

1.1. 維持管理

取りまとめ：井ヶ瀬良則（西日本高速道路株式会社）

論文題目：“特殊アクリル樹脂の損傷コンクリート補修効果に関する基礎的実験”著者：足立国明，香月智，福井秀平
掲載：Vol. 55A, pp. 815-824, 2009年3月

◆討議 [伊藤義人 (名古屋大学大学院)]

1. 特殊アクリル樹脂のひずみ速度効果はどれほどでしょうか。引張試験はひずみ速度があるままの応力ひずみ曲線でしょうか。
2. 特殊アクリル樹脂で補修した部材のひずみ速度依存性がありますか。

◆回答：

1. 残念ながら，静的試験での材料試験結果だけしか得られておりません。よって，明確な回答をする根拠を持ち合わせません。引張試験は，静的で引張ましたが，その中のひずみ速度効果は，存在すると推定されます。
2. あるものと推定されます。ただし，本研究の範囲でその多寡を論ずるものは得られておりません。

◆討議 [栗橋裕介 (室蘭工業大学)]

特殊アクリル樹脂の温度依存性について教えてください。

◆回答：温度依存性は，高いと思われませんが，現在のところ定量的なデータを持ち合わせておりません。

論文題目：“炭素繊維シートとCFアンカーを用いた耐震補強工法におけるCFアンカーの埋込部の定着耐力”著者：池谷純一，塚越英夫
掲載：Vol. 55A, pp. 825-832, 2009年3月

◆討議 [北根安雄 (名古屋大学)]

CFアンカーの挿入用棒は挿入後どうするのでしょうか。挿入用棒を使用しないで，挿入部のみを先に硬化させて挿入することはできないのでしょうか。

◆回答：挿入用棒は埋め殺しとします。挿入部のみ先に硬化させて挿入することは施工上は可能ですが，あらかじめ硬化させた挿入部と，後から樹脂を含浸させる扇部との境界に樹脂未含浸部が生じて弱点となるため，実施工には使えません。

論文題目：“鉄筋腐食させたRC梁の非破壊検査に基づく残存曲げ耐力算定に関する基礎的研究”著者：黒田一郎，村上将也，山本佳士，古屋信明
掲載：Vol. 55A, pp. 833-841, 2009年3月

◆討議 [栗橋裕介 (室蘭工業大学)]

曲げ耐力は，鉄筋が最も細くなった部分の径を用いて算出しているのでしょうか。

◆回答：載荷時の曲げモーメントが最も大きくなる等曲げ区間内で鉄筋が最も細くなった部分の径を用いて曲げ耐力を算定しています。ただし，論文中でも説明しているように，非破壊検査，破壊検査ともに，鉄筋径を連続的に把握した訳ではなく，当該区間で50mm間隔で得られた鉄筋径情報の中から，最も径が小さいものを選んでいきます。

◆討議 [水口和彦 (日本大学)]

超音波伝播速度で計測する際に，計測方法に何か条件があるのでしょうか。

◆回答：本研究独自の測定方法や条件は設定いたしておりませんが，鉄筋腐食による変状部位と，超音波の伝播経路が適切に対応している必要がありますので，探触子の設置位置については慎重に検討いたしました。詳細は本論文の2.3節の(1)を参照下さい。

◆討議 [松田耕作 (㈱四国総合研究所)]

1. 鉄筋が腐食して断面が減少することとコンクリート内の超音波速度の低下とは直接のつながりはないと思いますが，鉄筋の腐食によりコンクリートにひびわれが発生し劣化することが超音波速度の低下を招くという関係を利用しているという理解で良いでしょうか。
2. 腐食鉄筋の径をノギスで測る前に，錆は除去したのでしょうか。

◆回答：1. 御指摘の通りです。腐食した鉄筋の膨張圧によって周りのコンクリートが劣化し，それが超音波伝播特性に影響を及ぼすことを利用して，鉄筋の腐食状況を把握しようとするものです。
2. クエン酸一水素二アンモニウム溶液を用いて錆を除去した後に，ノギスによる計測を行ないました。

論文題目：“劣化損傷した既設橋梁の残存耐荷性能の評価に関する基礎的研究”

著者：園田佳巨，大曲正紘

掲載：Vol. 55A, pp. 842-850, 2009年3月

◆討議 [香月智 (防衛大学校)]

モニタリングによる対策もしくは対応へと拡張される可能性はあるでしょうか。

◆回答：今回の論文は、著しい劣化であっても進行が停滞している場合には、力学的条件（例えば、支間が小さく耐荷性に余裕があると思われる）を鑑みて対処することも可能であることを示すために行った耐荷調査の内容をまとめたものです。

今回の構造の場合、使用骨材に問題があるため、抜本的な対策を行わなければ簡易な補修では再発することが容易に予想され、適切な時期を選んで全面補修を行う必要があります。

従いまして、モニタリング（常時）でなく、補修時期を決めるため（言い換えれば、そのまま放置した場合の安全性を把握するため）の定期的な応力頻度測定は検討しております。

◆討議 [栗橋裕介 (室蘭工業大学)]

1. 現地では鉄筋の付着は確保されていたのでしょうか。ひずみの値が小さいのは付着切れの影響ではないでしょうか。

2. 橋梁の劣化要因として疲労や押し抜きせん断など、有効高さの範囲におけるコンクリートの劣化は見られなかったのでしょうか。

◆回答：1. 鉄筋の付着状況について特別に調べておりませんが、床版コンクリートと鉄筋の完全付着を仮定した数値解析（動的応答解析）と実測ひずみの比較から、付着切れが生じているとは考えておりません。

2. 今回の対象構造は、床版下面の全面で一様に剥離が認められ、力学的な要因で発生したとは到底考えられません。従いまして、使用骨材に問題があったと考えております。

論文題目：“信頼性理論に基づくラジアルゲートの維持管理基準に関する検討”

著者：中村秀治，塩竈裕三，木村哲也

掲載：Vol. 55A, pp. 851-860, 2009年3月

◆討議 [香月智 (防衛大学校)]

目標信頼性指標 β_t から安全率を求めるときの手法につ

いて、確認させていただきたいのですが、既往研究によりますと、信頼性指標 β は、抵抗値と荷重の両者のばらつき特性に依存して決定されます。よって、目標信頼性指標を設定したのちに、目標信頼性指標に対応できるように、簡易設計式に現れる安全係数（安全率）を求めるには、抵抗値と荷重の両者のばらつき、もしくは不確定性特性が反映されたものとなります。

本研究では、この点について、どのようにお考えでしょうか。現状もしくは将来構想でも結構ですので、教えてください。

◆回答：安全係数の設定には抵抗側と荷重側双方のばらつきを考慮する必要があると考えます。

抵抗側としては、材料の強度、部材として耐荷力のばらつきが主たるものだと考えます。本論では、許容応力度設計法に準じた安全係数の設定を意図していたことから、材料強度のばらつきを抵抗側のばらつきとして扱っています。また、材料強度は経年劣化せず、不変のものとして取り扱っており、実用上問題ないと考えています。製作・施工時の不整、腐食のような劣化による断面性能の変化などに伴う耐荷力のばらつきについては今後取り込んでいく必要はあると考えています。

一方、荷重側としては、荷重そのもの、荷重から荷重効果に換算する際の解析によるばらつきが主たるものだと考えます。本論では解析によるばらつきを取り扱いました。解析によって生じるばらつきの中には、モデルの簡略化によるもののほか、耐荷力と同様に、製作・施工や劣化によるばらつきが含まれるものと考えます。本論で述べた安全性照査手法は、劣化としては腐食による板厚の減少を扱い、実測された平均的な腐食量をもとに、部材厚を定数として与えることを前提としています。局所的な応力を取り扱っているわけではないので、腐食量の与え方によるばらつきは大きくないと考えます。

製作・施工に起因したばらつきについては、本論では考慮しておりませんが、不整量を実測して解析モデルに反映させることでばらつきが低減できるということであれば、設計とは異なる維持管理基準として特徴が出せるものと考えます。

荷重に関しては、主たる荷重である静水圧荷重のみを扱っております。静水圧荷重を規定する水の単位体積重量と水深のうち、水の単位体積重量については定数として扱っており、この扱いで実用上問題ないと考えます。水深については、ダム操作規則に従って調整され上限の値をもつものであると考え、この上限の水深を与えることで定数として扱っています。したがって、本論では荷重のばらつきは考慮しておりません。

今後は、開閉荷重等の従荷重との組み合わせ、およびそれらのばらつきを考慮し、上述の耐荷力のばらつきを取り込んで、許容応力度設計法に準じたひとつの安全係数の設定に留まらず、部分安全係数による構造安全性照査式を提案したいと考えています。

論文題目：“Determination of tensile crack bridging of PCM-concrete interface subjected to fatigue loading by means of bending test”

著者：Dawei Zhang, Hitoshi Furuuchi, Akihiro Hori, Fujima Seiji, Tamon Ueda

掲載： Vol. 55A, pp. 861-870, 2009年3月

◆討議 [佐々木栄一 (横浜国立大学)]

1. き裂の長さをどのように計算したのでしょうか.
2. k_1 , k_2 の値についてはどのように求めたのでしょうか.

◆回答：

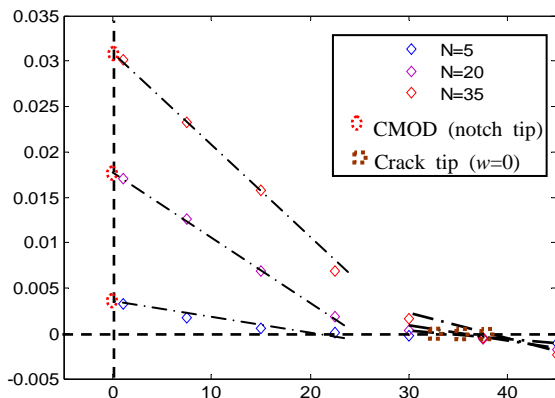


Fig.Q&A Illustration of inter-extra-polation method

1. Seven strain gauges with length of 5mm were attached along the ligament portion (see P.6, Fig.3 in the literature). The tip of fictitious crack corresponds to the point at which the strain is zero (interpolation method from output of top three strain gages) and the value of CMOD corresponds to the point at zero location (extrapolation method from the output of the other four strain gages) (see an illustration example in Fig.Q&A). The length between the crack tip and notch tip is considered to be the length of fictitious crack.

2. After the value of fatigue strength σ_N , the crack width w_{Nn} and the crack length a_N were determined, the value of k_1 and k_2 in P.3, Eq. (2) can be determined with two-parameter nonlinear fitting method, using least squares estimation.

論文題目：“Fatigue crack propagation behavior of fillet welded joint subjected to bending”

著者：Biehn Baik, Toshiyuki Ishikawa, Kentaro Yamada

掲載： Vol. 55A, pp. 871-879, 2009年3月

◆討議 [佐々木栄一 (横浜国立大学)]

曲げ試験における、ばねのセッティングは変える必要はないのでしょうか.

◆回答：本研究で用いた試験機は、試験対象となる溶接支端部付近の応力分布を再現し、それを繰り返し作用させることができるようなシステムであります。また、試験中、溶接支端部のき裂発生と進展が試験体の全体剛性の変化にどの程度影響するのかを調べるため、溶接支端部付近のひずみゲージはき裂の成長による断面減少の影響を受けひずみ分布が変わるので、その影響が及ばないところにひずみゲージを貼り、ひずみ分布をモニタリングしました。その結果、破断直前のひずみ範囲が最初のひずみ範囲とほぼ同様であることを確認していました。それで、試験中にばねの調整による荷重を変化させることはありませんでした。

◆討議 [判治剛 (東京工業大学)]

疲労試験結果にて板厚の影響がそれほどみられないとのご発表でしたが、その理由について教えてくださいませんか.

◆回答：板曲げを受ける疲労き裂の場合、き裂長さが板幅に対して十分小さく、板厚方向にき裂が進展すると、き裂先端の応力が低下するため、板厚方向のき裂の進展が遅くなります。一方、板幅方向のき裂は常に進展するため、板厚方向に比べて板幅方向のき裂進展が早くなります。よって、溶接継手の疲労強度に及ぼす板厚の影響は、引張荷重を受ける場合に比べ、板曲げ荷重を受ける場合が小さいと思われます。しかし、本疲労試験と過去の試験結果との比較からやや板厚効果が見られたことがあります。過去に名古屋大学で行った疲労試験の結果の中、同様な板厚の試験体でも幅広い試験体の疲労強度が低くなった傾向があり、その可能性もあるのではないかと思います。

論文題目：“腐食桁におけるリベットの継手強度と高力ボルト置換に関する基礎的研究”

著者：木村元哉, 中山太士, 松井繁之

掲載： Vol. 55A, pp. 880-888, 2009年3月

◆討議 [山田健太郎 (名古屋大学)]

今回の実験は、リベットをボルトに取り替える実験ですが、腐食桁を補強する場合、添接板との隙間が問題となる 경우가多くあります。それについてのご経験、コメントをいただけないでしょうか.

◆回答：周知のとおり、リベット鉄道橋は形鋼を集成して作られています。腐食に対して弱点となるのは、材片が入り組んだ部位であることが多く、このような部位については外から添接板補強が困難であり、かつ、集成構造であるため、腐食した材片を取り替えることで対応可能な場合も多いのが現状です。そのため、

リベットからボルトへの取り替えに着目しました。

添接板補強については、本文にも記載のとおり、腐食凹凸を有する接合面に接着剤を併用した高力ボルト接合の研究等があり、供用中の鉄道橋においても接合面に樹脂を挟み込んで添接補強を実施した事例もあります。筆者らも腐食面に対する添接補強の効果については課題と認識しており、機会があれば検討したいと考えています。

◆討議 [伊藤義人 (名古屋大学大学院)]

抜け出ているリベットは、どのような理由でそのようなったのでしょうか。

◆回答：「抜け出ているリベット」とはシンポジウムで発表に使用した写真のことで推察します。この事象は下路形式の鋼鉄道橋で多く見られるもので、主構の下横構と縦桁とをつなぐリベットにおいて発生する事象です。当該のリベットには列車通過時に振動が加わり引張力が繰り返し作用します。その結果、リベット頭部と母材が互いに擦り磨かれ、磨耗が著しく進展したものは、抜け出ているように見えます。なお、下の写真左は磨耗したリベットを下から押し上げて撮影したものです。



写真 弛緩リベットの例 (シンポジウムの発表スライドより)

論文題目：「水中溶接鋼板添接補修された断面欠損鋼管の耐荷力実験」

著者：北根安雄，伊藤義人，渡邊尚彦，松岡和巳

掲載：Vol. 55A, pp. 889-902, 2009年3月

◆討議 [山田健太郎 (名古屋大学)]

スリットを小さくして溶接長を減じる工夫をすることで、同じ耐力を有する補修方法が可能ではないでしょうか。

◆回答：スリットを小さくすることにより、1溶接線あたりの溶接長は短くなりますが、スリット数を増やすことにより、必要溶接長を確保し、同じ耐力を有する補修が可能となります。

◆討議 [判治剛 (東京工業大学)]

今回のご研究では水中溶接により添接補修された鋼管の耐荷力性能について検討されていますが、水中溶接ではあまりきれいなビード形状が得られず、溶接欠陥が入りやすいと予想され、その際には、疲労という観点からも検討する必要があるのではと考えられます。水中溶接部の疲労損傷の可能性はないのでしょうか。

◆回答：ご指摘の通り、水中溶接では、きずやビード形状のばらつきなどの影響で疲労強度が下がる可能性があります。今回の実験では溶接部の静的強度のみしか検討しておりません。疲労が問題となる構造や部位に水中溶接を行う場合は、今後、疲労強度について検討する必要があると考えます。

◆討議 [山尾敏孝 (熊本大学)]

1. 耐力が60%以上になるような規定がありますが、この規定の根拠は何でしょうか。今回の実験結果は非常に良く溶接ができているが、実際は難しいものでしょうか。

2. この規定では、補修後の変形性能の要求はあるのでしょうか。

◆回答：

1. まず、現場溶接であるので、気中の溶接強度は工場溶接強度の80%にとられています。「港湾鋼構造物防食・補修マニュアル」の添付資料として公表されている湿式水中溶接の強度試験では、水中溶接による溶接強度は気中溶接の80%以上という結果が得られています。このことから、 $0.8 \times 0.8 = 0.64$ となり、水中溶接の許容応力度は、母材の許容応力度（工場溶接の許容応力度）の60%程度となっています。

今回対象としたのは、鋼管ぐいであり、港湾鋼構造物防食・補修マニュアルの強度試験でも、水中溶接と気中溶接の差は大きくない結果となっており、本実験結果と一致しています。ただし、鋼矢板では、気中と水中溶接の差が出る結果となっており、材料の違いによる影響の差が存在します。

2. 「港湾鋼構造物防食・補修マニュアル」には、補修後の変形性能については規定されておられません。

論文題目：「一般構造用鋼管へのあて板湿式水中溶接補修の継手挙動のモデル化」

著者：渡邊尚彦，北根安雄，伊藤義人

掲載：Vol. 55A, pp. 903-914, 2009年3月

◆討議 [岩波 光保 (港湾技術研究所)]

本研究の成果を港湾構造物の補強設計・施工・維持管理に活用する方策について教えてください。

◆回答：これまで湿式水中溶接補修設計の安全率は、さまざまな母材や溶接条件で行われたばらつきのある実験データの最小値から判断されてきたと思われます。本実験では母材を一般構造用鋼管に限定し、低炭素鋼では湿式水中溶接の材料的な要因で低強度となることはないこと、耐荷力に影響を及ぼすより大きな因子は施工環境要因による溶接形状であることを示しました。このことは湿式水中溶接補修設計時の溶接強度を考える際に、対象とする母材によって材料因子と施工因子とが強度に与える影響の度合いが異なることを考慮すべきことを示唆し、少なくとも一般構造用炭素鋼鋼管を母材とする場合は気中溶接とは異なる溶接形状の管理が重要な点になることを示しております。

◆討議 [判治剛 (東京工業大学)]

今回の実験では、溶接ルート部を起点として破断が生じたものと考えられます。破壊の起点となったルート部周辺における相当塑性ひずみに着目されなかった理由について教えてください。

◆回答：確かに今回の実験ではご指摘のようにルート部からき裂進展し破断していますが、溶接部が完全に塑性化して最大耐力に達した後破断しています。したがって、ひずみ集中帯がルート部から溶接部表面に達して後の表面ひずみ状態を観察対象としました。

◆討議 [佐々木栄一 (横浜国立大学)]

1. タイトルの「モデル化」はどのような意味でしょうか。
2. 多軸応力状態は検討しているのでしょうか。

◆回答：

1. これは湿式水中溶接によりあて板補修された部材を、よりマクロな構造レベルで耐荷力解析を行う際に必要な溶接部分のモデル化に際して検討すべき項目を考慮したという意味で使用しております。
2. 今回は溶接線に平行或いは垂直な荷重状態のみ考慮しています。

