

サイロ内海砂に埋没した要救助者に対する空気ボンベの圧力を利用した救出サポートシステムの開発

大阪市消防局（大阪府） 井村 誠
原田 裕
的場 一輝

1 現状と問題点

国内には、生コンクリート製造会社が約 3000 カ所あり、セメントや砂などコンクリートの原料を分割して一時的に貯蔵するタンクをサイロという。

このサイロ内において、凝固して壁に付いた砂などを掻き落とす作業中にその砂が崩落し作業員が埋没する事案が過去 10 年間で少なくとも 20 件以上発生しており、残念ながらそのほとんどの要救助者が救出中又は救出後に窒息や胸部圧迫により亡くなっており、また幸いにも救出に至った場合においても、救助活動に長時間を要している現状である。

2019 年 1 月末に当署管内においても生コンクリート製造会社のサイロ内で作業員が砂に頸部まで埋まる事案が発生（災害現場写真）し、救出までに約 11 時間を要した。

本事案ではサイロ内への進入は地上高 20m から既設の縄梯子で 8m 降下しなければならず、活動空間が狭隘で、砂壁の再度の崩落という二次災害の危険もあることから進入隊員数を制限しての活動となった。要救助者に接触後、直ちに徒手のみで頸部、胸部と身体の上から順番に砂を掻き出し、腋下部に縛帯により一次確保を取ったのち、土留めを施し、徒手やスコップで砂の除去を進めたが、時間の経過に伴い、要救助者に対し増々土圧がかかり掘り進めることが困難となってきたことから、最終的にはコンパネやレスキューサポートシステムを活用して 4 重の土留めを施し、斜面の安息角（土砂の斜面が崩れずに安定している状態。一般的には 30 度といわれている）を 30 度以下に設定するまで手作業で 14 t の砂を除去した。

当事案においては、事前の研修訓練が功を奏し、また早期の医師による輸液の実施、要救助者の年齢が 30 歳代ということもあり、救出完了まで長時間

を要したものの、要救助者の完全なる社会復帰に繋げることができた。しかしながら、長時間の救出活動による要救助者の容態の悪化や活動環境の急激な変化等、緊急を要する事態へと発展することを想定した場合、徒手やマンパワーのみでの活動以外にも検討する余地があると考え、これまでの活動要領に加えてできるだけ早期に、且つ要救助者に対し苦痛を与えることなく、また狭隘空間においても救出が可能な方策を考察した。

2 土圧を軽減する空気噴射管の開発

同種事案で救出活動に長時間を要する最大の要因は、「要救助者にかかる砂等の土圧」である。特に腰部まで埋没した状態では、つるべ式救助法を用いても引き揚げることはほぼ不可能である。

また、埋没初期は比較的密度が低い砂であっても、時間の経過に伴い砂の自重により徐々に密度が高くなり、さらに活動隊員により周囲の砂が踏み固められることで、より土圧を高めてしまうこととなる。よって土圧が高まるに従い、要救助者に対する圧迫も高まり、徒手による砂の除去も困難となっていく。

そこで、今回考察した救助方法は、如何にして土圧を下げるかに焦点を合わせた。

砂はその性質上、個々の粒子が集合して成り立っており、砂粒子の間隙は空気や水により満たされており、その密度は空気や水などのバランスに応じて変化する。

前述のとおり、砂粒子の集合体は、堆積されるとその自重により密に詰まっていく。その過程を圧密というが、その圧密を軽減するためには、砂粒子の間隙に空気を注入すれば圧密を解放できるのではと考えた。

その圧密を解放する資機材として、空気噴射管を作成した。(写真1、イラスト1) 資機材は、180 cmステンレス管(口径9.5 mm)で先端の穴は塞ぎ(写真2)、先端から2 cmの箇所約5 mmの切れ込み穴を10 cm間隔で管の上部側へ向かって5ヵ所開ける。(写真3)

ステンレス管の上部にオスのカップラを溶接接続し(写真4) 空気噴射管を作成する。そのオスのカップラにエアーガン(ゴムボート用)のアタッチメン

トホースを接続、反対側に 90 空気ポンペを接続し完成、これを 6 本作成する。

これらは、ステンレス管から空気を噴射することにより砂粒子間に間隙(空洞)ができ、圧密を解放し、結果的に土圧を軽減する効果が見込まれるものである。

なお、空気噴射管は圧密された砂への差込み易さ及び重量、耐久性を考慮し、9.5 mmステンレス管とした。

そして、今回事故のあった事業所から事故時と同じ海砂(約 2 t)を提供して頂き、それを高さ 83 cm、直径 46 cmのドラム管に入れ、内部確認をするため側面に縦 56 cm、横 36 cmの亚克力板で窓を作り、空気噴射管の風圧及び空洞化を検証した。(写真 5) また、サイロに見立てた木枠(縦 200 cm、幅 100 cm、高さ 180 cm)を作成し、残りの砂を投入して救出方法についての検証を重ねた。(写真 6)

3 空気噴射管を活用した救出方法

- (1) 要救助者に一次確保を取り、つるべ式救助法を設定する。
- (2) 要救助者の周囲にコンパネ等で土留め及びグラウンドパッドを設定する。
- (3) 空気噴射管 6 本を、埋没している要救助者を取り囲み足の甲と踵部分に届くよう約 80 cm~90 cm砂内に挿入する。(要救助者の身体を傷つけないように、より近づけた状態にする。ただし要救助者に意識があれば砂内の体位を聴取する。)(写真 7、イラスト 2)
- (4) 次に 90 空気ポンペのそく止弁を開け、6 本共に一斉に約 10 秒間動かさずに噴射。10 秒経過すれば砂内に空洞ができたことが感触で判るので、その空洞を広範囲に広げるようにゆっくり上下左右に動かす。(写真 8)
- (5) その、空洞部分に周りの砂が流入すると土圧が下がっていくので、その動きを約 60 秒繰り返し、砂の密度が緩んだところで救出ロープを引き、要救助者を引き揚げる。(写真 9)

4 今後の課題

今回、要救助者が立位の想定で検証を進め一定の効果が見出され、ほぼ 2

分以内で救出が可能であったが、立位であった場合、足の甲上の土は真上に救出していくうえで身体の中で一番抵抗（土圧）がかかる箇所であり、その周りの土圧を下げるのがポイントとなった。立位であれば足の甲上であるが、座位であったり、屈曲している場合では土圧のかかる箇所は変化することから埋没している部分の体位を特定できなければ時間を要することも想定しておかなければならない。

今回開発したサポートシステムでは、90 空気ボンベで使用可能時間は約 2 分であるため、2 分以上かかることを想定し、空気を連続して噴出できるように、予備ボンベの準備は当然のことながら、エアラインなどの活用や連続供給できるボンベ交換装置など改良も必要となってくる。また、埋没している砂等の材質によってはステンレス管が挿入できないことも予想されるため、素材・形状など今後引き続き検証していく予定である。

5 結 語

これまで全国的にみても同種事案の発生頻度は少なく、その経験値が低いのが現状である。しかしながら今回、当隊は初めて同事案を経験し、幸いにも要救助者を救出できたものの、救出に長時間を要し、同事案の困難性を痛感した。その経験を今後に生かすために、これまでにない発想での救出サポートシステムを開発した。

今回開発したサポートシステムは、消防が保有する既存の資機材である空気ボンベとゴムボート用のエア注入ホースにステンレス管を組み合わせただけの安価で製作が容易であり、かつ要救助者に対し負担をかけることがない。当サポートシステムにより、要救助者の周りの土圧を軽減すれば、要救助者の体位によっては驚くほど容易に救出が可能であり、仮に引き揚げる事ができない場合であっても、土圧を軽減することにより手掘りでも砂を掻き出していくことが比較的容易となる。

もちろん、消防署の一消防隊だけでの検証には限界がある。今後さらに検証や実験を重ねることで、空気の注入により圧密が軽減される土砂であれば、サイロだけではなく、他の土砂災害にも対応できる発展性のある資機材及び救出方法になると思慮する。

今回の発表により、全国で発生した同種事案の際に活用され、一人でも多くの要救助者の救出に役立つことを願う。



災害現場写真

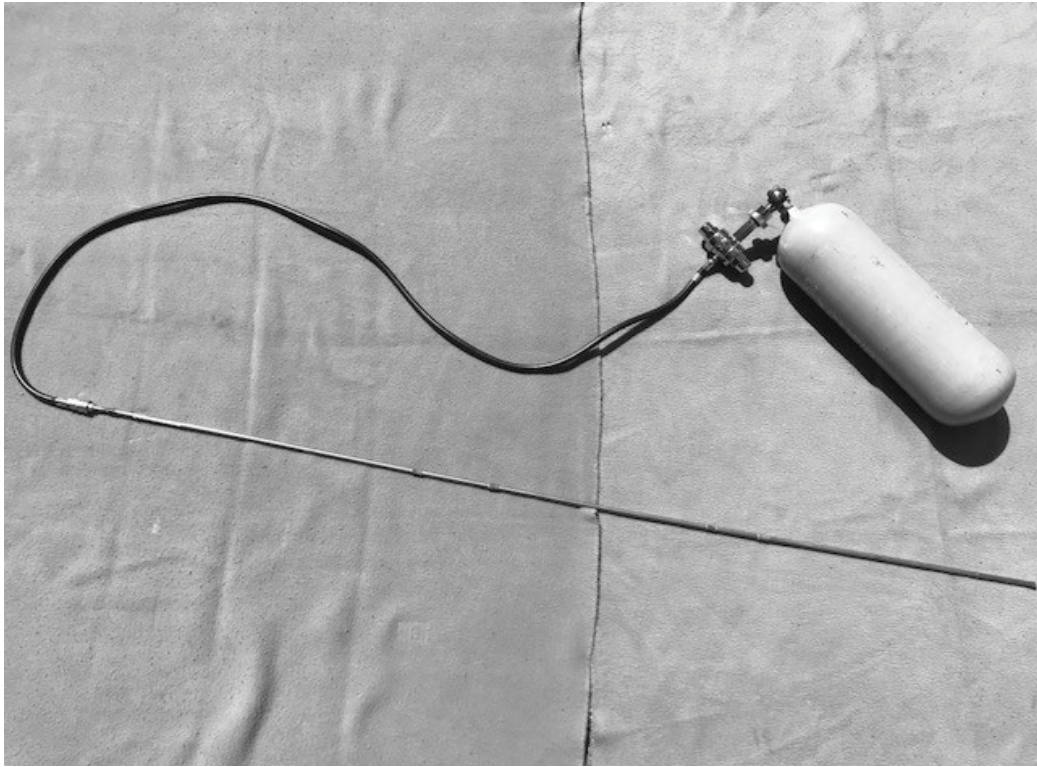


写真 1 空気噴射管

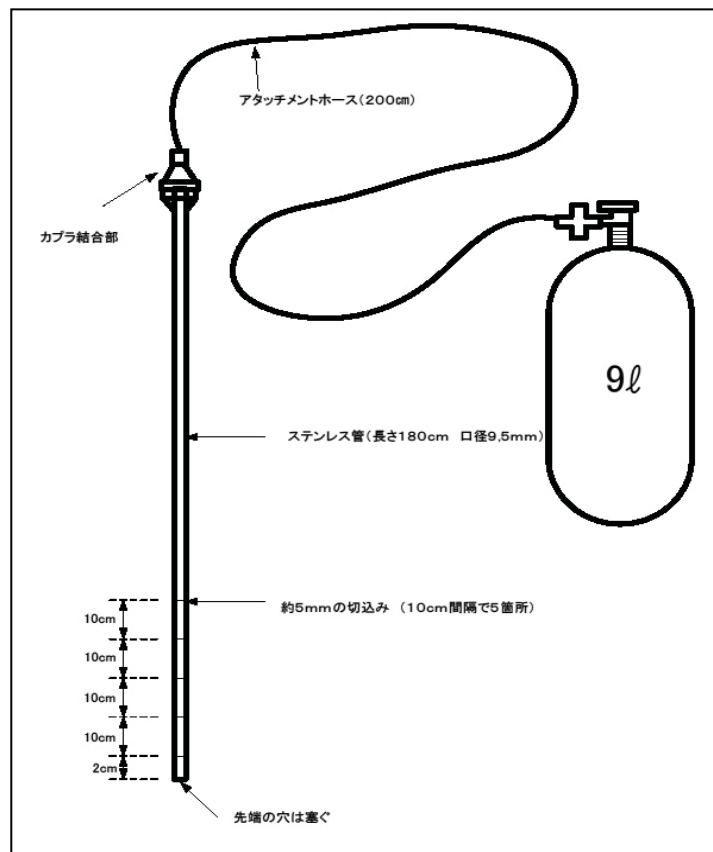


イラスト 1 空気噴射管説明図



写真 2 ステンレス管先端部

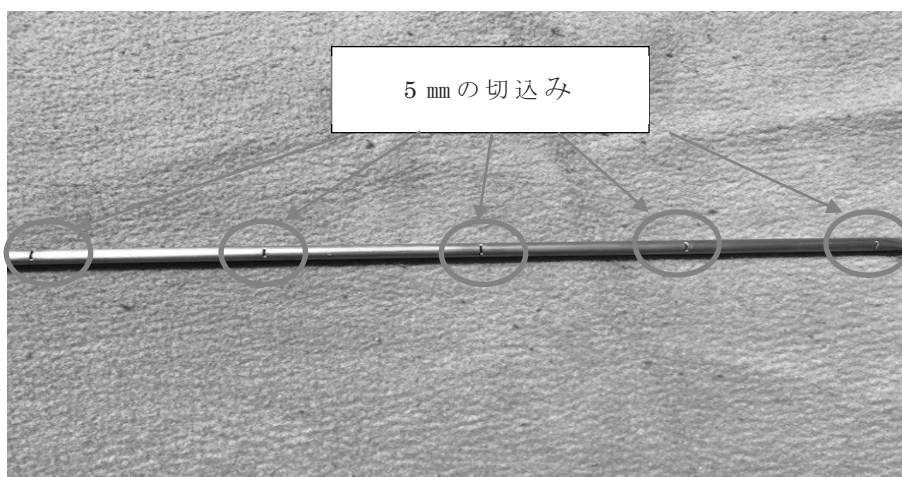


写真 3 ステンレス管

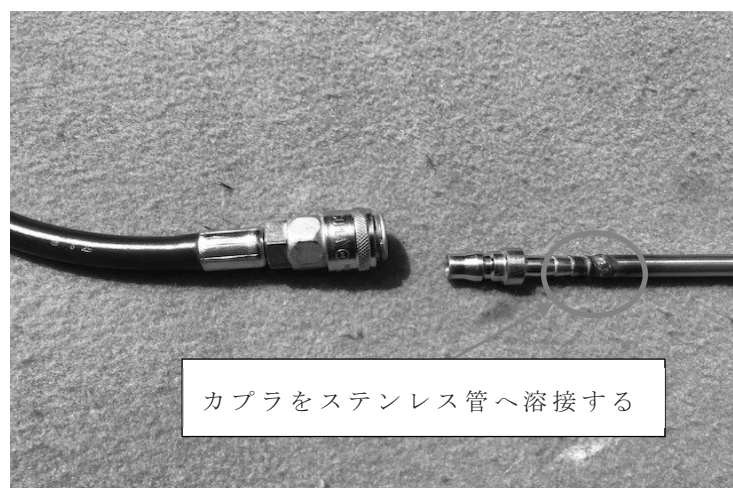


写真 4 ステンレス管 オスカプラ溶接部



写真5 空気噴射管の風圧による海砂の空洞化



写真6 サイロに見立てた木枠に要救助者を埋没させた状態



写真7 空気噴射管を要救助者付近に差し込んだ状態

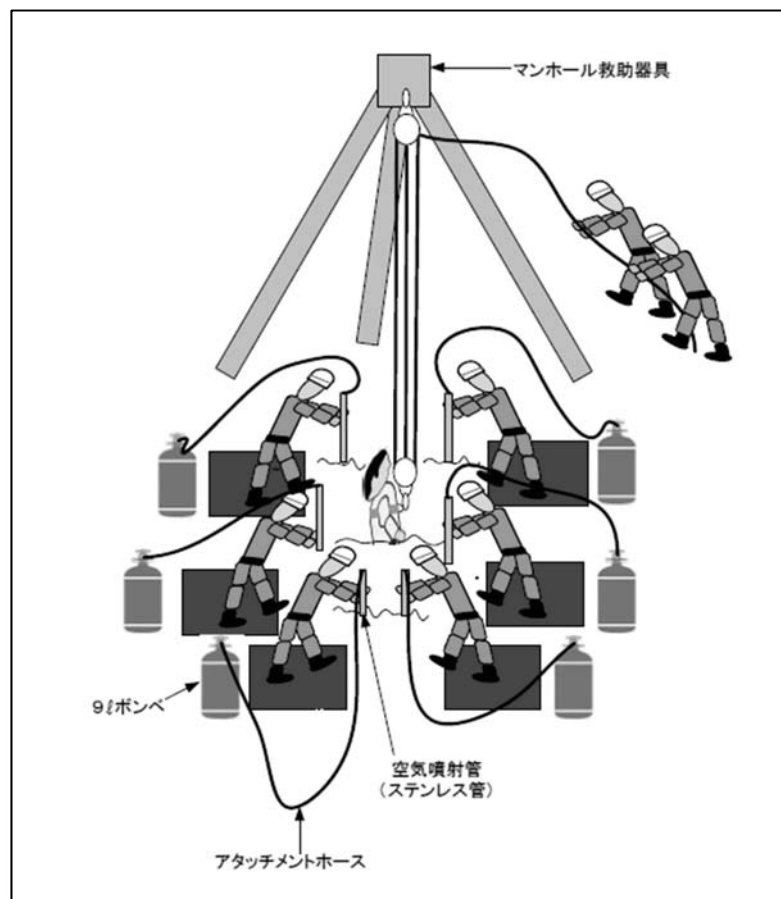


イラスト2 写真7をイラストにしたもの



写真8 空気噴射管を上下に動かし、砂内の空洞を拡大



写真9 土圧解除後、要救助者の引き揚げ