

論文 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

坂本 英輔^{*1}・三島 直生^{*2}・古市 護^{*3}・畑中 重光^{*4}

要旨：真空脱水処理によるコンクリート床スラブの実大施工実験および実験室実験を行い、その品質改善効果を把握するため、表面性状(反発硬度, 引っかき傷の幅)および圧縮強度を測定した。また、真空処理マットの脱水口からの水平距離が真空脱水処理の品質改善効果に及ぼす影響についても検討した。その結果、実大施工実験および実験室実験ともに、真空脱水処理による品質改善効果は真空処理マットの端部まで及ぶが、脱水口から離れると効果が減少する場合もあることが確認された。また、真空脱水処理による脱水口近傍での品質改善効果に関して、実験室実験の結果は、実施工の特性を概ね再現できていると判断できる。

キーワード：真空脱水処理, 実大コンクリート床スラブ, 圧縮強度分布, 水平分布

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、表面に不可避な弱化層が生じる。また、仕上げ工事では、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工法の一つとして、真空脱水処理工法がある。真空脱水処理工法とは、ブリーディング水を含むコンクリートの余剰水を、真空ポンプを使って強制的に脱水し、コンクリートを緻密化する工法¹⁾(図-1参照)である。

これまでに、真空脱水処理工法で得られるコンクリートの詳細な品質評価と、同工法の更なる改善を目指して、一連の研究^{2),3)}などが行われてきた。しかし、現状で行われている研究のほとんどが実験室レベルの小型の試験体を用いており、真空脱水処理による現場打ちコンクリート床スラブ(以下、実大スラブ)と実験室で作製された試験体(以下、実験室試験体)における品質改善効果の違いについて、十分な検討が行われているとはいえない。また、通常の真空脱水処理では、真空

処理マット下面の真空度の水平分布は均一なもののみなされている。しかし、真空脱水時の間隙水圧の測定結果には、水平分布に差があるとする論文もある⁴⁾。

このため、本研究では、真空脱水処理によるコンクリートの品質改善効果を、実大スラブ(約146 m²)と実験室試験体(約0.24 m²)と比較するとともに、実大スラブを用いて真空処理マットの脱水口からの水平距離が真空脱水処理の品質改善効果に及ぼす影響を実験的に検討する。

2. 実験概要

2.1 要因水準および調査表

表-1(a), (b)に要因水準を、表-2に調査表を示す。実大施工実験では、真空脱水処理され

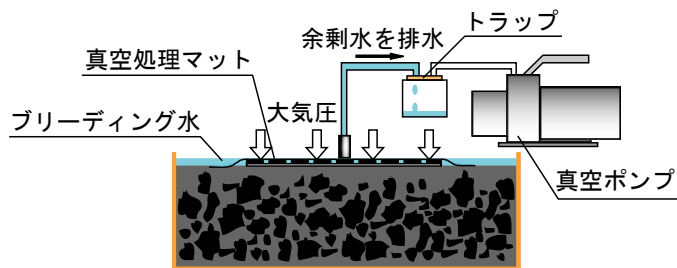


図-1 真空脱水処理の概要

*1 三重大学大学院 工学研究科システム工学専攻 日本学術振興会特別研究員 工修 (正会員)

*2 三重大学 工学部建築学科助手 博士(工学) (正会員)

*3 三重大学大学院 工学研究科建築学専攻 (非会員)

*4 三重大学 工学部建築学科教授 工博 (正会員)

た実大スラブの品質改善効果に及ぼす、真空度、脱水口からの距離、養生方法および地面への漏水の影響について検討した。実験室実験では、真空度および脱水口からの距離の影響について検討した。表-3 に実大施工実験と実験室実験との間の主な相違点を示す。なお、実大施工および実験室実験の双方で同一のコンクリートを用いた。

2.2 施工敷地および試験体概要

図-2 に、実大施工実験の敷地概要を示す。敷地は、三重大学工学部建築学科棟の東側にあり、面積が 146m² である。スラブ厚さは 200mm とし、配筋にはφ6@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 1,200×2,560 mmのものを用いた。乾燥養生区画は、材齢 12 日まで乾燥養生、以後は屋外暴露と

表-1 要因水準

(a) 実大施工実験

要因	水準
真空度 (%)	0(無処理), 30, 70(現場平均真空度)
脱水口からの距離 ^{*1} (cm)	0, 60, 120
養生方法	乾燥養生 ^{*2} , 湿潤養生 ^{*3}
地面への漏水	有, 無 ^{*4}

[註]下線は基本水準を示す。

*1 真空脱水処理のみ

*2 材齢12日まで乾燥養生、以後は屋外暴露

*3 材齢7日まで散水およびシート養生、以後は乾燥養生と同様

*4 コンクリート下面の土間シートにより漏水防止

(b) 実験室実験

要因	水準
真空度 (%)	0(無処理), 30, 70, 90
脱水口からの距離 ^{*1} (cm)	0, 15

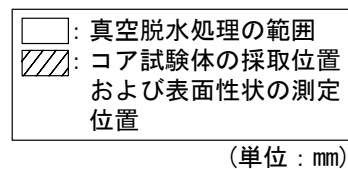
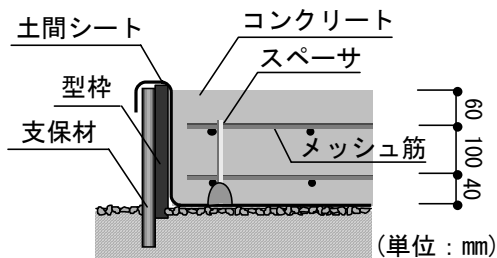
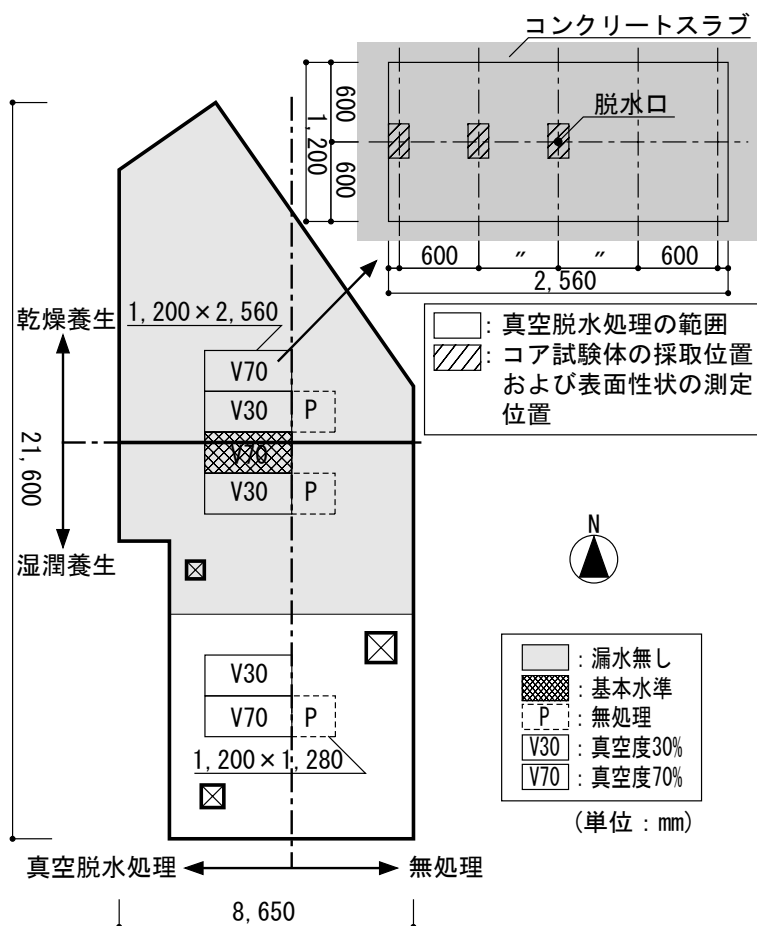
[註]下線は基本水準を示す。

*1 真空脱水処理のみ

表-2 調合表

F (N/mm ²)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
			W	C	S	G	Ad
22.5	62.7	55.7	185	295	969	795	3.14

[註]F:調合強度, 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, Ad:混和剤



した。湿潤養生区画は、材齢7日まで散水およびシート養生とし、以後は乾燥養生区画と同様である。図-3にスラブの断面図を示す。

図-4に実験室実験での試験体概要を示す。実験室試験体は、300(縦)×450(横)×200(高さ)mmの無筋コンクリートとした。締固めには棒状バイブレータを用い、真空処理マットは223×370mmのものを用いた。養生は、実大施工実験の湿潤養生区画と同様である。

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⁵⁾を用い、漏水の無い区画および有る区画での貫入抵抗値がそれぞれ240N、410Nで処理を開始した。漏水の有る区画では、真空脱水処理の作業が遅れたため、漏水の無い場合に比べて貫入抵抗値が大きな値となった。処理継続時間は5分間で、実大施工実験での平均真空度は約70%であった。真空脱水処理後、無処理区画も含めて、実大施工実験では円盤トロウエルおよび金ごて仕上げを行い、実験室実験では金ごて仕上げを行った。

2.4 測定項目

(1) 脱水量

脱水量は収集容器に吸引水を溜め、真空脱水処理終了後に秤にのせて測定した。脱水率は、脱水量を真空処理マット範囲のコンクリートの使用水量で除したものとした。

(2) 圧縮強度および表面性状

図-2、4中に、実大施工実験および実験室実験におけるコア採取位置および表面性状の測定位置を示す。表面性状として、材齢44日の反発硬度、引っかき傷の幅を測定した。引っかき試験には日本建築工学会の引っかき試験装置を、

表-3 実大施工実験と実験室実験の主な相違点

	実大施工実験	実験室実験
配筋	φ6@150mmのダブル配筋	無筋
締固め装置	高周波バイブレータ	棒状バイブレータ
真空処理マット	1,200×2,560mm	223×370mm
ポンプ性能	2.2kW, 200V	200W, 100V 到達圧力9.3Pa (60L/min)
機械仕上げ	有	無

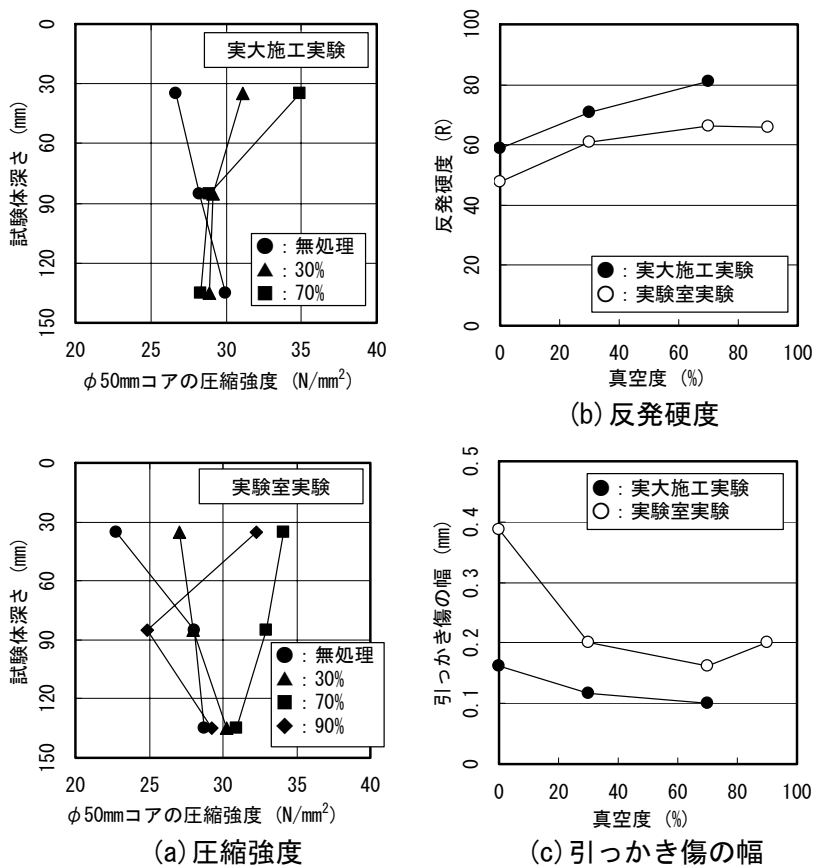


図-5 品質改善効果に及ぼす真空度の影響

反発硬度試験にはP型テストハンマを用いた。圧縮強度は、コアドリルでφ50×200mmのコア試験体を採取し、表層10mmをカット、次に高さ50mmずつ3層にカットしたものを試験体として測定を行った。測定材齢は、44日である。

3. 実験結果および考察

以下の考察では、特に示されていない場合の水準は表-1に下線で示す基本水準である。

3.1 真空度の影響

図-5(a)~(c)に圧縮強度、反発硬度、引っかき傷の幅に及ぼす真空度の影響を示す。

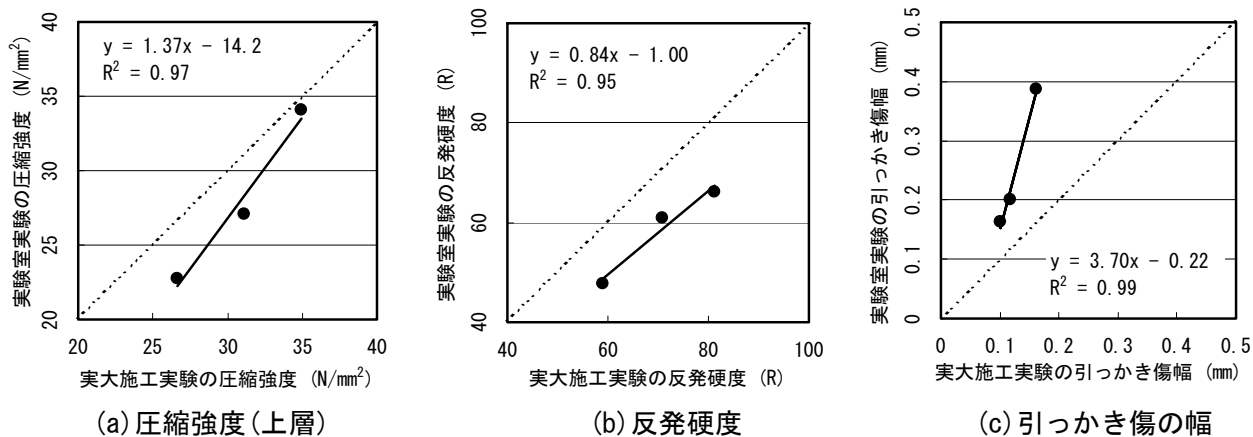


図-6 実験室実験と実大施工実験との相関

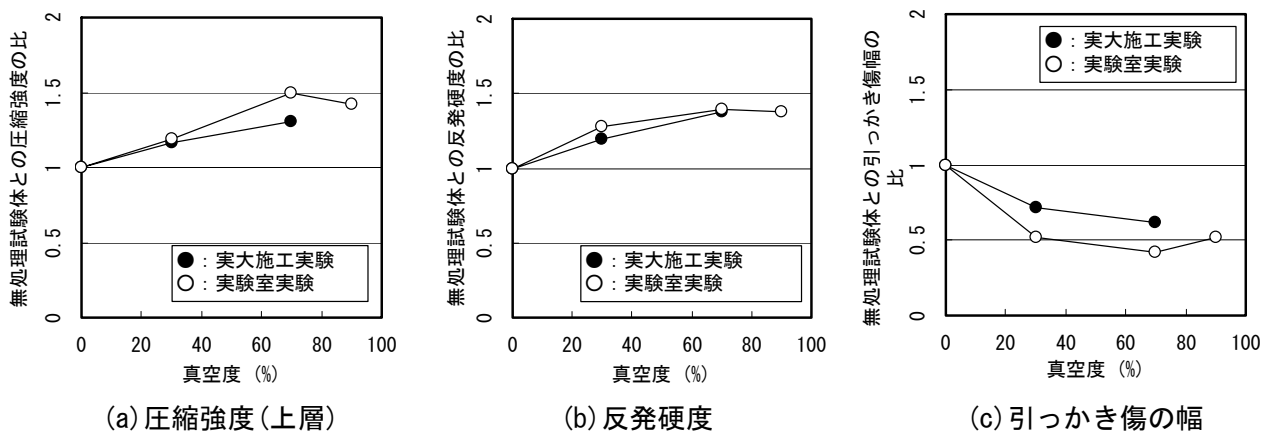


図-7 無処理試験体に対する品質改善効果に及ぼす真空度の影響

同図(a)の実験室実験の結果によれば、無処理(真空度 0%)のものは上層ほど強度が低下するのに対して、真空脱水処理を行ったもの(真空度 90%は除く)は無処理に比べて全層で強度が増加し、上層ほど強度が大きくなる分布を示した。真空度 90%のもので中層の強度が増加しなかった原因は、試験体の数が多く、処理開始時期が遅れたためである。この結果は、ブリーディングが終了し、凝結が始まってから真空脱水処理を行うと、上層部のみでしか真空脱水処理の効果がないという既往の研究結果⁶⁾と一致する。実大施工実験の結果も同様の傾向があり、最適な処理開始時期でなかったと考えられるが、真空脱水処理の効果は認められた。同図(b), (c)によれば、真空度が大きくなるに従って、反発硬度は大きくなり、引っかけ傷の幅が小さくなった。すなわち、真空度が大きいほど、品質改善効果が大きいといえる。

図-6(a)~(c)に圧縮強度、反発硬度、引っかけ傷の幅に関する実験室実験と実大施工実験との相関を示す。同図から、実大施工実験および実験室実験の結果には相関性が見られるものの、実験室実験の方が圧縮強度等における品質改善効果が全体的に低い傾向がある。これは、図-5(a)によれば、本来同一となるはずの無処理の圧縮強度が実験室実験で低くなっていることによると考えられる。この原因は、実験室実験の小型型枠に振動をかけた際に、実大スラブと比べて振動エネルギーが大きくなったことで材料分離が発生して、上層の品質が低下したことによるものと考えられる。

図-7(a)~(c)に、無処理試験体の性能を1として、各水準の品質改善効果を基準化して比較した結果を示す。なお、圧縮強度および反発硬度は1より大きいほど、品質改善効果が大きい。引っかけ傷の幅は逆となる。同図(a)に注目

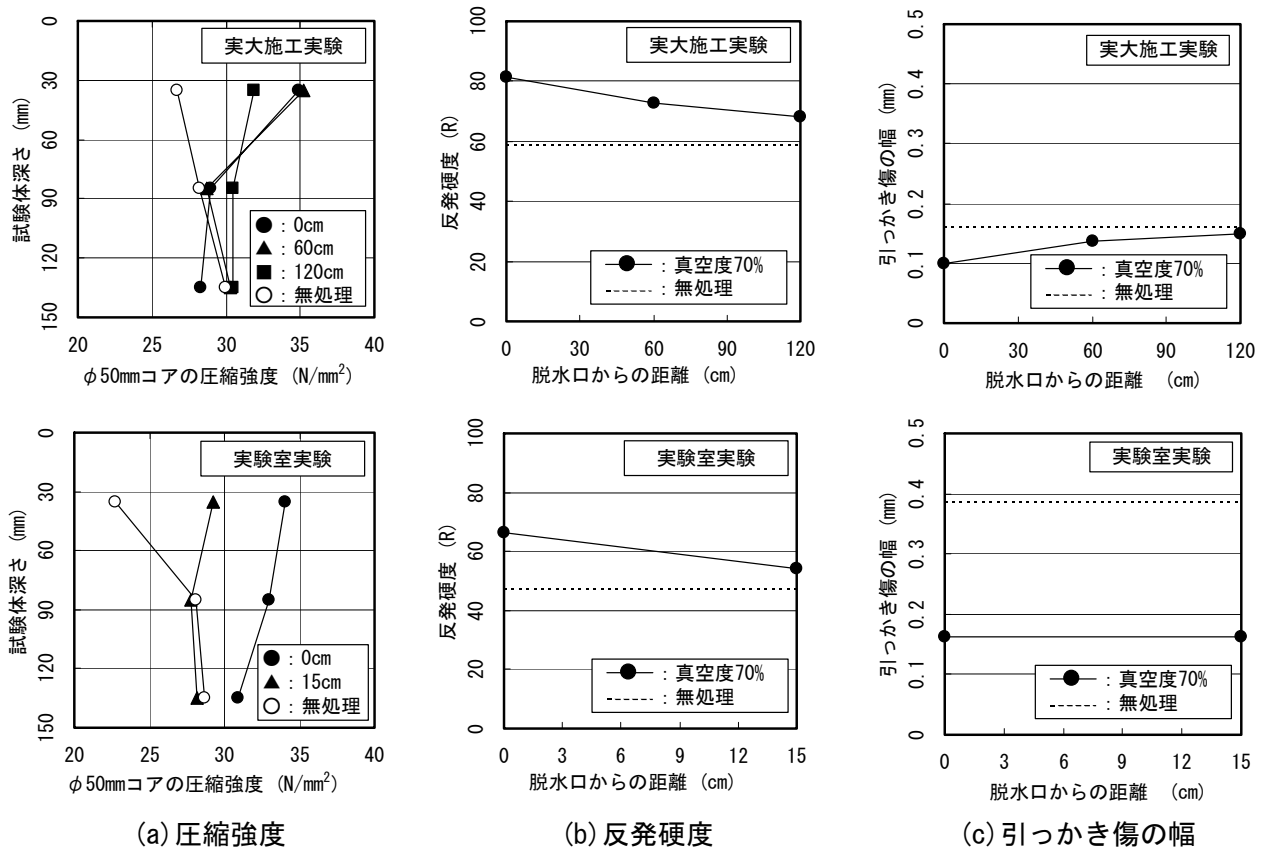


図-8 品質改善効果に及ぼす排水口からの距離の影響(上図：実大施工，下図：実験室)

すると、真空度 70%で真空脱水を行うことによる品質改善効果は、実験室試験体で 1.5 倍と、実大スラブの 1.3 倍に比べて大きくなっている。この原因は前述した通り、無処理試験体の品質の差によると考えられる。無処理を実大スラブのもので統一して評価した場合には、ほぼ同等の改善効果(いずれも 1.3 倍程度)となり、施工されたコンクリートが締固め条件に至るまで同一であれば、実大スラブと実験室試験体で大きな差はないと判断できる。同様の傾向が引っかけ試験結果にも見られる。以上の結果より、真空脱水処理による品質改善効果に関する実験室実験の結果は、傾向については実大スラブの特性を反映しており、品質改善効果についてもほぼ再現できていると判断できる。

3.2 排水口からの距離による影響

図-8(a)～(c)に圧縮強度、反発硬度、引っかけ傷の幅に及ぼす排水口からの距離の影響を示す。同図(a)～(c)によれば、バラツキはあるものの、実大施工実験および実験室実験ともに、

排水口からの距離が品質改善効果に影響を及ぼしていることが分かる。すなわち、真空脱水処理による品質改善効果は真空処理マットの端部まで及んでいるが、排水口から離れると効果が減少する傾向がある。この結果は、真空脱水時の間隙水圧の測定結果には、水平分布に差があるとする既往の研究⁴⁾と一致する。しかし、実施工では真空処理マットの端部を重ねて処理を行っている。したがって、真空処理マットを重ねずに処理している既往の研究⁴⁾および本実験の結果に比べて、実施工では、より安定的な品質改善効果が得られていると考えられる。

図-9(a)～(c)に無処理試験体に対する品質改善効果に及ぼす排水口からの距離の影響を示す。評価指標値によって異なるが、同図(a)の圧縮強度に注目すると、排水口に対する真空処理マット端部での品質改善効果は、実大施工実験では 63%、実験室実験では 57%程度であった。実験室実験において排水口に対する真空処理マット端部での品質改善効果が実大施工実験より

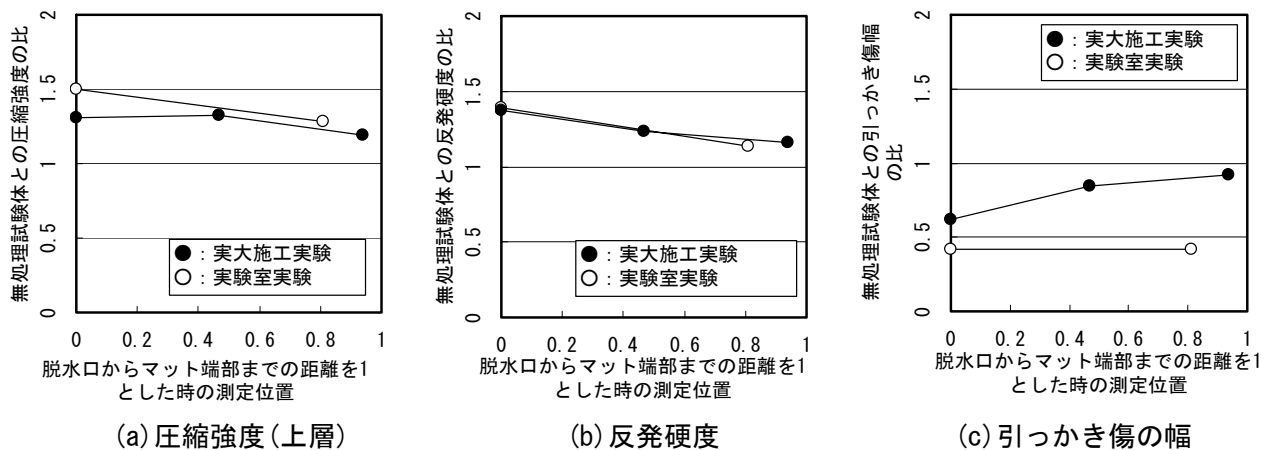


図-9 無処理試験体に対する品質改善効果に及ぼす脱水口からの距離の影響

小さくなった原因は、真空処理マット端付近に型枠面があり、型枠の影響のない実大スラブに比べて、コンクリート内部の真空度の低下が大きかったためと考えられる。すなわち、真空脱水処理による品質改善効果は、脱水口からの距離だけではなく、型枠面との距離も大きく影響すると考えられる。また、真空処理マット端部における密閉度の影響についても、今後、更なる検討が必要である。

4. まとめ

本実験の結果から、以下の知見が得られた。

- 1) 脱水口近傍での品質改善効果に関して、実験室実験の結果は、実施工の特性を概ね再現できていると判断できる。
- 2) 真空脱水処理による品質改善効果は真空処理マットの端部まで及ぶが、脱水口から離れると効果が減少する場合もある。

謝辞

本研究費の一部は、中部経済産業局平成17年度中小企業創業・経営革新等支援補助金(代表者:村松昭夫)、平成16年度日本学術振興会科学研究費補助金・基盤B(研究代表者:畑中重光)および平成17年度科学研究費補助金(特別研究員奨励費)によった。本実験に際して村松昭夫氏、筒井文康氏(株式会社建和)、山口武志氏(山口技研)、和藤浩氏(三重大学技術員)、畑中研究室の諸氏に御協力頂いた。付記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 畑中重光ほか: 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, 2002.8
- 2) Roman Malinowski, Harald Wenander: Factors Determining Characteristics and Composition of Vacuum Dewatered Concrete, ACI Journal, pp.98-101, Mar.1975
- 3) O.Ozdemir: Experimental Study on Vacuum Processed Concrete for Floor Constructions, P.Seidler Industriefubboden/Industrial Floors '99, Vol.1, pp.253-263, Jan.1999
- 4) 平川博也ほか: 真空脱水処理工法におけるコンクリート中の水分移動に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No.1, pp.427-432, 2005.6
- 5) 和藤浩ほか: 真空脱水締め固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報告集, Vol.25, No.1, pp.1079-1084, 2003.7
- 6) 和藤浩ほか: 床スラブコンクリートの真空脱水締め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報告集, Vol.23, No.2, pp.391-396, 2001.7
- 7) 和藤浩ほか: 真空脱水締め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分布に及ぼす真空度の影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.26, No.1, pp.375-380, 2004.6