

II - 114

廃棄物埋立地における埋立て工法の違いによる埋立効率に関する研究

東北学院大学工学部 学生員 ○赤間 恭
大友 義典 志賀野 誠
正 員 長谷川 信夫

1. はじめに

現在、廃棄物の処理処分については多くの諸問題が指摘されており、その最終処分場である埋立地は廃棄物の増加とは対照的にその残存量は急激に減少してきている。しかし、新たに埋立地を確保するのは非常に困難となっていることから、効率の良い、つまり高い密度に埋立てを行うことが重要となっている。高密度に埋立てることによって、埋立地の延命化が期待でき、また地盤の強度が増し跡地利用にも有効になると考えられる。

そこで本研究では、実際の埋立地において見かけ密度を調査した結果をもとに実験と若干の仮定を交えて見かけ密度の予測式を定義し、実測値の解析を行った。

2. 調査及び実験とその結果

2-1 廃棄物の組成とその密度について

搬入される廃棄物は焼却灰が中心であり、不燃物は重量比で1～3割搬入されている。この埋立地に搬入されている不燃物の細かい組成を求めた結果、平均では土砂2.4%、コンクリート2.0%、机1.1%、金属類2.0%、ガラス類1.2%、その他2.5%程度となっていた。

焼却灰はその粒度にばらつきが多いためコンクリートの細骨材の比重試験法¹⁾によってその密度を求めた結果、湿潤ベースで 2.2 t/m^3 であった。また、不燃物の密度はその性状や形状が多岐にわたっていることから、正確な値が把握できなかったが、埋立地での調査結果で不燃物には土砂やコンクリート類が多く含まれていることがわかり、これらの密度は $2.5 \sim 3.0\text{ t/m}^3$ 程度であると推測されることから、不燃物の平均密度は $2.0 \sim 3.5\text{ t/m}^3$ の範囲であると推定された。

2-2 廃棄物の性質について

焼却灰の応力に対する密度の変化を15cmのモールドを用いて実験した結果を図-1に示す。この結果から、段階的に応力を変化させ、最終的に 12 kg/cm^2 程度の応力をかけると、試料の厚さが変わっても密度は 1.9 t/m^3 に漸近する曲線を描く傾向があるが、応力が小さい時には、試料の厚さが薄い方がグラフのカーブがきつくなり、見かけ密度は急速に高くなる傾向が見られた。これは、応力が試料の内部にも良く伝達されているために見かけ密度は高まるものと思われた。

また、不燃物については空き缶を一例にして、焼却灰中に空き缶を埋めて同様の実験を行った結果、図-2のようになった。この結果から、グラフのカーブは焼却灰のそれに類似しており、空き缶の減容よりも焼却灰の間隙の減少の方が影響は大きいものと思われる。最終的に 12 kg/cm^2 程度の応力をかけても空き缶は72.39～80.78%程度にしか体積は減少していなかった。埋立地においては埋立てにブルドーザーが用いられているが、その平均接地圧は 0.7 t/m^2 程度であることから、埋立地においては減容は期待できないことがわかった。したがって、不燃物はあらかじめ破碎、圧縮などの減容処理をすることが望まれる。

3. 見かけ密度の予測式

見かけ密度は、さまざまな要素によって大きく変動している。特に埋立て工法との関係が大きいことがこれまでの調査結果からもわかっている²⁾が、埋立て工法の違いによって見かけ密度にどのように影響するのかを予測するために調査と実験結果をもとに予測式を立て解析を行った。

効率の良い埋立てを行うには、廃棄物中に含まれている間隙を効率的に減らす必要があるが、埋立地においては破碎、転圧、混合の程度によってそれに影響しているものと思われる。

まず、破碎、転圧については、前述した実験結果から不燃物についての効果はあまり期待できないことがわかる。焼却灰については、図-1より一般式を導き、応力と密度の関係を把握した。また、地中に伝わる応力をブーシネスクの公式より算出して、一般式との関係から巻き出し厚の違いによる密度への影響とした。

次に、焼却灰と不燃物の混合程度による見かけ密度に与える影響を図-3に示す。巻き出し厚が厚くなるにつれ混合比は減少していくが、直線的に減少するのではなく同じ巻きだし厚でもその程度には差が生じるものと思われ、混合が良好な場合と良好ではない場合とを想定した。

埋立地では、破碎、転圧、混合が一連の動作で行われているため、これらをすべて加味し、前述した実験及び調査した結果より予測式を定義した。

その概略を記す。

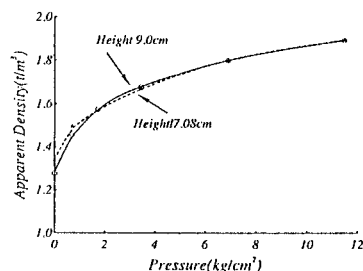


図-1 応力と焼却灰の見かけ密度

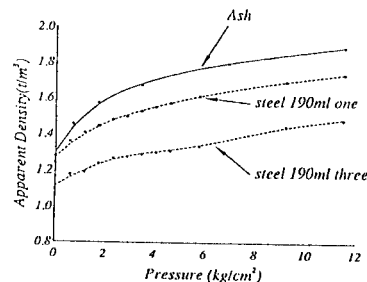


図-2 応力と空き缶の見かけ密度

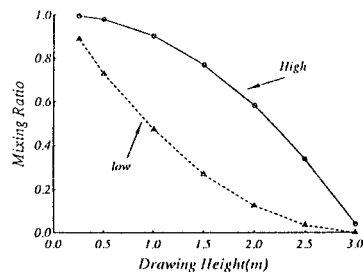


図-3 巻き出し厚と混合比

巻き出し厚と応力

$$P=20.85/(3.05+6.56 \cdot h)/10 \cdot 1.3 \quad [\text{ケース1: プルドーザ}]$$

$$P=25.5/(0.21+1.1 \cdot h)/10 \cdot 1.3 \quad [\text{ケース2: コパクター}]$$

巻き出し厚と混合比

$$y=1-h \cdot h/9 \quad [\text{混合良好}]$$

$$y=(3-h) \cdot (3-h)/9 \quad [\text{混合不良}]$$

応力と密度

$$d=(0.34 \cdot P^{1/3})/(0.13+P)+1.2$$

この予測式により得た結果を図-4～6の示す。まず、巻き出し厚と間隙量の関係(図-4)は、巻き出し厚が厚くなるとその量は非常に多く残され、減容はなされないことが分かる。不燃物の搬入割合が多いとそこに含まれる間隙がより大きいので、巻き出しが薄くなるほど間隙が減るため、その減少傾向が大きくなることが分かる。

次に、巻き出し厚と見かけ密度の関係(搬入割合別に図-5～6に示す。不燃物の搬入割合が大きいくほど巻き出し厚の違いによって見かけ密度の変動は大きくなることが示され、同時に埋立て工法の程度によってもその差は大きくなっていく。また、不燃物の割合が大きければ、そこに含まれる間隙も多いために巻き出し厚をこく薄くし、その間隙を減らすことができるより見掛け密度を高くできることが分かる。しかし、巻き出しが厚ければ、間隙を減らすことは困難となるために、見かけ密度はごく小さい値になってしまう懸念が生じることが分かった。

これらの結果から、巻き出しを薄くして破碎、転圧、混合が良好に行える厚さ(50cm程度)で埋立てを行うことが埋立て効率を向上させる重要な要素となっていることが分かった。

4 予測式による実測値の評価

実測した見かけ密度と搬入された廃棄物の組成との関係を表-1に示す。これより、不燃物の搬入割合は2～3割がその多数を占めており、不燃物が2割搬入された時は、見かけ密度は1.4～1.5t/m³の範囲に多く見られる。これを予測式より得た結果(図-5)にあてはめると、巻き出し厚は1～2m程度と推察されるが、不燃物の密度が2.5t/m³であるとすれば、巻き出し厚は1.5m程度になる。また、不燃物の搬入割合が3割の時も図-6より巻き出し厚は1～2m程度であると推察でき、この時も不燃物の密度2.5t/m³であれば、巻き出し厚は1.5mと推定できる。

調査した埋立地において多く見られた不燃物3割の搬入の時の巻き出し厚1.5mの埋立では、埋立て工法によって見かけ密度に与える影響は非常に大きいことが図-5～6に示されているが、不燃物の密度を2.5t/m³とした時、この巻き出し厚であれば見かけ密度には見かけ密度には1.1～1.6t/m³と0.5t/m³もの差が生じてしまう。実測値でも、その頻度こそ少ないものの、中には1.04t/m³の見かけ密度しか得られなかった時と、逆に1.87t/m³と非常に高密度が得られた場合もあった。

このように、巻き出し厚が厚い時は、埋立て工法によって見かけ密度に与える影響が大きいために予測式及び実測式でも示され、これを小さくするにはより巻き出し厚を50cm以下と薄くし、かつ良好な埋立てを行うことが望まれる。そして、この様な埋立てをすることによって見かけ密度は1.7～1.9t/m³まで高めることができ、より効率的埋立が行えると判断できる。

5 まとめ

①焼却灰中に埋めた空き缶は12kg/cm²程度の応力でも減容なされず、埋立地に搬入する前に破碎、圧縮などの中間処理を行う必要性を指摘した。

②見かけ密度の予測式による結果から、破碎、転圧、混合が良好に行うことのできる巻き出し厚は0.5m程度と判断でき、この巻きだし厚であれば、1.7～1.9t/m³とかなりの高密度が得られる可能性があると予測された。

③予測式から得た見かけ密度から実測した見かけ密度を評価した結果、調査した埋立地では巻き出しあつは、1～2m程度と推測され、埋立地で多く見られた巻きだし厚1.5mでは、埋立て工法の違いによって見かけ密度は大きく変動していることが示された。また、実測値でも1.04～1.87t/m³の範囲で変動しており、これは埋立て工法によるものであることがわかり、巻き出しを薄くして良好な埋立を行えば、埋立て効率はより高められると思われた。

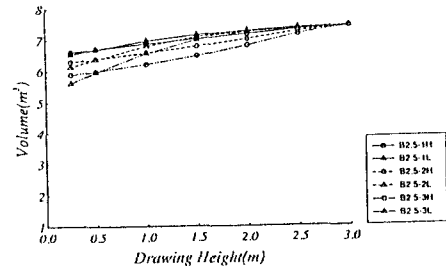


図-4 巻き出し厚と間隙量

表-1 不燃物の搬入割合と見かけ密度の出現頻度

	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
1割	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2割	-	-	1	3	7	6	3	1	-	-
3割	1	-	2	4	8	11	5	1	1	1

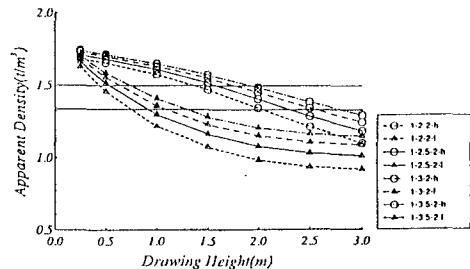


図-5 予測式の結果(不燃物2割搬入)

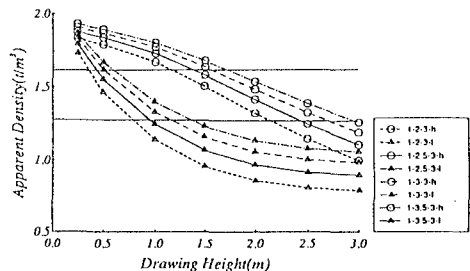


図-6 予測式の結果(不燃物3割搬入)