

題目 老朽化橋梁下部空間を発泡ウレタン充填により盛土化した床版の静的載荷試験

鹿児島大学大学院	学生会員	○東 治樹
鹿児島大学	正会員	審良 善和
宮崎大学工学部	正会員	神山 惇
(株)イノアック住環境	非会員	三田部 均

1. はじめに

現在、橋梁等の交通インフラ施設の老朽化が問題 1) になっており、今後、予算制約がある中で、劣化が著しく進行し、大規模な事後保全対策を実施しなければならない橋梁が増加することが考えられる。そこで、このような橋梁に対して、交通制限を伴わない新たな延命化技術の開発が望まれている。著者らは、その技術の 1 つとして、橋梁の下部空間に発泡ウレタンを充填し、橋梁を軽量盛土に更新する工法(以下、RBH 工法と称す)の開発を検討している。RBH 工法は発泡ウレタンなどの軽量な材料で構造物を盛土化することで、部材や地盤にかかる力学的負担を軽減でき、橋梁下での作業になるため交通規制をかけず、維持管理コストも低減できる工法である。しかし、RBH 工法により期待される改善効果の定量化が未だ不十分であることから、本研究では、RBH 工法を模擬した供試体を作製し、発泡ウレタンで盛土化した床版の静的載荷試験を実施した。

2. 静的載荷試験

2. 1 試験概要

RBH 工法を模擬した供試体を用いて、曲げによる静的載荷試験を実施し、破壊荷重、破壊形式および発泡ウレタンの変形挙動についての評価を行った。図-1 に示すように、供試体寸法は 600×100×2500 mm の RC 梁で、使用する鉄筋の母材は SD345 とし、鉄筋径 D13 の普通鉄筋を下からのかぶり 1cm で 5 本埋設した。表-1 にコンクリートの配合を示す。セメントには普通ポルトランドセメントを使用し、水セメント比を 48.7%，スランプ 10 cm，粗骨材の最大寸法 20 mm とした。供試体の種類は、発泡ウレタンを充填していない RC 床版のみの供試体を CASE1，RC 床版の下部空間に発泡ウレタンを充填した供試体を CASE2 および CASE3 とし、CASE2 は両端を支点で鉛直変位を拘束した状態で、CASE3 は支点を設けず発泡ウレタンのみが荷重を受け持つ状態での載荷となる。

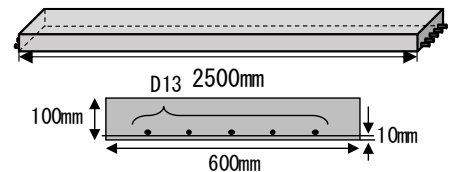


図-1 コンクリート床版の寸法

表-1 コンクリートの配合

細骨 材率 (%)	水セメン ト比 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
		W	C	S	G	A (g)
s/a	W/C	W	C	S	G	A (g)
42.2	48.7	173	355	736	1022	1.62

載荷試験はスパン 2200 mm とし、中央一点載荷で行った。また、鉄筋が腐食した状態を模擬するため、写真-1 に示すように、支点間の鉄筋が質量で 1/2 程度に減少するまで電食させた供試体を作製し、CASE2 の方法での静的載荷試験も行った。なお、電食時の電流密度は 2.5~5.0 A/m<sup>2</sup> とした。なお、この供試体の載荷条件は、床版のみの供試体の降伏荷重を上限荷重とした。載荷時には、載荷点、支点および載荷点と支点の中間に変位計を 1 か所ずつ設置し、床版の挙動を評価した。また、発泡ウレタン内部のひずみを算出するため、発泡ウレタン側面に 5cm 間隔でピンを設置し、載荷荷重 5kN ごとに側面を撮影した。その写真を用いて座標を記録し、デジタル画像相関法により、発泡ウレタン内部のひずみを算出し、計測されたひずみから応力分布を算出した。ここで、発泡ウレタンの応力ひずみ曲線は、10×10×10 cm の立方供試体を用いた圧縮強度試験により得られた結果を用いた。図-2 に試験で得られた応力-ひずみ曲線を示す。発泡ウレタンは 165 kN/m<sup>2</sup> 程度で降伏

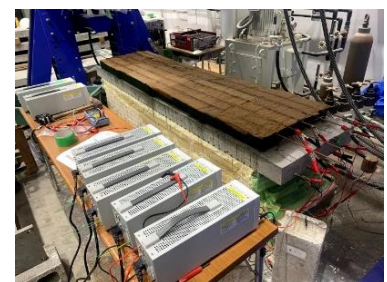


写真-1 電食状況

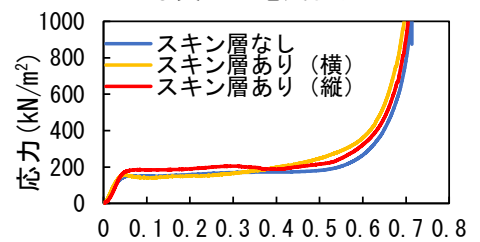


図-2 応力-ひずみ曲線

し、非常に大きな変形を起こす材料である。

## 2. 2 試験結果および考察

一例として CASE2 の荷重試験後の発泡ウレタンの破壊状況を写真-2 に示す。CASE2 は発泡ウレタン上縁から約 15 cm の位置に圧縮破壊によるひび割れが生じた。このように、発泡ウレタンが降伏して以降大きな変形を起こした後に破壊が生じる。CASE3 も同様に破壊に至ったが、その位置は鉛直中央付近での爆裂となった。

図-3 に荷重点位置の荷重と変位の関係を示す。それぞれの破壊荷重に着目すると、CASE1 は 32 kN で破壊に至ったのに対し、発泡ウレタンを充填した CASE2 および CASE3 はそれぞれ 96 kN、103 kN で破壊に至った。よって、発泡ウレタンによって盛土化された構造物は、破壊荷重が 3 倍以上に向上することが確認された。次に、床版の変形挙動に着目すると、CASE1 は鉄筋が 26 kN で降伏するまで弾性挙動を示し、その後、塑性変形を起こし、脆性的な破壊に至った。一方、発泡ウレタンを充填した CASE2 および CASE3 はそれぞれ 50、75 kN 荷重までは弾性挙動を示した。この時点で鉄筋および発泡ウレタンが降伏したと考えられる。その後、大塑性変形を起こし、最終的に発泡ウレタンの脆性的な破壊に至った。ここで、CASE2 および CASE3 の降伏時の発泡ウレタン内部の応力分布を図-4 に示す。いずれの CASE にしても、荷重点位置から両側 0.8 m 程度の範囲で円弧上に降伏域が確認できる。この結果より、今回の RC 床版であれば、局所的に応力集中することなく、荷重点から約 75° の範囲で荷重が分散することが確認できた。一方、鉄筋が腐食により断面減少した状態での荷重の場合は、図-3 より、10 kN 程度までは電食前の弾性係数を保持していたが、腐食により鉄筋が降伏したことにより、弾性係数が CASE1 の供試体と概ね同等の位置まで減少することが確認できた。これより、10 kN 程度までは鉄筋および発泡ウレタンで荷重を受け持つが、以降は発泡ウレタンのみで荷重を受け持ったことが考えられる。図-4 より、電食後の 25 kN 荷重時の応力分布に着目すると、発泡ウレタン上縁部に全体的に降伏部が見られた。鉄筋が降伏したことにより、荷重を発泡ウレタン全体で受け持つようになり、発泡ウレタン上面が全体的に降伏したことが考えられる。これらのことから、鉄筋が降伏した状態であっても、荷重を構造物全体で受け持つことができ、通常の道路構造物の舗装により地盤に作用する荷重範囲である 45° より非常に大きい範囲での荷重分散が可能であることを確認した。

## 4. まとめ

橋梁の下部空間に発泡ウレタンを充填し、橋梁を軽量盛土構造物に更新する工法を適用した構造物の力学的特性について、構造・材料的視点から検討した結果、以下の結果が得られた。

- (1)老朽化を模擬した RC 床版の下部空間の発泡ウレタン充填による盛土化により耐力の大幅な向上が期待できる。
- (2)発泡ウレタン内部の応力分布を算出したところ、部材に追従する形で発泡ウレタンが荷重を受け持つことから、広い範囲での支持が考えられる。今回の RC 梁の場合、約 75° の範囲で荷重を受け持つことを確認した。

参考文献 1)国土交通省道路局：平成 29 年道路構造物の現状

