

3次元FEMに基づくコンクリート舗装横断目地の耐久性向上に関する一考察

(株)ネクスコ東日本エンジニアリング 正会員 ○大庭 健太郎
 (株)高速道路総合技術研究所 正会員 大脇 真也
 石川工業高等専門学校 正会員 西澤 辰男

1. はじめに

コンクリート舗装はアスファルト舗装と比較して耐久性に優れ、舗装の長寿命化やライフサイクルコストの縮減が期待できる。しかし、普通コンクリート舗装では、コンクリートの収縮・膨張による応力を吸収させるため、一定間隔に横断目地を設置しなければならず、その横断目地に使用する鉄筋(ダウエルバー)が破断する損傷事例が報告されている¹⁾。破断箇所では、腐食による鉄筋の断面欠損(以下、減肉という)や、目地直下の路盤のエロージョンによる隙間(以下、空洞という)が確認されており、破断との関連性が推測された。そこで、3次元FEMプログラムパッケージPave3D²⁾により減肉と空洞の存在がダウエルバーに及ぼす影響を検証したので、ここに報告する。

2. 解析条件

舗装構成および減肉状況を表1に、荷重載荷位置、ダウエルバー配置図、空洞模式図を図1、図2、図3に示す。

解析では、a)減肉および空洞がない健全状態、b)表1に示す減肉が発生した状態、c)図3に示す空洞が発生した状態、d)b)減肉およびc)空洞が同時に発生した状態、の4状態をモデル化し、図1に示す荷重載荷位置に24.5kN(1輪あたり)の輪荷重が作用した際にダウエルバーに発生する曲げ応力度を比較した。

表1 舗装構成及び減肉状況

コンクリート舗装 t=25cm
弾性係数 : 30,000MPa
ポアソン比 : 0.15
セメント安定処理路盤 t=15cm
弾性係数 : 1,000MPa
ポアソン比 : 0.35
路床 t=260cm
弾性係数 : 30MPa
ポアソン比 : 0.45
ダウエルバー L=70cm
弾性係数 : 210,000MPa
ポアソン比 : 0.3
支圧係数 : 400GN/m ³
減肉状況 : Φ28(減肉無)
: Φ21(25%減肉)
: Φ14(50%減肉)
: Φ7(75%減肉)

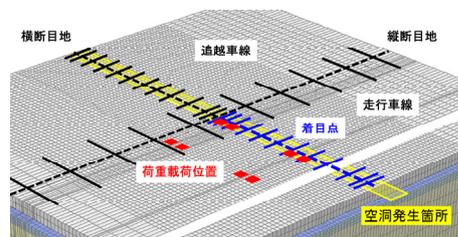


図1. 荷重載荷位置

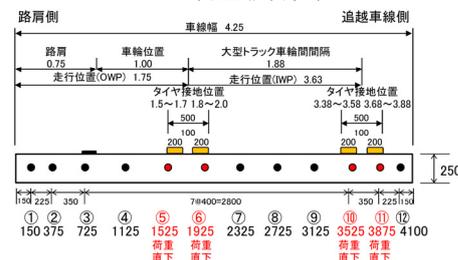


図2. ダウエルバー配置図

3. 解析結果

Pave3Dでは、鉄筋上端に発生する曲げ応力度を算出しており、+値は引張、-値は圧縮である。

まず、b)減肉状態の曲げ応力度を図4に示す。減肉が進行するほどダウエルバーに作用する曲げ応力度は増加してゆき、75%減肉ではa)健全状態の1.5倍であった。

次に、c)空洞状態の場合について、空洞厚の違いによる曲げ応力度を、空洞範囲90cmを例に図5に示す。空洞厚を5mm、10mm、20mmと変化させても生じる曲げ応力度の差は極わずかであった。空洞範囲10cmおよび

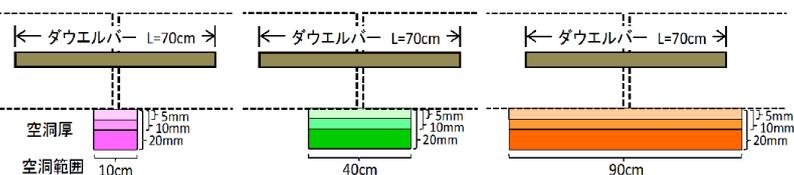


図3. 空洞模式図

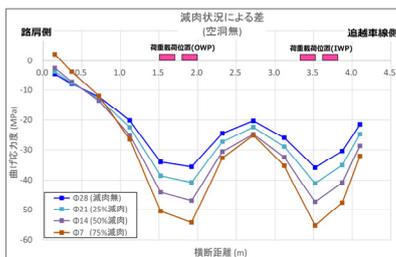


図4. 減肉と曲げ応力度の関係

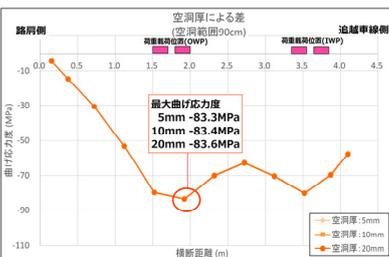


図5. 空洞厚と曲げ応力度の関係

キーワード コンクリート舗装 横断目地 ダウエルバー FEM解析

連絡先 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里5-7-18 (株)ネクスコ東日本エンジニアリング TEL 03-3805-7928

40cmにおいても同様の傾向であり、空洞厚と曲げ応力度の関連性は小さいといえる。空洞厚 10mm を代表値として、空洞範囲の違いによる曲げ応力度の変化を図 6 に示す。空洞範囲が広がるほど曲げ応力度は増加してゆき、空洞範囲 90cm では、a)健全状態の 2.3 倍であった。

最後に、d)減肉および空洞状態の場合について、c)空洞状態の場合と同様に、減肉が生じていても空洞厚の変化による曲げ応力度の差は極わずかであった。

空洞範囲 90cm、空洞厚 10mm を代表値として、減肉状況の違いによる曲げ応力度の変化を図 7 に示す。減肉が進行するほど曲げ応力度が増加する傾向は b)減肉状態と同様であったが、その増加量は著しく、75%減肉では a)健全状態の 17.9 倍であった。

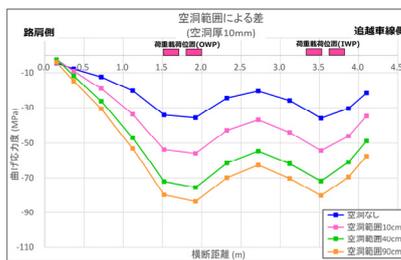


図 6. 空洞範囲と曲げ応力度の関係

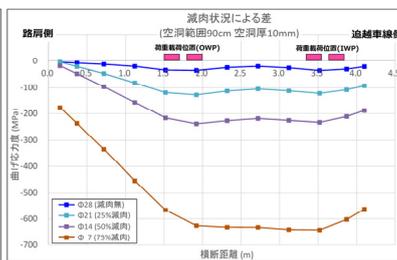


図 7. 空洞+減肉と曲げ応力度の関係

4. まとめ

a), b), c), d)の各状態における最大曲げ応力度の算出結果を表 2 に示す。ダウエルバーが破断に至る応力度やメカニズムは明らかになっていないが、参考として鉄筋の材質(SR235)の許容曲げ応力度と比較すると、一定規模まで減肉が進行し、かつ、空洞範囲が拡大すると、ダウエルバーに作用する曲げ応力度は 235MPa を超過する結果となった。

表 2 最大曲げ応力度一覧

損傷状態	鉄筋径	空洞規模		最大曲げ応力		
		空洞範囲	空洞厚	(MPa)	増加割合	
a)健全状態	Φ28	空洞無		-35.9	1	
		Φ21	減肉率25%	-41.1	1.1	
b)減肉状態	Φ14	空洞無		-47.3	1.3	
		Φ7	減肉率75%	-55.2	1.5	
c)空洞状態	Φ28	減肉率0%	10cm	10mm	-56.0	1.6
			40cm	10mm	-75.3	2.1
			90cm	10mm	-83.4	2.3
			10cm	10mm	-72.0	2.0
d)減肉+空洞状態	Φ21	減肉率25%	40cm	10mm	-111.5	3.1
			90cm	10mm	-127.7	3.6
			10cm	10mm	-93.9	2.6
	Φ14	減肉率50%	40cm	10mm	-188.6	5.3
			90cm	10mm	-238.1	6.6
			10cm	10mm	-128.1	3.6
Φ7	減肉率75%	40cm	10mm	-379.9	10.6	
		90cm	10mm	-643.1	17.9	

許容応力度超過箇所

5. コンクリート舗装の長寿命化に向けた横断目地の保護対策

今回の検証により、鉄筋の減肉と目地直下の空洞が同時に発生し、一定規模まで進行するとダウエルバーが破壊する危険性が高まることが明らかとなった。

横断目地から浸入する水が減肉および空洞の主要な要因と考えられているため、横断目地の耐久性を向上させるためには、(1)目地から水を浸入させない、(2)水が浸入しても減肉および空洞を発生させない、(3)減肉および空洞が発生してもダウエルバーを破壊させない、といったように、水の浸入を想定したうえで多重な保護対策を実施することが重要である。

各段階における具体的な対策案を以下に述べる。

(1) 水を浸入させない対策

- ・注入目地材の飛散や損失を早期に発見できるよう定期的に現地調査を実施し、飛散等を確認した場合は早急に再注入を行う

(2) 減肉および空洞を発生させない対策

- ・ダウエルバーにエポキシ樹脂鉄筋やステンレス鋼、非鉄系材料などの耐食性に優れる材料を採用する
- ・目地直下はエロージョンしにくいアスファルト中間層やセメント安定処理路盤とする³⁾

(3) ダウエルバーを破壊させない対策

- ・車輪軌道直下の鉄筋量を増やし、1本あたりに作用する曲げ応力度を低減させる
- ・鉄筋径を太くし、一定規模に減肉するまでの時間を遅らせる

参考文献

- 1) 野呂直史, 中村康弘, 高井健志, 中村茂樹. 開削調査によるコンクリート舗装目地部の劣化状況, 土木学会第 74 回年次学術講演会講演概要集, V-429, 2019.
- 2) 西澤辰男. 3次元 FEM に基づいたコンクリート舗装構造解析パッケージの開発, 土木学会舗装工学論文集, Vol.5, pp.112-121, 2000.
- 3) コンクリート舗装の補修技術資料 2010 年度版, 社団法人 セメント協会