

論文 透水性型枠を使用したコンクリートの性能改善

三島 直生^{*1}・畑中 重光^{*2}・小林 広実^{*3}・犬飼 利嗣^{*4}

要旨：透水性型枠を使用することにより、コンクリートの表層強度を改善できることが明らかになっている。しかし、コンクリート上層部においては、その効果があまり大きくない。本研究ではこの透水性型枠を使用したコンクリートの上層部の性能改善手法として、透水性型枠上部に加圧脱水、再振動締固め、真空脱水処理等を試みた。その結果、再振動締固めおよび真空脱水処理は透水性型枠を使用したコンクリート上層部の性能改善に効果的であるという知見を得た。

キーワード：透水性型枠，強度改善，加圧脱水，再振動締固め，真空脱水処理

1. はじめに

コンクリートの耐久性の向上，表面の気泡やアバタの除去を目的として，これまで各機関から種々の透水性型枠が開発され，主に壁面の性能改善を中心に利用されている。

透水性型枠は，コンクリート中の余剰水を型枠の外へ自然排水させる型枠で，これによってコンクリート表層部の水セメント比が低減され，表面が緻密化するため，強度をはじめ，中性化や塩害に対する抵抗性が向上するとされている¹⁾。また，透水性型枠による耐久性の改善効果が大きい部分は部材の下層部である。その理由として型枠にかかる側圧が大きいほど型枠からの余剰水の排出量が多く，側面表層部の水セメント比の低減効果が大きくなることが挙げられている^{2),3)}。

逆に，側圧の小さい型枠上部（コンクリート上層部）においては耐久性の改善効果が小さい。従って，透水性型枠を利用した構造体により高い耐久性を期待するためには，型枠上部において図-1に示すようなさらなる改善が必要だといえる。

本研究では，透水性型枠を利用したコンクリート部材上層部の性能改善手法として，加圧脱

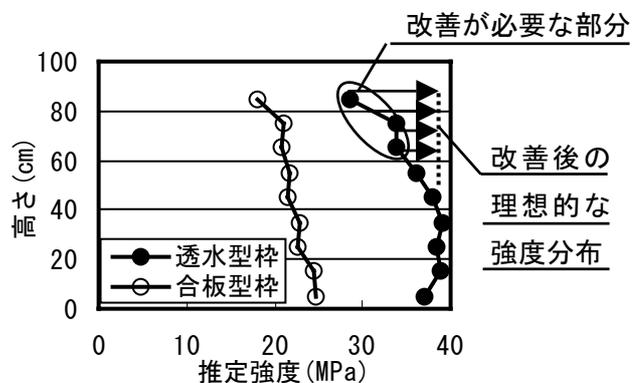


図-1 透水性型枠を利用したコンクリートの強度改善のイメージ図
(前田ら³⁾のグラフに加筆)

水，再振動締固めによる排水促進，真空脱水処理による強制排水，モルタルピース挿入による圧密および吸水の4種類を取り上げ，各手法の効果に関して検討を行った。

2. 既往の研究

2.1 加圧脱水

佐藤ら⁴⁾は，加圧脱水の効果について研究を行った。その結果，加圧脱水を行うことにより，コンクリート中の水セメント比が減少し，圧縮強度が増加する。また，その効果に脱水率が関係していると報告している。

*1 三重大学 工学部建築学科 助手 博士 (工学) (正会員)

*2 三重大学 工学部建築学科 教授 工博 (正会員)

*3 (株) 東進

*4 東海コンクリート工業 (株) 技術部技術グループ係長 工修 (正会員)

2.2 再振動締固め

竹村ら⁵⁾は、再振動締固めの効果について研究を行った。その結果、再振動締固めは圧縮強度の改善に有効であり、その最適時期はブリーディング終了時であると報告している。

2.3 真空脱水

和藤ら⁶⁾は、コンクリート床スラブの強度改善手法として真空脱水の効果について研究を行った。その結果、スラブ表面の反発硬度および内部の圧縮強度は大幅に改善されるとし、また、真空脱水処理はブリーディングが殆ど終了した時期に行うのが最も効果的であるとしている。

本研究ではこれらの処理を透水性型枠と併用することによって、コンクリート上層部のさらなる性能改善効果を検討することとした。

3. 実験概要

3.1 実験要因

実験要因を表-1に示す。試験体は図-2に示すように幅 300mm×高さ 1000mm×厚さ 150mm の壁状とし、透水性シート³⁾を2面に貼付した。透水性型枠からの排水は型枠最下部からのみとし、それ以外の型枠接合部はシリコン樹脂にて漏水防止処理を施した。

図-3に試験体上部の性能改善処理方法を示す。各処理は、全てコンクリート上層部の性能改善に最も効果的であると予想されるブリーディングのほぼ終了時に行った。

図-3(a)に示すモルタルピースはφ40～10mm、長さ 300mm の円錐台形状で、吸水性を持ち、内部には特殊繊維が混入されている。これを試験体上部に等間隔で3本挿入した。

加圧脱水処理では、コンクリート上面に鉄製の載荷板および重りを置いて0.5MPaの圧力を与えた。重りは脱型時までそのままとした(図-3(b)参照)。

再振動締固めでは、コンクリート上部に改善効果を集中させ、同時に加圧の効果も得るために、内部振動機ではなく表面振動機によりコンクリート上面から 47.1N・m/m²の振動エネルギー⁷⁾

表-1 実験要因

試験体名	透水性シートの有無	処理開始時期	測定項目
シートなし	無	-	・ブリーディング水量 ・排水量 ・反発硬度 ・圧縮強度 ・引っかかり強さ
透水シート	有		
モルタルピース	有	ブリーディングほぼ終了時 (本実験では打設後 40分)	
加圧脱水			
再振動			
真空脱水			

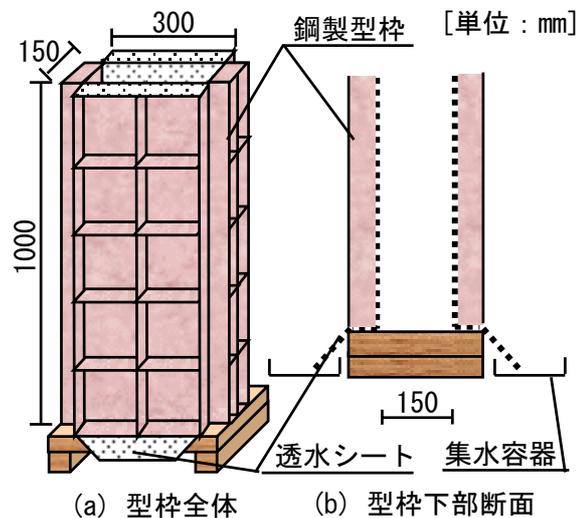


図-2 型枠の概要

で締固めを行った(図-3(c)参照)。

真空脱水処理では、上部 300mm×300mm の範囲で透水性シートの代わりに真空脱水用のろ過マットを型枠に貼付し、ろ過マット中央の位置に設置した脱水用の孔から真空ポンプによる脱水処理を5分間行った。それ以下の部分および反対面には透水性シートを貼付した(図-3(d)参照)。

3.2 試験体の作製方法

表-2に使用材料、表-3にコンクリートの調合を示す。コンクリートは型枠に一層で打ち込み、高周波バイブレータを用いて、高さ 500mm の位置で15秒間締固めを行った。なお、型枠の脱型は材齢5日で行い、材齢28日まで湿布養生とした。

表-2 使用材料

材料名	種類	主な物性
セメント	普通ポルトランドセメント	密度：3.14g/cm ³ ，比表面積：3300cm ² /g
細骨材	三重県町屋川産川砂	表乾密度：2.62g/cm ³ ，吸水率：1.66%
粗骨材	三重県志摩産砕石	表乾密度：2.66g/cm ³ ，吸水率：0.80%
混和剤	ポリカルボン酸系減水剤	密度(原液)：1.090g/cm ³
水	上水道水	—

表-3 コンクリートの調合

スランプ SL (cm)	空気量 Air (%)	水セメント比 W/C (%)	粗骨材の 最大寸法 Gmax (mm)	細骨材 率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	減水剤* (C×wt%) AD
18	4.5	55	20	48.0	185	336	825	930	0.40

[注] *単位水量に含む

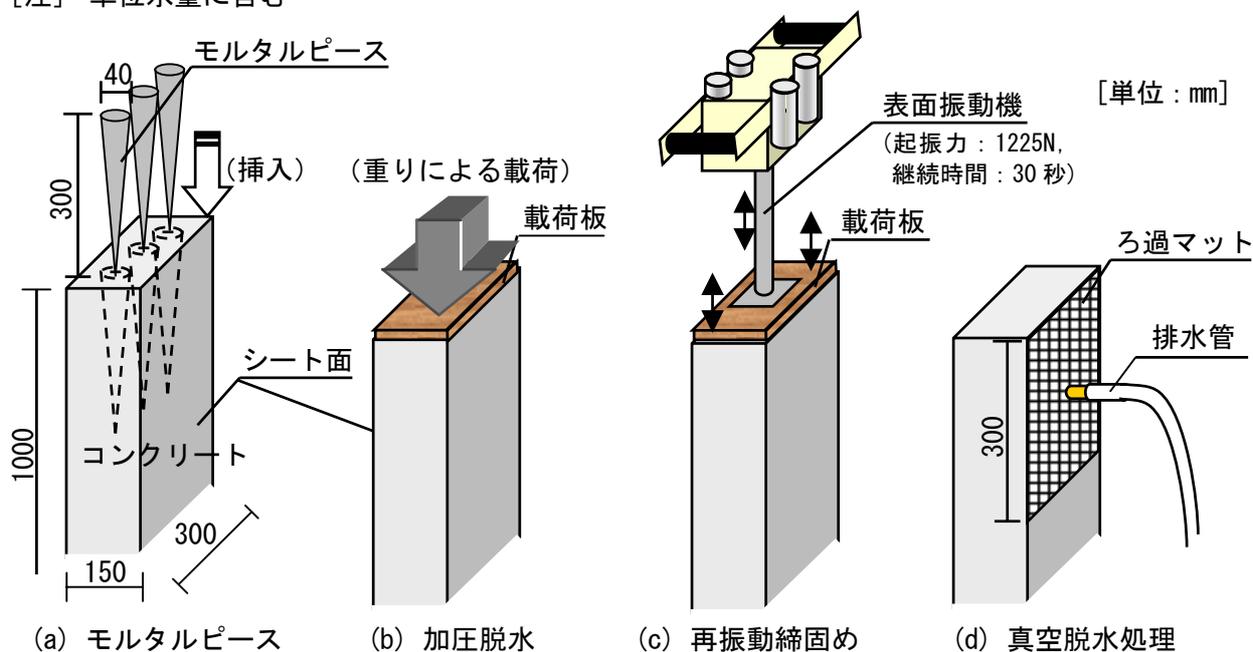


図-3 型枠上部におけるコンクリートの品質改善処理方法の概要

3.3 測定方法

(1) ブリーディング水量および排水量

ブリーディング水は、試験体上面にたまった水をスポイトを用いて採取した。排水量は図-2に示すように、集水容器を透水性シートの先端に設置して測定した。

(2) 表面反発硬度

P型およびN型ハンマを用いて材齢28日で反発硬度を測定した。試験体を高さ200mm毎に5層に分割し、各層ともそれぞれ20点打点した。

(3) 圧縮強度

図-4に示す位置でコアを抜き取り、シート

面を研磨した後、JIS A 1107に準じて材齢28日で強度試験を行った。ただし、モルタルピースを挿入した試験体については、モルタルピースの入っている箇所を避けてコア抜きを行った。

(4) 引っかかり強さ

仕上学会方式による引っかかり試験を材齢28日で行った。試験体を高さ200mm毎に5層に分割し、試験体各面の中央付近を試験器で引っかかり、傷の幅を計測した。

4. 実験結果および考察

4.1 ブリーディング水量および排水量

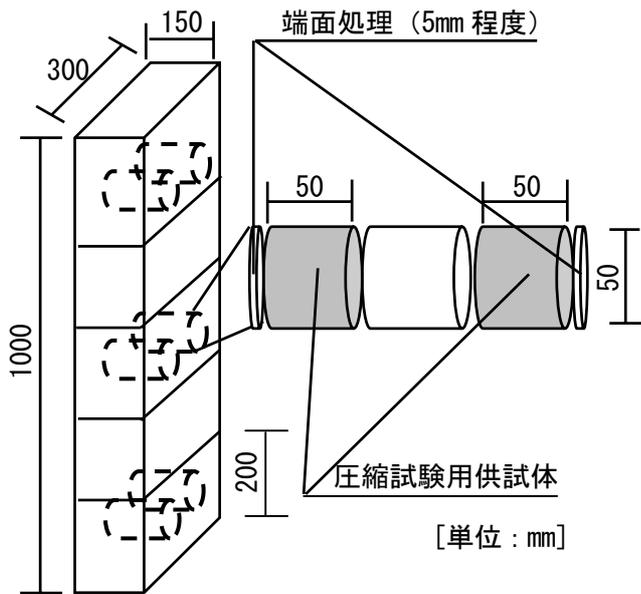


図-4 圧縮試験用供試体の採取方法

図-5に、各試験体からの全排水量の測定結果を示す。透水性シートを貼付した試験体からのブリーディング水は極めて少量であった。

図中の処理後排水量とは、ブリーディング終了時に行った試験体上部の各処理後に排出された排水量を表している。図によると、加圧脱水や再振動締固めを行うことによる全排水量は、透水シートを貼付した試験体からの全排水量に比べ微増したにとどまった。一方で真空脱水処理を行うことにより、排水量の大幅な増加がみられた。モルタルピース試験体の排水量が大きいのは打設時にみられた若干の漏水も関係していると考えられる。

4.2 表面反発硬度

図-6にN型ハンマによる各試験体の表層強度を示す。図の横軸は表面反発硬度から材料学会式を用いて推定した強度である。試験体全体にわたり透水性型枠を使用したコンクリートの反発硬度は、中～下層部ではシートなしの値を推定強度にして6MPa程度上回ったが、高さ800～1000mmの範囲では、シートによる強度の改善効果はそれより若干小さいものとなった。

各処理による改善効果に着目すると、モルタルピースおよび加圧脱水では、その効果があまり顕著に現れていない。再振動締固めを行った試験体では、全層にわたり推定強度にして5～

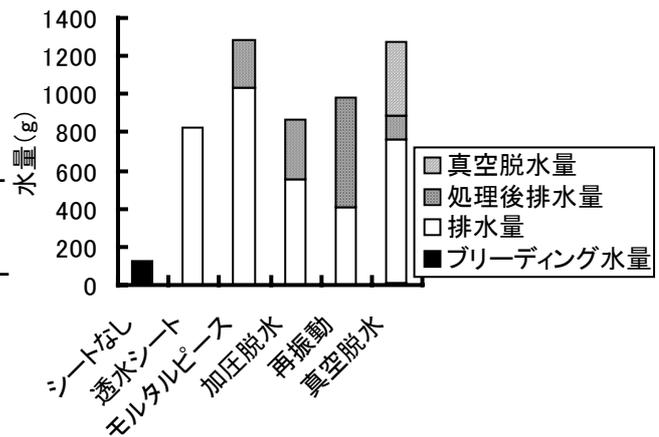


図-5 各試験体からの全排水量

8MPa程度増加する結果となった。真空脱水処理を行った試験体では、真空脱水処理を行った高さ700～1000mmにわたって推定強度にして約8MPa増加し、再振動の試験体と同程度であった。それより下部では透水性シートを貼付した試験体と同程度であった。

4.3 圧縮強度

図-7に各試験体から抜き取ったコア試験体による圧縮強度分布を示す。図によれば、透水性型枠を使用することにより、圧縮強度はシートなしに比べて3～6MPa程度増加した。このことから、透水性シートの効果は表面から50mm程度の内部まで及んでいることが考えられる。ただし、上層ほどその改善効果は小さい。

各処理による改善効果は、真空脱水処理試験体の上層部および再振動締固め試験体の中下層部において顕著で、それぞれ大幅な強度の上昇がみられる。とくに再振動締固めは今回用いた程度の大きさの型枠では、試験体全体の強度を改善する効果があると考えられる。

試験体上部の圧縮強度に注目すると、図-6の表層強度と異なり、真空脱水処理、モルタルピース挿入の順に高強度となり、再振動締固めはそれほど効果が大きくない。このように、各処理ごとにコンクリートの品質改善される部位が異なっている。

4.4 引っかかり強さ

図-8に各試験体の引っかかり強さの結果を示す。

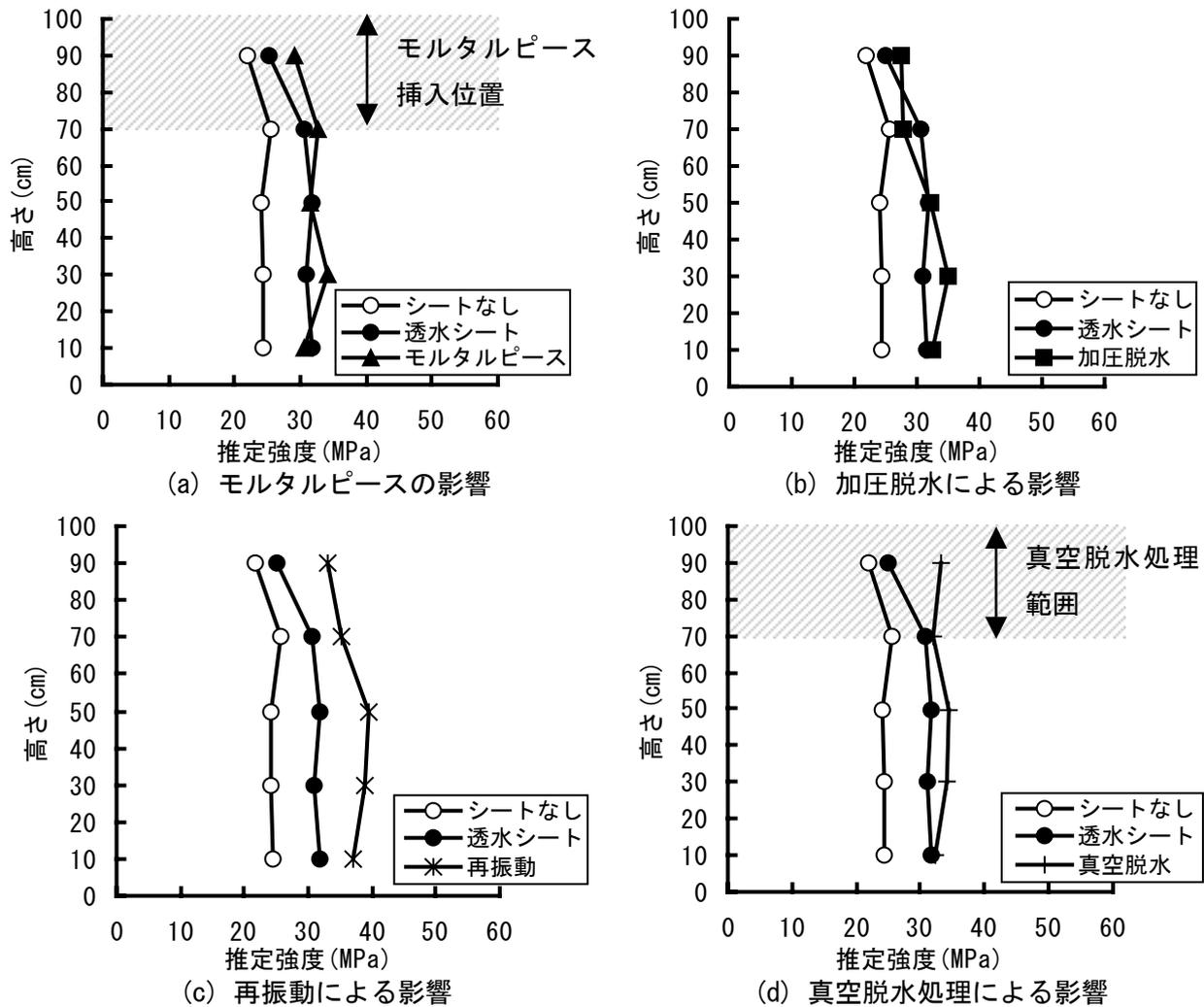


図-6 各試験体の表層強度 (N型ハンマ)

図によると、透水性型枠を使用することにより、引っかけ傷の幅は小さくなり、コンクリート表面が緻密化されているといえる。型枠上部の改善効果を見ると、いずれの処理においても、透水性型枠のみに比べ引っかけ傷の幅はさらに小さくなっており、各処理ともコンクリート表面を緻密化するのに有効であったと判断できる。

5. まとめ

本実験で、透水性型枠を使用することにより、コンクリートの表層強度および内部圧縮強度が改善されることを確認した。

さらに、透水性型枠を用いたコンクリート試験体の上層部に着目した4種類の性能改善手法の効果について調べた。得られた結果は表-4のようにまとめられる。

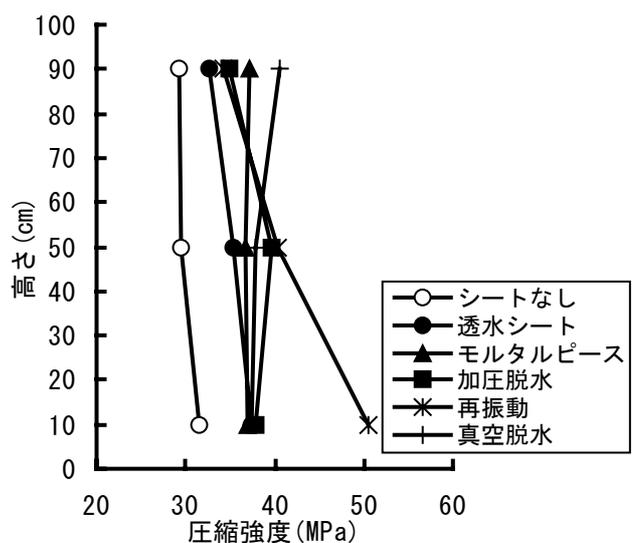


図-7 各試験体の圧縮強度分布

各試験方法ごとに品質評価が異なるが、これは試験法ごとに評価するコンクリートの部位が異なるためと考えられる。圧縮強度は表層から2～3cmの内部の強度を計測しており、引っかかり強さは表層部1～2mmのみを、表面反発硬度はその両方の部位の品質が反映されていると考えられる。

本研究の主な目的であった試験体上層の性能改善については、真空脱水処理が最も有効であるといえる。しかしながら、実施工における利便性を考慮すれば、表面振動機による再振動締固めも有効であると考えられる。なお、モルタルピース挿入および加圧脱水については、処理の最適時期などについてさらに検討する必要がある。

謝辞

本研究は、日本コンクリート工学協会「透水・脱水によるコンクリートの品質改善に関する委員会」（委員長：畑中重光）の一環として行われたものである。また、本研究費の一部は2002年度セメント協会研究奨励金（代表：三島直生）によった。付記して謝意を表します。

参考文献

- 立松和彦, 石原誠一郎: 透水性型枠によるコンクリートの細孔構造の変化と耐久性の向上, コンクリート工学論文集, Vol.8, No.1, pp.171-178, 1997.1
- 竹田宣典, 平田隆祥, 十河茂幸, 芳賀孝成: 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, pp.683-688, 1989.6
- 前田哲宏, 松田孝允, 三島直生, 畑中重光: 透水性型枠を使用したコンクリートの表層および内部強度性状に及ぼす再振動締固めの影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.24 No.1, pp.345-350, 2002.6
- 佐藤文則, 出頭圭三, 渡辺正, 原夏生: 直打ちライニング工法における加圧脱水コンク

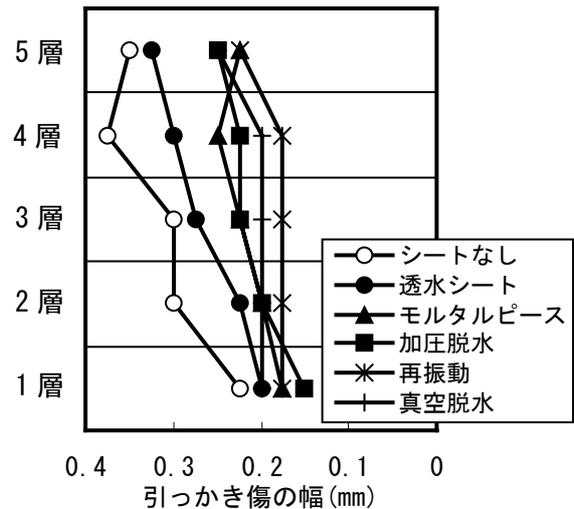


図-8 各試験体の引っかかり強さ (引っかかり力 4.9N)

表-4 各処理が及ぼす改善効果

処理方法		モルタル ピース	加圧 脱水	再振 動	真空 脱水
性能評価	上層	△	△	○	○
	下層	△	△	○	△
表面反発 硬度	上層	○	△	△	◎
	下層	△	△	◎	△
引っかかり 強さ	上層	○	○	○	○
	下層	△	△	△	△

[注] ◎: 極めて改善効果が高い

○: 改善効果が高い

△: 改善効果があまり無い

리트の品質特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.11 No.1, pp.639-644, 1989.6

- 竹村和夫, 安部康俱: 再振動締固めによる強度の増進効果について, セメント技術年報, Vol.39, pp.249-252, 1985.2
- 和藤浩, 畑中重光, 山本景司, 村松昭夫: 床スラブコンクリートの真空脱水締固め工法における諸要因の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.2, pp.391-396, 2001.6
- 超硬練り研究委員会報告書, 日本コンクリート工学協会, pp.155-162, 1988.6