

建築床スラブ下地コンクリートの表層部の性能改善

その4 内部強度分布と要因分析

○ 畑中 重光*1 山本 景司*2 和藤 浩*3 小林 広実*4
湯浅 昇*5 村松 昭夫*6 山口 武志*7

1. はじめに

1.1 経緯と目的

筆者らは、従来の真空処理工法（以下、従来工法）の問題点を整理し、一般に軟練りコンクリートを使用する建築分野でも適用可能な新たな真空脱水締固め工法（以下、提案工法）を提案した。また、これまでに提案工法によって作られるコンクリートスラブの性状に関し、諸要因を変化させて検討してきた¹⁾。

本報では、真空脱水処理を行ったコンクリート試験体の強度発現性状を支配する因子を明確にすることを目的として、試験体の細孔構造および水セメント比分布を調べ、これらの諸量と圧縮強度分布との関係を検討する。

1.2 既往の研究

山本ら²⁾は組成の異なる3種類のセメントを用いて、水セメント比を変化させた時のセメントペーストの強度発現および空隙構造について考察している。それによると、若材齢で強度が低い時には、強度の空隙率依存性は非常に大きく、7.5nm から 7.5 μm の細孔半径を持つ毛細管空隙量は、材齢を問わず、空隙率および強度と一定の関係を持つと報告している。また、長期間養生したペースト硬化体のゲル空隙は、水セメント比に関係なく材齢の進行に伴い減少し、強度は毛細管空隙率および全空隙率に依存すると報告している。

神田ら³⁾は、厚さ 18cm のスラブコンクリートの打込み後の断面各部における水セメント比の経時変化を調べ、練混ぜ直後の水セメント比に対して、その分布性状を考察した。その結果、上層部と下層部と間の水セメント比の差は、軟練りコンクリートの場合、約 8% にも及ぶことが注目され、上層部と下層部では水セメント比にかなりの差異を生じた状態で、凝結・硬化の過程に移行すると述べている。

2. 実験概要

2.1 使用材料および実験要因

コンクリートの材料および調合表を表-1 および表-2 に、実験要因を表-3 に示す。細孔構造の測定に使用する試験体の目標圧縮強度 (Fc) は、10, 20, 30, 40MPa とした。真空脱水処理は、各強度レベルの試験体において打設後 30 分または 120 分に行い、無処理の試験体については、打設後 120 分にブリーディング水のみを真空ポンプで真空度を 0 に近い状態にして吸い取った。水セメント比の測定は、目標圧縮強度が 20MPa の試験体についてのみ行った。

2.2 実験方法

(1) 細孔径分布測定

各強度レベルのコンクリート試験体から、コア試験体を抜き取り、それを各層に切断し、それぞれハンマで破碎し、その一部を 2.5~5.0mm の粒度に調整した。次にアセトン処理および D-dry 処理を施して試料とし、細孔構造を水銀圧入式ポロシメータにより測定した。

(2) 水セメント比の測定

表-1 使用材料

使用材料	特性
セメント	普通ポルトランドセメント
細骨材	町屋川産川砂：硬質砂岩（密度 2.64g/cm ³ ）
粗骨材	志摩産碎石：硬質砂岩（密度 2.68g/cm ³ ）
混和剤	高性能 AE 減水剤（SSP-104）

表-2 調合表

Fc (MPa)	W/C (%)	s/a (%)	単位重量(kg/m ³)				SP (C×%)	SL (cm)
			W	C	S	G		
10	80	52	195	243	945	884	0.2	18
20	65	50	185	285	904	917	0.4	
30	55	49	180	327	874	924	0.5	
40	40	47	175	438	802	918	0.6	

(注) Fc：目標圧縮強度，W/C：水セメント比，s/a：細骨材率，SP：高性能 AE 減水剤，SL：設計スランプ

Improvement of surface for Slab Concrete
Part4 Inner State and Analysis of Factor of Strength

HATANAKA Shigemitsu et al.

表-3 実験要因

Fc (MPa)	スラブ 厚さ (cm)	SL (cm)	真空脱水			測定項目
			ろ過 マット	開始時間 (分後)	コート剤 散布	
10	24	18	使用	30	無	<ul style="list-style-type: none"> ・細孔構造 (細孔半径 3.2nm~0.1mm) ・水セメント比分布 (20MPa 試験体) ・圧縮強度分布
20				120		
30			無処理			
40			無処理			

目標強度 20MPa のコンクリート試験体について圧縮強度分布と対応する 4 層それぞれの水セメント比を測定した。なお練混ぜに使用した骨材は全て表乾状態のものとして仮定した。

試料の採取方法は、いずれの試験体についても、打設後 120 分に上層から 6cm ずつ 4 層に分け、それぞれから 5mm のふるいでウェットスクリーニングしてモルタルを採取し、これを測定用試料とした。なお、試料の採取は、それぞれの層から 3 箇所 (図-1 の①, ②, ③に示す位置) とした。

測定方法は、全生工組連試験方法のスラッジ固形分中の砂分含有率試験方法を参考にした。あらかじめ 100℃で乾燥させて水分をとばした磁器るつぼ (容積 30ml) に各層から採取した試料を詰め、質量 W_1 (g) を測定する。その後、るつぼに詰めた試料を乾燥機に入れ 100~110℃になるまで乾燥させてから、500℃の乾燥機で質量が一定になるまで乾燥させ、質量 W_2 (g) を測定する。試料は、500℃で乾燥させることにより、試料中の自由水および結合水までなくなったものとする。試料を 2 段階に分けて乾燥させるのは、急激な温度上昇により、るつぼがひび割れるのを防ぐためである。次に、試料中のセメントが塩酸と反応しやすくなるために、試料をるつぼと一緒にハンマで粉々にし、それをピーカに入れ、300ml の水を加えて掻き混ぜながら塩酸 (1 級塩酸を水道水で容積比 1:1 の割合で薄めたもの) を加えて試料を溶かす。ピーカを約 20 分間加熱した後、ブフナーろ斗に入れて水をかけながら吸引ろ過する。その後、試料を 105~110℃で一定質量になるまで乾燥し、これを放冷した後、質量 W_3 (g) を

測定する。試料を塩酸と反応させることにより、セメントは塩酸により溶かされ、砂とるつぼのみが残ったものとする。セメントの強熱減量は、別にセメントを 500℃で乾燥させて求め ($ig.loss = 0.42\%$)、算出されるセメント量に加算し、かつ水量から差し引くことにより考慮した。これら一連のフローを図-2 に、計算式を以下に示す。

①強熱減量

$$C.igloss (g) = (W_2 - W_3) \times 0.0042$$

$$(ig.loss = 0.42\%)$$

②水分量

$$W (g) = (W_1 - W_2) - C.igloss$$

③セメント分量

$$C (g) = (W_2 - W_3) + C.igloss$$

④水セメント比

$$W/C (\%) = W/C \times 100$$

3. 実験結果

図-3 に、細孔構造測定に供したコンクリートコア試験体内部の圧縮強度分布を示す。いずれの強度レベルの試験体においても、無処理の場合、最下層 (第 1 層) より上層 (2~4 層目) にいくに従って圧縮強度は漸減していく。一方、真空脱水処理を行った試験体では、逆に上層にいくに従って圧縮強度は増加した。また、脱水時期の影響については、いずれの強度レベルの試験体においても、打設後 120 分に真空脱水処理を行った方が、30 分後に真空脱水処理を行ったものより、圧縮強度の値は大きくなった。

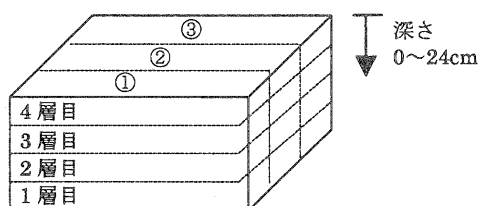


図-1 試料採取位置

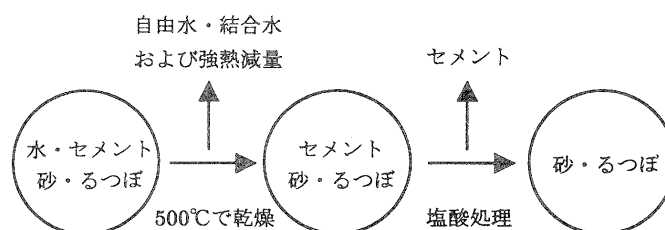
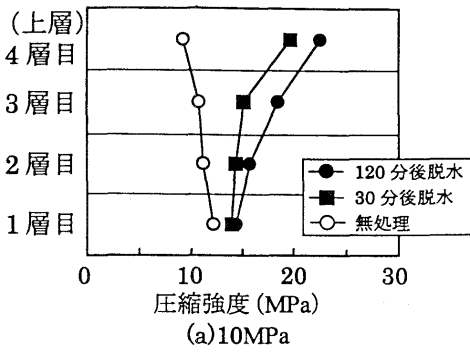
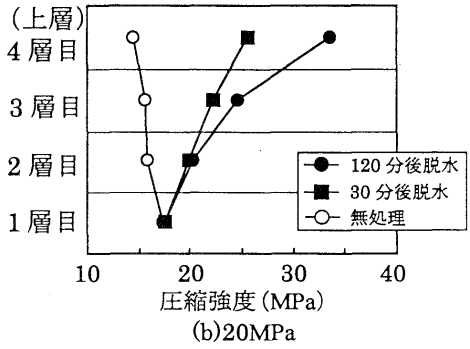


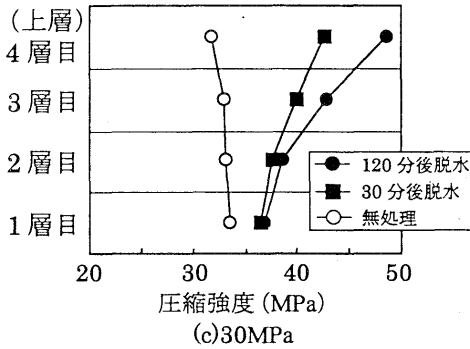
図-2 水セメント比の測定手順



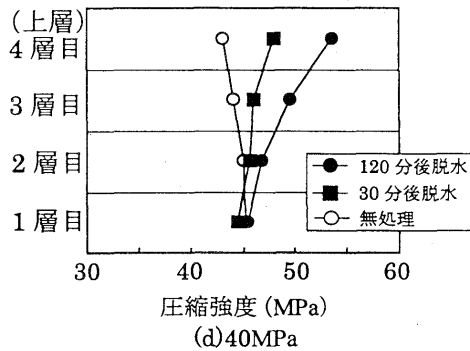
(a)10MPa



(b)20MPa

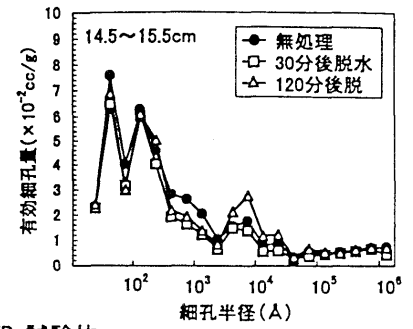
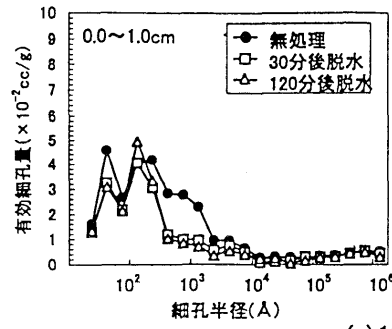


(c)30MPa

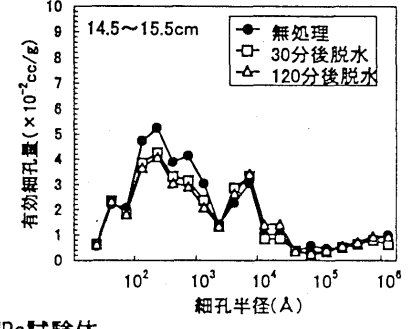
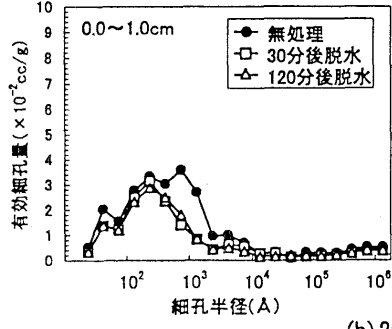


(d)40MPa

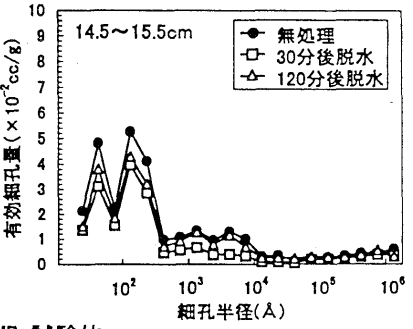
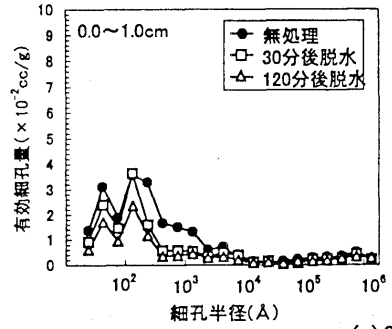
図-3 圧縮強度分布



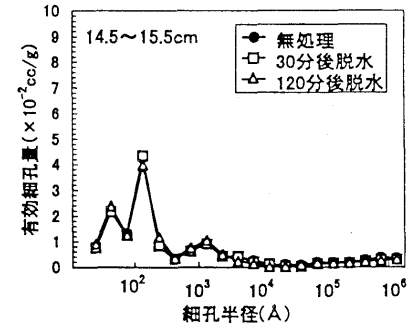
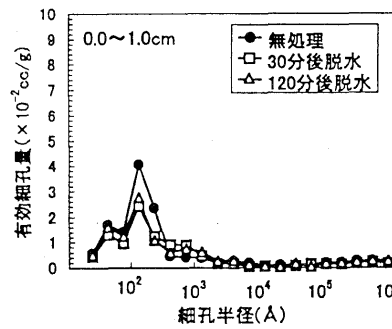
(a)10MPa試験体



(b)20MPa試験体



(c)30MPa試験体



(d)40MPa試験体

図-4 各強度レベルの細孔構造
表層 (左図) と内部 (右図)

3.1 細孔構造

図-4 は無処理および真空脱水処理を行った試験体の表層および内部の細孔径分布を示したものである。図によると、真空脱水処理の有無にかかわらず、低強度な試験体ほど全般的に細孔構造が粗く、表層と内部の差が大きいことが分かる。また、それぞれの試験体において、表層部では、真空脱水処理を行うことにより1000Å以下の細孔が減少しており、全体の細孔量も減少している。しかし、真空脱水処理

開始時期の影響は確認できなかった。

3.2 水セメント比

図-5 に、それぞれの試験体の各層における水セメント比の測定値を位置別で示した。無処理の試験体では、ばらつきが大きいものの上層にいくに従って水セメント比が大きくなる傾向が見られる。それに対し、真空脱水処理を行った試験体では、測定位

置の違いにより水セメント比に若干の差が見られるが、下層から上層に向けて値が小さくなっていく傾向はどの位置でも同様である。

図-5(d)は、それぞれの試験体の各層における3つの測定位置での水セメント比の平均値を示したものである。無処理の試験体ではブリーディングの影響により下層から上層に行くに従って、水セメント比が増加していくのに対し、真空脱水処理を行った試験体では、下層から上層に行くに従って水セメント比が大幅に減少している。これは、各層の圧縮強度分布を示した図-3と同様な傾向であり、最下層では、水セメント比においても無処理の試験体と真空脱水処理を行った試験体とでは差が見られなかった。すなわち、真空脱水処理の効果は、20MPaの試験体について試験体表面から15cmぐらいであると考えられる。

また、真空脱水処理を行った試験体の両者(30分後と120分後)を比較すると、それぞれの層における水セメント比に顕著な差は見られなかった。

4. まとめ

真空脱水処理を行ったコンクリート床スラブ試験体の圧縮強度分布の発生原因を、空隙構造と細孔構造および水セメント比分布に着目して検討した。得られた結果を以下に示す。

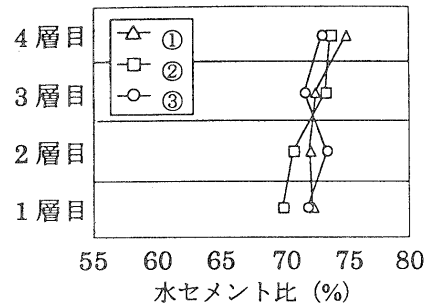
(1) 真空脱水処理により、細孔構造については有効細孔量が減少している。すなわち表層に行くほど細孔構造は緻密化され、締固めの効果が得られたと考えられる。ただし、真空脱水開始時期の違いについては明確な差異が見受けられなかった。

(2) 試験体内部の水セメント比は、真空脱水処理により大幅に減少し、その傾向は、圧縮強度の分布性状と対応する。しかし、これも細孔構造と同様、真空脱水処理開始時期の違いによる差異は確認できなかった。

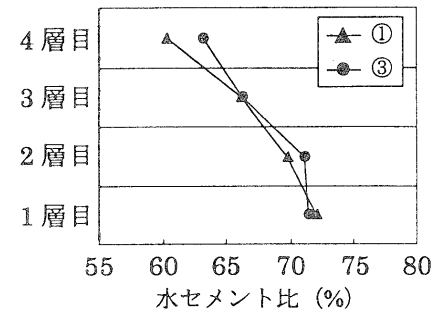
(3) 真空脱水処理を行った試験体の圧縮強度分布の主な発生原因として、ブリーディング水を吸引することによる水セメント比の低下、およびこれに起因する細孔構造の緻密化が考えられる。

【参考文献】

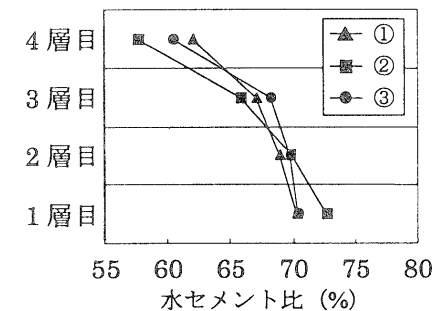
- 1) 畑中重光, 山本景司, 和藤浩, 小林広実, 村松昭夫, 山口武志: 建築床スラブ下地コンクリートの表層部の性能改善(その3 スラブ厚さおよび真空脱水開



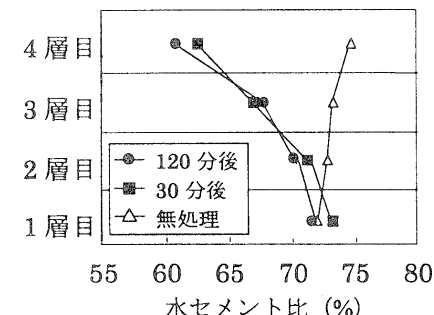
(a) 無処理試験体



(b) 30分後脱水試験体



(c) 120分後脱水試験体



(d) 各層における平均値

図-5 水セメント比分布

始時期の影響), 仕上学会大会技術講演会研究発表論文集, 2001.

- 2) 山本昌彦, 高橋俊之, 後藤誠史: 強度発現に及ぼすセメントの組成と水セメント比の影響, 第48回セメント技術大会講演集, pp.260-265, 1994.
- 3) 神田衛, 吉田八郎: コンクリート打込み後のスラブ断面における水セメント比の分布性状, セメント・コンクリート, No.322, pp.8-12, 1974.

*1 三重大学工学部建築学科・教授・工博

*2 榎永楽開発

*3 三重大学工学部建築学科・技術官

*4 三重大学工学部研究科建築学専攻・大学院生

*5 日本大学生産工学部建築工学科・講師・工博

*6 榎建和・代表取締役

*7 山口技研

Prof., Dept. of Architecture Faculty of Eng., Mie Univ., Dr. Eng.

Eirakukaihatsu Corp. Ltd.

Technical Expert, Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Mie Univ.

Grad. Student, Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Mie Univ.

Lecture., Dept. of Architectural Engineering, Nihon Univ., Dr. Eng.

Kenwa Corp. Ltd.

Yamaguchi Giken Corp.