

論文 有機表面処理剤を用いたコンクリート打継ぎ部の特性

長井 宏憲^{*1}・野口 貴文^{*2}・越替 裕彦^{*3}・長谷川 和男^{*4}

要旨：コンクリート構造物の打継ぎ部は、レイタンスなどの影響を受け、完全に一体化することが難しく、構造耐力の低下、漏水や鉄筋の腐食などをもたらす、安全性や耐久性に大きく影響を与える。したがって、打ち継ぎ部の改善には、旧コンクリートと新コンクリートをより均一に一体化させることが重要である。本研究では、現場作業がより簡便で廉価なコンクリート打継ぎ用の有機表面処理剤を用いて、打継ぎ部の力学特性、硬さ分布、空隙構造、物質移動抵抗性試験について数種類の打継ぎ処理方法と比較を行ない、その性能改善効果を検討し、処理方法の有用性を確認した。

キーワード：打継ぎ処理、表面処理剤、ブリーディング、物質移動抵抗性

1. はじめに

コンクリート構造物のような、現場において複雑かつ大容積な躯体を構築する際には、その施工性によって構造物の耐久性が大きく変動する。コンクリート構造物では打継ぎ部の発生を避けることができず、打継ぎ部の強度低下、打継ぎ処理に起因する漏水や鉄筋の発錆に対する対策が一段と重要になってきている。コンクリート構造物の打継ぎ部は、レイタンスなどの影響を受け、完全に一体化することが難しく、構造耐力の低下、漏水や鉄筋の腐食などをもたらす、安全性や耐久性に大きく影響を与える。従って、打ち継ぎ部の改善には、先行して打設された旧コンクリートと一定時間をおいて打設される新コンクリートとをより均一に簡便に一体化する必要がある。

一般にコンクリート打継ぎ面の処理は、ブリーディングによって生じるレイタンス層の除去を目的とし、高圧ジェット水による洗浄やワイヤーブラシがけ、鋼製ネットの施工などが行われる。また、打ち継ぎ面における水和を妨げないために、湿潤状態に保つ作業やエポキシ樹脂

やポリエステル樹脂などの合成樹脂系接着剤を塗布する手法が用いられている。しかし、これらのいずれの手法においても高い品質と性能を保持した一体化を達成することは難しく、経済的にも作業効率的にも最適な処理方法の提案が必要である。

本研究では、現場作業がより簡便で廉価なコンクリート打継ぎ用の有機表面処理剤を用いて、打継ぎ部の力学特性、硬さ分布、空隙構造、物質移動抵抗性試験について数種類の打継ぎ処理方法と比較をおこなうことで、その性能改善効果を検討し、処理方法の有用性を確認することを目的としている。

2. 実験の概要

2.1 実験水準および使用材料

(1) 実験水準

本実験で用いた試験体の打継ぎ部の処理方法について表-1に示す。以下、この表記方法にしたがって打継ぎ面の処理方法を示す。

(2) 使用材料

本実験で使用した材料を表-2に示す。

*1 東京大学大学院 工学系研究科建築学専攻助教 博士（工学）（正会員）

*2 東京大学大学院 工学系研究科建築学専攻准教授 博士（工学）（正会員）

*3 三洋貿易（株）東京化学品1部第二G

*4 東洋薬化学工業（株）第二営業部

(3) 調 合

本実験におけるコンクリートの調合を表－3に示す。一部の曲げ試験以外の全ての試験体は、透水試験における骨材の影響を考慮し、粗骨材の最大寸法が10mmの調合Aによって作成した。

2.2 実験方法

(1) ブリーディング試験

本実験では、コンクリート打設面に処理剤を散布するため、打継ぎ面となる部分に存在するブリーディング水量が重要になる。そこで、一般のブリーディング試験（JIS A 1123）を参照、最初の2時間は10分間隔でブリーディング量を測定し、測定が終わったら採取したブリーディング水を容器に戻す方法をとった。2時間経過後は30分間隔でブリーディング水がしみ出なくなるまで同じ方法で測定した。

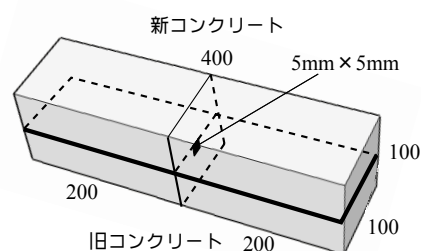
(2) 空隙率の測定

打継ぎ部での力学性能や耐久性を評価するためには、打継いだコンクリートの一体化の度合いを確認する必要がある。本実験のように打設面に処理剤を浸透させる場合は、打継ぎ部分の空隙構造の変化が重要²⁾となるため、水銀圧入ポロシメータを用いて細孔分布を測定した。空隙率測定用試験体はモルタル（W/C=65%）を用いて図－1のような試験体を作成し、打継ぎ部から旧コンクリート部分を5mm角で切断、アセトンに浸漬させ水和を停止した後、14日間真空ポンプ

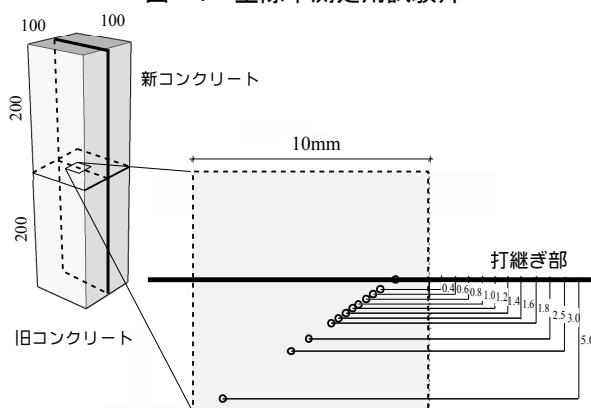
を用いて真空脱気した試験片を使用した。

(3) ビッカース硬さ試験

打継ぎ処理方法の違いによって生じる旧コンクリート側の打継ぎ部における硬さ分布の違いを把握するためビッカース硬さ試験を行った。ビッカース硬さ試験用試験体は図－2のように打継ぎ境界面から、0、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2、1.4、1.6、1.8、2.5、3.0、5.0mm離れた各位置についてJIS B 7774に準じて硬さを測定した。



図－1 空隙率測定用試験片



図－2 ビッカース硬さ測定位置

表－1 各試験体の打継ぎ部の処理方法

O	打継ぎなし
N	打継ぎ面処理なし
W	ワイヤーブラシがけ
N+P	新コンクリート打設 30 分前処理剤散布
P ₃₀	旧コンクリート打設 30 分後処理剤散布
P ₆₀	旧コンクリート打設 60 分後処理剤散布

表－2 使用材料の概要

セメント	普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm ³ ）
細骨材	大井川水系陸砂（密度 2.59 g/cm ³ ）
粗骨材	青梅産碎石（密度 2.65 g/cm ³ ）
混和剤	AE 減水剤（調合 A）、高性能 AE 減水材（調合 B） 空気量調節剤
打継ぎ処理剤	アクリル変性スチレン-ブタジエン系共重合体ラテックス

表－3 コンクリートの調合

	スラン プ (cm)	空気量 (%)	水セメント 比 (%)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	細骨材率 (%)	単位水量 (kg/m ³)	質 量(kg/m ³)			混和剤 (C×%)	空気量 調節剤 (C×%)
							セメント	細骨材	粗骨材		
調合 A	18	5.0	65	10	47	185	284	827	954	0.375	0.002
調合 B	18	3.4	65	20	50	179	275	908	933	0.3	0

(4) 透水試験

打継ぎ部におけるコンクリートの密実性を確認するためアウトプット法による透水実験を行った。この試験では円盤状（φ100×30mm）の試験体に水圧を作用させることにより透過する水量，あるいは試験体内に浸透する水の浸透深さなどによりコンクリートの密実性を評価する試験である。試験機と試験体を図-4に示す。また，透水係数は式（1）によって求められる。

$$K_w = r \frac{h}{(P_1 - P_0)} \cdot \frac{Q}{A} \quad (1)$$

ここで， K_w ：透水係数（cm/sec）， P_1 ， P_0 ：作用圧力及び大気圧， Q ：流出量（cm³/sec）， A ：試験体の断面積（cm²）， h ：試験体の高さ（cm）， r ：水の単位質量（kgf/cm³）とする。

(5) 曲げ試験

打継ぎ処理方法の違いによる打継ぎ部の曲げ強度の違いを検討するため，JIS A 1106 に準じて曲げ試験を行った。旧コンクリート打設直後から一週間以内にコンクリート打継ぎ部に対して所定の表面処理を行い，一週間経過後に新コンクリートを打設した。曲げ試験用試験体は図-5のように作成した。また，破壊面の位置を評価するため，新コンクリートにセメント質量の1%の顔料を添加した。その顔料の有無による圧縮強度結果を図-3に示す。

(6) 中性化・塩分浸透深さ試験

打継ぎ処理方法の違いによる打継ぎ部の気体・水分の移動を把握するため，中性化促進試験，塩水浸漬試験を図-5に示す試験体を用いて行った。中性化深さは試験体割り面にフェノールフタレイン塗布後，打継ぎ部を3箇所測定しその平均値とした。

3. 実験結果

3.1 ブリーディング試験結果

打継ぎ処理剤を散布する際，散布時間の違いによって性能改善の効果が異なると考えられる。その原因のひとつとして打設面に存在するブリーディング水量の時間変化が挙げられる。

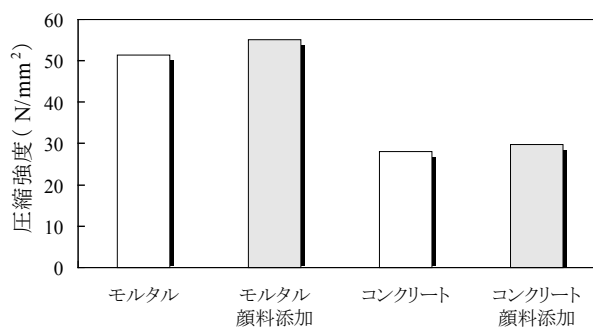


図-3 顔料添加の有無による圧縮強度比較

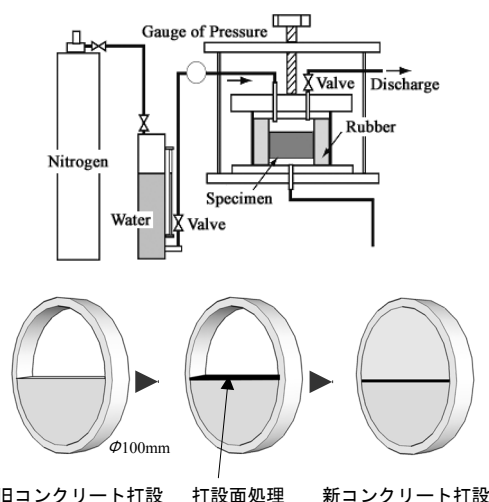


図-4 透水試験機（上）と透水試験用試験体（下）

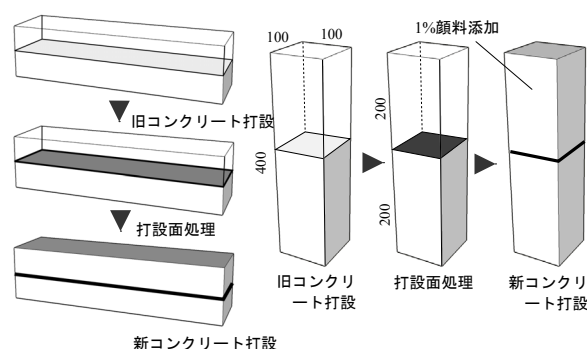


図-5 試験体の作成（左：物質移動，右：曲げ）

表面のブリーディング水とともに散布した処理剤がコンクリート内部に十分に浸透する時間帯を検討する必要がある。図-6にブリーディング量の，図-7に打設面に存在するブリーディング水の変化を示す。

図-7から打設後20分間でブリーディング水が打設面にしみ出してくることがわかる。打設後40分くらいからブリーディング水の増加割合は減少しはじめ，60分前後に一定値を示した。

その後、60分から90分の間にブリーディング水はコンクリート内部に引き込まれ始め、120分経過以降のブリーディング水はほぼ一定の割合で減少した。なお、打設面にブリーディング水が存在しなくなるのは打設後8時間半経過した時点であった。

この結果より、本実験で用いた材料・調合、試験室の環境条件下（20℃、60%RH）においては、コンクリート内部へのブリーディング水の引き込み量が最も多いのは打設後60分から90分経過の間であると考えられる。

3.2 空隙率測定試験

図-8 に打継ぎ処理方法別の打継ぎ部における細孔径分布を示す。処理方法の違いによる空隙構造の変化が最も大きいのは細孔径 $0.4 \sim 1.0 \mu\text{m}$ の範囲であった。細孔径 $1.0 \sim 2.0 \mu\text{m}$ において処理方法 N+P（新コンクリート打設30分前に処理剤散布）の空隙率が大きかったが、この原因については更なる検討が必要である。

打継ぎ部無処理とワイヤーブラシがけ処理には大きな空隙分布の差は確認できないことから、ワイヤーブラシをかけた試験体の打継ぎ部での空隙構造は、無処理のものと変化がないと考えられる。処理剤を施した打継ぎ部は打継ぎ部無処理のものと比較して、 $0.5 \sim 0.9 \mu\text{m}$ の範囲での空隙量が少なく、打継ぎ無しの試験体の細孔径分布に近いことが示されている。

このことから処理剤を散布することで、無処理またはワイヤーブラシがけの打継ぎで生じる細孔径 $0.5 \sim 0.9 \mu\text{m}$ の範囲での空隙が充填されることが確認された。細孔径 $1.0 \mu\text{m}$ 以上の空隙は N+P の試験体を除きどの処理方法も同様の空隙分布を示した。

3.3 ビッカース硬さ試験

ビッカース硬さ試験の結果を図-9 に示す。打継ぎ処理方法の違いによってコンクリートの硬さ変化が確認されたのは、打継ぎ面から旧コンクリート側に $2.5 \sim 3.0 \text{mm}$ の範囲であった。最も硬さが低かったのは打継ぎ部無処理の試験体であった。処理剤を散布した試験体は3種類とも

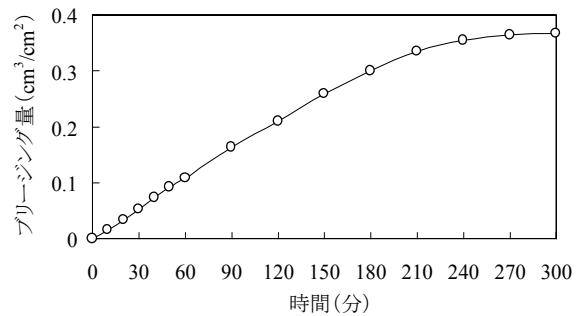


図-6 ブリーディング量

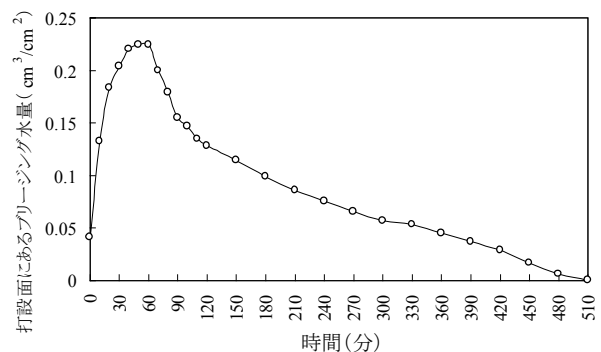


図-7 打設面に存在するブリーディング量の変化

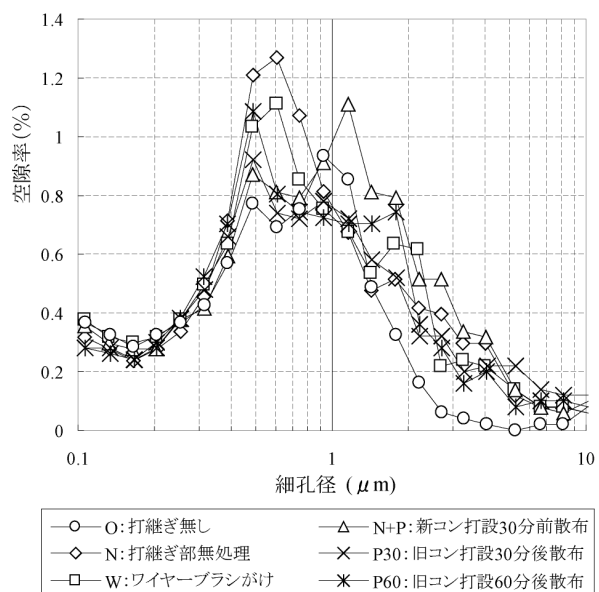


図-8 打継ぎ部における細孔径分布

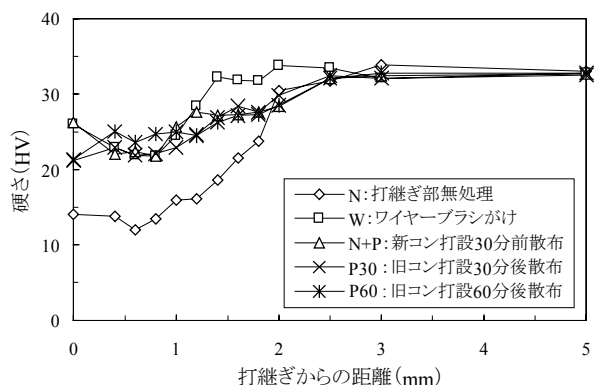


図-9 ビッカース硬さ試験結果

ほぼ同様の硬さを示した。無処理の場合と比較して場所によっては硬さが2倍程度高くなっていることから処理剤散布による打継ぎ部の改善効果を確認することができる。ワイヤーブラシをかけた試験体の硬さは打継ぎ面の部分から高い値を示し、打継ぎによる影響は1.5～2.0mm程度までである。位置による硬さの変化より、ワイヤーブラシがけによって打設面から0.8mm程度が削られたと想定される。

3.4 曲げ試験

図-10に曲げ試験の結果を示す。打継ぎ無処理の試験体は打継ぎ部での曲げ強度が打継ぎ無しのものに比べて大幅に低減しており、ワイヤーブラシがけによっても大きく改善しないことが確認された。また、打設面への処理剤散布によって、無処理及びワイヤーブラシがけに比べ曲げ強度を改善できることが確認できた。しかし、試験体P₆₀と比較してP₃₀の曲げ強度が低い値を示したことから、打設後の処理剤散布時間によって曲げ強度改善の効果が異なると考えられる。調査B（粗骨材の最大寸法20mm）で処理剤散布時間による曲げ強度の比較を行なった結果を図-11に示す。60分後散布が最も曲げ強度が高くなることが確認された。

3.5 中性化・塩害試験

中性化・塩分浸透試験の結果を図-12に示す。打継ぎ処理による中性化抵抗性の改善効果については、試験体P₆₀が最も中性化の進行が遅く処理方法N+Pも同様の傾向を示した。ただし、試験体P₃₀については、他の処理剤散布試験体の結果とは異なり打継ぎ部無処理のものと同程度の中性化進行速度を示した。細孔径分布やビッカース硬さ試験においてはP₃₀の試験体はP₆₀のものと同様の値を示すことが確認されていることから、試験体自体に問題があったと想定されるため再試験が必要であると考えられる。塩分浸透深さの結果では、打継ぎ部無処理、ワイヤーブラシがけの塩分浸透が早いことが確認できるが、他の処理剤を散布した試験体に関しては、打継ぎ無しの試験体とほぼ同等の値を示した。

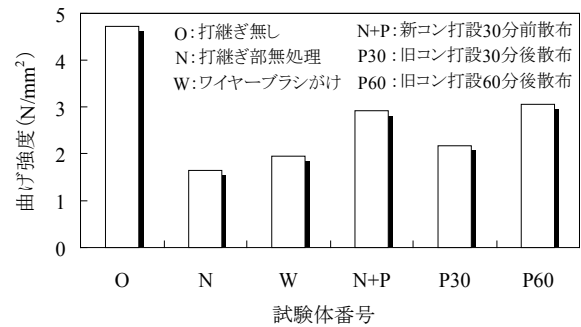


図-10 処理方法による曲げ強度の比較

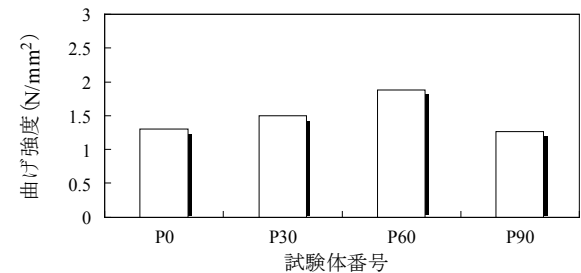


図-11 処理剤散布時間による曲げ強度の比較

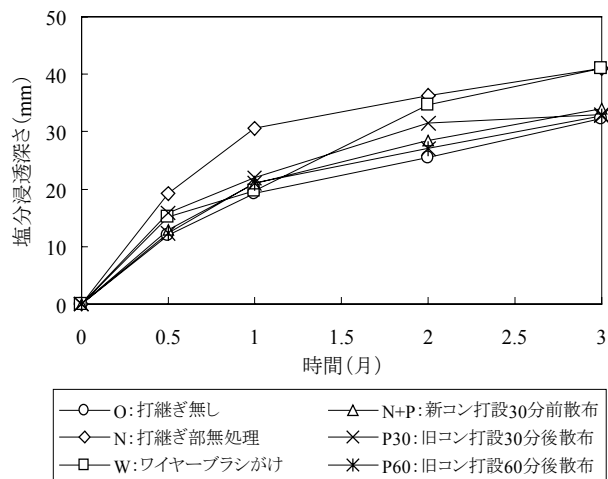
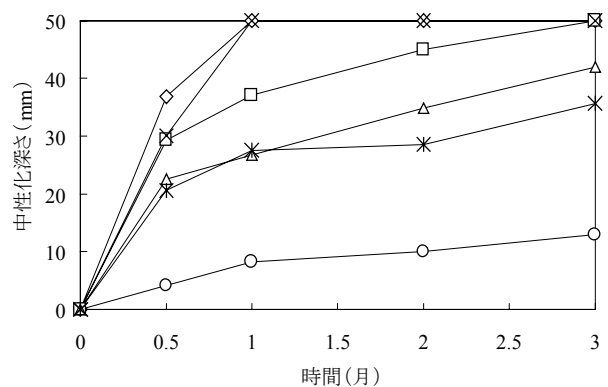


図-12 中性化・塩分浸透深さ

この結果より、本実験における調査のコンクリート打継ぎ部では、処理方法の違いによって塩分浸透深さに大きな変化がなく、塩分の浸透は考慮する必要が少ないことが確認された。

3.6 透水試験

透水試験の結果を図-13に示す。打継ぎ部無処理とワイヤーブラシがけの試験体に比べて処理剤散布試験体の透水係数が小さくなり、処理剤散布による透水遮断効果が確認された。

空隙率とビッカース硬さの試験結果から有機表面処理剤によって打継ぎ部が緻密化することが明らかになっていたが、その緻密化の効果が一連の物質移動試験の結果によって確認された。

4. まとめ

本論文では、コンクリート構造物において不可避な打継ぎ部の処理方法に関して、有機表面処理剤の散布による性能改善効果を確認することを目的とし、各種試験によって以下のような結果をえた。

(1) 有機表面処理剤散布によるコンクリート打継ぎ部の処理によって、曲げ強度はP₃₀を除き打継ぎ部無処理の場合の2倍程度に増加し、ワイヤーブラシがけをした場合よりも高い値を示した。打継ぎをしない試験体の曲げ強度と比較しても、処理剤散布の試験体は、約60%から70%の曲げ強度まで改善したことが確認された。

(2) 有機表面処理剤散布によって、打継ぎ部の旧コンクリート側細孔径0.5~0.9 μ mの空隙率は打継ぎ部無処理に比べ小さくなり、ワイヤーブラシがけの試験体と比べても空隙率は小さくなった。特に、旧コンクリート打設30分後に処理剤を散布した試験体の空隙率が最も低くなっていることから、処理剤散布によってコンクリート打継ぎ部近傍の空隙は充填され緻密化していると考えられる。

(3) ビッカース硬さ試験では、コンクリート打継ぎ処理をした場合、打継ぎしていないものに比べて、硬さの低減が確認されたが、その範囲は打継ぎ面から旧コンクリート側に2.5~3.0mm程度の範囲であった。つまり、コンクリートのブリーディングによる硬度の低下の影響範囲は3.0mm程度までであり、有機表面処理剤の散布によりワイヤーブラシがけを行なうのと同様ま

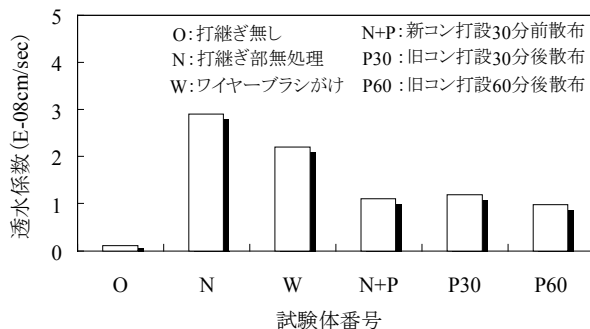


図-13 処理方法別の透水係数の比較

で硬さの改善効果があることが確認された。

(4) 有機表面処理剤散布によってコンクリート打継ぎ部の中性化抵抗性はP₃₀を除き打継ぎ部無処理の場合に比べ高くなった。また、処理剤を散布した場合の方がワイヤーブラシがけのものより改善効果が確認された。塩分浸透深さ試験においても、処理剤散布によって塩分浸透抵抗性が無処理のものに比べ高くなった。これらの結果より、有機表面処理剤の散布によって打継ぎ部における物質移動抵抗性を改善する効果を確認できた。

以上の結果より、コンクリート構造物の打継ぎ部処理の手法として有機表面処理剤の各種性能改善効果があること、最適な散布時間は打設終了後60分程度以降であることを確認した。今後は、環境条件に応じた最適な散布時間の検討、物質移動抵抗性の定量的評価が必要である。

参考文献

- 1) 沢出稔：ポリマーディスパージョン散布打継工法による若材齢コンクリートの打継目の改善，日本大学学位論文，1992
- 2) 申英珠，田中享二：モルタルの打継ぎ部分の中性化と細孔構造との関係，セメント・コンクリート論文集 No.53，pp.881-886，1999
- 3) 大浜嘉彦，森脇貴志，三宅雅之：ポリマーセメントコンクリートの塩化物イオン浸透に対する抵抗性，第7回コンクリート工学年次講演会論文集，pp.93-96，1985
- 4) 大岸佐吉，小野博宣：透水試験結果による水密性に基づくコンクリートの耐久性の評価，第8回コンクリート工学年次講演会論文集，pp.113-116，1986