

7. ドライフォームⅡ工法の開発研究

石原誠一郎
下西 四郎*
立松 和彦

要 旨

コンクリート表面の耐久性向上を目的として開発したドライフォーム工法は、施工性にすぐれた工法として、これまで現場においてその施工実績を重ねてきたが、今回、新たに高密度織物を用いた透水性シートによる「ドライフォームⅡ」を開発した。その「ドライフォームⅡ」と従来の「ドライフォームⅠ」との性能を比較検討するため、転用性能実験と脱型性能実験などを行なった結果、「ドライフォームⅡ」は従来の「ドライフォームⅠ」にくらべ、コンクリート表面の耐久性改善効果が優れているのみならず、コストの低減と脱型性能のさらなる向上を図れることが確認できた。

キーワード

透水性型枠／耐久性／脱水量／表面強度／ドライフォーム

目 次

1. はじめに
2. 実験概要
3. 実験結果および考察
4. ま と め

7. RESEARCH AND DEVELOPMENT FOR THE DRY FORM Ⅱ METHOD

Seiichiro Ishihara
Shirou Shimonishi
Kazuhiko Tatematsu

Abstract

As an excellent permeable formwork method, Dry Form Method has been performing effectively at construction sites. Lately, “Dry Form Ⅱ” was developed by using permeable sheet made from high density fabric. In order to examine the newly developed “Dry Form Ⅱ” with the conventional “Dry Form Ⅰ”, comparative study was done by reuse and form removal performance experiments. As a result, we have confirmed that when “Dry Form Ⅱ” is used, durability improvement effect of the surface of concrete is outstanding, and more improvements can be expected for the cost reduction and form removal performance.

* 土木本部技術部企画課

1. はじめに

当社では数年前に透水性型枠工法「ドライフォーム工法」(以下、ドライフォームⅠと記す)を開発した。^{1) 2)} 本工法は施工性にすぐれた透水性型枠工法として、これまでその施工の実績を重ねてきた。しかし、施工実績を重ねるなかで脱型性能の向上と、透水性シートのコストダウンを求める要望があり、新たな透水性型枠工法の開発をめざした。そこで、開発にあたって以下のような目標を設定した。

- 1) 通常の塗装合板の場合と同程度の力で脱型できるように、透水性型枠の脱型性能を向上させる。
- 2) 透水性シートのコスト低減をはかる。
- 3) 従来のドライフォームⅠと同様に5回程度の転用施工ができる。

本研究では、新たに開発した新しいタイプの透水性型枠工法(以下、ドライフォームⅡと記す。)と従来のドライフォームⅠの脱水性能やコンクリート表面の品質改善効果、転用による透水性シートおよびコンクリート表面の品質の変化を比較するためにおこなった転用性能実験、さらにそれぞれの透水性型枠の脱型時の離型力を比較検討するために行なった脱型性能実験の結果について述べる。

2. 実験概要

2.1 透水性シートの構造

ドライフォームⅠと新たに開発したドライフォームⅡに使用する各透水性シートの構造モデルを図-1の(a)、(b)に示す。ドライフォームⅠの透水性シートは、ポリプロピレン製の不織布の表面を熱処理した微細な穴をもつフィルター層と余剰水の水路となる不織布層とで形成されており、シートの裏面にはせき板への貼り付けが容易に行なえるように、粘着剤をストライプ状に塗布した構造となっている。(以下、このシートを透水性シートⅠと略記する。また、透水性シートⅠを用いた型枠を透水性型枠Ⅰと略記する。)

一方、新たに開発したドライフォームⅡの透水性シートは、高密度で平織りしたポリエステル繊維でできており、コンクリートからの離型性を高めるため、その表面を熱圧着処理したフィルター層と、余剰水の水路となる不織布層とから形成されている。(以下、このシートを透水性シートⅡと略記する。また、透水性シートⅡを用いた型枠を透水性型枠Ⅱと略記する。)

透水性シートⅡは透水性シートⅠのように粘着剤が塗布されていないため、ホッチキスまたは釘等でせき板に張り付ける。透水性シートⅡをこのような構造とすることで、シート of の材料コストの大幅な低減が可能となった。

2.2 コンクリートの配合

転用性能実験および脱型性能実験とも、土木工事で一般に使用されている呼び強度21、スランプ8 cmの、レディーミクストの普通コンクリートを用いた。その配合を表-1に示す。

2.3 転用性能実験

(1) 試験体

転用性能実験用の試験体形状は幅900×厚さ600×高さ1500mmとした。試験体の型枠組立状況を図-2に示す。透水性型枠ⅠおよびⅡを試験体の相対する長辺面に、その他の面には塗装合板型枠を使用した。なお、透水性シートをはり付けるせき板にも塗装合板を用いた。

コンクリート打設ごとに型枠を脱型し、再度同じ型枠を同様の要領で組立て、コンクリートを打設した。型枠は5回転用(コンクリート打設回数6回)し、試験体は打設1回目から6回目まで合計6体製作した。

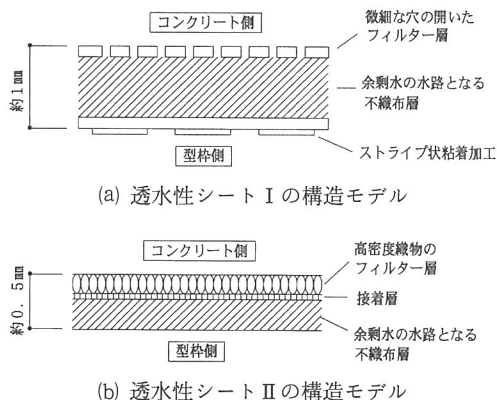


図-1 透水性シートの構造

表-1 コンクリートの配合

セメント種類	Gmax (mm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤 (ℓ/m ³)
				セメント	水	細骨材	粗骨材	
普通	20	60	45.5	275	165	826	1031	0.688

(2) 試験項目および試験方法

本実験における試験項目および試験方法を表－2に示す。脱水量は各試験体のコンクリート打設時に測定した。各試験体の型枠脱型後、材令7日と28日に表面強度を測定した。1回目、3回目、4回目、6回目に打設した各試験体については、アバタ率を測定するとともに、中性化促進試験用のコア供試体采取了。図－3(a)、(b)に、透水性型枠Ⅰ、Ⅱ面と合板型枠面それぞれのコア供試体采取了位置と、アバタ率、表面強度を測定した位置を示す。また、透水性シートの通気量を新品時と6回打設後に測定した。

2.4 脱型性能実験

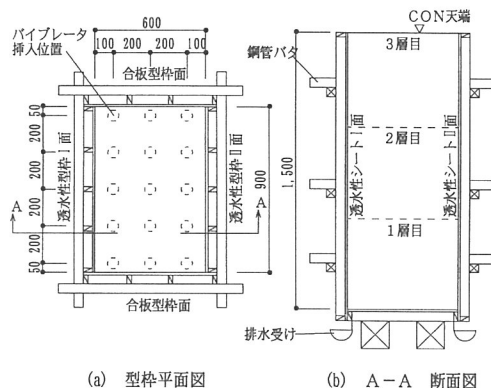
透水性型枠ⅠおよびⅡの脱型時の離型力を測定するため脱型性能実験を行なった。脱型性能実験用の試験体形状は幅750×厚さ750×高さ1500mmとした。図－4(c)型枠平面図からわかるように、透水性型枠ⅠおよびⅡを試験体の相対する面に、その他の面には塗装合板型枠を使用した。試験用のパネルは、図－4(d)パネル立面図に示すように、合板パネルから図に示す位置で、10cm角のせき板を切り出し、それに透水性シートをはり付け、周囲のせき板と縁切りした状態で合板パネルに取り付けた。図－4(b)型枠詳細図に示すように10cm角のせき板は、透水性シート面で周囲のせき板とノロ止めをかねた粘着力の弱いテープによって固定し、裏側から2本のさん木により押さえた。脱型時に裏側のさん木をはずし、図－4(a)離型力測定方法に示す方法で10cm角の型枠にアタッチメントを取付け建研式接着力試験器を用いて離型力を測定した。

2.5 コンクリートの打設と脱型

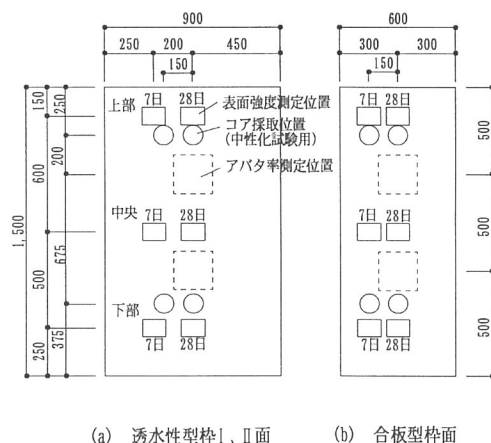
コンクリート打設は転用性能実験用、脱型性能実験用の両試験体とも図－2(b)に示すように打込み高さを50cmとして3層に分けて打設した。図－2(a)に示す位置で各5秒ずつ高周波棒形バイブレータで締固めた。脱型は両試験体とも材令7日目に行った。

表－2 試験項目および試験方法

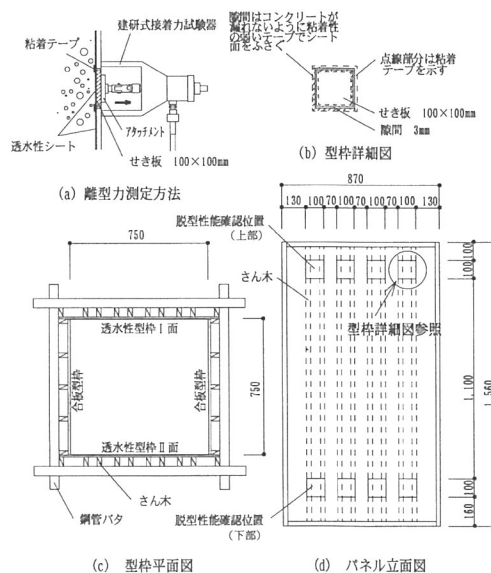
試験項目	試験方法	備考
脱水量	試験体下部の排水受けに排出された水の量を計測	
アバタ率	アバタ率＝ アバタ面積／(20cm×20cm)	図－3 参照
表面強度	シュミットハンマー試験(NR型) F=13×R0－184 (R0は反発度)	試験材令 7日、28日
中性化深さ	20℃、60%RH、CO ₂ 濃度5%、 促進材令3ヶ月	φ10cm ×10cm
透水性シートの 通気量	JIS L 1096法による	



図－2 転用性能試験体形状図



図－3 コア採取位置および試験測定位置



図－4 脱型性能試験体形状図

3. 実験結果および考察

3.1 脱水量

図－5 に打設回数ごとの脱水量を示す。図からわかるように、ドライフォームⅠに比べⅡの方が各打設回とも脱水量が多くなっている。しかし、いずれの透水性型枠についても転用ごとに脱水量にバラツキが見られた。この原因として、コンクリートの指定スランブ（8 cm）に対する実測スランブの変動が脱水量に関係しているものと考え、その関係を求めたが、図－6 に示すように、ドライフォームⅡでは脱水量の多少と実測スランブの変動とに相関関係が認められたが、ドライフォームⅠではスランブの低い範囲では相関が認められるものの、スランブが8 cmを超えるものでは相関は認められなかった。

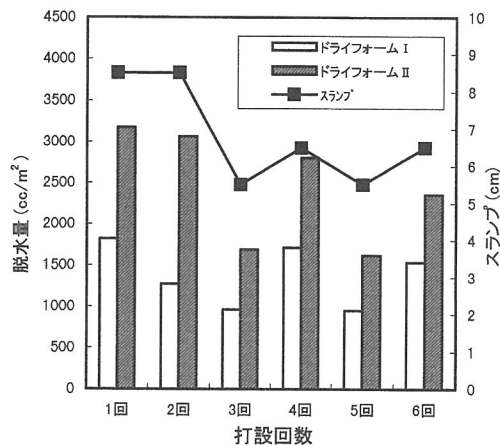
3.2 アバタ率と透水性シートの通気量

図－7 に打設回数ごとのアバタ率を示す。また、表－3 に新品時と6回打設後の透水性シートの通気量を示す。透水性シートⅠの通気量は打設6回後においても新品時と変わらず、安定した通気性能を保持している。それは、転用してもアバタ率が安定して低い値を示している事からもわかる。一方、透水性シートⅡは打設6回後の通気量が新品時に比べ半減しているものの、通気量は透水性シートⅠよりも高い値を保持している。しかし、アバタ率は打設5回目頃から上昇した。この原因は、打設5回目頃から細かい薄皮状のコンクリート片がシート表面の一部に付着していたためであり、通気量が減少したため起こったとは考えられない。

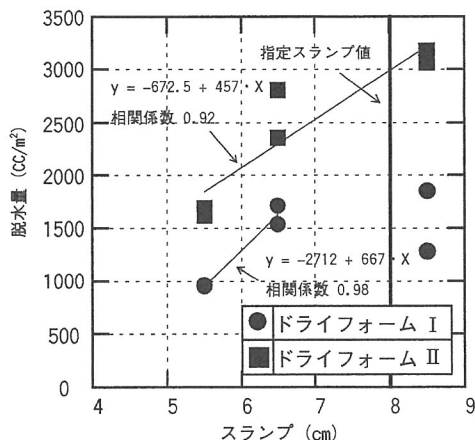
3.3 表面強度

打設1回目と6回目の試験体の材令28日におけるシュミットハンマー試験による表面強度推定値と測定高さの関係を図－8 に示す。透水性型枠を用いた場合は、多少のバラツキは見られるものの、いずれの試験体も下部ほど表面強度が増加している。さらに、打設1回目と6回目とも表面強度はドライフォームⅡの方がドライフォームⅠに比べ高くなっている。

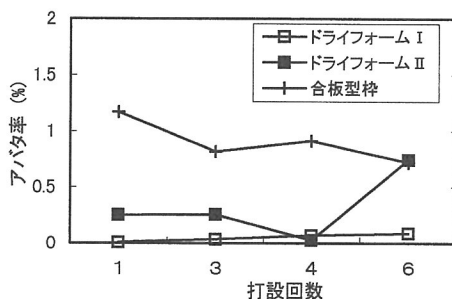
打設回数ごとの表面強度および各回の材令28日のコンクリート圧縮強度（標準養生）を図－9 に示す。なお、ここでの表面強度は前述の上部、中央、下部で測定した表面強度の平均値を採用したものである。図－10に、打設回数ごとの透水性型枠面の合板型枠面に対する表面強度の比（材令7日、28日）を示す。図－9 より、特に打設3回目の表面強度が他の打設時に比べ



図－5 打設回数ごとの脱水量



図－6 スランブの変動と脱水量の関係



図－7 打設回数ごとのアバタ率

表－3 透水性シートの通気量

	新品時	6回打設後
透水性シートⅠ	0.20	0.25
透水性シートⅡ	0.75	0.36

単位：cc/cm²/sec

て高くなっている。この原因は、打設されたコンクリートの圧縮強度が他の打設時よりも高かったためと考えられる。各打設回とも、表面強度比はドライフォームⅡの方がⅠに比べ高い値を示している。これは、ドライフォームⅡがⅠに比べ相対的に脱水性能が高いことによるものと考えられる。また、ドライフォームⅠ、Ⅱとも表面強度比から見る限り転用による影響はあまり見られない。

3.4 中性化深さ

図-11に打設回数ごとの促進中性化深さを示す。また、図-12に透水性型枠面の中性化深さと合板型枠面の中性化深さの関係を示す。図-11より、打設3回目までは、ドライフォームⅠ、Ⅱとも合板型枠に比べ、大幅に中性化が抑制されていることがわかる。しかし、打設4回目からはドライフォームⅠ、Ⅱとも中性化の進行が少し見られた。ただ、中性化の進行度合はドライフォームⅡの方がⅠにくらべ小さい。さらに、図-12に示すように(株)日本コンクリート工学協会の「鉄筋コンクリート構造物の耐久性設計に関する考え方」³⁾に述べられている、劣化深さの算出時に使われる「特殊型枠を用いる場合の品質修正係数」の上限値(1.2)と比較すると、ドライフォームⅠの打設6回目の試験体上部の供試体には一部それを下回るものが見られた。ただ、全体的にはドライフォームⅠ、Ⅱとも打設5回程度まで十分に中性化の抑制効果があることが確認された。

図-13に表面強度と中性化深さの関係を示す。他の文献⁴⁾でも述べられているように、中性化深さと表面強度には、一定の相関関係が認められた。このことか

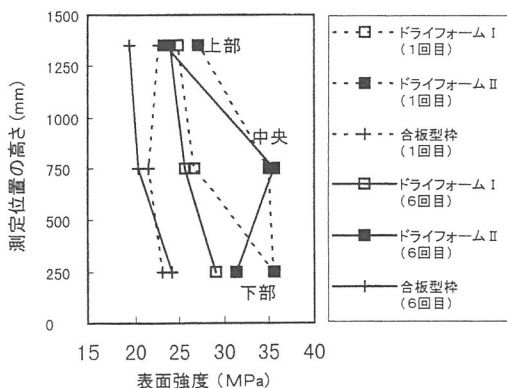


図-8 表面強度と測定高さの関係

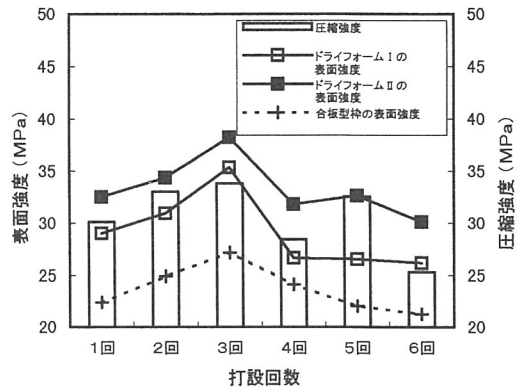


図-9 打設回数ごとの表面強度

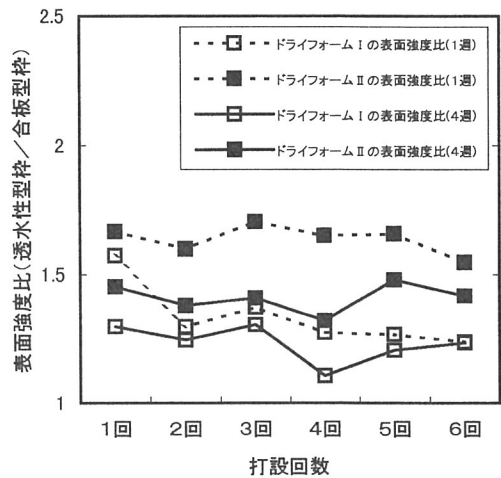


図-10 打設回数ごとの表面強度比

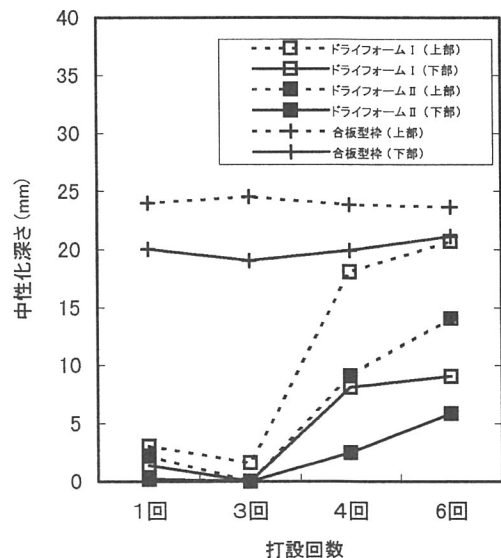


図-11 打設回数ごとの中性化深さ

ら、透水性型枠によるコンクリート表面の品質改善程度の判断指標としては、打設したコンクリートのスランプにより変動する脱水量よりも、表面強度で判断する方が望ましいと考える。

3.5 脱型性能

脱型性能実験の結果を図-14に示す。試験は材令7日目に行なった。図から明らかなように、ドライフォームⅡの離型応力度はドライフォームⅠにくらべ1/5～1/6に低減した。型枠パネルを脱型する際も、ドライフォームⅡのパネルの場合は塗装合板を脱型するのと同程度の力で脱型することができた。

3.6 顕微鏡写真による透水性シート表面の比較

写真-1に打設6回後の透水性シートの表面状況を示す。写真-2に透水性シートへのセメントの付着状況を示す。

写真からわかるように、各透水性シートとも転用によってシートにセメントが付着している。ただ、この写真からでは、各透水性シートへのセメント付着量の差異を確認することはできなかった。

4. まとめ

今回の実験の結果から、以下の事が確認された。

- 1) ドライフォームⅠ、Ⅱとも打設6回目まで脱水性能の大幅な低下は見られなかった。特に、ドライフォームⅡはドライフォームⅠにくらべ脱水性能が優れている。
- 2) ドライフォームⅠ、Ⅱとも、合板型枠面との表面強度比から見ると打設6回目まで安定した表面強度の増大が確保された。特に、ドライフォームⅡはドライフォームⅠにくらべ表面強度の発現が大きい。
- 3) ドライフォームⅠ、Ⅱとも打設5回目程度までは十分に中性化の抑制効果が認められた。特に、中性化の抑制効果はドライフォームⅡの方がドライフォームⅠにくらべ優れている。
- 4) ドライフォームⅡの脱型時の離型力は、ドライフォームⅠにくらべ、大幅に減少した。

今回の実験の結果から、新たに開発したドライフォームⅡは従来のドライフォームⅠにくらべ、脱型性能が大幅に向上し、さらに転用5回程度までコンクリート表面の耐久性を向上させるだけでなく、透水性シートの材料コストの大幅な低減が可能となった。

今後は、ドライフォームⅡを積極的に実施工に適用

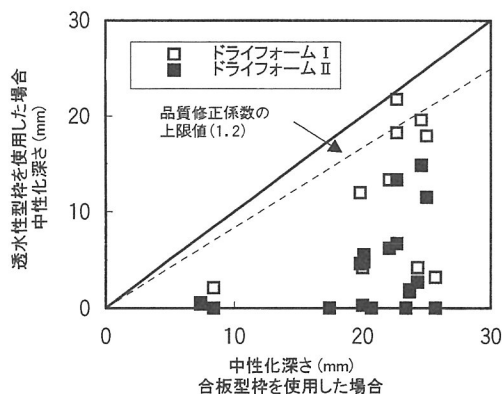


図-12 透水性型枠面と合板型枠面の
中性化深さの関係

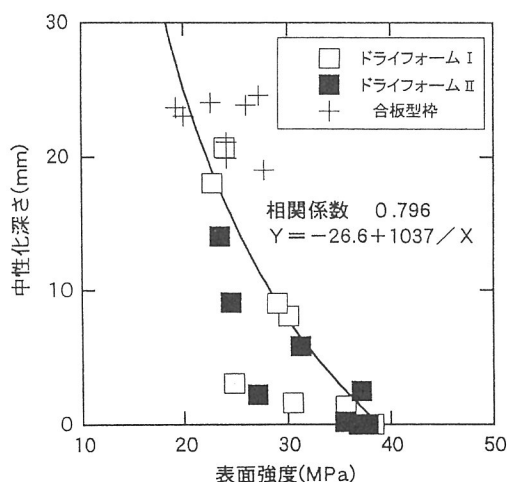


図-13 表面強度と中性化深さの関係

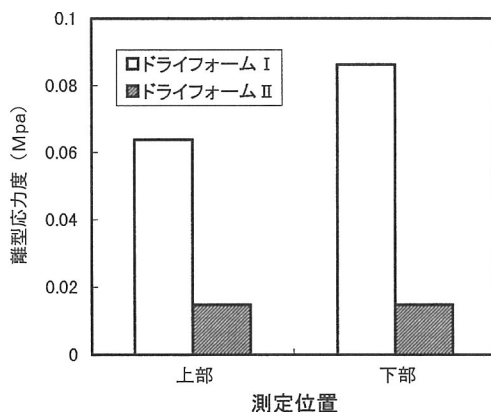
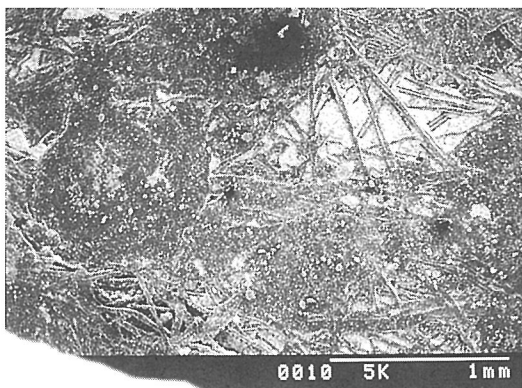
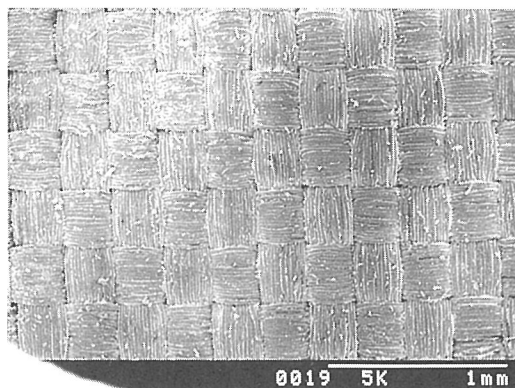


図-14 脱型時の離型力測定結果

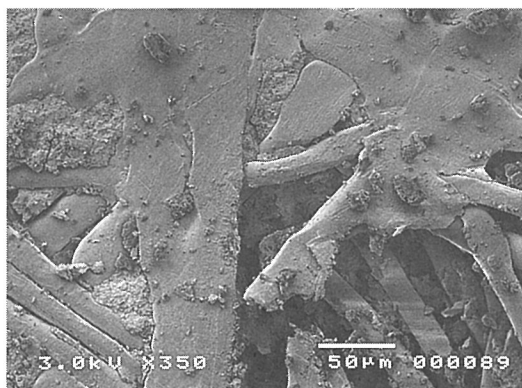


(a) 透水性シート I

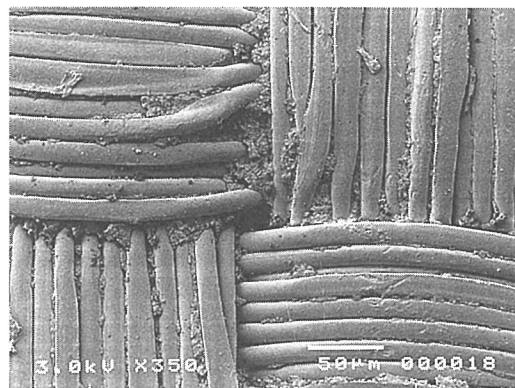


(b) 透水性シート II

写真-1 透水性シートの表面状況（打設6回後）



(a) 透水性シート I



(b) 透水性シート II

写真-2 透水性シートへのセメントの付着状況

していきたいと考えている。

謝辞：本研究を行うにあたりご協力いただいた J.C. コンポジット(株)、(株)ユニチカリサーチラボ、ハナダ(株)、呉羽テック(株)、(株)ピラミッドの関係各位に深く感謝いたします。

[参考文献]

- 1) 石原誠一郎、立松和彦：脱水・脱気型枠によるコンクリート表層部の耐久性に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.13、No.1、pp561-pp566、1991.6
- 2) 立松和彦、石原誠一郎：転用施工した透水性型枠によるコンクリートの性状、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.14、No.1、pp965-pp970、1992.6
- 3) 鉄筋コンクリート構造物の耐久性設計法研究委員会編：鉄筋コンクリート構造物の耐久性設計に関する考え方、(社)日本コンクリート工学協会、1991.5
- 4) 竹田宣典、平田隆祥ほか：透水性シートを用いた型枠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、Vol.11、No.1、pp683-pp688、1989.6