

## 論文

## [1018] 脱水型枠の使用によるコンクリート性能の改善

正会員 小柳 洽 (岐阜大学工学部)

正会員 岩瀬 裕之 (岐阜大学工学部)

正会員 河合 敦 (岐阜大学大学院)

正会員 ○小山 秀紀 (岐阜大学大学院)

## 1. まえがき

近年、鉄筋コンクリート構造物の早期劣化現象が大きな問題となっている。コンクリートの早期劣化に対する対策は現在の課題の一つであると考えられる。

大半のコンクリートの劣化現象はまずコンクリートの表層部分に発生し、順次内部の劣化へと及んで行くと考えられている。また、現場で打設されるコンクリートは施工上必要な流動性を確保するために一般にセメントの水和に必要な水量以上の水、つまり余剰水が含まれている。この余剰水はコンクリートの品質低下に大きく関与していると考えられている。そこで、フレッシュコンクリートの余剰水の一部と空気を取り除きコンクリート表層部分を緻密な構造とすることによって、劣化現象の進行を表面でくい止めコンクリートの耐久性向上を図ろうとする方法の一つとして脱水型枠が考えられている。

本研究では、透水性の脱水型枠を用いて打設したコンクリートにおいて、供試体の厚さ、配合および施工方法が脱水量とコンクリートの諸性能に及ぼす影響を実験的に明らかにする目的で行ったものである。

## 2. 実験概要

本実験において、供試体は高さ150cmの柱状であり、幅は30cmと固定し、厚さを10, 20, 30cmの3種とした。施工方法として層打ち回数、振動機による締め固め時間、再振動の有無を変化させた。これらの実験計画を表-1、配合を表-2に示す。配合Aは目標圧縮強度200kgf/cm<sup>2</sup>、目標スランプ15cmとしたもの、配合Bは目標圧縮強度300kgf/cm<sup>2</sup>、目標スランプは配合Aと同一でA Eコンクリートとし水セメント比を低くしたもの、配合Cは目標圧縮強度300kgf/cm<sup>2</sup>、目標スランプを5cmとしたもの、配合Dは目標圧縮強度400kgf/cm<sup>2</sup>、目標スランプ10cmで鋼繊維を1%混入したものである。No.1, 2, 3は一層の打設締め固めで供試体の厚さのみを変えたものであり、No.4, 5, 6は打撃層数および締め固め時間を増加し、型枠の打撃による再振動をくわえたもの、No.7, 8, 9はさらに振動機による再振動をくわえたものである。使用した型枠は、スリット加工し(長さ100mm、幅0.2mmのスリットを25mmピッチで千鳥状に配したもの)内側表面にセラミックスを溶射したものを2対面に垂直に組み立てて使用した。また、高さ方向における脱水量の差を求めるため、集水装置を型枠上面から30, 60, 90, 120, 150cmの位置に取り付けた。図-1にその状況を示す。集水時間はコンクリート打設後15分間隔とし、脱水速度が緩やかになった後は30分間隔とした。また同時に、上部に浮きでるブリージング量と沈降量も計測した。なお比較対照を行うために脱水型枠を用いた供試体と同時に対応する寸法で脱水型枠を用いない供試体(以下それぞれ脱水、非脱水とする)を作製した。供試体は28日間湿布養生した後、①シュミットハンマーによる表面硬度試験、②抜き取りコアによる圧縮強度試験、③ASTM C 779 ドーリー試験機によるすり磨き摩耗試験を行った。

表-1 実験計画一覧表

供試体 No	厚さ (cm)	配合	打設方法 (層数)	再振動
1	10	A	1	-
2	20	A	1	-
3	30	A	1	-
4	30	A	3	有 (打撃)
5	20	B	(4)	有 (打撃)
6	10	B	3	有 (打撃)
7	10	B	3	有 (打撃・再振動)
8	10	C	3	有 (打撃・再振動)
9	10	D	3	有 (打撃・再振動)

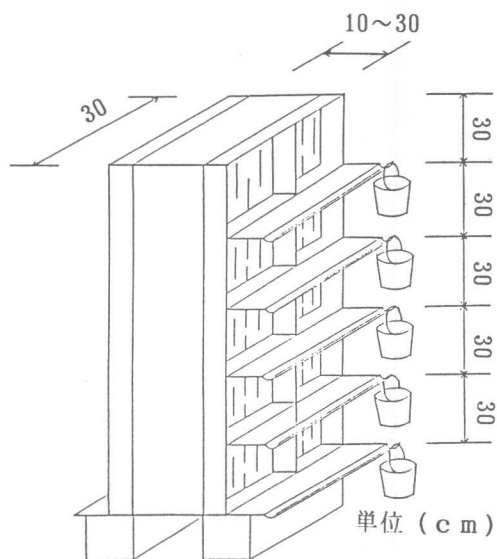


図-1 脱水型枠と集水装置

表-2 コンクリートの示方配合およびフレッシュコンクリートの諸試験値

配合の種類	粗骨材 最大寸 法(mm)	水比 (%)	細骨 材率 (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )							スランブ (cm)	空気量 (%)
				W	C	S	G	鋼繊維	AE剤	減水剤		
A	25	65	46	185	285	733	1123	-	-	-	14	1.1
B	25	55	46	182	331	803	951	-	0.028	-	15	6.7
C	25	55	46	160	290	850	995	-	0.058	-	4	4.9
D	25	51	50	190	374	848	843	76.5	-	1.12	11	2.7

### 3. 結果と考察

#### 3-1 締め固め方法が脱水性能に及ぼす影響とその考察

脱水量はフレッシュコンクリートに作用する圧力と関係し、圧力が大きい下部で大であり、圧力の小さい上部で小であった。表-3に脱水量の計測値を示す。表-3より再振動を行わない場合 (No.1,2,3) の脱水量はコンクリート厚が10~30cmと増えるにつれ増加しているが、必ずしもコンクリート体積に比例的ではない。この理由として、コンクリート厚が大きい場合には脱水に伴い自重によって沈降が生じるが、コンクリート厚が小さい場合には、脱水されても型枠との摩

擦拘束（せりもち効果）によりコンクリートの沈降が生じにくいこと、またコンクリート厚が大きくなり過ぎると、中心までの脱水が生じにくいことが考えられる。一方、再振動を行った場合（No.4,5,6）の脱水量は、再振動を行わない場合と比較すると著しく増加している。その例としてNo.3とNo.4の脱水量のグラフを図-2に示す。この時の実験では、No.4において再振動が及ぼす脱水への影響を知るために、打設後2時間ほど経過し、脱水量がかなり減少した時点で初めて木づちの打撃による型枠外部

表-3 脱水量の計測値

供試体 No.	全脱水量 (cc)	側面脱水量 (cc)	ブリージング量(cc)	
			脱水	非脱水
1	410	380	30	190
2	1410	1130	280	810
3	2020	1390	620	1150
4	3530	3000	530	1600
5	2370	2110	260	280
6	1250	1150	100	110
7	1410	1250	160	90
8	1010	930	80	90
9	1240	1170	70	70

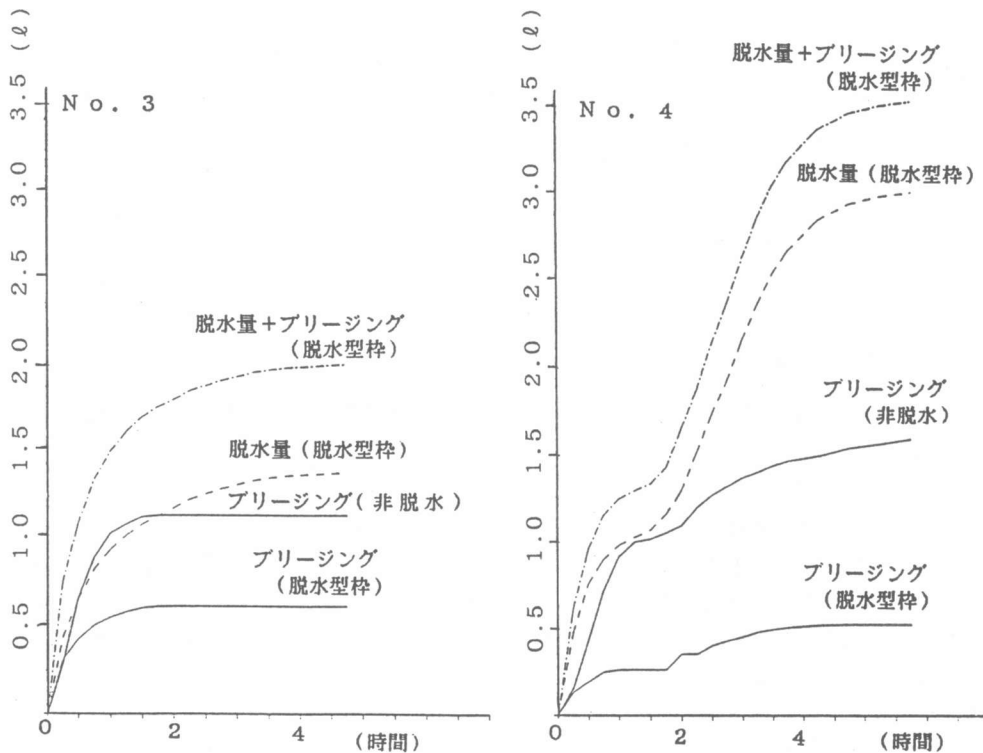


図-2 脱水量の経時変化

からの再振動を与えた。脱水量及びブリージング量のグラフはこれを機に急上昇している。このことは再振動を与えなかったNo.3と比較すると再振動（打撃）の効果が顕著である。さらに打撃と振動機を併用して再振動を行った場合（No.7）は、再振動を行わなかった場合（No.1）と打撃のみで再振動を行った場合（No.6）と比較して、脱水量が最も多くなった。また、再振動を行うことにより脱水量の増加とともに、沈降量の増加もみられ、再振動を加えることによりコンクリートの自重による沈降がコンクリートと型枠とのせりもち効果に抗し、コンクリートの自重によって空隙に残った水や空気を排出する効果が期待できると考える。なお脱水の終息時間は、再振動を行わない場合では4～5時間、再振動を行った場合では6～7時間であった。

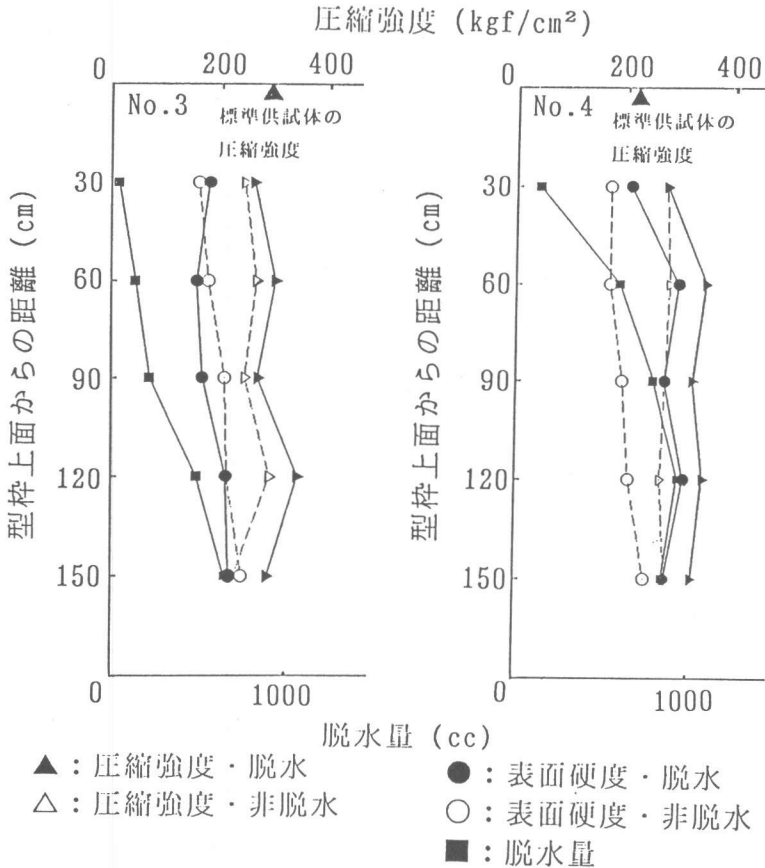


図-3 脱水量と強度の高さ分布

### 3-2 表面硬度試験と抜き取りコアによる圧縮強度試験の結果と考察

全供試体についての圧縮強度試験結果を表-4に示す。図-3のグラフは再振動を行った場合（No.4）と行わなかった場合（No.3）の代表例である。まず、高さごとの圧縮強度には、脱水、非脱水ともに上端から下端に下がるほど大きくなる傾向を示す。また圧縮強度はどの高さにおいても脱水が非脱水を上回った。

次に側面脱水量の分布と強度の分布に着目すると、すべての供試体において程度の差はあるが上端から下端に下がるに従って側面脱水量は増加している。つまり、側面脱水はフレッシュコンクリートに作用する圧力によって押し出されており、圧力の高くなる下部ほど増加する。なお、

最下部（120～150cm）の脱水量が（60～120cm）の脱水量よりも少ない場合があるが、これは最下部の集水装置の不具合による水漏れが影響したと考えられる。このような脱水量の分布に対応して圧縮強度の分布も脱水量の多い下部ほど高い傾向を示す。

なお、脱水により配合が打設前と打設後とは実質的に変化することに着目してその結果 W/Cがどのように変化し、計算上どの程度のスランプ減に対応するかを示したものが表-5である。

表-5 脱水による配合の変化の割合

供試体 No.	脱水前の単位水量 (kg/m <sup>3</sup> )	脱水後の単位水量 (kg/m <sup>3</sup> )	単位水量の減少量(kg/m <sup>3</sup> )	脱水前の W/C(%)	脱水後の W/C(%)	スランプの算定減少量 (cm)
1	185	177	8	65	62	4
2	185	176	9	65	61	4
3	185	177	8	65	62	4
4	185	166	19	65	57	9
5	182	162	20	55	48	9
6	182	161	21	55	48	10
7	182	159	23	55	47	11
8	160	144	16	55	49	8
9	190	168	22	51	44	10

表-4 抜き取りコアによる圧縮強度試験結果

供試体 No.	型枠の種類	圧縮強度(kgf/cm <sup>2</sup> )の高さ分布					標準供試体の圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )
		0～30cm	30～60cm	60～90cm	90～120cm	120～150cm	
1	脱水	287	272	296	266	256	249
	非脱水	323	282	285	289	295	
2	脱水	245	242	231	282	260	216
	非脱水	221	231	238	265	277	
3	脱水	261	300	268	340	285	239
	非脱水	243	266	244	289	222	
4	脱水	276	350	324	345	324	212
	非脱水	277	282	274	265	277	
5	脱水	322	331	369	362	384	273
	非脱水	224	227	274	268	313	
6	脱水	482	557	552	577	525	351
	非脱水	346	336	348	365	353	
7	脱水	488	493	623	477	611	291
	非脱水	387	345	336	371	392	
8	脱水	421	490	494	471	584	367
	非脱水	353	383	336	354	432	
9	脱水	569	655	673	594	668	541
	非脱水	505	510	465	595	522	

### 3-3 すり磨き摩耗試験結果とその考察

本実験はNo.7~9の脱水、非脱水のコンクリートの各供試体の上部（上端より0~30cm）、中部（上端より60~90cm）、下部（上端より120~150cm）からの供試体によって試験を行った。脱水のすり減り深さの非脱水に対する割合は、脱水量の多い下部ほど大きくなり、摩耗抵抗性は向上している。一方、上部においては脱水型枠を使用することによる効果はみられなかった。例として図-4に繊維補強コンクリート（No.9）のグラフを示す。このことより、脱水型枠を用いたコンクリートのすり減り摩耗抵抗性は圧縮強度と同様に脱水量の多い下部ほど高い傾向にある。

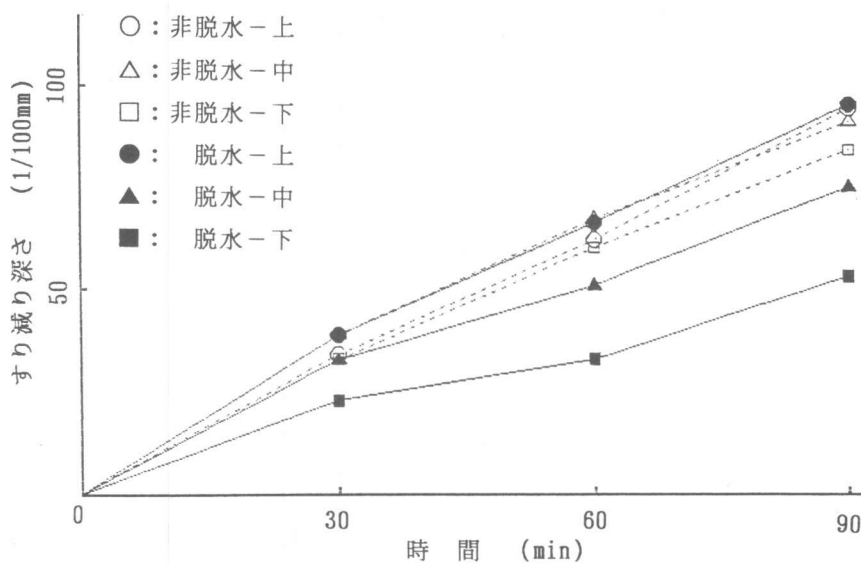


図-4 すり磨き磨耗試験結果 (No.9)

### 4. 結論

本実験に用いた型枠は寸法的にかなり小さいため、コンクリートのせりもち効果が大きくなり、フレッシュコンクリートの自重の影響による脱水作用は実際の現場で用いられる寸法の大きな場合とやや異なることは考えられる。以下本実験で得られた主な結論を示す。

- (1) 型枠外部からの再振動を行うことにより脱水量が大幅に増加した。
- (2) 脱水型枠からの脱水量は型枠下部ほど大きな値を示した。
- (3) 脱水型枠を用いて打設したコンクリートの抜き取りコアの圧縮強度、表面硬度は脱水量の多い下部ほど大きな値を示した。
- (4) 摩耗抵抗性は脱水量の多い下部ほど向上する傾向があるが、上部では非脱水に比してほとんど向上は見られなかった。
- (5) 本型枠を用いることによって、コンクリートの単位水量が20kg以上減少した。

なお、本実験では卒研生の清水裕之君の協力を得たことを付記し、ここに謝意を表します。