論文　真空脱水締固めを行ったコンクリート床スラブの表層および内部強度に及ぼす処理マット網目径の影響

和藤　浩*1・村松　昭夫*2・山口　武志*3・畑中　重光*4

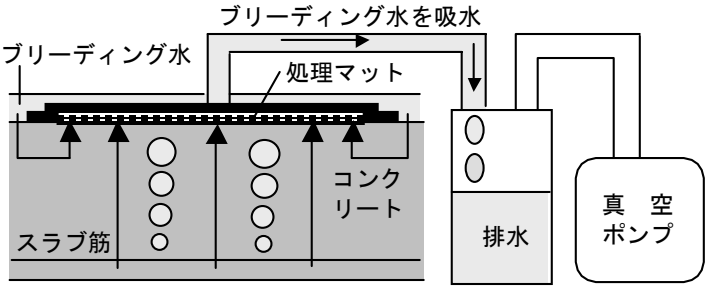
要旨：本研究では，建築用軟練りコンクリートにも適用可能な真空脱水工法の提案および同工法の更なる改善を目的としている。しかし，真空処理に使用される処理マットの網目径が粗い場合には，セメント粒子が吸引され，表層の品質低下などの問題が発生する可能性がある。本報では，コンクリート床スラブの各種性状に及ぼす処理マットの網目径の影響に関して，セメント粒子の吸引量に着目して検討を行った。その結果，処理マットの網目径は，脱水率にはほとんど影響を及ぼさないにもかかわらず，表面反発硬度および内部強度分布については，網目径が小さいほど良好な品質が得られることが明らかとなった。

キーワード：真空脱水，処理マット，床スラブ，ブリーディング，表面硬度，強度分布

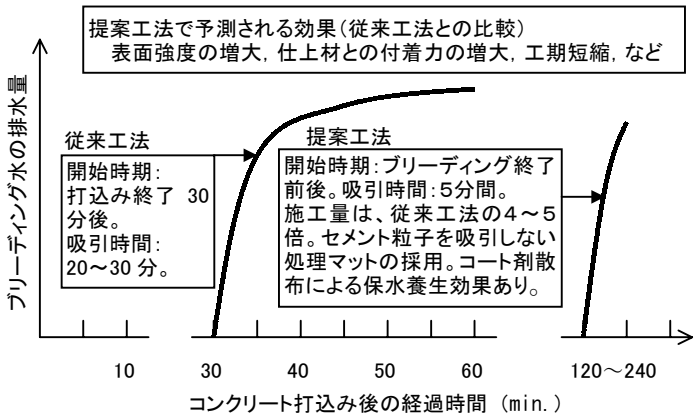
1．はじめに

コンクリート床スラブでは，ブリーディングにより，表面に不可避の弱化層が生じる。また，仕上工事では，その性能が下地材で決まってしまうことが少なくない。この問題を根本的に改善するために考案された施工方法として，真空脱水工法（**図－1**参照）[例えば1)－4)]がある。真空脱水工法は，コンクリート内部の余剰水を真空ポンプを使って取り除くことにより，コンクリートの強度および耐久性を飛躍的に向上させ得る施工方法である。

日本では，土木分野への適用は多く見られるものの，軟練りコンクリートを多く使用する建築分野では定着するには至らなかった。そこで，筆者らは，従来の真空脱水工法（以下，従来工法）の問題点を改善し，一般に軟練りコンクリートが使用される建築分野でも適用可能な新たな真空脱水工法（以下、提案工法）を考案し，一連の実験を行ってきた[5)－7)]。**図－2**に従来工法との主な比較を示す。提案工法の特長として，真空処理の開始時期を品質改善効果が最も高いと考えられるブリーディング終了時点まで遅らせたこと[7)]以外に，セメント粒子をほとんど通さない処理マットを採用していることが挙



図－1　真空脱水工法の概略図



図－2　従来工法と提案工法の主な比較

＊1　三重大学技術官　工学部建築学科（正会員）
＊2　㈱建和　代表取締役（正会員）
＊3　山口技研
＊4　三重大学教授　工学部建築学科　工博（正会員）

表－１　実験要因

Fc (MPa)	SL (cm)	スラブ厚さ (cm)	真空脱水			材齢（日）	測定項目
			処理マット	開始時期（分後）	コート剤散　布		
20	18	18	立体網 平面網（75, 150, 300, 600, 1000μm）	120*	無	３， ７， 28	・ブリーディング水の排水量 ・排水中の固形分量 ・反発硬度（Ｐ型ハンマ、Ｎ型ハンマ） ・引掻き硬さ（日本建築仕上学会方式） ・圧縮強度分布（28 日）（φ５×５cm コア）
			無処理				

注）Fc：目標圧縮強度，SL：目標スランプ，＊：ブリーディングがほぼ終了した時点

表－２　コンクリートの調合表

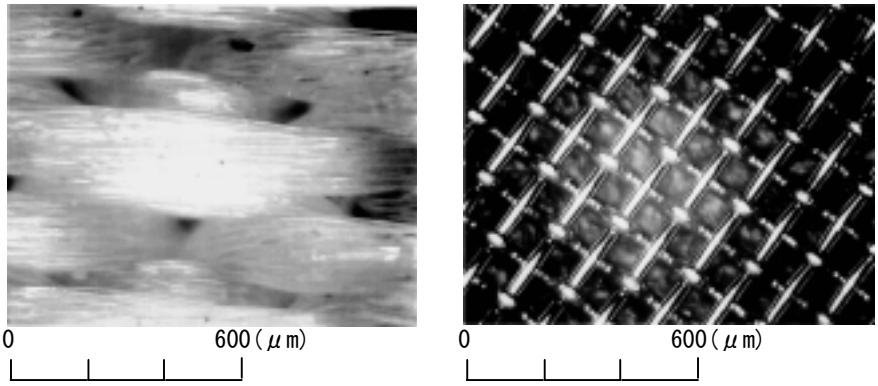
Fc (MPa)	W*/C (%)	s/a (%)	単位量（kg/m³）				SP/C (%)	SL (cm)
			W*	C	S	G		
20	65	50	185	285	904	917	0.4	18

注)Fc:目標圧縮強度,W*/C:水セメント比(W*(水＋高性能 AE 減水剤(SP)),s/a:細骨材率,C:セメント,S:細骨材(5mm 以下),G:粗骨材(5-13mm),SL:目標スランプ

表－３　立体網の諸元

材質	ポリプロピレン系
単繊維の太さ	２デニール
収束本数	35 本
織り密度	260 本/インチ

げられる。処理マットの目が粗い場合には，セメント粒子が一緒に吸引されることにより，コンクリート表面の組織が充分に密実化せず，表面強度および表面仕上げの作業性が低下するといった問題が発生する可能性がある。



(a)立体網　　(b) 75μm 目の平面網

写真－１　処理マットの拡大写真（×50）

本研究では，真空脱水工法に用いる処理マットの網目径の違いが，セメント粒子の吸引量に及ぼす影響を調べるとともに，その結果として，コンクリートスラブ試験体の表層および内部強度分布性状がどのように異なるかを検討した。

２．実験方法

２．１　実験概要

実験要因を**表－１**に，コンクリートの調合表を**表－２**に示す。目標圧縮強度(Fc)は 20MPa とし，設計スランプ(SL)は 18cm とした。

処理マットとしては，提案工法で使用しているポリプロピレン製立体網（以下，立体網），および 75μm から 1000μm（＝１mm）までの網目径が異なる５種類の金属製網（以下，平面網）の計６種類を用意した。立体網の諸元を**表－３**に，立体網と 75μm 目の平面網の拡大写真を**写真－１**に示す。

２．２　試験体

本実験で用いたスラブ試験体は，46(縦)×30(横)×18cm(高さ)cm の無筋コンクリートとし，各種処理マットを用いて真空処理を行う試験体６体に加えて，真空処理を行わない試験体（以下，無処理）１体の計７体を作製した。

２．３　測定項目と測定方法

表－１に測定項目を示す。真空処理を行う試験体の処理開始時期は，本実験と同一調合で行われたブリーディング試験[7]結果に基づき，ブ

リーディングがほぼ終了した時点である打込み終了 120 分後を採用した。なお，処理継続時間は５分間とした。本実験で使用した真空ポンプの性能は，100V，200W，到達圧力 9.3Pa，排気能力 60 lit./min.である。また，無処理試験体については，真空処理と同時期に真空度（＝吸引圧/大気圧）がほぼ０％の状態で，上部に浮き出てきたブリーディング水のみを吸い取った。なお，コンクリートの打込みは 11 月に行い，天候は曇り，気温 18℃，湿度 70％であった。試験体表面はすべてこて仕上げを行い，養生方法は実験室内湿布養生とした。

フレッシュコンクリートについては，まず真空処理により吸引される排水量（kg）と真空度の時刻歴を測定した。また，吸引水を絶乾状態にし，固形分量（kg）を測定した。

スラブ試験体の表面硬度は，Ｎ型およびＰ型テストハンマ，並びに，日本建築仕上学会の引掻き装置[8]を用いて測定した。測定は，試験体上表面全体にわたって行うものとし，反発硬度のＮ型とＰ型ハンマはそれぞれ 10 点ずつ，引掻き試験は３点ずつ測定した。なお，反発硬度および引掻きキズとも測定箇所による測定値のバラツキは，ほとんど認められなかった。

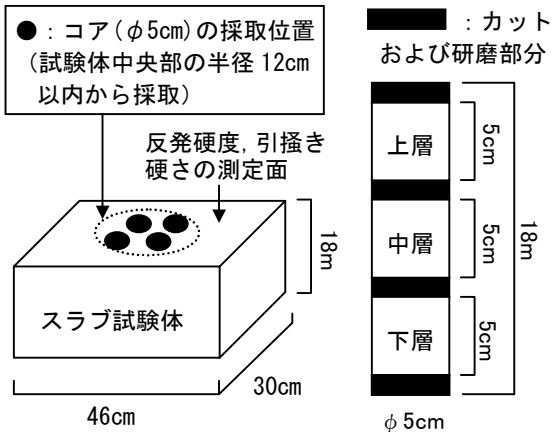
スラブ試験体内部の圧縮強度は，**図－３**に示すように，試験体中央部の半径 12cm 以内からφ５cm のコアを鉛直方向に各４本採取し，コアをコンクリートカッターで３分割し，それぞれの層について測定した。

３．実験結果

(1) 排水量および固形分量

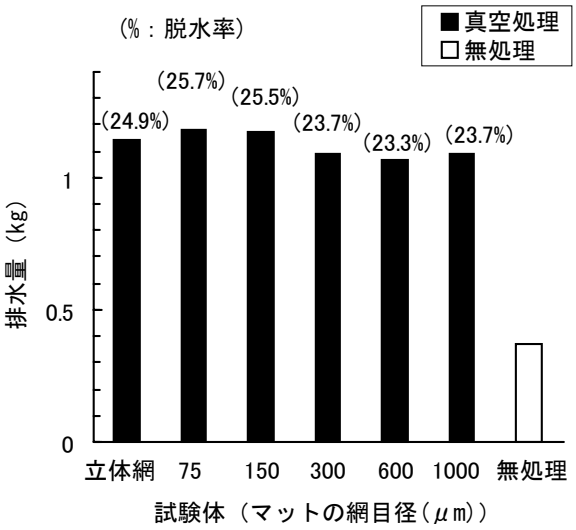
図－４に真空処理による排水量（無処理試験体はブリーディング水量）を各処理マットごとに示す。図によれば，真空処理による排水量は，どの試験体でも 1.2kg 程度，脱水率（＝排水量/使用水量）にして約 25％程度で，処理マットの違いによる顕著な違いはみられなかった。

図－５に排水中の固形分量を示す。なお，細骨材の 0.088μm 以下の微粉量は，セメントを含む 0.088μm 以下の粉体量の 5.0wt％とごくわずかであるため，図中には，固形分が全てセメン

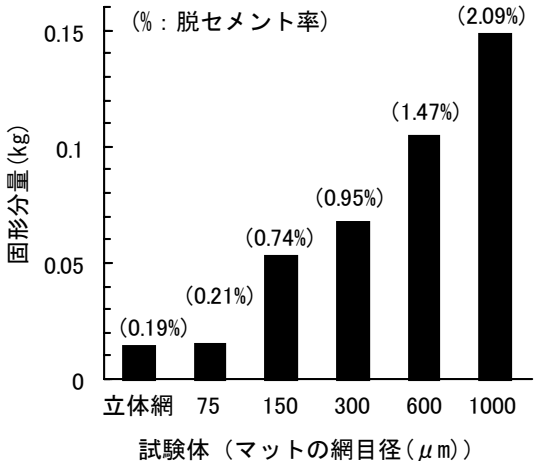


(a) コア採取位置の概略図　(b) コア試験体の概略図

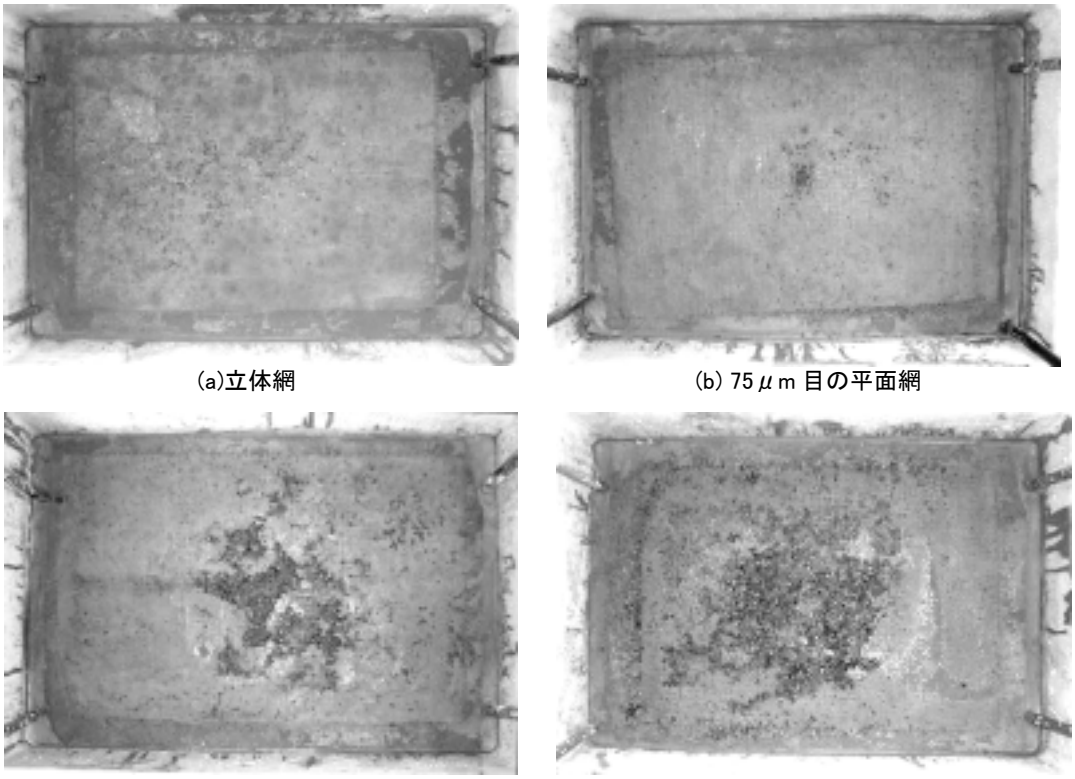
図－３　コア供試体の概要



図－４　排水量（試験体表面積0.14m²）



図－５　固形分量（試験体表面積0.14m²）



(a)立体網　(b) 75μm 目の平面網

(c) 150μm 目の平面網　(d) 600μm 目の平面網

写真－2　真空処理後の試験体表面の状況

トと仮定した場合の脱セメント率（＝排出されたセメント量/使用セメント量）も併示した。図によれば，脱セメント率は，0.19～2.09%で，網目径が大きいものほどセメント分を多く排出している。このことから，真空処理を行うことにより，コンクリート中の余剰水とともにセメント粒子も吸引していること，また，網目径が小さいマットを使用した試験体表面には，大径の網を使用した場合と比較してセメント粒子が多く残存していると考えられること，などが分かる。なお，排出されたセメント量から判断すれば，提案工法で用いる立体網は75μm目の平面網と性能的にほぼ同等なものだといえる。

写真－2は，真空処理後に試験体の表面を撮影したものである。脱セメント量の結果を反映するように，マットの網目径が大きくなるほど表面に砂粒の露出が目立っており，セメント分が多く吸い取られていることが確認できる。

(2) 反発硬度および引掻き硬さ

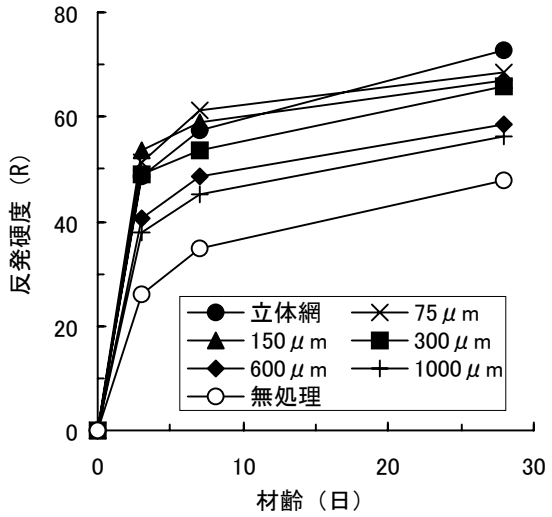
図－6にP型テストハンマによる表面反発硬度と材齢の関係を示す。図によれば，使用した網目径が小さいほど，表面の反発硬度は大きくなった。図には示してないが，N 型ハンマを用いた場合にも同様な傾向となった。

図－7に仕上学会方式（垂直力 9.8N）による引掻き硬さ試験の結果を示す。図によれば，試験体表面の引掻き硬さは，反発硬度の結果と同様な傾向であった。すなわち，真空処理を行った試験体では，立体網および75μm目の平面網を用いた場合に，他と比べて引掻きキズがとくに小さくなっている。

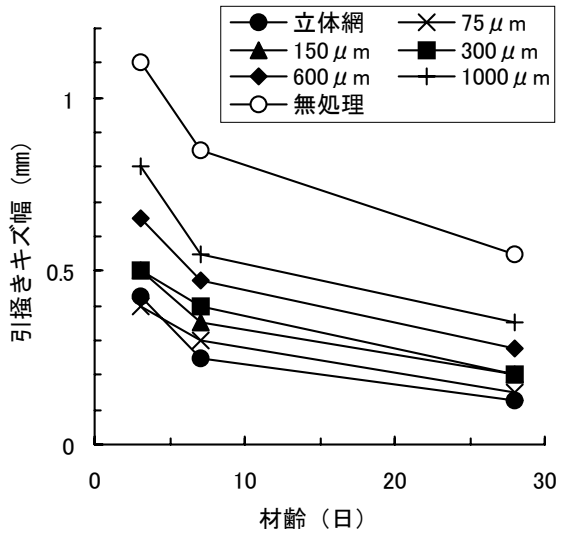
これらの結果は，**図－4**に示した排水中の固形分量および**写真－2**に示したスラブ試験体の表面状態と合わせて考えると，セメント分の排出量が影響しているとものと考えられる。

(3) 圧縮強度分布および単位容積質量

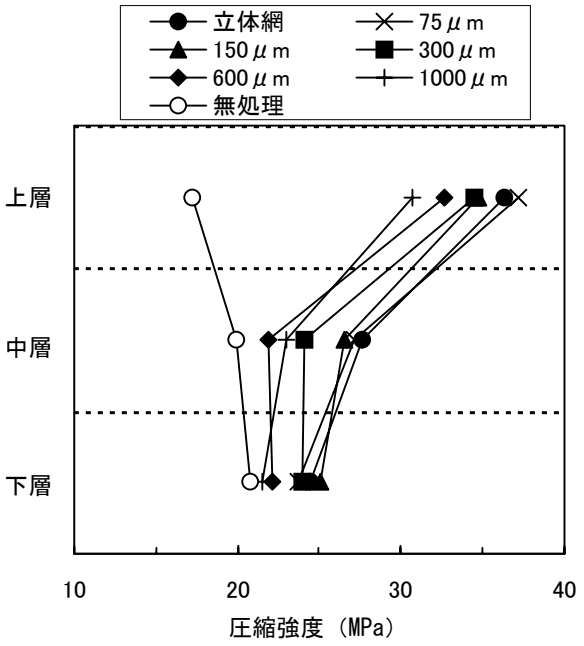
図－8にコア供試体より得られた各試験体の高さ方向の圧縮強度分布を示す。図によれば，いずれの網を用いた試験体においても，圧縮強度は上層に行くにつれて増加した。処理マット



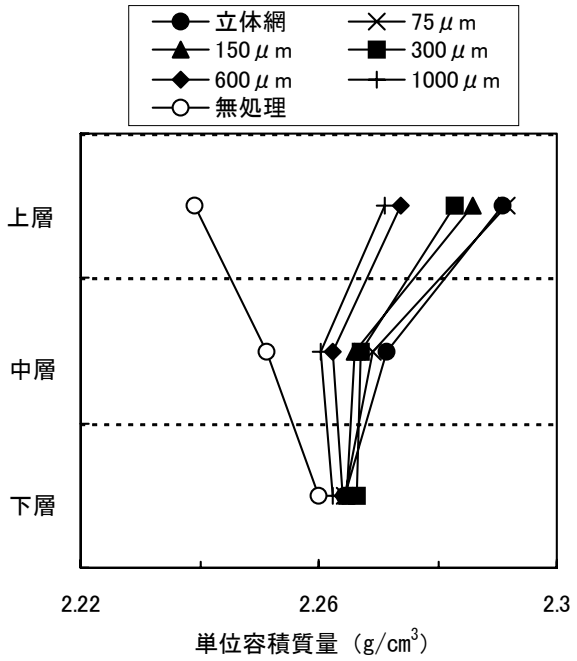
図－６　材齢と反発硬度の関係（Ｐ型ハンマ）



図－７　材齢とキズ幅の関係（仕上学会式）



図－８ 圧縮強度分布

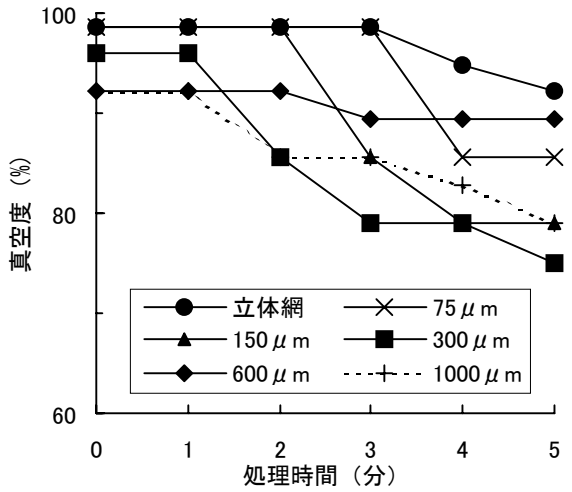


図－９　単位容積質量分布

の違いによる影響も顕著であり，立体網および75μm 目の平面網を使用した試験体の圧縮強度分布がとくに良好であり，網目径が大きくなるにつれて，無処理試験体に対する強度増加率は低下していく。コア供試体より得られた各試験体の単位容積質量を**図－９**に示すが，圧縮強度分布と強い相関性があるといえる。

(4)真空度の時刻歴

真空処理過程における真空度の時刻歴を**図－10**に示す。図によれば，網目径が大きいほど真空度が低下し始める時期が早くなっている。排水量は，真空処理を行った全ての試験体においてほぼ同様な結果でありながら（**図－４**），使用した処理マットの網目径の違いによって圧縮強度分布に違いが生じるのは，セメントの吸引量と真空度の影響によるものと考えられる。すなわち，粗い網目の場合には，セメントが多く吸引されるために，真空処理時には，試験体の表層部が粗になるとともに，試験体内部には水みちが形成され，真空度が低下し，締固め効果が



図－10　真空度の時刻歴

小さくなると考えられる。なお，立体網と 75μm 目の平面網との間で処理開始３分後に生じた真空度の差は，材質の柔軟性も一つの理由と考えられる。

４．まとめ

真空処理を行ったコンクリート床スラブの表層および内部強度分布に及ぼす処理マットの網目径の影響について実験的に調べ，以下の知見を得た。

1) 真空処理時の排水量には，処理マットの違いによる影響はほとんど見られず，脱水率で約 25%であった。排水中に含まれる固形分量は，練混ぜに使用したセメント量の 0.19～2.09%で，ろ過マットの網目径が大きいものほど多くなった。
2) スラブ表面の硬度および内部の強度分布は，ともに立体網と 75μm 目の平面網を用いた試験体が最も大きく，平面網では網目径が大きいほど小さくなった。
3) 上記の 1)および 2)から，真空処理を施したスラブ表面の強度にはセメントの残存量が影響していると考えられる。
4) 処理マットの網目径の違いがスラブの内部強度分布に影響する理由として，セメントの排出量に加えて真空度も影響していると考えられる。すなわち，処理マットの網目径が大きいとセメント排出量が多くなることで水みちが形成されやすくなり，その結果，真空度が低下するため，大気圧による締固めが十分行われないものと考えられる。

謝辞

本研究において，ご助力を得た三島直生助手（三重大学），実験に際し，ご協力を得た山本景司氏（㈱永楽開発），都築亮氏（㈱近藤組），小林広実君（三重大学・大学院生），また骨材を提供して頂いた㈱マエックスに謝意を表します。

参考文献

1) 柿崎正義，和美廣喜，他：真空コンクリート工法による床スラブの施工性に関する実験研究，鹿島技術研究所年報，第 27 号，pp.81-84，1979.
2) 児玉武三：真空処理後のコンクリートの性質，セメント・コンクリート，Vol.16，pp.284-289，1962.
3) 中沢隆雄，谷川和夫，他：真空処理がコンクリートの強度に及ぼす影響，セメント・コンクリート論文集，No.44，pp.342-347，1990.
4) 高林利秋：真空コンクリート工法、理工図書，1962.
5) 和藤浩，村松昭夫，山口武志，畑中重光：真空脱水締固め工法による建築床スラブコンクリートの性能改善，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21，No.2，pp.1393-1398，1999.
6) 和藤浩，村松昭夫，山口武志，畑中重光：真空脱水締固め工法によるコンクリート床スラブの内部強度分布の改善，コンクリート工学年次論文集，Vol.22，No.2，pp.1321-1326，2000.
7) 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.
8) 土田恭義，小野寺善弘，他：床下地表面硬さの簡易測定方法に関する研究－その３　引掻き硬さ測定器の検討－，日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集，pp.9-12，1997.