

## 路面陥没に至る空洞上部アスファルト混合物層の挙動の考察

ジオ・サーチ株式会社 正会員 ○加納 晋太郎  
 同上 正会員 瀬良 良子  
 株式会社NIPPPO 正会員 井原 務  
 同上 正会員 室井 和也  
 東京大学生産技術研究所 フェロー会員 桑野 玲子

## 1. はじめに

道路下の空洞は、埋設管や地下構造物の豪雨等による破損、施工時の埋戻し不良、土砂の吸出し等、様々な要因で発生し、空洞上の舗装耐力が失われると、最終的に道路陥没を生じる。東京大学・埼玉大学・株式会社NIPPPO・住友大阪セメント株式会社・ジオ・サーチ株式会社の共同研究体は、埼玉大学構内に実物大試験道路を築造し、路面陥没のメカニズムの解明、舗装構造を考慮した空洞上部の耐力評価、新たな研究を目的に種々の試験や実験(室井ら<sup>1</sup>、瀬良ら<sup>2</sup>)を開始した。実物大試験道路では、平板載荷試験やFWD試験などの上載試験により、路面からの荷重をかけることで空洞上部の舗装がどのような挙動を示すかを検証すべく、条件を変えた20箇所の人工空洞を作製した。しかし、作製した人工空洞のうち1箇所、上載を行っていないにも関わらず、空洞作製直後から路面が沈下しはじめ、その後自然に陥没に至る様子が確認された(図-1)。本稿では、当該箇所を「自然陥没箇所」と称し、同箇所において確認された舗装の破壊現象について、挙動の観測、および他の人工空洞箇所との状況比較を行い、陥没に至る舗装の破壊過程について考察を行った。



図-1 人工空洞 No. 3-1 陥没状況

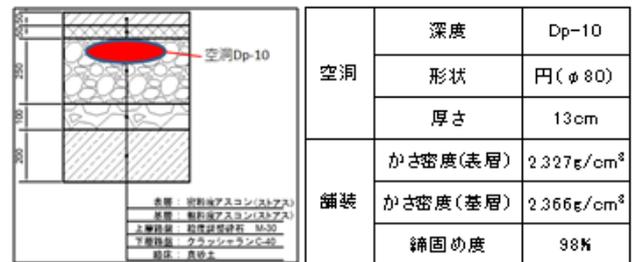


図-2 人工空洞 No. 3-1 諸条件

## 2. 自然陥没箇所の概要

自然陥没は実物大試験道路に作製した20箇所の人工空洞のうち、No.3-1のみで確認された。人工空洞No.3-1の諸条件を図-2に示す。人工空洞No.3-1は、ストレートアスファルトの表基層直下(Dp-10)に、φ80の円柱状の空間を人工的に形成した。

## 3. 自然陥没箇所における路面沈下と表基層の剥離

自然陥没箇所No.3-1では、人工空洞の作製直後から路面が沈下しはじめ、図-3に示すような時系列で表基層間の剥離を伴いながら進行し、最終的に路面陥没に至った。

同図より、表基層の剥離を確認した時点(図-2-B)に前後して、路面の沈下量が急激に増加していることが分かる。また、図-4に自然陥没に至る舗装断面の推移を示す。

表層と基層の剥離から路面陥没に至るまでの流れとして、剥離した基層が先に陥落し、その後表層が沈下するという順に進行していることが同図から示された。

沈下量増加の要因として、支持力を失った空洞作成直後では、表層5cm、基層5cmの計10cm厚であった版が、剥離により表層と基層がそれぞれ5cm厚の版となり、強度が失われたために自重で陥落したことが考えられる。

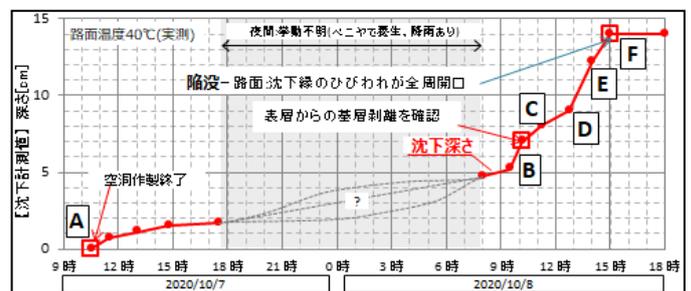
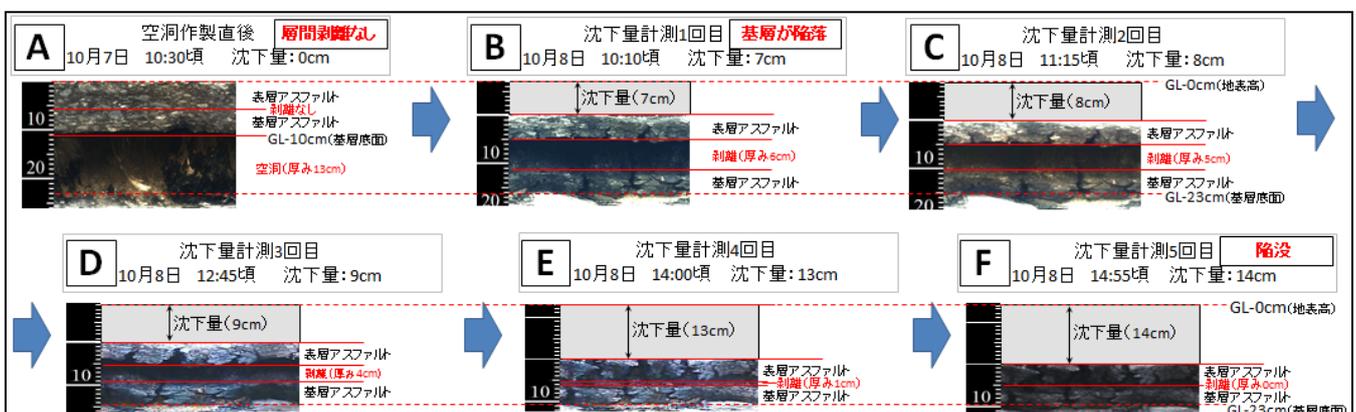
図-3 人工空洞 No. 3-1 における路面沈下深さの推移<sup>2)</sup>

図-4 人工空洞 No. 3-1 における舗装断面の推移

キーワード 空洞, 舗装, 陥没

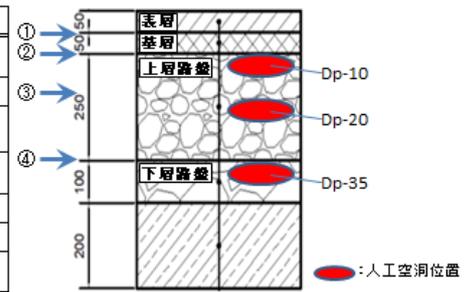
連絡先 〒144-0051 東京都大田区西蒲田 7-37-10 ジオ・サーチ株式会社 東京事務所 TEL03-5710-0215

4. 他の人工空洞箇所における舗装内での剥離現象

自然陥没箇所以外の人工空洞箇所では、平板載荷試験、および FWD 試験を実施したうち、表-1 に示す7箇所、試験後に舗装内の剥離が観察された。剥離が確認された空洞の諸元について表-1 に示す。

表-1 舗装内に剥離が確認された空洞の諸元

人工空洞No.	深さ	空洞形状	表層	試験内容	舗装内での剥離位置	剥離の状況
No.1-1	Dp-10	円(φ80)	改質Ⅱ型	FWD試験	①表層-基層間	FWD試験後に自然沈下 FWD試験から79日後に剥離を確認
No.2-1		円(φ80)	改質Ⅱ型	平板載荷試験		平板載荷試験後に剥離
No.3-1		円(φ80)	ストレートアスファルト	-		空洞作製翌日までに剥離を伴い自然陥没
No.4-2		楕円(80×40)	ストレートアスファルト	FWD試験		FWD試験による荷重で陥没 陥没後に表層と基層の剥離を確認
No.2-5	Dp-20	円(φ80)	改質Ⅱ型	平板載荷試験	②基層-上層路盤間	平板載荷試験後に剥離
No.3-3	Dp-35	円(φ80)	ストレートアスファルト	平板載荷試験	③上層路盤内	平板載荷試験後に剥離
No.3-4	Dp-35	楕円(80×40)	ストレートアスファルト	平板載荷試験	④上層路盤-下層路盤間	平板載荷試験後に剥離



深さ Dp-10 の人工空洞については、表層の材質、自然陥没か否か、実施した試験内容による差異はなく、沈下および陥没という事象に対して、空洞直上の表基層間の剥離が生じていることが分かる。

また、各深さの代表箇所として、人工空洞 No.2-1、No.2-5、No.3-4 の3箇所について、試験後の路面状況を図-5 に、試験前後の舗装断面の比較を図-6 に示す。

平板載荷試験後の路面状況(図-5)を比較すると、路面に確認できる上載痕に大きな差は見受けられない。しかし、舗装断面(図-6)を見ると、試験後に剥離が生じた位置は3箇所それぞれ異なっており、それぞれの空洞に近い層で層間の剥離、および層内の剥落が生じていたことが明らかになった。これは、上載荷重による曲げ引張り力が最もかかった層に剥離・剥落が現れたものと考えられる。また、No.2-5、No.3-4 については、上載試験前に上層路盤が残った状態(空洞上部に路盤材のアーチング形成)であったことから構造的な強度を有していたと考えられる(桑野<sup>3)</sup>。

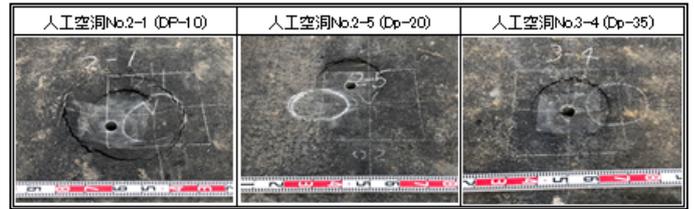


図-5 各深さ代表箇所における試験後の路面状況

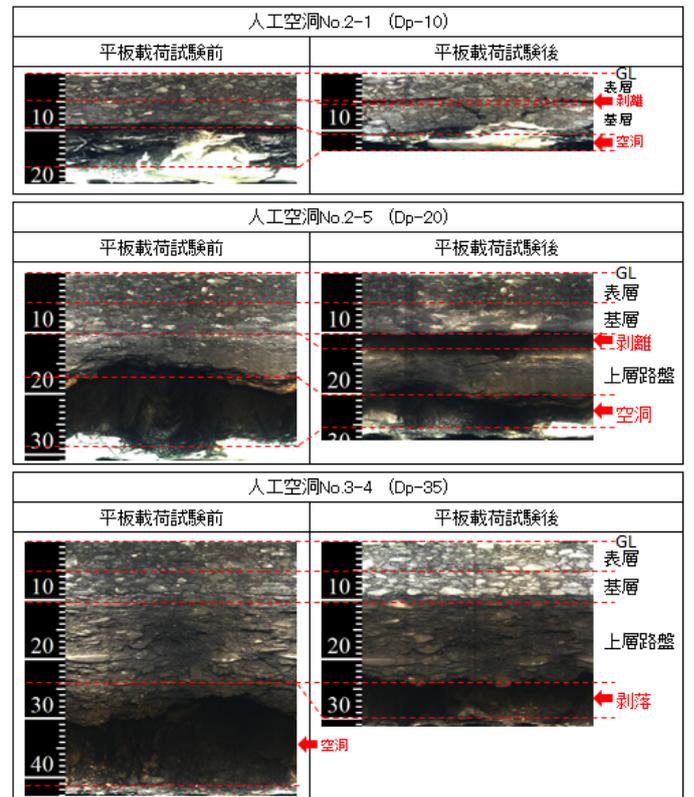


図-6 各深さの代表箇所における試験前後の舗装断面比較

5. まとめ

1. 空洞の発生する位置が浅くなるほど、その上部の舗装(路盤層、アスファルト混合物層)の支持力は、アーチング効果が失われるため低下する。本観測では、自重による破壊と上載荷重による破壊が観察され、双方とも、アスファルト混合物の曲げ引張りによる破壊であった。上載荷重によるものは、載荷後に空洞上の舗装断面に剥離や剥落が確認された。
2. 空洞上部の路盤がアスファルト混合物層を残して陥落した際、最終段階としてアスファルト混合物層の表基層間に剥離を生じる。
3. 本観測によって明らかになった、空洞直上が剥落・剥離を繰り返しながらより浅い位置へ成長していく挙動が、実道で空洞が上方へ拡大していく過程と合致した。

上記より、実道での空洞調査の現場では、表基層間の剥離が確認された場合、路面陥没に至る危険性が特に高いと判断し、優先度を上げて道路陥没防止のための対応を講じる必要がある。

また、表基層間以外でも、層の剥離が確認された場合には、その位置に応じて現状の舗装耐力を知ることができる可能性がある。ただし、舗装耐力の評価については、今後、平面的な広がりや舗装材料による影響など、諸条件を比較しながら検証を行う必要性があり、今後の課題とする。

謝辞：本研究は、国土交通省道路局が設置する新道路技術会議における技術研究開発制度により、国土交通省国土技術政策総合研究所の委託研究「道路構造及び空洞特性に適応した陥没危険度評価と合理的路面下空洞対策についての研究開発」で行われた。

参考文献：1)「路面下空洞上の舗装支持力に関する検討」(室井和也,井原務,桑野玲子 第75回土木学会年次学術講演会,名古屋,2020.9), 2)「路面陥没に至る空洞上部アスファルトの挙動観測報告(実物大試験道路)」(瀬良良子,加納晋太郎,井原務,室井和也,桑野玲子 第55回地盤工学研究発表会,京都,2020.7), 3)「路面下空洞の実態と陥没対策」(桑野玲子,第1回路面下空洞連絡会資料,2019.11)