

老朽化橋梁の梁下空間を発泡ウレタンで充填した場合の疲労耐久性について

鹿児島大学 学生会員 ○原田廉哉, 正会員 審良善和
宮崎大学 正会員 神山惇
イノアック住環境 三田部均

1. はじめに

現在、橋梁等のインフラの老朽化が問題となっている。全国に約 73 万橋の橋梁が存在しており、そのうちの約 7 割に当たる 52 万橋を市町村が管理していることから¹⁾、維持管理費や技術者不足などを考えると、全国的に橋梁の補修・更新することは困難である。そこで、このような橋梁に対して新たな延命化技術の開発が望まれている。その 1 つとして、橋梁の下部空間を発泡ウレタンで充填して盛土化し、道路構造物として更新する工法(以下、RBH 工法)が検討されている。発泡ウレタンのような軽量材料で盛土化することで、地盤に作用する力学的負担を軽減し、橋梁の架け替えと比較し、経済的で工期の短縮が可能であることから、維持管理コストも低減できる。しかし、RBH 工法により更新した構造物の疲労耐久性の評価については明らかとなっていない。そこで、本研究では、RBH 工法を模擬した供試体を用い疲労耐久性について検討を行う。

2. 試験概要

供試体は、表-1 に示す通り 3 種類とし、床版と支点のみを設置した供試体を CASE1、両端を支承で鉛直支持し、床版下部空間に発泡ウレタンを充填した供試体を CASE2、支承を設けず拘束のない状態で床版下部に発泡ウレタンを充填した供試体を CASE3 とした。図-1、図-2 に試験に用いる供試体の概略図を示す。2500×600×100 mm の床版を模擬した RC 供試体とし、かぶり 1cm 位置に D13 の異形鉄筋を等間隔に 5 本で配筋する。試験は片振り载荷とし、梁中央部にレーザー変位計、支点部に変位計を設置して鉛直変位を測定した。载荷条件は、図-3 に示す各 CASE における静的载荷試験の結果より、上限荷重を CASE1 の降伏荷重 25kN、下限荷重を CASE1 の破壊荷重の約 1/3 にあたる 10kN とし、载荷速度は 0.3Hz で目標载荷回数を 200 万回として実施した。なお、床版の変形と発泡ウレタン内部の応力分布を評価するため、疲労回数 0, 1, 10, 20, 40, 100, 150, 200 万回時に、载荷試験を行い、変形挙動を測定する。その時の荷重と変位の関係、デジタル画像相関法を用いて、ウレタン内部の応力分布を算出する。また、床版中の鉄筋が腐食した場合を模擬するため、疲労回数 200 万回到達後に内部鉄筋を電食させ、再度疲労試験を行った。本研究では、CASE2 の供試体を用い、電食後の疲労試験を実施した。

3. 試験結果及び考察

3.1 荷重と変位の関係

図-4 に CASE2 の荷重と変位の関係を示す。疲労回数の増加に伴い、変位量も増加することが確認できる。電食前 200 万回疲労させた時点での最大変位は約 6mm、残留変位は約 3mm、電食後 200 万回疲労させた時点での最大変位は約 3mm、残留変位量は約 7mm となり、鉄筋が腐食することにより、最大変位量は約 5 倍、残留変位量は約 2 倍近く大きくなることを確認できた。これ

表-1 供試体種類

供試体名	供試体種類
CASE1	床版+支承
CASE2	床版+ウレタン(支承あり)
CASE3	床版+ウレタン(支承なし)



図-1 供試体

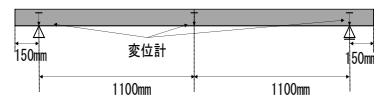


図-2 変位計設置位置

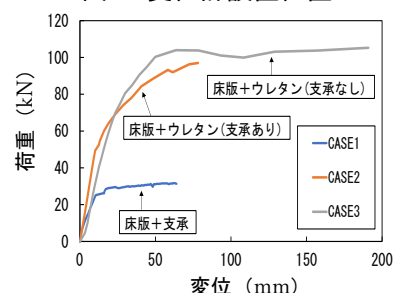


図-3 静的载荷試験

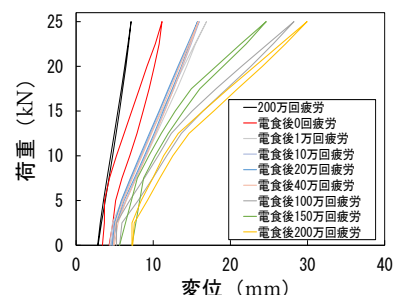


図-4 荷重と変位の関係

キーワード 発泡ウレタン, 電食

連絡先 〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学 海洋土木工学プログラム TEL 099-285-8480

は、鉄筋の弾性係数が $2.05 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$ であるのに対し、発泡ウレタンの弾性係数は $3.98 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$ であるため²⁾、疲労回数が多くなるにしたがって、降伏した鉄筋とウレタンの間で荷重分担の変化が顕著に現れたことが、変位量増加の原因だと考えられる。

3.2 ウレタン内の応力分布

図-5 に、CASE2 の 25kN 載荷時電食前 200 万回疲労後と、CASE2 の 25kN 載荷時電食後 200 万回疲労後のウレタン内の応力分布を示す。2 つの応力分布図を比べると、ウレタン内の応力分布にあまり差はないことから、鉄筋が降伏した状態でもウレタンは弾塑性であり、応力が集中することなく、構造物全体で支持することが可能である。

図-6 に、CASE2 のウレタンが破壊するまで載荷試験を実施した際の荷重と変位の関係を示す。電食前、疲労前の供試体は、変位量約 10mm まで弾性挙動を示し、約 96kN で破壊に至り、破壊時の変位量は約 78mm となった。電食後 200 万回疲労させた供試体は、変位量約 12mm までウレタンの弾性挙動を示し、約 87.5kN で破壊に至り、破壊時の変位量は約 70mm となった。このことから、電食後 RBH 工法の性能限界をウレタンの弾性域である変位量 12mm とした。図-7 に、ウレタンが破壊した際の応力分布図を示す。2 つの応力分布図を比べると、電食、疲労させた供試体は載荷点から左右約 500mm 程度まで鉛直方向に大きく降伏していることが確認できる。このことから、電食、疲労させることによって、ウレタンが荷重を受け持つ範囲が鉛直方向に大きくなり、最終的に破壊に至ったことが分かる。また、載荷点から 70° の範囲で荷重を受け持っており、一般的な道路構造物の舗装による荷重範囲 45° よりも大きな範囲で荷重を受け持つことができる。

3.3 疲労回数と残留変位の関係

図-8 に電食後 CASE2 の疲労回数と残留変位の関係を示す。疲労回数が増すごとに床版の変形が大きくなることが考えられる。これは、繰り返し疲労させることによって、ウレタンの反発力が小さくなり、床版の変位量が徐々に大きくなったと考えられる。図-6 の電食後 200 万回疲労後の載荷試験の結果より、性能限界である変位量約 12mm に達するには、約 $10^{3.1}$ 万回 (=1250 万回) 疲労回数が必要となる。よって、鉄筋が腐食している状態だと疲労耐久性に期待はできないため、上限荷重の制限が必要であると考えられる。

4. まとめ

本研究では、RBH 工法を模擬した供試体を用いて疲労試験を実施した。その結果、鉄筋を腐食させた状態でも広範囲に荷重を分散させ、構造物全体で支持することが可能である。しかし、疲労耐久性を向上させるためには、ウレタンの弾性域で使用するのが望ましく、上限荷重の制限が必要である。

参考文献

- 1) 国土交通省「老朽化対策の取組み」
- 2) 土木研究センター「現場発泡ウレタン超軽量盛土工法設計・施工マニュアル」pp12, 2008

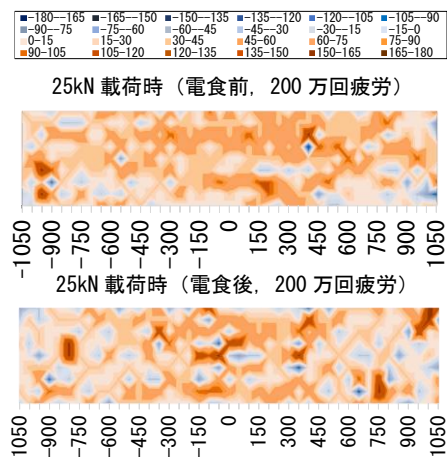


図-5 ウレタン内の応力分布

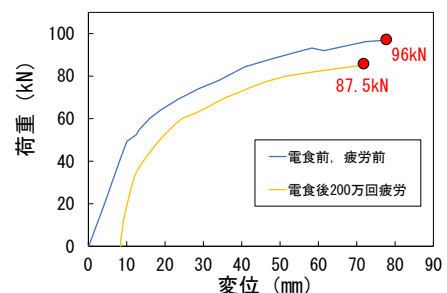


図-6 荷重と変位の関係

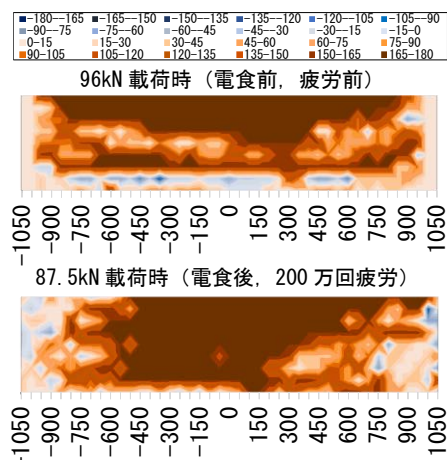


図-7 ウレタン内の応力分布

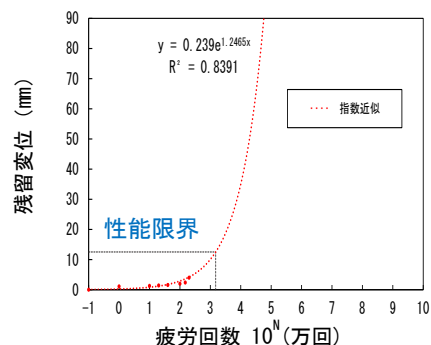


図-8 疲労回数と残留変位の関係