

# 平成16年度科学研究(奨励研究)報告

## ライフサイクルコストを考慮した高強度で高耐久なコンクリート床スラブの実現

三重大学工学部技術部 和藤 浩

### 1. はじめに

コンクリートは、ブリーディング現象の影響により、上部ほど圧縮強度は弱くなる性質を持ち、更に上部表面においては不可避の弱化層が生じてしまう。特に、コンクリート床スラブでは、この弱化層である表面に仕上材(Pタイル、等)を貼りつけている。つまり、仕上材工事では、その性能が下地材であるコンクリートの表層部の性能で決まってしまうことが少なくない。

三重大学工学部においても、建築後20~30年経過した建築物の廊下、研究室等はPタイルの剥離等が目立っており(写真-1)、貼り直し等も頻繁にされている。下地コンクリートの性能を飛躍的に改善し、このような問題を根本的に解決するために考案された施工方法として真空処理工法(大きな特長:普通コンクリートとは、逆に上部ほど圧縮強度が大きくなる)があるが、建築分野で定着するには至らなかった(例えば1)。

そこで、村松ら(例えば2)は、従来の真空処理工法(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を考案した。図-1に本工法の概略図を示す。そして、筆者らは、基礎実験によって、その効果を例証した例

例えば3)、4)。

本研究では、これまでの基礎的研究成果を応用する。すなわち、三重大学で使用されているコンクリート床スラブを耐久性の面からとらえ、真空脱水工法、普通コテ仕上、等のコンクリート試験体を製作し、水分率、Pタイルの付着、剥離等を実験的に検討する。さらに、コンクリート床スラブの補修に要するコストと真空脱水工法にかかる施工時のコストとの比較などにより、真空脱水締固め工法の補修コストまで含めたトータルコストにおける有効性を検証する。

### 2. 実験方法

#### (1) 試験体の製作方法

本実験で使用した材料および調合表を表-1

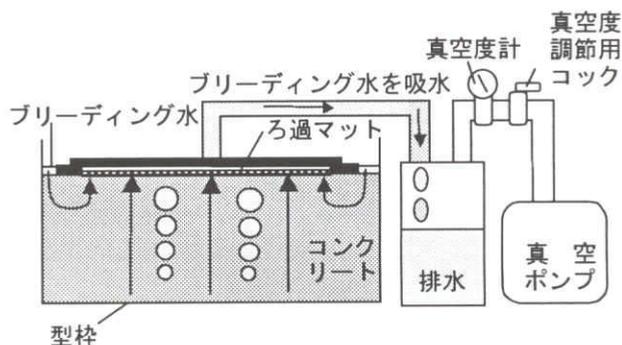
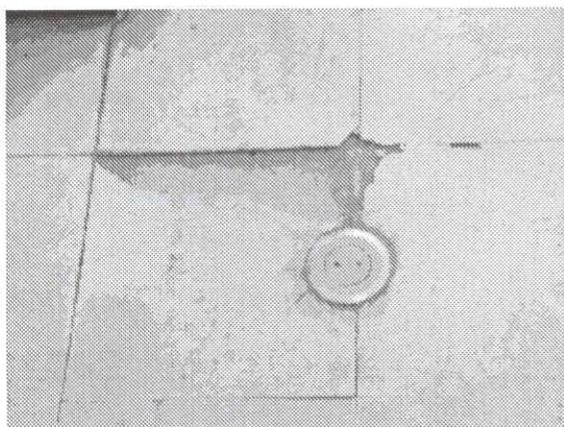
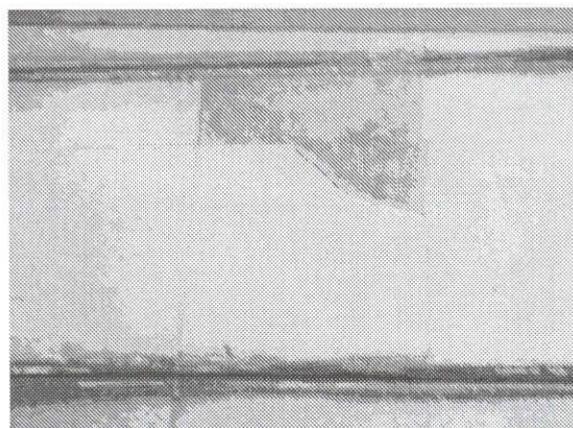


図-1 真空脱水処置の概略図



(a) 廊下



(b) 階段

写真-1 大学建物のPタイル剥離状況の一例

および表-2に示す。目標圧縮強度(Fc)は20MPaとし、設計スランプは18cmとした。実験要因を表-3に示す。本実験で用いたスラブ試験体は、33.6(縦)×19.4(横)×15.0(高さ)cmの無筋コンクリートとし、真空脱水処理を行う試験体を3体、真空処理を行わない試験体(以下、無処理)を3体の計6体を作製した。なお、真空脱水を行った各試験体No.を以下に示す。

- ・V1: 水分値, 水分蒸発速度試験, 重量測定
- ・V2: 簡易剥離試験(衝撃なし)
- ・V3: 簡易剥離試験(衝撃あり)

真空処理を行う試験体の処理開始時期は、ブリーディングがほぼ終了した打込み終了2時間30分後とした。なお、ブリーディング試験は、φ25×15cmの容器を用いて、打込み終了後に30分間隔(2時間以降は15分間隔)で行った。図-2に、ブリーディング試験の結果を示す。

コンクリート打込み時の雰囲気は、天候は晴れ、気温20℃、湿度50%であった。材齢4ヶ月まで各測定を行った日の実験室内の雰囲気を図-3に示す。図-4に、真空脱水処理を行った試験体の真空度の時刻歴を示す。

試験体表面はすべて鋳仕上げを行い、脱型は行わず実験室内気中養生とした。

無処理試験体および真空脱水処理を行った試験体の3体のうち1体は、水分値および水分蒸発速度測定用に材齢1日目に写真-2に示すように試験体表面と型枠の隙間をシリコーンで覆った。他の2体は、剥離試験用として、ワイヤブラシを用いて研いた試験体表面に酢酸ビニル樹脂系溶剤形接着剤のボンドを約0.2g塗布した2.5×2.5cmのコンポジションビニル系半硬質タイルを写真-3に示すように20枚貼付した。なお、タイルを貼付した時期は、施工現場の実績から真空脱水を行った試験体は材齢7日に、無処理試験体は材齢21日とした。

## (2) 各試験の測定方法

### 1) 水分値および水分蒸発速度試験

表-1 使用材料

材料	性質
セメント	普通セメント, 密度: 3.15
細骨材	川砂, 硬質砂岩, 表乾密度: 2.59
粗骨材	碎石, 硬質砂岩, 表乾密度: 2.66
混和剤	高性能AE減水材, ポリカルボン酸系

表-2 コンクリートの調合表

Fc(MPa)	Air(%)	W/C(%)	s/a(%)	単位質量 (Kg/m <sup>3</sup> )				SP(C×%)	SL(cm)
				W	C	S	G		
20	3.8	65	56	185	285	993	801	0.85	17.3

注) Fc: 目標圧縮強度, Air: 空気量, W/C: 水セメント比, s/a: 細骨材率, W: 水, C: セメント, S: 細骨材, G: 粗骨材, SP: 高性能AE減水材, SL: 実測スランプ

表-3 実験要因

Fc(MPa)	SL(cm)	真空脱水		仕上材貼付	材齢(日)	測定項目
		開始時間(分後)	真空度(%) 継続時間(分)			
20	18	ブリーディングほぼ終了時 <sup>*1</sup>	90(%) 5(分)	なし あり (衝撃 <sup>*2</sup> なし, あり)	3 7 28 91	<ul style="list-style-type: none"> <li>・真空脱水による排水量</li> <li>・反発硬度(P型ハンマ)</li> <li>・引掻き硬さ(仕上学会方式)</li> <li>・重量測定<sup>*3</sup></li> <li>・水分値<sup>*3</sup>kett社HI-520</li> <li>・水分蒸発速度<sup>*3</sup>(東洋濾紙社乾燥度試験紙)</li> <li>・簡易剥離試験<sup>*4</sup>(日大方式)</li> </ul>
		無処理				

注)\*1: 2時間30分後(φ25×15cmの容器を使用)。

\*2: φ10×4cm, 2.30kgの鉄製のおもりを使用。

\*3: 材齢28日まではほぼ毎日, 材齢28日以降は7日ごとに測定。

\*4: 仕上材貼付3, 7, 28日後に測定[貼付時期(真空脱水: 材齢7日, 無処理: 材齢21日)]

水分値はkett社製コンクリート・モルタル水分計 HI-520(写真-4)を用いて、また、水分蒸発速度試験は、湯浅らが研究<sup>5)</sup>を行っている乾燥度試験紙(東洋濾紙社製)を用いた試験方法で測定を行った。なお、測定の範囲は、水分値は、試験体表面から深さ4cmの部分で、水分蒸発速度は、試験体表面から水分が抜ける速度を測定した。水分値の測定は9点、水分蒸発速度の測定は1点を材齢28日まではほぼ毎日、材齢28日以降は7日ごとに行った。

## 2) 重量変化試験

重量の測定は、水分値および水分蒸発速度用

の試験体を用いて、真空脱水処理後(打込み終了2時間30分後)から材齢28日まではほぼ毎日、28日以降は7日ごとにはかり(秤量:30kg, 最小表示:0.01kg, 直線性:±0.01kg)を用いて重量の測定を行った。

## 3) 簡易剥離試験

剥離試験は、湯浅らが開発したPタイルをスクレイパーではがすときの力を計測することを利用した試験器方法<sup>6)</sup>(写真-5)を用いて、タイル貼付後3, 7, 28, 91日に各材齢ごとに4点行った。なお、タイルを貼付した2体のうち1体は、タイル貼付後3日後から、7日ごとに

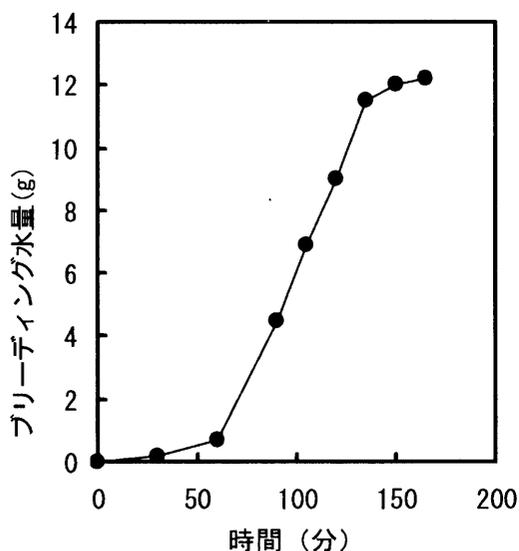


図-2 ブリーディング試験の結果

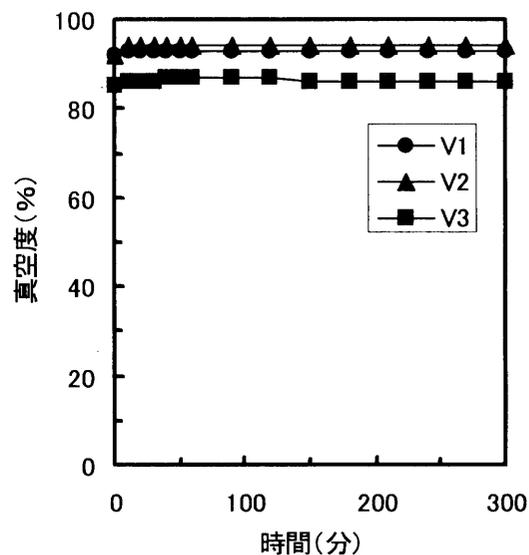
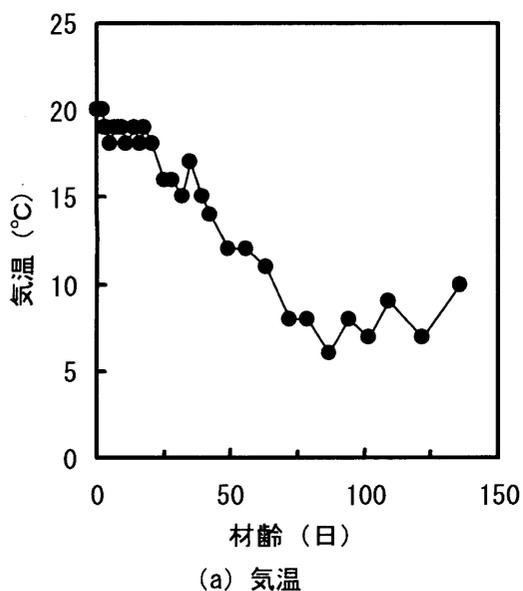
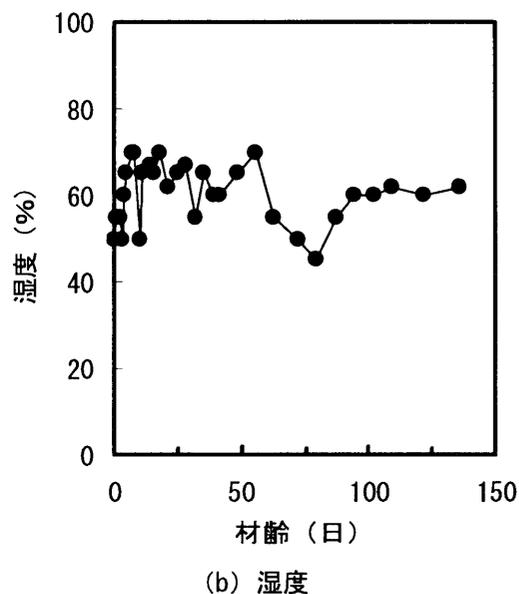


図-4 真空度の時刻歴



(a) 気温



(b) 湿度

図-3 実験期間中の雰囲気

試験体表面全体に木板を置き、その上からφ10×4cmの重さ2.30kgの鉄のおもりを高さ10cmのところから落とし衝撃を与えた。

#### 4) 表面硬度試験(反発硬度, 引っ掻きキズの幅)

表面硬度は、タイルを貼付し、衝撃を与えた試験体のタイルを貼付してない部分を使用して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を用いて測定した。測定数は各材齢ごとに、P型テストハンマによる反発硬度試験は6点、引掻き試験は1点を材齢3, 7, 28, 91日で測定した。

### 3. 実験結果

#### (1) 真空脱水による排水量

図-5に真空脱水による排水量の結果を示す。

図によれば、これまでの一連の実験と比較して排水量少ない傾向ではあるが、すべての試験体とも同じ排水量になった。

#### (2) 水分蒸発速度および水分値測定試験

図-6に水分値, 図-7に水分蒸発速度の測定試験の結果を示す。

図-6によれば、水分値は、真空脱水を行っ

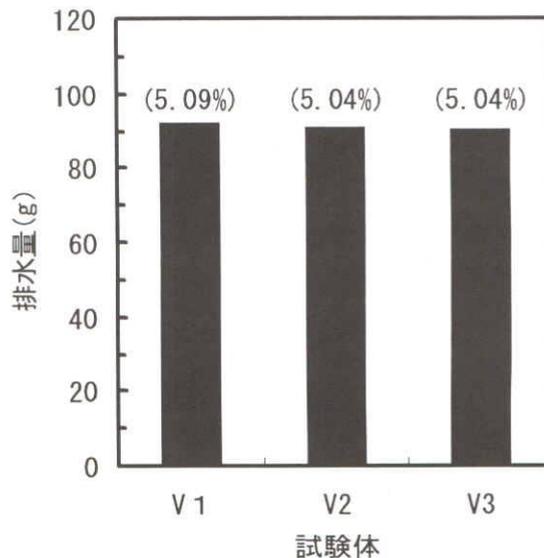


図-5 真空脱水による排水量



写真-2 水分値測定用試験体

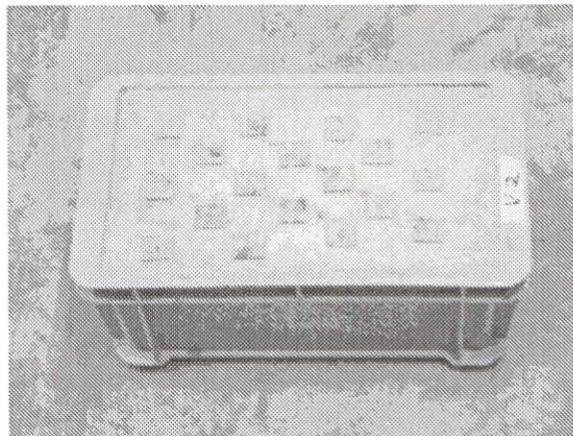


写真-3 仕上材の貼付位置

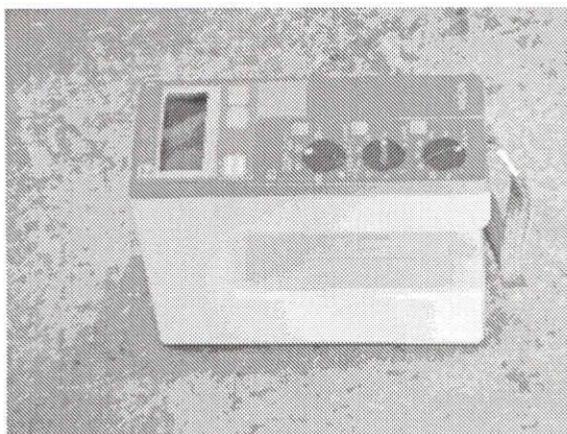


写真-4 コンクリート・モルタル水分計

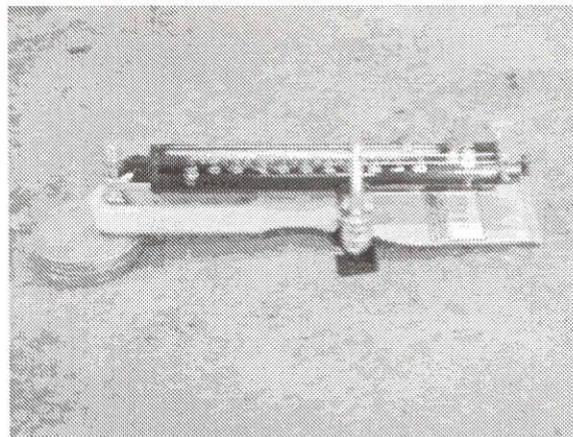


写真-5 仕上材剥離試験器

た試験体が、無処理試験体と比較して、若干大きくなるが、ほぼ同程度であった。なお、水分値は、真空脱水の有無にかかわらず、材齢7日までの減少が大きかった。図-7によれば、水分蒸発速度は、真空脱水を行った試験体の方が、無処理試験体に比べ小さくなった。以上の結果より、真空脱水を行うことにより上層部が緻密化するためと考えられる。

### (3) 重量測定試験

図-8に重量変化試験の結果を示す。なお、図中の重量変化は、材齢1日目の重量を1とした。

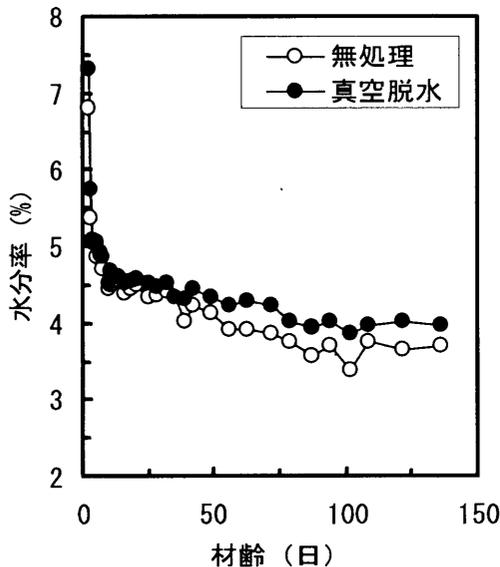


図-6 水分率の測定結果

図によれば、材齢136日までの重量の減少率は、真空脱水を行った試験体の方が、無処理試験体と比較して少なかった。とくに、その傾向は、材齢1ヶ月までの間で顕著となった。

### 4) 簡易剥離試験

図-9に剥離試験の結果を示す。

図によれば、付着力は、真空脱水を行った試験体の方が、無処理試験体と比較して大きくなった。また、衝撃を与えた場合、付着力は低下する傾向となった。ただし、測定値には、バラツキが目立った。これは、接着剤の塗布した場所および試験器を用いた時のはがすときの力の

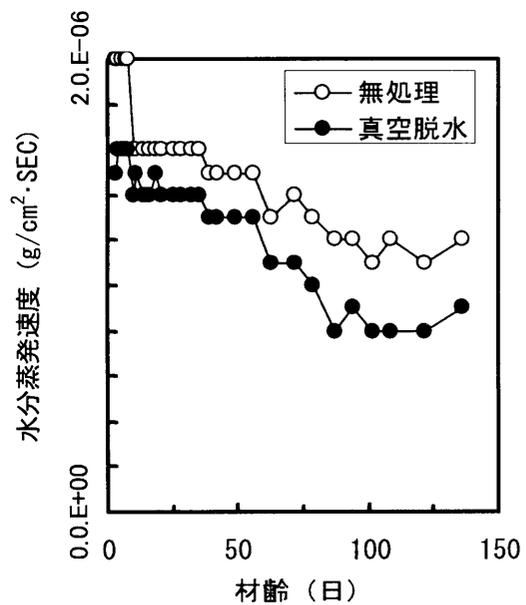


図-7 水分蒸発速度の測定結果

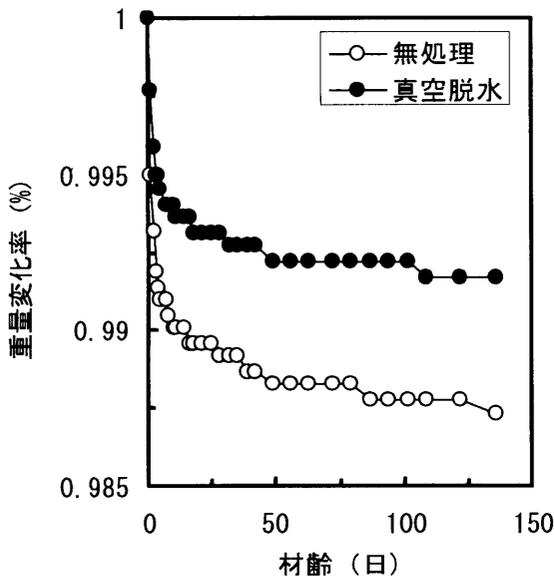


図-8 試験体重量の測定結果

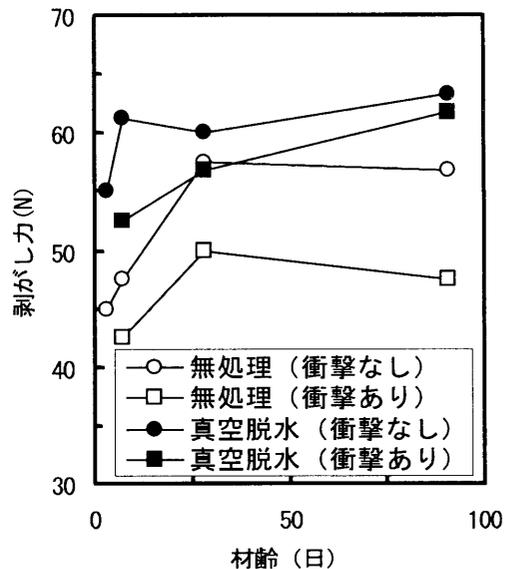


図-9 剥がし力の測定結果

若干の方向のズレの影響と考えられる。

#### 5) 表面硬度試験(反発硬度, 引っ掻きキズの幅)

図-11 にP型ハンマによる反発硬度試験の結果を, 図-12 に日本建築仕上学会方式の引っ掻き試験の結果を示す。

図によれば, 反発硬度および引っ掻きキズ幅は, これまでの一連の実験結果(例えば3), 4)と同様, 真空脱水を行った試験体の方が, 無処理試験体と比較して, 材齢に関わらず, 反発硬度は大きく, 引っ掻きキズ幅は小さくなった。

### 4. イニシャルコストおよびライフサイクルコスト<sup>7)</sup>

#### (1) コストに対する考察

真空脱水を行ったコンクリートは, 表-4に示すような品質改善が得られるが, 一方で, 社会的にコスト縮減の要請が高まる中で, 真空脱水コンクリートのコスト面における優位性について検討する必要がある。コスト比較を行うには, 真空脱水コンクリートの品質改善効果を考慮したイニシャルコストとライフサイクルコストに分けて検討を行う必要があるものと考えられるが, 現状では, コスト比較を行うためのデータが充分ではないことから, ここでは, 検討方針およびその一例を示す。

##### 1) イニシャルコスト

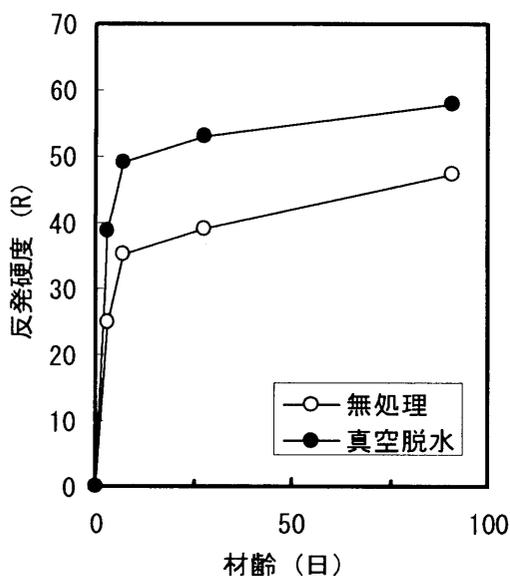


図-10 反発硬度の測定結果

コンクリート床スラブのイニシャルコストの比較は, 表-4に示す真空脱水コンクリートの性能と同等な床スラブとのコスト比較を行うことが必要であると考えられる。例えば, 耐摩耗性については, 真空脱水コンクリートの表層と同等の強度を有する高強度コンクリートとの比較が考えられ, 収縮低減効果については, 真空脱水コンクリートと同等な品質が得られる収縮低減剤などを使用したコンクリートとの比較が考えられる。これらの比較検討を行うには, 真空脱水コンクリートの性能を定量化し, その値と同等な性能を有するコンクリート床スラブの評価を行うことが必要であると思われる。

4. (2)に, イニシャルコストの比較の一例として, 真空脱水コンクリートと圧縮強度が真空脱水コンクリートの表層強度と等価な高強度コンクリートとのイニシャルコストの比較を示す。

##### 2) ライフサイクルコスト

通常のコンクリート床スラブと真空脱水コンクリートでは, 真空脱水コンクリートのイニシャルコストは, その施工費だけ高額になるが, 真空脱水コンクリートでは, 耐摩耗性や仕上材の付着性能などの品質改善効果が期待できることから, ライフサイクルコストでの比較検討を行うことが妥当であると思われる。すなわち, ライフサイクルコストの観点から, コンクリー

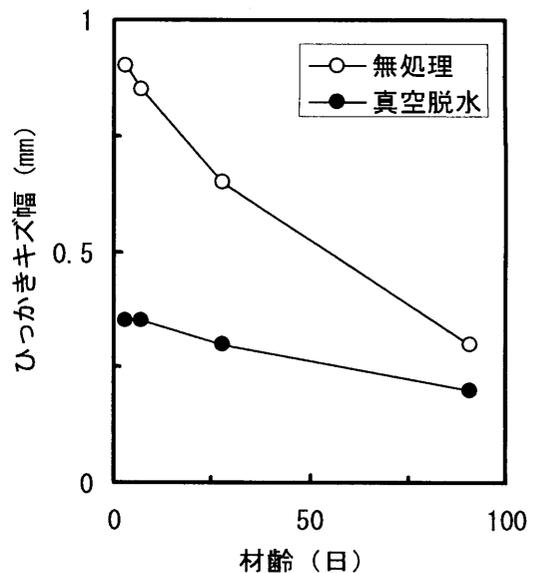


図-11 引っ掻き試験の測定結果

ト床下地の品質や床仕上材の種類ごとにその劣化現象、補修範囲および補修時期を定量的に把握し、その補修費用をイニシャルコストに加算することによってコスト比較を行う必要があると思われる。ここで、コンクリート床スラブの補修方法は、仕上材の種類および劣化現象の種類によって異なるが、文献8)では、床仕上材の種類および床の劣化現象を表一5および表一6に示すように分類している。また、文献8)には、床仕上材の種類ごとに補修方法が述べられている。表一5および表一6中には、真空脱水工法によって低減できると考えられる劣化現象および床仕上材の種類を灰色で示した。

4.(3)に、合成樹脂塗り床材を用いた場合のライフサイクルコストの比較検討の一例を示す。

#### (2)イニシャルコストの比較の一例

ここでは、真空脱水コンクリートと、圧縮強度が真空脱水コンクリートの表層強度と等価な高強度コンクリートとのイニシャルコストの比較を行う。

#### 1)コスト比較の条件

表一7に検討モデルを示す。建物用途、床面積および床仕上材は4.(2)と同様とし、スラブ厚さの違いによって高強度コンクリートの価格が大きく変わることから、スラブ厚さは、15cm, 18cm および 21cm の3種類とした。

また、表一8にコスト比較の条件を示す。真空脱水工法を行う普通強度コンクリートの設計基準強度は21N/mm<sup>2</sup>とし、高強度コンクリートの

設計基準強度は、ここでは真空脱水コンクリートの表面反発硬度を測定した実験結果3)に基づき51 N/mm<sup>2</sup>と仮定した。なお、イニシャルコストは、コンクリート、床仕上材の材料費および真空脱水工法にかかる費用のみとし、その他のコンクリートの打設にかかる手間費および型枠工事費等は両者ともに同額と仮定し、ここでは除いている。

#### 2)イニシャルコスト比較結果

図一12にイニシャルコストの比較結果を示す。同図によれば、スラブ厚さ15cmの真空脱水コンクリートと高強度コンクリートでは、イニシャルコストはほぼ同程度となっているが、スラブが厚くなるにしたがい真空脱水コンクリートの方が安価となり、その差は大きくなっている。スラブ厚さ21cmでは、真空脱水コンクリートの方が10%程度安価となっている。したがって、スラブが厚くなるほど真空脱水コンクリートの優位性が増すものと考えられる。ここで、コンクリートの材料費は名古屋市の単価を用いているが、地域によって価格差が大きいため注意を要する。

なお、真空脱水コンクリートは、高強度コンクリートと比較し、セメントの使用量が少ないことから、環境面において、CO<sub>2</sub>の削減・建設副産物の低減などの自然共生、電力消費量の低減などの省エネルギーおよびコンクリート材料の低減などの省資源につながるものと考えられる。今後は、環境面においても、セメントの使用量

表一4 真空脱水コンクリートの品質改善効果

耐摩耗性
耐久性
仕上材の付着性能
収縮低減効果

表一5 床仕上材の種類<sup>9)</sup>

屋根防水
ビニル床シート
ビニル床タイル
ゴム床タイル
合成樹脂塗り床
フローリング張り床
畳
カーペット
タイル

■: 真空脱水工法により劣化現象を低減できる仕上材

表一6 床の劣化現象<sup>9)</sup>

汚れ
変色
ふくれ
はがれ、浮き、反り
割れ、キズ
摩耗
腐食、腐朽
軟化、溶解
凹み

■: 真空脱水工法により低減できる劣化現象

に対する上記項目の定量的評価を行い、その優位性を明らかにする必要がある。

## (2) ライフサイクルコストの比較の一例

ここでは、ベストフロー工業会により実際に行われた無処理コンクリートの補修物件を検討モデルとして、無処理コンクリートと真空脱水コンクリートのライフサイクルコストの比較を行う。なお、検討モデルの建物の竣工年は平成7年であり、竣工後10年が経過している。

### 1) コスト比較の条件

表-9に検討モデルを示し、表-10に無処理コンクリートおよび真空脱水コンクリートの劣化現象および補修条件を示す。劣化現象および

補修条件は、無処理コンクリートについては実例に合わせているが、真空脱水コンクリートについては、ベストフロー工業会で行った他の施工物件例を参考として仮定した。

### 2) ライフサイクルコスト比較結果

図-13にライフサイクルコストの比較結果を示す。同図によれば、イニシャルコスト(0年)では、無処理コンクリートは真空脱水コンクリートの70%程度となっているが、5年後に1回の補修を行うことによって、無処理コンクリートのコストは真空脱水コンクリートよりも高くなり、10年後(2回目補修実施)では無処理コンクリートのコストは、真空脱水コンクリートの1.8

表-7 検討モデル

建物用途	食品工場
床面積	500m <sup>2</sup>
コンクリート厚さ	15, 18および21cm
床仕上材	合成樹脂塗床 (単価: 3,200円/m <sup>2</sup> ) *1)

\*1: 合成樹脂塗床材の単価は、(株)工文社: 月間建築仕上技術, 2004. 10による。

表-8 コスト比較の条件

		高強度コンクリート	真空脱水コンクリート
コンクリート	設計基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )	51 N/mm <sup>2</sup>	21 N/mm <sup>2</sup>
	指定強度, 呼び強度	57	24
	スラブ, フロー (cm)	フロー値 50cm	スラブ値 18cm
	粗骨材径 (mm)	20mmまたは25mm	20mmまたは25mm
	単価 (円/m <sup>3</sup> )	18,550 円/m <sup>3</sup> *1)	7,700 円/m <sup>3</sup> *2)
真空脱水土法の単価		-	1,700 円/m <sup>2</sup> *3)

\*1: 高強度コンクリートの単価は、名古屋生コンクリート共同組合 (平成16年4月1日) の単価表による。

\*2: 普通強度コンクリートの単価は、(財) 経済調査会: 積算資料, 2004. 12により、愛知県名古屋市の単価とする。

\*3: 真空脱水土法の単価は、ベストフロー工業会価格表 (1997年4月) により、BF処理+BFコート散布の価格とする。

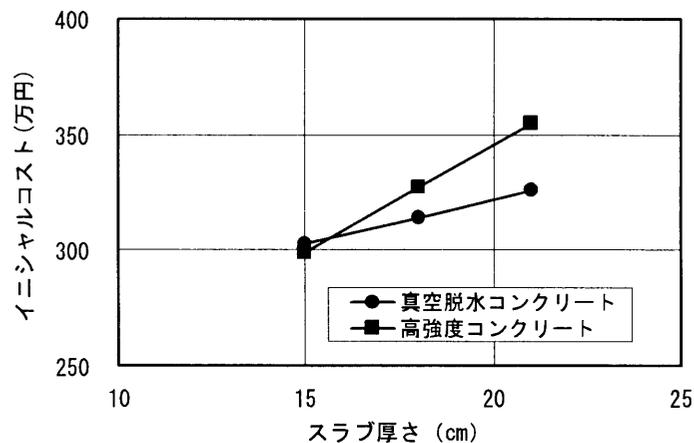


図-12 イニシャルコストの比較結果

表-9 検討モデル

建物用途	食品工場
床面積	500m <sup>2</sup>
コンクリート厚さ	15cm
コンクリート	設計基準強度 21N/mm <sup>2</sup> (呼び強度24) *1)
床仕上材	合成樹脂塗床 *2)

\*1: コンクリートは、[付録1]の普通強度コンクリートと同様とする。

\*2: 合成樹脂塗床材は、[付録1]と同様とする。

表-10 劣化現象および補修条件

	無処理コンクリート	真空脱水コンクリート
劣化現象	摩耗、ふくれ、はがれ、割れ、キズ	摩耗、キズ
補修範囲	300m <sup>2</sup>	500 × 1/10 = 50m <sup>2</sup> *5)
補修方法	①仕上材除去(単価: 2,200円/m <sup>2</sup> ) *1) ②下地調整(単価: 2,800円/m <sup>2</sup> ) *2) ③仕上材塗替(単価: 3,200円/m <sup>2</sup> ) *3)	①仕上材塗り増し *6)
補修時期	5年ごとに1回 *4)	5年ごとに1回

\*1: 仕上材の除去費の単価は、(財)経済調査会: 建築施工単価, 2004.10による。

\*2: 下地調整費の単価は、(株)工文社: 左官総覧, 2004年版による。

\*3: 仕上材塗替費の単価は、(株)工文社: 月間建築仕上技術, 2004.10による。

\*4: 築10年で2回の補修を行っていることから、5年に1回補修を行うことと仮定した。

\*5: 真空脱水工法の補修は、ベストフロー工業会の経験値から、劣化状況が摩耗、キズのみであり施工床面積の1/10と仮定した。

\*6: コンクリート床下地と合成樹脂塗床材との付着性能は劣化しないものとし塗り増しとした。

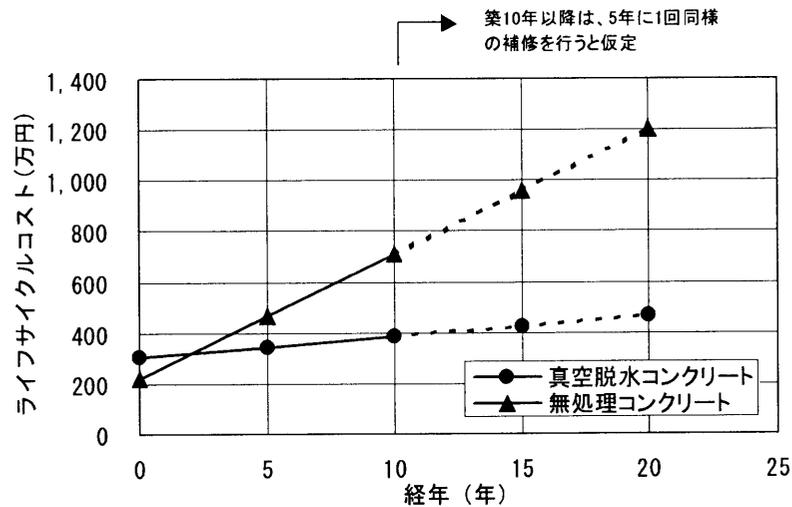


図-13 ライフサイクルコストの比較結果

倍程度となっている。その後においても、無処理コンクリートの耐摩耗性や仕上材の付着性などの性能が真空脱水コンクリートよりも低いことから、補修費は高くなるものと思われ、年数が経過するにしたがい、真空脱水コンクリートのライフサイクルコストの優位性が増すものと考えられる。なお、本比較検討は、仮定条件の

基での一例にすぎないことから、今後は、コンクリート床下地の品質に対する劣化現象、補修範囲、補修時期を定量的に把握することにより、さらに詳細な検討を行う必要がある。

## 5. まとめ

1) 水分値は、真空脱水を行った試験体の方が、

無処理試験体と比較して、若干大きくなるが、ほぼ同程度であった。

- 2) 水分蒸発速度は、真空脱水を行った試験体の方が無処理試験体に比べ小さくなった。
- 3) 重量の減少率は、真空脱水を行った試験体の方が、無処理試験体と比較して少なかった。
- 4) 付着力は、真空脱水を行った試験体の方が、無処理試験体と比較して大きくなった。また、衝撃を与えた場合、付着力は低下する傾向となった。
- 5) 反発硬度および引っ掻きキズ幅は、これまでの一連の実験結果と同様、真空脱水を行った試験体の方が、無処理試験体と比較して、材齢に関わらず、反発硬度は大きく、引っ掻きキズ幅は小さくなった。

以上の結果より、真空脱水を行うことにより上層部が緻密化するためと考えられる。

- 6) スラブ厚さ 15cm の高強度コンクリートと真空脱水コンクリートでは、イニシャルコストはほぼ同程度となるが、スラブが厚くなるにしたがい真空脱水コンクリートの方が安価となり、その差は大きくなっている。
- 7) 普通強度コンクリートでは、イニシャルコストは、無処理コンクリートが真空脱水コンクリートの 70%程度となっているが、年数が経過するにしたがい、真空脱水コンクリートのライフサイクルコストの優位性が増すものと考えられる。

なお、本比較検討は、仮定条件の基での一例にすぎないことから、今後は、コンクリート床下地の品質に対する劣化現象、補修範囲、補修時期を定量的に把握することにより、さらに詳細な検討を行う必要がある。

本研究結果は本研究の結果は、今後の大学内建物の補修および新設にも役立ててもらえるように写真-6に示すように報告書にまとめ、三

重大学施設部に提供した。また、建築学科学生にコンクリート床スラブの重要性およびコストについて理解を深めてもらうために写真-7に示すようにパネルを作成し展示を行った。

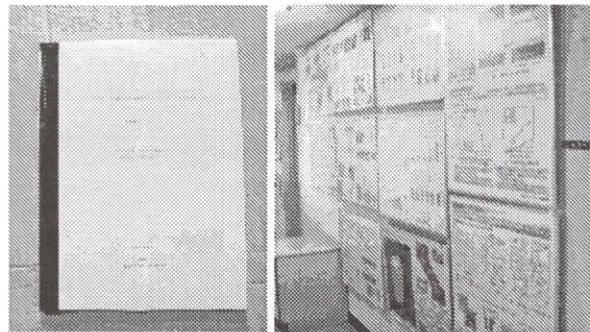


写真-6 三重大学施設部に提供した報告書

写真-7 展示行なったパネル(中の一部)

#### 【謝辞】

本研究にあたり、ご助力を得た畑中重光先生(三重大学工学部建築学科・教授)、三島直生先生(三重大学工学部建築学科・助手)、村松昭夫氏(㈱建和・代表取締役)、山口武志氏(山口技研・代表)、また、実験に関してご協力を得た畑中研究室の学生の皆様に謝意を表します。

#### 【参考文献】

- 1) 高林利秋：真空コンクリート工法，理工図書，1962. 7.
- 2) 和藤浩、村松昭夫、山口武志、畑中重光：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 既往の研究と実験方法)、日本建築学会東海支部研究報告集、pp. 117-120、1999.
- 3) 畑中重光、和藤浩、三島直生、村松昭夫：真空脱水工法によるコンクリート床スラブの表層および内部強度性状改善に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文集、No. 558、pp. 7-14、2002.
- 4) 畑中重光、和藤浩、三島直生、村松昭夫：真空脱水コンクリートの品質に及ぼす処理マットおよび真空度の影響、日本建築学会構造系論文集、No. 588 P. 13-19、2005.
- 5) 湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、逸見義男、佐藤弘和：乾燥度試験紙によるコンクリートの水分状態の評価、日本建築仕上学会論文報告集、Vol. 5、No. 1、pp. 1-6、1997.
- 6) 佐藤弘和、笠井芳夫、松井勇、逸見義男、湯浅昇：皮剥式仕上材接着強さ試験方法の提案、日本大学生産工学部第 27 回学術講演会、pp. 13-16、1994.
- 7) 服部宏己：圧密理論を適用した真空脱水コンクリートの品質改善メカニズムに関する研究、三重大学工学研究科博士後期課程・博士論文、2005.
- 8) (財)建築保全センター：建築改修工事施工監理指針、平成 4 年版、1992.
- 9) 伊藤康司、丸山久一、清水敬二、橋本親典：フレッシュコンクリートの脱水機構に関する解析的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol. 12、No. 1、pp. 263-268、1990.