

流動化処理工法による路面下空洞充填試験施工

Field Test Grouting to the Cavity under Road Pavement with the Liquefied Soil Stabilization Method

久野 悟 郎 (くの ごろう)

中央大学教授 理工学部土木工学科

三木 博 史 (みき ひろし)

建設省土木研究所材料施工部土質研究室 室長

小池 賢 司 (こいけ けんじ)

建設省関東地方建設局関東技術事務所機械課 課長

三木 幸 一 (みき こういち)

建設省関東地方建設局常総国道工事事務所 所長

寺田 有 作 (てらだ ゆうさく)

(財)道路保全技術センター 調査第二課長

岩淵 常太郎 (いわぶち じょうたろう)

(株)日本建設業経営協会中央技術研究所 主席研究員

1. はじめに

路面下空洞を早期に発見し路面陥没を未然に防ぐため、平成2年度から空洞探査および試掘調査が実施され調査データの分析が行われた。その結果、空洞発生の原因を特定できたケースが全体の約30%で、70%が特定困難であった事等の事実が判明した。

現況では空洞が確認された箇所は、開削工法により原因の究明が行われた後に復旧されるが、その周辺状況(沿道住民や道路利用者への影響等)や経済効率面で開削工法による復旧が必ずしも現実的でない場合もある。そこで簡易な充填施工が検討され、土を主材とする流動化処理土による空洞充填が、最新の路面下空洞探査技術の適用性検証を兼ねて現道で試験的に行われた。工事の概要を報告する。

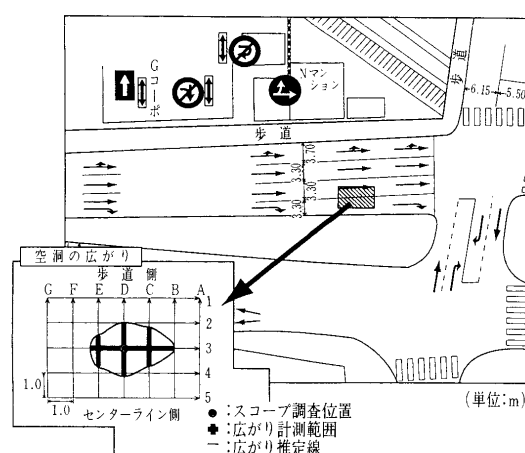


図-1 現場周辺および空洞位置

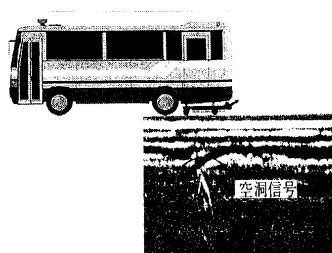
2. 路面下空洞試験施工の概要

試験施工の条件として以下に示す事項が提示され、事前準備がなされた。

- ・本復旧工事の際、充填部の再掘削が容易である
- ・材質、強度が周辺地盤と同程度である
- ・空洞発生付近に埋設物(特に上下水道)がない
- ・簡易な施工機械で機動性に優れる

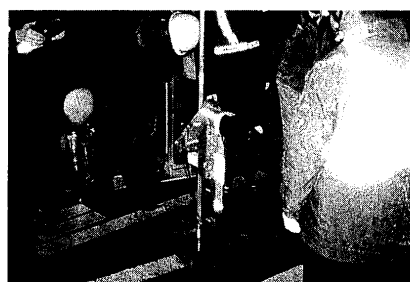
- ・材料費、施工費が開削復旧費より安価である
- ・1箇所の施工時間が4時間以内である

選定された現場の状況を図-1に示す。現場は関東ロームの台地に位置し、道路の交通量は終日多い。対象施工箇所周辺には高速道路とその下部構造物、地下には地下鉄営業線が2線幅横し交差している。空洞充填施工と関係のある既存埋設管は、道路の歩道脇に沿う下水管があり、また首都高の雨水集積管が施工箇所反対側の路面



形 式: 自走式(地中レーダー方式)
 探査深度: 0~1.2m 程度
 探 査 幅: 2.0m 以上(2車線同時測定)
 探査速度: 20 max (km/h)
 探査能力: 50 cm×50 cm×10 cm 以上の空洞

写真-1 路面下空洞探査車



形 式: 地中レーダー方式
 探査深度: 1.5m 以内
 探 査 幅: ****
 探査能力: 50 cm×50 cm×10 cm 以上の空洞
 測定速度: 1~5 (km/h)

写真-2 ハンディ型地中レーダー調査



形 式: 映像視野 360 度
 孔 径: φ25 mm
 サンプリング: 0.25, 0.50, 1.00 mm
 回転速度: 1~75 (rpm)

写真-3 ドーロスコープ調査

工事報告

下に埋設されている。

路面下の空洞は地中レーダーおよびスコープ調査から平面積 6 m²、厚さ 0.35 m 程度の規模と推定され、空洞体積は約 2 m³ 程度と判断された。

3. 探査システムと流動化処理工法

3.1 空洞探査システム

路面下空洞探査は計測延長距離が長い。計測精度と計測時間とのバランスを考慮して平成 2 年度に建設省を中心に路面下空洞探査車を開発し実用化した。当現場の空洞もこの探査車により探知された。

探査車を含めた路面下空洞探査システムを写真一1～3に示す。探査車により空洞位置が感知されると、ハンディ型地中レーダー調査により範囲が特定され、ドロースコップ調査により空洞の厚さと地盤の断面形状が把握される。

3.2 流動化処理工法による充填

流動化処理工法とは発生土および建設汚泥の再生利用促進を目的に開発されている工法で、適切に調整された泥水を建設発生土と固化材に添加して混練し、埋戻しや裏込め材として再生利用するもので、処理土の流動性や材料分離および地盤強度の品質を、泥水濃度を調整して管理する点に特徴がある^{1)~3)}。

今回の処理プラントは道路上での作業を考慮し、短時間、小面積とするため、移動式流動化処理プラントを採用した。基本プラントは、バッチ式混練機と処理土圧送ポンプ、流動計からなっている。混練プラントは最大処理量 0.7 m³ のバッチ式、圧送ポンプは最大吐出量 2.5 m³/h のスクイズポンプを用いた。システム構成を図一2に示す。なお、充填は移動車上の混練機からの直投で十分な圧力水頭を確保できるが、流量の把握がバッチ式となり大まかになるため今回はポンプ圧送とした。

施工手順は、①打設孔掘削に続き打設孔検測→コア検測→調査孔掘削を行い、②資材・設備搬入、③空洞のボアスコープ調査の順に準備作業を終えて、④充填施工の各行程（プラントへ土砂投入→解泥→固化材投入→品質管理→圧送→充填）、を繰り返した。充填の完了は周辺充填観測孔で目視により行った。

配合設計について充填材とし必要な性能を検討した。その結果、基本配合基準は、流動性を表す P ロート値

表一1 充填用流動化処理土の配合

調整含水比 (%)	単位配合 (kg/m ³)			泥水密度 (t/m ³)	泥水 P ロート (sec)	処理土 P ロート (sec)	一軸強さ (kgf/cm ²)			処理土密度 (t/m ³)
	ローム	水	固材				1 日	7 日	28 日	
275	627	513	160	1.204	10.9	13.7	1.60	1.95	3.14	1.300

注) 使用材料 関東ローム (千葉県産) 土粒子密度 2.744
自然含水比 106.2%
一般軟弱土用セメント系固化材

を 14 秒程度、主原料に関東ローム、一軸圧縮強度 3 kg/cm² 程度、ブリージング率 1 % 未満とした。配合設計を表一1に示す。

4. 流動化処理工法による路面下空洞の充填性等

4.1 充填性

路面下空洞探査システムによる事前調査と充填施工後の結果を示す。

① 路面下空洞探査車による調査

平成 5 年 8 月の一次調査で検出された異常信号を充填後と比較するため充填後 48 日目に測定を行った。その結果、周辺的路盤材とは異質の信号を示したが、空洞と思われる異常信号ではなく、空洞内部の充填が確認された (口絵写真一14)。

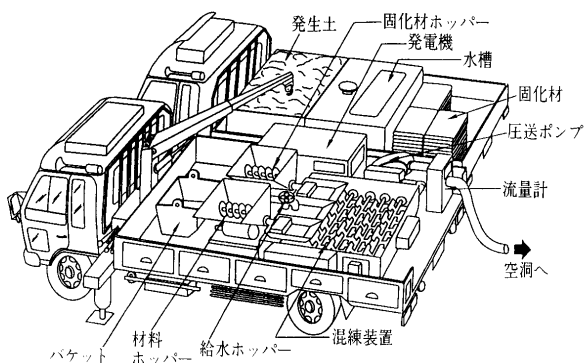
② ハンディ型地中レーダーによる調査

充填直前、充填直後と充填後 45 日および 6 か月経過した測定データを解析し比較を行った (口絵写真一15)。充填直前の測定データからは明らかに空洞の存在が確認できる。注入直後は処理土が完全に固化しておらず不安定な状況である。データから空洞上端部に多少空洞が残存しているような異常信号が見られた。しかし充填後 45 日と 6 か月経過した測定データからは測定した全範囲内で異常信号が消えて、処理土が固化して安定している状況が確認された。

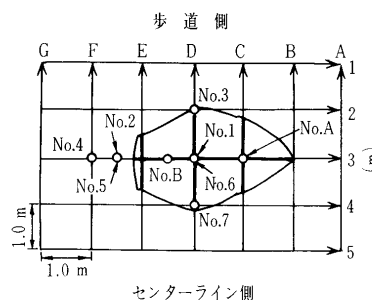
③ ドロースコップによる調査

ドロースコップを実行した空洞周辺のボーリング位置を図一3に示す。図中、No. 1 は二次調査 (平成 5 年 10 月)、No. 2 は充填直前、No. 3～7 は充填後 45 日目 (平成 6 年 1 月) となる。

No. 1 の二次調査スコープ調査によると、空洞はアスコン直下 (路面より 44 cm の深さ) に発生しており、厚みは 36 cm であった。充填前・後の状況について多少の位置のずれはあるが同一箇所での調査を行った結果を口絵写真一16に示す。注入後 45 日経過した撮影記録から空洞



図一2 移動式流動化処理プラント



図一3 スコープ調査位置

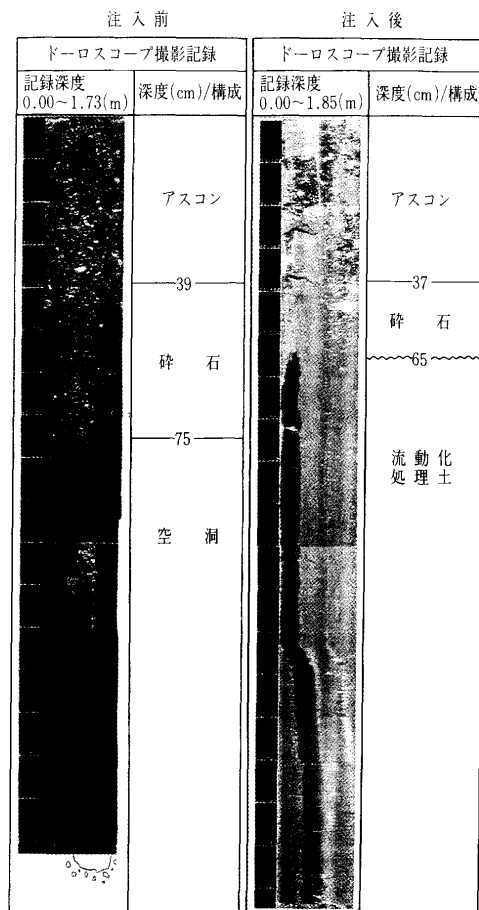


図-4 ドロースコップ撮影記録

部は完全に充填されていることが確認できる。ただし充填部下の碎石層（深さ1.4m付近）の緩みは充填前と変化がない。

No. 2の直前調査は現場の判断で追加することとなった。充填のための打設孔（図中No. B）を削孔した際、空洞厚さが100cm程度あり、空洞の形状が急激に変化していることが分かった。

直前と45日目の撮影記録を図-4に示す。碎石層中に厚み約1mの空洞が存在していたが、注入後45日経過した撮影記録から空洞が完全に充填されていることが確認できる。

そのほか、空洞周辺の充填後45日後のスコップ調査結果からも流動化処理土が空洞内部に確実に充填されていることが確認された。今後この箇所において12か月目の追跡調査を行い経時変化を確認し、流動化処理土による充填の位置付け（応急復旧または本復旧）を検証する計画となっている。

4.2 道路占用面積

移動式流動化処理プラントを並列に並べ2車線を占用した。これに空洞削孔作業域を加え、作業帯幅は15mとなった。導流帯30mを加えると総道路占用面積は2車線50m程度となる（図-5）。ただし探査車および騒音測定車は作業帯内に駐車させた。

4.3 施工性

路面下の小規模な空洞充填（夜間1工事）に対して移動式バッチ処理式処理プラントを採用した。このシステ

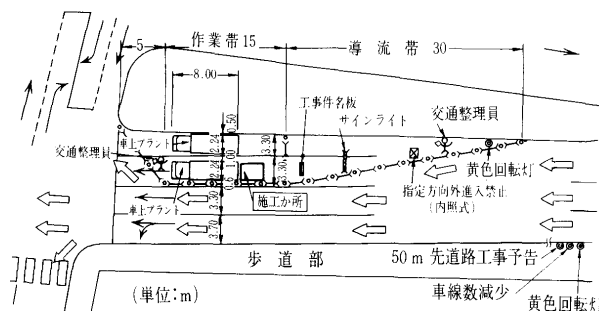


図-5 道路占用面積

表-2 品質試験結果

	No.	材齢3日			材齢7日			材齢28日		
		密度 t/m ³	含水比 (%)	強度 kgf/cm ²	密度 t/m ³	含水比 (%)	強度 kgf/cm ²	密度 t/m ³	含水比 (%)	強度 kgf/cm ²
1バッチ平均値		1.331	159	1.63	1.324	160	1.83	1.325	160	2.62
2バッチ平均値		1.318	163	1.85	1.320	164	2.06	1.316	164	3.20
3バッチ平均値		1.321	165	1.99	1.319	166	2.44	1.319	166	4.37

ムにより3.63m³の処理土が投入され、要した施工時間は3時間45分程度と、翌日復旧が実証された。また工事は雨中で行われたが、充填施工および処理土製造工程での雨水の影響はなかった。

4.4 品質管理結果

処理土の品質管理を密度、含水比、一軸圧縮強度で行った。1バッチから3バッチまでの結果を表-2に示す。材齢28日の結果から、密度と含水比のばらつきが1%程度であるのに対して、強度はばらつきがある。

4.5 その他

夜間工事のため騒音測定を午後10時24分～午前2時26分まで、処理プラントから2.2m離れた地点で計測した。最大値は82dBで最小値76dB、中央値78dBで、プラントの稼働時と休止時の差異は騒音記録に表れなかった。

5. おわりに

今回の試験施工では充填性等に関する工法の適用性および空洞探査システムについて良好な結果を得ることができた。今後は、より作業効率のよい施工システムの開発、流動化処理土の要求品質の検討、周辺構造への流動化処理土の流出防止方法の検討、路面下空洞の本復旧への流動化処理土の適用、などの課題について検討を行う予定である。

最後に流動化処理工法は建設省総プロの一環として建設省土木研究所と（社）日本建設業経営協会中央技術研究所による共同研究により開発が進められている。研究に携わる方々の真摯な努力に感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) 久野悟郎・三木博史ほか：流動化処理土の利用技術の開発，土木技術，Vol. 49, No. 8, pp. 80～87, 1994.
(原稿受理 1994.9.30)