

論文

[1173] 脱水型枠シートがコンクリートの品質に及ぼす影響について

正会員○池永博威 (千葉工業大学工学部)

石神 忍 (千葉工業大学工学部)

正会員 萩原忠治 ((株)竹中工務店技術研究所)

牟田有宏 ((株)竹中工務店技術研究所)

1. はじめに

コンクリート工事における工法の一つとして、①初期強度の増加による型枠の早期脱型、②型枠合板の転用回数の増加、③コンクリートの密実化による耐久性の向上、④打放しコンクリートの仕上がり状態の改善、⑤コンクリート表面と仕上げ材と接着効果の向上などの目的で、近年脱水用シートを用いた脱水型枠工法の実施が特に土木工事を中心に増加の傾向にある。これに伴い発売されるシートの数も増えていて、2~3のシートについてはコンクリートの品質が明らかにされているが^{[1][2]}、明らかでないものが多く、また脱水のメカニズムやコンクリートの品質向上の効果の大きさについても試験結果の蓄積が未だ十分であるとは言いがたい。

そこで、本研究では多種のシートを対象に施工性やコンクリートの品質への影響を比較して、同時にシートの使用箇所がコンクリートの品質向上の効果に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験の概要

表1. 実験に用いたシート

2.1 実験要因

実験は2つのシリーズについて実施した。シリーズIの実験では、市販されているものに現在開発中のものを含めた表1に示した8種類のシートについて、垂直及び水平に使用した場合の施工性能と

試料	種類	材 質
A	透水型	ホリエステルとホリエレンの2積層
B	透水型	ホリアロレレン繊維の多積層 (裏面糊付)
C	透水型	合成繊維不織布+微細孔フィルム
D	透水型	発泡ホリエレンとホリエレンの2積層
E	透水型	発泡ホリエレンとホリエレンの2積層
F	透水型	2異種ホリエステルの積層
G	吸水型	特殊高分子吸水ゲルニートフェルト
H	吸水型	ホリアロレレン繊維+アクリルマ- (型枠に塗布)

コンクリートの品質を比較した。またシリーズIIの実験では、シリーズIで試験した中から3種類のシートを選出し表2に示した実験要因で、主に脱水量とコンクリートの強度への影響について検討を行った。

表2. シリーズIIの実験の要因

2.2 試験体

シリーズIの実験では15×15×15cmの大きさのものを使用し、穴は間隔を7.5cmで4つとした。試験体の数は側面と底面にシートを用いたもの各2体で同じシートを3回転用した。シリーズIIの実験では表2に示した大きさのものを使用し、穴の間隔は、20cm (一部10cm, 30cm) とした。試験体の数はそれぞれ1体である。

試験体 番号	部位	寸法 (cm)		使用した穴間隔 シート (cm)
		縦×横×高さ	シート	
1	スラブ	90×90×20	B	20
2	スラブ	90×90×20	E	20
3	スラブ	90×90×20	F	20
4	スラブ	90×90×20	合板	-
5	壁	90×20×90	B	20
6	壁	90×20×90	E	10
7	壁	90×20×90	E	20
8	壁	90×20×90	E	30
9	壁	90×20×90	F	20
10	壁	90×20×90	合板	-
11	壁(両)	90×20×90	F	20
12	柱	90×40×90	F	20

2.3 コンクリート

材料には、普通ポルトランドセメント、砕石、川砂、AE減水剤を使用して、コンクリートの

表 3. 使用したコンクリートの配合

	骨材最大寸法(mm)	スラブ(cm)	空気量(%)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単位水量(kg/m ³)	絶対容積(l/m ³)			重量(kg/m ³)			AE減水剤(cc/m ³)
							セメント	細骨材	粗骨材	セメント	細骨材	粗骨材	
シリーズⅠ	20	18	4	60	43.5	176	93	301	390	294	759	1045	882
シリーズⅡ	20	18	4	59	46.6	171	92	325	372	290	852	1012	493

表 4. 使用したコンクリートの性質

	スラブ(cm)	空気量(%)	単位重量(kg/l)	フリースキンク量(cm ³ /cm ²)	7日強度(kgf/cm ²)	28日強度(kgf/cm ²)
シリーズⅠ	18.8	4.4	2.29	0.24	187	290
シリーズⅡ	16.2	4.3	2.29	0.11	150	200

配合は表3に示した通りである。シリーズⅠの実験では実験室で練り混ぜたコンクリートを使用し、シリーズⅡの実験ではレディーミクストコンクリートを用いてポンプで打設した。コンクリートの品質を表4に示す。

2. 4 測定項目及び方法

シリーズⅠの測定項目

- 脱水量：排水口に差し込んだストローから出る脱水をビーカーに収集し、最初の1時間は15分間隔で、その後は30分間隔で水が出なくなるまで重量で計測した。
- ブリージング量：ブリージング水をピペットでメスシリンダーに収集し、脱水量の測定と同時期に体積で計測した。
- 剥離性：脱型した際に型枠のはがれ易さを、合板の場合を3として5段階の格付法（系列範囲中法）にて官能評価した。
- あばたの数：脱型型枠を使用した面を3cm毎に25等分にグリッドし、コンクリート面から垂直に30cm離れた位置から目視観察し、直径1mm以上の穴の数を計測した。
- 圧縮強度試験：15×15×15cmの立方試験体について、油圧式100t 万能試験機を用いて、材令7日で圧縮強度を測定した。
- 型枠重量変化：コンクリートの打ち込み前の型枠の重量と脱型後の型枠の重量を感量0.01gの量りで測定してその差を求めた。
- 作業手間：カッターでのシートの切り易さ、シートの張り易さ、型枠とシートとの接着のし易さの3項目について良い(3点)、普通(2点)、悪い(1点)の3段階で点数評価を行った。

シリーズⅡの測定項目

- 脱水量：排水口にストローを差し込んで脱水をバットに収集し、30分間隔で水が出なくなるまで重量で計測した。
- あばた率：30cmの位置から目視により直径1mm以上の穴の数を計測し、シート面積で除して百分率（個/m²）で表示した。
- 吸水率：材令7日で図1に示した箇所からコア抜きした10φ×20cmの試験体を2cmづつ輪切りにし、100℃で4-8時間乾燥させた後の質量(W1)と、水中(20℃)に48時間浸せきさせた後の質量(W2)

を量り、次式で吸水率を求めた。

$$\text{吸水率}(\%) = (W2 - W1) / W1 \times 100$$

d. 圧縮強度試験：壁及び柱については、材令2日(脱型時)と28日で図1に示した箇所からコアを抜き、壁は10φ×20cmの試験体をそのまま、柱は、10φ×40cmの試験体を2等分して圧縮強度を測定した。またスラブは7日、14日(脱型時)、28日でコアを抜いた10φ×20cmの試験体を更に2分割した10φ×10cmの試験体について強度試験を行った。

3. 結果・考察

3.1 シリーズIの実験結果：

実験結果を6体の平均値で表5に示した。各項目について検討を加えれば次の通りである。

a. 脱水量：シートの種類によって脱水量がかなり異なる。いずれも過去に発表されている実験結果に比べて少ないが、これは試験体寸法が小さいためと思われる。水平(底面)に使用した場合と垂直(側面)に使用した場合では前者の方が大きい。又シートの種類によって脱水の色なども異なり、無色透明に近いものからセメントペーストを含んだ灰色をしたものまでである。

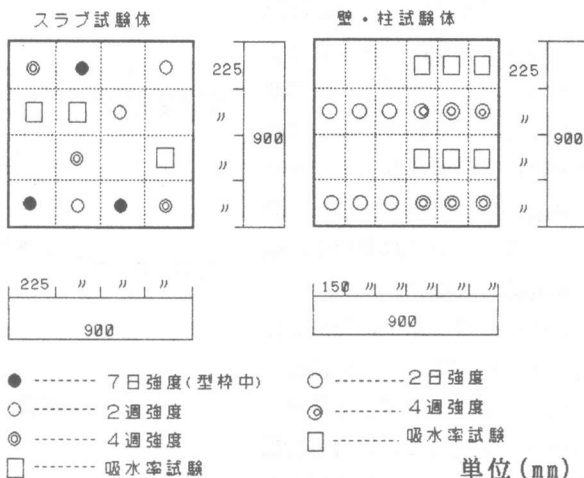


図1. シリーズIIのコア抜き位置

表5. シリーズIの実験結果

使用したシート	部位	脱水量 (g)	グリーン量 (cc)	あばた数 (個)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	剝離性	作業手間	型枠重量変化 (g)	
A	底	34.8	4.0	35.8	238	4.7	10.0	10.63	
B		14.9	6.1	9.4	230	1.2	9.0	3.53	
C		20.1	7.0	3.4	242	1.5	9.0	3.78	
D		34.3	5.0	77.7	244	1.0	7.0	9.94	
E		28.1	1.3	11.8	229	2.0	7.0	2.91	
F		20.9	1.7	16.1	246	2.0	9.0	3.59	
G		24.3	3.2	14.4	247	3.0	9.0	4.17	
G(穴無)	面	—	6.5	34.9	237	3.2	7.0	7.05	
H		26.6	3.9	24.1	237	4.2	10.0	5.22	
H(穴無)		—	6.9	10.9	242	4.2	8.0	4.92	
合板のみ		—	10.3	45.0	233	3.0	—	4.63	
A	側	21.5	3.3	45.1	243	5.0	10.0	10.35	
B		13.9	7.2	47.9	228	1.2	9.0	4.75	
C		14.9	6.7	59.9	227	1.5	9.0	4.71	
D		23.3	5.4	68.4	234	1.2	7.0	14.25	
E		14.6	2.6	28.6	223	2.0	7.0	5.43	
F		13.0	1.3	17.5	205	2.0	9.0	4.88	
G		23.0	5.2	31.3	221	3.7	9.0	7.57	
G(穴無)		面	—	10.4	50.8	206	3.8	7.0	8.21
H			23.0	6.9	64.9	222	3.9	10.0	8.42
H(穴無)			—	9.7	49.8	214	3.9	8.0	9.62
合板のみ	—		18.4	123.0	221	3.0	—	5.02	

b. ブリージング水量：合板に比べるとシートを使用した場合は少なくなっている。ただし、吸水形の型枠を使用して脱水穴をあけない場合には、ブリージング水量はかなり他のものに比べて多い。脱水量とブリージング水量の間には相関が認められない。

c. あばたの数：水平に使用した場合は垂直に使用した場合に比べて少ない。垂直に使用した場合、どのシートを使用した場合も合板に比べあばたの数が大きく減少しており、仕上がりを改善する効果の大きいことが認められる。

d. 圧縮強度：シートを使用した場合の圧縮強度は合板の場合とほとんど等しく、シートの種類による差も認められない。

e. 剥離性：脱型時の剥離のし易さはシートの種類により異なり、合板に比べて剥離のよいものから強く引張らないと剥離しないものまで差が大きい。シートの転用回数が増えるほど、とくに目の粗いシートでは剥離が悪くなる傾向がある。

f. 作業手間：総合評価はシートによって異なるが、同じシートでも2.4gで示した評価項目によって異なり、全ての作業が簡便なものはない。

g. 型枠重量変化：合板に比べてシートを使用した場合はやや大きく、特に2~3のシートについては合板よりかなり大きい。

h. 偏差値による比較：各測定値を同次元で比較するために、偏差値を求めてレーダーグラフで表示したものが図2、図3である。各

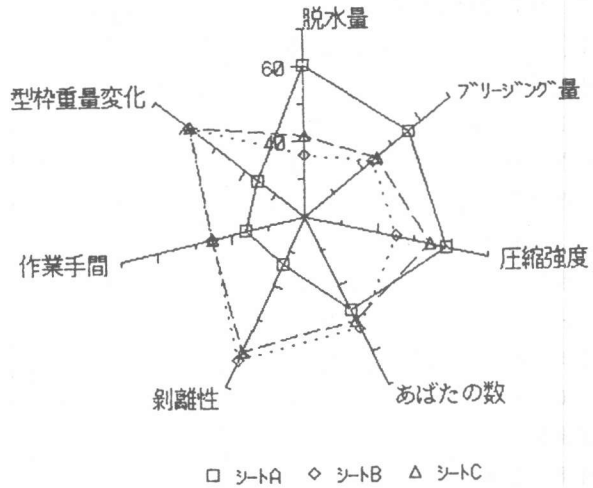


図2 透水型シートの偏差値評価(その1)

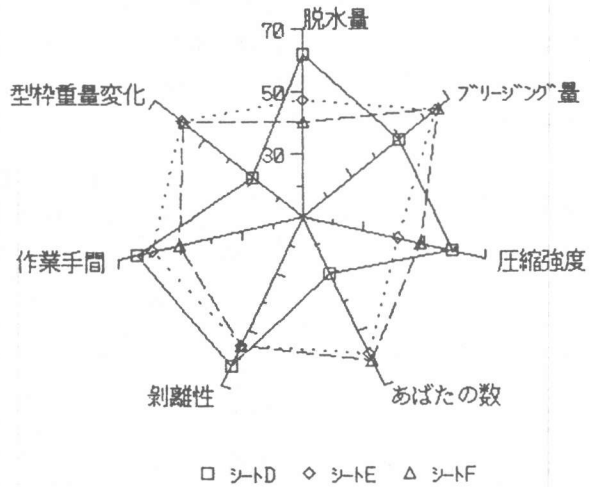


図3 透水型シートの偏差値評価(その2)

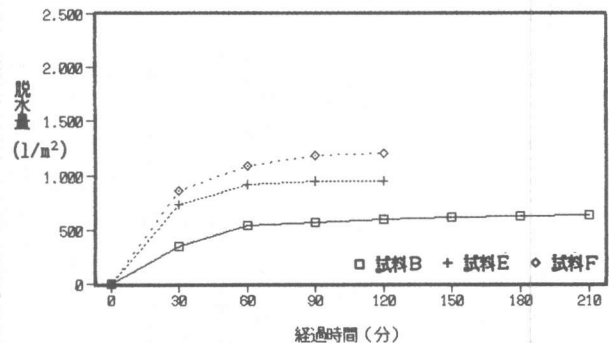


図4. 脱水量の推移 (シート別)

シートとも全項目にわたって優れたものがなく、それぞれ一長一短が認められた。

3.2 シリーズIIの実験結果:

結果について検討を加えれば、次の通りである。

a. 脱水量: 時間と脱水量の関係は図4~6に示した通りである。図4はシートの種類によって比較したもので種類によって異なる。シリーズIの同一シートの実験に比べて脱水量が多く、試験体寸法の影響が認められる。またシートの種類によって水の出方が異なり、シートBでは上部の穴からも脱水されていたがシートEでは下部の穴のみからの水の出がほとんどで、シートEは比較的初期に水の出が激しかったが、シートBやシートFでは長時間に渡って脱水した。図5は使用部位による比較で、脱水量の差はほとんどない。図6は、同一シートについて穴の間隔を変えた場合を比較したもので、間隔に比例して脱水量が増えている。

b. あばた率: 各シートの単位面積当りのあばたの数(個/m²)を比較したものを図7に示す。合板のみの場合のあばたの個数に比べて各試料とも表面仕上りの改善が認められ、平均して約65%程度の減少があった。

c. 吸水率: シート面からの深さと吸水率の関係を図8に示す。シートを使用した場合には、合板に比べて表面の吸水率が減少している。

d. 圧縮強度: 圧縮強度試験の結果と合板を100としたときの比率を表6に示す。シートを使用した場合は合板に比べて一部強度が低下しているものもあるが、多くは5~25%の範囲で強度が上昇している。しかし、スラブの上面と下面、壁の上部と下部、柱の前と奥につい

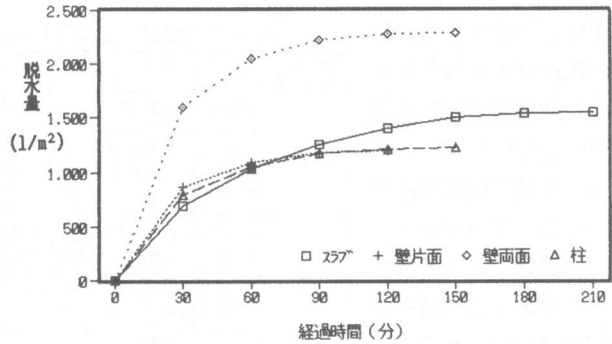


図5. 脱水量の推移 (部位別)

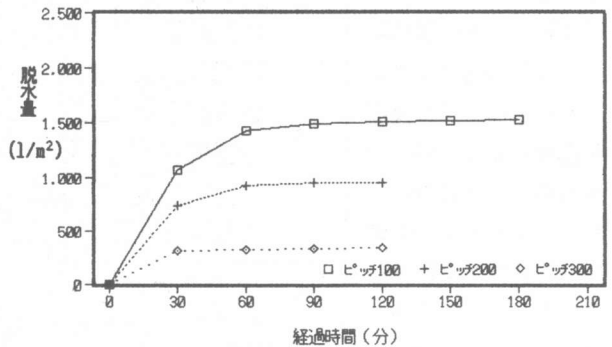


図6. 脱水量の推移 (穴間隔別)

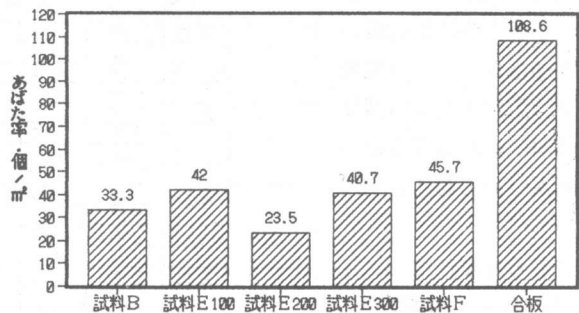


図7. あばた率 (シート別) の比較

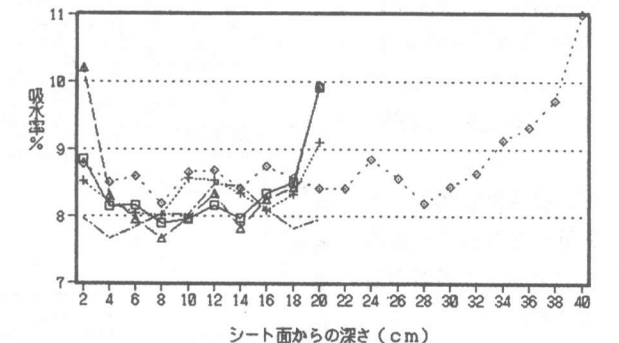


図8. 吸水率 (表面からの深さ別) の違い

ては、いずれも明確な差異は認められない。また脱水量と強度の関係は、図9に示したように比較的相関が高い。ただし、同一シートで穴の間隔によって脱水量を変えても強度との相関は認められない。

4. まとめ

(1) シートの種類によって施工性能やコンクリートの品質に及ぼす影響が異なるが、いずれのシートについてもコンクリートの品質が合板に比べて向上していることが認められる。

(2) 脱水によるコンクリートの圧縮強度の増加は5~25%程度で、脱水量と圧縮強度の間にはある程度の相関が認められる。

*参考文献^{(1),(2)}:

古和田他「繊維型枠(ポリエステルフォーム)工法によるコンクリートの品質向上に関する研究(その1)」: 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道) 昭和61年8月
 竹田他「透水性シートを用いた型わくによるコンクリート表面の品質改善」: コンクリート工学年次論文報告集 1989年11月

表6.17 供試体によるコンクリートの圧縮強度試験結果(シリーズII)

試験体番号	材令	箇所	圧縮強度 (kg/cm ²)				合板との比率 (%)			
			1	2	3	平均	1	2	3	平均
1	7日	上部	113	104	122	113	99	101	139	113
		下部	111	115	109	112	111	124	107	114
	14日	上部	163	157	153	159	106	110	110	109
		下部	163	156	152	158	103	110	101	106
	28日	上部	184	196	205	195	113	118	140	125
		下部	171	193	164	174	103	124	105	111
2	7日	上部	121	123	131	125	106	119	143	124
		下部	114	105	122	114	114	113	119	115
	14日	上部	171	156	179	169	112	109	124	115
		下部	166	166	172	168	107	117	115	113
	28日	上部	195	192	191	192	124	115	131	123
		下部	194	188	199	194	116	124	127	123
3	7日	上部	129	133	127	130	113	123	145	129
		下部	116	126	132	125	116	135	129	127
	14日	上部	172	186	161	173	112	131	112	118
		下部	162	167	175	168	104	117	116	113
	28日	上部	185	163	203	183	118	93	139	118
		下部	186	179	200	188	112	113	128	119
4	7日	上部	114	104	88	102	100	100	100	100
		下部	100	93	103	99	100	100	100	100
	14日	上部	153	143	144	147	100	100	100	100
		下部	155	142	150	149	100	100	100	100
	28日	上部	157	166	146	156	100	100	100	100
		下部	166	151	156	158	100	100	100	100
5	2日	上部	68	76	94	79	104	105	106	105
		下部	67	66	39	57	101	109	43	36
	28日	上部	209	222	195	209	111	112	135	119
		下部	213	203	201	206	109	103	107	103
	7日	上部	68	69	66	67	104	95	74	91
		下部	72	62	70	68	103	102	87	99
6	2日	上部	210	219	196	208	111	111	136	119
		下部	209	203	215	209	107	103	114	110
	28日	上部	61	67	73	67	94	92	82	89
		下部	56	70	64	63	84	115	30	93
	7日	上部	252	170	218	213	133	86	151	124
		下部	208	203	199	205	107	110	105	107
7	2日	上部	70	63	65	66	103	87	74	89
		下部	66	47	49	54	100	73	61	79
	28日	上部	214	227	201	214	113	115	140	123
		下部	241	220	189	217	123	117	100	113
	7日	上部	43	58	46	49	65	30	52	66
		下部	62	45	66	57	93	75	82	83
8	28日	上部	223	187	196	202	113	95	136	116
		下部	214	200	209	208	109	106	111	109
	2日	上部	65	72	89	75	100	100	100	100
		下部	66	60	80	69	100	100	100	100
	28日	上部	189	198	144	177	100	100	100	100
		下部	196	188	189	191	100	100	100	100
9	2日	上部	54	78	79	70	83	109	89	93
		下部	54	74	76	68	82	123	95	100
	28日	上部	236	208	207	217	125	105	144	125
		下部	209	204	189	200	107	103	100	105
	7日	上部,前	79	93	88	87	121	129	99	116
		上部,奥	83	93	72	83	127	129	82	112
10	2日	下部,前	42	74	49	55	63	123	61	82
		下部,奥	75	63	76	71	113	104	95	104
	28日	上部,前	183	237	196	205	97	120	136	118
		上部,奥	219	213	208	213	116	108	144	123
	28日	下部,前	199	210	220	210	102	112	117	110
		下部,奥	204	172	213	196	104	92	113	103

(注) 試験体番号1,2の前はシート側、奥は合板側を示す。

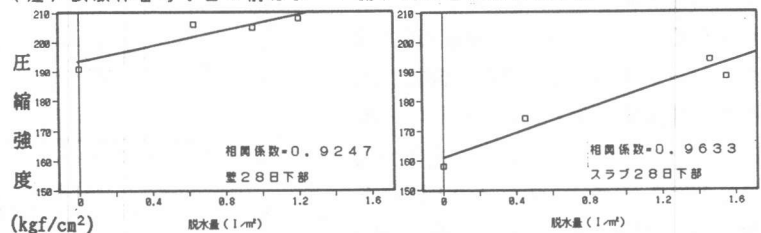


図9. 脱水量と圧縮強度の関係