

鉄鋼スラグの混入が土の一軸圧縮試験結果に及ぼす影響

INFLUENCE ON THE RESULTS OF UNCONFINED COMPRESSION TESTS OF SOILS
WITH MIXTURE OF STEELMAKING SLAGS

佐野博昭*・工藤俊昭**・山田幹雄***・田辺和康****

by Hiroaki SANO, Toshiaki KUDOH, Mikio YAMADA and Kazuyasu TANABE

1. まえがき

製鉄所より発生する主な副産物として鉄鋼スラグがある。鉄鋼スラグは、鉄鋼製造工程において発生するものであり、銑鉄製造工程において発生する“高炉スラグ”と粗鋼製造工程において発生する“製鋼スラグ”とに大別される。

鉄鋼スラグ協会によれば、平成18年度の鉄鋼スラグの生成量は全国で3,815万tであり、その内訳は、高炉スラグ2,428万t、製鋼スラグ1,387万tとなっている¹⁾。高炉スラグはほぼ全量がリサイクルされ、その主要な用途は、セメント原料64.6%、道路(路盤材、アスファルトコンクリート)16.2%、コンクリート骨材13.4%となっている。製鋼スラグもほぼ全量がリサイクルされ、転炉スラグは、土木(港湾工事、土木工事)55.4%、道路18.7%、再使用16.2%、電気炉スラグは、土木38.3%、道路31.4%となっている。

高炉スラグは、冷却方法の違いにより“高炉水砕スラグ”と“高炉徐冷スラグ”とに分類されるが、このうち高炉水砕スラグ(以後、水砕スラグと称する)の特徴のひとつとして潜在水硬性が挙げられ、この性質は、①水が存在すること、②ある程度の密度が保たれていること、③間隙水が静止した状態にあり、pHが11程度以上のアルカリ雰囲気下にあることで発揮されると報告されている²⁾。

水砕スラグを単独で使用する場合には、時間の経過にともなって潜在水硬性が発揮され固結するが、その速度は非常に緩慢である。これは、当初、液相のpHが10程度であるが、水砕スラグ自身が溶出するアルカリ成分によって液相のpHが11程度になったときに固結することによるものである。このため、水砕スラグを早期に固結させたい場合にはアルカリ刺激材としてセメントなどを添加し、固結作用を促進する方法が用いられる。この点に関連して、文献3)、4)では、潜在水硬性に及ぼす影響要因について詳細

に検討を行っており、間隙水の環境が重要な要因であると報告している。一方、このような水砕スラグの潜在水硬性を利用した例として、火山灰質粘性土に高炉スラグを適用した溝田らの研究⁵⁾や建設泥土に鉄鋼スラグを混合した岩本らの研究⁶⁾がある。

水砕スラグの潜在水硬性を促進させるためには早期にアルカリ雰囲気下に置くことが必要となるが、高炉スラグと同様に粗鋼製造工程において発生する“製鋼スラグ”は、pHが12程度のアルカリ性材料であることより、水砕スラグと製鋼スラグとを組み合わせることによって、水砕スラグの潜在水硬性を早期に発揮させることが十分に可能になるものと思われる。また、水砕スラグと製鋼スラグとを組み合わせた材料を土に混入することによって、地盤改良材としての効果を期待することも十分に可能であると推察される。しかしながら、水砕スラグ、製鋼スラグを混入した土の強度、変形特性について検討した例はほとんど見当たらない。

そこで、本研究では、鉄鋼スラグを用いることによってセメントを必要としない新たなスラグ系固化材の開発を行うことを目的とし、まず、水砕スラグにアルカリ刺激材として製鋼スラグを用いた場合の一軸圧縮試験の結果について報告する。次に、一軸圧縮試験の結果から換算して求めたコーン指数を用いてトラフィカビリティ特性を検討するとともに、室内において行ったコーン指数試験結果についても併せて報告する。

2. 実験に用いた試料の基本的性状

室内試験には、大分県大分市岡地区の土地造成工事現場で採取した土を使用した。採取土については、空気乾燥後に2mmふるいでふるってこれを通過した部分のみを採用した。表-1は、採取土の基本的性状を示す。以後、現場採取土のことを岡粘土と称することにする。

今回使用する鉄鋼スラグは、新日本製鐵株式会社大分製鐵所で生産された水砕スラグと製鋼スラグである。なお、製鋼スラグは生成直後の状態では遊離石灰を数%含んでおり、そのままの状態で使用すると膨張を生じる恐れがあることより、今回の実験では

表-1 採取土の基本的性状

物理的性質	
土粒子の密度 (g/cm ³)	2.63
自然含水比 (%)	26.7~39.2
液性限界 (%)	43.5
塑性限界 (%)	25.6
塑性指数	17.9
砂分 (%)	25.3
シルト分 (%)	41.0
粘土分 (%)	33.7
力学的性質	
最適含水比 (%)	23.5
最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.55
化学的性質	
pH (H ₂ O)	5.8
電気伝導率 (mS/m)	16.4
強熱減量 (%)	8.3
土の工学的分類	粘土 (CL) 〔低液性限界〕

大気エージング処理された製鋼スラグを用いることとした。

ここで、水砕スラグおよび製鋼スラグの採取直後の最大粒径は、それぞれ4.75mm, 37.5mmであったが、締固め試験や一軸圧縮試験の都合上、製鋼スラグは4.75mm通過分を用いることにした。

今回の実験は、水砕スラグの潜在水硬性を製鋼スラグのアルカリ性によって促進させることおよび粒径の大小の違いによる強度発現の違いを確認することに主眼を置いている。そこで、実験に当たっては、水砕スラグ、製鋼スラグともに0.85mmふるい残留分と通過分とに分け、それぞれ“粗”“細”と表記することにした。

水砕スラグと製鋼スラグの基本的性状として、水砕スラグ“粗”と“細”の場合、密度 ρ_s はそれぞれ2.64g/cm³, 2.77g/cm³, pHは8.7, 8.6, 製鋼スラグ“粗”と“細”の場合、 ρ_s は3.42g/cm³, 3.16g/cm³, pHは12.2, 12.5となり、製鋼スラグのpHが12程度のアルカリ性であることがわかる。このことより、製鋼スラグを混入することによって水砕スラグの潜在水硬性が発揮される目安となっているpH11以上のアルカリ雰囲気をつくりだすことが十分に可能である。

次に、化学成分組成として、水砕スラグ、製鋼スラグの主成分はCaO, SiO₂であり、これ以外に水砕スラグにはAl₂O₃, MgO, 製鋼スラグにはT-Fe, MgOが含まれている。一例として、水砕スラグではCaO(41.7%), SiO₂ (33.8%), Al₂O₃ (13.4%), MgO (7.4%), 製鋼スラグではCaO(45.8%), SiO₂(11.0%), T-Fe(17.4%), MgO (6.5%)となっている¹⁾。

一軸圧縮試験に先立って、岡粘土に製鋼スラグを混入することによって、試料土のpHをどの程度高め

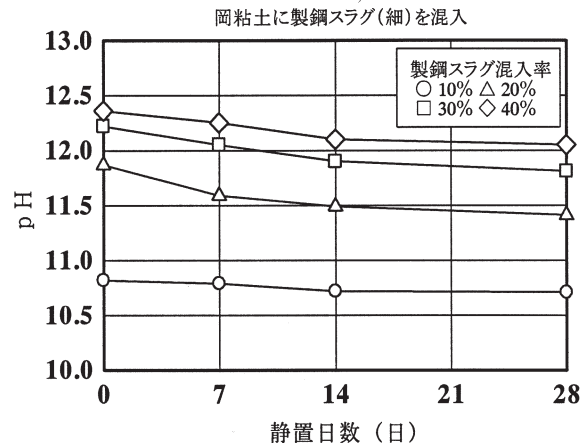


図-1 日数の経過にともなうpHの推移

ることができるのか、言い換えれば、pH11以上のアルカリ雰囲気をつくるためには製鋼スラグをどの程度の量混入する必要があるのかを調べておく必要がある。そこで、製鋼スラグ(細)を乾燥質量比で10~40%混入した試料土のpHの推移を測定してみることにした。

図-1は、日数の経過にともなうpHの推移を示す。ここで、製鋼スラグ混入率とは、岡粘土の炉乾燥質量に対する製鋼スラグの炉乾燥質量の比を百分率で表したものである。図より、製鋼スラグの混入率が大きくなるにつれてpHの値が大きくなっていること、また、製鋼スラグを混入した土のpHは、日数の経過にともなって僅かに低下していることがわかる。

混入当日のpHを混入率別に比較すると、混入率10%ではpH10.8程度であるが、混入率20%になるとpHは11.9程度に増加しており、さらに、混入率40%ではpH12.4程度となり、この値は製鋼スラグ単体のpH12.5にはほぼ等しくなっていることがわかる。

このことは、製鋼スラグの混入率が10%では、水砕スラグの潜在水硬性を発揮する目安であるpH11以上には至らないが、製鋼スラグ混入率が20%以上であればpH11以上のアルカリ雰囲気をつくりだすことが可能であることを意味している。また、30%と40%とではその差は僅かであることより、pH値の観点から製鋼スラグの混入率は最大30%であると判断できる。

次に、鉄鋼スラグを混入した土の締固め特性を把握するために、岡粘土に水砕スラグ(粗)、製鋼スラグ(粗)を10~30%混入して締固め試験を行った。

図-2は締固め曲線を示す。図より、水砕スラグ(粗)、製鋼スラグ(粗)のどちらかを混入した場合も、混入率が増加するにつれて締固め曲線は左上方に移行しており、最大乾燥密度は大きくなり、最適含水比は小さくなっている。

締固め曲線より得られた最適含水比、最大乾燥密

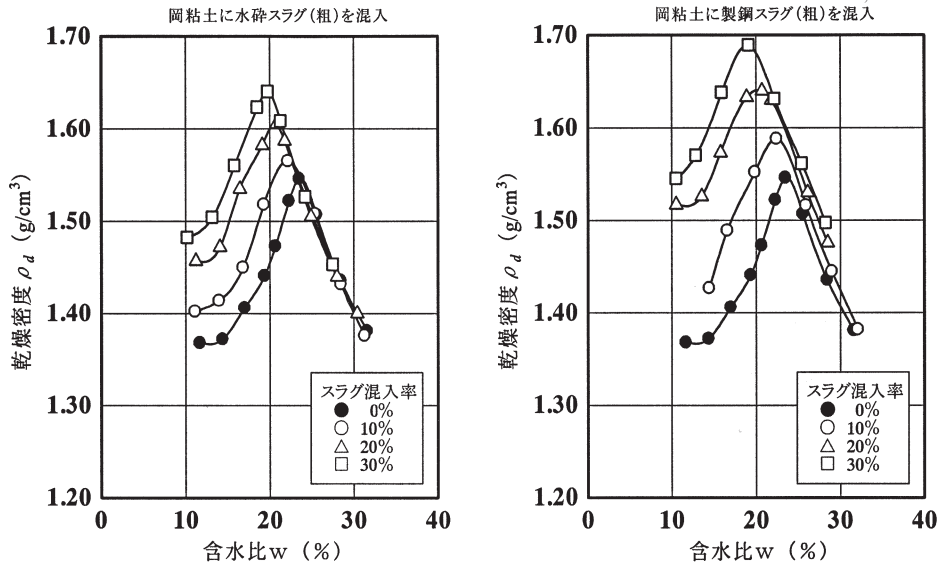


図-2 締め固め曲線（岡粘土に水砕スラグ，製鋼スラグを混入）

度をスラグ混入率との関係によりまとめたのが図-3である。図より，水砕スラグ，製鋼スラグの混入にともなう最適含水比の差はほとんど認められないが，最大乾燥密度については，製鋼スラグの方が大きな値を示している。これは，水砕スラグと製鋼スラグの密度の差によるものと考えられる。また，スラグ混入率の増加にともなって，最適含水比はほぼ直線的に減少し，最大乾燥密度は直線的に増加している。

3. 鉄鋼スラグを混入した土の一軸圧縮試験の概要および結果

水砕スラグ，製鋼スラグの地盤改良材としての効果を検討するために，岡粘土に水砕スラグと製鋼スラグを所定の割合で混入し，締め固めた供試体に対して一軸圧縮試験を行ってみることにした。

試験にあたって，供試体の寸法は直径5cm，高さ10cmとし，地盤工学会基準（JGS 0812-2000）「安定処理土の静的締め固めによる供試体作製方法」⁷⁾に準拠するものとした。

具体的には，まず，空気乾燥状態の岡粘土と炉乾燥状態の水砕スラグ，製鋼スラグをそれぞれ所定の量だけ量り取り，ポリエチレン製の蓋付容器（容量10L）の中に入れて5分間連続して振とうを行った。次に，均一になった試料を混合容器の中に入れ，設定した含水比となるように加水・混合し，所定の乾燥密度となるように計量した試料土を二つ割りモールドの中に投入して一様に詰め，その上から重錘を載せ，1mm/minのゆっくりとした速度で所定の供試体高さとなるように静的に締め固めた。圧力を除いた後，モールドから供試体を静かに押し出し，高さ10cmに整形した。その後，質量，直径，高さの計測を行

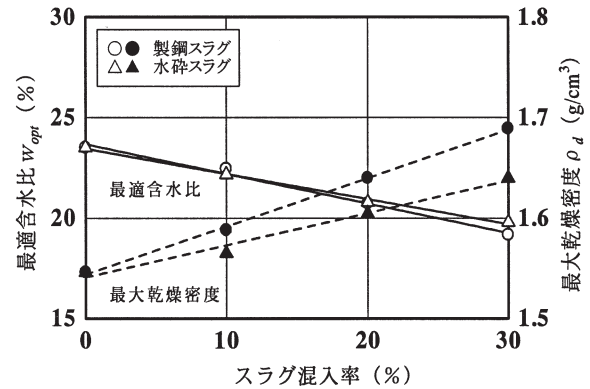


図-3 スラグ混入率と最適含水比，最大乾燥密度との関係

い，ビニール袋に厳封し，温度20℃に設定した恒温室内で最長28日まで空气中養生した後，ひずみ速度1%/minの条件下で一軸圧縮試験を行った。一軸圧縮試験はデータのばらつきを考慮に入れて，1条件当たり3本の供試体に対して行うものとした。なお，供試体端面と加圧板との間の摩擦を低減するためにシリコンオイルとフィルムシートによりルブリケーションを施した。

図-4は，水砕スラグ（粗，細），製鋼スラグ（粗，細）をそれぞれ単体で10%，30%混入したときの空气中養生日数の経過にともなう一軸圧縮強さ q_u の推移を示しており，空气中養生0日とは供試体作製当日に一軸圧縮試験を行ったことを意味する。なお，結果は3本の供試体の平均を表しており，破線は岡粘土単体の q_u の推移を示す。

図より，製鋼スラグ（細）を10%，30%混入した場合，混入当日において q_u は約100kN/m²増加しており，その後の日数の経過にともなって q_u が漸次増加し

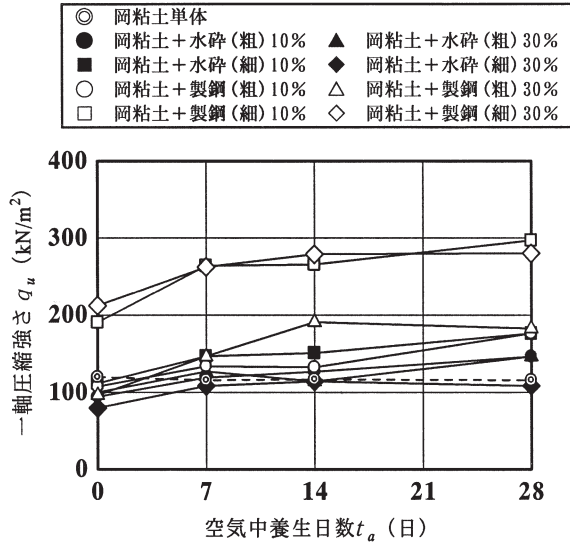


図-4 日数の経過にともなう一軸圧縮強さの推移 (1種類の鉄鋼スラグを混入した場合)

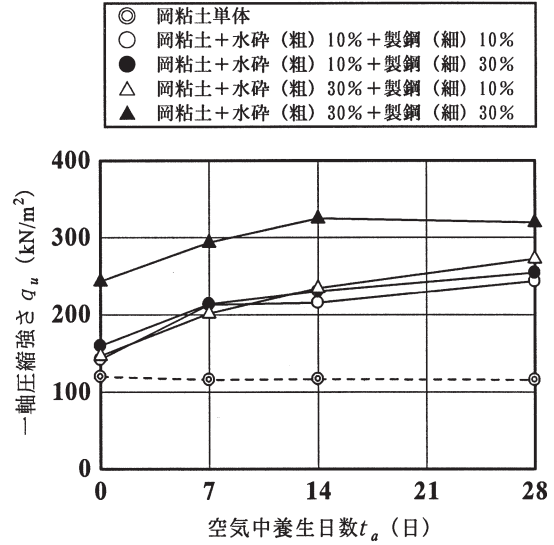


図-5 日数の経過にともなう一軸圧縮強さの推移 (2種類の鉄鋼スラグを混入した場合)

ていることがわかる。ここで、混入当日における強度が増加した理由として、スラグ混入にともなう粒度の改善効果や締固め密度の増加ならびにこれにともなう粒子間同士の噛み合わせの増加を挙げることができる。また、水砕スラグ（粗、細）および製鋼スラグ（粗）を10%混入した場合、混入直後の強度はほぼ同程度の値を示しているが、その後の養生日数の経過にともなう q_u は僅かに増加していることがわかる。

一方、製鋼スラグ（細）を除いてスラグ混入量を10%から30%に増加しても、混入直後の強度およびその後の強度の増加は小さく、混入量を増加した効果はほとんど認められなかった。

このことより、水砕スラグ、製鋼スラグ単体でその混入量を多くするだけでは、必ずしも強度の増加を期待することはできず、量の多少とともに粒径の大小が強度の増加に深く関与しているものと推察される。

図-5は、水砕スラグ（粗）と製鋼スラグ（細）の2種類を10%、30%混入したときの空气中養生日数の経過にともなう一軸圧縮強さ q_u の推移を示す。

図より、いずれの条件においても、日数の経過にともなう q_u は漸次増加しており、増加の割合は水砕スラグや製鋼スラグを単体で混入した場合（前出図-4）よりも大きいことがわかる。また、水砕スラグ（粗）を10%混入し、さらに、製鋼スラグ（細）を10%混入した場合の q_u は、製鋼スラグ（細）を30%または水砕スラグ（粗）を30%に増加した場合と同程度の強度を示しており、水砕スラグ（粗）と製鋼スラグ（細）を10%混入することで、より効果的な強度

改善が行えることがわかる。また、水砕スラグ（粗）を30%、製鋼スラグ（細）を30%混入した場合、供試体作製当日において、一軸圧縮強さは約120kN/m²増加しており、その後も漸次強度が増加している。

参考までに、供試体作製時および一軸圧縮試験時に測定した供試体の直径と高さより体積を求め、体積変化率を算出したところ、いずれの条件も膨張傾向を示すもののその量は最大でも0.6%程度であったことから改良土の機能を損なうほどの膨張は生じないものと判断できる。

図-6は、水砕スラグ（粗、細）、製鋼スラグ（粗、細）をそれぞれ単体で10%、30%混入したときの、図-7は、水砕スラグ（粗）と製鋼スラグ（細）を10%、30%混入したときの養生日数の経過にともなう破壊ひずみ $(\epsilon_d)_f$ の推移を示しており、破線は岡粘土単体の $(\epsilon_d)_f$ の推移を示す。

図より、岡粘土単体の破壊ひずみは $(\epsilon_d)_f$ は6%程度であるが、水砕スラグや製鋼スラグを単体で混入すると $(\epsilon_d)_f$ は小さくなり、製鋼スラグ（細）を30%混入すると1%にまで低下している。また、日数の経過にともなう徐々に小さくなっている。一方、水砕スラグや製鋼スラグを組み合わせて混入すると破壊ひずみは1~2%となっている。

このことより、水砕スラグ、製鋼スラグの組み合わせやその量の多少ならびに日数の長短にもよるが、水砕スラグ、製鋼スラグを混入することによって破壊ひずみは大きく異なることが明らかとなった。

図-8は、水砕スラグ（粗、細）、製鋼スラグ（粗、細）をそれぞれ単体で10%、30%混入したときの、図-9は、水砕スラグ（粗）と製鋼スラグ（細）を所定

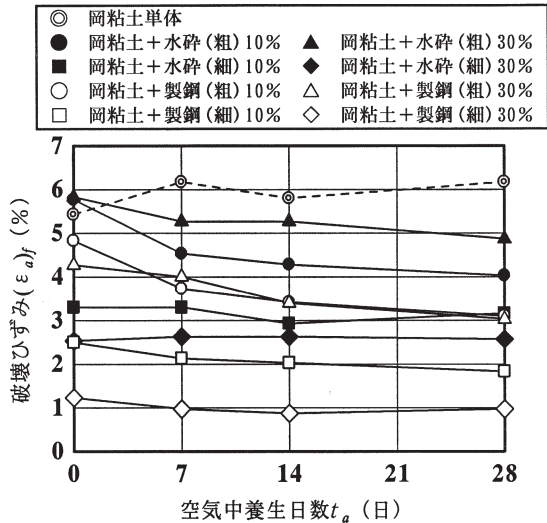


図-6 日数の経過にともなう破壊ひずみの推移 (1種類の鉄鋼スラグを混入した場合)

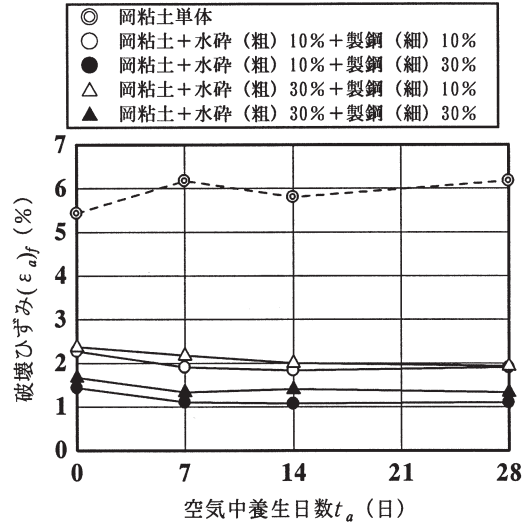


図-7 日数の経過にともなう破壊ひずみの推移 (2種類の鉄鋼スラグを混入した場合)

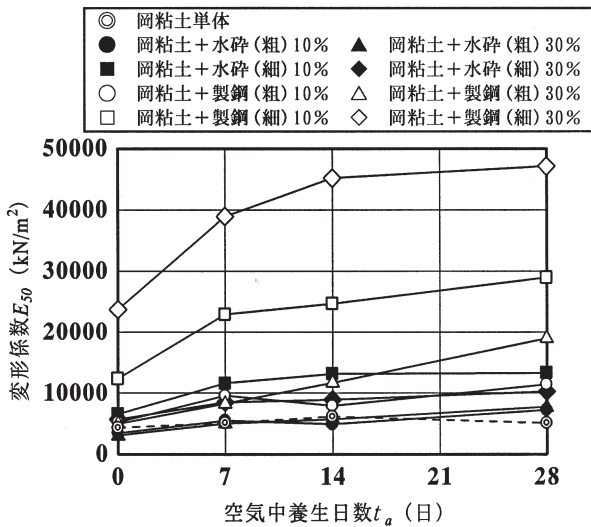


図-8 日数の経過にともなう変形係数の推移 (1種類の鉄鋼スラグを混入した場合)

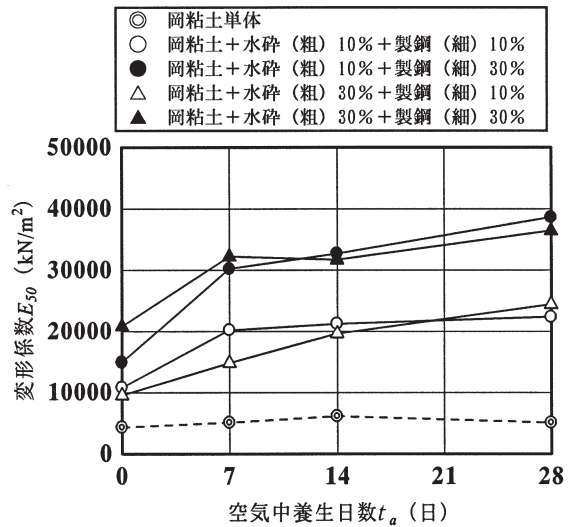


図-9 日数の経過にともなう変形係数の推移 (2種類の鉄鋼スラグを混入した場合)

の割合 (10%, 30%) で混入したときの養生日数の経過にともなう変形係数 E_{50} の推移を示しており、破線は岡粘土単体の E_{50} の推移を示す。図より、空气中養生日数の経過にともなって変形係数 E_{50} は増加しており、一軸圧縮強さとはほぼ同様の傾向を示している。

図-10は、一軸圧縮強さ q_u と変形係数 E_{50} との関係を示す。両者の間には次式 (1) に示すような関係が認められる。

$$E_{50} = 156q_u - 11902 (r = 0.901) \quad (1)$$

以上の結果より、水砕スラグ、製鋼スラグ単体を土に混入することによってある程度の改良効果は発揮されるが、両者を混合することによって、より一

層大きな改良効果が得られることが明らかとなった。

今回は、電子顕微鏡やX線回折装置などによる微視的な検証を行っていないことより、先に述べた強度の増加が水砕スラグの潜在水硬性に起因した化学反応によるものであるという確証は必ずしも得られていないが、日数の経過にともなう強度、変形特性の推移から推察するに、その可能性は非常に高く、製鋼スラグを混入することによって水砕スラグをアルカリ雰囲気下に置くという効果は十分に現れているものと考えられる。

今回の実験では、水砕スラグの潜在水硬性を促進させることを目的としてpHの高い材料である製鋼スラグ (pH12.5) を用いたわけであるが、一方で、このアルカリ性が周辺環境に影響を及ぼすことが懸念

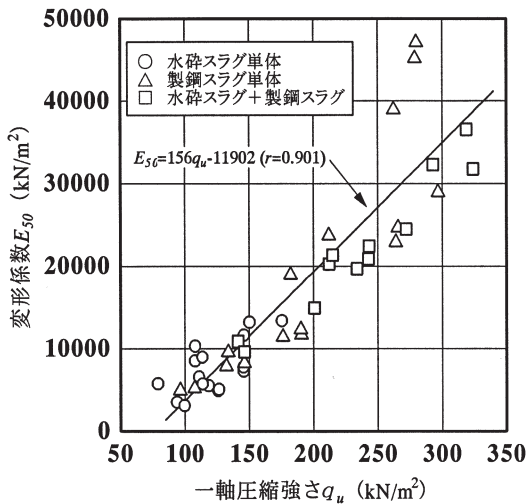


図-10 一軸圧縮強さと変形係数との関係

される。そこで、一軸圧縮試験終了後に行ったpH試験の結果について検討した。

図-11は、水砕スラグ(粗, 細), 製鋼スラグ(粗, 細)をそれぞれ単体で10%, 30%混入したときの、図-12は、水砕スラグ(粗)と製鋼スラグ(細)を10%, 30%混入したときの養生日数の経過にともなうpHの推移を示す。

図より、スラグの種類や混入率によってpHは異なっているが、空气中養生日数の経過にともなうpHの変化はほとんど認められない。また、先に示した一軸圧縮強さの関係(前出図-4, 5)と比較すると、一軸圧縮強さが大きい条件ほどpHが高くなっており、水砕スラグの潜在水硬性を促進させるという当初の目的は十分に達成されたものと考えられる。

図-13は、pHと一軸圧縮強さ q_u との関係を示す。図より、pHが高いものほど q_u は大きくなっており、製鋼スラグの混入によって生じたアルカリ雰囲気下で水砕スラグの潜在水硬性が促進され、それによる効果が現れているものと推察される。

今回の研究は、製鋼スラグのアルカリ性に着目したため、結果として試料土が高pHを示すことになった。この件について、著者らは文献(8)を基にしてアルカリ中和能力の測定方法についての検討を行っており⁹⁾、今後、鉄鋼スラグを地盤改良材として使用するに際しては、地盤のアルカリ中和能力を求めるとともにアルカリ性の浸出水を中和するために必要となる敷土や覆土の施工についても併せて検討する。

4. 鉄鋼スラグを混入した土の換算コーン指数

前章までの一軸圧縮試験の結果を踏まえて、以下では、水砕スラグや製鋼スラグ混入の効果をトラフィカビリティー特性の観点から検討してみる。

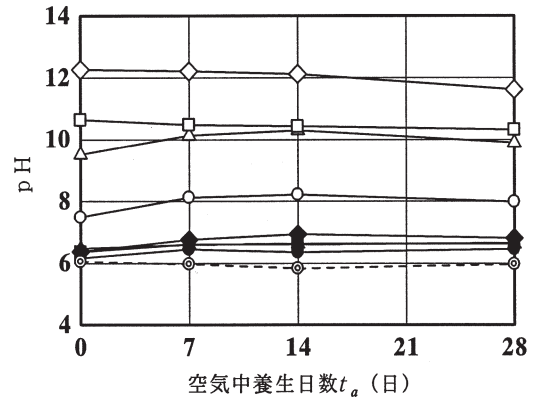
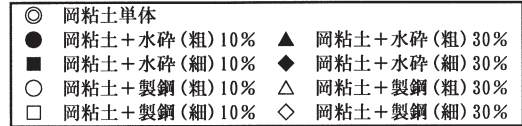


図-11 日数の経過にともなうpHの推移 (1種類の鉄鋼スラグを混入した場合)

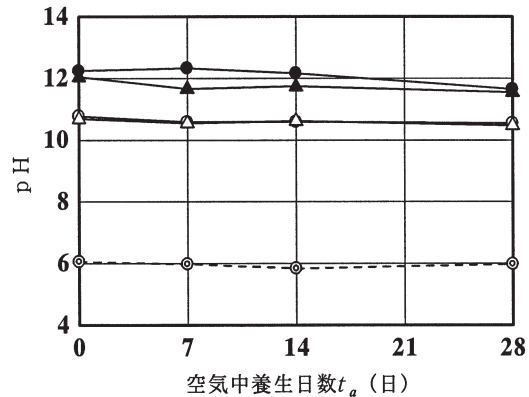
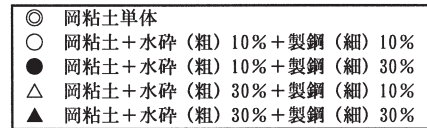


図-12 日数の経過にともなうpHの推移 (2種類の鉄鋼スラグを混入した場合)

トラフィカビリティー特性を評価する上において、通常用いられている指標としてコーン指数 q_c を挙げることができる。ここで、粘性土を対象に求められたポータブルコーン貫入試験機によるコーン貫入抵抗 q_c と一軸圧縮強さ q_u との間には概ね、次式(2)の関係があることが報告されている¹⁰⁾。

$$q_c = 5q_u \quad (2)$$

今回の試験では、主として水砕スラグや製鋼スラグを混入した土の強度、変形特性を検討していることより、式(2)の関係が今回の一軸圧縮試験より得られた結果全てに適用できるとは考えにくい、式

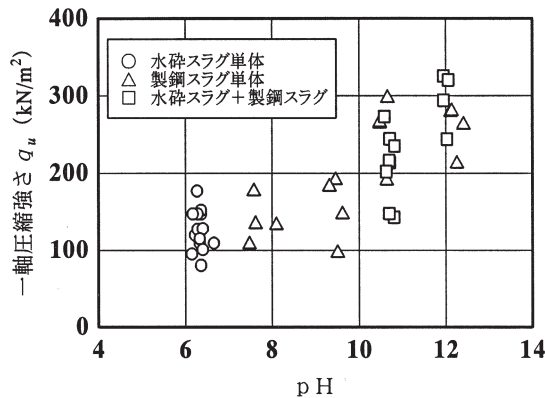


図-13 供試体作製時のpHと一軸圧縮強さとの関係

(2)を用いることによって鉄鋼スラグを混入した土のトラフィカビリティー特性をある程度推定することは可能であると思われる。

そこで、先の一軸圧縮試験により得られた q_u を式(2)に代入し、 q_c を求めることによって水砕スラグや製鋼スラグを混入することによる改良効果をトラフィカビリティー特性の観点から検討してみたことにした。なお、式(2)によって得られたコーン指数 q_c を本論文では換算コーン指数 q_c^* と称する。

図-14は、岡粘土に水砕スラグと製鋼スラグを混入した場合の養生日数の経過にともなう換算コーン指数 q_c^* の推移を示す。図より、岡粘土単体では $q_c^* = 600\text{kN/m}^2$ (0.6MN/m^2)となり、建設機械の走行に必要なコーン指数¹¹⁾を参考にすると、当初は普通ブルドーザ(15t級程度)によって施工することになるが、水砕スラグ(粗)を30%、製鋼スラグ(細)を30%混入した場合、混入当日から $q_c^* = 1200\text{kN/m}^2$ (1.2MN/m^2)を超えており、ダンプトラックの走行が可能となる。また、水砕スラグ(粗)10%と製鋼スラグ(細)10%、30%および水砕スラグ(粗)30%と製鋼スラグ(細)10%を混入すると、混入当日においては普通ブルドーザ(15t級程度)による施工となるが、1週間経過すると $q_c^* = 1000\text{kN/m}^2$ (1.0MN/m^2)を超え、自走式スクレーパー(小型)での走行が可能となるトラフィカビリティーが確保されていることになる。

5. 製鋼スラグを混入した現場発生土のトラフィカビリティー特性

これまでに述べてきた鉄鋼スラグを混入した岡粘土の一軸圧縮試験の結果より、鉄鋼スラグを混入することによる改良効果が確認された。また、換算コーン指数より、トラフィカビリティーの改善効果もある程度確認することが出来たものと考えられる。

一方、これまでに、鉄鋼スラグのうち製鋼スラグの地盤改良材としての有効性を確認するために、大

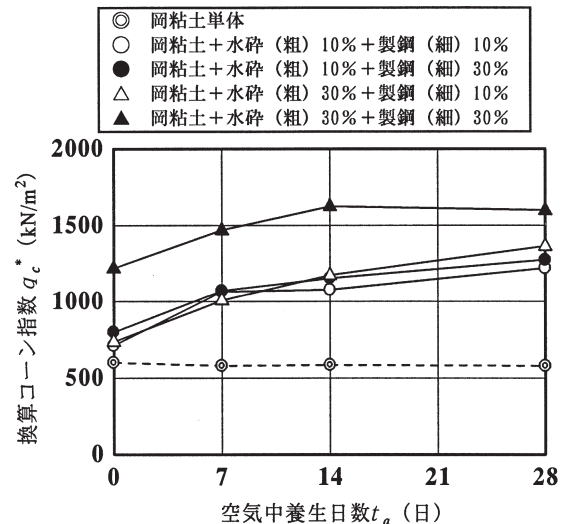


図-14 日数の経過にともなう換算コーン指数の推移
(2種類の鉄鋼スラグを混入した場合)

分県内の工事現場から発生した土に製鋼スラグを混入した場合のトラフィカビリティーの確認が行われた経緯がある。そこで、以下では、トラフィカビリティーの確認が行われた工事現場の概要と結果について報告する。

対象となった工事現場は大分市大分南畑地区であり、JCT建設地の掘削土(発生土)を工業団地建設地の造成用土として再利用することが計画されたが、発生土の自然含水比が非常に高いため、重機の走行が困難であり、施工に支障をきたす恐れがあった。そこで、平成11年9月に新日本製鐵株式会社 大分製鐵所で生産された製鋼スラグ(大気エージング処理実施)を混入し、施工性の確保が可能かどうかについて検討が行われた。

試験に当たっては、発生土、製鋼スラグともに9.5mmふるいでふるい分け、通過分に対してコーン貫入試験を実施することとした。発生土の基本的性状としては、自然含水比26.6%、礫分32.5%、砂分52.9%およびシルト分と粘土分を合わせて14.6%という記録が残されている。

コーン貫入試験に当たっては、発生土に乾燥質量で最大50%の製鋼スラグを混入し、10cmモールドに入れて質量2.5kg、落下高30cmのランマーにより3層25回の突き固めを行って供試体を作製した。その後、1cm/sの速度でコーン(先端角30°、底面積3.24cm²)を人力により貫入させ、コーンの先端が供試体上端面から5cm、7.5cmおよび10cm貫入したときの荷重計の目盛を読んで貫入抵抗力を求め、平均貫入抵抗力からコーン先端の底面積で除すことによってコーン指数 q_c を算出した。

図-15は、製鋼スラグ混入率とコーン指数 q_c との

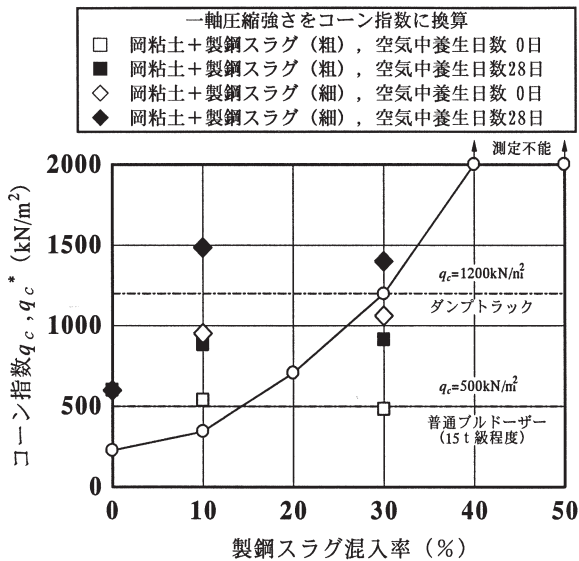


図-15 製鋼スラグ混入率とコーン指数との関係

関係を示す。なお、図中には、前出図-4の一軸圧縮試験の結果のうち、岡粘土に製鋼スラグ単体“粗”“細”を10%、30%混入したときの一軸圧縮強さ q_u を式(2)により換算したコーン指数 q_c^* も併せて示す。また、建設機械の走行に必要なコーン指数¹¹⁾を参考に、普通ブルドーザ(15t級程度)の場合 500kN/m^2 (0.5MN/m^2)、ダンプトラックの場合 1200kN/m^2 (1.2MN/m^2)を図中に示している。

図より、製鋼スラグ混入率の増加にともなって q_c は着実に増加しており、混入率20%で普通ブルドーザ(15t級程度)、30%でダンプトラックの走行が可能となっていることがわかる。一方、岡粘土に製鋼スラグ(細)を混入した場合、10%混入で混入当日(記号◇)に普通ブルドーザ(15t級程度)の走行が可能となり、28日経過後にはダンプトラックの走行も可能となることがわかる。

以上の結果より、対象土によって粒径や日数などの違いはあるものの、製鋼スラグ混入による改善効果がトラフィカビリティーの観点からも認められた。

6. まとめ

製鋼スラグが有するアルカリ雰囲気を利用することによって水砕スラグの潜在水硬性を促進させることができるかどうかを検討するために一軸圧縮試験を行った。また、一軸圧縮試験の結果から求めた換算コーン指数を用いてトラフィカビリティー特性を検討するとともに、室内においてコーン指数試験を行った。本研究により得られた主な結果を以下に列挙する。

(1) 製鋼スラグの混入にともなうアルカリ雰囲気下において水砕スラグの潜在水硬性が促進される。

(2) 水砕スラグ、製鋼スラグの組み合わせおよび混入量の多少や粒径の大小によって土の強度の発現効果が異なる。

(3) 製鋼スラグ単体あるいは水砕スラグ、製鋼スラグ双方を混入することによって、施工当日からのトラフィカビリティー特性が改善される。

謝辞

本研究を遂行するに当たり、多大なご協力をいただいた株式会社 製鉄鉱業大分・中村貴敏氏をはじめ、大分工業高等専門学校 専攻科 機械・環境システム工学専攻ならびに土木工学科の学生諸君に深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) 鉄鋼スラグ協会ホームページ<http://www.slg.jp>
- 2) 財団法人沿岸開発技術研究センター：港湾工用水砕スラグ利用手引書，pp.6-7，1989.8.
- 3) 菊池喜昭，木村淳治，水谷崇亮，永留 健：高炉水砕スラグの硬化に及ぼすpH， Ca^{2+} の影響，土木学会論文集，第799号/Ⅲ-72，pp.195-200，2005.9.
- 4) 高橋邦夫，菊池義昭，尾島啓介，星 秀明，篠崎晴彦：高炉水砕スラグの固結に及ぼす要因について(その1：各種要因の影響)，土木学会第57回年次学術講演会講演概要集，Ⅲ-031，pp.61-62，2002.9.
- 5) 溝田真由，鈴木敦巳，北園芳人：火山灰質粘土の安定処理における高炉スラグの適用，土木学会第59回年次学術講演会，3-538，pp.1075-1076，2004.9.
- 6) 岩本二郎，坂田和也，澤 孝平，友久誠司：鉄鋼スラグを混合した建設泥土の強度特性について，土木学会第59回年次学術講演会，3-539，pp.1077-1078，2004.9.
- 7) 社団法人地盤工学会：土質試験の方法と解説-第一回改訂版-，pp.300-307，2003.4.
- 8) 勝見 武，嘉門雅史，大山 将：改良土からのアルカリ溶出制御に関する検討，土木学会第50回年次学術講演会講演概要集，Ⅲ-824，pp.1648-1649，1995.9.
- 9) 佐野博昭，SRENG SONIT，工藤俊昭，原 良治，奥原圭介，中村貴敏：試験条件の違いが土のアルカリ中和能力に及ぼす影響について，平成19年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，Ⅲ-012，pp.355-356，2008.3.
- 10) 室町忠彦：粘性土におけるコーン指数の貫入抵抗と一軸圧縮強度との関係，土木学会誌，第42巻，Vol.10，pp.7-12，1957.10.
- 11) 社団法人日本道路協会：舗装調査・試験法便覧〔第1分冊〕，pp.[1]-216-[1]-219，2007.6.

(2008年11月受付 2009年1月受理)