

# コンクリート床スラブの真空脱水締固め工法の改善 (その1 既往の研究と実験概要)

## Improvement of Vacuum Processing Method for Slab Concrete (Part 1 Review and Outline of Test)

和藤 浩\*<sup>1</sup> (技術部第1技術系第2班 (建築学科))  
村松 昭夫\*<sup>2</sup> ((株) 建和)  
山口 武志\*<sup>3</sup> (山口技研)  
畑中 重光\*<sup>4</sup> (三重大学工学部建築学科)

### 1. はじめに

コンクリート床スラブに要求される性能として、曲げ強度、ひびわれ強度、表面の耐摩耗性等が挙げられる。コンクリート床は、多くの場合、ブリーディング水がひく頃にこて等で仕上げが行われるが、ブリーディングによってどうしても表面の弱さが問題となってくる。

この問題を根本的に改善するために考案された仕上げ工法として、真空処理工法がある(図1参照)。この工法は、もともと1935年にアメリカで真空コンクリート工法(以下、従来工法)として開発されたと言われている。日本では、土木分野への適用は多く見られるものの、建築分野では定着しなかった(理由については、後述)。そこで筆者らの一部(村松及び山口)は、従来工法の問題点を改善し、建築分野のコンクリートにも適用可能な新たな真空脱水締固め工法(以下、提案工法)を考案した。本研究では、従来工法について、これまでに得られている知見をレビューするとともに、提案工法の更なる改善を目的とする一連の実験的検討を行

う。なお、本報では、本実験計画の概要のみについて紹介する。

### 2. 従来工法の特徴

以下に、従来工法を行った場合に得られるコンクリートの性質を、脱水率および圧縮強度に着目してレビューする。なお、以下の知見は、真空脱水工法一般に得られているものであり、とくに床スラブの表面強度に注目した研究は、筆者らの知る限りでは極めて少ない。

#### (1) 脱水率および水セメント比

児玉<sup>1)</sup>は、調合の異なるコンクリートに対し、真空処理で吸い出される水量を測定した。図2に示す実験結果により、最初の5分間(30分間経過後)で全吸水量の約50%が吸引され、その後は徐々に緩慢となり、真空処理を30分間以上継続しても大した効果が見られなくなると報告している。また、真空処理を施した直後のコンクリートを上、中、下の3部分に分け、洗い分析によって各部分の水セメントを調べた。図3に示す実験結果により、上下層の水セメン

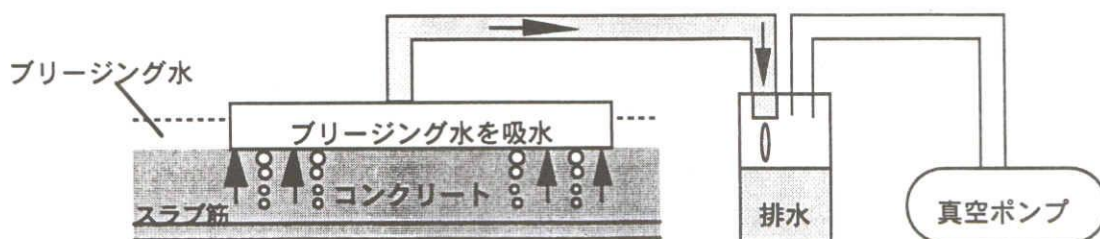


図1 真空処理工法の一例

ト比にはかなり差異が見られ、この差異は貧配合ほど顕著であること、いずれの配合も上層は水セメント比の低下が極めて大きく、下層に行くに従って小さくなることを報告している。

柿崎ら<sup>2)</sup>は、調合およびスラブ厚の異なるコンクリートについて、加水後30分で真空処理を行った。図4は、真空処理時間の経過に伴う脱水率（脱水量／単位水量）の変化を示したものである。脱水率は、真空処理時間が長く、スラブが薄く、水セメント比が大きいほど大きくなるが、スランプの変化に対してはあまり影響されないと報告している。

細川ら<sup>3)</sup>は、環境条件として寒冷地および海洋環境を想定し、真空処理によるコンクリートの耐久性の改善を検討した。実験では、AEコンクリートとnonAEコンクリートを用いている。図5は、吸引水量から求めた脱水率および水セメント比の減少値を求めたものである。図

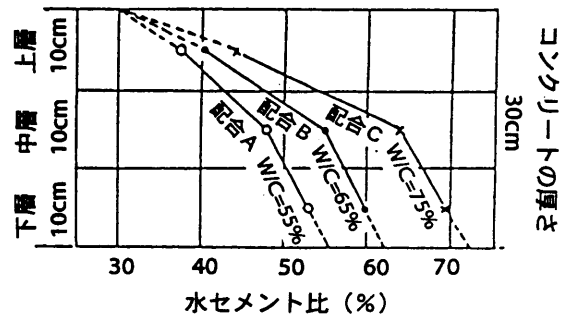


図3 洗い分析試験による各層の水セメント比

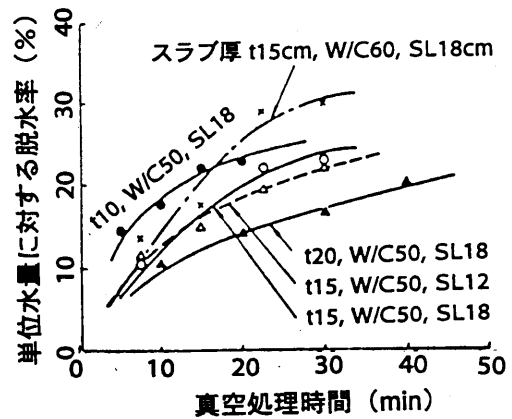


図4 真空処理時間と単位水量に対する脱水率との関係

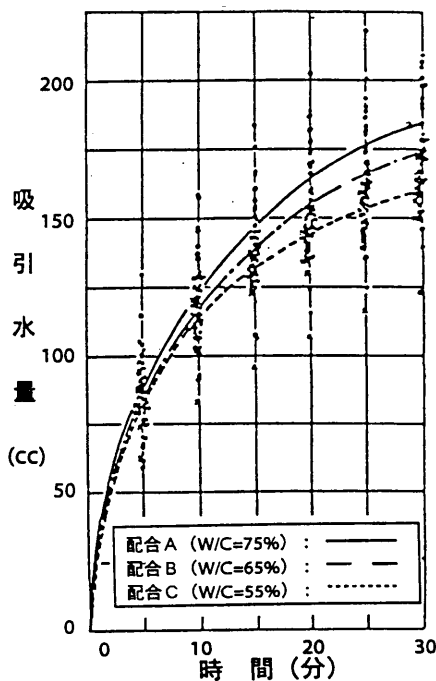


図2 真空処理時間と吸引水量の関係（φ15×30cm試験体1個に対する吸引水量(cc)）

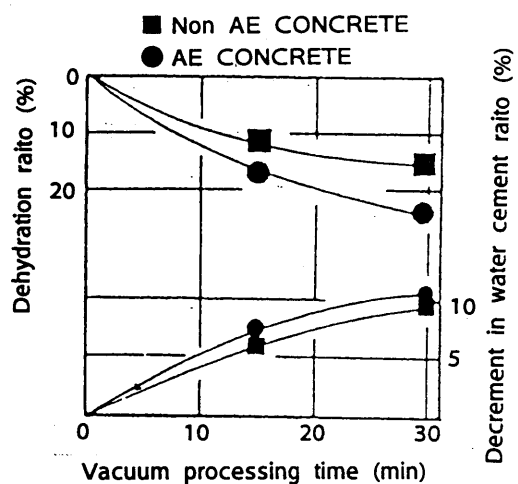


図5 吸引水量から求めた脱水率及び水セメント比の減少値

より、ワーカビリティの良かったAEコンクリートにおいて高い脱水効果が得られたと報告している。

## (2) 圧縮強度

中沢ら<sup>4)</sup>は、水セメント比およびスランプが異なるコンクリートを真空処理し、無処理のものも含めて、圧縮強度を推定した。その結果を図6に示す。なお、推定強度は、反発硬度と超音波伝搬速度の複合法によっている。図より、非破壊試験法（推定式は、建築学会式を修正）によって、真空処理したコンクリートの表面強度をほぼ推定できると報告している。

児玉<sup>1)</sup>は、真空処理したコンクリートを上、中、下の3部分に切断し、それぞれの層の圧縮強度を測定した。

その結果を図7に示す。図によると、真空処理したコンクリートでは、その強度は均一ではなく、上層と下層とではかなり強度差が見られること、上層は初期において相当に強度増進が見られることなどを報告している。

柿崎ら<sup>2)</sup>は、脱水率と圧縮強度との関係を検討している。その結果を図8に示す。図により、圧縮強度は、脱水率が15~20%程度まで大

きくなるが、それ以上の脱水率では、脱水率の増加に伴って圧縮強度が小さくなると報告している。

## 3. 従来工法の問題点とその改善（提案工法）について

従来工法が建築分野で定着しなかった主な理由の一つとして、建築用コンクリートは、スランプが15~18cmと大きいことが挙げられる。す

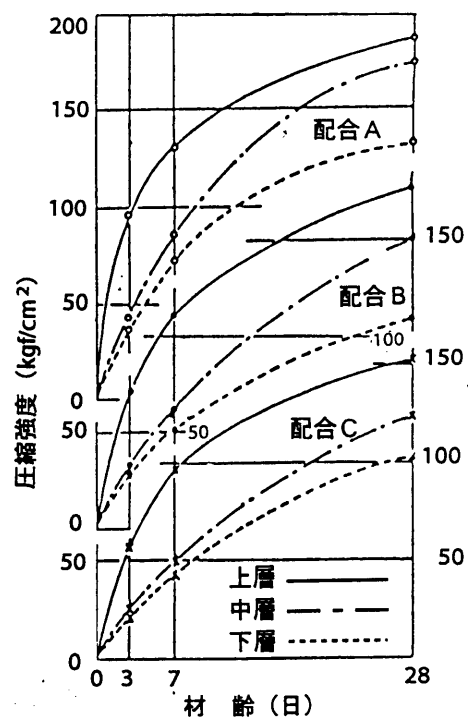


図7 各層の圧縮強度の比較

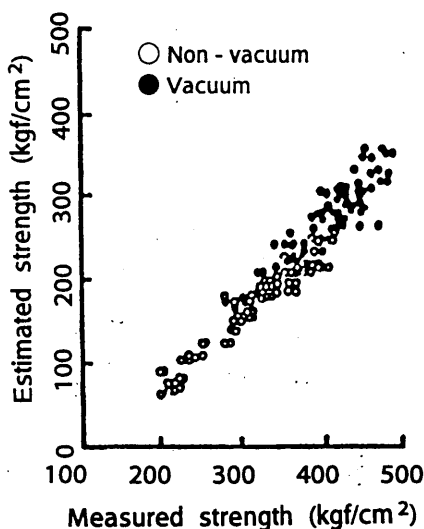


図6 推定強度と実測強度の関係

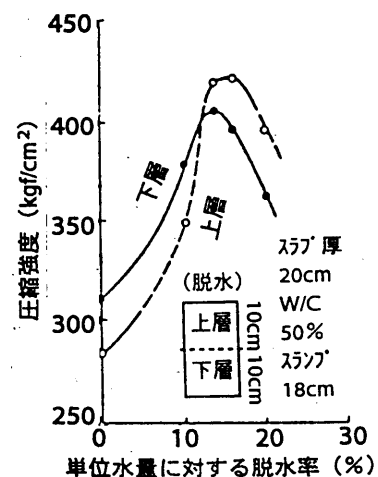


図8 単位水量に対する脱水率とスラブ上下層の圧縮強度

表1 従来工法と提案工法の比較

	作業時期	吸引性能	特長・欠点
従来工法	打込終了の0~30分後。	厚さ1cm当たり1.5分。 吸引時間は、15~20分。 施工量：最大300m <sup>2</sup> /日。	<ul style="list-style-type: none"> <li>セメント粒子も水と一緒に吸引するので、表面のセメント分が不足し、表面強度の増加が少ない。</li> <li>セメント不足のため、金こて仕上げが難しい。</li> <li>表面亀裂（ヘア・クラック）の恐れあり。</li> </ul>
	<p>1935年アメリカで開発。日本でも、土木分野で活用。建築分野では、実績はほとんどない（高スラブ(12cm以上)では、施工時の足場の確保に問題あり）。</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p>*ろ過マットがないため、セメント粒子を吸引する。</p> </div> </div>		
提案工法	打込終了の2時間後。 (ブリーディング終了後)	厚さ1cm当たり1分。 吸引時間は、5分程度。 施工量：最大1,200m <sup>2</sup> /日。	<ul style="list-style-type: none"> <li>セメント粒子を通さないで、コンクリート全体の割合が変わらない。</li> <li>コート剤の散布より、コンクリートの水和反応を促進し、表面亀裂（ヘアクラック）を防止する。</li> </ul>
	<p>従来の真空コンクリート工法の問題点を改善。</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p>*ろ過マットがあるため、セメント粒子を吸引しない。</p> </div> </div>		

なわち、従来工法では、真空脱水開始時期がコンクリート打設後30分以内と早いため、軟練りコンクリートの場合、作業時に直接コンクリート上には乗れない。そのため、足場が必要となり、実際上、施工現場でのコンクリートの打設に追いつかないのである。

また、その他にもいくつかの問題点が挙げられるが、従来工法の問題点とその改善法（提案工法）を表1に比較して示した。

すなわち、提案工法の主な特長は、以下の3点である。

- 1) ブリーディング現象を最大限に利用（ブリーディング終了後に吸引）。
- 2) セメント粒子を通さない特殊なマットを採用（表面強度の確保）。

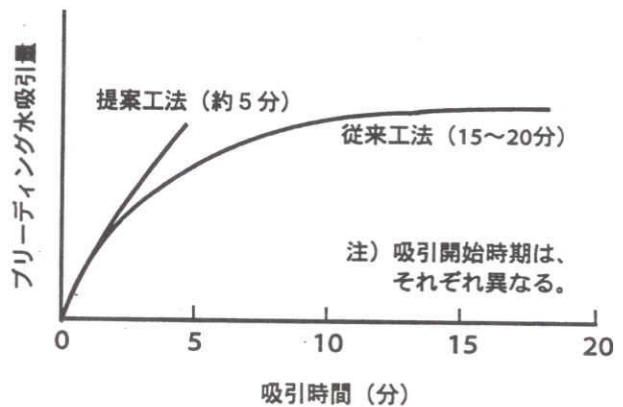


図9 従来工法と提案工法による吸引時間と吸水量の関係の予測図

- 3) コート剤の散布（施工と同時に保水養生を開始）。

また、その結果として、施工面においても施工量の増大、機材の軽便化などが可能となる。

図9に、従来工法と提案工法における真空処

表2 実験概要

強度レベル	スランプ	真空脱水				材齢	打込時期	測定項目
		ろ過マット	開始時期	真空度	コート剤散			
10MPa 20MPa 40MPa	8cm	不使用	---	---	---	1日 3日 7日 28日 91日	夏 冬 春	・圧縮強度 (標準円柱体、コア2、4分割) ・反発硬度 (N型及びP型ハンマー) ・ひっかき硬さ (三重大学式(垂直力:15N)) (日本建築士学会式) ・ブリーディング水の排水量 ・ブリーディング水の分析 (固形分量、pH)
		使用(粗目)	5分後 30分後 60分後	10% 40%	無			
	使用(細目)	120分後 180分後	80%	有				
	18cm							

理(吸引)時間とブリーディング水の吸引量の予測図を示しておく。このような吸引時間の短縮は、上記の1)の特長によって可能となっている。

#### 4. 提案工法の改善を目的とする実験計画

前述のように、建築の分野では、提案工法が従来工法と比べてとくに優れていることは明らかである。提案工法を使用したコンクリートの性質は、技術資料<sup>5)</sup>として既に一部報告されているが、諸条件が異なる場合の改善効果について定量的な評価がなされていない。そのため本実験では、以下に示す要因を取り挙げ、提案工法の位置付けを明確にするとともに、諸要因について、提案工法としての最適値を探る。

表2に実験の概要を示す。なお、表中のアンダーラインは、基準となるものを示す。

##### (1) 実験要因

###### 1) 材料・施工条件

- ・コンクリートの強度レベル(10~40MPa)
- ・スランプの大きさ(8、18cm)
- ・施工時期(春、夏、冬)

###### 2) 真空脱水工法の条件

- ・ろ過マットの有無
- ・真空脱水の開始時期  
(5~180分後)

・真空度(10~80%)

・コート剤の散布の有無

##### (2) 試験体

スラブ用の試験体は、60(縦)×40(横)×24(高さ)cmとし、各要因ごと1体ずつ製作する。また、標準試験体(φ10×20cm)を各5本作成する。

##### (3) 測定方法

###### 1) 圧縮強度

スラブ用の試験体よりφ5cmのコアを7本採取し、図10に示すように、コアをコンクリートカッターで切断(4分割と2分割)し、それぞれの層の圧縮強度を実測する。なお、試験機には、耐圧試験機を用い、試験体本数は、以下のようにする。

- ・4分割(φ5×5cm、高さ/直径比(H/D)=1)  
(上部、中上部、中下部、下部):各4本
- ・2分割(φ5×10cm、高さ/直径比(H/D)=2)  
(上部、下部):各3本

なお、標準試験体(φ10×20cm)もコア試験体と同時に圧縮試験を行う。

###### 2) 表面硬度

スラブ試験体の表面の反発硬度を、N型およびP型テストハンマーを用いて各材齢ごとに測定する。なお、若材齢の場合には、原則としてP型テストハンマーを用い、測定範囲(5N~15N)を超えた場合には、N型テストハンマー

を用いて測定を行う。

### 3) ひっかき硬さ

スラブ試験体の表面のひっかきキズの幅を各材齢ごとに測定する。なお、試験器としては、筆者らの一部（和藤、畑中）が考案試作したひっかき試験装置<sup>6)</sup>、<sup>7)</sup>（垂直力：15N）および日本建築仕上学会の引っかき試験器<sup>8)</sup>（垂直力：4.9、9.8N）を用いる。

### 4) 排水量

真空脱水開始時より吸引されるブリーディング水の排水量（L/m<sup>2</sup>）を測定する。

### 5) ブリーディング水の分析

排水されたブリーディング水のアルカリ度をpH測定器で測定する。また、排水されたブリーディング水を絶乾状態にし、固形分の量を測定する。

## 5. まとめ

- 1) 真空脱水工法を適用して得られるコンクリートの諸性状をレビューした（図2～8）。
- 2) 従来の真空脱水工法を建築の床スラブに適用する際の問題点を把握し、改善すべき点を指摘した（表1）。
- 3) 今後、提案工法によって得られるコンクリート床版の性状を実験的に明らかにしていく予定である（表2）。

### 【参考文献】

- 1) 児玉：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。
- 2) 柿崎、和美、陳：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。
- 3) 細川、尾崎、菅田：真空処理によるコンクリートの耐久性の改善、セメント・コンクリート論文集、No.43、pp.210-215、1989。

——— : コンクリートカッターによる切断部及び研磨部分

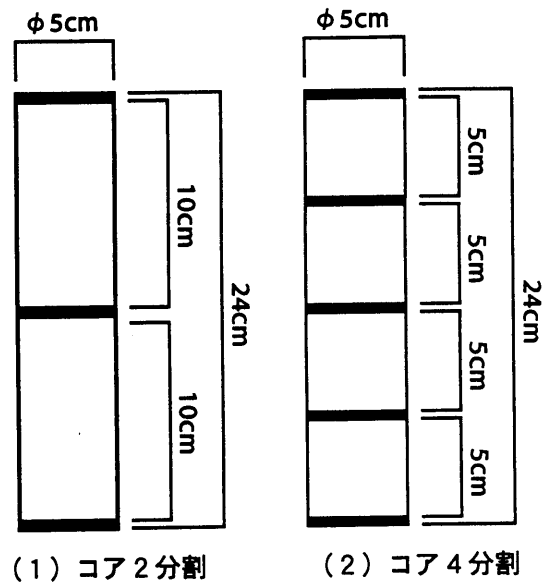


図10 コア試験体の概略図

- 4) 中沢、谷川、黒崎：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。
- 5) ベストフロー工業会：ベストフローシステム、ベストフローシステム技術資料3、1994。
- 6) 和藤、王、畑中：劣悪コンクリートの強度推定に関する基礎的研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.19-2、pp.357-362、1997。
- 7) 和藤、王、畑中、谷川：劣悪コンクリートの簡易診断方法に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.20-1、pp.341-346、1998。
- 8) 土田、小野寺、浅見、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1997年大会学術講演会研究発表論文集、pp.9-12、1997。

\* 1 : Technical Expert, Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Mie Univ.

\* 2 : Kenwa Corp. Ltd.

\* 3 : Yamaguchi-Giken Corp.

\* 4 : Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Mie Univ., Dr Eng.