

論文 旧コンクリートの含水率が新旧コンクリートの打継ぎ強度に与える影響

足立一郎*¹・迫田恵三*²・応 力*³・内海秀幸*⁴

要旨：新旧コンクリートの打継ぎ強度に影響する要因として旧コンクリートの表面処理度、打継ぎ材料の強度やブリーディング、旧コンクリートの打継ぎ面の表面水や乾燥状態がある。日本では、打継ぎ面の表面水や旧コンクリートの乾燥状態に関する研究例が少ない。そこで旧コンクリートの含水率を変えて新コンクリートの鉛直打継ぎを行い、打継ぎ強度を求めた。旧コンクリートの含水率を変える方法として、恒温・恒湿室に所定の期間放置した。その結果、旧コンクリートの含水率が4～5%となって湿潤状態でなくても70～90%の曲げ強度比が得られた。

キーワード：打継ぎ強度、含水率、乾燥収縮、鉛直打継ぎ、ウォータージェット

1. はじめに

新旧コンクリートの打継ぎに際して十分な強度、耐久性および水密性を得るためには、硬化した旧コンクリートについては脆弱化した部分を完全に除去し、強固な凹凸を有する処理面をつくり、そこにブリーディングの少ない新コンクリートを打設することが重要である。これに関しては、吉田徳次郎博士の著作で昭和17年4月に発行した書籍¹⁾、国分正胤博士が昭和25年11月に発表した論文²⁾などから今日にいたるまで多くの論文に研究成果が発表されている。著者らは、硬化した旧コンクリートの表面処理工法としてショットブラスト工法³⁾あるいはウォータージェット工法^{4)、5)}を用いた場合の表面処理度と打継ぎ強度との関係について実験的研究を行ってきた。これらの実験的研究では、旧コンクリートは水槽で十分な養生を施した後表面処理を行い、打継ぎ面を表面乾燥状態として新コンクリートを打設している。しかし、実際の工事では旧コンクリートが乾燥状態である場合が多々ある。したがって、本論では旧コンクリートの含水率が新旧コンクリートの打継ぎ強度に与

える影響について実験的研究を行った。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

本研究で使用したセメントは普通ポルトランドセメント、超速硬セメントである。超速硬セメントは比重3.04、比表面積5600cm²/g、鉱物組成C₁₁A₇CaF₂が20.6%、C₃Sが50.7%、C₂Sが1.7%のものをを用いた。また、無収縮モルタルはプレミックス型とした。細骨材は富士川産(表乾比重:2.62,吸水率:1.02%)、粗骨材は富士川産の川砂利(表乾比重:2.65,吸水率:0.81%,最大寸法:25mm)である。

2. 2 配合

ウォータージェットによって表面処理を施した旧コンクリートは普通コンクリートとし、打継ぎ材料としては普通コンクリート、超速硬セメントコンクリート、高流動コンクリートおよび無収縮モルタルを用いた。これらの配合を表-1に示す。なお、普通コンクリートは水セメント比が50%のみの1種類とした。

2. 3 供試体

コンクリートの圧縮強度試験用供試体は直

*1 千葉工業大学教授 工学部土木工学科

工博(正会員)

*2 東海大学教授 海洋学部海洋土木工学科

工博(正会員)

*3 千葉工業大学 大学院生

*4 千葉工業大学助手 工学部土木工学科

博士(工学)(正会員)

径・高さが 10X20cm の円柱、打継目なしの供試体は縦・横・長さが 10X10X40cm の角柱を用いた。打継ぎ用旧コンクリートは、角柱の長さ 40cm の真中に木製の板を挟んで 10X10X20cm の供試体をつくり、4 週間の標準養生後に鉄製型枠面側（10X10cm）をウォータージェットによって表面処理した。

2. 4 表面処理方法

ウォータージェットによる表面処理は表-2 に示す処理条件で標準養生 4 週直後に実施した。ここで繰り返し回数 1 とは、10X10cm の旧コンクリート面をロータリー方式によって 1 辺から他辺まで二度の噴射処理を行ったことである。

処理深さは処理面に標準砂を敷き均し、その標準砂の重量を測定して（標準砂の密度）X（断面積 10X10cm²）で割って平均深さとした。

2. 5 打継ぎ方法

全て鉛直打継ぎとし旧コンクリート、打継ぎ、その後の養生条件は下記のごとく設定した。

すなわち、旧コンクリートは 48 個作製し、全てに表面処理を施し、この内 36 個を打継ぎに用いるため処理深さを測定した。他の 12 個は含水率および乾燥収縮量の測定のために使用した。4 種類の打継ぎ材料に対して各々 3 個ずつの合計 12 個について、含水率測定を行ってから表面乾燥状態で最初の新コンクリート打設を行い、24 時間の室内湿潤養生を経てコンタクトゲージ用のゲージプラグを埋め込み、他の 36 個の旧コンクリートと共に恒温・恒湿室に放置し、24 時間、3 日間、7 日間、14 日間、28 日間の各放置期間後にコンタクト・ゲージで新、旧および新旧間の乾燥収縮量を測定した。また、含水率は恒温・恒湿室内への放置前・後における重量変化を計測して求めた。新コンクリート打設後 4 週目で打継ぎ強度試験を実施した。2 回目、3 回目の打継ぎは旧コンクリート打設後 35 日目、63 日目であって、各々の場合も最初と同様の測定サイクルとした。恒温・恒湿室は温度 20℃、湿度 50% の条件とした。

2. 6 打継ぎ強度試験

打継ぎ強度は、三等分点載荷法による曲げ強度試験によって評価し、打継目のある供試体の

表-1 配合表

コンクリートの種類	水セメント比	水	セメント	細骨材	粗骨材	石粉
	w/c (%)	W	C	S (Kg/m ³)	G	SD
普通コンクリート	50	181	362	744	1002	—
高流動コンクリート	60	171	285	694	822	324
超速硬コンクリート	40	160	400	668	1156	—
無収縮モルタル	36	338	1875 (プレミックス型で販売)	—	—	—
混和剤						
	AE 剤	増粘剤	減水剤	消泡剤	減水剤 (M. t)	遅延剤 (J. s)
普通コンクリート	0.18 (Kg/m ³)	—	—	—	—	—
高流動コンクリート	—	6 (kg) W × 0.1%	51.3 (kg) C × 1.8%	28.5 (kg) C × 0.1%	—	—
超速硬コンクリート	—	—	—	—	8 (kg) C × 2.0%	0.8 (kg) C × 0.2%
無収縮モルタル	—	—	—	—	—	—

表-2 ウォータージェット処理条件

コンクリートの水セメント比 (%)	50
水圧 (MPa)	150
繰り返し回数	1
ノズル先端口径 (mm)	0.3
処理深さ (mm)	2~3
処理限界距離 (mm)	15
回転数 (rpm)	185
速度 (cm/min)	94

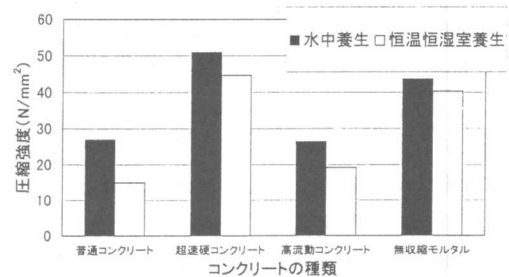


図-1 打継ぎコンクリートの圧縮強度

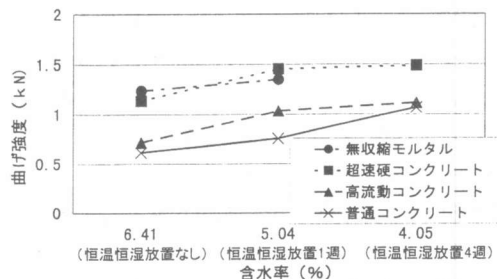


図-2 旧コンクリートの含水率と曲げ強度との関係

曲げ強度と打継目のない場合の曲げ強度との比、すなわち曲げ強度比 (%) で表した。

3 実験結果および考察

3. 1 コンクリートの圧縮強度

作製した旧コンクリートの平均圧縮強度は、水セメント比 50% で 30N/mm² である。

打継ぎ材料の平均圧縮強度を図一1に示す。
 超速硬セメントコンクリートは材齢1日であり、
 他は28日である。超速硬セメントコンクリート
 が最も大きく、無収縮モルタル、高流動コンクリ
 ート、普通コンクリートの順で小さくなった。図
 の中で黒軸は水中での標準養生を経た供試体で
 あるが、無色の軸で示したものは打設後24時間
 の室内湿潤養生後に温度20℃湿度50%の中に
 放置したものである。

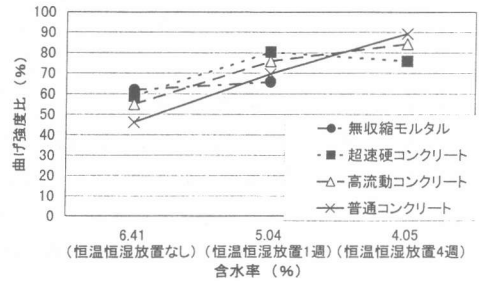
打継ぎ材料の圧縮強度は湿度50%の室内に放
 置した場合が標準養生の場合より小さくなる傾
 向を示した。

3. 2 曲げ強度および曲げ強度比

図一2は、旧コンクリートを恒温・恒湿室に放
 置しない場合の平均含水率が6.41%、1週間放置
 した場合5.04%、4週間放置すると4.05%となり、
 これらの旧コンクリートに4種類の材料を打継
 いで恒温・恒湿室に放置した4週間後の曲げ強
 度を示している。曲げ強度は、旧コンクリートの
 含水率によらず圧縮強度の大きい超速硬セメン
 トコンクリートや無収縮モルタルの場合が普通
 コンクリートや高流動コンクリートより大きく、
 全体の傾向は旧コンクリートの含水率が小さい
 ほど大きくなっている。

曲げ強度比で表すと、図一3のように旧コン
 クリートの含水率が小さい程大きくなる傾向を
 示し、それは打継ぎ材料によらない。

表一3は曲げ強度試験を行った際の破壊位置
 を示す。種類は打継ぎ材料、水セメント比は各材
 料で用いた値、供試体の記号に続いて破壊位置
 を表している。旧コンの記号は、旧コンクリート
 の略称であり、打継ぎ材料や打継目ではなく旧
 コンクリート側で破壊したことである。打継ぎ
 を行うまで旧コンクリートを恒温・恒湿室に放
 置しない場合は、普通コンクリートおよび高流
 動コンクリートを打継ぐと打継目で破壊し、超
 速硬セメントコンクリートおよび無収縮モルタ
 ルでは旧コンクリート側で破壊した。前者の場
 合は、付着強度が小さいためと考えられ、後者の
 場合は付着強度が大であり且つ打継ぎ材料の強
 度が旧コンクリートの強度よりも大であるため
 と考えられた。これは、1998年度JCI発表⁹⁾の



図一3 旧コンクリートの含水率と曲げ強度との関係

表-3 曲げ試験時の破壊位置
 破壊位置 (恒温恒湿室放置なし)

種類	水セメント比	供試体No.	破壊位置
普通コンクリート	50%	普通-1	継目
		普通-2	継目
		普通-3	継目
JETコンクリート	40%	JET-1	旧コン
		JET-2	旧コン
		JET-3	旧コン
高流動コンクリート	60%	高流動-1	継目
		高流動-2	継目
		高流動-3	継目
無収縮モルタル	36%	無収縮-1	旧コン
		無収縮-2	旧コン
		無収縮-3	旧コン

破壊位置 (恒温恒湿室放置4週)

種類	水セメント比	供試体No.	破壊位置
普通コンクリート	50%	普通-7	新コン
		普通-8	新コン
		普通-9	新コン
JETコンクリート	40%	JET-7	新コン
		JET-8	旧コン
		JET-9	旧コン
高流動コンクリート	60%	高流動-7	新コン
		高流動-8	新コン
		高流動-9	新コン
無収縮モルタル	36%	無収縮-7	旧コン
		無収縮-8	旧コン
		無収縮-9	継目

コンクリートの略

結果と同じ傾向である。

旧コンクリートを4週間、恒温・恒湿室に放置
 して乾燥させた場合は、普通コンクリートおよ
 び高流動コンクリートの打継ぎでは新コンクリ
 ートでの破壊となり、超速硬セメントコンクリ
 ートおよび無収縮モルタルでは放置なしの場合
 と同様に旧コンクリートで破壊している。この
 場合、前者は新コンクリート打継ぎ24時間後に
 恒温・恒湿室に放置したので、打継ぎ材料の強
 度が旧コンクリートより小さく、後者では放置な
 しの場合と同様の理由、すなわち打継ぎ材料の
 強度が旧コンクリートに勝っているためである
 と思われた。

先に、旧コンクリートの含水率が小さいほど曲げ強度比が大きくなることを示した。これについて、次の如く考察した。旧コンクリートが乾燥状態であると毛細間隙に新コンクリートからの自由水移動が生じて間隙を充填し、空隙率を低下させる。この時、微量のセメントペーストが浸透して付着力に寄与すると共に水和したセメントゲルの網状構造の凹凸面へのからみ効果も期待されて打継ぎ強度が大きく現れると考えられる。また、新コンクリートのブリーディング水が旧コンクリート側に吸水されることによって付着面における水セメント比の低下が考えられる。逆に、旧コンクリートの乾燥が過度になると新コンクリート側の乾燥収縮が更に大きくなるものと推定される。

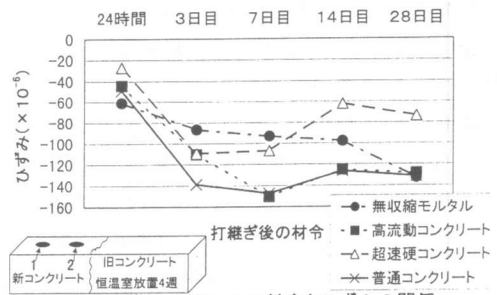
3. 3 新旧コンクリートの乾燥収縮の測定

図一4, 5, 6は、旧コンクリートに新コンクリートを打継いでから、先に述べたように24時間の室内養生後に恒温・恒温室に放置して、更に24時間後、3日目、7日目、14日目、28日目にコンタクト・ゲージで測定したコンクリート表面のひずみ量を示した。これは、既に乾燥状態にある旧コンクリートに新コンクリートを打継いだ場合、新コンクリート側から旧コンクリートへ水分の移動が生じて旧コンクリートに膨張の傾向が生じるか否かを検証するためと、新および旧コンクリートの乾燥収縮が打継ぎ強度に影響を及ぼすか否かを調べようとしたものである。

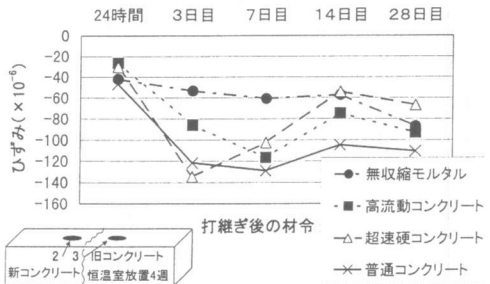
図一4は図示のとおり新コンクリート1-2間の収縮ひずみ、図一5は打継目を中央にして新コンクリートと旧コンクリートとに跨った2-3間の収縮ひずみ、図一6は旧コンクリート側の3-4間の収縮ひずみを示す。

旧コンクリートの収縮ひずみを示す図一6から、新コンクリート打設後7日目より急に膨張する傾向を示したが、水分の移動との関係は更に検討を要すると考えた。無収縮モルタルを打継いだ場合、大きな変化はなかった。図一4から、新コンクリート側の収縮ひずみは超速硬セメントコンクリートを除いて3日目まで増加したが、それ以降は大きな変化がなかった。

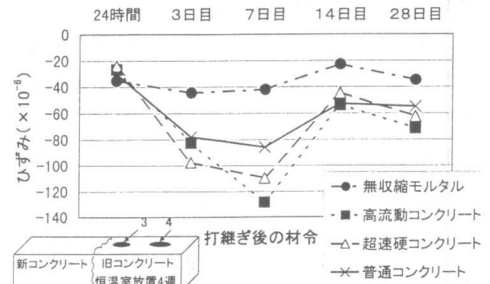
新旧に跨った収縮は、図一6によると、無収縮



図一4 新コンクリートの材令とひずみの関係



図一5 新コンクリートの材令とひずみの関係



図一6 新コンクリートの材令とひずみの関係

モルタルを除く3種類の材料を打継いだ場合、7日目まで収縮は増加するが、それ以後は減少し、これは旧コンクリートの場合と同様の傾向を示した。一方、無収縮モルタルを打継いだ場合は収縮の変化が少ない。

新コンクリートおよび旧コンクリートの最大収縮量は7日目に生じ、収縮ひずみの最大はそれぞれ0.015%、0.013%であって打継ぎ強度に直接影響はなかったものと考えた。

3. 4 荷重とたわみの関係

曲げ強度試験に際して、荷重の増加に伴う梁中央点のたわみをレーザー変位測定器で測定した。

図一7,8,9に示した打継ぎの無い供試体の意味は,新旧の打継ぎを行った際に打継ぎ材料のみで作製した10X10X40cmの供試体のことであつて,これらは打継いだ供試体とともに24時間の室内湿潤養生の後に恒温・恒湿室へ放置した。ここで,「恒温・恒湿室放置なし」等の表示は,「2.5 打継ぎ方法」で述べた如く,同時に作製した打継ぎコンクリートの旧コンクリートの養生条件を指すものである。

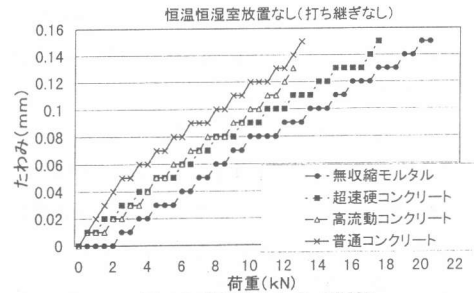
図一10,11,12は旧コンクリートに4種類の材料を打継いだ場合の曲げ強度試験から得たものである。これらの図から荷重—たわみ曲線の内側の面積を求めて,これらを一種の曲げ破壊エネルギーと呼んで図一13,14に示した。

両者から見出せる特徴として,打継ぎの無い場合は無収縮モルタルが最も大きいが,打継ぎでは超速硬セメントコンクリートの場合が大きくなった。放置4週で無収縮モルタルのデータを得られなかったが,曲げ破壊エネルギーは放置1週の含水率5.04%において最も大きく,放置4週では減少の傾向となっている。一方,曲げ強度あるいは曲げ強度比で表すと,含水率5.04%よりも含水率4.05%の方が大きくなった。これは,含水率5.04%すなわち放置1週の場合は図一11,12から変形能が大きかったためであると判断できる。

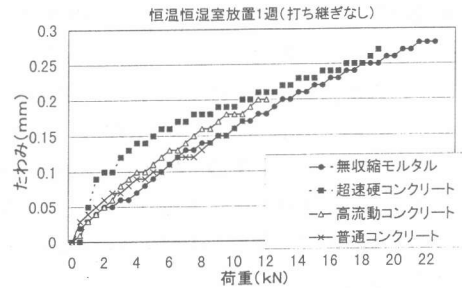
4 結果および考察

新旧コンクリートの鉛直打継ぎにおいて,旧コンクリート側を乾燥状態にして4種類の打継ぎ材料を打継いだ場合の曲げ強度すなわち打継ぎ強度を実験的に検討し,以下の結果が得られた

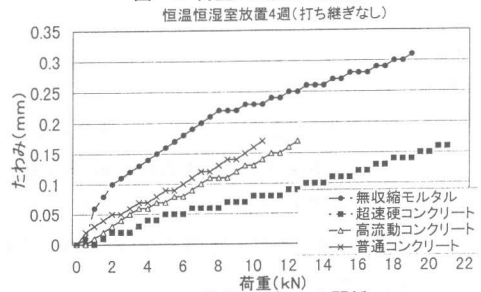
- (1) 旧コンクリートの含水率を4~5%程度まで乾燥させて打継いだ場合は,含水率6.4%程度の場合より打継ぎ強度が大きくなる。
- (2) 打継いだ供試体の荷重—たわみ曲線から変形能を考慮して,曲げ破壊エネルギーは含水率5%程度で最大になる。



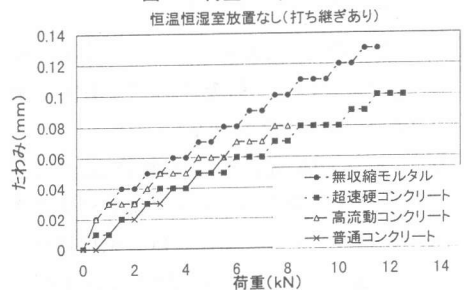
図一7 荷重とたわみの関係



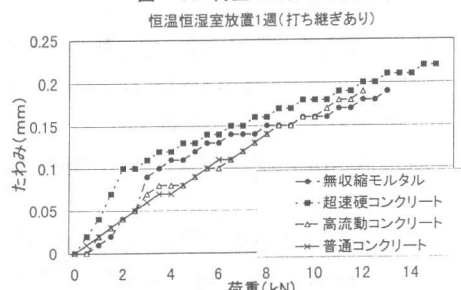
図一8 荷重とたわみの関係



図一9 荷重とたわみの関係



図一10 荷重とたわみの関係



図一11 荷重とたわみの関係

以上、旧コンクリートの含水率が5%程度まで乾燥状態であっても良好な打継ぎ強度の得られることが明らかとなった。

本論文では、新旧コンクリートの打継ぎにおいて旧コンクリートの処理面にモルタルを敷くなどの補助工法を用いなくとも良好な打継ぎ強度を得る工法について研究した。旧コンクリートの湿潤状態に関しては、例えば ACI Committee 546 では日本の土木学会コンクリート標準示方書と近似した工法を示している。しかし、Felt⁶⁾、Warris⁷⁾、Yuting Zhu⁸⁾ などの研究によると旧コンクリートがドライベースである程強い打継ぎ強度の得られることを実験的に明らかにしている。今後、養生条件を変えて旧コンクリートの乾湿の条件と打継ぎ強度との関係を明らかにする必要がある。

参考文献

- 1) 吉田徳次郎：コンクリート及び鉄筋コンクリート施工法,丸善,昭和26年3月
- 2) 国分正胤：新旧コンクリートの打継目に関する研究,土木学会論文集,第8号,昭和25年11月
- 3) 足立一郎、小林一輔：ショットブラストを利用した新旧コンクリートの打継ぎ工法に関する研究,土木学会論文集,第473号,pp64—73,1986.9
- 4) 足立一郎、迫田恵三、八尋輝夫、光延優一：ウオータージェットによる処理深さが新旧コンクリートの打継ぎ強度に与える影響,コンクリート工学年次論文報告集,Vol.19,No.1 pp1459—1464,1997
- 5) 迫田恵三、足立一郎、光延優一、吾妻健司：各種の打継ぎ材料がコンクリートの付着強度に及ぼす影響,コンクリート工学年次論文報告集,Vol.20,No.1,pp413—418, 1998
- 6) Felt,E.J., “Repair of Concrete Pavement” ACI Journal, Proceedings Vol.57,No.2 1960

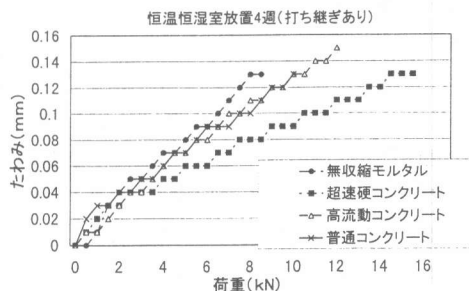


図-12 荷重とたわみの関係

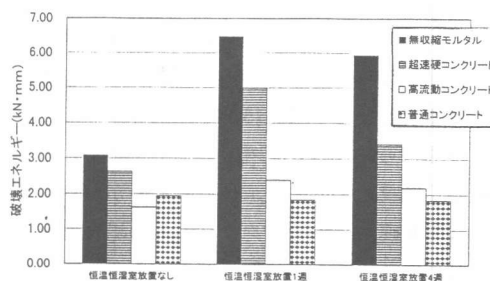


図-13 曲げ破壊エネルギー(打ち継ぎ無し)

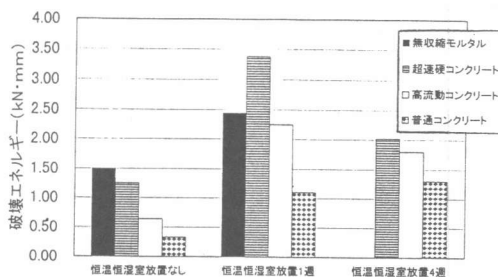


図-14 曲げ破壊エネルギー(打ち継ぎ有り)

pp.139-153

- 7) Warris,B., “Bond between Mortar Toppings and Concrete”,Proceedings ,RILEM Symposium on Synthetic Resins in Building Construction 1970 pp.463-475
- 8) Yuting Zhu “EFFECT OF SURFACE MOISTURE CONDITION ON BOND BETWEEN NEW AND OLD CONCRETE” Bulletin. No. 159, Royal Institute of Technology, Sweden,1992