

## 発砲ウレタン被覆によるコンクリート構造物の中酸化抑制

鹿児島工業高等専門学校 (学) ○前畑 天壽, (正) 安井 賢太郎  
宮崎大学 (正) 神山 惇, 鹿児島大学 (正) 審良 善和

### 1. はじめに

わが国の橋梁は高度経済成長期に多く建設されたため、現在使用されているほとんどの橋梁が高齢化を迎えている。高齢化に伴い、不具合が発生する可能性は大きくなり、車両重量制限や通行止め等の交通規制に至る例も多い。加えて、更新には多大なコストがかかることから、老朽化対策では、事後保全から予防保全に切り替えた計画的な修繕、並びにメンテナンス技術の開発が推進されている。

メンテナンス技術の一つに、発砲ウレタン（以下、ウレタン）を既設橋梁の桁下に充填し、橋梁を土工化する試みが行われている<sup>1)</sup>。この工法は橋梁に特別な事前処理を行う必要がなく、橋梁部材にウレタンを吹付けて発泡させるため、施工時の交通規制が不要で工期を最小限に留めることができる。さらに、ウレタンの自己接着力と高い気密性により、コンクリートの中酸化を抑制できると推察される。既往の研究<sup>2)</sup>では、RC 造建築物の壁面にウレタンを使用した場合における中酸化抑制効果を報告しているが、土木構造物における使用を想定した研究は行われていない。

本研究は、ウレタン被覆によるコンクリート構造物の中酸化抑制効果を明らかにすることを目的に、コンクリートブロックにウレタンを吹付けた供試体を作製し、様々な使用状況を想定した中酸化試験を実施した。

### 2. 実験方法

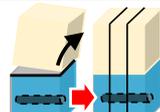
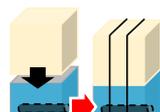
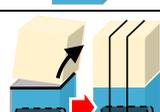
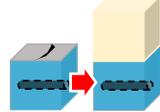
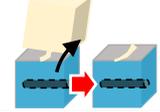
#### 2.1 供試体の作製方法

表 1 に中酸化試験に使用したコンクリート供試体の配合を示す。材料に普通ポルトランドセメント、砕石（鹿児島県財部町産）、及び砕砂（鹿児島県川内市産）を使用し、中酸化を進行させるため水セメント比を 60%とした。形状は、100×100×100 mm の立方体であり、中央部に異形鉄筋（D13-SD345）を配置した。コンクリートの曝露面は型枠面とし、曝露面以外は保護のためエポキシ樹脂を塗布した。一方、ウレタンは軽量盛土等に使用されるポリオールとイソシアネートの 2 液混合タイプ（フォームライト W）を使用し、コンクリート上面に吹付けて発泡させた後、100×100×100 mm の立方体に成形した。

表 1 コンクリート供試体の配合

水セメント比 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )			
	水	セメント	細骨材	粗骨材
60	180	300	944	994

表 2 各供試体の概要

名称	概略図	想定する状況/作製方法
PL		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 対照区</li> <li>・コンクリート供試体</li> </ul>
UC		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 構造物にウレタン被覆</li> <li>・PL にウレタンを吹付け、発泡</li> </ul>
US		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 構造物からウレタンが剥離</li> <li>1) PL にウレタンを吹付け、発泡</li> <li>2) 剥離して結束バンドで固定</li> </ul>
UL		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 構造物とウレタン接着なし</li> <li>1) PL の上部にウレタン（ブロック体）を設置</li> <li>2) 結束バンドで固定（US との比較用）</li> </ul>
N-uc		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 供用数年後にウレタン被覆</li> <li>1) PL を 24 週間中酸化促進</li> <li>2) ウレタンを吹付け、発泡</li> </ul>
N-us		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ N-uc からウレタン剥離</li> <li>1) PL を 24 週間中酸化促進</li> <li>2) ウレタンを吹付け</li> <li>3) 剥離して結束バンドで固定</li> </ul>
C		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ひび割れ発生した構造物</li> <li>・事前荷重により、約 0.5 mm 幅のひび割れが発生</li> </ul>
C-uc		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ひび割れ発生した構造物にウレタン被覆</li> <li>・C にウレタンを吹付け</li> </ul>
C-us		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ひび割れ発生した構造物からウレタンが剥離</li> <li>1) C にウレタンを吹付け</li> <li>2) 剥離した状態で曝露</li> </ul>
EI		● PL の対照区（実験室で曝露）
EO		● PL の対照区（屋外で曝露）

#### 2.2 中酸化試験

表 2 に中酸化試験に使用した供試体の概要を示す。EI、EO を除いた供試体は全て、室温 20°C、湿度 80%、CO<sub>2</sub> 濃度 5% の促進中酸化環境に設置した。EI は、CO<sub>2</sub> 濃度が約 0.05% の実験室に設置し、EO は、CO<sub>2</sub> 濃度約 0.04% で日照・風雨の影響を受ける屋外に設置した。

中性化試験期間は28週（72週まで継続）であり、曝露から4、12、24、28週後に供試体を回収した。割裂した供試体の破断面に1%フェノールフタレイン溶液を噴霧し、非発色部を中性化深さとして測定した。

### 3. 試験結果と考察

図1にウレタン有無と中性化深さの関係を示す。対照区のPLに中性化が生じた一方で、ウレタンで被覆したUC、ウレタンの剥離したUSは共に中性化が進行しなかった。また、ULも中性化が進行していることから、曝露面にウレタンを直接吹付けず、後載せで設置する方法では中性化を抑制できないことが明らかとなった。

図2にひび割れ、及びウレタン有無と中性化深さの関係を示す。N-ucは中性化の進行したコンクリートをウレタンで被覆したものである。被覆4週後の中性化深さの違いは現時点では見られなかった。ひび割れ発生供試体Cの曝露4週後の中性化深さは、鉄筋まで達していた。一方、ウレタンでひび割れ部分を被覆したC-uc、それを剥離したC-usは共に中性化が進行しなかった。

図3に曝露環境と中性化深さの関係を示す。一般に屋外に設置したコンクリートは、屋内に比べて中性化が進行しないことが知られている。本実験においても、実験室に設置したEIよりも屋外に設置したEOの中性化深さが小さい傾向が見られた。ここで、魚本ら<sup>3)</sup>が提案した中性化速度式を用いて、EOがPL（28週時）と同じの中性化深さに達するまでの期間を計算したところ約20年であった。即ち、EOと同じ環境であれば、約20年間はウレタン被覆によってコンクリートの中性化が進行しないことが示唆された。

図4に各供試体の表面組織を示す。US、及びC-usはウレタンを剥離したにも関わらず中性化を抑制したことから、この理由について以下に考察する。(a)はウレタン表面である。(b)はUSのウレタン剥離面であり、残存したウレタンがコンクリート表面を覆っていた。なお、(c)はコンクリート表面であり、ウレタン被覆していない場合には骨材が見られた。このことから、残存したウレタンが水や空気を遮断したものと考えられ、地震や走行車両がもたらす構造物の振動によりウレタンが剥離した場合でも、中性化が抑制される可能性が示唆された。

### 4. まとめ

本研究より得られた成果を以下に示す。

- 1) ウレタンを被覆したコンクリート供試体は中性化抑制効果が認められた。

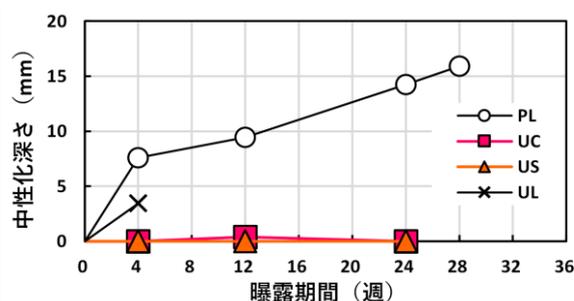


図1 ウレタン有無と中性化深さの関係

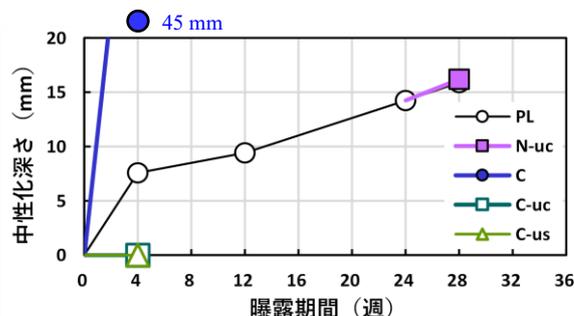


図2 ひび割れ・ウレタン有無と中性化深さの関係

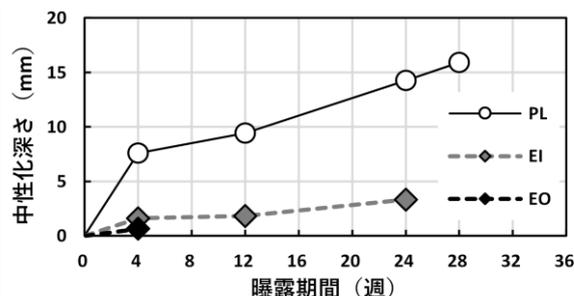


図3 曝露環境と中性化深さの関係



(a) ウレタン表面 (b) USの剥離面 (c) コンクリート表面  
図4 各供試体の表面組織

- 2) ひび割れを発生させたコンクリート供試体は急激な中性化の進行が認められたが、ひび割れ箇所がウレタンに被覆されることで、中性化を抑制した。
- 3) ウレタンが剥離した場合でも、残存したウレタンによって中性化が抑制される可能性が示唆された。

**謝辞：**本研究は、「老朽橋梁の軽量盛土への更新に関する技術研究会（RBH 技術研究会）」に協力いただいた。ここに記して感謝の意を表す。

#### 参考文献：

- 1) 神山惇, 末次大輔, 福林良典, 三田部均：一面せん断試験における発泡ウレタンとコンクリート境界面におけるせん断強度特性, ジオシンセティックス論文集, Vol.35, No.12, pp.141-148, 2020
- 2) 横田和男, 喜田浩司, 佐々木晴夫, 高井賢, 久保田浩：吹付けウレタンフォームの中性化抑制効果と接着性能の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp337-338, 2010
- 3) 魚本健人, 高田良章：コンクリートの中性化速度に及ぼす要因, 土木学会論文集, No.451/V-17, pp119-128