在来のスランプ21cmコンクリートの打設による梁下での打継ぎが、梁とスラブとの付根に生じるようになった。外周壁の優先打設を行なったため、外周の打始め箇所ではスラブの打設までに3~11時間（シリーズIIの場合）の打継ぎ間隔を生じた。しかもスラブはコンクリートの直仕上げ工法を採用しているため、写真一5に示すように3~4cm下げて外周を打設することを余儀なくされた。この場合の解決方法としては、コンクリートポンプ車の吐出量を制御し、外周立上がり部分の打設速度および打設量に見合ったコンクリートを吐出させることによって過剰にコンクリートを吐出することを避け、梁上に打継ぎがくるようにすることである。この方法は打設規模の小さい、しかも管理の行き届いたシリーズIではほぼ実行された。



写真一5 外周壁の打設に伴うスラブコンクリートの処理 (SRC造)



写真一6 壁厚の薄い階段の手摺の打設欠陥 (RC造)

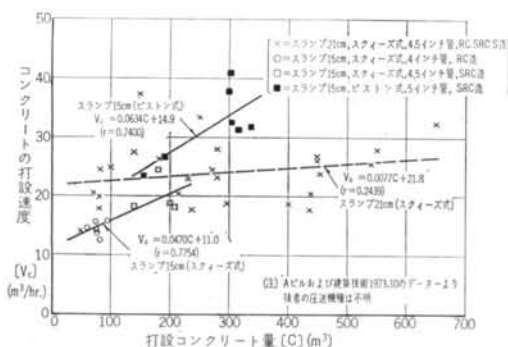


写真一7 内壁の打設欠陥 (SRC造)

スランプ15cmコンクリートの打設においては、打設の困難な箇所が生じる。それらは階段、壁厚8cm以下の壁およびSRC造の内部鉄骨梁の下に付く内壁などである。シリーズI (RC造)の階段の打設においては階段の踏面は型わくで全面ふさぐ方法で、コンクリートの打設を行なったが、コンクリートの充填に多大な労力を必要とした。さらに、壁厚の薄い手摺は写真一6に示すような未充填部を生じ易い。

打設箇所	使用コンクリートポンプ車	最大前面吐出圧 (kg/cm ²)	配管距離 (m)				[C] コンクリート量 (m ³)	[T] 打設時間 (hr)	[P] ポンプ車稼働時間 (hr)	[α] 必要作業時間 (hr)							β (%)	[C/T] (m ³ /hr)	[C/P+a] (m ³ /hr)	
			下引き	鉛直管	上引き	水平管				a	b	c	d	e	f	g				h
1 F	スクイーズ式 (4in管)	20	3	3	20	96	6:07	3:35 (58.6)	:42 (11.4)	:40 (10.9)	:25 (6.8)	:09 (2.5)	:00 (0.0)	:36 (9.8)	:00 (0.0)	:00 (0.0)	31.6	15.7	17.4	26.8
R 2	"	20	3	6	20	77	5:38	3:17 (58.3)	:25 (7.7)	:33 (9.8)	:00 (0.0)	:10 (3.0)	:14 (4.1)	:44 (13.0)	:14 (4.1)	:00 (0.0)	20.5	13.7	17.4	23.5
3	"	20	15	10	17	82	6:33	3:10 (48.3)	:33 (8.4)	:54 (15.8)	:02 (0.5)	:00 (0.0)	:02 (0.5)	:49 (12.5)	:03 (0.8)	:00 (0.0)	37.9	12.6	14.4	25.9
C 4	"	20	15	13	17	73	4:40	2:57 (63.2)	:27 (9.7)	:33 (11.8)	:06 (2.1)	:00 (0.0)	:00 (0.0)	:14 (5.0)	:23 (8.2)	:00 (0.0)	23.6	15.6	18.0	24.7
5	"	20	10	16	14	76	5:18	3:04 (57.9)	:34 (10.7)	:52 (16.3)	:09 (2.8)	:00 (0.0)	:00 (0.0)	:32 (10.1)	:07 (2.2)	:00 (0.0)	29.8	14.3	16.3	24.8
6	"	20	10	19	11	59	4:05	3:01 (73.9)	:29 (11.8)	:04 (1.6)	:00 (0.0)	:09 (3.7)	:00 (0.0)	:00 (0.0)	:22 (9.0)	:00 (0.0)	17.1	14.5	15.9	19.6
平	均						60.0	10.0	10.7	4.5	1.5	0.8	8.4	4.0	0.0	26.8	14.4	16.6	24.2	
1 F	スクイーズ式: 2台(4in管)	20	12, 15	5	35	406	22:03	10:56 (49.6)	1:05 (5.2)	1:13 (5.6)	:20 (1.5)	:00 (0.0)	:51 (4.0)	7:17 (32.9)	:00 (0.0)	:21 (1.6)	11.9	18.4	29.9	37.1
S 2	スクイーズ式 (5in管)	25	18	9	40	180	7:20	3:17 (44.8)	:28 (6.4)	:27 (6.1)	:18 (4.1)	:00 (0.0)	:16 (3.6)	1:37 (22.0)	:00 (0.0)	:57 (13.0)	16.6	24.5	40.0	54.8
3	ピストン式 (5in管)	45	10	9	30	154	6:34	2:53 (43.9)	:26 (6.6)	:36 (9.1)	:00 (0.0)	:00 (0.0)	:00 (0.0)	1:29 (22.6)	:00 (0.0)	:10 (17.8)	15.7	23.5	39.3	53.4
R 3	スクイーズ式 (5in管)	20	8	13	35	138	7:36	3:57 (52.0)	:12 (2.6)	:34 (7.5)	:23 (5.0)	:00 (0.0)	1:24 (14.5)	1:06 (14.5)	:00 (0.0)	:00 (0.0)	15.1	18.2	29.3	34.9
4	ピストン式 (5in管)	45	16	13	40	190	7:09	3:04 (49.9)	:23 (6.2)	:50 (13.5)	:00 (0.0)	:00 (0.0)	:00 (0.0)	1:49 (29.5)	:00 (0.0)	:03 (0.8)	19.7	25.6	44.4	62.0
C 4	"	45	12	17	40	336	10:31	6:32 (62.1)	:18 (2.9)	:04 (10.1)	:28 (4.4)	:00 (0.0)	:24 (3.8)	1:17 (12.2)	:00 (0.0)	:28 (4.4)	17.4	31.9	40.2	51.4
5	"	45	12	20	40	300	7:55	5:13 (65.9)	:13 (2.9)	:59 (12.4)	:24 (5.1)	:01 (0.2)	:00 (0.0)	:57 (12.0)	:00 (0.0)	:08 (1.7)	20.4	37.9	43.9	57.5
6	"	45	13	23	45	302	7:22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40.9	—	—	—
7	"	45	13	27	45	304	9:19	5:10 (55.5)	:06 (1.1)	1:44 (18.6)	:00 (0.0)	:16 (2.9)	:59 (10.6)	:52 (9.3)	:09 (1.3)	:05 (0.9)	22.6	32.6	41.8	58.8
8	"	45	13	30	45	316	10:02	5:36 (55.8)	:31 (5.2)	1:10 (11.6)	:16 (2.6)	:00 (0.0)	:00 (0.0)	:23 (23.8)	:00 (0.0)	:06 (1.0)	19.4	31.4	41.9	56.4
平	均						52.9	4.4	10.0	2.4	0.3	4.3	21.2	0.1	4.4	17.1	30.0	28.6	39.0	51.8

表一6 コンクリートの打設に用いたコンクリートポンプ車および打設作業時間



図一五 打設規模とコンクリートの打設速度との関係

鉄骨梁の下に付く内壁は4.7で記すように、コンクリートの締固めがほとんどなされないため、設計基準強度も確保できない状態であり、しかも写真一七に示すように未充填部を生じ易い。

4.3 コンクリートの打設能率

コンクリートの打設作業の分析および打設能率は表一六に示すとおりである。全打設作業時間に対するコンクリートポンプ車の稼働率はシリーズI (RC造)で60%、シリーズII (SRC造)で53%であった。各作業をゼネコンの立場から必要作業時間および不必要時間に分類すると、不必要作業時間はシリーズIで13.2%、シリーズIIで30.0%であった。一般にこれらの時間を皆無にしようとする、他の作業に悪影響を及ぼし逆効果となり適切でないが、これらの時間のうちコンクリートミキサー車待ちの時間が6~7割を占めており、コンクリートの連続立上がり打設の支障となっているため改善する必要がある。

スランブ15cmと21cmのコンクリートの打設速度と打設規模との関係は図一五に示すとおりである。スランブ21cmの場合はスクイーズ式コンクリートポンプ車による打設速度であり、打設規模によって打設速度はほとんど変化していない。スランブ15cmの場合は主として低層階でスクイーズ式コンクリートポンプ車を、高層階では圧送能力の大きいピストン式コンクリートポンプ車を用いた。スクイーズ式コンクリートポンプ車でスランブ15cmと21cmとの打設速度を比較すると、前者が24.0m³/hrに対し、後者は16.6m³/hrであり、スランブ15cmコンクリートの圧送打設性はスランブ21cmに対して約30%低下する。スクイーズ式コンクリートポンプ車でスランブ15cmコンクリートの打設速度は、RC造が14.4m³/hr、SRC造が19.9m³/hrであり、SRC造は打設規模および躯体断面の大きい効果により、高能率となっている。前面吐出圧の大きいピストン式コンクリートポンプ車の

SRC造へのスランブ15cmコンクリートの圧送速度は32.1m³/hrであり、スクイーズ式コンクリートポンプ車の1.6倍になっている。

コンクリートポンプ車の故障は1回の打設につき約1回の割合であり、それらの大部分は配管の破裂および配管内でのコンクリートの詰まりであった。

4.4 コンクリート打設用パイプレータ

スランブ15cmコンクリートの打設においては、パイプレータによる締固め打設が不可欠である。後で記すように締固めが不十分な場合には、打設欠陥、強度不足および亀裂の発生が多くなる。表一七に示すパイプレータの中では内部挿入用45φ棒状パイプレータ(振動数8000~12000V.P.M., 振幅2.0~2.4mm, 振動部重量13~16kg)がもっとも効果的であり、27φ棒状およびコテ状パイプレータは締固め能力があまりなく有効でない。

45φ棒状パイプレータはコンクリートポンプ車1台につき3台必要であり、外周壁の開口まわりの打設においては、図一三に示すような3台の棒状パイプレータの連使用が必要である。

構 造		コールドジョイント ($10^{-2} \times \frac{m}{m^2}$)	豆板 ($10^{-2} \times \frac{m^2}{m^2}$)	未充填部 ($10^{-2} \times \frac{m^2}{m^2}$)	
R	C 造	7.18	2.11	1.33	
S	R C 造	8.79	0.38	0.63	
構造および部位		コールドジョイントの各部の発生率 (%)	豆板の各部の発生率 (%)	未充填部の各部の発生率 (%)	
R	外周	壁	12.3	5.7	20.3
		柱	3.3	4.8	0.0
C	内部	斜梁・パラベット	(13.0)	(31.9)	(0.2)
		壁・梁	71.4	48.3	77.2
		柱	0.0	1.6	0.0
S	外周	階段・手摺	(0.0)	(7.6)	(2.3)
		壁・梁	12.3	3.1	9.0
R	内部	柱	0.2	27.1	0.0
		壁・梁	87.5	51.7	90.4
C	内部	柱	(0.0)	18.1	0.6

表一七 コンクリートの打設による欠陥

4.5 コンクリートの打設欠陥

コンクリートの打設によって生じる欠陥（コールドジョイント、豆板および未充填部）は表-7に示すとおりである。スランブ15cmコンクリートの打設欠陥の大小は、スランブ21cmで打設した場合の資料がないので、施工軟度の違いによる差は明らかでない。スランブ15cmコンクリートで打設したRC造とSRC造とで比較すると、コールドジョイントの発生度は同程度で、豆板および未充填部はSRC造の方が半分以下になっている。

部別別の打設欠陥の分布をみると、外周壁は立上がり部分を連続的に打設した効果によって、建物に生じた全打設欠陥の10~15%が発生しているのみである。

それに反し、パイプレタによる締固めがほとんどなされなかった内壁には50~90%の欠陥が発生した（この

傾向はSRC造の方が大きい）。スランブ15cm程度のコンクリートの打設においては、パイプレタによる締固めが重要であることが知れる。

スランブ15cmコンクリートの打設において、コールドジョイントを防ぐための打継間隔は、外気温平均3.6~17.2℃の場合、約3時間といえる。しかし、この時間内においても打継部のパイプレタによる締固めは、十分行われなければならない。

4.6 外周壁に生じた亀裂

1) スランブ15cmコンクリートで打設したSRC造の外周壁に生じた亀裂の分析

SRC造の東面の壁に生じた亀裂の状態は図-6に、また、その分析結果は表-8に示すとおりである。亀裂

階数	亀裂測定までのコンクリートの材質(H)	壁面積 (m ²) 高さ×長さ=面積 (H)×(L)=(A)	開口数 (個)	開口面積 (m ²) (A _o)	開口の間角数(個) (N _c)	発生した亀裂総本数 (本)		発生した亀裂本数 (本)		目地底に生じた亀裂本数 (本)		目地への亀裂集中度 $\phi = \frac{N_{m,25}}{N_{t,0}} \times 100$ (%)		開口まわりに生じた亀裂本数 (本)		隅角への亀裂発生率 (%) $\sigma = \frac{n_c}{N_c} \times 100$
						[N]		[N _o]		[N _m]		[N _o]		隅角 (n _c)	開口辺 (n _o)	
						メクラ壁	開口壁	メクラ壁	開口壁	メクラ壁	開口壁	メクラ壁	開口壁			
1	BIRATA 137.145	4.45×59.54=264.95	7	22.39	16	47	24	23	10	10	41.7	43.5	12	7	75.0	
2	119.126	4.00×59.54=238.16	0	0	0	26	26		22		84.6					
3	106.112	4.00×59.54=238.16	0	0	0	40	40		29		72.5					
4	90.98	4.00×59.54=238.16	14	40.46	56	67	10	57	7	29	70.0	50.9	43	9	76.8	
5	80.84	3.40×59.54=202.44	14	40.46	56	58	9	49	6	26	66.7	53.1	43	2	76.8	
6	60.73	3.40×59.54=202.44	14	40.46	56	28	0	28	0	14	—	50.0	27	0	48.2	
7	47.53	3.40×59.54=202.44	14	40.46	56	27	0	27	0	9	—	33.3	24	0	42.9	
8	34.39	3.40×59.54=202.44	14	40.46	56	29	0	29	0	11	—	37.9	21	0	37.5	

階数	開口まわりへの亀裂集中度 (%) $\beta = \frac{n_o + n_c}{N_o} \times 100$	発生した亀裂の総面積 (mm ²) (ΣLW)	発生した亀裂面積 (mm ²) (ΣLW _o), (ΣLW _c)		壁面積 (m ²) (A _o), (A _c)		目地底に生じた亀裂の総面積 (mm ²) (ΣLW _o)		目地への亀裂集中度 $\psi = \frac{\sum L_{wo}}{\sum L_{wo} + \sum L_{wc}} \times 100$ (%)		開口まわりへの亀裂面積 (mm ²) (ΣLW _o), (ΣLW _c)		開口まわりへの亀裂集中度 (%) $\beta = \frac{\sum L_{wo} + \sum L_{wc}}{\sum L_{wo}} \times 100$	隅角への亀裂集中度 (%) $\gamma = \frac{\sum L_{oc}}{\sum L_{wo}} \times 100$	開口辺への亀裂集中度 (%) $\delta = \frac{\sum L_{op}}{\sum L_{wo}} \times 100$
			メクラ壁	開口壁	メクラ壁	開口壁	メクラ壁	開口壁	メクラ壁	開口壁					
			メクラ壁	開口壁	メクラ壁	開口壁	メクラ壁	開口壁	隅角	開口辺					
1	91.3	17687.0	13367.5	4319.5	149.25	115.70	2981.5	2548.5	22.3	59.0	2316.5	533.5	66.0	53.6	12.4
2		8058.0	8058.0		238.16		5704.0		70.8						
3		8289.5	8289.5		238.16		6485.5		78.2						
4	91.2	2922.9	704.0	2218.9	56.16	182.00	578.0	1141.4	82.1	51.4	1171.5	283.4	65.6	52.8	12.8
5	91.8	2320.5	660.4	1660.1	47.74	154.70	608.4	832.1	92.1	50.1	1412.5	43.6	87.7	85.1	2.6
6	96.4	527.5	0	527.5	47.74	154.70	0	290.5	—	55.1	521.5	0	98.9	98.9	0
7	88.9	596.4	0	596.4	47.74	154.70	0	176.0	—	29.5	535.9	0	89.9	89.9	0
8	72.4	590.4	0	590.4	47.74	154.70	0	202.0	—	34.2	486.5	0	82.4	82.4	0

表-8 SRC造東面外周壁に生じた亀裂の分析

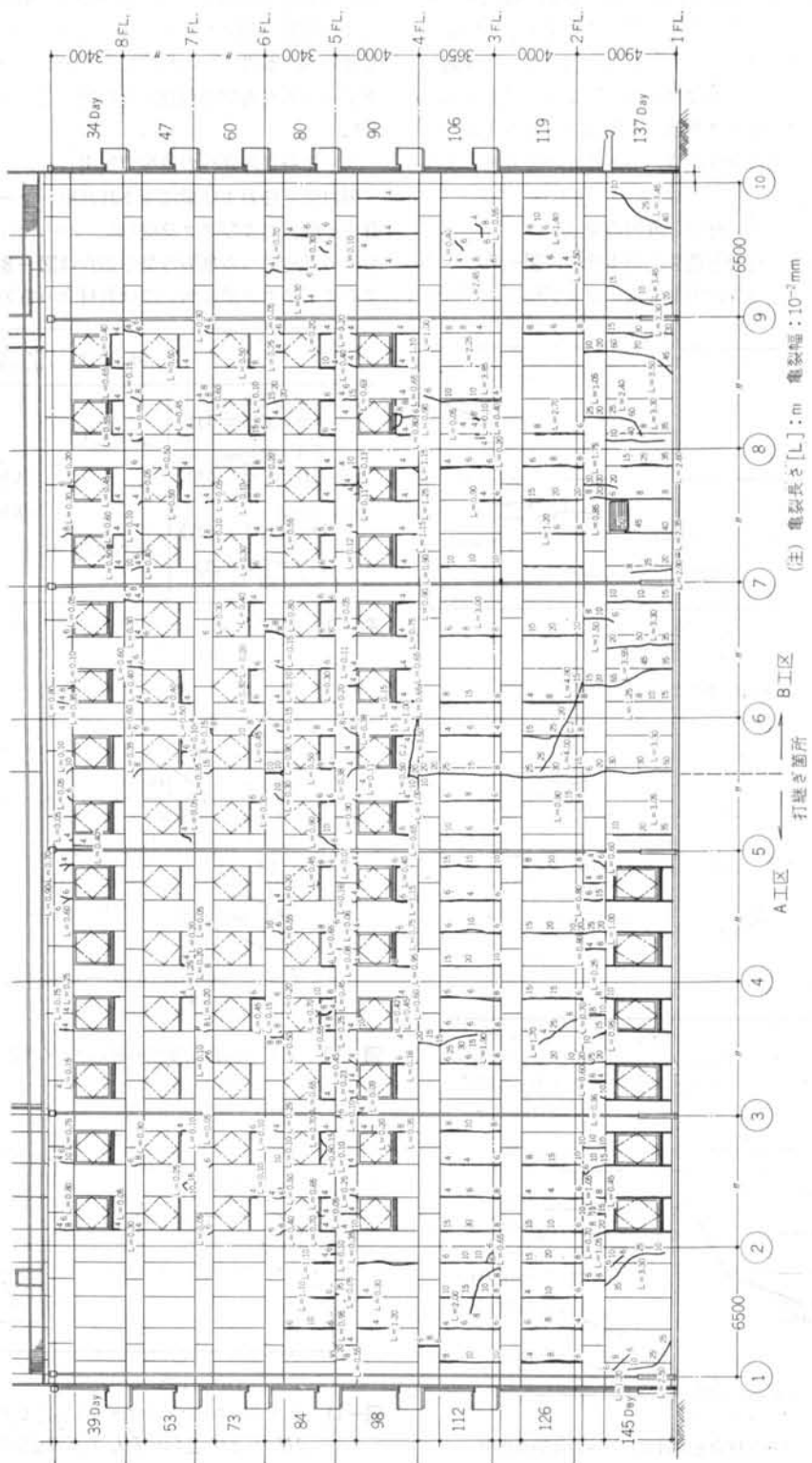


図-6 SRC造の東面外周壁に生じた亀裂の状態

の測定材令は8~1階で34~145日であり、各階をコンクリートの材令として表わし、亀裂の発生状況について、以降、種々検討する。これらの検討においては図-6に示すように4~8階はまったく同じ形状であるが、2および3階は全面メクラ壁、1階は入口状の開口を有する壁というような条件の違いがあることを考慮しなければならない。

(イ) コンクリートの材令と亀裂の発生

コンクリートの材令と亀裂の発生状態は図-7に示すとおりである。各階で拘束度の違いおよび壁面の形状の

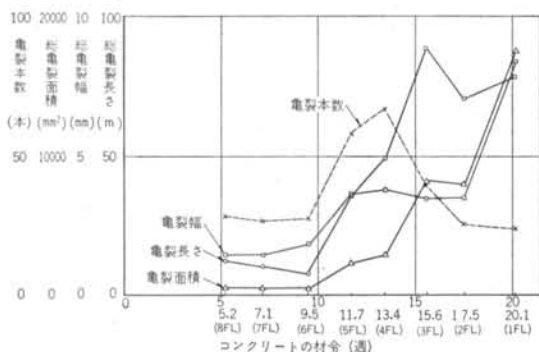
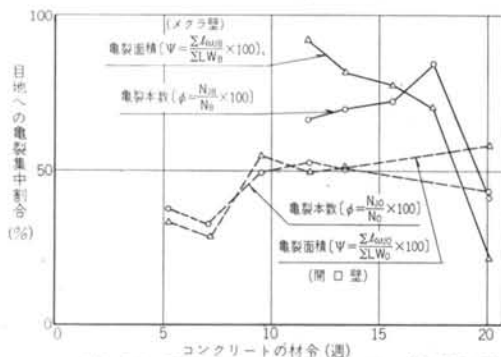


図-7 コンクリート材令による亀裂の発生状況



(注) 目地の形状は上辺15, 下辺20, 高さ15mmで欠損率8.1%

図-8 コンクリートの材令と目地への亀裂集中との関係

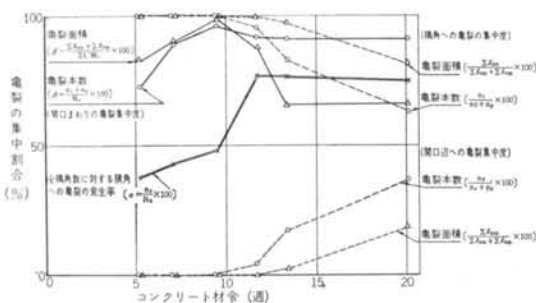


図-9 コンクリート材令と開口まわりへの亀裂の集中

違いなどの問題があるが、亀裂本数、亀裂幅、亀裂長さおよび亀裂面積とも、材令10週以後、亀裂が急激に増加している。参考までに材令10週時のスランブ15cmのコンクリートの自由乾燥収縮率を推定すると 4.9×10^{-4} である。

(ロ) 化粧目地底への亀裂の集中

開口壁(柱および梁に囲まれた単一ラーメンに開口を有する壁)およびメクラ壁(単一ラーメン内全面が壁)における目地底への亀裂の集中割合は図-8に示すとおりである。メクラ壁においては若材令の亀裂は目地に誘発

項目	分散比	$n_1=1,$ $n_2=377, 407$ の F 値
スランブの効果 スランブ15cm(D10) と スランブ21cm (D10) との比較	$F=75.65$	$\left[\begin{matrix} 0.05 & F=3.84 \\ 0.01 & F=6.64 \end{matrix} \right]$
鉄筋の効果 D10(スランブ21) と $\phi 9$ (スランブ21) との比較	$F=30.02$	

表-9 亀裂幅に及ぼすスランブと鉄筋の効果のF検定

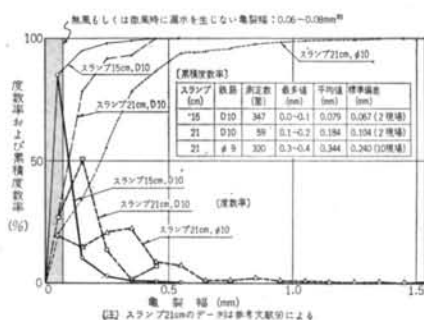


図-10 スランブおよび鉄筋の違いによる亀裂幅の分布

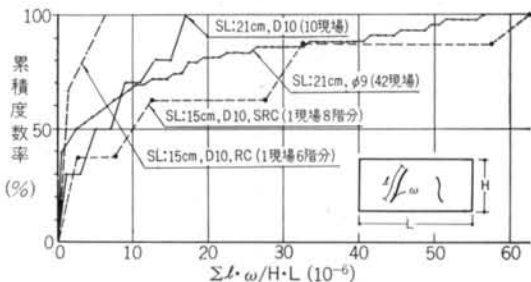


図-11 スランブ15cmおよび21cmの外周壁に生じた亀裂の $\Sigma l/HL$ および $\Sigma l \cdot w/HL$ の累積度数率

され、材令経過とともに目地以外に発生する。そのため、亀裂集中割合は材令経過とともに減少し、材令15～20週で70～80%になっている。開口壁においては開口まわりの化粧目地の配置が、図-6に示すように開口上辺においては開口隅角部と一致していないため、目地への亀裂の集中割合は材令とともに増し、材令10～20週で50～60%に達している。この割合は開口隅角部の目地配置を考慮すれば、目地への亀裂集中割合は100%に近いといえる。

(イ) 開口まわりへの亀裂の集中

開口壁における開口まわりへの亀裂集中度は図-9に示すとおりである。開口まわりへの亀裂集中度は、コンクリート材令による傾向ははっきりしないが、約80～90%の集中率となっている。開口まわりに生じる亀裂は材令10週頃まではそのほとんどが隅角部に生じ、その後、開口辺に亀裂の発生が見られる。開口の隅角の数に対する隅角への亀裂発生率は材令とともに増し、材令10週で50%、材令20週で75%に達している。

以上、SRC造の外周壁に生じた亀裂について検討した。その結果、目地および開口隅角部への亀裂集中度が高いので、誘発目地および化粧目地を効果的に配置し、目地底に亀裂を誘発させる。その亀裂幅が後述する漏水限界亀裂幅(0.06～0.08mm)以上の場合⁸⁾には目地底に防水処理を行なう

2) スランブ15cmと21cmで打設した建物に生じた亀裂幅の分布

スランブ15cmおよび21cmで打設した建物の亀裂調査数が少ないので、はっきりした結論は出せないが、亀裂幅の分布は図-10に示すとおりである。スランブ15cmで打設した建物の亀裂幅はスランブ21cmに比べて小さいといえる。亀裂幅を低減させるにはスランブおよび鉄筋の効果が考えられる。これらの効果の有意差を検定したF検定の結果は表-9に示すとおりであり、スランブおよび鉄筋の効果ともに1%以下の危険率で有意差があるといえ、亀裂幅を小さくするには低スランブおよび異形鉄筋の使用が有効である。

スランブ15cmの亀裂は、静圧時の漏水を生じない亀裂幅の限界値以内に80～90%が、またスランブ21cmの亀裂は20～40%が入り、明らかな違いを生じている。

3) スランブ15cmコンクリートで打設したRC造とSRC造建物の亀裂発生度

RC造とSRC造の亀裂の発生度は図-11に示すように、スランブ15cmコンクリートで打設したRC造とSRC造とで亀裂発生度が大きく異なっている。これは構造形式の違いによる拘束度の差および締固め度の差による

ものと思われる。外周壁のパイプレタによる締固め時間はRC造で5.8min/m³、SRC造で3.7min/m³であった。このようにスランブ15cm程度の中練りコンクリートにおいては、締固めの程度が硬化したコンクリートの品質に大きな影響を与えるといえる。

4.7 スランブ15cmコンクリートで打設したSRC造建物の各部位の強度、空隙率および水化度

SRC造の各部材のコンクリートの圧縮強度、空隙率および水化度などは図-11に示すとおりである。

各部材の圧縮強度の平均は柱 284±25kg/cm²、スラブ 225kg/cm²、外壁209±34kg/cm²、内壁194±39kg/cm²(以上8階)、1および2階の内壁160±25kg/cm²であった。これらの強度は柱を除いてコンクリート打設時の締固め度(空隙率)にほぼ比例している。とくに内壁(設計上、耐震壁になっていない内壁)はほとんど締固めがなされておらず、この建物の設計基準強度210kg/cm²より15～50kg/cm²低い値となってしまった。なお、立上がり方向の圧縮強度の傾向は、供試体数が少なく得られなかった。

各部材の空隙率の平均はスラブ 14.8±0.9%/vol、柱

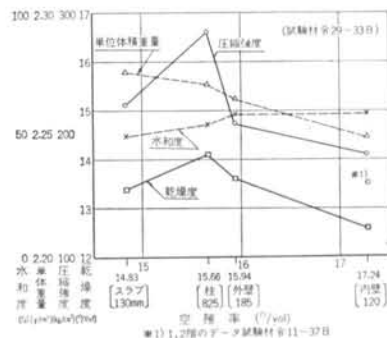


図-12 空隙率と水化度、単体重量、圧縮強度および乾燥度との関係

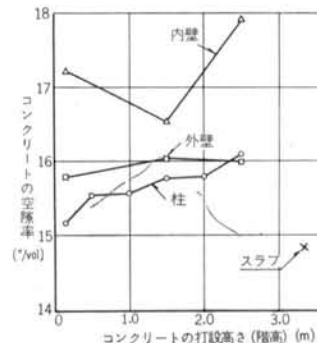


図-13 コンクリートの打込高さ(階高)と空隙率との関係

15.5±0.7°/vol, 外壁 15.9±0.6°/vol, 内壁 17.3±0.8°/vol であった。これらの空隙率は圧縮強度と同様に、コンクリート打設時の締固め度に影響されている。空隙率と打込み高さ方向との関係は図-13に示すとおりである。部材断面の大きい柱および外壁においては圧密効果などにより、下部ほど小さい空隙率となっているが、部材断面の小さい、しかも締固めがほとんどなされていない内壁は、型わくの摩擦力および配筋の閉塞効果などにより、下部ほど大きな空隙率を示したと思われる。

コンクリートの圧縮強度と空隙率は、柱を除いてほぼ相関関係にある。空隙率が1°/vol増すことによって、圧縮強度は6~7%低下すると一般にいわれており⁽¹⁰⁾、スラブの圧縮強度 F_0 を基準として、式(5)で他の部材の圧縮強度 F を推定すると、外壁および内壁の圧縮強度：

$$F = F_0 \{1 - (v - v_0)\alpha\} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad \dots\dots(5)$$

ここで、 v : 求めようとするコンクリートの空隙率 (°/vol)

v_0 : 基準となるコンクリートの空隙率 (°/vol)

α : 単位空隙率の増加による圧縮強度の低下係数 (0.06~0.07)

とほぼ一致し、これらの部材の強度低下が締固め不足による空隙率の増大によっているといえる。しかし、柱についてはこの推定があてはまらないため、コンクリートのセメントの水和度を調べたが、図-12に示すように他部材とあまり大差がなく、柱の強度が大きかった理由は明かでない。

4.8 スランプ15cmコンクリート打設用の型わく

今回のスランプ15cmコンクリートの打設においては、連続立上がり打設および型わく内へのパイプレータの挿入打設のために、表-3に示すような型わく補強を行なった。

この型わく補強によって型わく大工の作業量の増大および型わく材工費のコストアップを招いたが、これによって型わくの破壊はシリーズI (RC造) およびシリーズII (SRC造) への打設を通じて、2件のみ (この2件はSRC造に生じ、締付金物の配置および熔接箇所の不適正によるものであった) で非常に少なくなり、型わく破壊によるコンクリート打設の中断もなく、連続立上がり打設が可能となった。この型わく補強の影響による型わく作業能率、コンクリートの側圧および型わくの変形について以下に述べる。

1) 型わく作業能率

型わくの下ごしらえから建込みまでの能率は、RC造

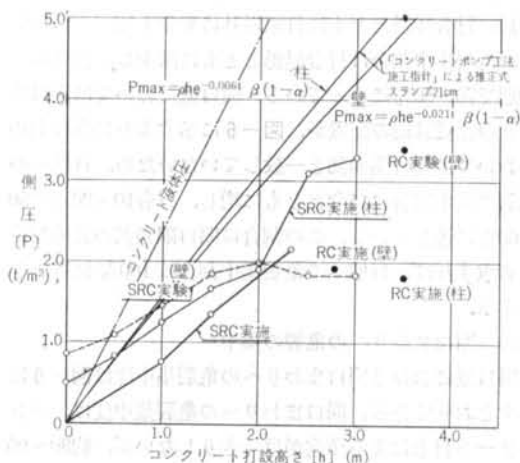


図-14 打設高さと側圧との関係

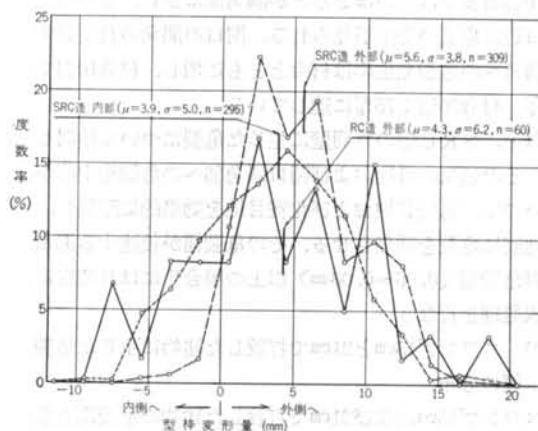


図-15 型わくの変形量

で10.7㎡/人・日、SRC造で14.6㎡/人・日であった。RC造とSRC造との差は建物規模、型わく型式、揚重機および建物の立地条件などの影響によって生じたと思われる。先に記したように型わく補強を行なうことによって、型わくの組立て能率の低下が懸念されたが、通常の合板型わく工法の組立て能率は9.5㎡/人・日といわれており、著しい能率低下があったとは思われない。

2) コンクリートの側圧

コンクリートの側圧の測定結果は図-14に示すとおりである。図中にコンクリートの液体圧と日本建築学会“コンクリートポンプ工法施工指針案”による推定式の側圧を示した。これによるとRC造およびSRC造ともに、建築学会の推定式を下回り、かつ、最大側圧4t/㎡以下であった。RC造の場合はパイプレータを使用しない状態での側圧、SRC造の場合はパイプレータ加振時の側圧であるが、この結果ではパイプレータの加振による側圧の増大はあまり認められなかった。これはスラン

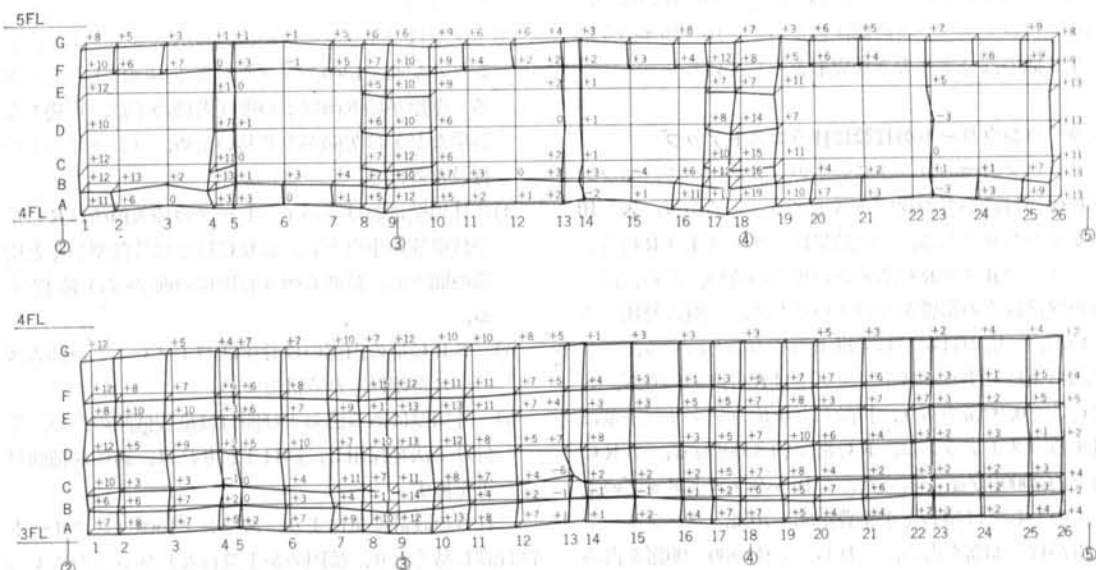


図-16 コンクリート打設による型わくの変形量 (SRC造外周壁APS大型型わく)

ブ15cm程度の中練りコンクリートのパイブレタによる締固めの影響範囲が、スランブ21cm程度の軟練りコンクリートより狭いため、加振によるコンクリートの側圧への影響があまりなかったと思われる。

これらから考察すると、スランブ15cmコンクリートの側圧はスランブ21cmの側圧に比べ、同等もしくはそれ以下といえる。

3) 型わくの変形

スランブ15cmコンクリート打設による外周壁の型わくの変形は図-15に示すとおりである。外周壁の型わくは外側に變形しており、その変形量はRC造で 3.9 ± 6.2 mm、SRC造で 5.6 ± 3.8 mmであった。SRC造における外周壁の変形パターンは図-16に示すとおりである。APS大型型わくのような剛性の大きい型わくでも平均で

項 目		S R C 造	R C 造
工事請負金	請負金 [S]		
	建築工事 [A]	70.6%	60.0%
	躯体工事 [B]	31.0	15.8
	設備工事	29.4	40.0
コストアップ	コストアップ [U]		
	型わく工事 (手間)	38.2%	55.2%
	(材料)	32.4	0.0
	コンクリート工事 (手間)	7.6	13.5
	(材料 外壁の増打)	9.7	9.1
	パイブレタ損料	1.5	3.3
	その他	目地底亀裂コーキング 7.1 打設時の先付サッシ会番 3.6	先付サッシ 10.4 リプラス、単管入れ 4.5 打設欠陥補修 3.5 外壁放し設計変更 0.5
コストアップ率	請負金に対して $[\frac{U}{S} \times 100]$	0.92%	1.37%
	建築工事費に対して $[\frac{U}{A} \times 100]$	1.31	2.29
	躯体工事費に対して $[\frac{U}{B} \times 100]$	2.98	8.69
	打設コンクリート量に対して	1972円/m ³	3270円/m ³

表-10 スランブ15cmのコンクリート打設に伴うコストアップ

5mm以上の変形があることが判った。さらに柱の周辺においてはコンクリートの側圧によって、10~15mmの変形を生じ他の部分より大きな変形を生じている。

4.9 コンクリートの打設に伴うコストアップ

スランブ21cmのコンクリートの打設に比べて、スランブ15cmの打設がどの程度コストアップするかは、表-10に示すとおりである。この結果はシリーズI（RC造）とシリーズII（SRC造）との規模の違い、さらには最近の異常経済の影響を受けているため、一概に対比できないが、一応の目安として以下論じることとする。

請負金に対するコストアップ率はRC造で1.37%、SRC造で0.92%であり、打設した単位コンクリート量に対するコストアップは、RC造で約3300円/m³、SRC造で約2000円/m³であった。これらのコストアップの主なものとしては型わく工事が55~70%、コンクリート工事が17~23%を占め、これらで全体の80~90%を占めた。

コンクリートの側圧の項（4.8.2参照）でも記したが、パイプレータで加振時のコンクリートの側圧は、スランブ21cmの側圧に比べ、少な目になっており、側圧のみを考えればスランブ15cmコンクリートの打設においては、本来、型わく補強が不用かも知れない。しかし、今回行った型わく補強によって型わくの破壊が皆無に近い状態となり、型わくの破壊に伴うコンクリートの片付けおよび型わくの手直しなどのロスがなくなり、全体的には省力化となっている。しかも、型わくの破壊がなくなることによって、コンクリートの連続立上がり打設が可能となり、コンクリートの打設による欠陥も減少できる。これらの理由から、ある程度の型わく補強は必要と思われる。

4.10 スランブ15cmコンクリート打設のための設計条件

今回打設したRC造およびSRC造は、在来の躯体寸法、型わく工法および配筋状態の建物であり、パイプレータの挿入を考慮して外周壁のコンクリートを増打ちした以外は、設計変更を行っていない。そこで、スランブ15cm程度の中練りコンクリートを打設する場合には設計上、以下の事項を改善することが望まれる。

- 1) 内壁は打設による欠陥（表-7参照）および強度上の欠陥（図-12参照）が生じ易いため、耐震壁および必要不可欠なものを以外は乾式化する。
- 2) 階段の打設には多大の労力を要し、しかも、打設結果が好ましくないため、階段は鉄骨化およびPC

化を計る。

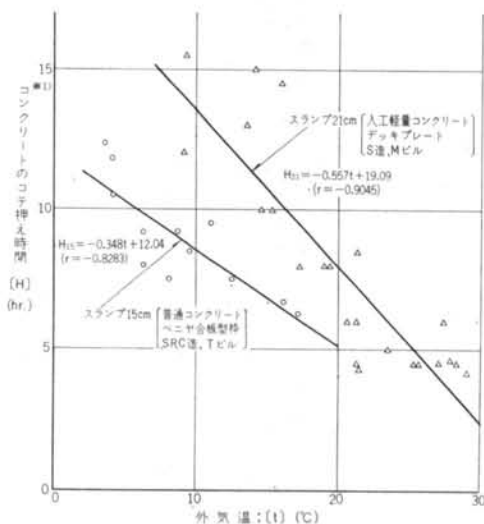
- 3) 壁厚はパイプレータの挿入スペースを考慮し、シングル配筋で13cm、ダブル配筋で18cm以上必要となる。壁厚が約8cm以下の壁（階段の手摺、戸袋となる壁など）は欠陥が生じ易いため、コンクリートの打設を避ける。
- 4) 外周壁におけるパイプレータの挿入箇所はRC造では梁筋の中央とし、SRC造では外部型わくと梁筋の間とし、最低6cm（目地棒の面から）確保する。
- 5) SRC造の内部の鉄骨梁はパイプレータの挿入スペースを確保した設計とする。
- 6) 外周壁にある窓および開口は亀裂低減のため、先付け工法を採用し、開口まわりには、適切な補強対策を施す。

これらの設計変更により、スランブ15cmコンクリートは打設し易くなり、締固めが十分行なわれることによって、打設された躯体コンクリートの品質も向上すると思われる。

4.11 スランブ15cmコンクリート打設による波及効果

1) 床版のコンクリート直仕上げに及ぼす影響

スランブ15cmおよび21cmで打設したコンクリートの直仕上げのコテ押え時間と外気温の関係は図-17に示すとおりである。コンクリートの種類および型わくの違いがあるが、外気温 t によるスランブ21cmと15cmとのコテ押



※1) コテ押え時間は、床版コンクリート打設後から直仕上げ終了までの時間

図-17 外気温とコンクリートのコテ押え時間との関係

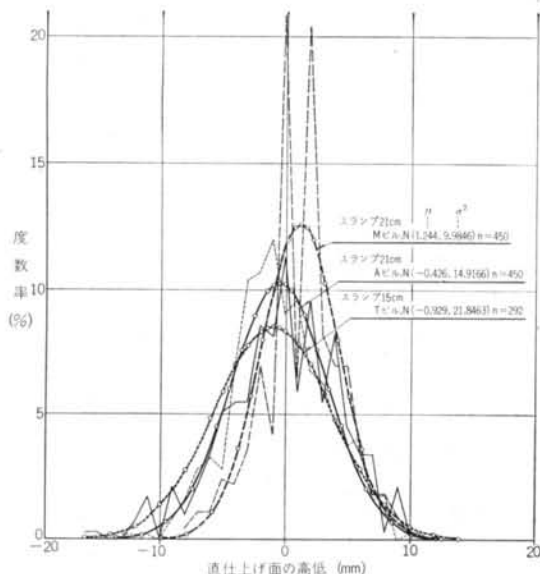


図-18 スランプ15cmおよび21cmコンクリート打設による直仕上げ面の精度

え時間の差 $H_{(21-15)}$ は、式(6)に示す実験式として表わすことができる。

$$H_{(21-15)} = -0.2t + 7.0 \quad (\text{hr}) \quad \dots\dots(6)$$

これによると、スランプ15cmコンクリートによる直仕上げのコテ押え時間はスランプ21cmに比較して、外気温10℃で5時間、20℃で3時間短縮され、とくに冬期においては工程に与える効果が著しい。

スランプの違いによるコンクリート直仕上げ面の精度は図-18に示すとおりである。これによると、スランプ15cmコンクリートによる直仕上げ面の精度は、スランプ21cmに比べてばらつきが大きい。スランプ15cmコンクリートはブリージング水がほとんどなく、仕上がり面の精度向上に役立つように思われるが、直仕上げ当初の定木摺りの抵抗が大きく平滑になりにくい欠点がある。低スランプコンクリートの使用は、現在一般に行なわれているレベルおよび定木摺りの仕上げ方式においては精度向上につながるとはいえない。

2) 型わく補強による型わく破壊の減少

型わく補強によってコンクリート打設に伴う型わくの破壊はRC造の場合はゼロ、SRC造の場合は2回で、スランプ21cmの打設に比べ非常に少ないといえる。型わくの破壊はコンクリートの浪費、コンクリートの片付けおよび型わくの復旧に要する労力などを省くことに役立つほか、型わく精度向上およびコンクリートの連続立上がり打設が可能になったことによるコンクリートの打設欠陥の減少など、数多くのメリットを生じている。

3) 型わく大工およびコンクリート打設工の労務の増

大

スランプ15cmコンクリートの打設は、型わく補強による大工労務の増大および打込みにくいことに伴うコンクリート打設工の労務の増大を余儀なくされた。これは昨今の省力化の傾向に逆行する工法であり問題がある。さらには、スランプ15cmコンクリートの打設においては、パイププレートによる打込み打設が不可欠であるため、パイププレート操作の時間が増し、コンクリート打設工の労働強化にもなっている。

§ 5. まとめ

前章までにおいて、スランプ15cmコンクリートRC造およびSRC造への打設結果について考察してきた。これらを総合して、スランプ15cmコンクリートの打設の可能性、亀裂の低減効果およびコストなどについて考えてみる。コンクリートの打設においては、スランプ15cmコンクリートの打設が難しい箇所が生じ、在来の設計による躯体への打設は問題がある。コンクリートの打設しやすい部材形状、鉄骨および鉄筋の配置などの設計変更が必要であり、これらにより、コンクリートの打設性および躯体の品質の向上があるものと思われる。

スランプ15cmコンクリートの亀裂の低減効果としては亀裂幅が狭くなるどころにあり、漏水防止上からは極めて有効であると思われる。

スランプ15cmコンクリートの打設に伴うコストアップは請負金に対して約1%である。コストアップの主なものは型わく補強による型わく材工費、コンクリートの打設手間およびパイププレート挿入スペース確保のためのコンクリートの増打ちである。スランプ15cmコンクリートの打設が一般化するにしがたい、また、打設し易い躯体への設計変更により、これらのコストアップは低減していくものと思われる。

以上の諸条件が揃うことにより、また、昨今の資源問題などにより、コンクリートの品質向上への要求が強くなりつつある。現在打設されている軟練りコンクリートの是正は必然的に生じ、スランプ15cm程度の中練りコンクリートの打設の必要性が増してくるものと思われる。

謝辞

この検討においては技術監査室の武田部長、建築技術部の原田次長、現場を担当された古田、賀司両所長、さらには研究所の鳥田所長、丸一主任研究員、中西、森永、近藤諸氏のご指導、ご協力をいただいた。また、種々の

測定およびデータ整理においては奈良，新谷，門田，西 意を表します。
田諸氏の協力によるところが多い。ここをかりて感謝の

〈参考文献〉

- 1) 鳥田，森永：“コンクリートポンプ工法（コンクリートブックス No 18）”セメント協会 pp. 1～8
- 2) 秋田：“コンクリートポンプ工法の諸問題・品質と調合”建築雑誌 昭和44年7月 pp. 427～429
- 3) W. Czernin：“Zementchemie für Bauingenieure” Bauverlag pp. 39～45
- 4) 池永，大島：“コンクリートの乾燥収縮と引張クリープに関する実験的研究”日本建築学会論文報告集 第216号 昭和49年2月 pp. 1～9
- 5) G. Picket：“Effect of Aggregate on Shrinkage and Hypothesis Concerning Shrinkage” Proc. A.C.I. 1956 Jan.
- 6) B.S. Heaton：“Strength, Durability, and Shrinkage of Incompletely Compacted Concrete” J. of A. C. I. Vol. 65, No. 10 Oct. 1968 pp. 846～850
- 7) 河野，他：“コンクリートの種類が水平鉄筋の付着強度に及ぼす影響”小野田研究報告 第15巻57号 昭和38年11月
- 8) 石川，神山：“建築物の防雨構法に関する研究”日本建築学会大会学術講演梗概集 昭和44年8月 pp. 251～252
- 9) 中西：“鉄筋コンクリート造建物のひび割れ調査結果の分析”清水建設研究所研究報告（未発表）
- 10) 笠井：“空気量（コンクリート技術事典）”オーム社 p. 168