

# 平成 25 年度 科学研究費補助金(奨励研究) 研究報告 高耐久の実現を目指した実大コンクリート床スラブの経年劣化診断

三重大学工学部工学研究科技術部

○和藤 浩

watoh@arch.mie-u.ac.jp

## 1. はじめに

コンクリートは、ブリーディング現象によって、上層に行くに従って圧縮強度が小さくなり、さらに表面においては弱化層が生じる。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などを貼りつけている。つまり、仕上工事では、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。実際の建築物においてもスラブの剥離等が目立っており、補修・改修なども行われている。そこで、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脱水工法（大きな特長：通常のコンクリートとは逆に上部ほど圧縮強度が大きくなる。図 1 に真空脱水工法の概要を示す）があるが、建築分野で定着するには至らなかった。筆者らは、従来の真空脱水工法の問題点を改善し、建築分野の軟練りコンクリートを適用可能な新しい真空脱水工法を考案し、基礎実験によって、その効果を例証した。また、平成 17 年においては、三重大学工学部建築棟の裏地に 20m×8m 程度の写真 1 に示す実大のスラブを打設し、通常に打設された床スラブと比較した実験も行っている。しかし、実験室内の基礎性状実験および実大スラブ実験においても材齢 28 日の力学的性状を検討が主たる目的であり、長期材齢に関する劣化診断は行ってきていなかったが、経年劣化に対しても、真空脱水を行ったコンクリート床スラブは、その性能は期待されると考えられる。

そこで、本研究では、材齢 7 年 6 ヶ月が経過する真空脱水工法を行った実大コンクリート床スラブの劣化状況の劣化診断を行った。特に三重大学は、伊勢湾の海岸沿いにあり、EPMA(波長分散型電子プローブマイクロアナライザー、以下、EPMA)を使用した塩分濃度の浸透深さについても行う。

なお、これらの研究成果は、学会等で、経年劣化や今後の補修・改修も鑑みた真空脱水工法を行ったコンクリート床スラブの性能および有用性について報告を行う。

## 2. 実験概要

### 2.1 コンクリートの使用材料および調合

本実験で使用したコンクリートの使用材料を表 1 に、調合表を表 2 に示す。

### 2.2 施工敷地および試験体概要

実大スラブの施工条件を表 3 に示す。実大スラブの敷地概要を図 2 に、敷地状況を写真 1 に示す。なお、本実験では、真空脱水処理後に材齢 7 年 6 ヶ月が経過した実大スラブに対して、既往の研究<sup>4)</sup>で取り上げた要因のうち、真空度の違いに注目して検討した。

敷地は、三重大学大学院工学研究科建築学専攻棟の東側にあり、面積が 146m<sup>2</sup>である。スラブ厚

表 1 使用材料

材料名	特性値
セメント	普通ポルトランドセメント、密度:3.16g/cm <sup>3</sup>
細骨材	内部川水系、5mm 以下、密度:2.57g/cm <sup>3</sup>
粗骨材	内部川水系、5-13mm、密度:2.65g/cm <sup>3</sup>
混和剤	AE 減水剤標準形 (I 種)、ポリカルボン酸系

表 2 調合表

F (N/mm <sup>2</sup> )	W/C (%)	s/a (%)	Air (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					SL (cm)
				W	C	S	G	Ad	
22.5	62.7	55.7	4.5	185	295	969	795	3.14	18

注)F: 調合強度、W/C: 水セメント比、s/a: 細骨材率、Air: 目標空気量、W: 水+AdE、C: セメント、S: 細骨材、G: 粗骨材、Ad: AE 減水剤、SL: 目標スラブ

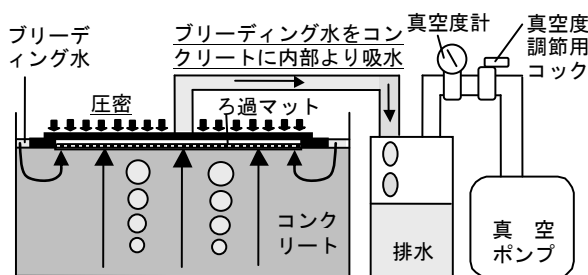


図 1 真空脱水工法の概略図

さは200mmとし、配筋には $\phi 6@150$ mmのメッシュ筋を用い、ダブル配筋とした。締固めには、高周波バイブレータを用い、真空処理マットは1200×2560mmのものを用いた。養生は、湿潤養生とし、材齢7日まで散水およびシート養生とし、以後は屋外暴露とした。

### 2.3 真空脱水処理

真空脱水処理の開始時期の判定には、改良型プロクター貫入試験器<sup>5)</sup>を用い、湿潤養生区間では、貫入抵抗値が240Nで処理を開始した(乾燥養生区間は、410N)。処理継続時間は5分間で、実大施工実験での真空度は平均で約70%であった。真空脱水処理に関するブリーディング水の時刻歴、貫入抵抗値の時刻歴、真空度の時刻歴、排水量の結果については、既往の文献<sup>4)</sup>を参考にされたい。真空脱水処理後、無処理区画も含めて、円盤トロウエルおよび金ごて仕上げを行った。

### 2.4 測定項目

本実験の測定項目は、中性化深さ、反発度、圧縮強度分布および密度分布に加えて、当該敷地が海岸線に近い(約250m)ことより、EPMAを用いて表面からの塩化物イオン濃度分布の測定も行った。なお、EPMAでは、参考値として、Ca、C、Siの面分析も行った。各試験の測定位置、コア採取位置を図2(b)に示す。

#### (1) 中性化深さ

中性化試験は、図2(b)に示す範囲内から $\phi 5 \times$ 約10cmコア試験体を1水準につき2本ずつ採取し、1,000kN万能試験機で割裂し、割裂した面をフェノールフタレイン1%溶液を噴霧し、打込み表面からの中性化深さをノギスで測定した。

#### (2) 反発度

反発度試験は、P型ハンマーを用いて、1水準につき図2(b)に示す範囲内を各測定点で6cmずつ離し20点

表3 施工条件

施工の種類	条件
真空度 (%)	①0(無処理:P)、②30(V30)、③70(現場平均真空度:V70)
地面への漏水	有、無 <sup>*1</sup>
養生方法	乾燥養生 <sup>*2</sup> 、湿潤養生 <sup>*3</sup>

注) アンダーライン: 本実験で行った水準

- \*1: コンクリート下面の土間シートにより漏水防止
- \*2: 材齢12までは乾燥養生、以後は屋外暴露
- \*3: 材齢7日まで散水およびシート養生、以後は屋外暴露

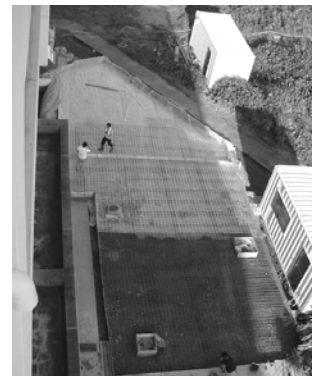


写真1 敷地の状況

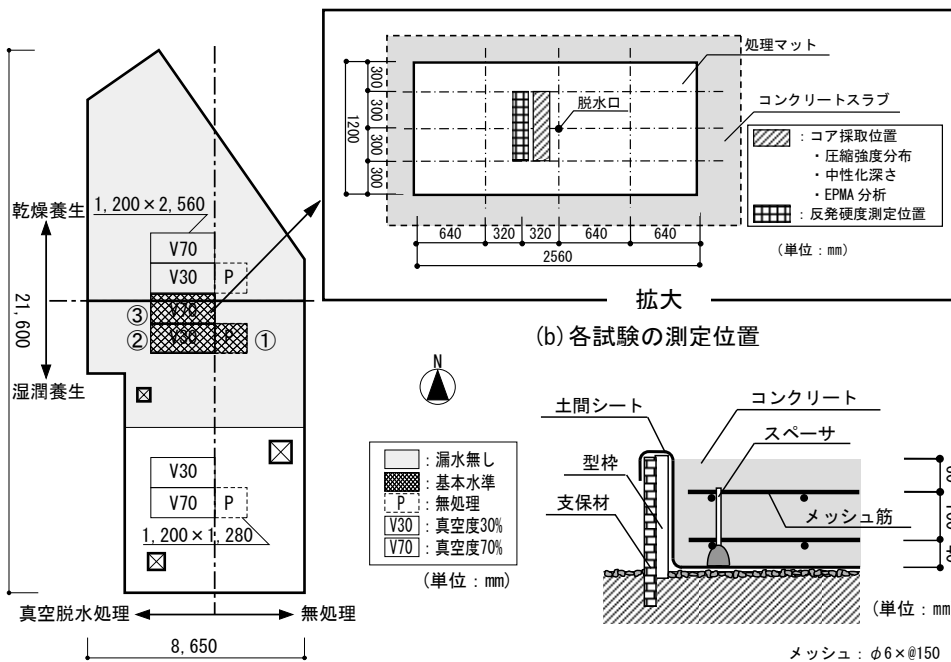


図2 実大スラブの敷地の概要

写真1 敷地の状況

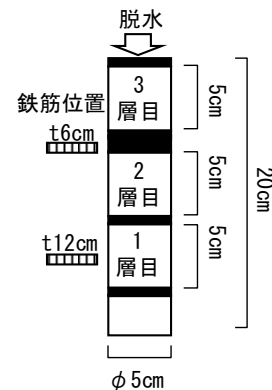


図3 コア試験体の概略図

(10点2列)の測定を行った。

### (3) 圧縮強度分布

圧縮強度分布は、図2(b)に示す範囲内からφ5×20cmのコア試験体を1水準につき3本ずつ採取し、図3に示すように高さ50mmずつ3層にカットおよび研磨を行い、1,000kN 万能試験機で圧縮強度の測定を行った

### (4) 密度分布

圧縮強度分布試験用のコア試験体を用いて密度を測定した。

### (5) EPMA 分析

EPMA 分析は、図2(b)に示す範囲内からφ5cmのコア試験体を1水準につき1本ずつ採取し、打込み表面から1cmの深さの部分をつコンクリートカッターで切断し、1cm(表面からの深さ)×1cm(幅)×0.1cm(厚さ)に成形し、超音波洗浄後、EPMA で分析を行った。分析は、塩分(CI)の面分析および濃度換算分布の測定を行った。なお、それ以外にも参考としてCa、C、Si の面分析の測定を行った。測定範囲は、表面から5mm角部分とした。

## 3. 測定結果

### (1) 中性化深さ

中性化試験の結果を写真2に示す。写真によれば、スラブ表面からの中性化は、材齢7年6ヶ月が経過しても、真空脱水処理の有無、真空度にかかわらず、中性化はみられなかった。これは、真空脱水の有無にかかわらず、仕上げを円盤トロウエルおよび金ごてで入念に行ったためと考えられる。

### (2) 反発度

反発度の結果を図4に示す。図によれば、反発度の値は、材齢7年6ヶ月が経過しても、各水準にかかわらず、材齢44日より若干増加した程度であった。

### (3) 圧縮強度分布

圧縮強度分布の結果を図4に示す。図によれば、各水準にかかわらず、材齢の経過に伴い、上層の圧縮強度は、増加している。これは、降雨の影響により、湿潤養生状態となり水和反応が促進されたと考えられる。このなかでも、真空脱水処理を行った試験体の上層の圧縮強度の増加が著しく、その増加は、真空度の高い70%のほうが大きい。これは、真空脱水処理によって水セメント比が小さくなったことの影響と考えられる。

中層、下層の圧縮強度には、水準にかかわらず、材齢の経過による明かな影響はみられなかった。

なお、中層と下層の真空脱水処理を行った試験体と無処理の試験体の圧縮強度に顕著な差がないのは、既往の研究<sup>6)</sup>のように、スラブ筋より下の部分は、スラブ筋により真空脱水処理の圧密効果が拘束されていたためだと考えられる。

### (4) 密度分布

密度分布の結果を図6に示す。図によれば、密度分布には、材齢による明確な変化はみられなかった。これは、コア試験体中の粗骨材の分布の状況にばらつきがあることが主要要因と考えられる

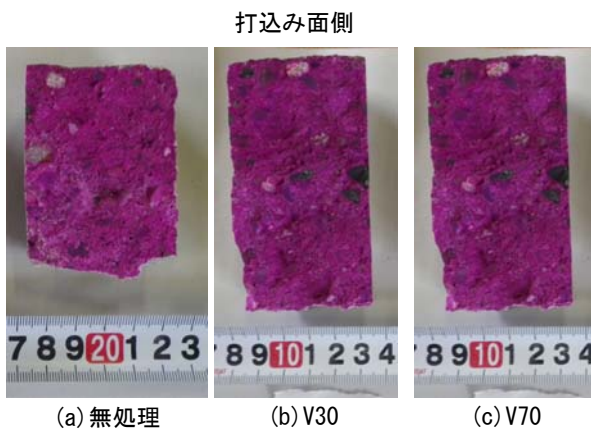


写真1 中性化試験の結果

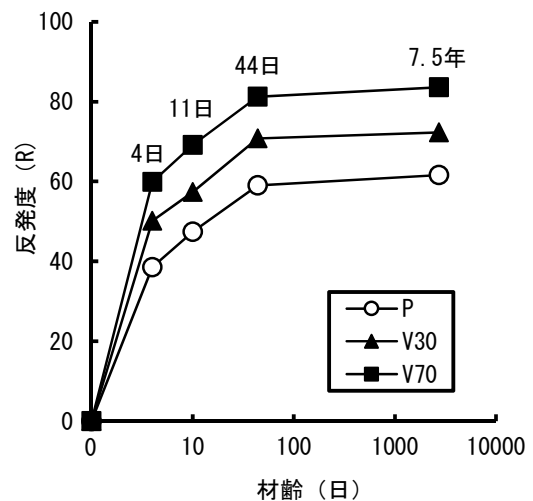


図4 材齢と反発度の関係

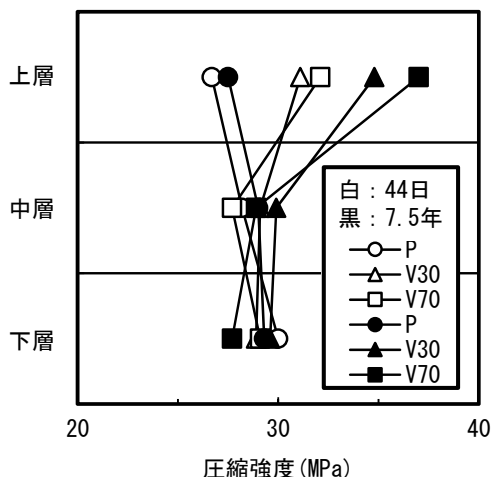


図5 圧縮強度分布

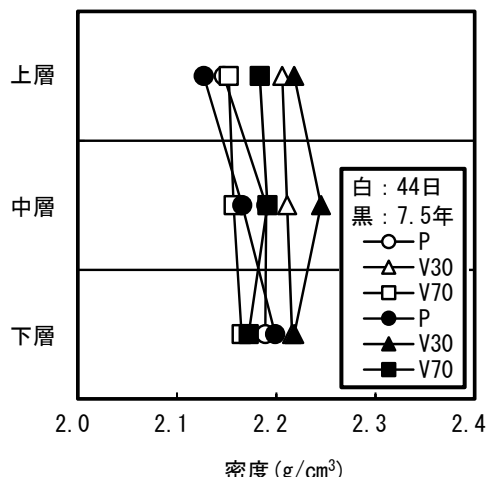


図6 密度分布

(5) EPMA 分析

EPMA の面分析の結果を図7に示す。図によれば、各水準にかかわらず、EPMA の面分析の結果には、塩化物の浸透は検出されず、顕著な差はみられなかった。これは、前述したように、仕上げの影響により劣化が進まなかったことが考えられる。なお、塩分は浸透しておらず、濃度は0だったためここでは、濃度分布表示は割愛した。

4. まとめ

- 1) スラブ表面からの中性化は、材齢7年6ヶ月が経過しても、真空脱水処理の有無、真空度にかかわらず、見られなかった。
- 2) 反発度の値は、材齢7年6ヶ月が経過しても、各水準にかかわらず、若干増加した程度であった。
- 3) 上層の圧縮強度は、材齢の経過に伴い増加した。とくに真空脱水処理を行った試験体の上層の圧縮強度の増加が著しく、その増加は、真空度の高い70%のほうが大きくなった。
- 4) 密度分布には、材齢の経過による変化は見られなかった。
- 5) EPMA による面分析の結果からは、脱水条件および脱水の有無にかかわらず、塩化物イオンの浸透は検出されなかった。

[謝辞]

本研究費の一部は、平成25年度・文部科学省科学研究費補助金・奨励研究(研究代表者：和藤浩)によった。また、本実験は、三重大学大学院工学研究科建築学専攻・畑中重光教授、三島直生准教授のご助力を得た。付記して謝意を表す。

[参考文献]

- 1) 畑中重光、和藤浩、三島直生、松村昭夫：真空脱水処理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。
- 2) 畑中重光、和藤浩、三島直生、松村昭夫：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、pp. 13-19、2005。
- 3) 坂本英輔、三島直生、和藤浩、畑中重光：真空脱水を行ったコンクリートの細孔量と中性化速度、日本建築学会大会学術講演懇談集、A1、pp. 537-538、2003。
- 4) 坂本英輔、三島直生、古市護、畑中重光：真空脱水処理された実大コンクリート床スラブの品質改善効果の把握、コンクリート工学年次論文集、Vol. 28、No. 1、pp. 1325-1330、2006。
- 5) 和藤浩、畑中重光、三島直生、松村昭夫：真空脱水締め工法の処理開始時期の簡易判定手法に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol. 25、No. 1、pp. 1079-1084、2003。
- 6) 和藤浩、村松昭夫、山口武志、三島直生、畑中重光：真空脱水コンクリートの品質改善効果に及ぼすスラブ筋の影響に関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演懇談集、A1、pp. 363-364、2012。

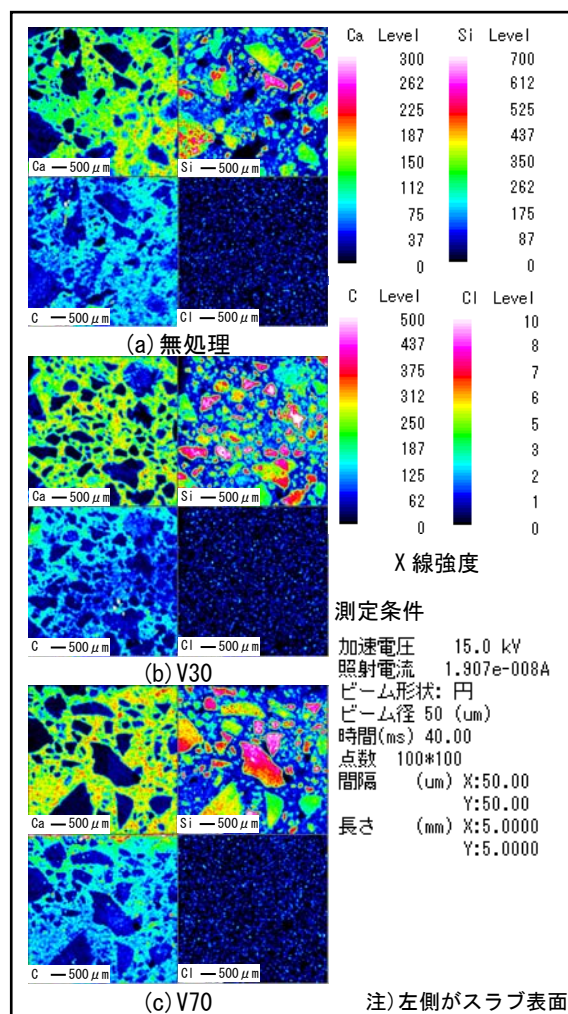


図7 EPMAによる面分析の結果(Ca、Si、C、Cl)