

土木研究所資料

コンクリート橋の補修に関する調査試験報告書
—セメント系材料を用いたプレパックドコンクリートによる断面修復工法—

昭和63年 3 月

建設省土木研究所
地質化学部コンクリート研究室

Copyright © (1988) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted,
nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

コンクリート橋の補修に関する調査試験報告書

—セメント系材料を用いたプレパックドコンクリートによる断面修復工法—

地質化学部コンクリート研究室 室 長 小 林 茂 敏

主任研究員 河 野 広 隆

研 究 員 丹 野 弘

高 橋 弘 人

要 旨

塩害を受けたコンクリート橋の補修方法には、損傷の程度に応じて種々の方法が採られているのが現状である。本資料はかぶりコンクリートが鋼材の腐食によって剝離しているような大断面の断面修復方法として、普通セメントモルタルおよびポリマーセメントモルタルを注入材としたプレパックドコンクリートによる断面修復工法について検討した結果をとりまとめたものである。

キーワード：コンクリート橋、塩害、プレパックドコンクリート、ポリマーセメントモルタル、断面修復

目 次

1. はじめに	1
2. 断面修復方法の現況と特質	2
3. セメント系断面修復材料の各種試験	4
3.1 注入モルタルの配合に関する検討	4
3.1.1 試験の概要	4
3.1.2 普通セメントモルタルの配合試験	4
3.1.3 ポリマーセメントモルタルの配合試験	10
3.2 硬化したプレパックドコンクリートの強度試験	21
3.3 硬化したプレパックドコンクリートの耐久性試験	27
4. 断面修復を施した梁供試体の載荷試験	32
4.1 試験の概要	32
4.2 供試体の作製	32
4.3 載荷方法	33
4.4 試験結果と考察	34
5. プレパックドコンクリートによる標準的な断面修復工法の検討	45
5.1 検討の目的	45
5.2 検討の内容	45
6. ま と め	48
参 考 文 献	49

1. はじめに

海岸付近のような厳しい腐食性環境下にあるコンクリート橋には、鉄筋の腐食によってコンクリートに大きなひびわれやかぶり部分のコンクリートの剝離を生じている事例が報告されている。こうしたコンクリート橋に対し、現在いくつかの方法で補修が行われているが、このなかでもエポキシ樹脂を用いたプレパックスドコンクリートによる断面修復工法が多かったようである。これは、部材への付着が良好で施工も比較的容易なためであるが、一般に樹脂はコンクリートと比較して弾性係数が小さく、熱膨張率やクリープが大きく、また、部材コンクリートや骨材を乾燥状態にしなければならないなど、構造部材の材料として評価が難しいうえに高価でもある。

このため、コンクリートと近い物性を有する断面修復材料として普通セメントモルタルおよびポリマーセメントモルタルを注入材とするプレパックスドコンクリートによる断面修復工法の適用性について検討することとした。

こうしたことから、3. では断面修復厚さが比較的薄い場合でも十分な充填性が得られるコンシステンシーを有する注入モルタルの配合について検討するとともに、硬化したモルタルおよびプレパックスドコンクリートの強度と耐久性について調査した。4. では断面修復を施した部材の載荷試験を行ってその挙動について調査し、5. では4. の供試体作製時の知見も含めてプレパックスドコンクリート工法による断面修復方法の概要について示した。

2. 断面修復方法の現況と特質

塩害等によって損傷を被ったコンクリート構造物は、通常は損傷部の補修が行われるが、このための補修方法はまだ確立されたものはないのが現状であり、一般に構造物の損傷の程度に応じて採用されている補修方法の概要について示すと次のようである。

錆汁の浸出や軽微なひびわれ程度の損傷には、塩分の浸入や酸素の遮断を目的にコンクリート表面の塗装や樹脂注入が用いられている。また、局部的なコンクリートの剝離や内部鉄筋の露出等の損傷に対しては、樹脂やセメントモルタルによるパッチングの後、塗装が行われている。

一方、比較的大きな損傷を被った構造物の場合には、新たに構造物を建造し直す場合もあるが、そのために交通を遮断することが不可能なことなどの理由から、多大な費用をかけて損傷部の補修を行っている。この場合の補修方法としては、まず損傷劣化したコンクリート部分をはつり取り、断面修復する部材コンクリートの下地処理ならびに鉄筋の防錆処理を行った後、断面を修復する方法が採られている。

断面修復を行うに際しては、吹き付けコンクリート工法、打足しコンクリート工法、プレパックスドコンクリート工法等や、エポキシ系樹脂を注入材としたプレパックスド樹脂コンクリート工法を用いる場合もある。また、PC桁の場合には断面修復後に桁の両わきにアウトケーブルを追加して補強する方法や断面修復の際に鋼板を接着する方法も試みられている。

これらの各種断面修復工法の特徴と問題点の概略は以下のようなものである。

(1) 吹き付けコンクリート工法

施工は比較的容易であるが、十分なかぶりを確保すること、および気密性の高いコンクリートとすることが難しく、このため補修後の鉄筋の腐食の進行を十分に阻止するものとはなり難い。

(2) 打足しコンクリート工法

一般にコンクリートの打設が困難であり、特に補修断面の薄い場合は、コンクリートを型枠のすみずみまで行きわたらせることが難しい。この工法においてはコンクリートの打設を容易にするために補修断面が必要以上に厚くなりがちであり、このために補修後の死荷重も増大することになる。

(3) プレパックスドコンクリート工法

従来、水中コンクリートや重量コンクリートに使用されているプレパックスドコンクリートは部材コンクリートとの付着が良いことから、逆打ちコンクリートや比較的断面の厚い部分の補修に応用されることも多い。しかし、粗骨材の最小寸法が大きな場合には補修断面が厚くなり、死荷重の増大を招くことから、これへの検討が必要である。

(4) プレパックスド樹脂コンクリート工法

プレパックスドコンクリートの注入材にエポキシ系樹脂を用いれば、部材コンクリートとの接着性が良い。また、硬化時間の調整が比較的自由なことや高強度であり水密性も大きいこと等の利点を有している。しかし、一般に樹脂は耐火・耐熱性に劣るほか弾性係数が小さいこと、熱膨張率やクリープが大きいことなど評価の難しい点もある。また、非常に高価でもある。

(5) 鋼板接着工法

鋼板をエポキシ樹脂等の接着剤でコンクリート表面に接着して補強を行う方法である。この方法によれば鋼板の面積に応じて耐力の回復が得られるが、鋼板面が露出するため防食塗装が不可欠であり、塗装を行っても鋼板の腐食や接着用樹脂の劣化による鋼板の剝離等を生じる例が多い。

以上のようなことから断面修復材料・工法に要求される性質としては次の事項が挙げられる。

- (1) 部材コンクリートとの接着性が良好であること。
- (2) 鉄筋との付着が良く、腐食を防止し得ること。
- (3) 耐久性が良好であること。
- (4) 弾性係数、熱膨張率、クリープ性状等の特性が部材コンクリートと大きく相違しないこと。
- (5) 施工が容易であること。
- (6) 安価であること。

ここで、前述のプレパックスドコンクリートによる断面修復工法は任意のかぶりを正しく確保することが可能であり、注入材料を適切に選択すれば断面修復材料に要求される諸性質を満足させることが可能と考えられる。さらにこの工法において透明樹脂板を埋殺し型枠として用いれば、注入モルタルの充填状況を確認しながら注入作業を行うことができる。しかし、最小寸法の大きな粗骨材を用いることは好ましくなく、プレパックスドコンクリートによる断面修復工法を実用化させるためには、最小断面修復厚を5cm程度とした場合について検討しておく必要がある。

また、断面修復後の部材の耐久性を考慮すれば適当な注入性が得られる範囲内で所要の品質を有する注入モルタルであることが必要である。

そこで本調査では注入モルタルとして普通ポルトランドセメントモルタル（以下、普通セメントモルタル）およびポリマーセメントモルタルを用いたプレパックスドコンクリートによる断面修復工法の実用性について一連の調査・試験を行うこととした。

3. セメント系断面修復材料の各種試験

3.1 注入モルタルの配合に関する検討

3.1.1 試験の概要

プレパックドコンクリートは、適当な粒度を持つ粗骨材を型枠に詰め、その空隙に適当な圧力でモルタルを注入して作製するコンクリートである。ここで注入されるモルタルに要求される性質としては、流動性が大きく、材料分離が少なく、かつ適度な膨張性を有することが挙げられる。

そこで本試験では普通セメントモルタルおよびポリマーセメントモルタルにおいて、注入モルタルとして所要の品質を有することができる配合について検討を行うこととした。

3.1.2 普通セメントモルタルの配合試験

表-3.1 骨材の物理的性質

(1) 使用材料

(1) セメント

セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。

(2) 骨 材

粗骨材は富士川産川砂利で粒径10～15

mmのものをを用い、細骨材は早川産川砂で1.2mm以下および0.6mm以下のものをを用いた。表-3.1に骨材の試験成績結果を示す。

(3) 練り混ぜ水

練り混ぜ水は水道水を使用した。

(4) 混和剤

高性能減水剤としてマイティ-150（固形分42%）およびマイティ-FD（固形分40%）を使用した。

(5) アルミニウム粉末

発泡剤としてJIS K 5906第2種に適合するアルミニウム粉末を使用した。

(2) 検討項目の試験方法と試験結果

(1) 高性能減水剤の添加量

注入に適したモルタルの配合決定にあたって、まず、高性能減水剤の添加量について検討した。

1) 試験方法

高性能減水剤の添加量を検討するにあたって、試験練りにより暫定的に配合を定めることとし、モルタルは砂セメント比(S/C)=1.0、アルミニウム粉末の添加量0.01%とし、細骨材1.2mm以下のものをを用いた。

試験はマイティFDならびにマイティ150の添加量を変化させてPロート流下時間を測定し、あわせてモルタルの圧縮強度試験（材令7日）を行った。さらに、今回対象とする粗骨材径は従来のプレパックドコンクリートにおいて対象としてきた骨材径に比べて小さくなることから、

15×30 cmの型枠に10～15 mm および15～20 mmの径の粗骨材を詰めて簡易な注入試験を行った(図-3.1)。

2) 試験結果

① 試験に先立って、表-3.2に示す配合においてマイティ150を使用したモルタルのブリージング率を

表-3.2 モルタルのブリージング率測定に用いた配合

	W/C (%)	S _{max} (mm)	S/C	AI 粉末 ^{*)} 添加量 (%)	マイティ150 ^{**)} 添加量 (%)
①	45	1.2	1.0	0.01	0
②	40	1.2	1.0	0.01	0.5
③	35	1.2	1.0	0.01	1.0

^{*)} セメント重量に対する添加量

^{**)} セメント重量に対するマイティ150の固形分の添加量

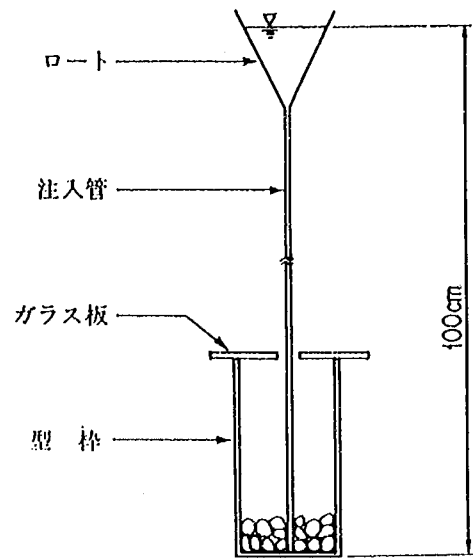


図-3.1 簡易注入試験方法
(圧縮及び引張強度試験用
供試体作成方法)

測定した結果、W/C=45%のモルタルではブリージングにともなうレイタンスが生じていた。一方、W/C=35%のモルタルはアルミニウム粉末によって生じた気泡が表面に集まったためと考えられる凸凹があったもののW/C=40%のモルタルと同様、ブリージングは認められなかった。

よって、以下の試験ではW/C=35%, 40%のモルタルについて検討することとした。

② 図-3.2および図-3.3にマイティFD添加量とPロート流下時間およびモルタル圧縮強度との

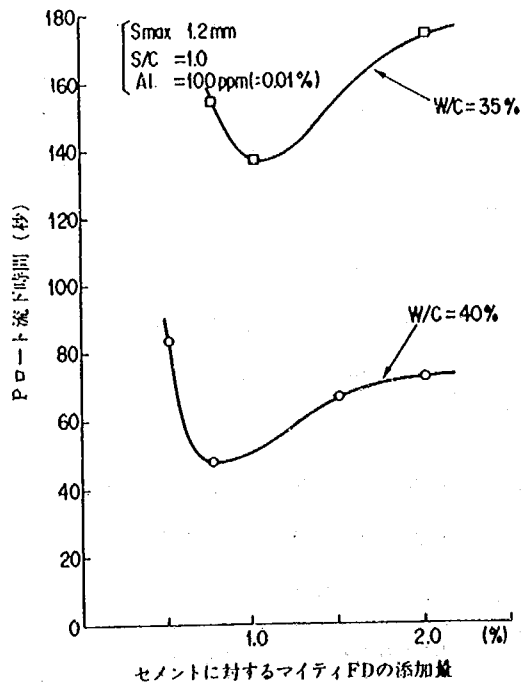


図-3.2 マイティFDの添加量とPロート流下時間との関係

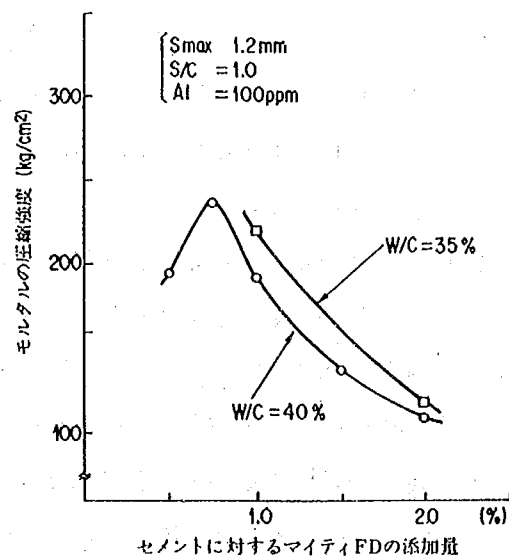


図-3.3 マイティFDの添加量とモルタルの圧縮強度との関係

関係を示す。これより、 $W/C=35\%$ のモルタルでは1.0%、 $W/C=40\%$ のモルタルでは0.75%のマイティFD添加量でそれぞれPロート流下時間が最小となっている。

これは、マイティFDを2.0%添加した際にモルタル中の砂が急速に沈殿する傾向が顕著であったことから、過度の添加が材料分離を起こし、それによってPロート流下時間が再び大きくなったと考えられる。

- ③ 次にマイティ150を添加した場合の添加量とPロート流下時間およびモルタル圧縮強度との関係を図-3.4および図-3.5に示す。これより、マイティ150はマイティFDとは異なりPロー

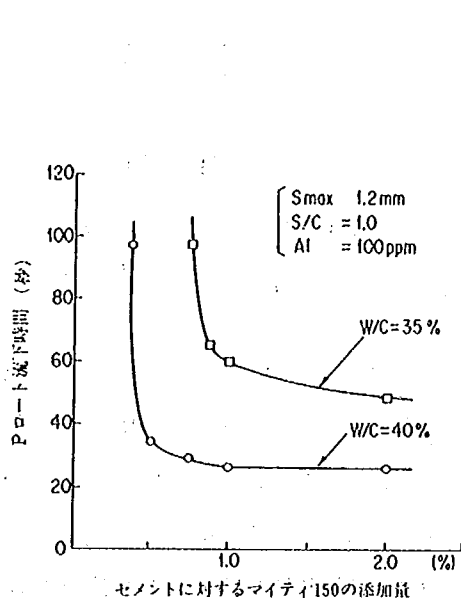


図-3.4 マイティ150の添加量とPロート流下時間との関係

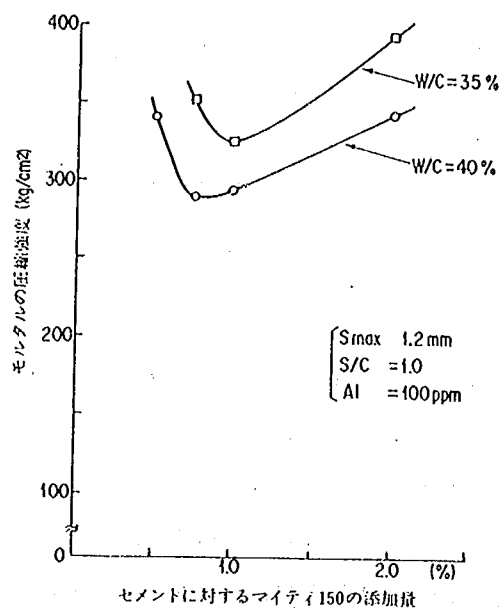


図-3.5 マイティ150の添加量とモルタルの圧縮強度との関係

ト流下時間が最小値となる添加量は認められない。すなわち、 $W/C=35\%$ モルタルでは1.0%、 $W/C=40\%$ モルタルでは0.4%程度の添加量までPロート流下時間は急激に減少するが、これらの値以上に添加量を増加させてもPロート流下時間はほとんど変化しない。

マイティ150を1.0%以上添加したモルタルでは材料分離の傾向が確認され、モルタル圧縮強度試験の結果ともあわせて考えると $W/C=40\%$ の場合には約0.5%、 $W/C=35\%$ の場合には約0.75%のマイティ150添加量がモルタルの流動性を大幅に改善する範囲内で圧縮強度にも悪影響を及ぼさない最適添加量であると言える。

- ④ 型枠内への注入試験の結果、マイティ150 0.5%添加モルタル($W/C=40\%$) (Pロート流下時間=31秒)においては、15~20mmの寸法の骨材を詰めた型枠内には良好な注入ができたものの、10~15mmの骨材を用いた場合には空隙が生じ、完全な注入は行えなかった。

一方、マイティFDを用いた場合、 $W/C=40\%$ のモルタルのPロート流下時間最小値は48秒であり、今回の断面修復の目的からは、マイティFDを使用したモルタルを注入することは困難と考えられたことから、以降の試験では高性能減水剤としてマイティ150のみを使用することと

した。

(2) アルミニウム粉末の混入量

アルミニウム粉末はセメント中のアルカリと反応して微細な水素ガスを発生させることから、これによってモルタルを膨張させ、モルタルの沈下収縮を防ぐとともに膨張圧によってモルタルと骨材との付着を高めることを目的にアルミニウム粉末の添加量について検討した。

1) 試験方法

アルミニウム粉末はセメント重量に対して 20, 50, 100 ppm の割合で添加し、モルタルの膨張率を経時的に測定するとともにモルタルの圧縮強度試験を行った。

2) 試験結果

- ① 図-3.6 および図-3.7 にアルミニウム粉末混入量とモルタル膨張率の経時変化および最終膨張率の関係を示す。これより、モルタルの膨張率はいずれの添加量でも 15 分で 30~40%, 30 分で 60~70%, 60 分で 80~90% の膨張が終了してしまうことがわかる。

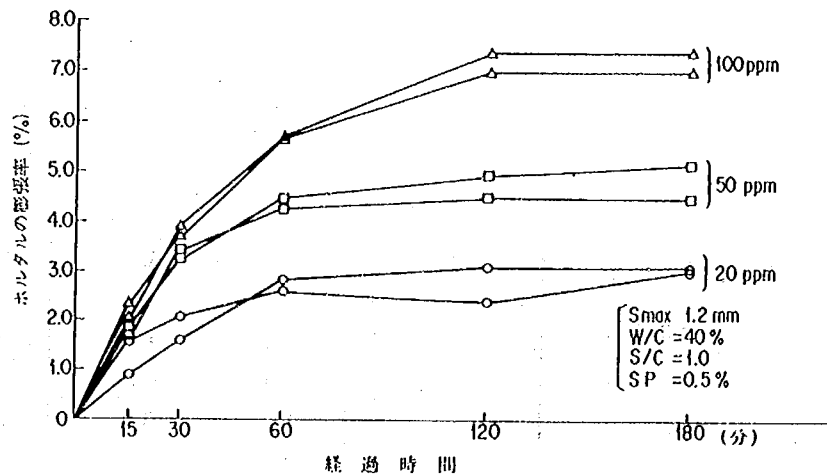


図-3.6 モルタル膨張率の経時変化

- ② ブリージングのない注入モルタルの膨張率は 2~4 % 程度でよいと言われていることから、ここで膨張率の目標を 3 % とすると、これに相当するアルミニウム粉末の混入量は 20 ppm (=0.002 %) となる。

- ③ 図-3.8 にアルミニウム粉末混入量とモルタル圧縮強度との関係を示すが、混入量の増加に伴って圧縮強度が直線的に低下していることからアルミニウム粉末混入量は所要の膨張率が得られる範

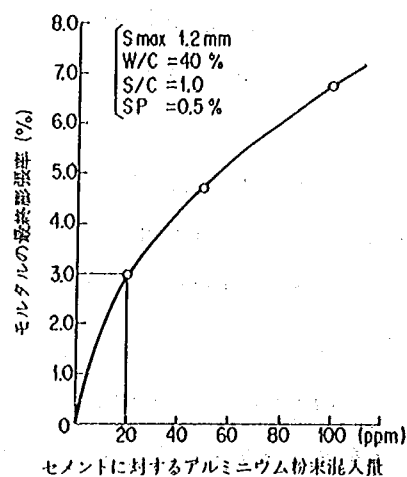


図-3.7 アルミニウム粉末混入量とモルタルの最終膨張率との関係

囲内で、できるだけ少ないことが望ましいと言える。

(3) 細骨材の粒径と砂セメント比 (S/C)

断面修復用プレパックドコンクリートに用いる粗骨材径は従来のプレパックドコンクリートと比較してかなり小さくなることから、細骨材粒径の選定にあたっては注入モルタルの閉塞や注入抵抗の増大を起こさないよう考慮すべきである。また、S/Cについても考慮する必要があることから、以上の点について検討することとした。

1) 試験方法

細骨材粒径の試験として最大寸法が2.5mm、1.2mmおよび0.6mmの3種類の細骨材を用いたモルタルの模型型枠への注入試験を行い、充填性を比較した。注入モルタルの配合を表-3.3に、また、模型型枠試験の状況を図-3.9に示す。

また、この結果をもとにS/CとPロート流下時間との関係についても検討した。

2) 試験結果

① 図-3.10.1～図-3.10.9にモルタル注入状況の経時変化の概略図を示す。また、注入時の平均表面勾配を表-3.3

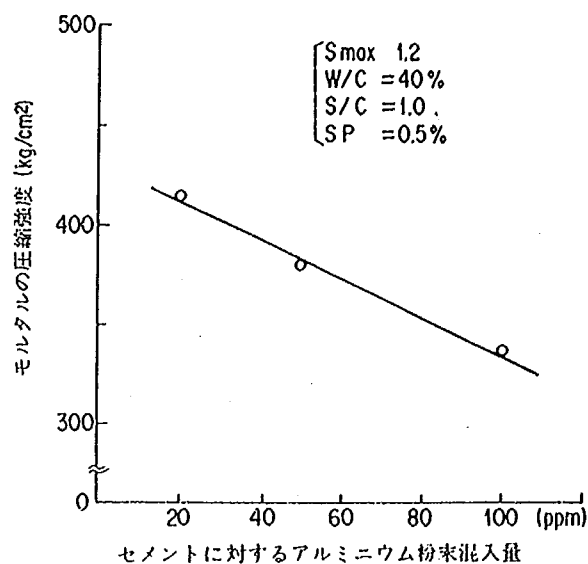


図-3.8 アルミニウム粉末混入量とモルタルの圧縮強度との関係

表-3.3 注入モルタルの配合と模型注入結果

粗骨材の粒径 G (mm)	No	細骨材の最大寸法 S _{max} (mm)	砂セメント比 S/C	Pロート 流下時間 (sec)	平均 表面勾配
15~20	1	2.5	1.15	27.2	注入不可
	2	1.2	1.0	28.6	0.53
	3	0.6	0.8	26.2	0.25
10~15	4	1.2	1.0	27.6	注入不可
	5	0.6	0.8	26.2	0.37
	6	1.2	0.8	22.6	0.40
	7	0.6	1.1	66.2	注入不可
	8	0.6	0.9	36.4	注入不可
	9	0.6	0.7	23.0	0.36

注) W/C=40%, SP=0.5%, A1=20ppmは一定

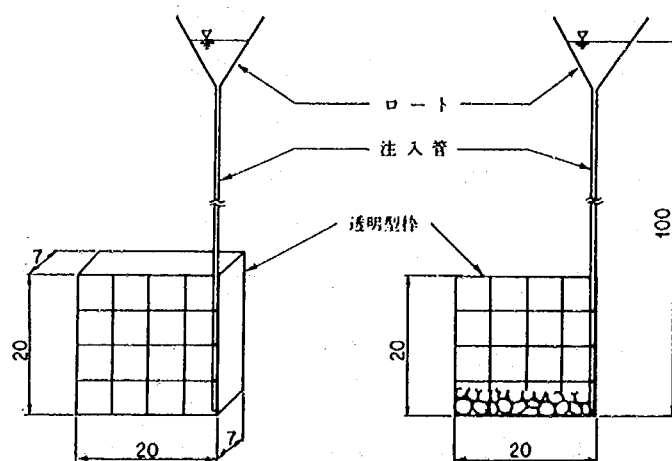


図-3.9 模型実験の概要 (単位: cm)

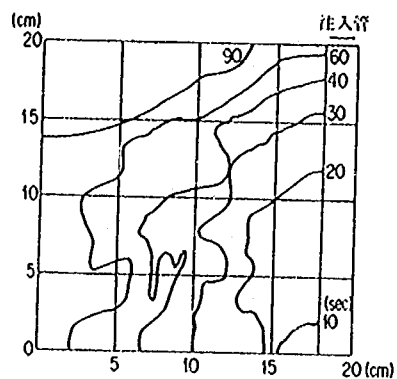


図- 3.10.1 モルタルの注入状況 (No.1)

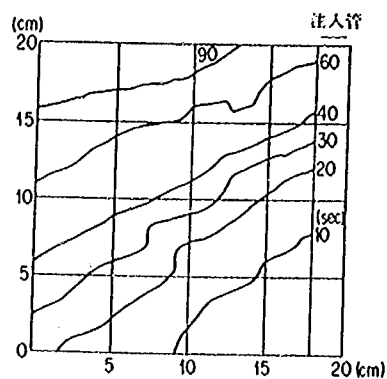


図- 3.10.2 モルタルの注入状況 (No.2)

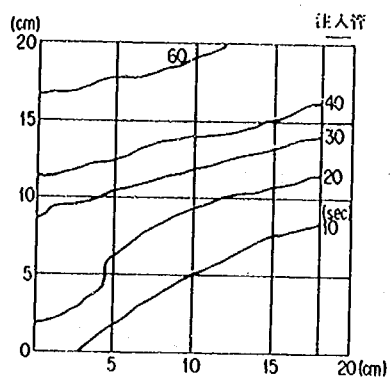


図- 3.10.3 モルタルの注入状況 (No.3)

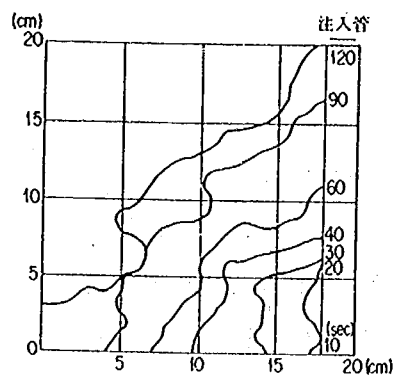


図- 3.10.4 モルタルの注入状況 (No.4)

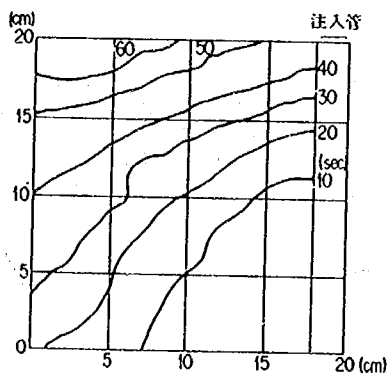


図- 3.10.5 モルタルの注入状況 (No.5)

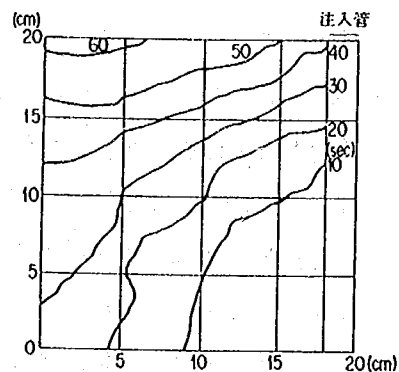


図- 3.10.6 モルタルの注入状況 (No.6)

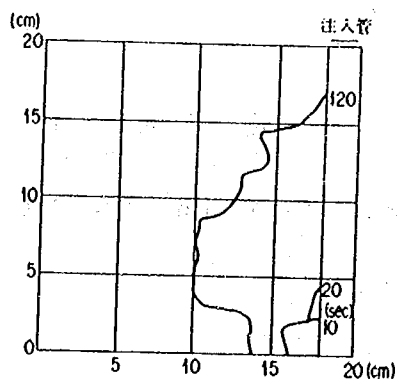


図- 3.10.7 モルタルの注入状況 (No.7)

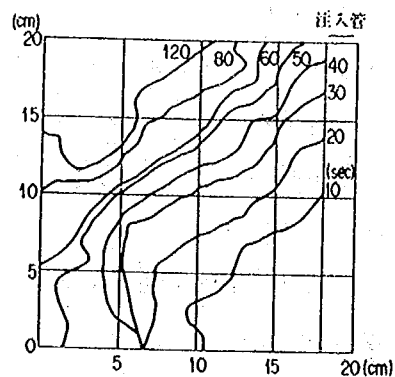


図- 3.10.8 モルタルの注入状況 (No.8)

に併記する。ここで、平均表面勾配はモルタルが型枠の約80%注入された時の値を示したものである。

- ② 粗骨材寸法15~20mmを用いた模型型枠へのモルタル (No. 1 ~ No. 3) の注入状況の概略図より、モルタルはほぼ同一のコンシステンシーであるにもかかわらず $S_{max} 2.5mm$ のモルタルは注入途中で閉塞を生じ、モルタルが粗骨材上面より回り込んで、かなりの勾配をもって注入されていることがわかる。

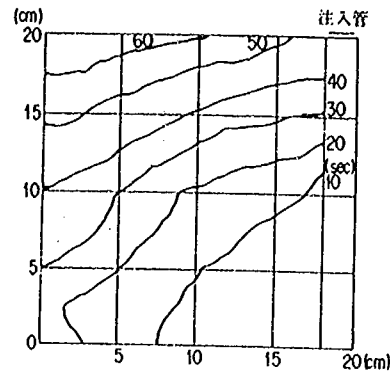


図-3.10.9 モルタルの注入状況 (No. 9)

一方、 $S_{max} 1.2mm$ および $S_{max} 0.6mm$ のモルタルはどちらも良好な注入を行うことができたが、 $S_{max} 0.6mm$ のモルタルは注入速度が速いとともに平均表面勾配も小さく、 $S_{max} 1.2mm$ のモルタルに比べて注入しやすいことがわかる。

- ③ 次に10~15mmの粗骨材を用いて注入した場合、 $S_{max} 1.2mm$ のモルタルでは注入できない一方で、 S/C を小さくし、Pロート流下時間を小さくしたモルタルは容易に注入が可能であった。また、 $S_{max} 0.6mm$ のモルタルでもPロート流下時間が約10秒大きくなると注入困難になるモルタルもあり、こうしたことから、10~15mmの粗骨材に注入可能なモルタルのPロート流下時間の上限は30~35秒であると考えられる。

- ④ 図-3.11に S/C とPロート流下時間との関係を示す。この図より、同一の S/C でも細骨材粒径の大きい方が流下時間が小さいことから、注入可能な範囲で砂の粒径は大きく、かつ硬化時の発熱や経済性を考慮し、 S/C も大きくする方が望ましいと考えられる。

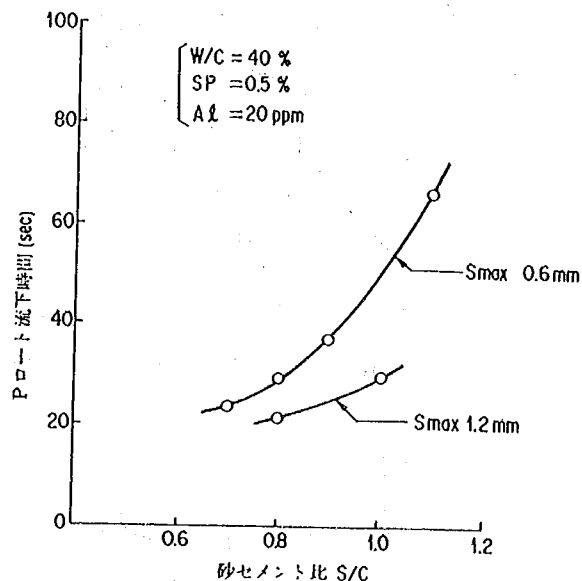


図-3.11 砂セメント比とPロート流下時間との関係

3.1.3 ポリマーセメントモルタルの配合試験

(1) 使用材料

(1) セメント

セメントは早強ポルトランドセメントを使用した。

(2) 骨材

粗骨材は笠間産砕石を用い、細骨材は富士川産川砂を用いた。表-3.4に試験成績結果を示す。

表- 3.4 骨材の物理的性質

骨材	粒 径	比重	吸水率 (%)	粗粒率	粒 度 分 布 (%)								
					25~ 20 mm	20~ 10 mm	10~ 5 mm	5~ 2.5 mm	2.5~ 1.2 mm	1.2~ 0.6 mm	0.6~ 0.3 mm	0.3~ 0.15 mm	0.15 mm 以下
細骨材	—	2.62	1.97	2.61	—	—	—	12	17	22	22	21	6
粗骨材	5~25 mm	2.67	0.70	—	25	50	25	—	—	—	—	—	—

*) 粗骨材は使用粒度を示す。

(3) 練り混ぜ水

練り混ぜ水は水道水を使用した。

(4) セメント混和用ポリマーディスパージョン

セメント混和用ポリマーディスパージョンとして市販のスチレンブタジエンラバー (SBR) ラテックス (固形分30%) およびポリアクリル酸エステル (PAE) エマルジョン (固形分45%) を使用した。表- 3.5 にポリマーディスパージョンの性質を示す。

表- 3.5 ポリマーディスパージョンの性質

ポリマーディスパー ジョンの種類	pH (20℃)	比 重 (20℃)	粘 度 (20℃ cps)	全固形分 (%)
SBR	9	約 1.0	約 1500	30
PAE	8~9	約 1.0	約 200	45

(5) 消 泡 剤

ポリマーディスパージョン中には乳化剤や安定剤など界面活性作用を有する成分が含まれて

おり、これによって普通セメントモルタルに比べて著るしく多くの気泡が連行される。そこで適当な空気量を得るためにシリコン系消泡剤を使用した。

(6) アルミニウム粉末

JIS K 5906 第2種に適合する塗装用アルミニウム粉末を使用した。

(2) 検討項目の試験方法と試験結果

(1) 消泡剤の添加量

ポリマーセメントモルタルにおいてはポリマーディスパージョン中に併存する乳化剤および安定剤のような界面活性作用をもつ成分によって、普通セメントモルタルに比べて多くの空気が連行されることから、適当な空気量を有するポリマーセメントモルタルを作製するには消泡剤を添加して空気量を調整しなければならない。

そこで、消泡剤の添加量とモルタルの空気量およびPロート流下時間の関係について検討することとした。なお、ポリマーディスパージョン中には取扱い上の都合から、既に0.8%の消泡剤が添加されていたことから、以降の試験でもこれを考慮した。

1) 試験方法

試験練りによって暫定的に定めた配合にしたがって消泡剤の添加量を変化させてモルタルの練り混ぜを行い、モルタルの空気量を測定するとともにモルタルのPロート流下時間を測定した。

あわせて、モルタルのブリージング率および膨張率についても測定した。

2) 試験結果

- ① 図-3.12～3.14に消泡剤の添加量とモルタルの空気量およびPロート流下時間との関係を示す。
この結果より、SBR、PAEとも1.8%程度の消泡剤添加量までは消泡効果があるものの、これ以上添加量を増やしても消泡効果はなく、逆に過度の添加は空気量を若干増加させる傾向が認められる。

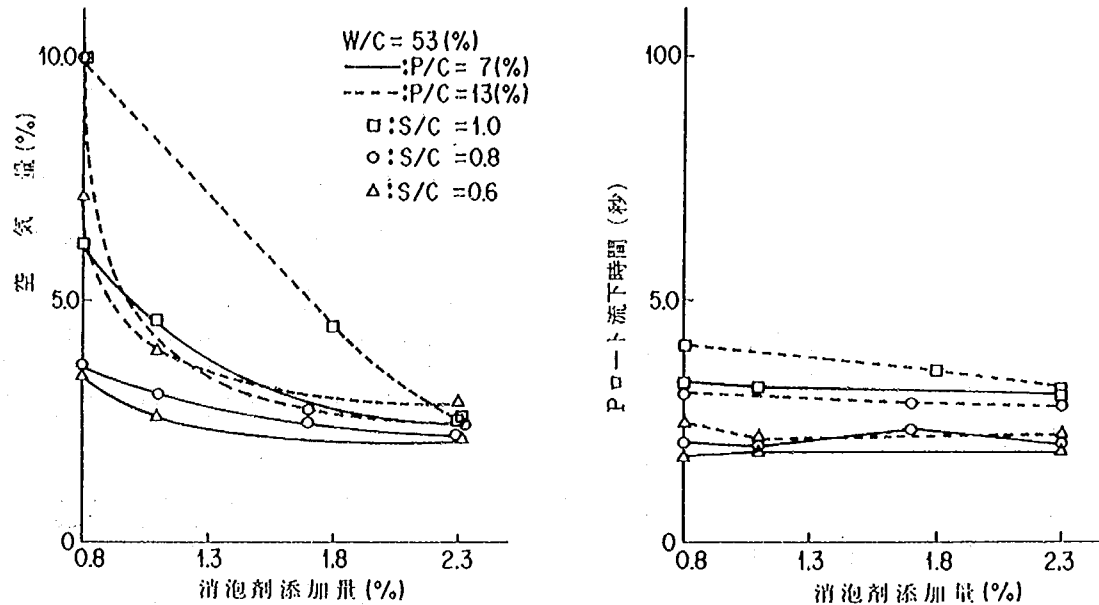


図-3.12 消泡剤添加量とモルタル空気量およびPロート流下時間との関係 (SBR)

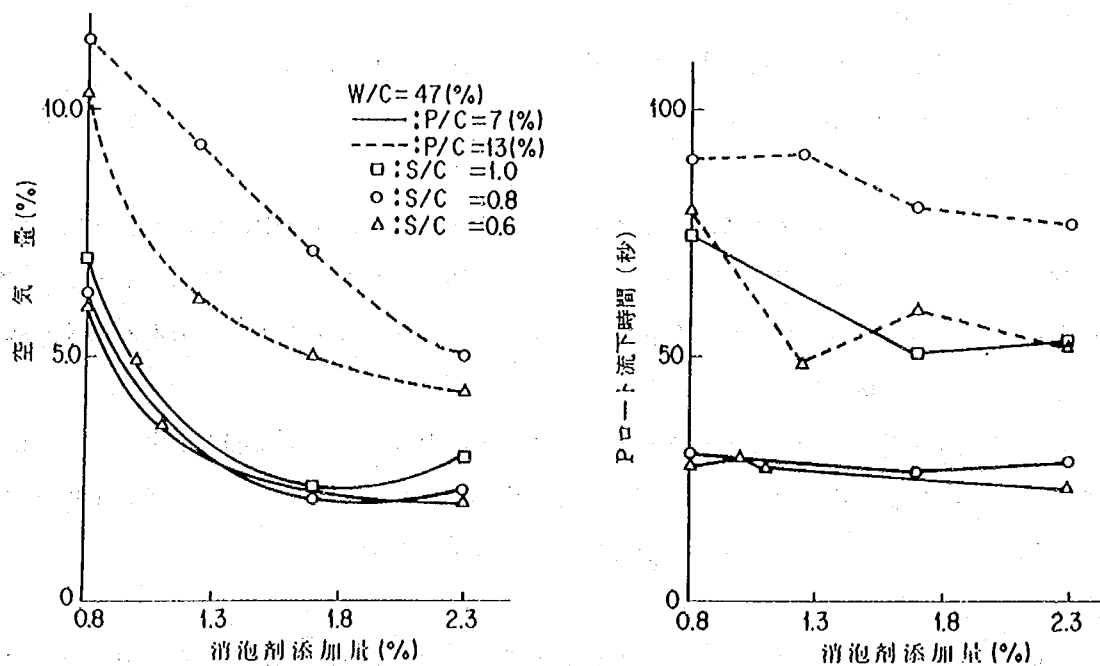


図-3.13 消泡剤添加量とモルタル空気量およびPロート流下時間との関係 (SBR)

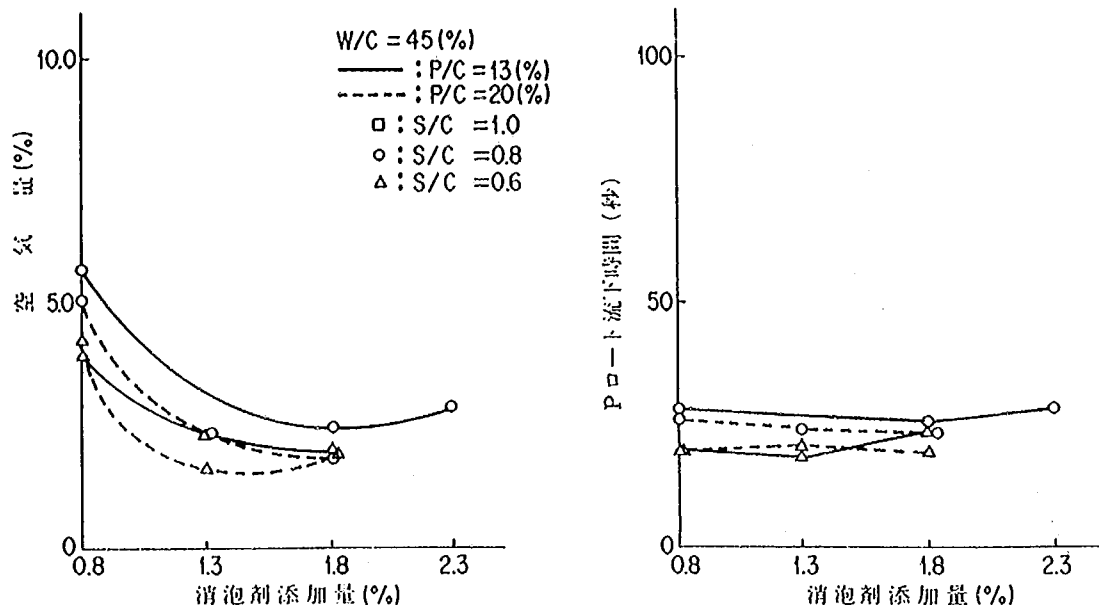


図-3.14 消泡剤添加量とモルタル空気量およびPロート流下時間との関係 (PAE)

また、消泡剤添加によるPロート流下時間の変化は、Pロート流下時間が40秒程度以下の場合にはほとんど変化せず、普通セメントモルタルの試験によって得られた10～15mmの粗骨材に注入可能なモルタルのPロート流下時間の上限値を30～35秒とするならば、この範囲内の流動性をもつモルタルのPロート流下時間は消泡剤の添加による影響はほとんどうけないと言える。

- ② また、SBR、PAEを用いたモルタルとも消泡剤の添加量が同一であってもS/Cが大きくなるほど空気量も大きくなっている。これは、0.6mm以下の細骨材分が増加したこととともなって空気連行性も増大したことによると考えられる。
- ③ 次にP/Cと空気量との関係では、SBRを用いたモルタルは、W/CおよびS/Cが一定の配合において同一の消泡剤添加量に対し、P/Cが増加するのにもなって空気量も増大するというポリマーセメントモルタル特有の傾向を示しているものの、PAEを用いたモルタルにおいてはこのような傾向は認められない。

これは、消泡剤を添加しない（したがって、ポリマーディスページョン中の消泡剤添加量は0.8%）モルタルのP/Cと空気量との関係を示した図-3.15～3.16からも明らかである。すなわち、SBRを用いたモルタルの空気量はP/Cの増加にともなってほぼ直線的に増加するものの、PAEを用いたモルタルはP/C=7～20%の間は空気量はほとんど変化せず、逆にS/C=0.8のモルタルでは若干減少する傾向にある。

- ④ モルタルのブリージング率および膨張率を測定した結果、SBRおよびPAEを用いたモルタルはともに最終ブリージング率は0%であったものの、3時間経過した時のブリージング率はSBRを用いたモルタルのみ最大で0.25%あった。また、膨張率はSBR、PAEモルタルとも収縮側（SBRモルタル：最大-1.90%、PAEモルタル：最大-2.05%）にあることから、モルタルの

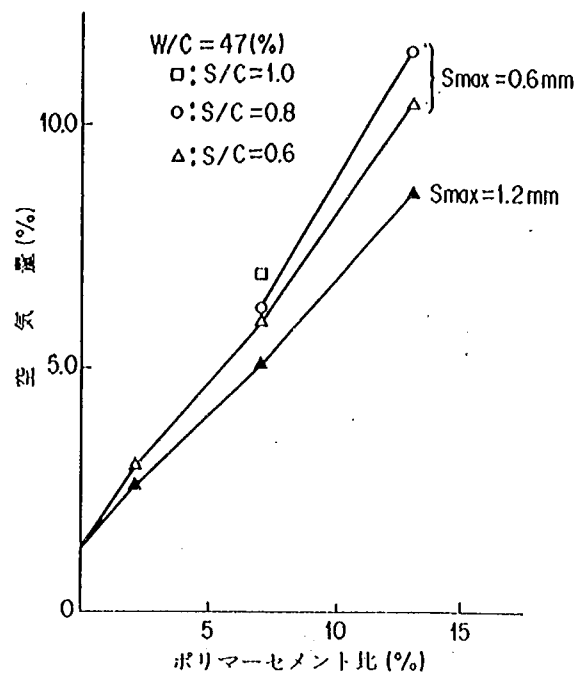
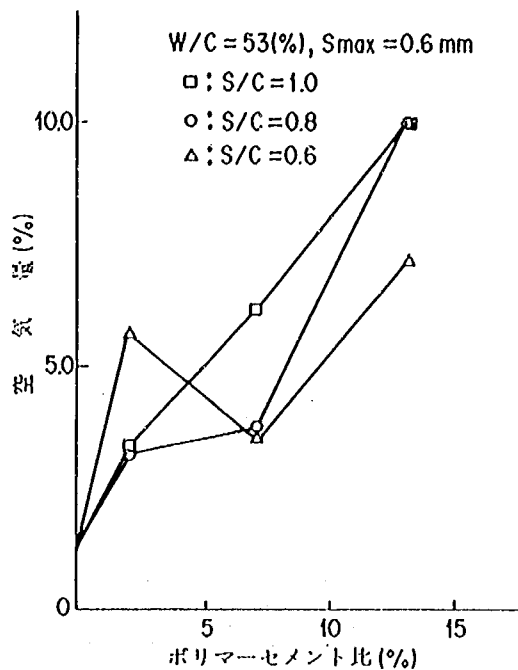


図- 3.15 消泡剤無添加モルタルのポリマーセメント比と空気量との関係 (SBR)

沈下収縮を防ぎ、適度な膨張性を付与するためにはアルミニウム粉末の混入などの方法が必要であると言える。

(2) 水セメント比 (W/C) およびポリマーセメント比 (P/C)

注入モルタルの品質としては所要のコンシステンシーが得られる範囲内で W/C はできるだけ小さくすることが望ましい。ここで、一般にポリマーセメントモルタルは一定のコンシステンシーを得ようとした場合、P/C の増加にと

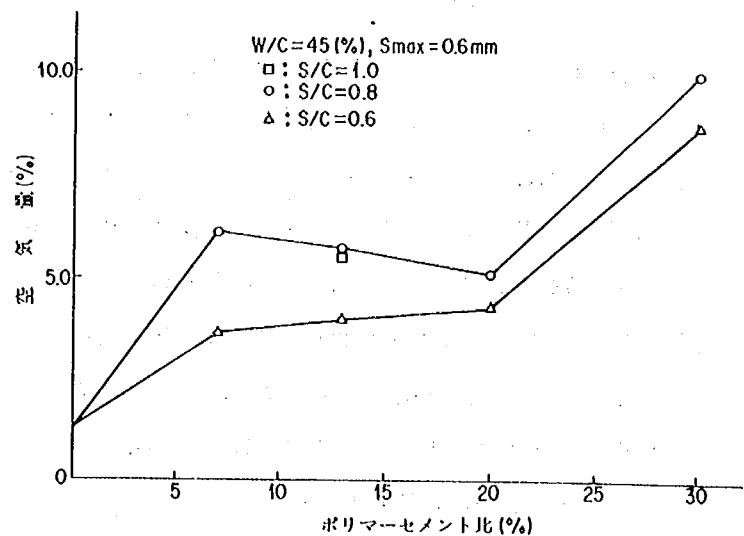


図- 3.16 消泡剤無添加モルタルのポリマーセメント比と空気量との関係 (PAE)

なって表面活性作用が向上することから単位水量は少なくなり、ポリマーフィルムの効果ともあいまって硬化したポリマーセメントモルタルの諸特性も向上するとされている。

そこで、W/C および P/C と P ロート流下時間との関係について検討することとした。

1) 試験方法

P/C, W/C および S/C を変えてモルタルを練り混ぜ、P ロート流下時間を測定した。

2) 試験結果

- ① P/C と P ロート流下時間との関係を図-3.17に示す。W/C が一定の場合，SBR モルタルでは P/C=7%程度 (W/C=47%)，PAE モルタルでは P/C=17~20%で P ロート流下時間が最小となっている。

このように P/C が大きくなるにつれてある値まではコンシステンシーが改善されるものの，それ以上の P/C ではコンシステンシー

が改善されなくなるばかりか逆に低下する原因としては，P/C を大きくするにしたがってポリマーディスパージョン中の乳化剤や安定剤が界面活性剤として働いて粒子を分散させる結果，コンシステンシーが改善されるものの，P/C がある値以上になるとエマルジョンの希釈のための十分な水量がないことからモルタルが粘着性をおびてきたものと考えることができる。

- ② このことを図-3.18で P/C を一定にした場合の W/C と P ロート流下時間との関係で示した。

こうした特性はポリマーディスパージョンの種類，乳化剤や安定剤の種類と混入量によっても異なると考えられることから，ポリマーセメントモルタルの配合にあたっては，使用するポリマーディスパージョンの特性を明らかにしておく必要があると言える。

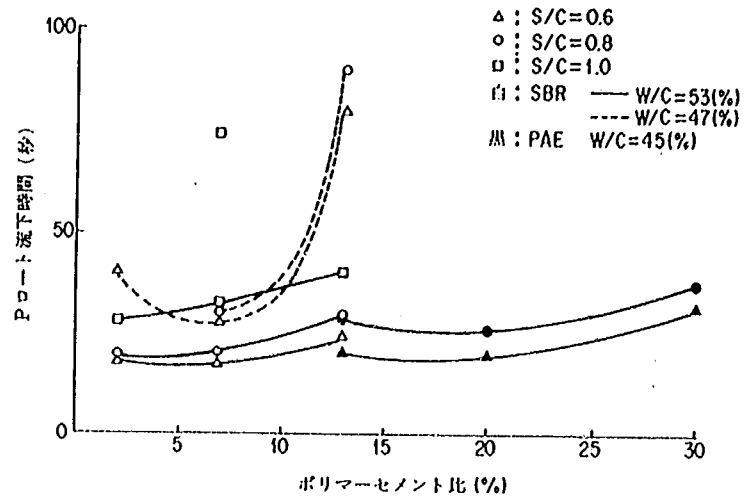


図-3.17 P/CとPロート流下時間との関係

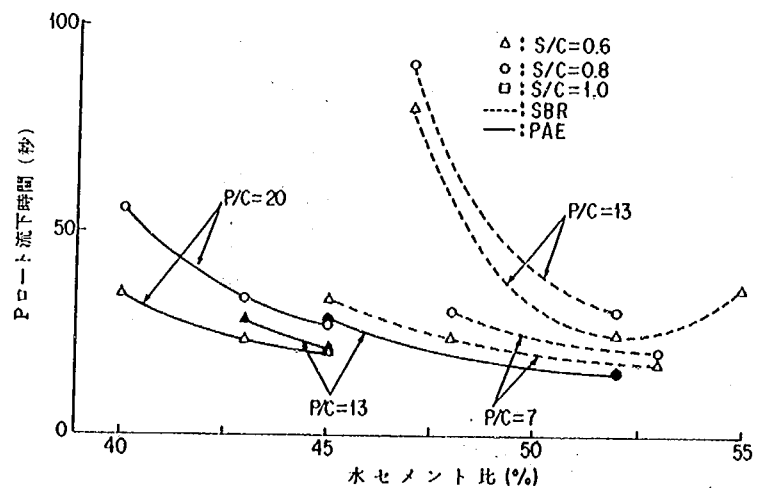


図-3.18 W/CとPロート流下時間との関係

(3) 細骨材の粒径と砂セメント比 (S/C)

1) 試験方法

ここでは今までの試験結果を細骨材粒径および S/C についてまとめるとともに模型型枠への注入試験を行って充填性を比較することとした。注入試験に用いたモルタルの配合を表-3.6に示す。

表-3.6 注入モルタルの配合と模型注入結果

(SBR)

No	粗骨材	P/C (%)	W/C (%)	S/C	S _{max}	P ロート 流下時間 (sec)	充填時間 (sec)	平均表面勾配
1	10~15	7	50	0.6	0.6	17.5	50.6	0.16
2	"	"	"	0.8	"	19.7	78.0	0.21
3	"	"	47	"	"	27.4	181.8	0.34
4	"	"	"	"	1.2	24.4	147.4	0.33
5	"	"	45	"	0.6	43.2	不可	注入不可
6	"	"	"	0.6	"	28.1	232.5	0.41
7	"	"	50	0.8	1.2	19.4	95.3	0.30

(PAE)

1	10~15	20	45	0.8	0.6	24.2	120.0	0.23
2	"	"	"	"	1.2	21.3	97.0	0.19
3	"	"	43	0.6	0.6	25.3	108.0	0.23
4	"	"	"	0.8	"	36.5	179.3	0.30
5	"	"	"	"	1.2	28.1	173.2	0.44

2) 試験結果

- ① 図-3.19および図-3.20に S/C と P ロート流下時間との関係についてとりまとめたものを示す。ポリマーセメントモルタルも普通セメントモルタルと同様に S/C が大きくなるにつれて P ロート流下時間も大きくなっている。

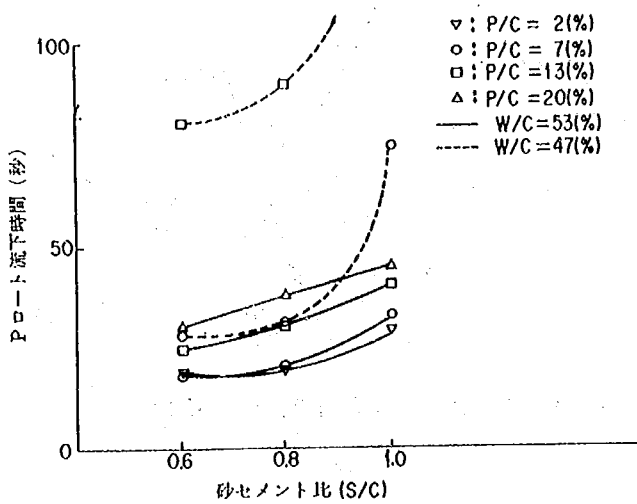


図-3.19 S/CとPロート流下時間との関係 (SBR)

*) 消泡剤=0(%)
S_{max}=0.6(mm)

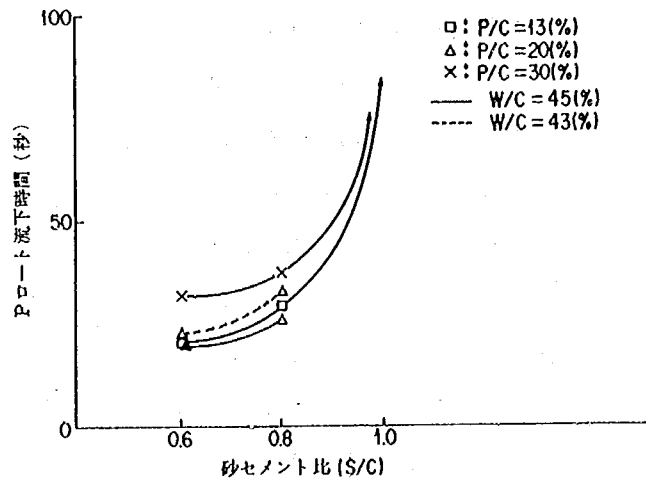


図-3.20 S/CとPロート流下時間との関係 (PAE)

*) 消泡剤=0(%)
S_{max}=0.6(mm)

- ② 次に図-3.21.1~図-3.21.11に模型型枠へのモルタル注入状況の経時変化の概略図を示す。また注入時の平均表面勾配を表-3.7に, P ロート流下時間と平均表面勾配および型枠充填時間と

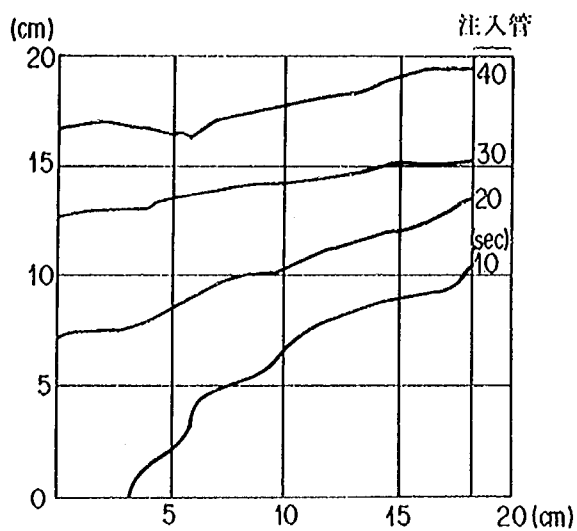


図-3.21.1 モルタルの注入状況 (SBR, No. 1)

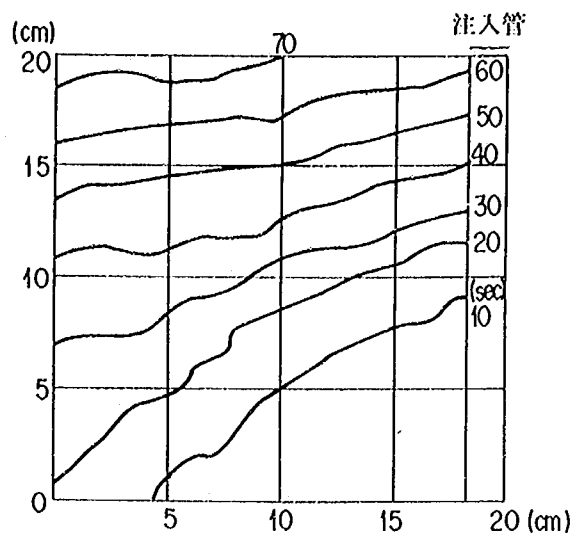


図-3.21.2 モルタルの注入状況 (SBR, No. 2)

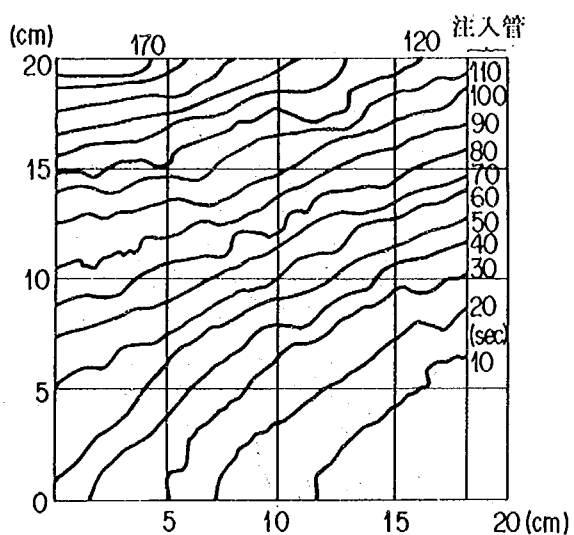


図-3.21.3 モルタルの注入状況 (SBR, No. 3)

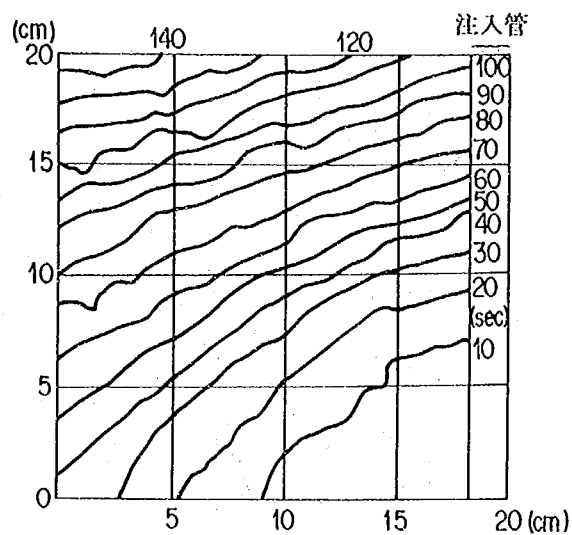


図-3.21.4 モルタルの注入状況 (SBR, No. 4)

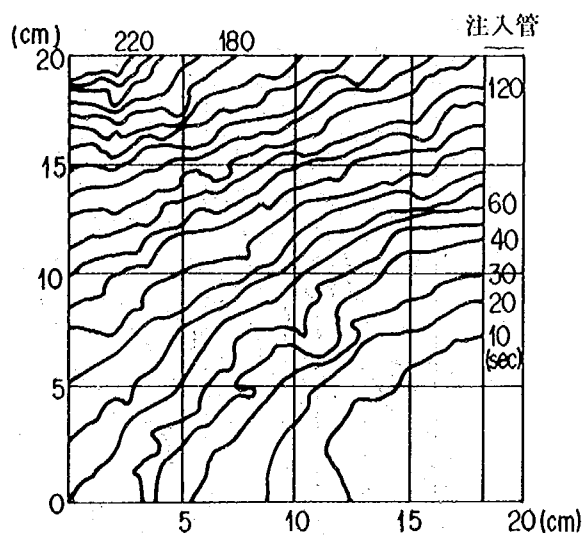


図-3.21.5 モルタルの注入状況 (SBR, No. 6)

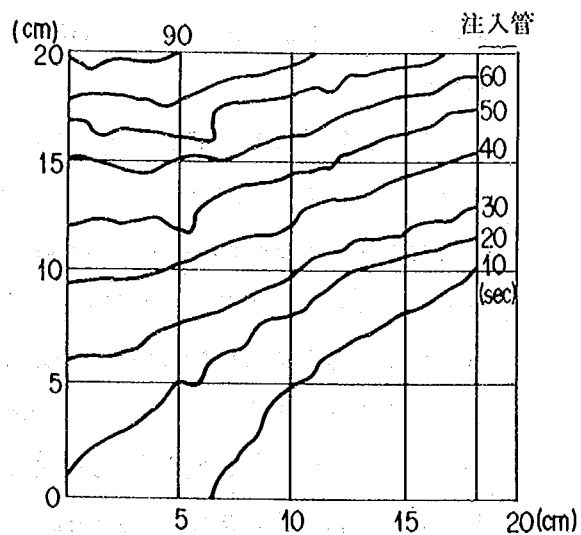


図-3.21.6 モルタルの注入状況 (SBR, No. 7)

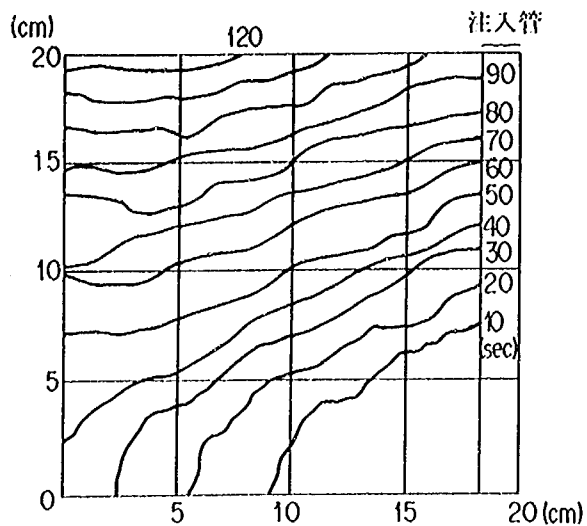


図-3.21.7 モルタルの注入状況 (PAE, No. 1)

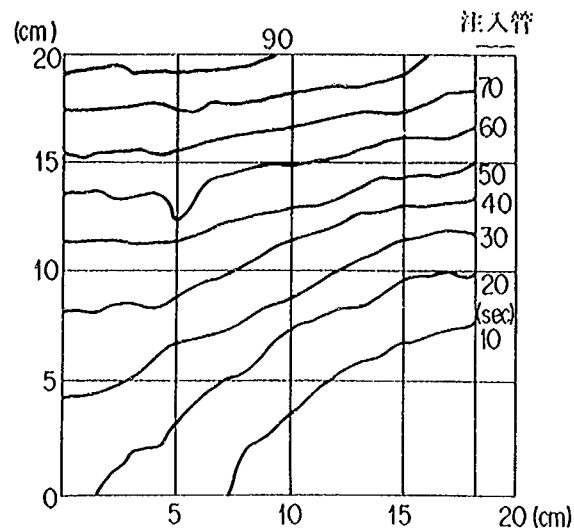


図-3.21.8 モルタルの注入状況 (PAE, No. 2)

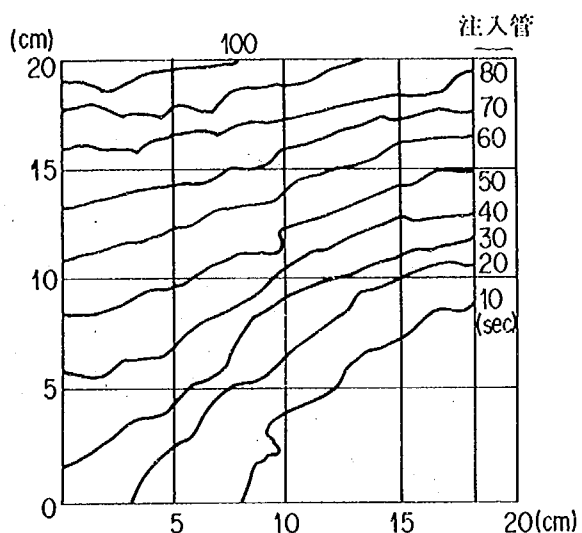


図-3.21.9 モルタルの注入状況 (PAE, No. 3)

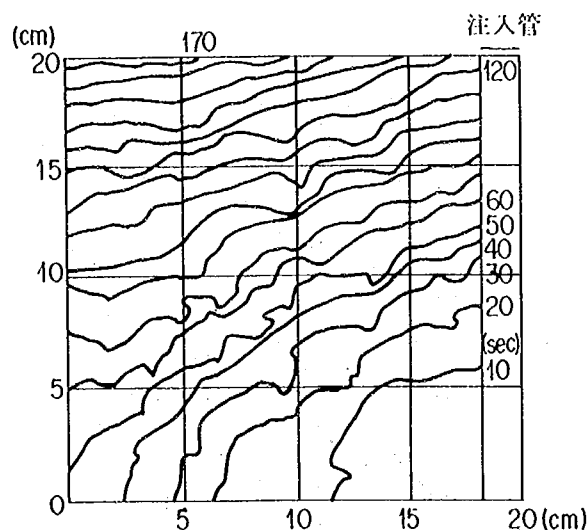


図-3.21.10 モルタルの注入状況 (PAE, No. 4)

の関係を図-3.22および図-3.23にそれぞれ示す。

これらの結果より、ポリマーセメントモルタルにおいて $S_{\max} 1.2 \text{ mm}$ としたモルタルは普通セメントモルタルにおける $S_{\max} 1.2 \text{ mm}$ としたモルタルとPロート流下時間がほぼ同程度であるにもかかわらず注入が不能になるようなことはなく、平均表面勾配も小さくなっていることから施工性が改善されていると言える。また、今回の配合によるモルタルでは $S_{\max} 1.2 \text{ mm}$ としても注入性

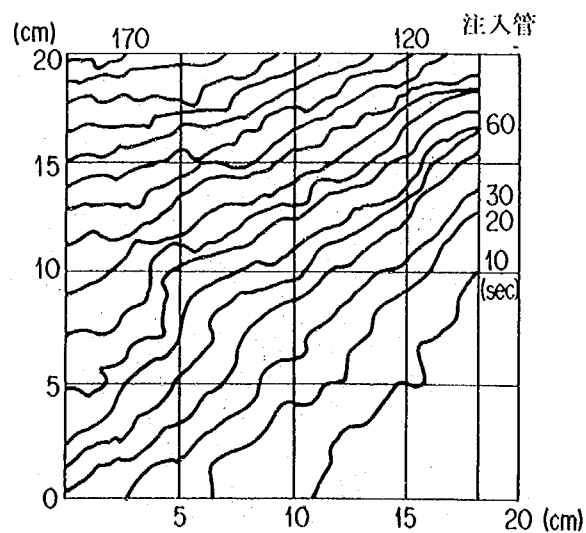


図-3.21.11 モルタルの注入状況 (PAE, No. 5)

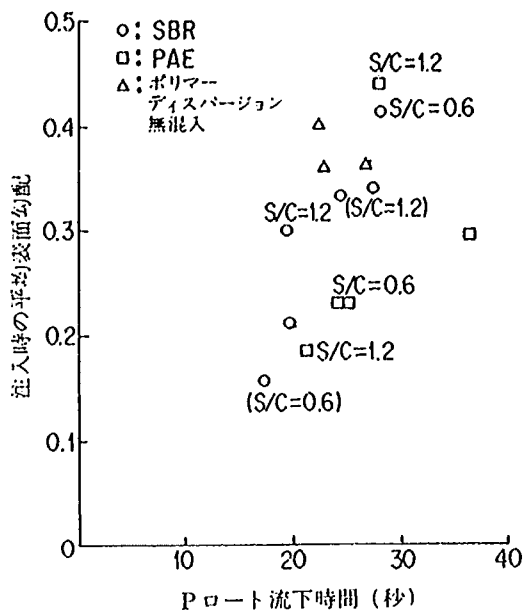


図- 3.22 P ロート流下時間と注入時の平均表面勾配の関係
($G = 10 \sim 15 \text{ mm}$)

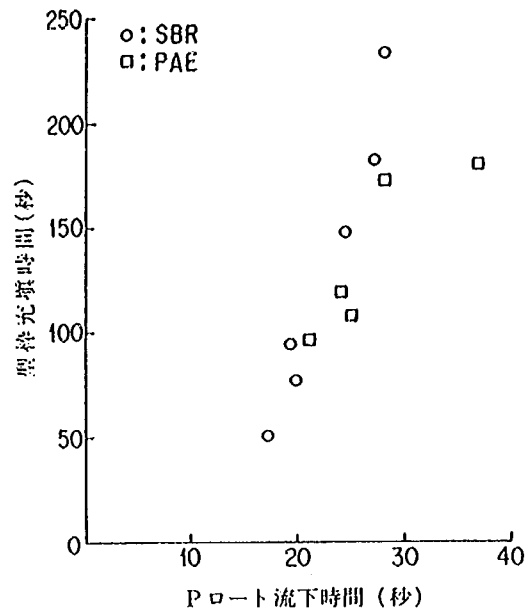


図- 3.23 P ロート流下時間と型枠充填時間の関係
($G = 10 \sim 15 \text{ mm}$)

状にはほとんど影響がないと考えられる。

- ③ また、 S/C のみを変化させた場合、 $S/C = 0.8$ のモルタルに比べ $S/C = 0.6$ のモルタルは注入速度が速く、平均表面勾配も小さくなるが、 S/C を小さくすることは単位セメント量の増加につながることから望ましくなく、注入可能な範囲で S/C を大きくすることが望ましいと考えられる。
- ④ 図- 3.22 および図- 3.23 から P ロート流下時間が大きくなるにつれて平均表面勾配および型枠充填時間も増加する傾向にあることが認められる。

ここで、モルタル注入状況の経時変化の概略図から平均表面勾配が 0.3 程度以上のモルタルは注入速度が遅くなるほか粗骨材上面から回り込むような注入状況であることから、粗骨材の空隙に確実にモルタルを充填させるためには注入時の平均表面勾配がゆるやかなモルタルが望ましいと考えられる。

以上のことから注入時の平均表面勾配が 0.25 (1:4) 以下のモルタルが望ましいとすると P ロート流下時間はおよそ 17~25 秒とするのがよいと言える。ただし、実際の施工においては細骨材の表面水量の変動や時間の経過によって P ロート流下時間も変動すると思われるので、流下時間の上限値は 25 秒よりいくらか小さくした方が安全であると言える。

(4) アルミニウム粉末の混入量

先に述べたように SBR, PAE モルタルともに膨張率試験の結果、若干収縮することからアルミニウム粉末を混入して 3% 程度の膨張率を得ることとした。

(1) 試験方法

アルミニウム粉末はセメント重量に対して 17, 50, 85 ppm の割合で添加し、モルタルの空気量と膨張率を経時的に測定した。なお、モルタルの配合は表-3.7における SBR No 2 および PAE No 1 とした。

2) 試験結果

- ① 図-3.24 および図-3.25 にアルミニウム粉末混入量とモルタル膨張率の経時変化および最終膨張率の関係を示す。これより、SBR, PAE モルタルともアルミニウム粉末の混入量が約 35 ppm 以下の場合は収縮しているが、この原因については明らかでない。

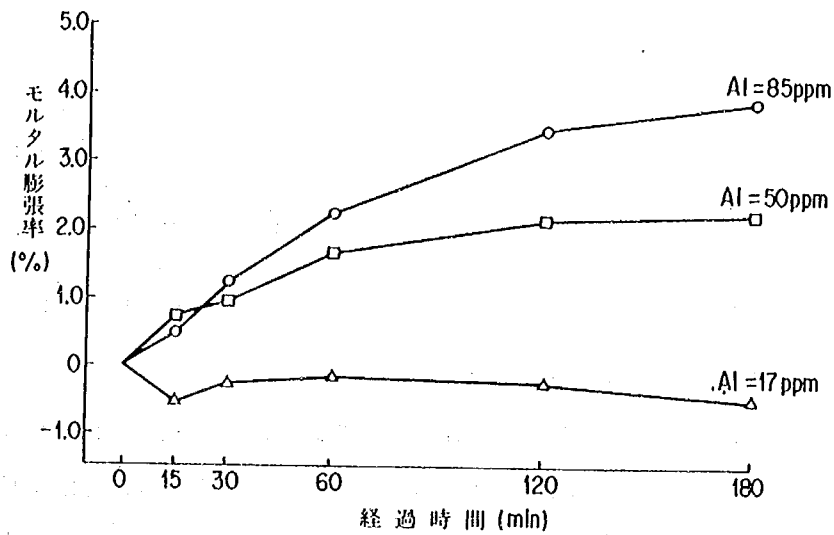


図-3.24.1 モルタル膨張率の経時変化 (SBR)

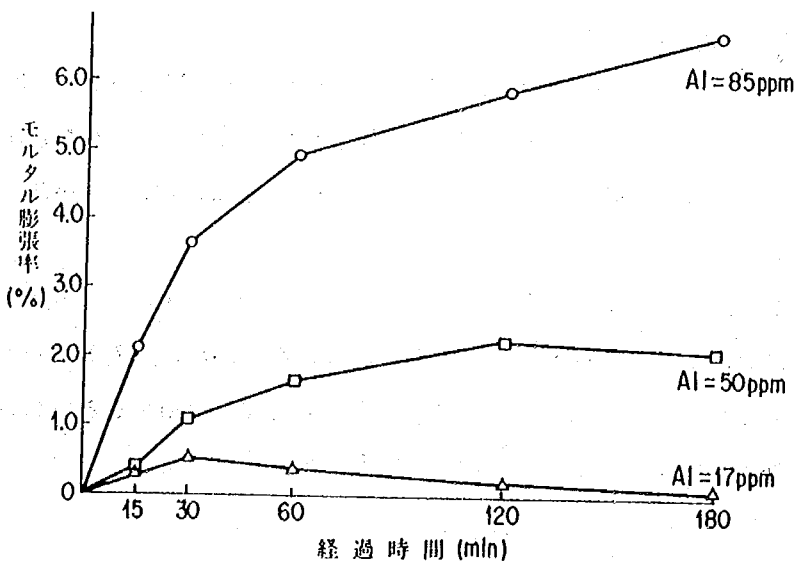


図-3.24.2 モルタル膨張率の経時変化 (PAE)

② 膨張率の目標を3%とするとSBR, PAEモルタルともアルミニウム粉末の混入量は60 ppm (= 0.006%) となる。

③ 空気量の経時変化(図-3.26)をみるとSBRモルタルは60分経過した後で1.4~2.6%の空気量増加であるのに対し, PAEモルタルは5.9~9.5%空気量が増加している。この空気量の増加はSBRモルタルにおいてはモルタルの膨張率とほぼ同じ値であるのに対し, PAEモルタルでは膨張率以上の空気量増加となっている。

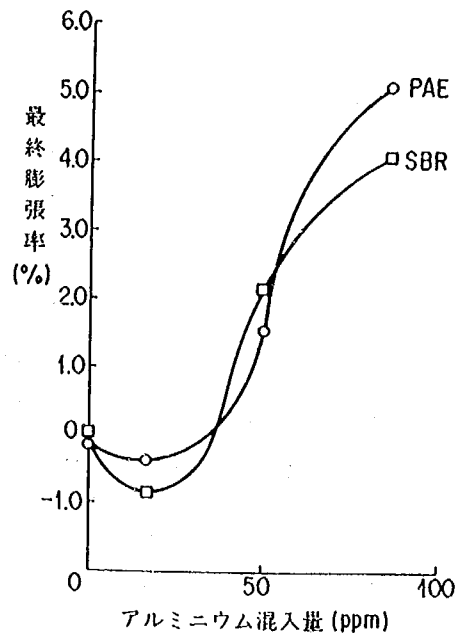


図-3.25 アルミニウム粉末混入量とモルタルの最終膨張率との関係

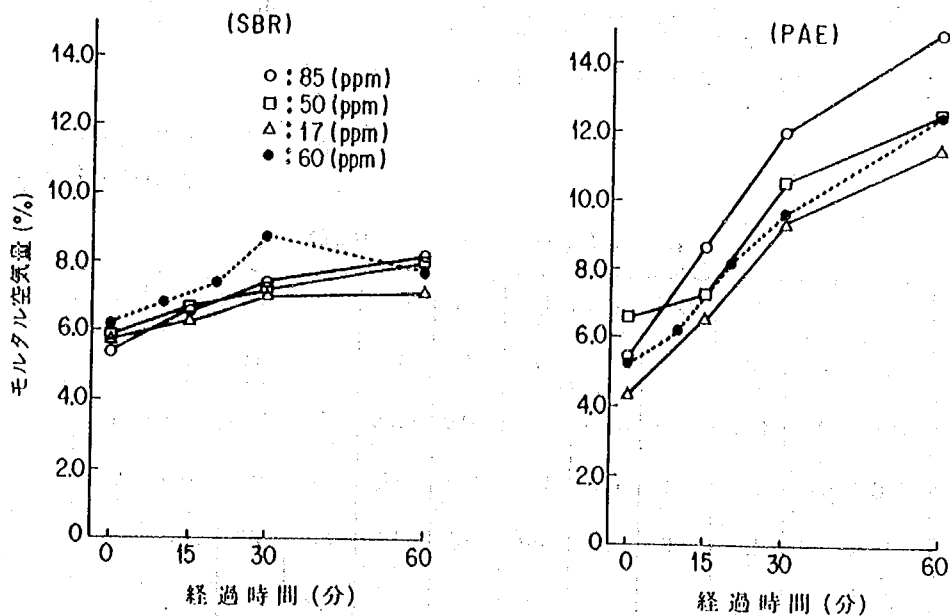


図-3.26 経過時間とモルタル空気量の関係

3.2 硬化したプレパックドコンクリートの強度試験

3.2.1 試験の概要

断面修復を施したコンクリート構造物とりわけコンクリート橋は施工後早期に供用されることが

望ましいが、そのためには比較的短時間に所要の強度が得られることが必要となる。そこで、硬化したプレパックドコンクリートの強度試験を行うこととした。

3.2.2 使用材料

供試体の作製に使用した材料は 3.1.2 (1) および 3.1.3 (1) に示した材料を用いることとした。なお、ポリマーセメントモルタル（コンクリート）において早強ポルトランドセメントを用いたのは、一般にポリマーセメントモルタルは普通セメントモルタルに比べて初期硬化時間が長くことに加えて若材令の強度試験の場合にはポリマーフィルムの硬化が十分でない恐れがあることを考慮したことによる。

また、使用材料には市販の 4 社の断面修復材料を参考として加えることとした。

3.2.3 供試体の作製

供試体の作製は「プレパックドコンクリートの注入モルタルの圧縮強度試験方法」および「プレパックドコンクリートの圧縮強度試験方法」（いずれも JSCE-1986）に準拠して圧縮、引張、曲げおよび打継目曲げ強度試験用供試体を作製した。なお、打継目曲げ強度試験用供試体は図-3.27 のように作製した。

供試体の作製に用いた注入モルタルの配合を表-

3.7, 3.8 に示す。

なお、A～G 供試体の養生は現場施工を考慮して 3 日間水中養生ののち、20℃、60% RH の室内で乾燥養生を行った。

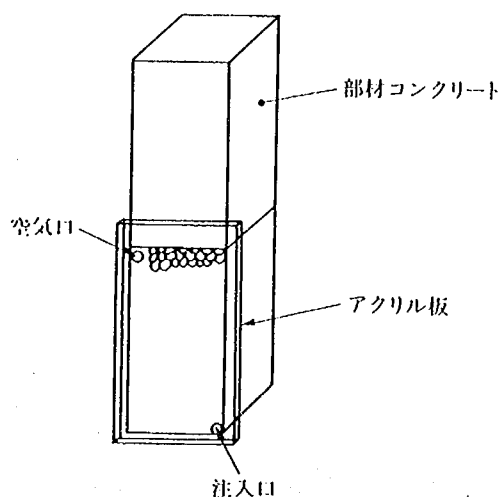


図-3.27 打継目曲げ強度試験用供試体の作製方法

表-3.7 注入モルタルの配合

	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	D	E	F	G
P/C (%)	0	0	0	3	6	7	20	4.5	9	10	20	19	10	24	7
W/C (%)	54.0	50.0	45.0	52.0	52.5	51.1	50.0	48.5	44.5	40.0	45.0	50.5	34.5	30.0	59.0
S/C	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.82	0.82	0.5	1.0
アルミニウム粉末混入量(ppm)	0	20	20	60	60	60	60	60	60	60	60	—	—	—	—
高性能減水剤添加量(%)	0	0.1	0.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
プロート流下時間(秒)	26	28	22	25	24	23	54	26	26	28	18	19	26	35	27
空気量(%)	1.0	4.6	4.5	1.4	0.9	3.5	4.2	1.3	0.8	1.8	2.3	1.3	9.8	3.0	5.2

*1) A～C は $S_{max}=0.6mm$

*2) アルミニウム粉末混入量および高性能減水剤添加量はセメント重量に対する量

*3) ポリマーディスパーションの種類は B₁～B₄, E: SBR ラテックス, C₁～C₄, D, G: PAE エマルジョン, F: エポキシエマルジョン

表- 3.8 注入モルタルの配合

	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
W/C (%)	40.0	35.0	40.0	40.0	40.0	40.0
S/C	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	0.7
アルミニウム粉末 混入量 (ppm)	20	20	20	0	20	20
高性能減水剤 添加量 (%)	0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
P ロート 流下 時間 (秒)	28.0	54.6	30.8	28.0	21.4	24.6

*1) S_{max} は A-3, A-5 が 1.2mm。他は 0.6mm

*2) アルミニウム粉末混入量および高性能減水剤添加量はセメント重量に対する量。

3.2.4 試験方法

JISの規定にしたがって圧縮・曲げ・引張および打継目曲げ強度試験を行った。

3.2.5 試験結果と考察

- (1) 普通セメントモルタルに関する強度試験結果を表- 3.9 に、また、ポリマーセメントモルタルに関する強度試験結果を表- 3.10 にそれぞれ示す。

表- 3.9 強度試験結果

		A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
モルタル	圧縮強度 (kg/cm^2)	446 (628)	492	450	465	419	489
	曲げ強度 (kg/cm^2)	90.0 (104.6)	99.8	91.7	104.4	89.1	104.3
プレコン パッキ ングド	圧縮強度 (kg/cm^2)	363 (485)	377	352	387	362	391
	引張強度 (kg/cm^2)	26.6 (33.2)	28.3	27.8	29.3	27.6	27.7
	曲げ強度 (kg/cm^2)	50.8 (50.3)	—	—	50.7	—	53.8
打継目付着強度 (kg/cm^2)		20.8 (28.4)	15.0	17.0	22.9	17.9	22.0

*) () は材令 28 日

表- 3.10.1 強度試験結果 (モルタル)

	W/C (%)	P/C (%)	S/C	流動性 (秒)	圧縮強度 (kg/cm^2)	引張強度 (kg/cm^2)	曲げ強度 (kg/cm^2)	$\frac{\sigma_b}{\sigma_c}$	$\frac{\sigma_t}{\sigma_c}$
A ₂	50.0	0	0.8	28	412	19.0	80.3	0.19	0.05
A ₈	45.0	0	0.8	22	504	22.6	69.7	0.14	0.04
B ₈	51.1	7	0.8	23	272	22.0	65.1	0.24	0.08
C ₄	45.0	20	0.8	18	143	18.8	51.5	0.36	0.13

*) 材令 7 日

表-3.10.2 強度試験結果 (コンクリート)

	W/C (%)	P/C (%)	S/C	流動性 (秒)	圧縮強度		曲げ強度		打継目付着強度		引張強度	$\frac{\sigma_{b7}}{\sigma_{c7}}$	$\frac{\sigma_{b28}}{\sigma_{c28}}$	$\frac{\sigma_{b7}}{\sigma_{c7}}$	$\frac{\sigma_{b28}}{\sigma_{c28}}$	$\frac{\sigma_{b7}}{\sigma_{b7}}$	$\frac{\sigma_{b28}}{\sigma_{b28}}$	$\frac{\sigma_{t28}}{\sigma_{c28}}$
					7日	28日	7日	28日	7日	28日								
A ₁	59	0	0.8	26	261	294	30.2	43.0	9.8	11.7	27.2	0.12	0.15	0.04	0.04	0.32	0.27	0.09
A ₂	50	0	0.8	28	331	379	36.7	43.2	9.3	13.2	32.3	0.11	0.11	0.03	0.03	0.25	0.31	0.09
A ₃	45	0	0.8	22	395	458	38.4	40.0	10.1	13.7	39.4	0.10	0.09	0.03	0.03	0.26	0.34	0.09
B ₁	52.0	3	0.8	25	299	345	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B ₂	52.5	6	0.8	24	219	302	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B ₃	51.1	7	0.8	23	213	265	35.4	41.1	15.2	17.5	31.1	0.17	0.16	0.07	0.07	0.43	0.43	0.12
B ₄	50.0	20	0.8	54	192	249	42.1	43.0	—	—	31.7	0.22	0.17	—	—	—	—	0.13
C ₁	48.5	4.5	0.8	26	242	285	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C ₂	44.5	9	0.8	26	254	328	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C ₃	40	10	0.8	28	294	362	37.2	47.0	—	—	39.2	0.13	0.13	—	—	—	—	0.11
C ₄	45	20	0.8	18	217	277	24.6	37.2	19.1	46.2	23.0	0.11	0.13	0.09	0.17	0.78	0.24	0.08
D	50.5	19	0.82	19	247	372	25.3	34.2	17.0	18.7	27.9	0.10	0.09	0.07	0.05	0.67	0.55	0.08
E	34.5	10	0.82	26	223	291	32.9	41.7	19.1	34.4	35.4	0.15	0.14	0.09	0.12	0.58	0.82	0.12
F	30.0	24	0.5	35	236	293	36.3	41.9	24.4	39.6	35.3	0.15	0.14	0.10	0.14	0.67	0.95	0.12
G	59.0	7	1.0	27	209	313	25.1	33.1	14.6	29.3	27.2	0.12	0.11	0.07	0.09	0.58	0.89	0.09

(2) 普通セメントモルタルを用いて標準養生を行ったプレパックドコンクリートの7日圧縮強度は $350 \sim 390 \text{ kg/cm}^2$ であったのに対して、実際の施工条件を考慮して3日間水中養生後は乾燥養生を行ったポリマーセメントモルタルを用いたプレパックドコンクリートの7日圧縮強度は $210 \sim 300 \text{ kg/cm}^2$ であった。これらの値は断面修復材料の値としては、満足できるものである。

ここで、ポリマーセメントモルタルを用いた供試体について図-3.28にW/CおよびP/Cと圧縮強度との関係を示すが、特に明確な関係は認められない。

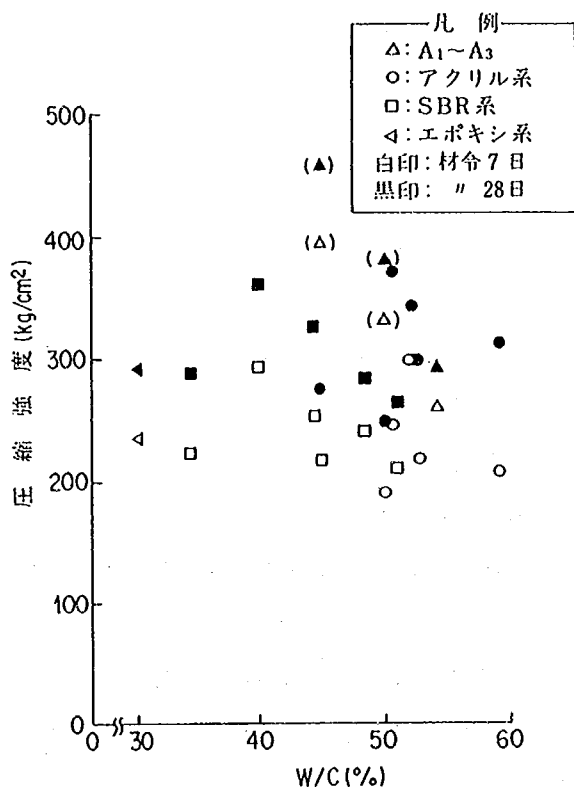


図-3.28.1 W/Cと圧縮強度との関係

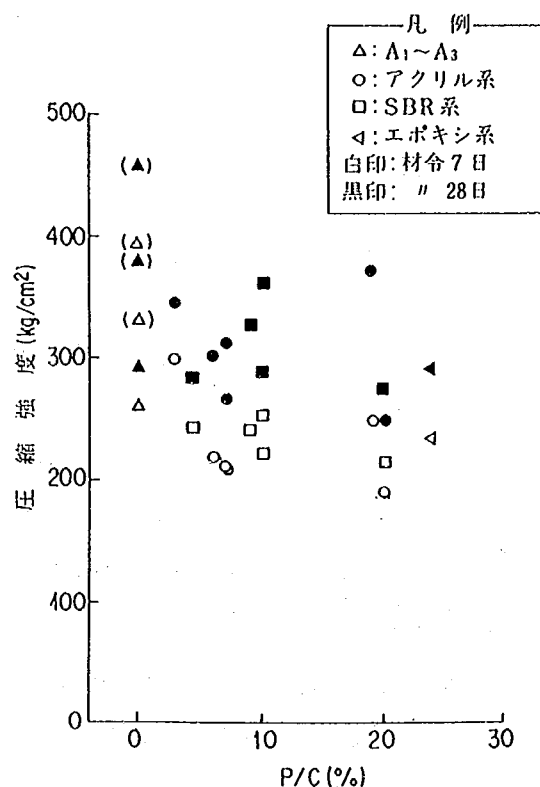


図-3.28.2 P/Cと圧縮強度との関係

(3) 普通セメントモルタルを用いたプレパックドコンクリートは材令7日（標準養生）で曲げ強度は約 50 kg/cm^2 、引張強度は $26 \sim 29 \text{ kg/cm}^2$ であったのに対し、ポリマーセメントモルタルを用いたプレパックドコンクリートは材令7日（3日間のみ水中養生）では曲げ強度は $25 \sim 35 \text{ kg/cm}^2$ 、引張強度は $23 \sim 34 \text{ kg/cm}^2$ であり、満足できるものであった。

次に、圧縮強度に対する曲げ強度および引張強度の比が普通セメントモルタルを用いたプレパックドコンクリートでは、 σ_b/σ_c は約14%、 σ_t/σ_c は約9%であるのに対し、ポリマーセメントモルタルを用いたプレパックドコンクリートでは、 σ_b/σ_c は約11%であるが、後者と同様の条件で養生を行ったA₁～A₃ 供試体と比べても（ σ_b/σ_c は約11%、 σ_t/σ_c は約10%）大差はない。これはポリマーセメントモルタルの場合にはW/C=50%のA₂： $\sigma_b/\sigma_c=19.5\%$ 、 σ_t/σ_c

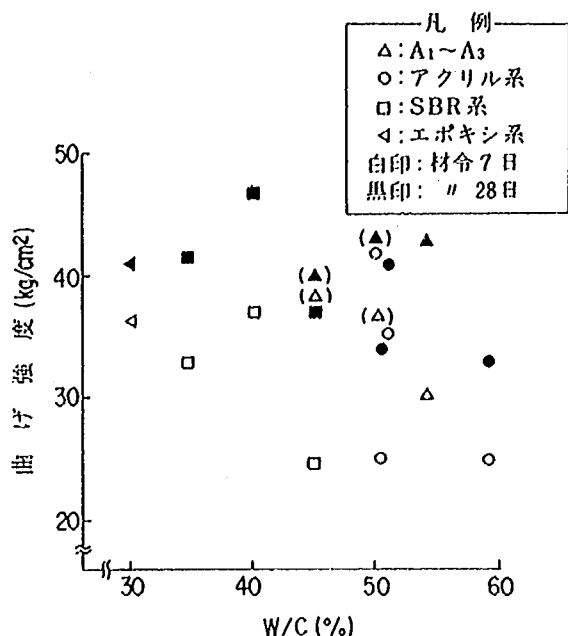


図-3.29.1 W/Cと曲げ強度との関係

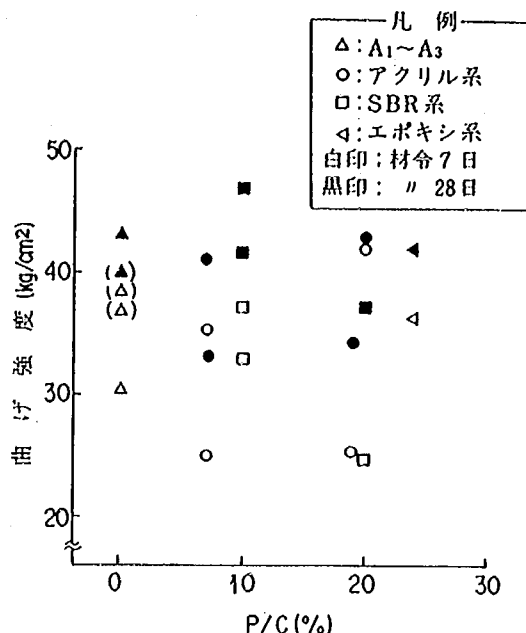


図-3.29.2 P/Cと曲げ強度との関係

=4.6%に対して $B_3: \sigma_b/\sigma_c=24\%$, $\sigma_t/\sigma_c=8\%$, W/C=45%の $A_3: \sigma_b/\sigma_c=13.8\%$, $\sigma_t/\sigma_c=4.5\%$ に対して $C_4: \sigma_b/\sigma_c=36\%$, $\sigma_t/\sigma_c=13\%$ からも明らかなようにポリマーセメントモルタルにおいては曲げおよび引張強度の発現が著しく、従来から言われているように硬化したポリマーフィルムが曲げおよび引張強度の増加に寄与しているものの、プレパックドコンクリートではモルタル分が少ないことに加え、供試体作製における施工条件が影響したことによると考えられる。

- (4) 次に、打継目付着強度は打継面の表面処理等によって異なるものであるが、普通セメントモルタルを用いたプレパックドコンクリートの逆打ちの付着強度（標準養生、材令7日）は打継目のない供試体の曲げ強度に対して約43%であるのに対して、ポリマーセメントモルタルを用いた供試体では約57%であることから、ポリマーディスパージョンの混入によって接着性が向上したものとと言える（図-3.30）。

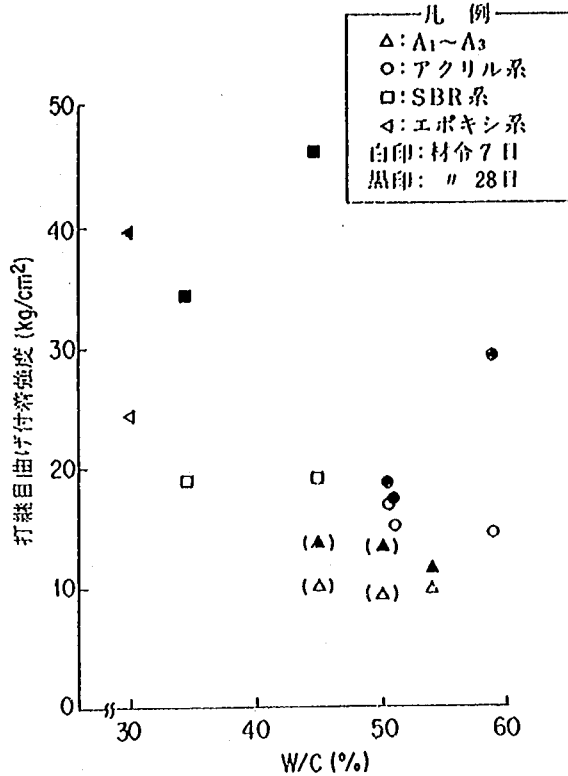


図-3.30.1 W/Cと打継目曲げ付着強度との関係

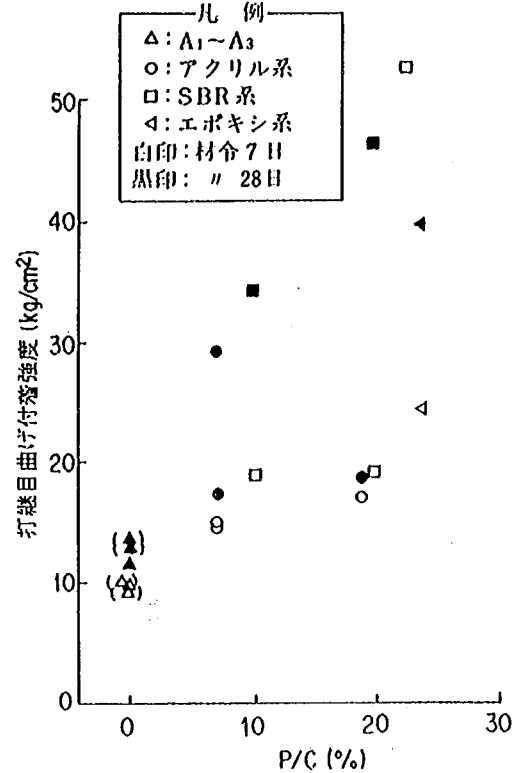


図-3.30.2 P/Cと打継目曲げ付着強度との関係

3.3 硬化したプレパックドコンクリートの耐久性試験

3.3.1 試験の概要

海岸付近のように厳しい環境条件下にあるコンクリート橋のかぶりコンクリート部の断面修復を行うにあたっては、断面修復材料そのものの耐久性を確保することがコンクリート構造物の耐久性を維持・向上させる上で重要であると考えられる。また、ポリマーセメントモルタル（コンクリート）はポリマーディスページョンの混入によって同一のコンシステンシーを得るための水セメント比が低下できることに加え、ポリマーフィルムが塩化物イオン等の浸透を抑制することから普通セメントモルタル（コンクリート）に比べ耐久性が向上するとされている。

そこで、各種断面修復材料の耐久性試験を行うこととした。

3.3.2 使用材料

試験に用いた材料は3.2.2と同様の材料を用いることとした。

3.3.3 供試体の作製

試験に用いる供試体は3.2.3と同様の方法で作製した。

3.3.4 試験方法

断面修復材料の耐久性に関して次の項目について試験を行った。

(1) 遮塩性試験

φ10×20cm 供試体を作製した後、材令14日より ASTM D 1141 に準拠して作製した人工海水および飽和塩水中に供試体を浸漬し、浸漬60日後に供試体を割裂し、フレオレッセインナトリウム 0.1% 溶液ならびに 0.1 N 硝酸銀溶液を割裂断面に噴霧して塩化物イオン浸透深さを測定した。測定箇所は図-3.31に示す位置とした。

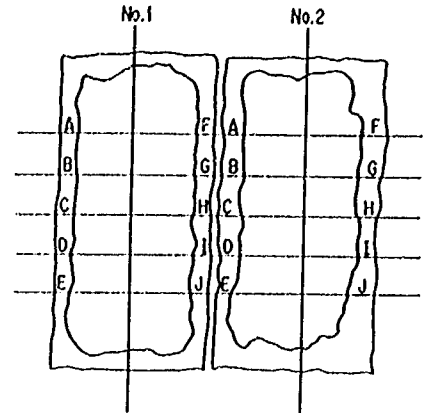


図-3.31 測定方法（測定ポイント）

(2) 凍結融解抵抗性試験

JIS A 6204 附属書 2 に準拠して試験を行った。

(3) 中性化試験

φ10×20cm 供試体を作製した後、材令7日より CO₂ 濃度を 5% 一定に保った容器内に静置し、静置後 1, 2, 3ヶ月後に供試体を割裂し、1% フェノールフタレインエチルアルコール溶液を割裂断面に噴霧し、中性化深さを測定した。

表-11 塩化物イオン浸透深さ

配合No.	人工海水		飽和塩水	
	浸漬	乾湿繰返し	浸漬	乾湿繰返し
A ₁	2.80	—	3.30	—
A ₈	0.70	1.10	0.90	0.85
B ₁	1.25	0.90	2.15	0.95
B ₂	1.15	0.80	1.40	1.25
C ₁	0.75	0.60	1.10	0.80
C ₂	0.80	0.55	1.05	0.95
D	0.50	0.30	1.00	0.75
E	0.40	0.90	1.25	0.80
F	0.35	0.45	0.40	0.50
G	0.70	0.40	1.35	0.35

* 単位: cm

3.3.5 試験結果

(1) 遮塩性試験

1) 表-3.11 に塩化物イオン浸透深さ測定結果を示す。これを W/C および P/C との関係で示したの

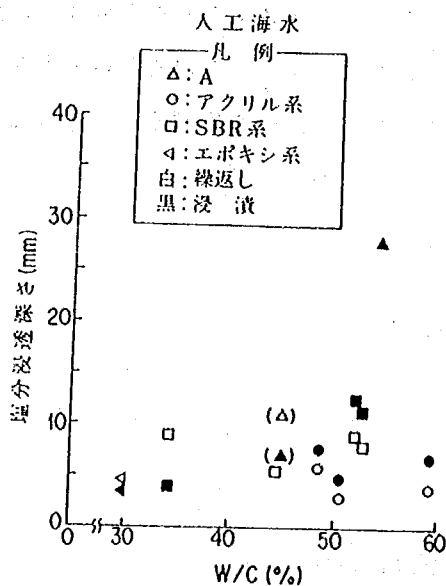


図-3.32.1 W/Cと塩分浸透深さとの関係

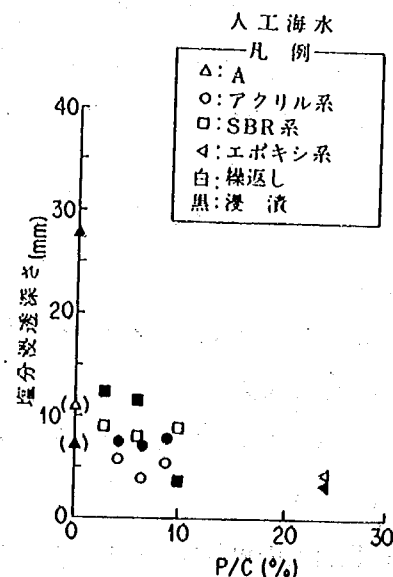


図-3.32.2 P/Cと塩分浸透深さとの関係

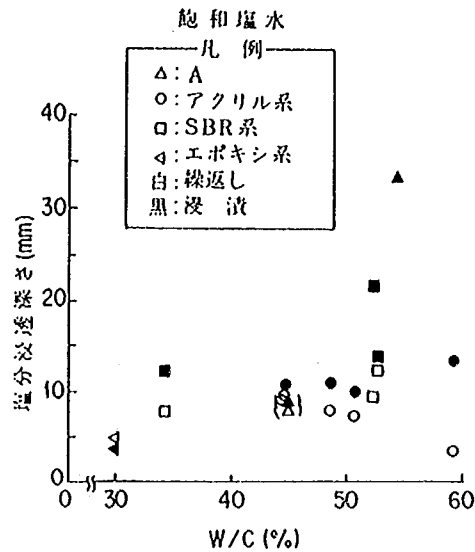


図-3.33.1 W/Cと塩分浸透深さとの関係

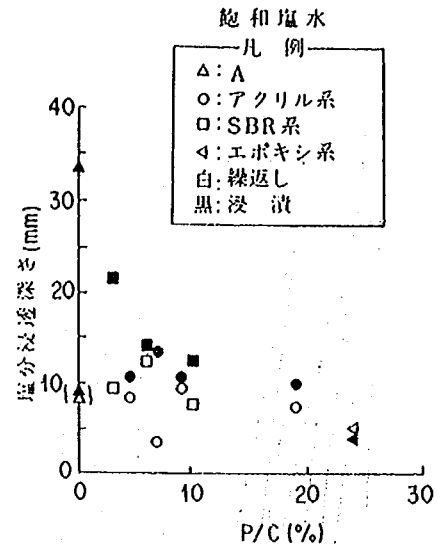


図-3.33.2 P/Cと塩分浸透深さとの関係

が図-3.32および図-3.33である。これより、市販の断面修復材料も含め、普通セメントコンクリートに比べてポリマーセメントコンクリートは塩化物イオンの浸透が抑制されていることがわかる。これは、本来はポリマーディスパージョンの種類によって多少異なると思われるが、図-3.33においてP/Cが大きくなるにつれて塩化物イオン浸透抑制効果も大きくなっていることから、今まで言われているようにポリマーフィルムが形成されることによって抑制されているものと考えられる。

2) これは、図-3.34で示すP/Cとモルタルの吸水率との関係からもP/Cの増加にしたがって吸水率も低下する傾向があり、今回の試験の結果からは海水程度の濃度の塩化物イオン浸透抑制効果は、P/C=10%程度以上で得られると思われる。

(2) 凍結融解抵抗性試験

1) 図-3.34に凍結融解抵抗性試験結果を示す。供試体は打設後3日間水中養生を行ったのち、試験開始材令(14日)まで乾燥養生したが、一般に乾燥養生を行った供試体は試験開始後初期材令ではコンクリートの吸水によって質量が増加するが、300サイクルまで破壊しなかったD, E, G供試体では試験初期の質量増加は認められない。

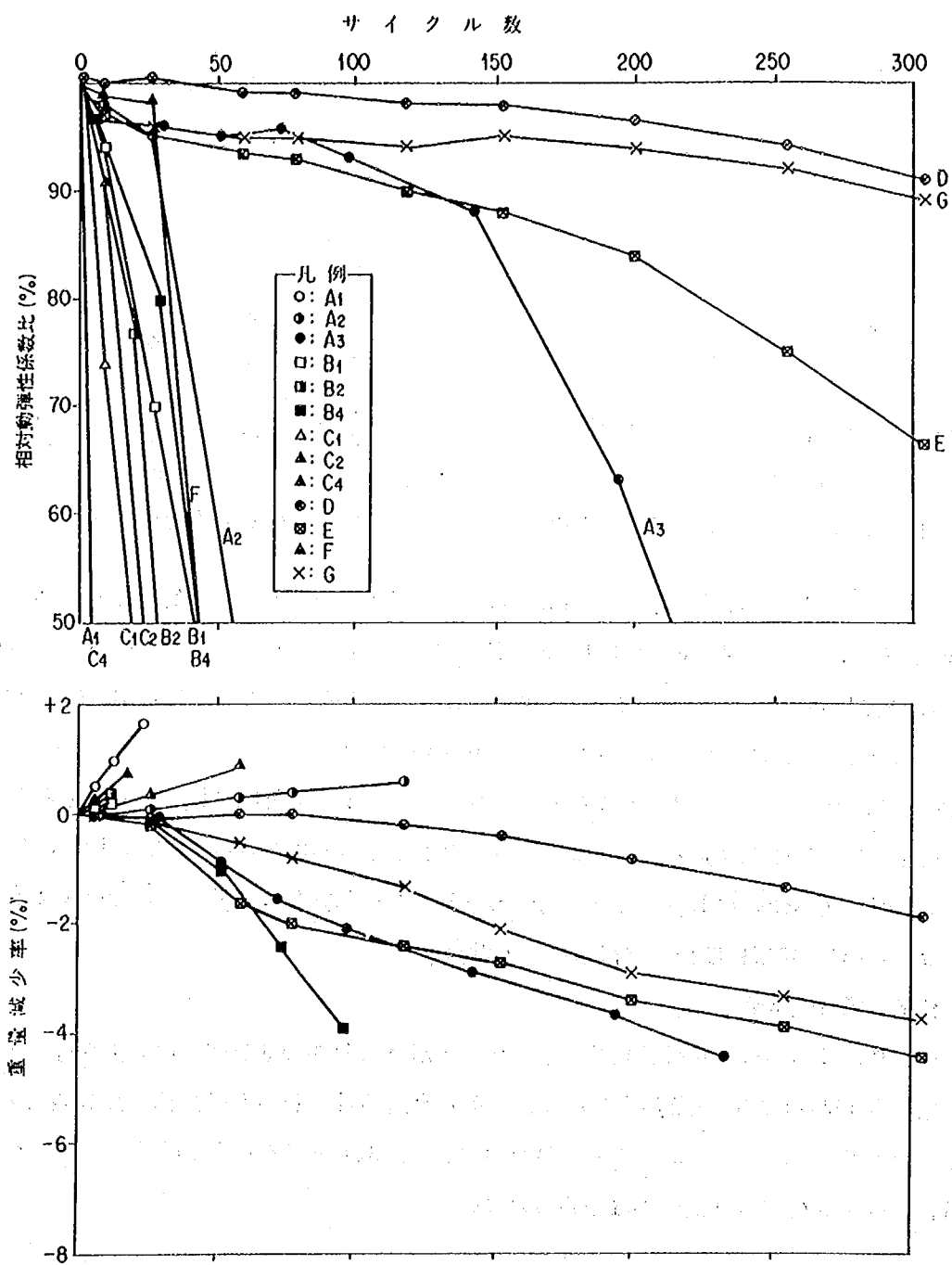


図-3.34 凍結融解試験結果

2) これまで既応の研究ではポリマーディスパージョンを混入したセメントモルタルは W/C の低減に加え、ポリマーフィルムが防水性を有することから凍結融解抵抗性は改善するとされてきたが、今回の試験の結果からは明確ではない。この原因としては、供試体がプレパックドコンクリートであることから、供試体表面に粗骨材面が露出している部分もあり、こうした供試体作製条件が影響したと、発泡剤としてアルミニウム粉末を混入したことから、大きな気泡を生じたためとも考えられる。

(3) 中性化試験

1) 促進中性化試験の結果を表-3.12 および図-3.35に示す。

2) これより、中性化深さはほぼ試験材令が伸びるとともに大きくなっているが、F 供試体は W/C が小さく、 P/C が大きいにもかかわらず、他の供試体に比べて中性化が進行している。

表-3.12 促進中性化試験結果 (mm)

	1 ケ 月		2 ケ 月		3 ケ 月	
	平均	最大	平均	最大	平均	最大
A ₁	9.1	30.0	9.9	35.0	7.8	24.0
A ₂	2.7	14.0	3.9	26.0	3.7	18.0
A ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	10.0
B ₁	0.4	2.0	0.7	8.0	3.4	8.0
C ₂	0.0	0.0	1.0	5.0	2.6	6.0
D	0.3	3.0	0.3	3.0	0.4	10.0
E	0.8	5.0	0.6	3.0	1.7	4.0
F	3.0	10.0	4.9	15.0	6.6	17.0
G	3.5	8.0	3.0	10.0	1.9	10.0

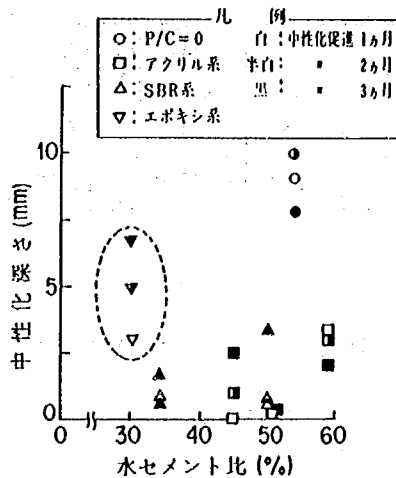


図-3.35.1 W/C と中性化深さの関係

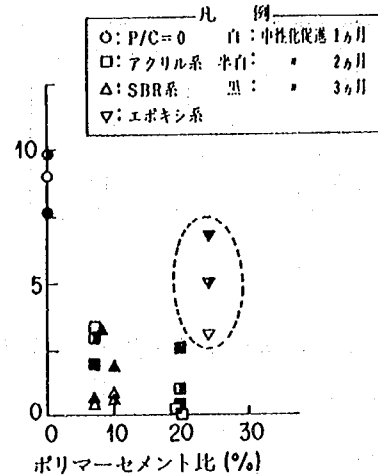


図-3.35.2 P/C と中性化深さの関係

4. 断面修復を施した梁供試体の載荷試験

4.1 試験の概要

プレパックドコンクリート工法によって断面修復したコンクリート構造物においては打継ぎ部が耐力上および耐久性上弱点となりやすく、特にコンクリート橋においては車輛通行による高頻度の繰返し荷重作用下にあることから、本試験では断面修復を施した梁供試体の載荷試験を行い、その力学的挙動について調査することとした。

試験要因は、断面修復厚（はつり深さ）、注入モルタルの種類および載荷方法（静的載荷・繰返し載荷）とした。

4.2 供試体の作製

4.2.1 使用材料

(1) 部材供試体

1) コンクリート

部材供試体作製に用いたコンクリートは、呼び強度 300 kg/cm^2 、スランプ 8 cm のレデーミクスコンクリートとした。コンクリートの配合を表-4.1に示す。

表-4.1 コンクリートの示方配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m^3)				
					セメント C	水 W	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 (AE)
20	8.0	4.0	50.0	41.8	322	161	760	1076	0.805

2) 鉄 筋

鉄筋は JIS G 3112 に適合する SD 30（横フシ）の D10、D16 および D19 とした。

(2) 断面修復材料

1) 粗 骨 材

粗骨材は粒径 $15 \sim 20 \text{ mm}$ の笠間産碎石を使用した。

2) 注入モルタル

注入モルタルは、普通セメントモルタルより A-4 を、ポリマーセメントモルタルより D を用いた。これらはコンクリートの圧縮強度、引張強度および弾性係数が比較的近似していたことから用いたものである。

4.2.2 供 試 体

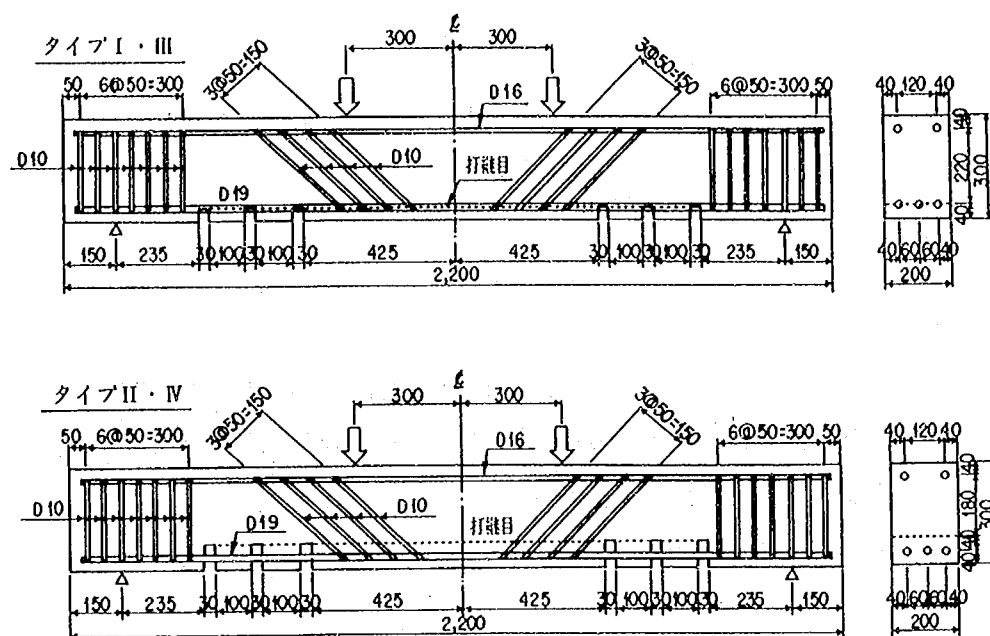
(1) 供試体の作製方法

供試体の作製は部材供試体を作製したのち、断面修復施工を行った。すなわち、部材コンクリ

ートの下地処理はワイヤーブラシ処理とし、以下、型枠取付け・注入管取付け・骨材投入・シー
ル工・モルタル注入を行った。モルタル注入は手押しポンプを使用して逆打ちの状態で行った。

(2) 供試体の形状寸法

供試体の形状寸法を図－4.1に示す。供試体は実際の施工におけるコンクリートのはつり程度
を主鉄筋位置まで、および主鉄筋が完全に露出するまでを想定し、断面修復深さを4cmおよび8



図－4.1 供試体の形状寸法（単位・mm）

cmとした。

表－4.2 供試体の種類

また、せん断力を受ける断面修復部には切欠けを設け、部材コンクリートと断面修復部とのズレ（水平相対変位）を測定することとした。供試体の種類を表－4.2に示す。

項目 供試体の種類	載荷方法	補修厚さ(mm)	補修材の種類
I－1	静的載荷	40	モルタル
II－1	〃	80	〃
III－1	〃	40	ポリマー
IV－1	〃	80	〃
I－2	疲労(200万回)	40	モルタル
II－2	〃	80	〃
III－2	〃	40	ポリマー
IV－2	〃	80	〃

4.3 載荷方法

供試体の載荷方法は静的載荷および疲労載荷の2方法とした。

4.3.1 静的載荷試験

載荷は荷重を漸増させて主鉄筋降伏まで載荷し、以降は主鉄筋降伏時の支間中央変位を1δとして変位制御載荷を行い破壊させた。

載荷試験時の測定項目および測定方法は以下のとおりとした。

(1) ひびわれ観察

各荷重段階におけるひびわれ状況およびひびわれ幅の測定を行った。

(2) 支間中央と載荷点のたわみ量

支間中央、荷重載荷点および支点に変位計を取付け、各点のたわみ量を測定した。

(3) コンクリートのひずみ

プレパックドコンクリート打継ぎ部にゲージを貼付し、コンクリートのひずみを測定した。

(4) 部材コンクリートとプレパックドコンクリートのずれ量

せん断スパン内の切欠けを設けたプレパックドコンクリートにカンチレバー型変位計を取り付け、部材コンクリートとのずれ量を測定した。

(5) 鉄筋のひずみ

支間中央および切欠け部における主鉄筋にゲージを貼付し、鉄筋のひずみを測定した。

4.3.2 疲労載荷試験

載荷は主鉄筋応力度が $0.6\sigma_y$ となる荷重を上限荷重とし、6 Hz の正弦波で200万回繰返し載荷を行った。なお、途中1万、5万、10万、50万および100万回繰返し載荷した時点で試験を停止し、上限荷重まで静的載荷して測定を行った。

測定項目は静的載荷試験と同様とした。

4.4 試験結果と考察

材料試験結果を表-4.3に示す。

表-4.3.1 コンクリートの試験結果

	圧縮強度 (kg/cm^2)	引張強度 (kg/cm^2)	弾性係数 (kg/cm^2)
部材コンクリート	405	31.7	2.08×10^6
A-4 コンクリート	295	24.1	2.12×10^6
D コンクリート	272	22.6	1.91×10^6

表-4.3.2 鉄筋の試験結果

	時 伏 点 (kg/mm^2)	引張強さ (kg/mm^2)	伸 び (%)
D 10	37	57	15.3
D 16	37	53	19.2
D 19	38	58	16.4

4.4.1 静的載荷試験

- (1) 各供試体の荷重と支間中央たわみ量との関係を図-4.2.1~4.2.4に示す。これより降伏荷重時までに断面修復材料および断面修復深さによる差はないものの、降伏以後は断面修復深さを4 cmとしたI-1およびIII-1供試体は断面修復深さを8 cmとしたII-1およびVI-1供試体に比べ、たわみ量が約20%程度大きくなっている。これは、I-1およびIII-1供試体はII-1およびIV-1供試体に比べ、断面修復部コンクリートの部材コンクリートからの剝離が大きかったことによると考えられる。

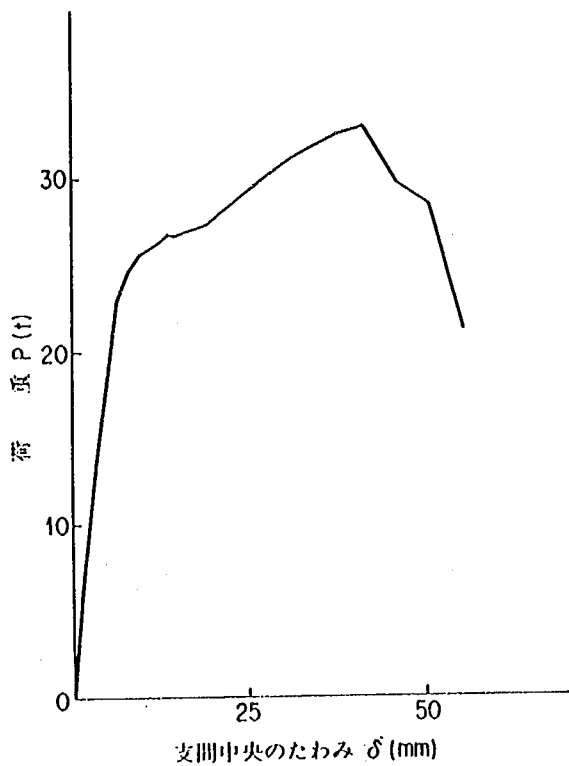


図-4.2.1 支間中央のたわみと荷重との関係
(I-1)

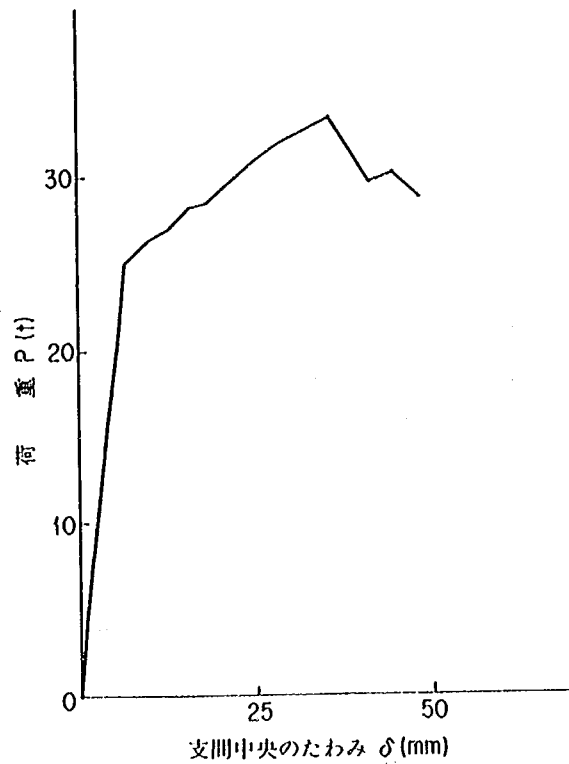


図-4.2.2 支間中央のたわみと荷重との関係
(II-1)

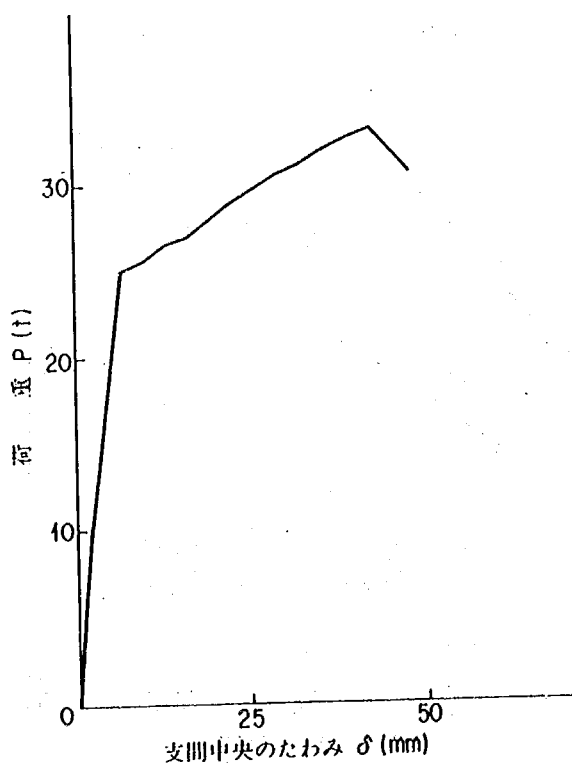


図-4.2.3 支間中央のたわみと荷重との関係
(III-1)

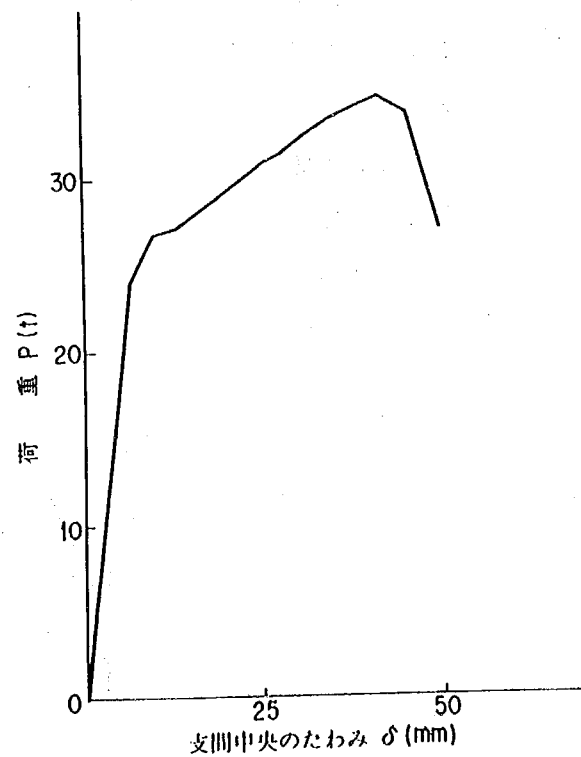


図-4.2.4 支間中央のたわみと荷重との関係
(IV-1)

(2) 図-4.3.1～4.3.4
に部材コンクリートと
断面修復部コンクリー
トの水平相対変位（ず
れ量）と荷重との関係
を示す。また、断面修
復コンクリート打継面
のひずみより求めた打
継面のひびわれ発生荷
重はⅠ-1およびⅢ-
1供試体では6～12(t),
Ⅱ-1およびⅣ-1供
試体では3～7(t)であ
った。このことは、Ⅱ
-1およびⅣ-1供試
体では打継面に働らく
せん断力は修復部コン
クリート中の主鉄筋全
周(u)の全付着応力が
伝達されているのに対
し、Ⅰ-1およびⅢ-
1供試体はその1/2のせ
ん断力が伝達されたこ
とによると考えられる。

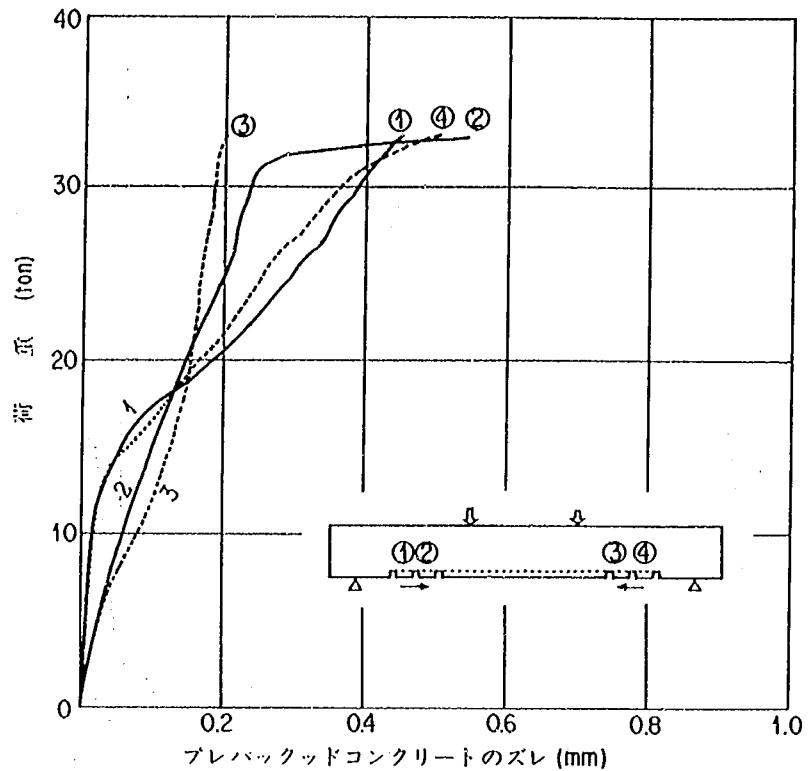


図-4.3.1 荷重-プレパックドコンクリートのズレ（Ⅰ-1）

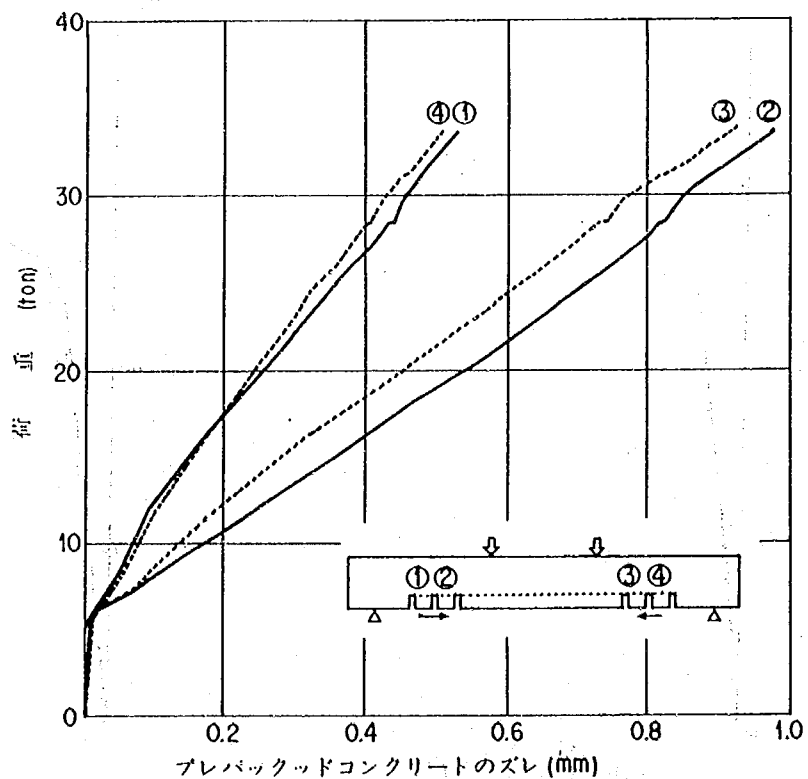


図-4.3.2 荷重-プレパックドコンクリートのズレ（Ⅱ-1）

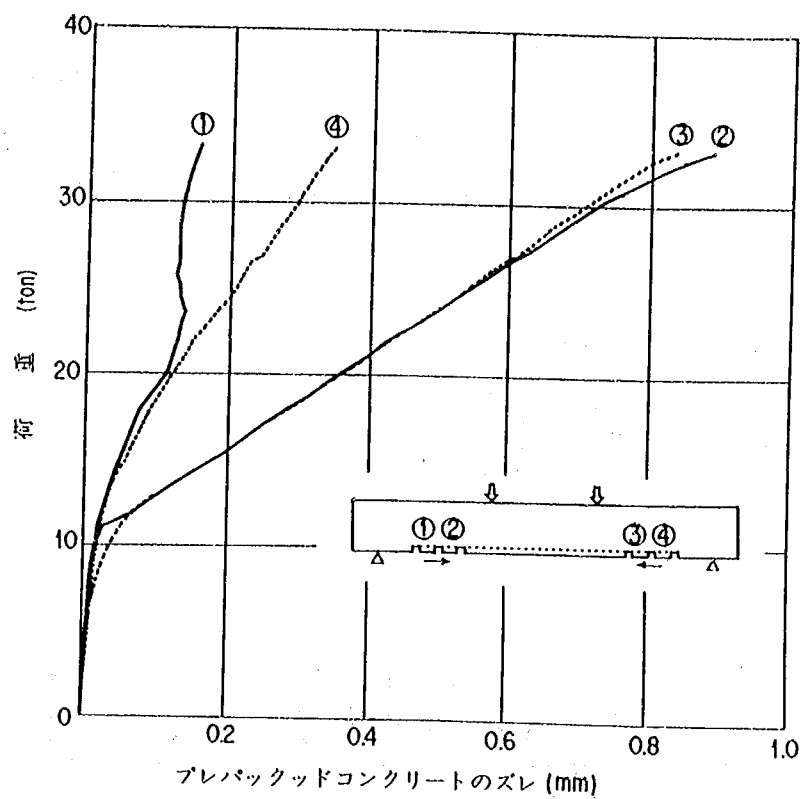


図-4.3.3 荷重-プレパックドコンクリートのズレ (Ⅲ-1)

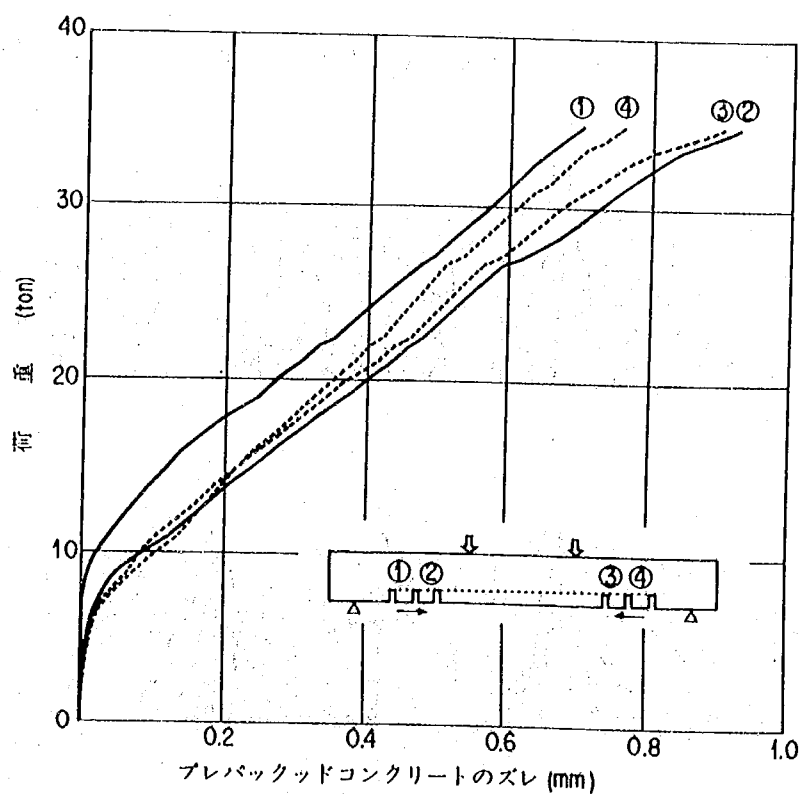
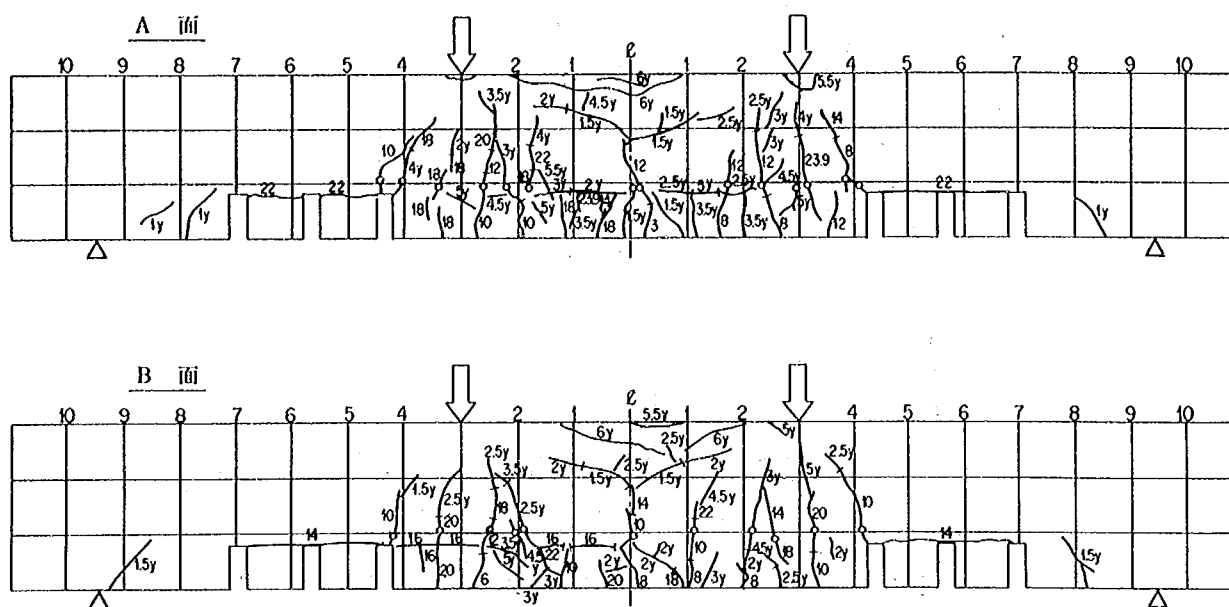


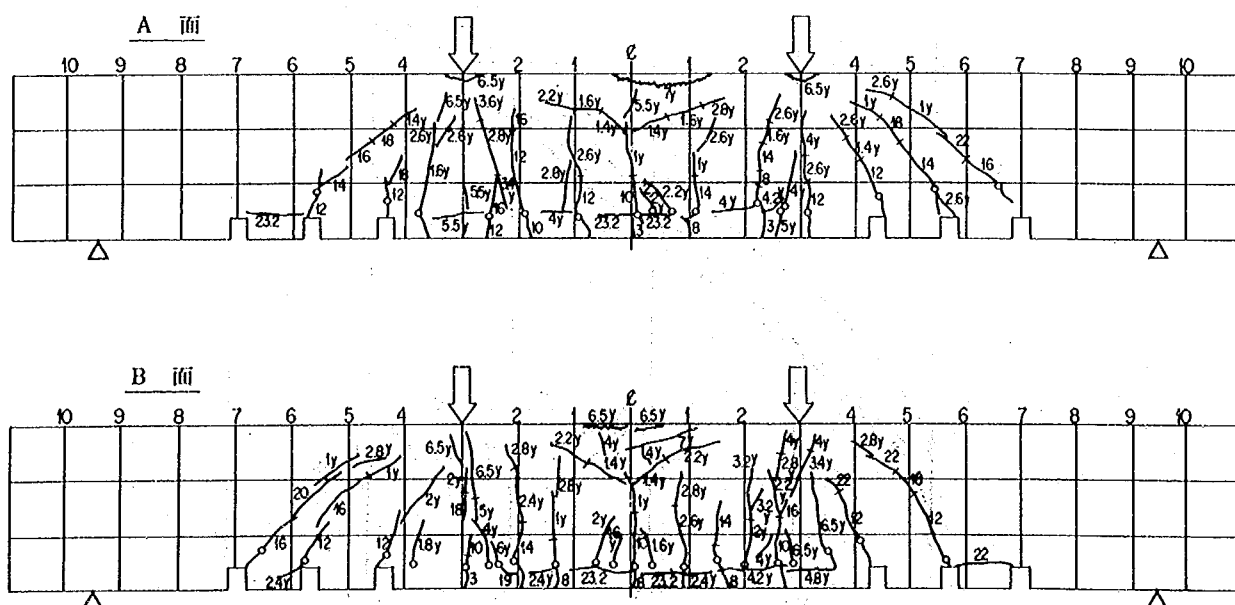
図-4.3.4 荷重-プレパックドコンクリートのズレ (Ⅳ-1)

(3) 供試体は曲げ破壊とコンクリートの圧壊がほぼ同時に起こって破壊したが、図-4.4.1～4.4.4には供試体のひびわれ状況を、また表-4.4.1～4.4.4には図-4.4.1～4.4.4中の測定点におけるひびわれ幅測定結果を示す。また、表-4.5にはひびわれ・降伏・終局時のたわみ量および荷重の計算値と実測値とを示す。これより、断面修復を施した供試体でも引張側コンクリートの引張応力は部材の耐力には関与していないことから当然のことではあるが、耐力的には一体の



記：○… クラック幅測定位置

図-4.4.1 タイプⅠ-1クラック図



記：○… クラック幅測定位置

図-4.4.2 タイプⅡ-1クラック図

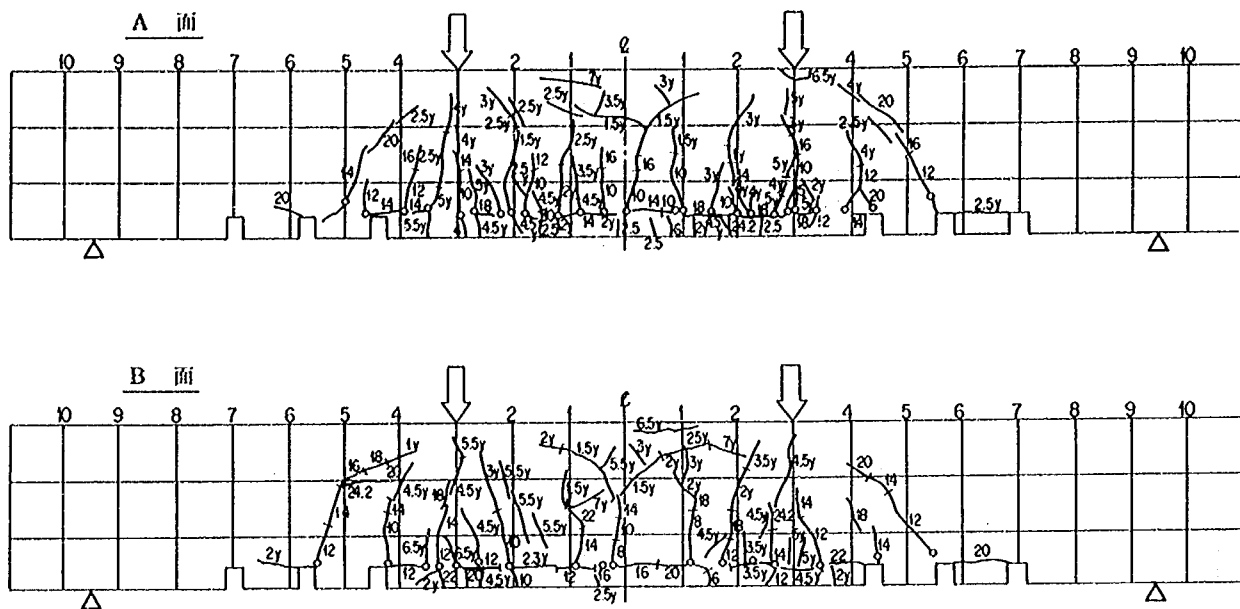


図-4.4.3 タイプⅢ-1クラック図

記：○…クラック幅測定位置

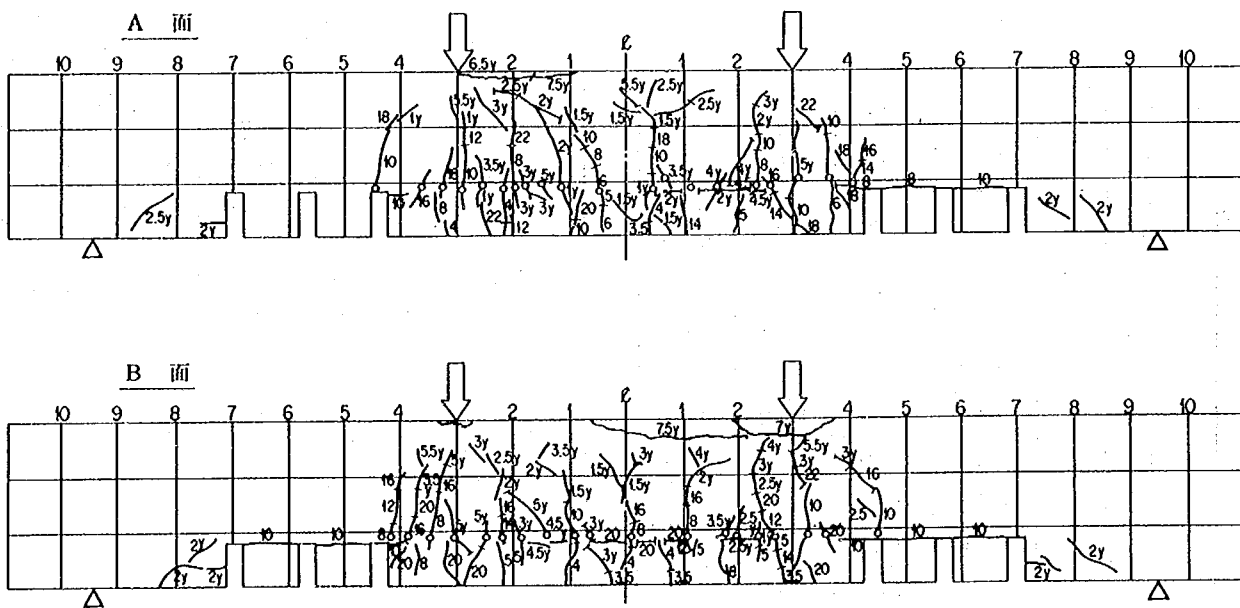


図-4.4.4 タイプⅣ-1クラック図

記：○…クラック幅測定位置

部材として設計してよいものの打継面については考慮しなければならないと考えられる。すなわち、コンクリートの表面塗装を行う場合、断面修復部コンクリートの剝離等を極力防ぐような措置を講じることなどを考慮する必要があると言える。

表-4.4.1 タイプⅠ-1 平均ひび割れ幅一覧表

単位: mm

項目 荷重 (ton)	せん断ひび割れ		曲げひび割れ	
	A 面	B 面	A 面	B 面
8	—	—	0.01	0.02
10	—	—	0.01	0.03
12	0.02	0.01	0.01	0.03
14	0.02	0.02	0.03	0.03
16	0.04	0.04	0.04	0.07
18	0.03	0.04	0.03	0.05
20	0.06	0.06	0.04	0.09
22	0.06	0.06	0.04	0.08
23.7	0.05	0.04	0.09	0.10
24.7	0.07	0.06	0.17	0.20
25.6	0.07	0.13	0.21	0.24
26.0	0.08	0.19	0.26	0.26
26.4	0.09	0.15	0.36	0.35
26.7	0.09	0.16	0.42	0.29
26.6	0.16	0.14	0.46	0.34
26.8	0.16	0.14	0.59	0.46
27.0	0.15	0.16	0.70	0.45
27.2	0.14	0.17	0.72	0.53
27.3	0.12	0.14	0.68	0.58
27.8	0.13	0.16	0.77	0.60
28.3	0.15	0.14	0.81	0.65
28.7	0.12	0.17	1.03	0.67
29.7	0.12	0.15	1.06	0.72
29.5	0.14	0.16	1.12	0.71
30.0	0.14	0.19	1.17	0.81
30.4	0.14	0.18	1.10	0.80
30.8	0.20	0.24	1.20	0.85
31.2	0.21	0.24	1.18	0.86
31.9	0.23	0.21	1.34	1.04
32.6	0.24	0.22	1.47	1.18
33.6	0.30	0.21	1.75	1.31
29.7	0.26	0.26	1.50	1.06

表-4.4.2 タイプⅡ-1 平均ひび割れ幅一覧表

単位: mm

項目 荷重 (ton)	せん断ひび割れ		曲げひび割れ	
	A 面	B 面	A 面	B 面
8	0.06	—	—	—
10	0.06	0.04	0.02	0.01
12	0.09	0.10	0.05	0.01
14	0.11	0.15	0.06	0.01
16	0.11	0.20	0.07	0.06
18	0.11	0.28	0.07	0.08
20	0.12	0.14	0.08	0.09
22	0.12	0.20	0.08	0.08
23.9	0.11	0.21	0.09	0.08
25.0	0.12	0.28	0.09	0.10
26.3	0.12	0.22	0.08	0.14
26.9	0.12	0.26	0.11	0.69
28.4	0.13	0.23	0.33	0.59
28.5	0.14	0.27	0.34	0.64
29.6	0.14	0.28	0.48	0.76
30.7	0.12	0.26	0.69	0.90
31.9	0.12	0.30	0.91	0.87
32.7	0.14	0.49	1.04	1.00
33.5	0.17	0.58	1.24	1.16
29.7	0.14	0.56	0.98	1.11
30.1	0.14	0.53	—	1.28

表-4.4.3 タイプⅢ-1 平均ひび割れ幅一覧表

単位: mm

項目 荷重 (ton)	せん断ひび割れ		曲げひび割れ	
	A 面	B 面	A 面	B 面
10	—	0.04	0.03	0.04
12	0.02	0.02	0.03	0.05
14	0.02	0.05	0.04	0.06
16	0.04	0.06	0.05	0.07
18	0.03	0.08	0.06	0.09
20	0.09	0.11	0.07	0.09
22	0.09	0.14	0.07	0.11
24.2	0.13	0.17	0.08	0.15
25.0	0.14	0.16	0.09	0.17
25.7	0.13	0.18	0.08	0.22
26.5	0.13	0.18	0.08	0.36
27.0	0.13	0.18	0.59	0.41
27.9	0.15	0.20	0.75	0.91
28.8	0.16	0.20	0.89	1.05
29.7	0.16	0.22	1.04	1.30
30.6	0.18	0.20	1.03	1.08
31.2	0.14	0.23	1.80	1.33
32.0	0.17	0.22	0.85	1.77
32.7	0.19	0.28	0.97	1.85
33.2	0.24	0.24	0.85	1.75
30.7	0.18	0.23	0.97	1.48

表-4.4.4 タイプⅣ-1 平均ひび割れ幅一覧表

単位: mm

項目 荷重 (ton)	せん断ひび割れ		曲げひび割れ	
	A 面	B 面	A 面	B 面
6	—	—	0.02	0.02
8	0.04	0.04	0.03	0.02
10	0.05	0.04	0.04	0.03
12	0.07	0.06	0.04	0.03
14	0.07	0.06	0.05	0.03
16	0.07	0.06	0.06	0.03
18	0.08	0.08	0.07	0.06
20	0.09	0.09	0.09	0.07
22	0.12	0.09	0.09	0.07
24.1	0.13	0.10	0.07	0.07
26.7	0.18	0.10	0.30	0.27
27.1	0.17	0.11	0.42	0.50
28.1	0.19	0.11	0.62	0.53
28.9	0.22	0.12	0.63	0.78
29.9	0.23	0.13	0.64	0.66
30.8	0.25	0.23	0.70	0.76
31.5	0.27	0.30	0.71	0.79
32.5	0.29	0.30	0.72	0.73
33.4	0.37	0.36	0.77	0.86
34.1	0.43	0.40	0.87	0.98
33.8	0.43	0.43	0.89	1.03
27.0	0.46	0.36	0.74	0.99

表-4.5

	ひびわれ 発生荷重 P_c (t)			降 伏 時						終 局 時					
				降 伏 荷 重 P_y (t)			降 伏 時 た わ み 量 δ_y (mm)			終 局 荷 重 P_u (t)			終 局 時 た わ み 量 δ_u (mm)		
	① 実測	② 計算	① ②	① 実測	② 計算	① ②	① 実測	② 計算	① ②	① 実測	② 計算	① ②	① 実測	② 計算	① ②
I-1	3.0	2.8	1.07	23.2	23.7	0.98	5.3	5.4	0.98	33.0	34.6	0.95	35.7	29.6	1.21
II-1	3.0	2.8	1.07	25.0	23.7	1.05	5.3	5.4	0.98	33.5	34.6	0.97	29.1	29.6	0.98
III-1	2.5	2.6	0.96	24.0	23.7	1.01	5.3	5.4	0.98	33.2	34.6	0.96	32.1	29.6	1.08
IV-1	3.5	2.6	1.35	24.1	23.7	1.02	5.4	5.4	1.00	34.7	34.6	1.00	34.1	29.6	1.15

*) 終局時たわみ量 δ_u の実測値は、支間中央部の断面修復部の剥離が著しかったことから、載荷点下のたわみ量を援用した。

**) 計算は断面修復部も含め、一体の部材として行った。なお、 P_u の計算では、 $\sigma_s = 5700 \text{ kg/cm}^2$ として計算した。

***) コンクリートおよび鉄筋の応力-ひずみの関係は土木学会「コンクリート標準示方書、設計編」によった。

4.4.2 疲劳载荷試験

(1) 200万回繰返し載荷試験ののちの供試体のひびわれ状況を図-4.5.1～4.5.4に示す。また、図-4.6.1～4.6.4に各供試体の支間中央たわみと荷重との関係を示す。これより、打継面は比較的平滑であったものの、200万回繰返し載荷の結果、打継面にひびわれが発生した断面修復箇所もあったものの、断面修復部コンクリートの剝落などはなく、今回の試験では、高応力下の繰返し載荷においても断面修復の目的をかなりよく達していると言える。

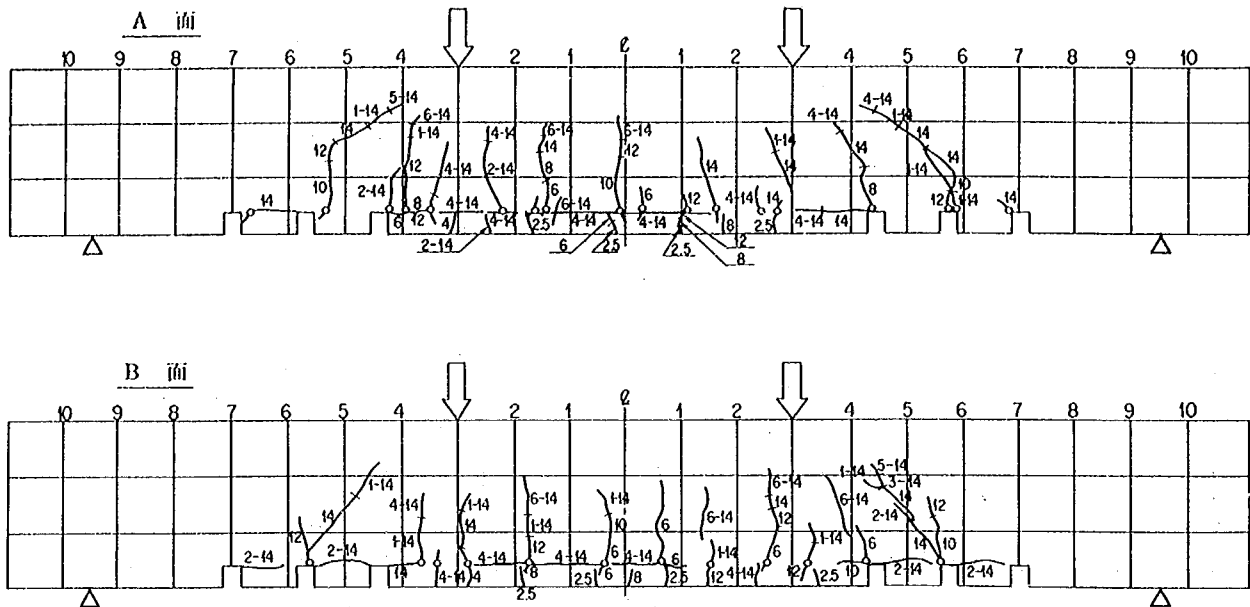


図-4.5.1 タイプⅠ-2 クラック図

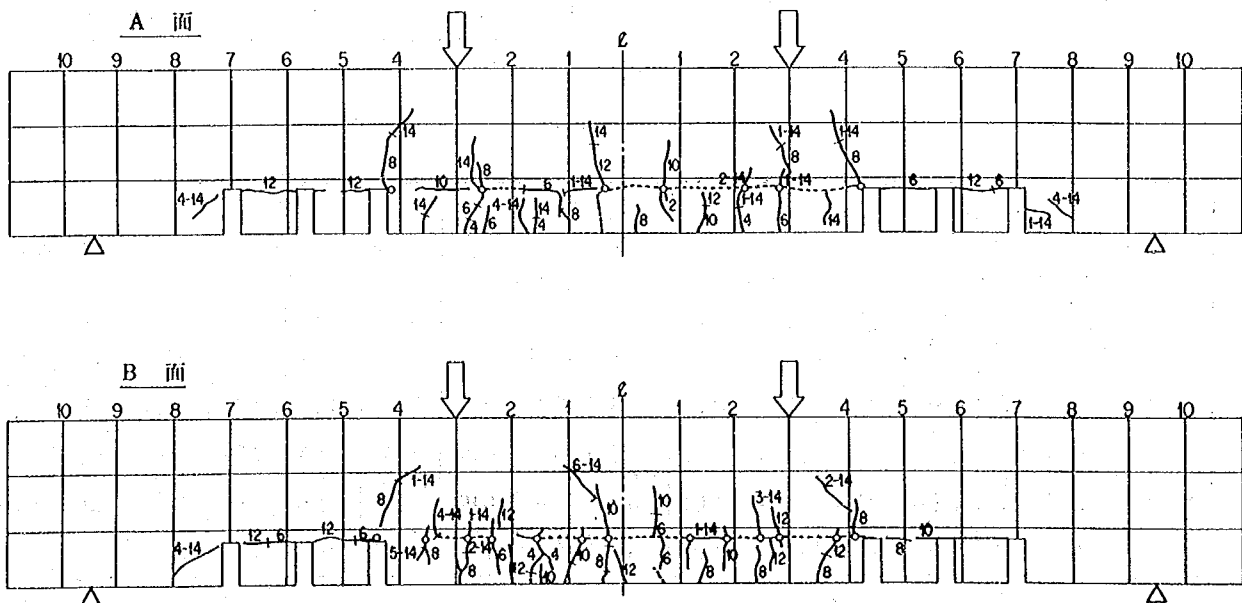
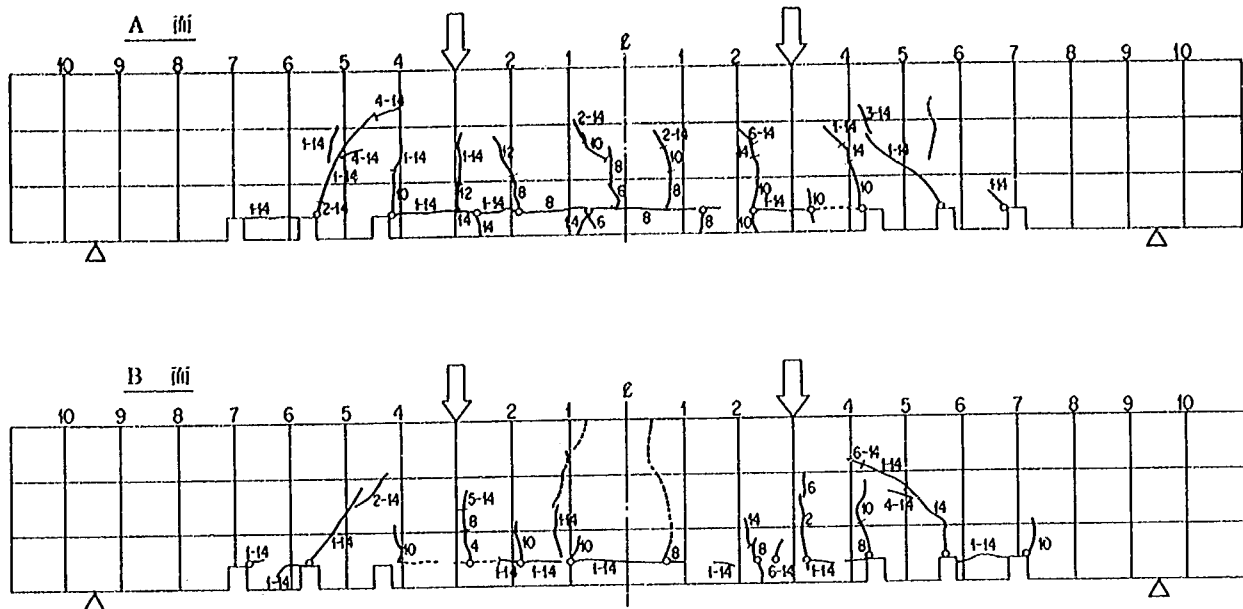


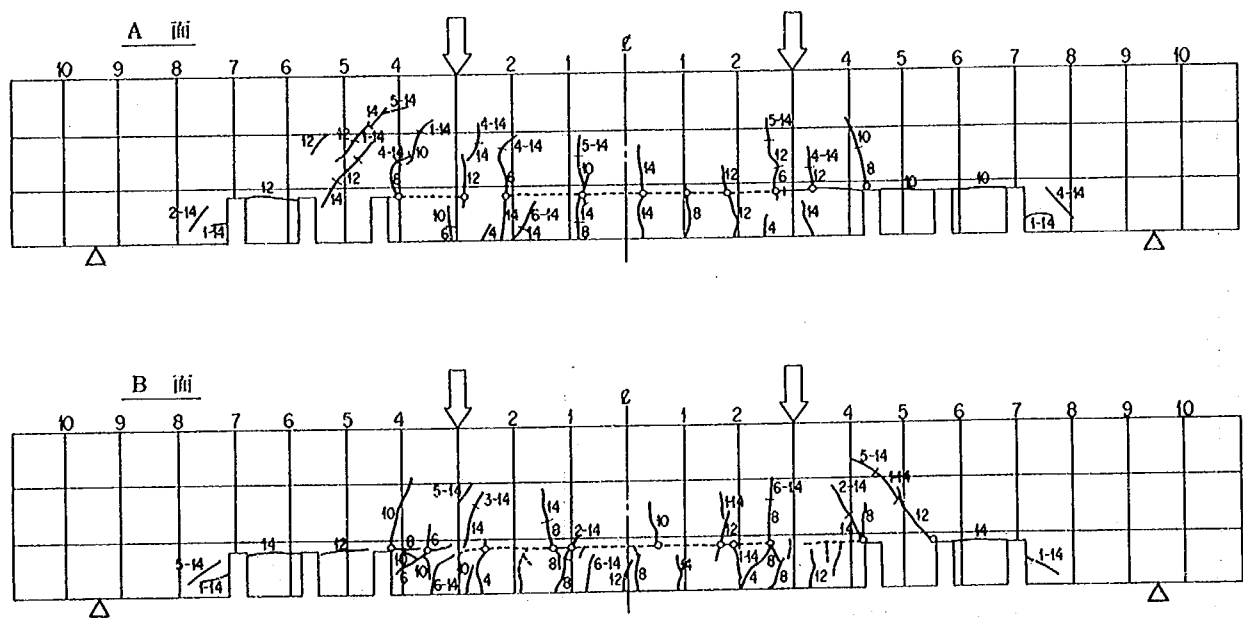
図-4.5.2 タイプⅡ-2クラック図

記：○ クラック幅測定位置
… 初期クラック



記：○ クラック幅測定位置
 ... 初期クラック

図-4.5.3 タイプⅢ-2クラック図



記：○ クラック幅測定位置
 ... 初期クラック

図-4.5.4 タイプⅣ-2クラック図

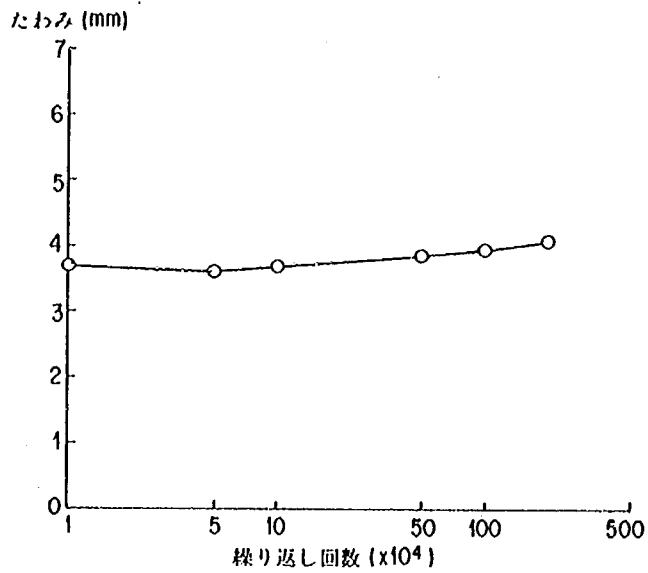


図-4.6.1 タイプⅠ-2
14 ton時のたわみ線図

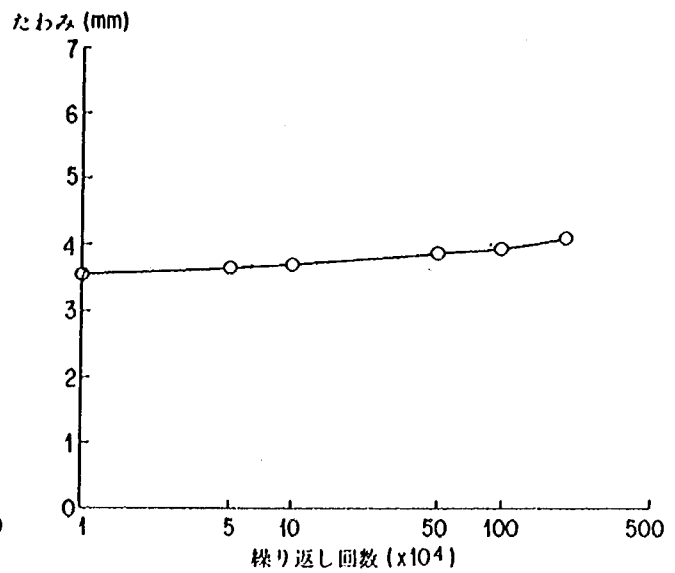


図-4.6.2 タイプⅡ-2
14 ton時のたわみ線図

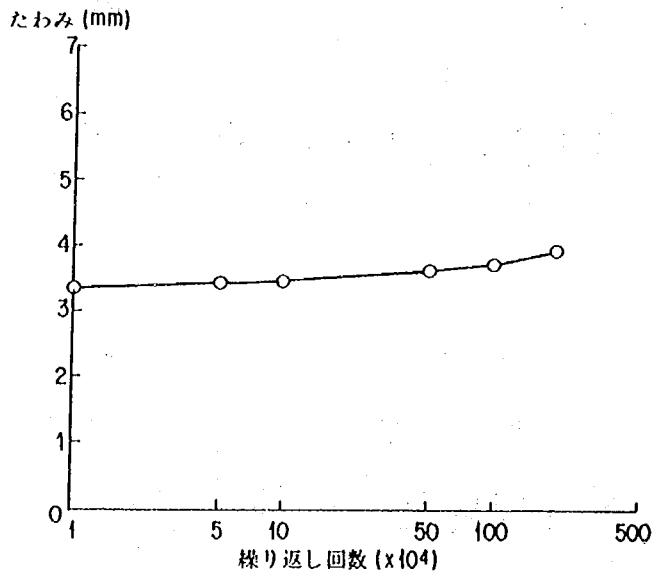


図-4.6.3 タイプⅢ-2
14 ton時のたわみ線図

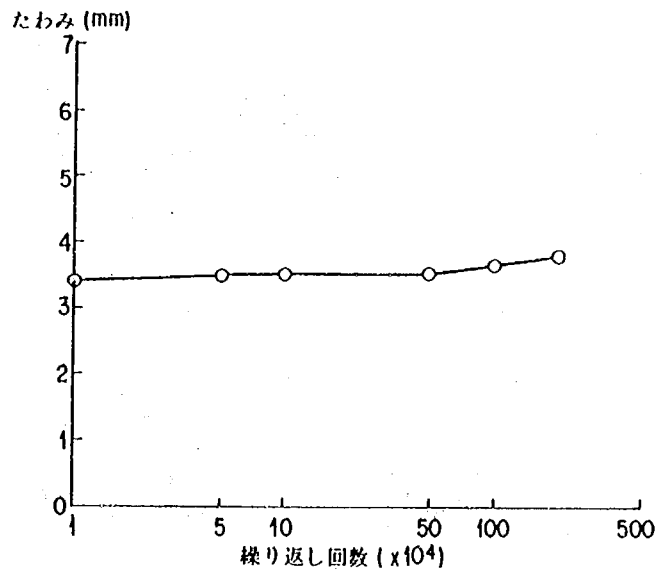


図-4.6.4 タイプⅣ-2
14 ton時のたわみ線図

(2) また、200万回繰返し載荷試験終了後の部材コンクリートとプレパックドコンクリートとのズレ量は最大で(Ⅳ-2供試体)約0.5mmであった。

5. プレパックドコンクリートによる標準的な断面修復工法の検討

5.1 検討の目的

プレパックドコンクリート工法による断面修復は施工手順としてはほぼ同様の項目に沿って行われるものの、施工内容においては注入モルタルの特性、施工規模、現場状況等によって異ってくる。例えば、注入モルタルの特性によっては粗骨材との良好な付着を得るためには粗骨材を絶乾状態で用いるのがよいとするものもあることや、施工規模、現場状況に応じた施工機器等を選択する必要があることなどから、施工方法の内容について一律にその規準を定めることは好ましくないと言える。

そこで、今回は一連の試験で得られた知見に加え、試験で使用した市販の断面修復材料を用いる際の施工方法等を参考にプレパックドコンクリート工法による断面修復施工方法の概要について検討した。

5.2 検討の内容

実際の施工にあたっては、使用材料の特性や施工条件を考慮した事前調査が必要である。図-5.1には市販の断面修復用注入モルタルの練り置き性状を示すが、この一例からもわかるように練り置き性状は材料の種類や練り上り温度によって大きく異ってくることから、こうした事前調査の結果に基づいて施工計画を立てることが必要である。

次に調査の結果に基づいて提案される標準的と考えられるプレパックドコンク

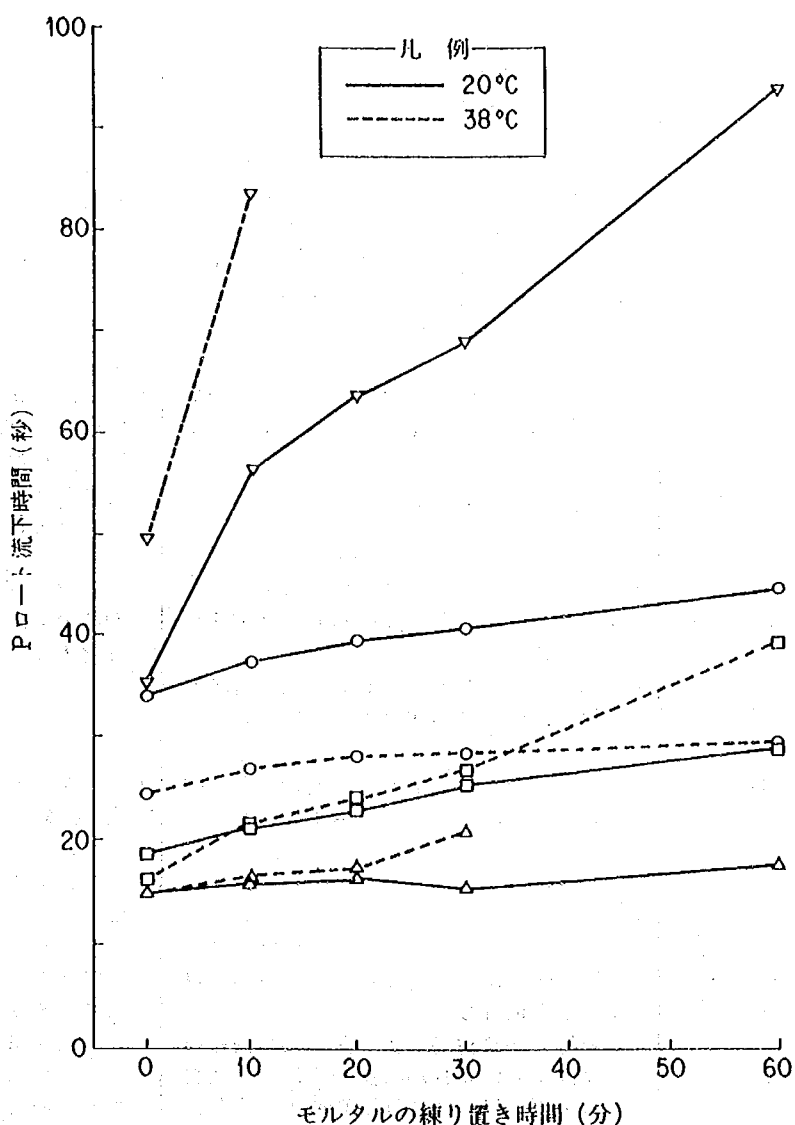


図-5.1 モルタルの練り置き時間とPロート流下時間の関係

リートを用いた断面修復施工方法の概要を表-5.1に記す。なお、ここでは腐食の進行の抑制のために併用されるコンクリートの表面被覆については扱っていない。

表-5.1 プレパックドコンクリートを用いた断面修復工法における標準的な施工要領

施工項目	施 工 内 容	施 工 内 容 の 説 明
1. 断面修復のための調査	- 調査は次の項目について行うものとする。 (1) 外観調査 (2) たたき調査 (3) はつり調査 - なお、必要に応じて含有塩分量、自然電位分布およびかぶりの測定を行う。 - 調査結果は各調査項目ごとにまとめ、記録しておく。 - これらの調査結果をもとに断面修復箇所のマーキングを行う。	- 外観調査は、1) 変色、2) 錆汁、3) ひびわれ、4) コンクリートの剥離、5) 鋼材の腐食・露出、6) 豆板等の生じている位置や大きさについて調査するものとするが、断面修復箇所の選定にあたっては、たたき調査によってコンクリートの浮き部分や脆弱部分を探し出すものとする。 - 調査によって得られた結果は、断面修復箇所の選定の判断資料になる他、コンクリート構造物自体の維持管理のための追跡調査資料ともなることから、記録・保存しておくものとする。
2. はつり工	- はつりは原則として損傷の大きい部分のみ電動チップーやハンマードリルを使用し、その他は手ばつりで行う。 - はつりはなるべく均等厚さになるように行い、腐食した鋼材の周囲のコンクリートは、健全な鋼材が露出するまではつり取る。 - 腐食した鋼材は全周にわたって錆の除去・防錆処理が施せるようコンクリートをはつり取る。	- はつりの衝撃等に起因する浮き石等は手ばつりを行うことによって丁寧に除去することができる。 - 修復断面に大きな凹凸があると粗骨材やモルタルが完全に充填されない場合も考えられることからはつりはなるべく均等厚さにすることが望ましい。 - また、腐食した鋼材は錆を除去し、防錆剤を塗布して防錆処理を施すものの、腐食の進行をできるだけ抑制することから、鋼材周囲のコンクリートのはつりは、健全な鋼材が露出するまで行うものとする。
3. 鋼材の除錆・補筋	- 腐食した鋼材の錆は原則としてサンドブラストで鋼材の全周にわたって完全に除去する。 - 鋼材の腐食が大きく断面欠損の著しい場合は同じ径の鋼材にて補強する。	サンドブラスト時の錆やコンクリートの粉塵がひどく、作業環境上問題となるような場合にはバキュームを併用するなどの措置を講じる。
4. 下地処理	部材コンクリートの下地処理は鋼材の除錆とともにサンドブラストで行う。	- コンクリート面のレイタンス層、脆弱層を除去し、硬い層を露出させる。 - また、下地コンクリートの状態によっては、下地コンクリートに浸透固着剤を塗布することもある。
5. 鋼材の防錆処理	- 鋼材の防錆処理は除錆後、できるだけすみやかに行う。 - 鋼材の防錆材料および防錆処理方法は、腐食因子のいずれかの浸透を防止する機能および鋼材との良好な付着力を有し、加えて断面修復材料との付着を防げない材料を選定するとともに防錆材料の特性に適した方法で塗布する。	- 腐食性環境下においては除錆した鋼材が露出している状態では再び短時間で発錆することから、除錆当日に防錆処理を施すことが望ましい。 - 防錆材料のなかにはコンクリート面に付着すると断面修復材料の接着不良をまねくものもあることや、2層に分けて防錆材料を塗布するものもあることなどから、防錆材料の特性に適した方法で塗布する。

施工項目	施 工 内 容	施 工 内 容 の 説 明
6. 型 枠 工	- 型枠は粗骨材投入時およびモルタル注入時の移動・変形がないよう堅固かつ正確に組立てる。 - このため型枠の締付けには部材コンクリートにアンカーボルト等を併用する。	- 桁の下面の断面修復を行う際に型枠と接する面のコンクリートの不陸が大きい場合には、不陸を調整して型枠を組立てる。 - アンカーは原則としてステンレスアンカーを用いる。
7. 注入パイプ・エア抜きパイプ取り付け	注入パイプ・エア抜きパイプの配置間隔は最小間隔を0.5mピッチを標準とする。	注入パイプ・エア抜きパイプの配置間隔は粗骨材の最小寸法やモルタルの注入速度等によって異なってくる。ここでは、断面修復厚さを40mm以上とした場合の標準とした。
8. 粗骨材の投入	- 粗骨材の含水状態は注入モルタルの特性に応じて良好な付着が得られる状態で使用する。 - 粗骨材の投入・充填は、断面修復長さが長い場合にはコンプレッサーを用いて圧送するが、その他の場合は木槌等でたたきながら充填する。	- 粗骨材は断面修復材料とセットで使用するものや注入モルタルの充填性は粗骨材粒径とも関係することから、粗骨材粒径を特定することはできないが、鉄筋かぶり・注入モルタルのコンシステンシーなどを考慮して定める。 - 注入モルタルのなかには絶乾状態の粗骨材を使用した方が良好な付着が得られるものもあり、注入モルタルの特性に応じて粗骨材を準備する。
9. シール工	モルタルの注入に先立って型枠周囲・型枠の継目及びパイプ周囲をシールし、モルタルの漏出を防ぐ。	
10. モルタルの練り混ぜ	- モルタルの練り混ぜは材料の投入順序、投入時間および練り混ぜ時間が定められた範囲内にあるように管理する。 - 練り上ったモルタルは短時間に大きく性状が変化しないよう直射日光に当たることがないようにするなどの管理を行う。 - 練り混ぜは施工規模・施工状況に応じてハンドミキサー・グラウトミキサー等を用いる。	- 練り混ぜにあたっては、微粉末の固まりがなくなるよう十分に攪拌・混合する。なお、微粉末の固まりの除去を確実にするために金網にてモルタルをろ過することもある。 - 練り上ったモルタルを変状させないためには適正な管理を行うことに加え、一回の注入に要したモルタルの余りを次の注入に用いることがないように、適正量ずつ練り混ぜを行う。
11. 注 入 工	- 注入機は施工規模・施工状況等に応じて自動圧送ポンプ・手押しポンプ等を用いる。 - 注入は端部より片押しで進めるが急速に注入することは避ける。 - 注入口を移動する場合は、エアー抜きパイプよりモルタルの流出が確認されたのち、前方へ移動する。この際、型枠をハンマー等で軽くたたいて締めるとともに、管路内に空気が混入しないよう注意する。 - 注入の途中で型枠の継目などからモルタルが漏出してきた場合には直ちに注入を中断して、漏出部分のシールをすばやく行ったのち、注入を再開する。	- 注入機へのモルタルの投入に先立って注入機内の異物の有無を確認し、ポンプと管路に注水・洗浄を行う。 - 注入を急速に行うと粗骨材中の空気を完全に追い出すことができず、接着不良・ジャンカ等の原因となることから、これを避ける。
12. 養生・脱型	注入後、2～3日間を目安に養生を行ったのち、脱型する。	
13. 表層処理	脱型したのち、必要に応じてシーリング材のケレン等を行う。	

6. ま と め

以上の一連の調査結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) 今回の試験の範囲内では、粒径 $10\sim 15\text{ mm}$ の粗骨材に良好に注入できるモルタルのPロート流下時間は $17\sim 25$ 秒程度であり、このため砂の最大寸法は 0.6 mm 、 $S/C=0.8$ 程度とするのが好ましい。
- (2) ポリマーセメントモルタルを用いたプレパックスドコンクリートの部材コンクリートとの打継目付着強度は普通セメントモルタルを用いた場合に比べて $40\sim 80\%$ 程度大きくなる。
- (3) 断面修復用プレパックスドコンクリートの注入モルタルの品質は W/C を基準に考えて 45% を上限とし、さらに(1)で述べたコンシステンシーが得られ、強度にも影響がないようポリマーディスパージョンの混入量を定めるのがよいと思われる。
- (4) 実際の施工においては型枠外部から振動を加えるなどして露出面を改善させるほか、脱型はプレパックスドコンクリートあるいはモルタルが十分硬化し、所要の強度が得られるまでは行わないことなどに注意する必要がある。
- (5) プレパックスドコンクリートによって断面修復を施しても部材の耐力には影響しないが、打継目ひびわれや断面修復部の剝離をできるだけ防ぐような措置を考慮することが必要である。
- (6) 実際に施工計画をたてるにあたっては施工環境・施工規模等に応じた注入モルタルやプレパックスドコンクリートの事前調査を行う必要がある。

参 考 文 献

- (1) 小林茂敏・河野広隆・丹野 弘・坪内浩治「補修用プレパックドコンクリートに関する基礎研究」昭和59年，第39回土木学会年次学術講演概要集
- (2) 大浜嘉彦「建築用ポリマーセメントモルタルの性状と調合設計に関する研究」1973年，建築研究所報告
- (3) 波木 守・大浜嘉彦「プラスチックコンクリート」高分子刊行会
- (4) 橋本 寛・大浜嘉彦「ポリマーセメントコンクリートの強度性状」1977年，コンクリート工学論文No.11, Nov.
- (5) 大浜嘉彦・出村克宜「ポリマーセメントモルタルの中性化に対する抵抗性」1987年，第9回コンクリート工学年次講演会論文集
- (6) 大浜嘉彦・能登谷恭一他「ポリマーセメントコンクリートの塩化物イオン浸透に対する抵抗性」1985年，第7回コンクリート工学年次講演会論文集
- (7) 長滝重義・奥村忠彦・福馬直昭「高強度プレパックドコンクリートの施工方法に関する研究」1979年Nov. セメント・コンクリートNo.393
- (8) 太田 実・石森 広「RC ばりの断面修復に関する実験的検討」昭和61年，金沢工業大学
- (9) (財)土木研究センター「曲げ供試体による疲労試験」昭和61年

コンクリート橋の補修に関する
調査試験報告書

ISSN 0386-5878

土研資料第2602号

昭和63年3月(1988)

小林 茂敏, 河野 広隆

丹野 弘, 高橋 弘人

要 旨

塩害を受けたコンクリート橋の補修方法には、損傷の程度に応じて種々の方法が採られているのが現状である。本資料はかぶりコンクリートが鋼材の腐食によって剝離しているような大断面の断面修復方法として、普通セメントモルタルおよびポリマーセメントモルタルを注入材としたプレパックドコンクリートによる断面修復工法について検討した結果をとりまとめたものである。

キーワード：コンクリート橋, 塩害, プレパックドコンクリート, ポリマーセメントモルタル, 断面修復

郵便はがき

四十円切手
をはいて
さい。

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

コンクリート研究室 御中

No. 003

No. 003

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第 2602 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印