



1964.6



2004.12

新潟 昭和大橋の40年

昭和39年6月新潟地震により落橋した新潟・昭和大橋。
国内で初めてエポキシ樹脂を用いた復旧工事完了後40年を経た今、その性能を検証する。

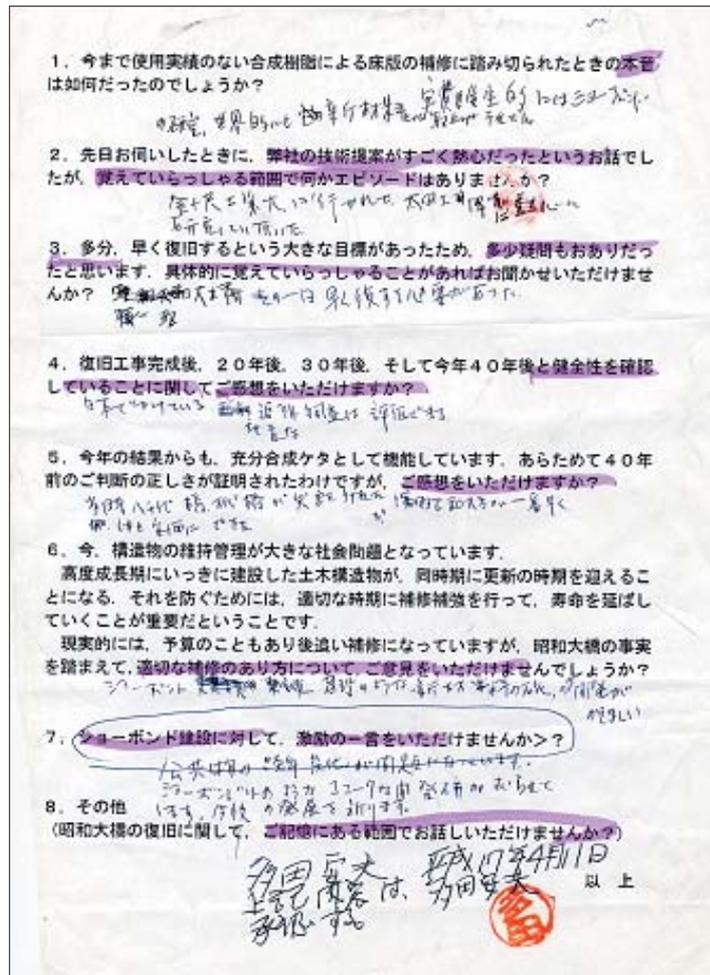
■補修工学®—— 構造物の総合メンテナンス企業

ショーボンド建設株式会社

昭和大橋 復旧後 40 年によせて

多田 安夫

当時 / 旧建設省土木研究所橋梁研究室長



多田安夫氏からのコメント

本冊子の発刊に当たり、震災直後現地調査から復旧工法検討まで、中心的に活動をされた多田安夫氏をお訪ねしました。

氏は、復旧工法検討時のことを熱っぽく語られ、また弊社がエポキシ樹脂による補修工法に熱心だったこと、40年間の追跡調査は評価できることなどのお話をいただきました。その折に、発刊時には一言との御願いに快諾をいただきましたが、その後体調をくずされ、執筆は御願いができない状況となりました。

しかし、氏のご熱意により、今回当社の質問にお答えいただくという形でコメントをいただきました。

氏の一日も早い、御快復をお祈り申し上げます。

主なご経歴

- 昭和22年 京都帝国大学工学部土木工学科卒業
- 昭和22年 宮城県土木部
- 昭和28年 建設省土木研究所
- 昭和35年 建設省土木研究所 橋梁研究室長
- 昭和41年 建設省土木研究所 構造橋梁部長
- 昭和45年 本州四国連絡公団 設計第一部長
- 昭和48年 本州四国連絡公団 第三建設局長
- 昭和53年 本州四国連絡公団 常任参与
- 昭和55年 本州四国連絡公団 退社
- 昭和55年～川崎製鉄(株)理事、川鉄鉄構工業(株)代表取締役副社長、(株)橋梁コンサルタント代表取締役社長を歴任
- 現在 日鉄鉦コンサルタント(株)参与

質問1: 今まで使用実績のない合成樹脂による床版の補修に踏み切られたときの本音は如何だったのでしょうか?
答: 実験室的にはショ-ボンドの研究。世界的にも新材料として取り上げられていた。

質問2: 先日お伺いしたときに、弊社の技術提案がすごく熱心だったというお話でしたが、覚えていらっしゃる範囲で何かエピソードはありませんか?
答: 金沢工大に行かれた太田実工博に熱心に研究していただいた。

質問3: 多分、早く復旧するという大きな目標があったため、多少疑問もおありだったと思います。具体的に覚えていらっしゃる範囲があればお聞かせいただけますか?
答: 昭和大橋を一日も早く復旧する必要があった。

質問4: 復旧工事完成後、20年後、30年後、そして今年40年後と健全性を確認していることに関してご感想をいただけますか?
答: 日本で欠けている地道な追跡調査は評価できる。

質問5: 今年の結果からも、充分合成ケタとして機能しています。あらためて40年前のご判断の正しさが証明されたわけですが、ご感想をいただけますか?
答: 当時八千代橋、万代橋が災害を受けたが昭和大橋が一番早く、しかも安価にできた。

質問6: 今、構造物の維持管理が大きな社会問題となっています。高度成長期に一気に建設した土木構造物が、同時期に更新の時期を迎えることになる。それを防ぐためには、適切な時期に補修補強を行って、寿命を延ばしていくことが重要だということ。現実的には、予算のこともあり後追い補修になっていますが、昭和大橋の事実を踏まえて、適切な補修のあり方について、ご意見をいただけますでしょうか?
答: ショ-ボンド建設のような新材料の研究開発が望ましい。

質問7: ショ-ボンド建設に対して、激励の一言をいただけますか?
答: 公共物の経年変化が問題になっています。ショ-ボンドのようなユニ-クな開発研究が求められています。今後の発展を祈ります。

上 西 健

現 / 新潟県新潟土木事務所長

貴社の「昭和大橋の40年」に投稿依頼があり、お引き受けしたわけですが、巡り合わせとは不思議なことがあるものです。

私の父は、昭和35年4月から昭和39年9月まで新潟土木事務所長の任にあり、正に昭和大橋の建設・完成を担い、新潟地震による本橋の落橋被害を直接体験し、その復旧にたずさわりました。当時信濃川の河口に架けられた三つの橋「萬代橋」「八千代橋」「昭和大橋」は、何れも激甚な震災を受けましたが昭和大橋が落橋したことは、昭和石油の火災や県営アパートの倒壊とともに新潟地震の三大被害として人々に衝撃を与えました。

新潟市民の生命線を早期に復旧することが至上命令であり、復旧工法の中で特に貴社の役割は大変大きかったものと推察されます。

その後、40年間に亘り復旧工法の事後検証が続けられたことは、誠に意義深く、他に例のない技術ノウハウ等を数多く蓄積されたものであります。その中で私も20年目および40年目の節目に参加させて頂きましたことに何かの因縁とともに感激しており、現在も昭和大橋は、新潟市民の生活・産業活動およびまちづくりの要として生き続けていることは頼もしいかぎりであります。

さて、各種のインフラ整備が進み、それぞれどのように長期に亘り維持していくかが、重要な課題となっており、補修・補強の合理的な判断手法の確立が重要であります。県では、今後社会資本の維持・更新費用の増大が見込まれる中で、ライフサイクルコストを考慮した適切かつ効率的な維持管理を行っていくため、施設の機能や地域特性等を踏まえた「社会資本維持管理計画」を策定しているところであります。今後ともご助言の程をお願い申し上げますとともに、震災当時復旧・復興にご尽力されました皆様にあらためて感謝を申し上げます。



昭和39年(新潟地震30周年記念モニュメントより)



平成16年12月2日

目次

昭和大橋復旧後40年よせて 多田安夫氏(当時:旧建設省土木研究所橋梁研究室長) 上西 健氏(現:新潟県新潟土木事務所長)	3. 復旧後の追跡健全度調査の概要 40年後の調査状況	6 7
1. 昭和大橋40年の足跡	4. 床版の補修および耐久性評価に関する文献	2 8
2. 復旧工事	5. 参考資料 新潟地震30周年記念モニュメント 復旧工完了直後に発行された 「工事報告パンフレット」	4 20 21
(1) 工事概要	6. 会社案内	4 33
(2) ひび割れ注入		5
(3) 床版の一体化		5

1 .昭和大橋40年の足跡

昭和39年5月

1964.5

新潟・昭和大橋完成

橋長：306.5m / 全幅員：24.8m / 12径間 / 単純活荷重合成桁橋。

昭和39年6月16日

1964.6.16

新潟地震発生

マグニチュード 7.5

12径間のうち5径間が傾斜落下。落下した床版には無数のヘアクラックが発生。

この状態での再使用の可否および補修方法等が検討された。



昭和39年8月28日～9月9日

1964.8.28
～ 9.9

補修工法の検討

参考文献：9～13ページ参照

補修工法の採用に先立ち、8月28日から9月9日の13日間にわたり補修工法確認のため、試験施工が行われた。

落下した径間を3分割し、その中央部を使用して本施工と同様のひび割れへの樹脂注入作業を行った。



3分割して河岸に運ばれた橋桁

昭和39年9月20日

1964.9.20

載荷試験

参考文献：11～13ページ参照

注入の試験施工を行った部分を利用して載荷試験を実施。載荷試験は、鋼材を1枚づつクレーンにて積載していき、実荷重1050kN(推定)まで載荷した。

試験結果：今回の復旧工法で、安全と認めうる。



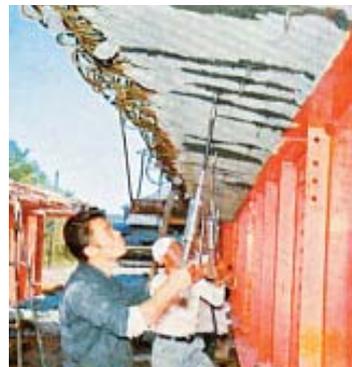
昭和39年10月1日～10月22日

1964.10.1
～ 10.22

復旧工事

3分割されて陸揚げされた状態で、総延長2427mのひび割れ全部に、ひび割れ注入用接着剤ショーボンドグラウトSSを注入した。

ひび割れ注入完了後の分割桁を再架設した後、各床版間に打ち継ぎ・嵩上げ用接着剤ショーボンド#202を塗布し、コンクリートを打設して一体化した。



昭和39年12月

1964.12

交通開放(工事完了)

下部工の補修・補強工事も終わり、交通開放された昭和大橋。



昭和59年11月

1984.11

20年後の追跡健全度調査

調査対象：落橋後、補修した径間と落橋を免れた径間、各1径間づつ。

調査項目：外観調査...目視による調査。

載荷試験...総重量約190kNの載荷車を使用しての試験。

コア採取...目視によるひび割れ注入状況の確認と付着力試験。

調査結果：健全。

平成8年11月11日

1996.11.11

30年後の追跡健全度調査

調査対象：20年後の調査と同様。

調査項目：外観調査...20年後の調査と同様。

載荷試験...総重量約200kNの載荷車を使用しての試験。

コア採取...20年後の調査内容に加え、電子線マイクロアナライザー(EPMA)を用いた注入状況の把握とコンクリートの中酸化深さおよび圧縮強度測定。

調査結果：健全。

平成16年12月1日

2004.12.1

40年後の追跡健全度調査

調査対象：30年後の調査と同様。

調査項目：外観調査...30年後の調査と同様。

載荷試験...30年後の調査と同様。

コア採取...30年後の調査と同様。

調査結果：健全。



平成16年12月2日

2004.12.2



平成16年12月1日採取

現況(復旧後40年を経過)

過去3回の追跡調査結果および今回採取したコア(写真：左)の目視等から、当社において製造し、復旧工事で使用したエポキシ樹脂系接着剤(ショーボンド#101、ショーボンド#202、ショーボンドグラウトSS等)は、40年を経た現在でも、その性能を保持していることが証明された。



平成16年12月2日撮影

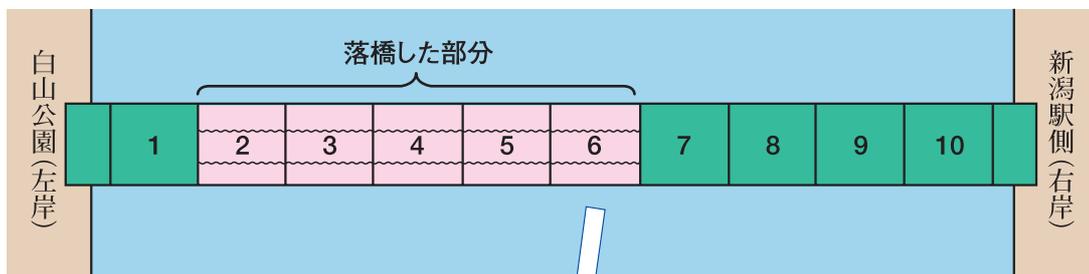
2 .復旧工事

(1)工事概要

落下した径間の床版には、幅0.1mm~0.2mmのヘアクラックが、1径間(27m×24m)の床版に平均約500m発生していた。ひび割れ総延長は、2,427mとなった。

落下した床版5径間をそれぞれ3分割して陸揚げ後、**ショーボンドグラウトSS**によるひび割れ注入工事を実施した。

注入完了後の床版を再架設し、分割された床版の打ち継ぎ面に**ショーボンド#202**を塗布後、コンクリートを打設して一体化した。

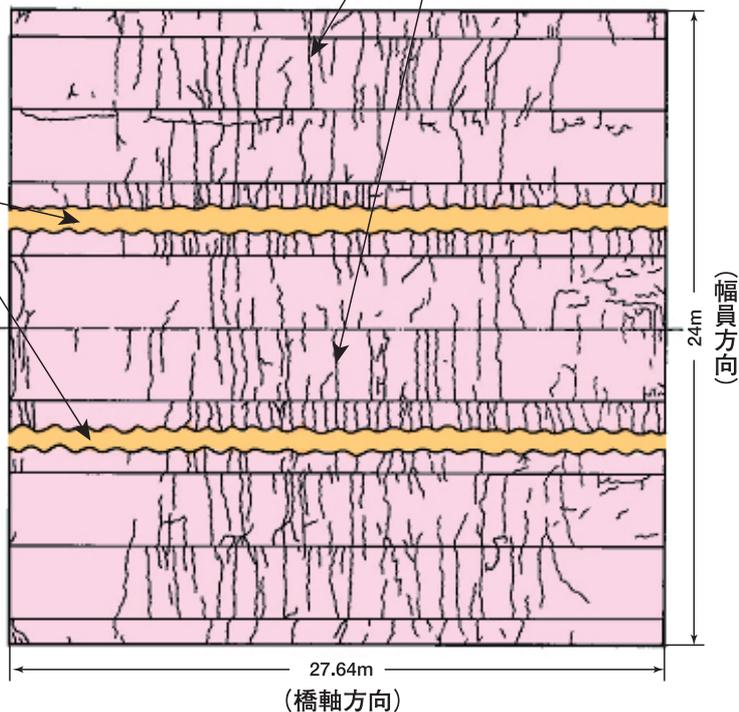


(2)ひび割れ注入

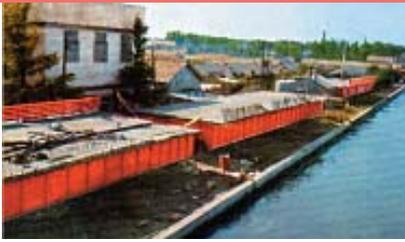
ひび割れ部をVカットし、注入パイプ設置後**ショーボンド#101**を充てん。注入パイプより**ショーボンドグラウトSS**を注入して、ひび割れ補修を行った。

(3)床版の一体化

ひび割れ補修後、3分割された床版を再架設し、打ち継ぎ面に**ショーボンド#202**を塗布後、コンクリートを打設して一体化した。



コンクリート床版下面のひび割れ発生状況と補修図(第6径間)



陸揚げされた橋桁



再び架設される橋桁

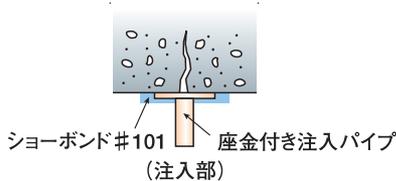
(2) ひび割れ注入

1) はつり作業

ヘアクラック上を幅3cm、深さ3cmにVカットする。ひび割れを塞がないように注意して、鑿とハンマーを使用して手ばつりで行った。

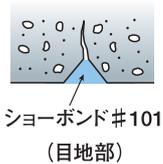
2) 注入パイプの設置作業

樹脂の注入を確実にを行うために考案した、座金付き注入パイプをショーボンド#101でひび割れを塞がないように圧着した。



3) クラック目地の充てん作業

注入するショーボンドグラウトSSの流出を防ぐため、Vカットした目地にはショーボンド#101を充てんした。



4) ショーボンドグラウトSSの注入作業

ほとんどがヘアクラックのため、手動式注入ポンプを使用して、ショーボンドグラウトSSの注入を低圧でゆっくりと行った。*



1) はつり作業



2) 注入パイプの設置作業

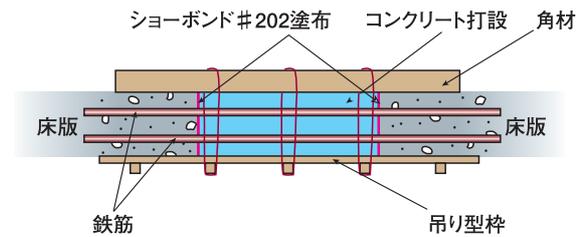


3) クラック目地の充てん作業



4) ショーボンドグラウトSSの注入作業

(3) 床版の一体化



1) 打ち継ぎ用型枠の設置作業

3分割された床版を一体化するために、折り曲げられた鉄筋を伸ばし、吊り型枠を設置した。

2) ショーボンド#202の塗布作業

コンクリートの打設前に、打ち継ぎ・高上げ用接着剤ショーボンド#202を、打ち継ぎ面に塗布した。

3) コンクリートの打設作業

コンクリートを打設して、分割された床版を一体化した。養生後、型枠を撤去し舗装を行った。

4) 完 成



1) 打ち継ぎ用型枠の設置作業



2) ショーボンド#202の塗布作業



3) コンクリートの打設作業



4) 完 成

* 参考

この注入方法から改良を繰り返して、現在のピックス工法となっている。(写真は、注入中のピックス工法)



3 .復旧後の追跡健全度調査の概要

復旧後の昭和大橋について、20年、30年、40年後(現在)の健全度およびエポキシ樹脂注入効果や経年変化などの調査を行っている。

- ・調査対象は、落橋し補修後、載荷試験を行った径間6と落橋を免れて何も補修していない径間7の2径間。
 - ・主な調査項目は、床版外観調査、載荷試験、床版コンクリートの採取コアによる試験。
- (詳細は、巻末に「昭和大橋 床版の補修および耐久性評価に関する文献」の項を参照)

昭和59年 / 1984年

調査概要

20年後

外観等の変状調査：床版(ひび割れ・打ち継ぎ部)、主桁を中心とした目視調査。

載荷試験：載荷車(総重量約190kN)を用いての健全度調査。

コアの採取：注入箇所のコアを採取し、目視による注入状況の観察と直接引張試験による付着力試験。

調査結果

外観等の変状調査：構造的に支障をきたしている箇所は見られず、健全である。

載荷試験：落橋の影響は見られない。合成効果も十分に確認され、復旧後20年を経過した昭和大橋は、健全であると考察された。

コアによる試験：0.04mm以下のひび割れおよび鉄筋の周囲にまで、ショーボンドグラウトSSが確認でき、付着力も十分であった。

平成8年 / 1996年

調査概要

30年後

床版外観調査：目視による調査。

載荷試験：載荷車(総重量約200kN)を用いての健全度調査。

コアの採取：外観観察、電子線マイクロアナライザー(EPMA)を用いた注入状況の把握、中性化深さ測定、コンクリート圧縮強度測定および付着試験。

調査結果

床版外観調査：経年劣化は多少あるが、供用に問題のない状態。

載荷試験：両径間とも同程度の合成桁としての性能を保持している。

コアによる試験：外観目視観察では、異常なし。

中性化深さは、ほとんど進行していない。また、補修時に使用したショーボンド#101が中性化の進行を完全に抑止していることを確認。

EPMA分析では、骨材界面やひび割れ周辺のマイクロクラックにまで、注入材が浸透していることを確認。

樹脂の付着力の低下は見られず、コンクリートは良好な状態。

平成16年 / 2004年

調査概要

40年後

床版外観調査：目視による調査。

載荷試験：前回調査と同様。

コアの採取：前回調査と同様。

調査結果

床版外観調査：前回調査時と同等の状況であり、良好な状態。

載荷試験：測定値は前回とほぼ一致しており、両径間とも健全な状態。

コアによる試験：中性化深さの進行は遅く、圧縮強度も問題なく、コンクリートは健全な状態。樹脂の注入状況は、目視およびEPMA分析から、注入材が骨材周辺や微細な気泡にまで充てんされていることが確認された。

40年後の調査状況 (平成16年12月1日実施)

現況



橋面



ひび割れ補修部の現況(6径間)



打ち継ぎ部の現況(6径間)

載荷試験状況



主桁載荷状況



床版載荷状況

調査状況



中性化状況



主桁計測状況



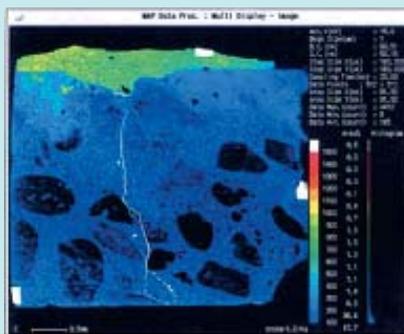
床版計測状況



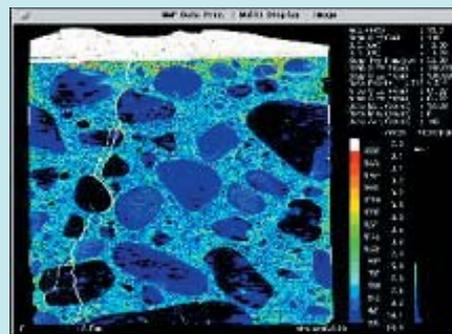
鉄筋の調査および計測状況

電子線マイクロアナライザー(EPMA)による分析比較

コアサンプリングした試料をEPMAにより分析した結果。
幅0.08mmの微細なひび割れや気泡までエポキシ樹脂が充てんされており、ひび割れ周辺の中性化も見られない。
30年後と40年後(現在)を比較しても、ほとんど変化が見られない。



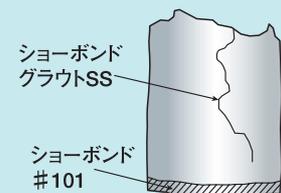
30年経過した床版より採取したコアの分析



40年経過した床版より採取したコアの分析



40年後の採取コア



ショーボンド
グラウトSS
ショーボンド
#101

ひび割れに充てんされている樹脂は、40年前のショーボンドグラウトSS、下端はシール材のショーボンド#101。

4 . 床版の補修および耐久性評価に関する文献

文 献 概 要

1 . 合成樹脂による床版の補修例

(9 ~ 13 ページ参照)

昭和39年の新潟地震で被災した昭和大橋の床版補修に合成樹脂を使用する方法を採用した。

クラック延長が210mにも及ぶ床版に合成樹脂を注入した場合、樹脂が充分行き渡るかどうか、かつ合成ケタとして所要の耐力を復旧しうるかどうか、撤去時に3分割した床版が一体化できるか否かが問題となった。

左岸から側径間ケタを除いて6連目のケタの中央3主桁部分を試験ケタとし、注入した結果、充分微細なクラックまで樹脂が浸透していることを確認した。その後、設計活荷重最大曲げモーメントを生じせしむる荷重(鋼材)を載荷して試験を行った結果、設計で仮定した断面二次モーメントより、12~16%低下していることを確認した。分割床版の一体化はケタ架設後、新旧コンクリート一体化用の接着材を使用して充分効果的に行われることとした。

原則としては床版の打ち換えが妥当としながらも、元設計に余裕があったことから、今回の復旧工法は安全と認められるとしている。また試験により、今回のように非常に復旧が急がれる場合や耐久年数が少ない場合の既設橋の補修などには有効な方法であることが確認できたことは収穫であったとしている。

3 . エポキシ樹脂注入により補修した橋梁床版の30年後の評価

(16 ~ 17 ページ参照)

復旧されて30年経過した昭和大橋について、外観調査、載荷試験、コンクリートコア採取により現状の評価を行っている。調査対象としたのは、20年後の調査と同じスパン6とスパン7である。

載荷試験の結果から、床版、主桁の挙動とも、スパン6およびスパン7はほぼ同じ状態にあり、解析値(FEM 解析、格子解析)結果とほぼ一致している。また、外観調査の結果からは、新しいひび割れの発生もなく、分割、打ち継ぎが施された位置においても漏水やひび割れは見られなかった。

コアの外観観察によれば、中性化深さの進行は認められるものの、EPMA 分析の結果マイクロクラックまでエポキシ樹脂が充てんされていることを確認した。付着試験結果はすべて注入樹脂部以外の破壊であり、十分な付着力が確保されていることを確認している。

2 . 復旧後20年経過した昭和大橋の耐荷力調査

(14 ~ 15 ページ参照)

復旧されて20年経過した昭和大橋の健全度、およびエポキシ樹脂注入効果の経年劣化等を調査する目的で、載荷試験と注入箇所のコア採取による観察等を行った。調査対象は、復旧時に載荷試験を行ったスパン6と落橋に至らなかったスパン7である。

載荷試験の結果から、床版、主桁の挙動ともスパン6の剛性がスパン7の剛性より若干低いものの理論値以内であり、健全性を維持していることを確認している。また、外観調査の結果からは、新しいひび割れの発生もなく、分割、打ち継ぎが施された位置においても漏水やひび割れは見られなかった。

コアの外観観察によれば、結果0.04mm以下のひび割れにも樹脂が充てんされていることを確認した。付着試験結果は11kg / cm²であるが、試験方法については今後の検討が必要としている。

4 . 新潟地震・震災復旧後、40年経過した昭和大橋の追跡調査報告

(18 ~ 19 ページ参照)

復旧されて20年、30年後の追跡調査報告がなされているが、今回は40年経過した昭和大橋について、過去に行った外観調査、載荷試験、コンクリートコア採取により評価を行っている。調査対象としたのは、過去の調査と同じスパン6とスパン7である。

載荷試験の結果から、床版、主桁の挙動とも30年後の状態と大差なく、復旧時の状態を維持しているものと判断している。また、外観調査の結果も新しいひび割れの発生もなく、分割、打ち継ぎが施された位置からの漏水やひび割れは見られず、良好な状態を維持していることが確認されている。

コアの外観観察によれば、中性化深さの進行は認められるものの、前回の調査同様、EPMA 分析の結果、微細な気泡までエポキシ樹脂が充てんされていることを確認し、付着試験結果もすべて注入樹脂部以外の破壊であり、十分な付着力が確保されていることを確認した。

合成樹脂による床版の補修例

—昭和大橋の床版補修—

多田安夫* 山木崇史**

1. はじめに

最近、合成樹脂に関する材料工法が進歩し、土木技術の分野に相当利用されるようになった。たまたま、昭和39年の新潟地震の際に被害をうけた昭和大橋の復旧工事の相談を新潟県よりうけた際、床版の補修に合成樹脂を使用する方法を採用したので、今後の参考資料として報告するものである。

2. 床版の復旧計画

2.1 床版の被害状況

昭和大橋の落橋の状態は、すでに多く報告¹⁾されているので、ここでは、床版がうけた被害についてのみ記すことにする。床版は図-1に示すような多主ゲタの単純ばりの活荷重合成ゲタである。床版は落橋の際の衝撃により微細なクラックが主として橋軸方向直角に多数生じた。クラックの発生状況については図-2のスケッチに示すとおりである。観測された報告によるとこれらのクラックの幅の多くは0.2mm程度、最小は0.1mm以下のものもありクラックの全長は、210mにも及んでいた。この他にも発見できないクラックもかなりあると推定された。落下したゲタは図-1に示すように3本の主ゲタごとにブロックに分割され、クレーン船を用いて

河岸に運搬された。

2.2 床版の復旧計画

復旧設計上の問題点として、まず、床版としての機能が十分復旧されること、つぎに合成ゲタとして設計された床版が、多くのクラックにより、強度および見かけの弾性係数が低下し合成効果が期待できないことが考えられるので、この機能が十分安全なまで復旧されること、

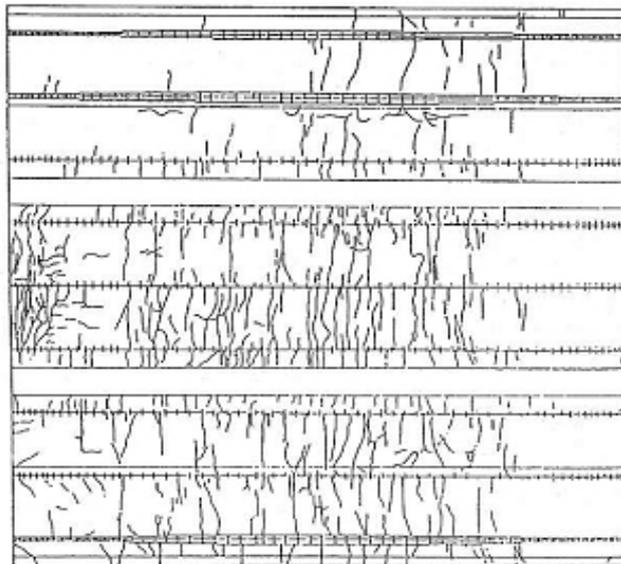


図-2 試験ゲタ床版亀裂発生状態

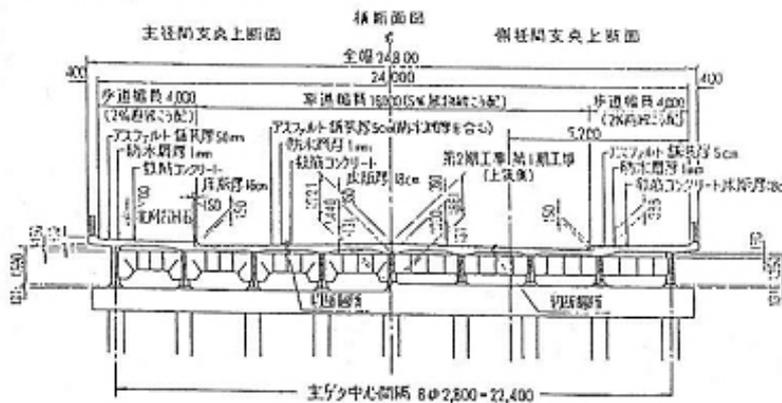


図-1 床版一般図

さらに、3つのブロックに分割された、床版を一つに結合する場合の打盛目の方法であった。しかもこれらの復旧が早急に行なわれなければならなかった。復旧方法は、第1案として床版を全てはつり取り新しいものとする。第2案として床版のクラックに合成樹脂を注入し、その接着作用によって床版コンクリートに一体性を与える方法の2案が考えられた。工期と経済性

からは前者がすぐれているがまずヘアクラックに合成樹

* 構造橋梁部長 ** 橋梁研究室研究員

脂が十分行きわたりうるかどうかということ、果して床版および合成ゲタとして所要の耐力を復旧しうるかどうか問題となった。そこで試験ゲタを用いて合成ゲタの床版として使用に耐えるか否かについて従荷試験を行ない、この結果にもとづいて復旧計画を決定することになった。

3. 試験ゲタ

試験ゲタは、左岸から側溝間ゲタを除いて6連目の落橋したゲタであり図-1の断面図に示す中央のDゲタ3本とした。

3.1 試験ゲタの合成樹脂注入復旧工事

3.1.1 合成樹脂材料

注入材料およびグラウトの機械的性質を表-1, 2に示す。注入材料はヘアクラック用としてとくに粘度を低くしてある。

3.1.2 注入工法

床版のクラック補修のための注入法はつぎの順序にしたがって行なわれた。

- (1) 注入方法は手動式ポンプで注入する。
- (2) 0.1mm以下のヘアクラック注入用パイプを図-3のように接着しクラック全長にわたって気密にする。パイプ間隔は20~30cm毎に配置し、クラックの止端部等には、空気抜き孔、注入完了確認孔を設ける。クラックが大きい場合には、Vカットし、パイプ設置す

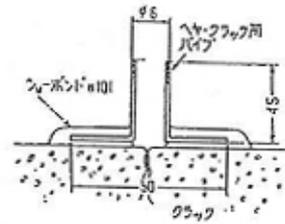


図-3 ヘアクラック注入用パイプ(単位mm)

- る。
- (3) パイプを埋め込み完全密封後24時間以上硬化させた後注入を行なう。
- (4) 注入圧は、クラック幅が圧力で拡がらないようにゆっくり注入し、注入可能最低圧で注意深くゆっくり注入する。ヘアクラックの場合は3~4 kg/cm²で注入する。
- (5) 注入完了後には確認孔によりグラウトSSが十分に充填されたことを確認し、充填を終了する。
- (6) Vカットおよびパイプ埋込箇所など凹凸の大きいところは新たに補修する。

3つのブロックに分割されたゲタの継目は、ゲタ架設後ショーボンド No.202 およびクリートボンド No.3を使用し、古いコンクリートと新しいコンクリートの接着が充分効果的に行なわれるようにする。

3.1.3 工事の結果

表-1 合成樹脂材料

合成樹脂材料	用途	組成	成分
ショーボンド No. 101	クラック密封およびパイプの接着材	エポキシ樹脂 (分子量 355) ポリアミド II (分子量 500~700) 無機充填剤	35% 15 50
ショーボンドグラウト SS	ヘアクラック充填材	エポキシ樹脂 (分子量 355) 第1級ポリアミン 希釈剤促進剤 (アルコール類)	65% 10 25
ショーボンド No. 202	新旧コンクリート接着	エポキシ樹脂 可塑剤希釈剤 無機充填剤 (砥石粉) 硬化剤	50% 10 10 30
クリートボンド No. 3	新旧コンクリート接着	エポキシ樹脂 希釈剤 無機充填材 硬化剤	30% 3 50 7

表-2 グラウト SS の機械的性質

促進剤 添加剤	引断強度 (kg/cm ²)	曲げ強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	引張強度 (kg/cm ²)	弾性係数 (kg/cm ²)
1%	149 (室温)	234	1660	170	2.0×10 ⁴
2	172	328	1660	221	"
3	131	310	1150	228	"
4	139	189	1005	208	"
5	137	178	985	163	"

グラウト SS の浸透力が強く床版の下側から行なった注入が、上側に浸透してきたのを確認できたので、目視による観察により発見できなかった微細なクラックでも浸透したようである。また、床版の打継目の割断もその後特別な変化を見せておらず、一応目的を満足したものと推定される。

4. 載荷試験

4.1 荷重

載荷重は設計活荷重最大曲げモーメントを生ぜしむる荷重を用いることにし、重量を秤量した鋼板をケタの中央点に載荷した。

荷重は図-4 に見るごとく、砂を幅 20 cm、厚さ 7 cm、長さ 600 cm に敷きつめ、荷重が等分布荷重として鋼ゲタに伝わるようにし、その上に鉄板(幅 190 cm、長さ 700~800 cm)を載置した。

参考として D ゲタの最大死荷重・活荷重モーメントを示すつぎのようである。(昭和橋設計変更計算書より)

合成前	$M_{wd1} = 162.683 \text{ t}\cdot\text{m}$
合成後	$M_{wd2} = 41.859 \text{ ''}$
	$M_{pi} = 119.246 \text{ ''}$
	$M_{pi} = 112.873 \text{ ''}$
	$M = 273.978 \text{ t}\cdot\text{m}$

D ゲタ活荷重最大曲げモーメントは 232.119 t・m である。D ゲタ活荷重最大曲げモーメントに相当する載荷方法として、37.508 ton→71.780 ton→105.000 ton の負荷除荷を行なった。この載荷による最大荷重モーメントは 236.600 t・m である。

4.2 計測

たわみとひずみの測定を行なった。たわみの測定は、1/100 mm のダイヤルゲージを用い、ひずみの測定は Contact-Type-Strain-Gauge (Fritz Steager 製) を使用した。

測定箇所は図-4 に示す。なお計測は復旧工事が急がれていたために、十分な体制でなかったため精度は劣る、したがって計測値の精度は劣る。

4.3 たわみ測定結果の検討

たわみの大きさについて、3本ゲタが完全に一体として扱ったとき、そのときの有効幅を 7,200 cm として計算できるとし、慣用計算で計算し実験値と比較した。

4.3.1 D ゲタ 3本を一体の合成ゲタとして考える場合の検討

有効幅を 7,200 cm と鋼ゲタ 3本が一体として扱った

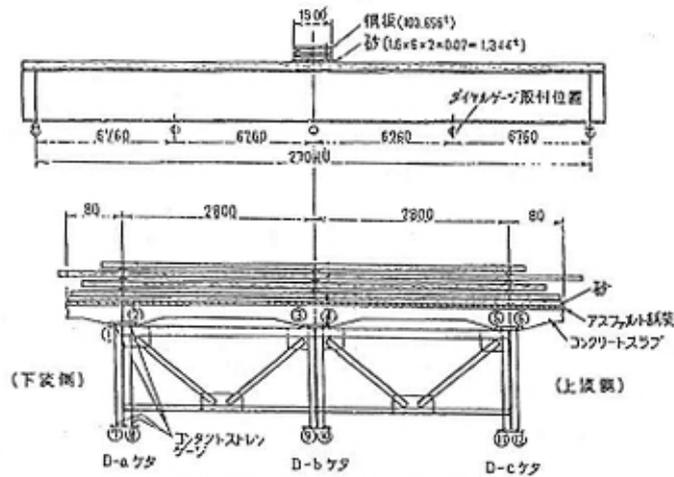


図-4 試験データ概要および測定箇所

く場合の断面 2 次モーメントは、10,792,000 cm⁴ となる。これより最大断面における、最大荷重についてたわみを計算すれば 1.90 cm となる。ゲタが変断面であるから、これを考慮し、最大断面によって計算した値の 10% 増とすれば、2.09 cm になる。実験値は D-a, b, c ゲタのおおのたわみを平均したものとすると 2.49 cm となり、実験値の方が約 0.4 cm 計算値より大きくなっている。ただし、実験値には支点沈下量がいく分は入っている。

4.3.2 おおのたわみについての検討

荷重が床版上で等分布しているものとして慣用計算でのおおのたわみを求めると、中ゲタが 2.23 cm (<2.60[実験値])、耳ゲタが 2.00 cm (<2.42 または 2.45[実験値]) となり、実験値はいずれも 0.15~0.60 cm 程度大きくなっている。

4.4 ひずみ測定から中立軸の変化を求める

中立軸の計算は、コンクリートスラブの有効幅によって異なるので、

- ① 最大断面について、3本ゲタが 7,200 cm の有効幅をもち 1 体として扱ったとした場合
- ② 中ゲタについて有効幅 2800 cm とした場合
- ③ 耳ゲタについて、有効幅を 220 cm とした場合

のおおのたわみについて計算した。中立軸は下フランジ下面から中立軸までの距離 $y_i (= S_i + y_i)$ で表わし、実験値と計算値を図-5 に示す。これらと比較すると、中立軸は計算値より低いところがあり、その差は中ゲタで 13.8 cm、耳ゲタで 15.3 cm 程度である。実験で求めた中立軸から $E_s/E_c = n'$ を逆算する。中立軸が計算値より低下しているため、これを n' の値に逆算してみると中ゲタでは $n' = 12.2$ となり、耳ゲタでは $n' = 12.8$ を得る。設計では、一般に $n = 7$ として計算するが実験値はさらに小さいのが普通であるから、 n' の値がか

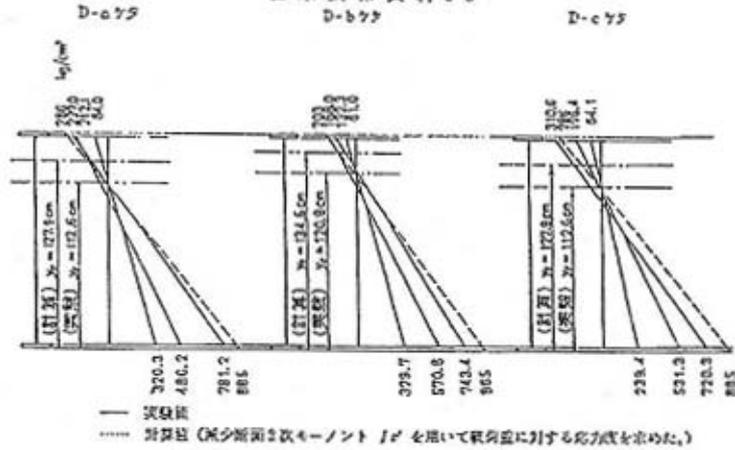


図-5 中立軸応力度の計算値と実験値の比較

なり大きくなったことがわかる。これから E_c は $1.6 \times 10^5 \sim 1.72 \times 10^5$ 程度に減少していることになる。これはクラックを合成樹脂で充填したが合成樹脂の E が小さく、充填が E_c の回復にはあまり効果がなかったものと云えよう。さらに逆算 n' から断面 2 次モーメント I'_0 を計算すると中ゲタでは $I'_0 = 3,316,497 \text{ cm}^4$ で 12.6% の減少であり、耳ゲタでは $I'_0 = 2,994,045 \text{ cm}^4$ で 15.2% の減少となっている。

4.5 逆算断面 2 次モーメントを用いた応力度の検討
試験荷重に対して逆算断面 2 次モーメントを用いた応力計算等の結果を表-3 に示す。低下した断面 2 次モーメントを用いて設計荷重に対する応力度を計算すると表-4 のようになる。これから、たまたま設計に余裕があったので、補修後も一応設計荷重に対しては許容応力内に

	中ゲタ	耳ゲタ
モーメント M (t·m)	237,553	235,553
逆算断面 2 次モーメント (cm ⁴)	3,316,497	2,994,045
逆算した n' ($=E_s/E_c$)	12.2	12.8
鋼ゲタ σ_{st} (kg/cm ²)	865	885
コンクリート σ_{sc} (kg/cm ²)	203	285

表-4 設計荷重に対する応力度 (下フランジ)

	被災前	補修後
合成前設計モーメント (t·m)	162,682	
合成後設計モーメント (t·m)	273,978	
① 合成前設計荷重に対する応力度 (kg/cm ²)	806	806
② 合成後設計荷重に対する応力度 (kg/cm ²)	970	1,000
① + ②	1,776	1,806
許容応力度 σ_{ta} (kg/cm ²)	1,900	1,900

に収まることができたといえる。

表-5 たわみの比較

	Dゲタ 3本が一体としてたわむ場合	123時の断面 2 次モーメントによる場合	補修後減少した断面 2 次モーメントによる場合	実験より求めたたわみ
中ゲタ	2.09	2.23	2.56	2.60
耳ゲタ		2.00	2.37	2.44

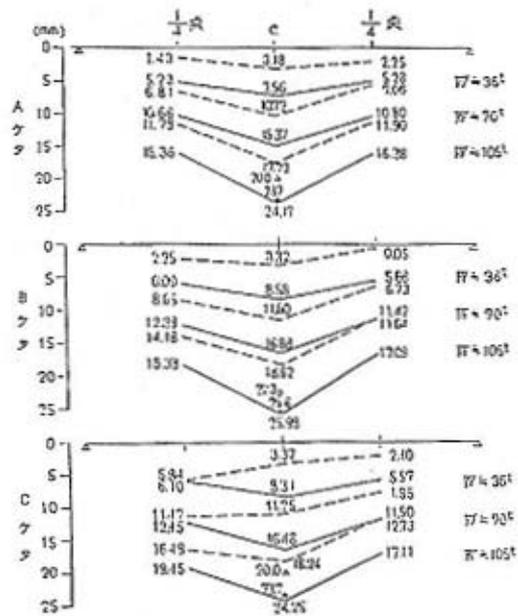


図-6 試験ゲタのたわみ比較

4.6 逆算断面2次モーメントによるたわみの検討

慣用計算で求めた荷重について、逆算断面2次モーメントを用いて、たわみを計算した結果と当初の断面2次モーメントを用いた計算値を表-5に示す。また実験結果との比較を図-6に示す。

5. 結 論

以上の結果から次のように結論した。

- (1) 床版クラックによる合成効果の減少は合成樹脂注入により補修してもなお設計で仮定した断面2次モーメントにより12~16%低下している。
- (2) 今回の試験結果よりみて、供試ゲタよりいちじるしく損傷の床版は取り換えるべきである。
- (3) 元設計の応力度は許容応力度に対して、余裕があったので上記の劣化を考慮しても、今回の復旧工法で、安全と認めうる。
- (4) 他のゲタの補修にあたっては、供試ゲタの補修程度より劣らぬようにすべきである。
- (5) 溶接部・鋼ゲタの補修にあたっては、溶接鋼道路橋示方書の規定にしたがって検査および試験を行なって安全性を確認すべきである。

9. おわりに

今回の復旧工法は、初めてとられた方法であって、貴

重な資料を提供している。床版クラックの合成樹脂注入は床版作用の連続性の補修には効果があるようだが、主ゲタフランジの補修には合成樹脂の弾性係数が低いことから、あまり期待できないとも予想されたので、被褥試験を行なったが、やはり劣化はまぬがれていなかった。たまたま設計応力度に余裕があったためによかったが、新橋の復旧としては、原則として床版打替えが妥当であろう。当初心配した0.2mm以下のヘックラックも、一応合成樹脂注入は可能であるようだが、その充填率は確認していないので、この一例のみで結論はだせない。今後の研究が必要である。今回のように非常に復旧が急がれる場合とか、すでに相当使用されて、耐久年数が少ない場合の既設橋の補修などには有効な方法であることが確認されたのは収穫であった。なお、復旧工法立案にあたっての、新潟県当局ならびに関係各位のご努力には大いに敬服するところである。また、この報告を作成するにあたっての御協力を厚く感謝する。

参 考 文 献

- 1) 土木学会：昭和39年新潟地震震害調査報告

V-114 震災復旧後、20年経過した昭和大橋の耐荷力調査

(新潟県道路維持課長) 高杉 嘉雄
 (維持管理係主任) 上西 健
 (シオボンド建設(株)技術研究所) 正会員 村松 和仁
 () 〇正会員 宗 菜一

1. はじめに

昭和大橋は、東新潟へ西新潟と横断している信濃川に架設された橋長306.5m、全幅員24.8m、12径間の単純活荷重合成桁橋である。昭和39年に完成し供用開始したが、同年6月の新潟地震に際し被害を受けて図-1のように落橋したことは周知のとおりである。当時の調査および復旧報告書によると、落橋した桁は図-2のように主桁3本を1ブロックとして3ブロックに分割して、クレーン船を用いて河岸に運搬し、主桁および床版の補修後に載荷試験を行っている。このときの床版は、落橋の際の衝撃により、微細なひびわれ(0.1~0.2mm程度)が図-3のようにまじり、復旧にエポキシ樹脂注入工法が採用されたことは既報されている。

本報告は、復旧されてから20年経過した昭和大橋の健全度およびエポキシ樹脂注入効果の経年変化等を調査する目的で載荷試験および注入箇所のコア採取による観察等を行った結果の報告である。

2. 調査の概要

調査の対象とする径間は、落橋してエポキシ樹脂注入により補修後、既報の載荷試験を行った径間(以下、スパン6という)と落橋と免れて何ら補修していない径間(以下、スパン7という)とする。

以下に調査項目と概要を示す。

2-1 載荷試験 載荷車(総重量約19ton/台)を用いて床版および主桁の挙動を調べ、スパン6とスパン7の比較を行い、健全度を調査する。なお、床版は主桁 G_4 ~ G_6 間の床版支間中央の鉄筋のひずみとたわみ、主桁は G_4 のひずみ測定を行う。図-4に載荷方法を示す。

2-2 床版コンクリートのコア採取による試験

エポキシ樹脂注入箇所のコアを採取し、目視による注入状況の観察および樹脂注入材の接着力を直接引張試験により、行う。写-1に樹脂注入材の接着力試験状況を示す。

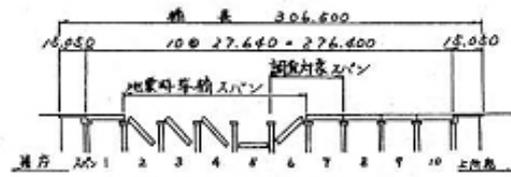


図-1 昭和大橋の落橋状況

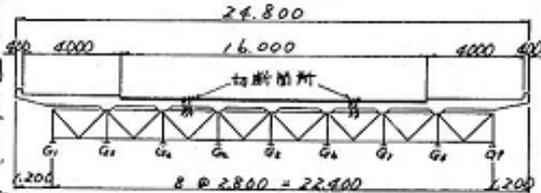


図-2 落橋桁の復旧断面

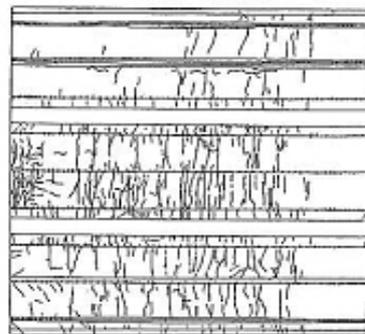


図-3 試験桁の床版のひびわれ状況

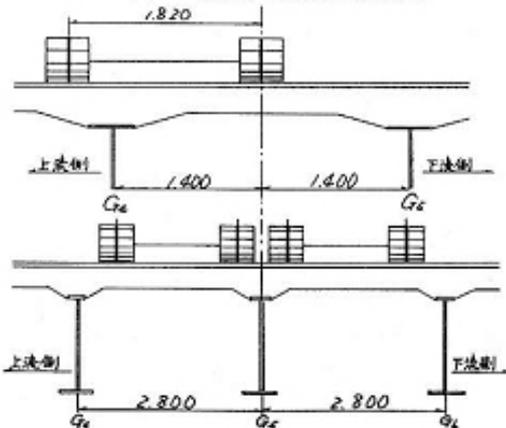


図-4 床版および主桁の載荷方法

3. 調査の結果および考察

3-1 載荷試験 床版の主鉄筋のひずみおよび主桁の下フランジのひずみ状態を図-5および図-6に示した。また、図-7にはスパン中央載荷の場合の合成効果について示した。今回の載荷試験の場合、限られた測定位置と載荷車重量が小さいという条件下ではあるが、床版および主桁の挙動は落橋したスパン6の方が落橋を免れたスパン7より若干剛性が低くなっている。しかしながら、挙動はほぼ同様であり理論計算(床版; FEM解析, 主桁; 格子理論解析)値内に位置しており、特に落橋の影響はみられなかった。さらに、合成効果は十分に確認され、これらの結果より復旧後20年を経過した昭和大橋は健全であると考察された。

また、載荷試験と並行して床版および主桁の外観等の変状調査を行った。その結果、床版については落橋したスパン6の場合、補修後のひびわれの進行はみられず新たに0.02~0.03mm程度の方向性のないひびわれがあるが、これは不活性的な様子であり構造的には問題はないと思われる。また、復旧工事時に分割・打継ぎが施された箇所は、漏水やひびわれ等は認められず、新旧コンクリート床版は完全に一体化して挙動していると考えられる。主桁については、復旧時に断面修整(溶着)された箇所は特に異常はなく部分的に塗装がはがれて腐食がかなり進行しているが、全体的にみて特に構造的には支障をきたしている箇所はみられず、この点からも健全であると考察される。

3-2 床版コンクリートのコア採取による試験 写-2に注入状況を示した。注入状況は非常に良好で目視で確認することが困難な程(0.04mm以下)のひびわれおよび鉄筋の周囲にまで樹脂が確認できた。表-1に樹脂の付着力試験結果を示した。しかしながら、今回の試験方法の場合、純引張区間が短いこと、荷裁の影響等の問題があり、今後はこれらの点と考慮した試験方法の確立が必要であり、現在検討中である。

4. おわりに

今回の調査により、新潟地震で落橋しひびわれ補修とEポキシ樹脂注入による、20年経過した昭和大橋の耐久性・経年変化等の貴重な資料と得ることができた。今後の震災復旧等の参考にされることを希望する。

<参考文献>

①合成樹脂による床版補修例 - 昭和大橋の床版補修 - 夕田安夫, 山本栄史 土木技術資料 Vol.9 No.6 MAY 1967.

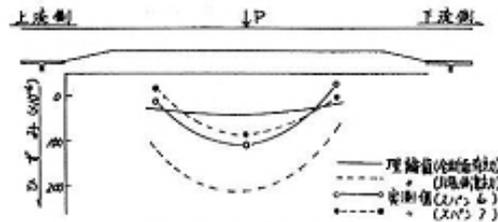


図-5 床版の主鉄筋のひずみ

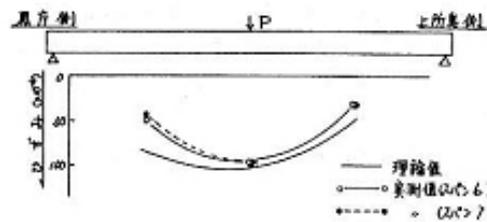


図-6 主桁のひずみ

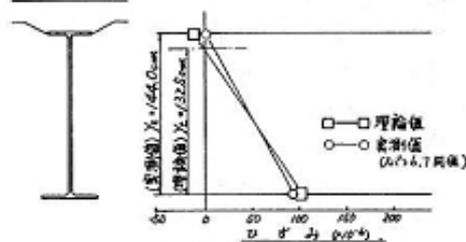


図-7 主桁のひずみと中立軸位置



写-1 樹脂の接着力試験



写-2 樹脂の注入状況

表-1 樹脂の接着力試験結果

ひびわれ幅 (mm)	接着強度 (MPa)	平均接着強度 (MPa)	備 考
0.1	12.9	11.0	噴霧状態で注入時のみ噴霧 ・Eポキシ樹脂MODEL 1125使用 ・貯蔵温度 0.2℃/min.
0.06~0.08	10.6		
0.04~0.07	9.4		

土木学会第52回年次学術講演会(平成9年9月)

VI-278

エポキシ樹脂注入により補修した橋梁床版の30年後の評価

ショーボンド建設 正会員 若菜和之
 新潟県新潟土木事務所 西山 教
 長岡技術科学大学 正会員 丸山久一
 ショーボンド建設 正会員 宇野祐一
 ショーボンド建設 平野宗宏

1. はじめに

今回調査を実施した「昭和大橋」は、信濃川に架設された橋長306.5m、全幅24.8m、12径間の単純活荷重合成桁の橋梁である。昭和39年に完成し供用を開始したが、同年6月に発生した新潟地震により、図1に示す5径間が落橋する被害を受けた。当時の調査および復旧報告書によると、落橋した上部工を図2に示すように、幅員が三等分になるように主桁3本分を1ブロックとして分割して河岸に運搬し、主桁および床版の補修を行っている。

床版には落橋の際の衝撃により、主として橋軸直角方向に幅0.2m程度のひび割れが図3に示すように多数発生していた。これらのひび割れは、エポキシ樹脂を注入する工法により補修が行われている。また、分割された3ブロックの上部工の復元に際しても、継目に新旧コンクリートの接着性を高めるためにエポキシ樹脂が使用されている。

本報告は、床版外観調査、載荷試験、床版コンクリートの採取コアによる各種試験を実施して昭和大橋の現況を把握し、エポキシ樹脂を用いたひび割れ補修の30年経過後の評価を行ったものである。

2. 調査概要

調査を実施した径間は、図1に示す、落橋で床版に発生したひび割れを樹脂注入で補修した「径間A」と、落橋を免れて補修の必要のなかった「径間B」の2径間である。

- (1)床版外観調査 床版下面の外観観察を行い、10年前に行った調査結果¹⁾との比較により、ひび割れなどの進行状況を調査した。
- (2)載荷試験 載荷車(総重量約20tf)を用いて、床版および主桁の挙動を調べ、径間AとB、および解析値との比較を行った。
- (2)床版コンクリートの採取コアによる試験 健全部およびひび割れ注入部よりコアを採取し、外観観察、電子線マイクロアナライザー(EPM)を用いた分析による樹脂注入状況の把握、中性化深さ測定、コンクリート圧縮強度測定、エポキシ樹脂注入材の付着試験を行った。



図1 新潟地震による昭和大橋落橋状況(単位:mm)

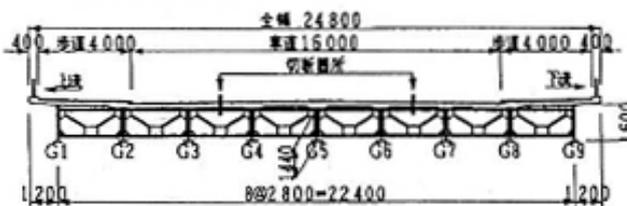


図2 落橋した桁断面および分割位置(単位:mm)

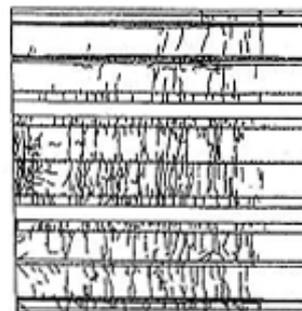


図3 落橋径間Aのひび割れ

キーワード：床版、エポキシ樹脂、ひび割れ注入、震災復旧、昭和大橋

〒101 東京都千代田区神田錦町3-18 ショーボンド建設(株) TEL 03-3292-8105 FAX 03-3292-8155

3. 調査結果および考察

(1)床版外観調査 10年前の調査結果に比べて、径間A、B両方とも、端部に位置する床版に石灰分の付着部分が多少増加しているが、ひび割れの進行や新たな発生は少ない。

また、ひび割れ注入部やコンクリートの打継ぎ部からの漏水は観察されなかった。両径間とも経年劣化は多少あるものの供用には問題のない状態にある。

(2)載荷試験 床版に着目した載荷での主鉄筋発生応力および床版鉛直変位を図4に示す。主桁に着目した載荷での支間中央の桁の発生応力分布を図5に示す。なお、図中の解析値とは、床版載荷の場合はFEM解析、主桁載荷の場合は格子解析にて算出した値である。

床版の主鉄筋発生応力および鉛直変位は、径間Aと径間Bは近い値を示しており、解析値ともほぼ一致している。径間Aの床版は径間Bと同程度の状態にあると考えられる。

主桁の発生応力についても床版と同様に、径間Aと径間Bは近い値を示している。また、解析値ともほぼ一致しており、径間Aは径間Bと同程度の合成桁としての性能を保持していると考えられる。

(2)床版コンクリートの採取コアによる試験 採取コアの外観目視観察では異常は認められなかった。

中性化深さは、健全部から採取したコアに最大5.5mm深さまで進行しているものがあったが、他はほとんど中性化が進行しておらず、コンクリートの品質は良好であると言える。また、注入時のシーリング材が中性化進行を完全に抑止していることが確認できた。

EPMAを用いて、ひび割れ注入部の炭素(樹脂からしか検出されない)の分布を分析した。これより、注入樹脂が骨材界面や複雑なひび割れにも入っていること、ひび割れ周辺のマイクロクラックにも樹脂が浸透していることが確認できた。

コンクリート圧縮強度は平均366kgf/cm²と高い値を示しており、強度的にもコンクリートの品質は良好であると考えられる。

目視観察で樹脂注入が確認された部分を使用して図6に示す付着試験を行った。破壊はひび割れ注入部以外で発生したことから、樹脂の付着力は現在でも発揮されており、良好な状態を保っていると考えられる。

4. おわりに

今回の調査から、落橋により発生したひび割れをエポキシ樹脂注入により補修した径間Aと、落橋を免れて補修していない径間Bは同程度の状況にあることが確認できた。補修後30年経過した現在でも昭和大桥は問題なく供用されており、エポキシ樹脂を用いたひび割れ注入工法はコンクリート構造物の有効な補修手段と評価できると考えている。

【参考文献】1)高杉,上西,村松,宋:震災復旧後,20年経過した昭和大桥の耐荷力調査,第40回年次講演会講演要旨集(5),pp227-228,1985.9

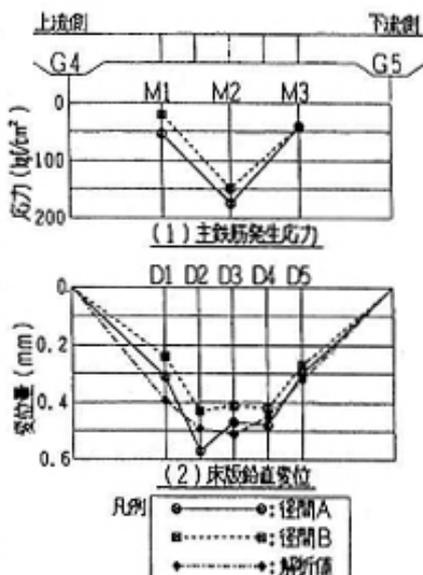


図4 床版載荷時の発生応力と変位

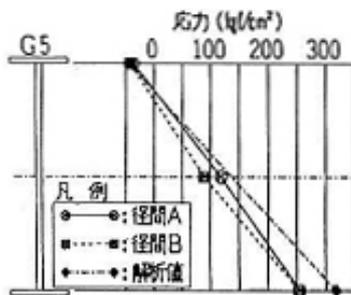


図5 主桁載荷時の発生応力

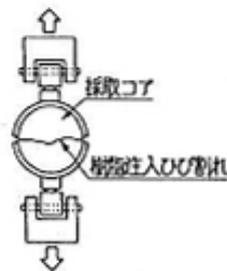


図6 付着試験概要

新潟地震・震災復旧後、40年を経過した『昭和大橋』の追跡調査報告

新潟県新潟土木事務所 上西 健
 長岡技術科学大学 正会員 丸山 久一
 ショーボンド建設株式会社 正会員 宗 栄一

1. はじめに

『昭和大橋』は、1964年（昭和39年）の新潟地震で写真1および図1に示したように落橋という、技術者にとっては大変無念な結果になったが、部材の損傷が軽微であったことから、落橋した径間の部材を補修して再利用している貴重な橋である。

補修方法としては、落橋の衝撃で発生した床版コンクリートのひび割れに当時の新技術・新材料であった「エポキシ樹脂」注入を行う方法を採用している。また、落橋した径間は、図2のように橋軸方向に3分割して架け直した後、分割した部分は再度コンクリートを打設して一体化しているが、その打ち継ぎ部分にも、前述同様に当時新技術・新材料であった「打ち継ぎ用接着剤（エポキシ樹脂）」を使用している。

膨大なコンクリート構造物のストックを有した現在、既存のコンクリート構造物を適切に保全していくことは我々の使命である。その際、より有効で経済的な工法を開発し、適用すべきことは言うまでもないことだが、現実問題として、補修工法の長期的な有効性を実際に確認した事例は非常に少ないのが実態である。幸いにも本橋梁は、補修直後、20年後、30年後と継続的に現場試験・追跡調査が行われ、健全性が確認されている。その結果は土木学会年講、各種の専門誌にも報告されている。

本文は、補修後40年を経過した『昭和大橋』の健全度を把握する目的で、過去と同様の方法にて載荷試験やコア採取による各種調査を行った結果報告である。

2. 調査内容

調査した径間は、図1に示す落橋して補修復旧した径間6と落橋を免れた径間7で、過去と同じ調査を実施して相対比較を行った。

(1) 載荷試験：載荷車（総重量約200KN：写真2参照）を2台用いて、床版および合成桁の挙動を調べ、径間6と径間7の前回の報告値および理論計算値との比較等を行い、健全度（耐荷力）を判定した。



写真1 落橋状況

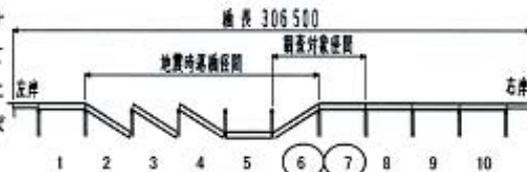


図1 新潟地震による昭和大橋落橋概略

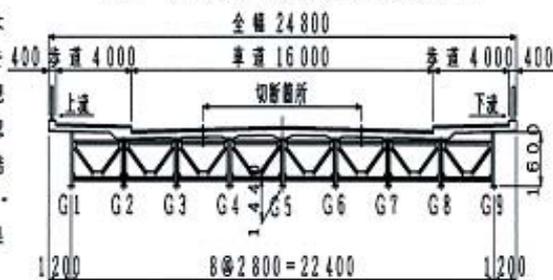


図2 上部工断面図



写真2 主桁載荷試験状況

キーワード：昭和大橋、追跡調査、エポキシ樹脂注入、震災復旧、補修後40年

〒101-8404 東京都千代田区神田錦町3-18 ショーボンド建設株式会社 TEL 03-3292-8104 FAX 03-3292-8154

(2) 床版コンクリートのコア採取による調査・分析：健全全部およびひび割れ樹脂注入部よりコンクリートコアを採取して、中性化深さ、圧縮強度、ひび割れ樹脂注入状況（目視、EPMA）および注入樹脂の付着力を調査した。

(3) 外観調査：床版下面の外観観察を行い、過去の調査結果と比較し、ひび割れ等の変状進行度合いを調査した。

3. 調査結果

(1) 載荷試験：床版の変位は、径間6において変位の増加が見られたが微小な値であり、鉄筋および主析応力（図3、4参照）は、ほぼ一致した値であった。これらの測定値は、前回のデータ（10年前）とほぼ一致した値であることおよび解析値より小さな値であることから、両径間とも合成効果を有しており、健全な状態（耐荷力）を維持していると判断できる。

(2) 床版コンクリートのコア採取による調査・分析：中性化深さは、1.5mm～14.6mmとばらつきはあるが進行は遅く、中性化残りも10mm以上であった。圧縮強度も34.5N/mm²あり、コンクリートは健全と判断できる。

樹脂の注入状況は、目視と写真3に示すようにEPMA分析から骨材周辺や微細な気泡にまで充填されていることが確認された。また、写真4に示すような付着試験を行った結果、樹脂注入部からの破壊はなく、40年経過しても接着耐久性を維持していることが確認された。

(3) 外観調査：張出しおよび歩道下の床版の一部で表面劣化が見られたが、ひび割れ樹脂注入部分やコンクリート打ち継ぎ部分の新たなひび割れや漏水等の変状は確認されず、全体的には前回調査時と同等の外観状況であり、良好な状態を維持していると判断できた。

4. おわりに

今回の調査より、新潟地震で震災復旧後、40年を経過した『昭和大桥』は問題となるような機能低下はなく、ひび割れに注入されたエポキシ樹脂の耐久性が確認でき、健全な状態を維持していると判断できた。

アセットマネジメントが議論され、構造物の耐久性を検討することが必須となり、維持管理が重要視されている。橋梁の現状を点検し、継続的な追跡調査を実施することおよび補修工法の耐久性評価の上で有用な情報を提供して共有することが極めて重要、且つ有意義なことである。本報告が、維持管理の参考になれば幸いである。

【参考文献】1) 多田、山木：合成樹脂による床版補修—昭和大桥の床版補修— 土木技術資料 Vol. 9 No. 5 MAY 1967

2) 高杉、上西、村松、宗：震災復旧後、20年を経過した昭和大桥の耐荷力調査 第40回年次講演会講演概要集(5) p227-228, 1985. 9

3) 若菜、西山、丸山、宇野、平野：エポキシ樹脂注入により補修した橋梁床版の30年後の評価 第52回年次講演会講演概要集(6) p556-557, 1997. 9

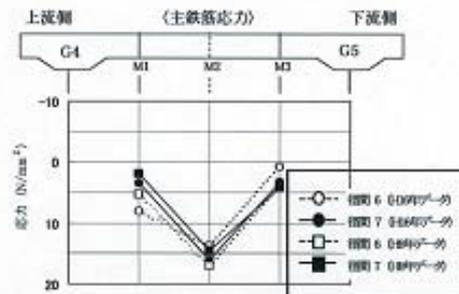


図3 主鉄筋応力度

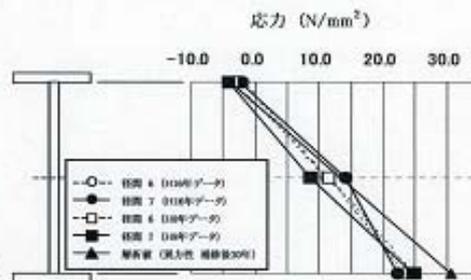


図4 主析応力度

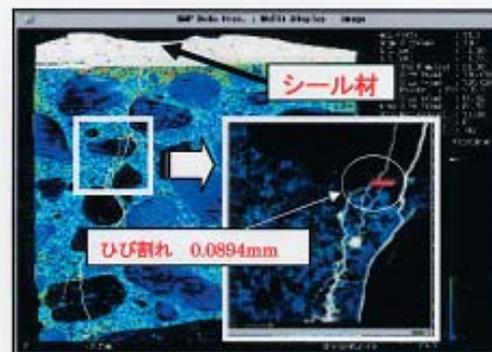


写真3 樹脂注入状況（EPMA）

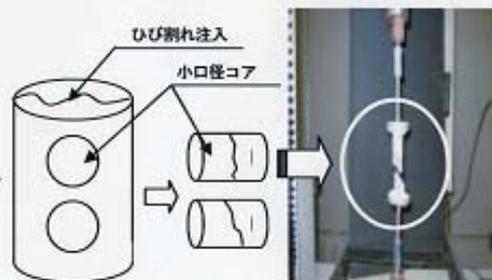


写真4 小口径コア・樹脂注入付着試験状況

新潟地震30周年記念モニュメント

「平成5年度 ふるさとづくり事業」新潟地震30周年記念として
昭和大橋の護岸に建てられている新潟地震記録モニュメント
(設置:新潟県新潟土木事務所)



ショーボンド注入工法による

新潟《昭和大橋》

復旧工事



SHO-BOND CO.,LTD.

●昭和大桥の概略

昭和大桥は、昭和39年5月に新潟市内を流れる信濃川河口に架設された全長 304米、巾24米の近代的な美しい橋で、新潟市の東西を結ぶ産業、交通の重要路となっております。

●新潟大地震による災害

昭和大桥の完成後一ヶ月たった6月16日、新潟地方を襲ったマグネチュード 7.7という、関東大震災にも匹敵する大地震のため、全長 304米（12桁）のうち 138米（5桁）が河中に傾斜落下してしまいました。

●床版の被害状況

ただちに厳重な検査を行ない、落下した床版1桁当り（長さ27米、巾24米）に平均 500米に及ぶ無数のヘアークラックが発生し、そのまま再架設しても使用不可能であるという結論に達しました。

●復元への対策

関係当局では、落下した床版を新設するか、あるいはヘアークラックを補修して再架設するかについて、工期・工費・強度・耐久力などの諸点を十分に検討したのち、（株）ショーボンドのクラック注入剤〈ショーボンドグラウトSS〉による注入補修工法をとり上げ、実際に注入した後にテストを行なうことになりました。

●実証された性能

8月28日より9月9日にかけて注入施工した床版を、9月20日に関係者多数の立ち合いのもとに厳重なテストが行なわれ、その結果〈ショーボンドグラウトSS〉の優秀な性能が完全に立証されました。そして（株）ショーボンドの工法が全面的に採用されることになりました。

●迅速で完璧な工事

工事は昭和39年10月1日より22日間にわたって施工され、落下した床版5枚（全長 135米）のヘアークラック（延長2427米）のすべてを完全に補修し、更に数日後には全床版の架設工事も完了しました。

●むすび

ここに（株）ショーボンドでは、昭和大桥復旧工事のあらましを編集し、皆様のご参考に供する次第です。

そして、今後ますますショーボンド諸製品ならびに新工法の研究開発に努力し、我が国の土木建築業界の一翼を担っていく所存です。

目 次

まえがき
床版テスト施工 1
工 事 概 要 2～3
ショーボンドグラウトSSの性能 3
ショーボンド# 101の性能 3
ショーボンド# 202の性能 3
床版のクラック補修（カラー写真） 4～7
橋台のクラック補修 8
橋梁におけるショーボンド製品の使用個数 9

床版テスト施工

施工期間…… 8月28日(金)～9月9日(水)

載荷試験日… 9月20日(日)

立会者……… 県庁橋梁課及昭和大橋工事担当者、
県土木出張所、宮地鉄工工事担当者
建設省土木研究所橋梁研究室

落下した5桁のうちの1桁を3分割し、その真中の部分を試験桁とする。本施工と同じく、床版のヘアークラック部をVカットする。ショーボンド# 101を充填し、座金付パイプを約30cm間隔に接着する。

24時間後にショーボンドグラウトSSを床版クラックに注入する。
(延 210m)

9月20日、鋼材を一枚づつクレーンにて積載していき、実荷重(推定)まで載荷する。

載荷重量 105 t ヒズミ計にて測定するも床版異常なし

テスト施工に合格 本施工に採用決定する。

テストの工程

工種	月日	8/28	29	30	31	9/1	2	3	4	5	6	7	8	9/20
ハツリ(Vカット)		←	←	←	←	←								
ショーボンド # 101 充填					←	←	←	←						
パイプ設置					←	←	←	←						
ショーボンドグラウトSS注入							←	←	←	←	←	←	←	
仕上げ												←	←	
荷重テスト														■



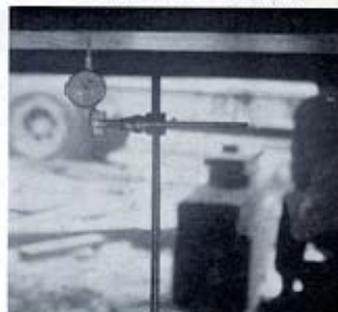
1 手動式ポンプによるショーボンドグラウトSSの注入



2 床版下部より上部舗装までのクラック細部にわたる注入圧力試験(舗装アスファルトを押し上げている)



3 鋼材を積み重ね荷重テスト実施中(105 t まで載荷)

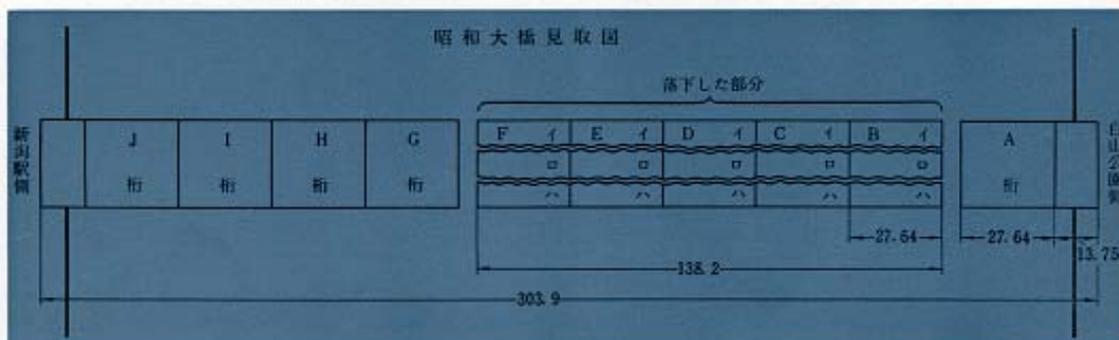


4 桁下にヒズミ計をセット荷重テストを実施中

工 事 概 要

- 落下した床版（長さ27m、巾24m、厚み23cm、舗装厚5cm）5桁を一旦岸に運んで補修するのに、運搬の都合上縦に3分割し、それぞれのクラック（総延長2427m）全部に〈ショーボンドグラウトSS〉を注入補修した。
- クラックは0.1%~0.2%位のヘアークラックであった。
- 〈ショーボンドグラウトSS〉の注入後、3分割された床版を架設し、打ち継ぎ・かさ上げ用接着剤〈ショーボンド#202〉によって、コンクリートを打設し、再び一体の床版とした。

工 期	自昭和39年10月1日	} 22日間		
	至昭和39年10月22日			
施工箇所	B桁	イ、ロ、ハ	クラック延	432m
	C桁	イ、ロ、ハ	"	496m
	D桁	イ、ロ、ハ	"	597m
	E桁	イ、ロ	"	402m
	F桁	イ、ロ、ハ	"	500m
合計				2,427m



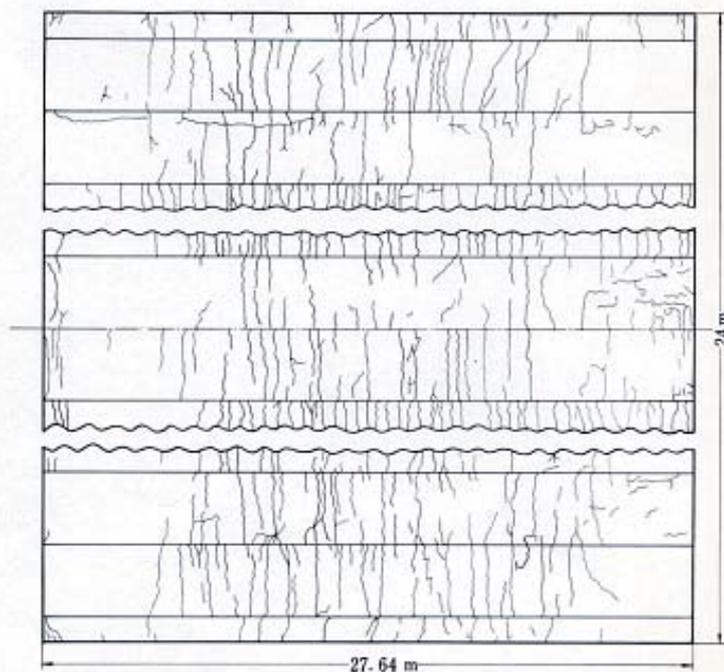
注入の工程

- ① クラックの測定
- ② クラック表面のハズリ (Vカット)
- ③ 注入パイプ設置
- ④ ショーボンド#101の充填
- ⑤ グラウトSSの注入
- ⑥ 仕上げ

打ち継ぎの工程

- ① 鉄筋の伸ばし
- ② ケレン (塗布面の表面処理)
- ③ ショーボンド#202の塗布
- ④ コンクリート打設

コンクリート床版亀裂図 (D桁)

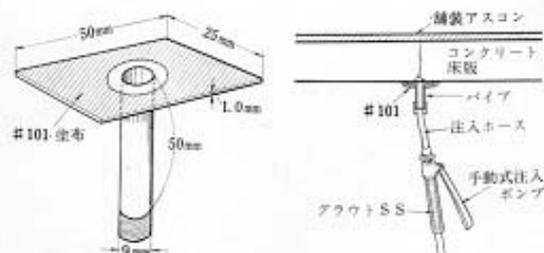


●クラックのハズリ (Vカット)

無数のクラックの上にチョークで線を引き、また30cm間隔にパイプ設置箇所を決めて印をつけた。次に目じるしの上を巾3cm、深さ3cmにVカットしていった。この場合、パイプ設置箇所は座金付パイプを設置するため、またクラックの目をつぶさないために3cm×6cmを残した。ハズった後のVカットは、丸形ワイヤブラシで塵埃を取除いた。

●ショーボンド# 101の充填及びパイプの設置

Vカットにハズった部分は、金ペラにてショーボンド# 101を充填した。パイプの設置は下左図のように座金にショーボンド# 101を塗って、クラックがふさがらないように注意して圧着した。



●ショーボンドグラウトSSの注入

ヘアークラックのため、床版及び舗装アスコンを傷めないように、むしろ注入量の少ない手動式ポンプを使用した。1回の量は200g位ずつ注入した(上右図)。また工期の短縮のために、3%の硬化促進剤を使用した。

注入器の中に残るグラウト剤は、4時間位で硬化してしまうため、ショーボンドシンナーNo.1でたびたび洗浄した。

●注入後の仕上げ

注入後養生期間を3日間程おいて、パイプをハンマーでたたいてとった。とった後は表面が平になるように、再びショーボンド# 101を充填した。これで注入工事は完了し、床版は再架設された。

●床版を再架設した後の打ち継ぎの準備

床版を3分割する際、床版中の鉄筋は折り曲げられていたので、すべてそれは伸ばされた。3分割された床版どうしの間隔は約1mもあるので、上部に角材を敷き、その角材から針金で底の型枠を釣り、コンクリートを打ち込めるようにした。また打ち継ぎ面の表面処理は、ワイヤブラシで充分に塵埃をとり除いた。

●ショーボンド# 202の塗布及びコンクリート打設

ショーボンド# 202を定められた配合比で混合攪拌し、可使用時間内に床版の打ち継ぎ面にハケで塗布した。

打設コンクリートは、ショーボンド# 202の塗布作業中に留意し、塗布後すばやく打設した。

ショーボンドグラウトSSの性能

●用途 0.5%以下のヘアークラック

性状価格	主成分	形状	配合比	比重	10kg罐価格
	エポキシ樹脂	液状	2:1	1.16	¥13,000

(硬化促進剤1~5%添加)

●積算	ショーボンド	単位	0.001m ³ (1ℓ)	1m ³
		グラウトSS	使用量	1.16kg
		金額	¥1,508	¥1,508,000

●可使用時間 (気温20°C)	硬化促進剤添加	粘 度	可使用時間
	0	420 cps	36時間
1%	390 cps	6時間	
3%	360 cps	4時間	
5%	340 cps	2時間	

●注入機 手動式(1回500g)、足踏式(1時間10~20kg)、電動式(1時間200kg以上)、があります
クラックの大小、注入量により使い分けます。

ショーボンド# 101の性能

●用途 コンクリート同志・ヒューム管・パイロなどの接着、開渠・暗渠 堤防・貯水槽などのクラック充填

性状価格	主成分	形状	配合比	比重	10kg罐価格
	エポキシ樹脂	パテ状	7:3	1.55	¥8,500

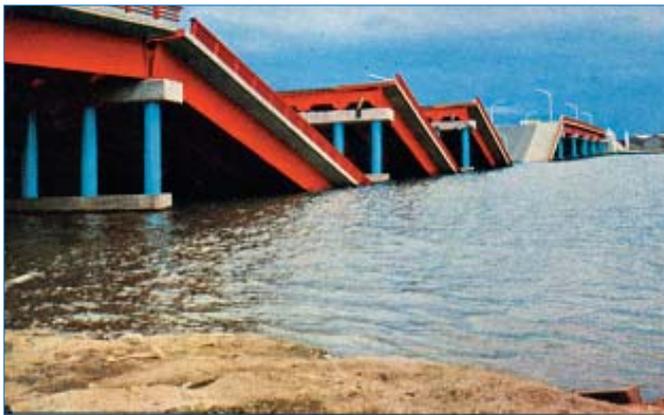
●積算	塗布使用量	1.55kg/m ² (1%厚)	¥1,162
	充填使用量	1.55kg/ℓ	

ショーボンド# 202の性能

●用途 新旧コンクリートの打ち継ぎ・かさ上げ

性状価格	主成分	形状	配合比	比重	10kg罐価格
	エポキシ樹脂	液状	1:1	1.2	¥10,000

●積算 (1m ² 当り)	コンクリート面	塗布厚	使用量	金額
	平滑面	0.3%	0.4kg	¥400
	粗面	0.5%	0.6kg	¥600



1 落下した橋桁

右側から1、2、3番目の桁は左に傾斜して落下している。4番目は水平に落ち、5番目は反対に右に傾斜して落ちた。この衝撃により、落下したコンクリート床版には、無数のヘアークラックが発生した。



2 河岸に運ばれた橋桁

落下した橋桁の上部構造は、全死荷重 540 t もある。そのままでは運搬できないので、コンクリートブレーカーで橋桁の中を3等分し、能力 200 t のクレーン船で陸揚げした。ショーボンド注入工事は陸揚げされた床版に行った。



3 ハツリ作業

床版に発生した亀裂は、いずれも0.1%から0.2%までのヘアークラックである。

(総延長2427m、1枚当たり約500m)

まず、クラック線上を巾3cm、深さ3cmにVカットする。この際、30cmおきに庫金付注入パイプを設置する部分は約6cm程残した。ハツリ作業は、ヘアークラックの目が潰れぬようハンマーと鑿を使用した。



4 ショーボンド #101の混合攪拌

ハツリ終わったクラック目地を充填し、また庫金付注入パイプを接着するために、《ショーボンド #101》を使用し接着する。《ショーボンド #101》はこの場合多量に混合攪拌するので、写真のような攪拌機を用いた。

※注入剤《ショーボンドクラウトSS》も、同様の混合攪拌機を使用した。

5 注入パイプの設置

さきにハツリ作業のときに残した部分に、注入パイプを設置する。注入パイプはパイプの一端に長方形の座金を取り付けたもので、座金の部分に《ショーボンド #101》を塗って、クラックの中心がパイプの中心と一致するように接着する。クラックの状態にもよるが、この場合30 cm 間隔で設置した。（3頁図参照）



6 クラック目地の充填

《ショーボンドグラウトSS》の注入圧による流出を防ぐため、ハツリ終った目地を塞がなければならない。それにはパイプ設置に使ったのと同じ《ショーボンド #101》を使用して充填する。《ショーボンド #101》は高性能の接着剤で、硬化時間も短く、パテ状であるため、このような天井面や側面の充填には最適である。



7 充填完了

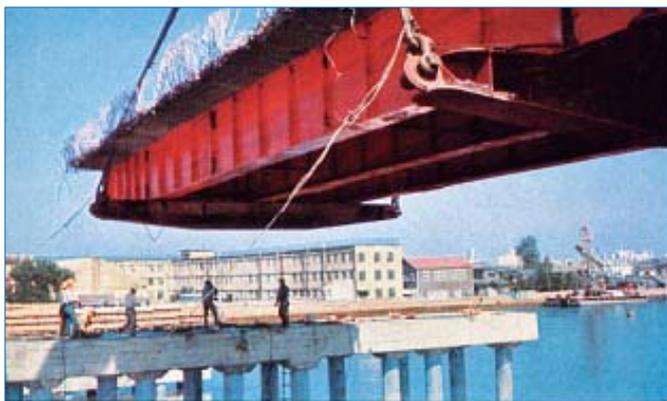
《ショーボンド #101》の充填を完了し、常温で約3日養生期間をおいた。埋め込まれた無数の注入パイプがクラックに沿って林立している。一桁当り延にして約500 mに及ぶクラックであるが、こうして見るとクラックの状態と、当時の衝撃の大きさが容易に想像できる。



8 ショーボンドグラウトSSの注入

ヘアークラックのため、高圧の注入機は使えない。それに1回の注入量は約200gであるから手動式ポンプを使った。《ショーボンドグラウトSS》の混合攪拌も、可使時間とにらみ合せて適量づつ行なって施工した。注入後3日間養生し、パイプをカットして、その部分をさらに《ショーボンド #101》で充填した。これでクラックの注入工事は完了した。





9 ふたたび架設現場へ

クラックの補修を終った重量 180t にも及ぶ橋桁は、再びクレーン船で運ばれ、橋脚の上に静かに据付けられた。〈ショーボンドグラウト工法〉は、運搬時のヒズミやショックにも何等の異状も示さなかった。



10 クラック補修のあと

架設中の橋桁を下から見た写真である。コンクリート部に黒く見えるのが、〈ショーボンドグラウトSS〉によるクラック補修のあとである。〈ショーボンドグラウトSS〉の強力な接着力と優れた物理的性質は、みごとにこの注入工事を成功させ、橋桁を復元している。



11 再架設された橋桁

クレーン船から吊り下げられた橋桁は、次々と注意深く復元されていく。この写真はすでに架設されたものであるが、切断するときに折り曲げられた鉄筋で、3分割のあとを知ることができる。



12 鉄筋をのばし、打ち継ぎの準備

3分割のとき折り曲げた鉄筋を元のようにはばし、コンクリートを打設しなければならない。次にコンクリートの型枠を作る。下部の型枠は、上部に並べられた角材より針金で釣り下げ固定する。

13 〈ショーボンド #202〉による打ち継ぎ

型枠の固定が終ると〈ショーボンド #202〉を打ち継ぎ面に塗布する。〈ショーボンド #202〉は、エポキシ樹脂を主成分とした、二液性のコンクリート打ち継ぎ・かさ上げ用の接着剤である。その性質は最高の接着力と物理的強度を誇り、土木業界で大変需要度の高い製品である。



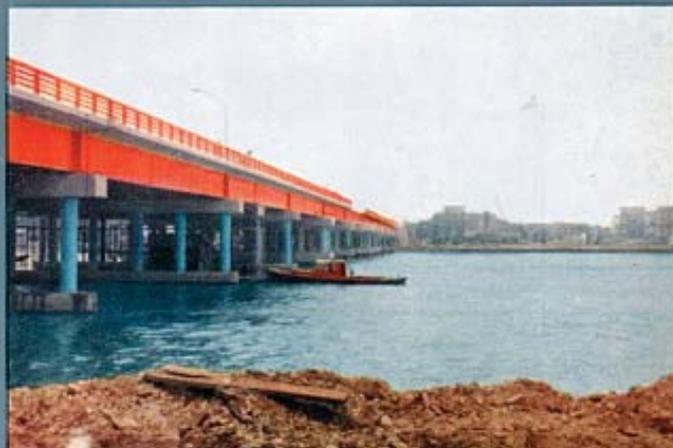
14 コンクリートの打設

〈ショーボンド #202〉の塗布後、その打設有効時間内にコンクリートを打ち込む。そして充分養生の後、型枠を撤去した。さらにその上に5cmの厚さにアスファルトを舗装して、旧床版と同じ高さとなるように施工した。



15 完成近し

注入、打ち継ぎも完了し、次々に据えつけられた橋桁は、次第にその全容を表わしていく。完成近い昭和大橋



16 完成

舗装も済み、復元された昭和大橋は、新設のときとまったく同じ姿で完成し、いたましい災害の跡は窺うことはできない。



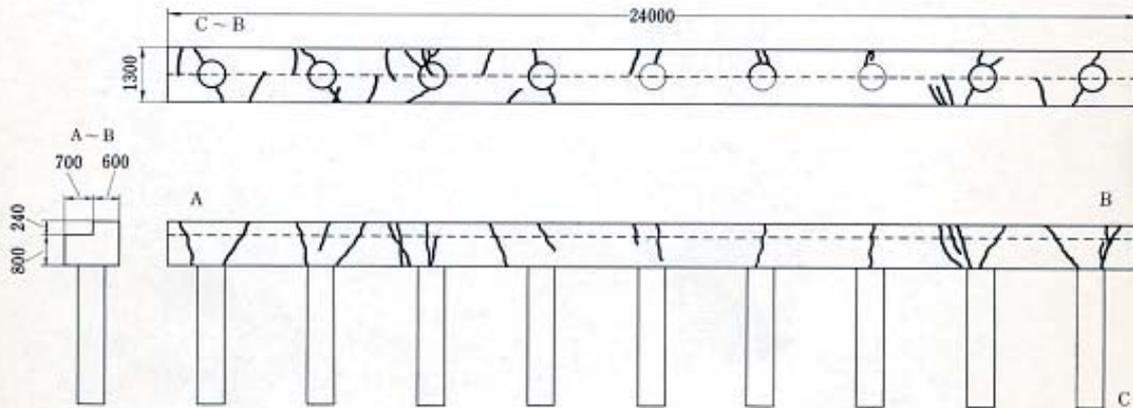
橋台の ショーボンド グラウトSS による補修

落下した桁の橋台は、使用に耐えないため新設されたが、白山公園側の岸壁に近い桁を支える橋台2本は、ショーボンドによって補修された。

注入剤には、床版と同じく《ショーボンドグラウトSS》を注入したが、クラックが1~10%程度の大きなものなので、注入機は床版と異なり足踏式ポンプ（多量に注入できる）を使用し、パイプも座金のつかないパイプで注入補修した。

床版のみでなく、橋台のように非常に大きな荷重の掛るものも《ショーボンドグラウト》によって完全に復旧されている。

橋台亀裂補修図



1 橋台部のクラックをハズル



2 Vカットしたクラックにパイプをセット
ショーボンド# 101を充填

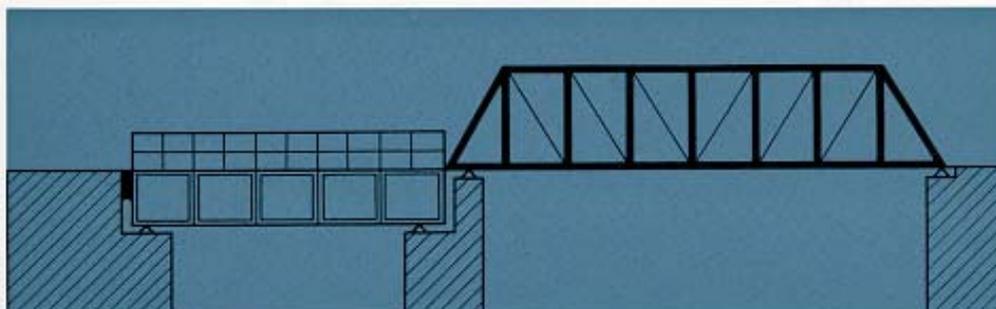


3 足踏式ポンプを使用しショーボンドグラウトSSを注入する



4 橋台のクラックと注入の状態

橋梁におけるショーボンド製品の使用個処



工法	使用個所	製品名	適要
接 着 工 法	床版目地の接着	ショーボンドフレックス	弾性に富む接着剤
	P、C板相互の接着	ショーボンド # 101	一般的な接着、充填剤
	鋼桁と床版との接着 (鋼桁にジベルをつけずに直接P、C板と接着し、プレハブ式) に橋梁を製作する新しい合成桁工法です。	ショーボンド #FC	金属とコンクリートの接着剤
	アンカーボルトの埋込	ショーボンド #FC ショーボンドアンカー	硝子容器に入った接着剤
	高欄の埋込	ショーボンド #FC ショーボンドアンカー	
	分離帯及びコマ止めの接着	ショーボンド # 101	
舗 装 工 法	橋面・歩道の薄層舗装……………S・Bアスコン (S・Bアスコンは、強靱で舗装厚も薄くてすみ、耐衝撃性、耐摩耗性、ノンスキッド性に富み、その上、防水性、防蝕性にも優れています。強度と軽量化を要求される橋梁鋼床版の薄層舗装には最適です。)		
伸 縮 目 地 工 法	ショーボンド伸縮目地工法……………S・Bモルタル、合成ゴム板 (伸縮目地材としての合成ゴム板を、コンクリート床版にS・Bモルタルで接着固定させる画期的な工法です。その耐久性、伸縮性、簡単な構造、経済性は従来の鉄板伸縮継手をはるかに上回っています。)		
塗 装 工 法	トラスの塗装	ショーボンドライナー	エポキシ樹脂を主成分とした防錆、防蝕、耐摩耗塗料
	鋼桁の塗装	ショーボンドライナー	
	鋼管ピアの塗装	ショーボンドライナー	
	高欄の塗装	ショーボンドライナー	
補 修 工 法	橋台、ピア、床版のクラック補修	ショーボンドグラウト	クラックに注入して複元するエポキシ樹脂グラウト剤
	橋台、ピア、床版の拡巾	ショーボンド # 202	新旧コンクリートの接着剤
	橋台、ピアのつなぎ鉄筋	ショーボンド #FC ショーボンドアンカー	

ショーボンド注入工法による

新潟〈昭和大橋〉

復旧工事

株式会社 ショーボンド

本社	東京都千代田区神田小川町2の1(本村ビル)	TEL. (201)9431-2(291)9470
東京営業所	"	TEL. (291)1230 (201)6933-4・7886
大阪営業所	大阪市天王寺区大造3の123(石橋ビル)	TEL. (716)8030(771)3693
名古屋営業所	名古屋市中区御幸本町通り3の6(本三ビル)	TEL. (20)2676・5832
横浜営業所	横浜市中区弁天通り3の41(森富ビル)	TEL. (20)4009
神戸営業所	神戸市生田区古湊通り2の6	TEL. (34)2005
福岡営業所	福岡市蓮池町26(善導ビル)	TEL. (3)1194・0745・1951
札幌営業所	札幌市北三条東5丁目(岩佐ビル)	TEL. (26)9442(22)0171
仙台営業所	仙台市二本杉通り29	TEL. (23)9264
高松営業所	高松市西の丸町14の1(豊和ビル)	TEL. (2)0819
静岡営業所	静岡市横田町3の21	TEL. (54)2850(53)3091
広島営業所	広島市橋本町2(繩手ビル)	TEL. (21)1196
新潟営業所	新潟市雪町2043	TEL. (3)6008
富山営業所	富山市総曲輪丸の内318(中林ビル)	TEL. (2)9805
川口工場	川口市青木町2の638	TEL. (51)2592~3
四日市工場	四日市市萬古町3番18	TEL. (2)9693(3)0316

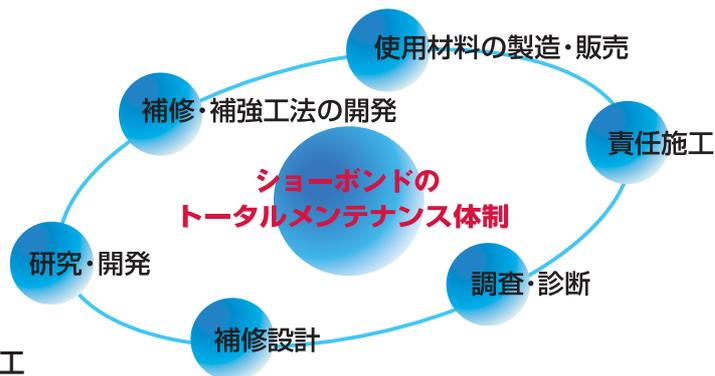
6. 会社案内

補修・補強のパイオニア ショーボンド建設

当社は、長年にわたり構造物の補修・補強に関する業務を専門に行ってきました。

その間に蓄積された豊富な経験とノウハウに基づき、補修材料の製造から調査・診断、責任施工までのトータルメンテナンス体制を築き上げ、「補修・補強のパイオニア」として全国に経験豊富な技術者を配置し、調査から施工までの体制を整えています。

さらに、筑波学園都市にある補修工学研究所では、材料から工法までの補修・補強に関する研究開発を続けております。



補修工学研究所

茨城県つくば市にある補修工学研究所では、エポキシ樹脂などの化学材料から土木技術まで、多岐にわたる研究開発が行われています。

今回(40年後)の追跡調査で使用された電子線マイクロアナライザー(EPMA)をはじめ、付着試験や圧縮試験、疲労耐久性の検証などに使用する各種試験装置が設置されています。



補修工学研究所正門



全景



40年後の追跡調査でも、コンクリートコアの分析に活躍した電子線マイクロアナライザー(EPMA)



橋梁床版などの疲労耐久性を検証する移動荷重試験機

SHO-BOND

新潟 昭和大橋の40年

昭和39年6月新潟地震により落橋した新潟・昭和大橋。
国内で初めてエポキシ樹脂を用いた復旧工事完了後40年を経た今、その性能を検証する。

ショーボンド建設株式会社

〒103-0015 東京都中央区日本橋箱崎町7-8 TEL.03(6861)8101(代表)

<http://www.sho-bond.co.jp>

★品質改良のため、製品規格の一部を変更する場合がありますので、ご了承ください。

●取扱い営業所

H-19

2010年1月版