

# 老朽化橋梁から軽量盛土への更新技術の確立に向けた取り組み

軽量盛土 老朽化橋梁 ウレタン

宮崎大学	学生会員	○村上 遼
宮崎大学	国際会員	神山 惇
宮崎大学	国際会員	福林良典
鹿児島大学	非会員	審良善和
RBH 技術研究会	非会員	吉田茂雄

## 1. はじめに

国土交通省道路局調べによると、全国に約73万箇所ある橋梁の50%は、10年後に建設後50年を経過する<sup>1)</sup>。また、約52万箇所の橋梁は市町村道にある。地方公共団体では、橋梁保全業務に携わる土木技術者数の減少に加え、十分な点検費用が確保できないケースも多い。そのため、橋梁の老朽化対策および維持管理の効率化が望まれている。

本研究では、その解決策の一つとして、軽量盛土材を橋梁下部の空間に充填し、老朽化橋梁を軽量盛土として更新する工法の確立を目指す。本報では発泡ウレタンを用いた更新技術に着目し、工法の確立に向けた検討課題について述べる。

## 2. 発泡ウレタンを用いた橋梁の更新・補修事例

図-1は、急傾斜地で切土せず斜面に沿って架設されていた橋梁そのものをウレタンで埋設し、谷側へ張り出した軽量盛土からなる道路に更新した事例である。図-1の模式図のように、通常のウレタン軽量盛土と同様に、H鋼や壁面材を設置し、アンカーとタイロッドにより盛土の安定性を向上させている。なお、橋梁付近にもタイロッドとアンカーを施工しているが、図-1では省略している。橋梁を残置したため、撤去費用が削減された。写真-1に、上記の事例における完成した盛土を示す。なお、この軽量盛土が施工された地域では、熊本地震において震度5強の地震が発生したが、盛土自体の損傷は確認されていないことが報告されている<sup>2)</sup>。

図-2は、橋梁下部空間をウレタンで埋めることによって、既設橋梁の劣化を抑制させ、橋梁の長寿命化を図った事例である。後述するが、この場合は支承が機能するため、橋脚に幾分か荷重が伝達されていると考えられる。これらの他、張り出し歩道の下部空間を充填した事例もある。

発泡ウレタン軽量盛土工法は、体積重量が土質材料の約1/50であるウレタンの軽量性、接着性、発泡硬化を活かした軽量盛土工法の一つである<sup>3)</sup>。2種類の硬質ウレタンフォーム原液を現場で混合・発泡させる。発泡により体積が約30倍に増加し、地形および構造物の形に合わせた自由な形状の軽量盛土を形成できる。また、ウレタン内部は、独立した気泡で形成されているため、水と空気を通しにくい。

本研究ではこの技術を応用し、下部空間にウレタンを直接吹付け・充填することでウレタンに上乗荷重を負担させ、老朽化橋梁を軽量盛土に更新する(図-3)。主として対象とするのは、比較的小規模で山間部等の河川上に設置されていない橋梁である。また、死荷重および活荷重は、ウレタンの許容圧縮応力 $60\text{kN/m}^2$ 以下に設定する。

## 3. 橋梁から軽量盛土への更新技術の確立に向けた検討項目

### 3.1 盛土化の条件

橋梁は一般的に、図-3のように上部構造と下部構造で構成される。両者の接点に位置する支承によって、上部構造の荷重が下部構

---

Study on establishing renewal method of deteriorated bridge by light weight embankment materials: Ryo Murakami (Miyazaki Univ.), Atsushi Koyama (Miyazaki Univ.), Yoshinori Fukubayashi (Miyazaki Univ.), Yoshikazu Akira (Kagoshima Univ.), Shigeo Yoshida (RBH Research Institute.)

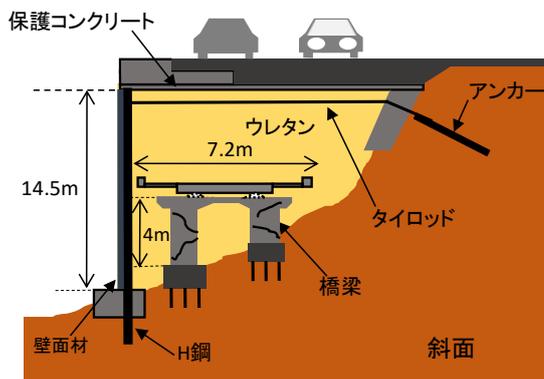


図-1 橋梁を軽量盛土に更新した事例 (断面図)



写真-1 施工完了後 (盛土側面)

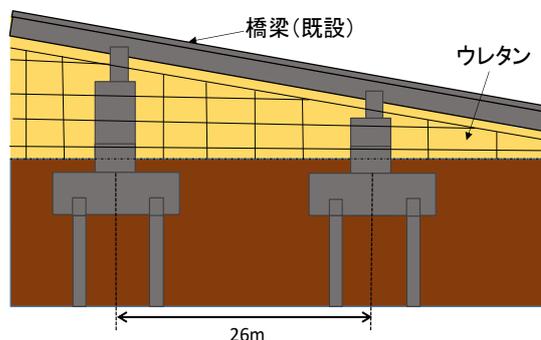


図-2 橋梁下部にウレタンを充填した事例 (側面図)

造に伝えられる。橋梁下部空間にただウレタンを充填した場合は、ウレタンの接着性により、橋梁部材への水・空気の侵入が防止され、橋梁部材の劣化が抑制されることが期待される。しかし、支承によって上部構造の荷重が橋脚に幾分か伝わるため、疲労による橋脚の劣化、また、老朽化に伴う構造性能の低下が懸念される。そのため、埋設された橋脚の経時変化を把握する必要があるが、その点検が難しいといった課題が残る。

盛土に更新するには、支承機能の停止あるいは、支承を撤去し、ウレタンすなわち盛土材のみで上部構造を支えて、橋脚が負担する荷重を可能な限り減らす必要がある。さらに、ウレタンと部材が接着されていれば、橋脚の劣化が抑制できる。これにより下部構造の劣化問題は除外され、更新後は橋梁としてではなく、盛土とみなすことができる。点検項目が橋梁よりも少なく、従来の軽量盛土と同じく壁面や路面の変状等にのみ着目すればよくなり、点検費用や調査時間の削減が期待できる。しかし、この場合は、軽量のウレタンで上部構造を支持するため、盛土はトップヘビー状態となり、地震時安定性の低下が懸念される。中村ら<sup>4)</sup>は、ウレタン軽量盛土の実物大振動台実験を行い、加振終了時にウレタンの損傷が見られなかったことを報告している。しかし、本工法においては新たに、橋梁とウレタンの地震時相互作用を明らかにし、更新された軽量盛土の力学的安定性を検討する必要がある。

本研究では、橋梁とウレタンで構成される複合構造物となった軽量盛土の常時および地震時における力学的安定性ならびに、ウレタンによる部材の劣化抑制効果を明らかにすることで、老朽化橋梁を軽量盛土に更新する設計手法の提案に繋げることを目的とする。

### 3.2 工法確立に向けた検討課題

本工法を確立するために、主に更新された盛土の安定性と長期耐久性を明らかにする必要がある。表-1に検討項目を抽出した。表中の①については、静的・動的FEM解析と振動台模型実験により、更新された軽量盛土の力学的安定性を検討する予定である。特に、支承の有無によるウレタンおよび橋脚に作用する荷重や、橋脚とウレタンそれぞれの振動特性を考慮して常時および地震時安定性を評価する。②については、ウレタンを吹付けたコンクリートや鋼材の暴露試験を実施し、中性化や腐食防止効果を調査する。また、引張り試験やせん断試験により、ウレタンと部材の境界面における接着力を定量的に評価する。さらに、経年劣化によりウレタンの強度低下が推察される。ウレタンの耐久性の変遷を明らかにし、パラメーターを得ることで、長期経過後の軽量盛土の耐久性能を評価することが可能になると考える。

また、ウレタンは、他の軽量盛土材と比較して単価が高い。コスト面も考慮して、将来的にはウレタンのみならず、ウレタンとエアモルタルを併用したハイブリッド構造の確立も目標としている。

#### 謝辞

本研究は、宮崎大学横田漠先生、鹿児島大学北村良介先生をはじめとするRBH技術研究会に多大なご協力を戴いた。関係者各位に感謝を表します。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省：老朽化対策の取組みwww.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/torikumi.pdf（閲覧日平成31年1月28日）。2) 加藤十良・三田部均・大宮吉智：平成28年熊本地震における現場発泡ウレタン軽量盛土工法の調査報告，平成29年度土木学会西部支部研究発表会，2017。
- 3) 土木研究センター：現場発泡ウレタン超軽量盛土設計・施工マニュアル，2008。4) 中村和弘・榎本晃司・青木徹彦・三田部均：現場発泡ウレタン盛土の実物大振動台実験，土と基礎，No.51, Vol.4, pp.14-16, 2003。

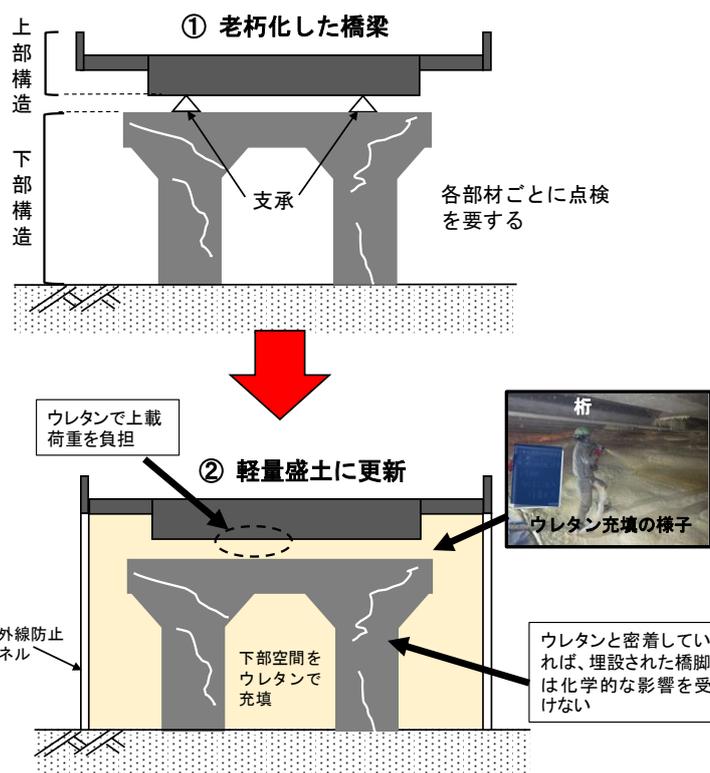


図-3 ウレタン充填後の軽量盛土の模式図

表-1 抽出した検討項目

① 力学的安定性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・常時における盛土内部の荷重分布</li> <li>・盛土の地震時応答特性</li> </ul>
② 長期耐久性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ウレタンと部材の接着力および劣化防止効果</li> <li>・経年変化したウレタンの力学特性と安定性に及ぼす影響</li> </ul>