

産業廃棄物処分場跡地における工事への 環境保全技術の適用

加藤照己¹, 砂金克明¹, 岡田 寿¹
阪本廣行(フェロー会員)², 山田裕己(正会員)², 伊藤 剛², 瀧 宏史²
小野 諭(正会員)³, 石川浩次(正会員)³, 福原 誠³

¹ 日本道路公団 中部支社 (〒460-0003 名古屋市中区錦 2-18-19)

² 株式会社フジタ (〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷 4-25-2)

³ 中央開発株式会社 (〒169-8612 東京都新宿区西早稲田 3-13-5)

第二名神高速道路湾岸桑名インターチェンジは既設の産業廃棄物処分場の架空部に位置し、橋脚の設置にあたっては産業廃棄物の掘削を伴う工事が必要であった。工事に先立って実施した事前調査では産業廃棄物層内からメタン、硫化水素、アンモニア、トルエン等の可燃性ガス及び悪臭ガスが規制基準値を上回る濃度で検出されており、また浸出水の水質に関しても排水基準を上回る分析結果となっていた。

そのため掘削工事において発生するであろう問題点を解決するために、環境保全対策および安全対策を検討して工事を実施している。本報告ではこの工事の概要を述べると共に発生ガスの抑制策、滞留水対策、悪臭対策等の考え方と概要を述べる。

キーワード: 産業廃棄物, 可燃性ガス, 有害物質, 悪臭対策, 環境保全

1. はじめに

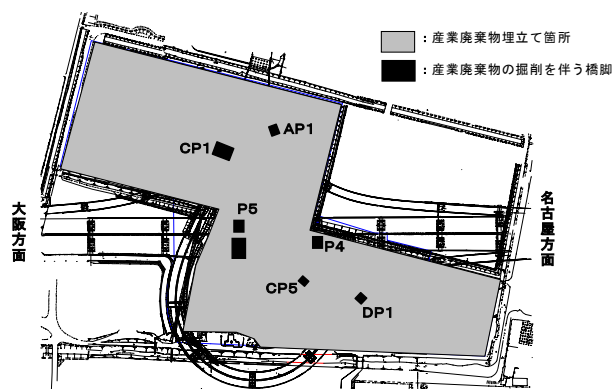
産業廃棄物処分場内において、廃棄物層の再掘削を伴う高速道路のインターチェンジ工事が実施された。事前調査において各種悪臭ガスや可燃性ガス等の発生が確認され、工事施工時における種々の影響が懸念された。また周辺住民からは悪臭の防止に対して強い要望が寄せられていた。

しかし管理型最終産廃処分場内における本格的な構造物築造工事は国内で事例が無く、標準工法・標準施工フローの無いスタートとなった。工法選定にあたり日本道路公団・大学教授(現福岡県リサイクル総合センター長、花嶋正孝氏)・三重県環境部・(財)高速道路技術センター・フジタJVによる施工検討委員会を組織し、様々な調査を行うと共に工法の提案・検討・現地実験を行い施工を進めた。

本報告ではこの工事の概要を述べると共に、発生する各種有害ガス、可燃性ガス、悪臭物質および有害物質に対して、作業員の安全確保を第一に地域周辺環境の保全も含めて管理対策等の考え方と概要を述べる。

2. 工事概要

第二名神高速道路の湾岸桑名インターチェンジは、三重県桑名市の揖斐川河口部に設けられるシングルトランペット型のインターチェンジである。このインターチェンジの大部分が産業廃棄物処分場の埋立地内に位置している。インターチェンジと産業廃棄物処分場の平面図を図-1に示す。



産業廃棄物処分場は埋立て終了後5年程度経過した管理型処分場で、第Ⅰ～Ⅲ期にわたり、面積は合

計約 6.4 万 m^2 、埋立てられた廃棄物は合計で 42.5 万 m^3 となっている。

断面構造は地下 10m 程度まで掘り下げて廃棄物を埋立てた後、最終的に地上 4～10m まで廃棄物が盛り上げられている。処分場の底面は厚さ 1.5mm の超軟質ビニールシートが敷設され、その上部に浸出水の集水施設があり、埋立て地内の水位が一定値以上となるとポンプアップして水処理施設へ送水し、無害化处理を行っている。断面概念図を図-2 に示す。

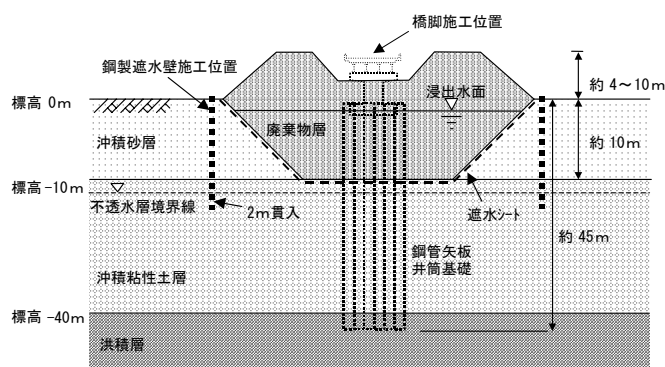


図-2 橋脚断面概念図

周辺地盤は木曽三川である揖斐川と長良川の河口地帯に位置し、深さ 40m 程度まで N 値 2～5 程度の軟弱粘性土が堆積している。そのため高速道路建設には圧密による沈下対策が必要で、インターチェンジ前後区間の高速道路本線およびランプ部は、基礎杭を支持層まで打設する構造として高架構造で計画されていた。

3. 設計上の問題点

この章では湾岸桑名インターチェンジの構造設計を行った際の、産業廃棄物に起因する様々な問題点について述べる。

(1) 道路構造形式の選定

道路構造形式を選定するにあたり計画上の条件および問題点は以下のとおりであった。

a) 道路計画上の条件

- 処分場底面に敷設された遮水シートを破損しないこと。または遮水シートに代わる対策を講じる必要がある。
- 廃掃法の「再委託の禁止」規定により、工事により掘削される廃棄物を当処分場以外の場所に移動させてはならない。
- 地主及び地域住民の了解が得られない以上、掘削残土（廃棄物）の処分のために処分場の拡大はできない。

b) 盛土構造で設計する場合の問題点

- 管理型最終処分場は土中に適当な空隙が存在し、雨水等による洗い出し浄化作用により廃棄物が無害化されていく。盛土構造とした場合雨水の浸透が阻害され廃棄物が無害化されるまでの時間が半永久的になる可能性がある。
- 不測の事態が発生した場合、盛土の下では適切な処置が不可能となる。
- 産業廃棄物の性状が不均一であり、盛土構造とした場合将来沈下量の予測ができない。

c) 橋梁構造で設計する場合の問題点

- 構造物掘削及び桁下の掘削が必要となり、産業廃棄物の処理が発生する。
- 支持層が深いため長尺杭を打設する必要がある。

以上の条件および問題点をふまえ、盛土案ではインターチェンジ工事に伴う処分場形状変更許可が三重県環境部から下りないこと、また構造上の得失も考慮し橋梁形式を選定している。

(2) 基礎形式の選定

廃棄物に直接接触する基礎形式は以下に述べる理由により剛性の高い鋼管矢板井筒基礎構造とすることに決定した。

a) 橋梁下部工形式計画上の条件

産業廃棄物処理場内は地下約 10m の深度に遮水シートが設置され、その上部に廃棄物が埋め立てられている。廃棄物の組成は汚泥、鉍さいスラグ、焼却灰、金属塊、廃棄プラスチック等多種にわたり規則性が無く地盤として強度を期待することが非常に困難である。そのため産業廃棄物中に構築される基礎は廃棄物底面（自然地盤天端面）を設計地盤面とし、突出構造として構造計算をする必要があった。処分場内の基礎構造概念図を図-3 に示す。

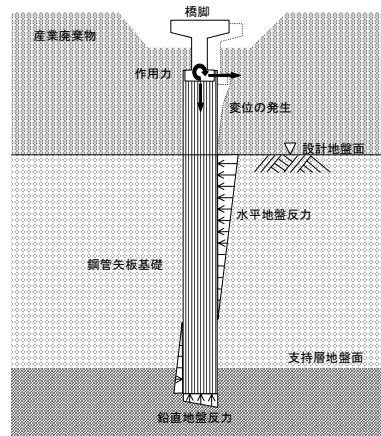


図-3 基礎構造概念図

このような構造では、地震時に発生する水平力に対し横方向の変位が増大しやすいため、基礎の剛性を高める事により重大な損傷の発生を防止する必要がある。また剛性の高い基礎構造物を設計するにあたり、廃棄物の掘削量が最少となるように構造決定をするという条件を加味すると、設計地盤面からの突出長と基礎の剛性との兼ね合いのバランスを調整する事も必要な検討事項となってくる。

このような構造設計上の諸調整と安全性、工期、経済性を検討し、鋼管矢板井筒基礎構造にて設計する事に決定した。また井筒内部の廃棄物掘削量が最少となる矩形断面で設計する事とした。

また設計地盤面の高さは10年前の産業廃棄物埋め立て時の記録によればG.L. -10m程度と想定されていた。しかし既設産業廃棄物の重量によって圧密沈下が発生し、設計地盤面が沈下している事が予想されるため、橋脚部において廃棄物層厚確認のためのボーリングを行い、設計に反映させる事とした。

(3) 遮水シート破損対策

鋼管矢板井筒基礎を築造することによりその基礎杭は、産業廃棄物管理型最終処分場底面に敷設されている遮水シートを貫通し、さらに下の支持層まで打設される。このことにより廃棄物層内に滞留している浸出水が周辺に浸透しないように何らかの対策が必要となってくる。

遮水シートの貫入破損部の補修工法に確実性が無いため、処分場外周全体に遮水壁を不透水層（透水係数 10^{-7} cm/sec 程度のオーダーに2m貫入）まで打設し外部への浸透防止を図ることとした。確実性、経済性、施工性等を検討し、鋼製遮水壁を設置することに決定した。

(4) 掘削廃棄物の処理

桑名インターチェンジ工事に伴い掘削された廃棄物は前述のように、当処分場内での処理が必要である。掘削廃棄物は処分場内の道路設備に支障しない範囲まで運搬し盛土することにより、土量バランスを取って処分場内に収める方針とした。嵩上げ盛土高2mという地元住民の受認限度を守るとともに、処分場に挟まれた窪地に産廃埋戻し用ピットを増設する事で、民地への処分場拡大をしない方法で全体の土量配分を調整することに決定した。

以上のような設計条件を元に、橋脚施工における施工の流れをまとめたものが図-4となる。

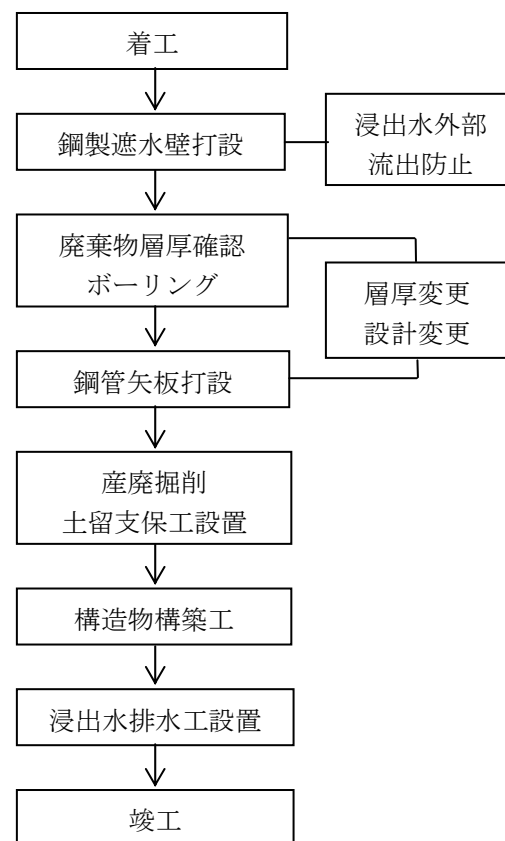


図-4 施工の流れ

4. 施工上の問題点と対策

工事に先立ち廃棄物土中へボーリングを行い、コアを採取し混入物の分布状況を確認すると共に、土層内部に蓄積されているガス及び浸出水を採取し室内分析試験を行った。調査の結果、混入物についてはかなり大型の金属塊もあり、その種類、分布も統一性がなく成分的にも劣悪な結果を得た。その結果を表-1に示す。

表-1 室内分析試験結果

	調査項目	分析値	基準値
ガス組成	硫化水素	111ppm	10ppm以下
	トルエン	452ppm	50ppm以下
	酸素	0.3%	18%以上
	可燃性ガス（メタン）	92%	1.5%以下
	ガス温度	41℃	
水 質	BOD	40,000ppm	60ppm以下
	COD	44,000ppm	60ppm以下
	SS	8,940mg/l	200mg/l以下
	pH	6.9～11.1	5.8～8.6
臭 気	臭気強度	5	3.5以下

注；各基準値は安衛法・則，三重県公害防止条例，悪臭防止法による。

この調査結果に基づき施工に際し解決せねばならない問題点を以下のポイントにおいて抽出した。

- I. 作業環境の確保
- II. 地域環境の保全
- III. 供用後の管理

これらの3つのポイントに焦点をあて比較検討を行い、表-2のように対策工を計画実施した。

表-2 産業廃棄物対策一覧

対策対象	想定事故	対策工
ガス	酸素欠乏	事前ガス抜き工 自動ガス検知システム 救出・救命・消火設備
	可燃性ガス爆発	
	硫化水素ガス中毒	
	有機溶剤ガス中毒	
臭気	悪臭拡散公害	土壌脱臭装置の使用 消臭材の散布 即日覆土工法
	作業効率の低下	
有害物質 (浸出水)	外部流出汚染	車両重機の洗浄 仮設調整池の設置 鋼製遮水壁による閉鎖 塩化ビニール製遮水シートの布設 散水による粉塵防止 環境モニタリング
	構造物劣化	
疾病	感染症	無人化施工 予防接種・血液検査 ガスマスク等の保護具
	薬品接触	
	呼吸器官障害	

以下に廃棄物掘削工事における最大の難関である発生ガス、悪臭および浸出水対策として実施した主な工法に関して概要を記す。

(1) 事前ガス抜き工

鋼管矢板打設や廃棄物掘削に伴い発生する、可燃性ガスおよび悪臭対策として、掘削前に廃棄物層内に空気を圧入することにより、廃棄物層内に溜まったガスを事前に強制排出すると共に、廃棄物内部

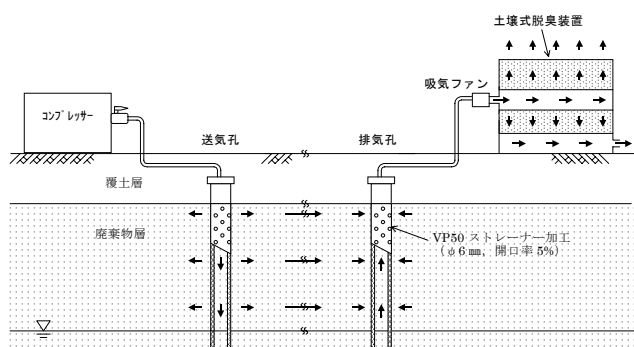


図-5 事前ガス抜き工概念図

を好気性状態に遷移させ有害ガスの発生を抑制した。また排気孔から廃棄物層内のガスが排出されるが、このガスを土壌中の微生物による浄化作用を利用した脱臭装置を通過させることにより、悪臭を除去して大気中へ放出した。図-5に事前ガス抜き工の概念図を示す。

送気孔と排気孔のピッチは試験施工の結果に基づき5mでハニカム状に配置し、限定した区域での効率的なガスの置き換えが実施できるようにした。最終的なガス抜き管の打設総数は450箇所、総延長は2,500mとなった。図-6に多眼ハニカム平面配置図を示す。

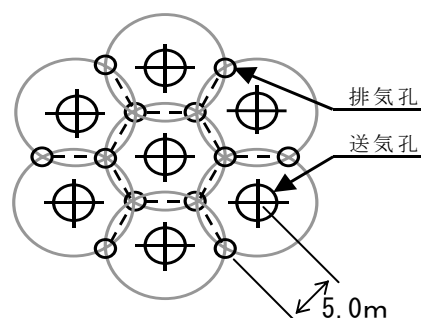


図-6 多眼ハニカム平面配置図

実施工におけるガス濃度変化を表したものが図-7のグラフである。ガス抜きの効果は酸素濃度の上昇と、メタン濃度の低下となって現れている。これによるとメタン濃度の低下は比較的早期に発現されるが、酸素濃度の上昇には一定の時間がかかっている事がわかる。

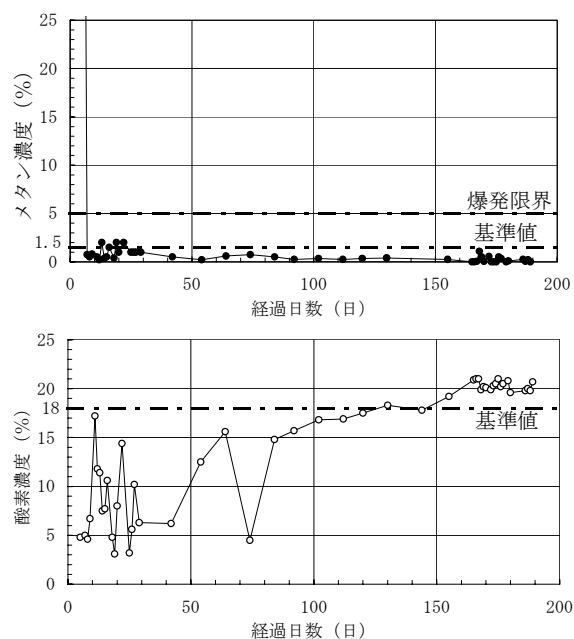


図-7 ガス濃度の変化

事前ガス抜き工の結果を表－３にまとめた。計測結果から立坑内部の産廃は事前にガス抜きが十分行われていると判断されたが、産廃内には局所的にガスが滞留している危険性があるため、土べら落しなどの立坑内作業は無線操縦の無人バックホーを使用して行った。

また鋼管矢板溶接時に鋼管に沿って地表面に噴出してくる可燃性ガスが 1.5%濃度を越える場合があったが、ガス抜きを継続する事により管理基準内の濃度に低下させる事ができた。

表－３ 発生ガス計測値

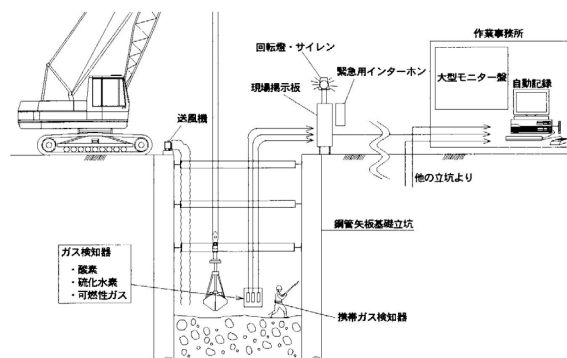
ガスの種類	自然状態	ガス抜き後	管理基準
酸素	0.3%以下	19.6～20.9%	19%以上
硫化水素	111ppm	0～0.2ppm	10ppm 以下
可燃性ガス	92%	0～1.5%	1.5%以下



写真－１ 事前ガス抜き工配管

（２）ガス自動検知システム

鋼管矢板井筒基礎内の廃棄物掘削にあたり、立坑内に酸素、硫化水素、メタンガスのセンサーを配置し現地モニター盤に濃度を表示させた。また同時に事務所内にも大型モニター盤を設置し、複数の立坑内の状況をリアルタイムに集中管理してデータを自動記録させた。基準濃度を超えたガス濃度が検知された場合、現地及び事務所に警報ブザーが鳴り退避を勧告する。図－８にガス自動検知システムの概念図を示す。また立坑近傍には立坑内有人作業における緊急事態に備えて、空気呼吸器、医療器具、負傷者吊り上げ用小型クレーンなどを常時配備した。



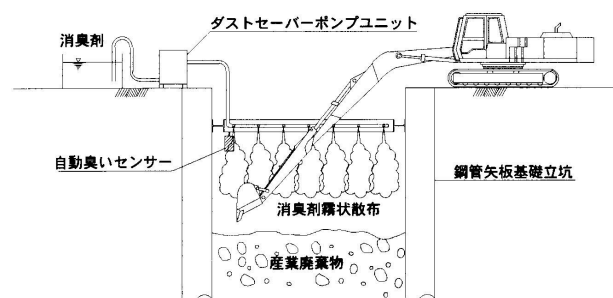
図－８ ガス自動検知システム概念図



写真－２ ガス自動検知盤

（３）消臭剤自動散布システム

消臭剤使用に先立ち、現地で消臭試験を実施し効果が最適になるように成分の調整を行った。消臭剤の散布方法はハイウオッシャーで産業廃棄物に直接散布する方法が一般的であるが、掘削時の臭い粒子が大気中に拡散していく事を完全に防止する事は不可能である。その対策として特殊ノズル（ダストセーバー）により消臭剤を５ミクロンの霧状にして散布し、大気中の臭い粒子を吸着させる補助消臭を行う事とした。鋼管矢板井筒基礎掘削における消臭剤散布システムの概念図を図－９に示す。



図－９ 消臭剤自動散布システム概念図

噴霧ユニットの作動は現場内に設置した臭いセンサーと連動して、センサーの値が一定値以上になると自動的に噴霧するシステムを構築した。

またこの自動散布システムは掘削された廃棄物を埋め立てる場合にも導入した。悪臭が埋立て区域から外部に拡散する事を防止するため、埋立て区域を囲むようにダストセーバーのノズルを帯状に配置した。その結果沿道住民からの悪臭に関する苦情等の発生を未然に防止することができた。



写真-3 消臭剤自動散布

(4) 即日覆土工法

掘削廃棄物の盛土の表面は、1日の作業終了時、臭気発生防止・ごみの飛散防止のため、覆土を行わなければならないが、最終形状となるまでは土砂による覆土はむずかしい。また土砂による中間覆土を行うと産廃受入容量が減少するという結果になる。このことから施工途中においては従来の中間覆土工法に加え、即日覆土代替工法としてフォーム材を散布した。図-10にフォーム材の散布概念図を示す。

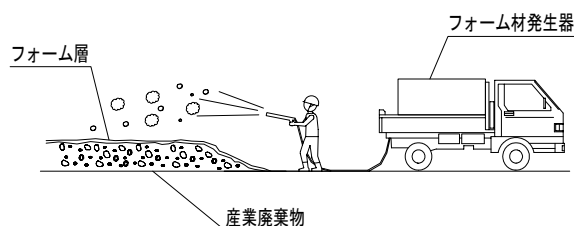


図-10 フォーム材散布概念図

フォームはフォーマーとレジンとの2液により混合生成される泡で短時間で硬化する。また無毒であるため浸出水への影響が無く、難燃性の材料である。

1日の産廃掘削及び盛土終了時に、掘削部及び盛土部に人力により2~3cm厚さに万遍なく未散布箇所がないように散布した。



写真-4 フォーム材散布

(5) 浸出水圧送工

産業廃棄物掘削時の水替工は、浸出水を扱うため直接河川放流ができない。処分場では日常管理として浸出水を環境基準をクリアした状態で河川放流しているが、工事に起因した水量には対応できないため、仮設の調整池を設置することで処理量を調整する必要がある。

調整池の設置箇所は規制上処分場内に制限されるため、処分場内に1,500m³容量の立坑を3箇所掘削設置し、配管系統を整備して降雨による不慮の出水にも対処できるものとした。施工期間中には時間100ミリにあたる記録的な降雨があったが、調整池による緩衝機能が働き、浸出水の外部流出を防ぐことができた。

5. おわりに

各種予備実験を含む周到な計画の下に慎重に施工を進めた結果、作業者の疾病、事故、地域環境汚染も無く工事を完了する事ができた。また環境モニタリング結果の公表を含む地域住民との細かいコミュニケーションを継続させることにより、臭い公害等の苦情も防止することができた。

本対策工の実施結果は、他のサイトにおいて廃棄物処分場跡地を有効利用する場合においても、十分な参考情報を提供するものと考えられる。今後はこの実績をもとにこれらの対策工法を改善し、より確固たる工法とする必要があると考える。

参考文献

- 1) 福原誠ほか：廃棄物処分場跡地利用のための地盤環境の改善工法とその利用，第35回地盤工学会，2000.7
- 2) 小野諭ほか：産業廃棄物処分場跡地における工事の環境保全対策（1），第55回土木学会，2000.9
- 3) 加藤照己ほか：廃棄物処分場内での道路建設における対策工法の実施について（安全及び環境保全対策），第12回廃棄物学会，2001.1