



水硬性粒度調整鉄鋼スラグ路盤材の品質と力学特性の管理に関する一考察

吉田, 信之
宮原, 哲平
木村, 裕行

(Citation)

神戸大学都市安全研究センター研究報告, 12:43-51

(Issue Date)

2008-03

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81001118>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81001118>



水硬性粒度調整鉄鋼スラグ路盤材の品質と力学特性の管理に関する一考察

Quality control and mechanical property of hydraulic, graded iron and steel slag
base-course material

吉田 信之¹⁾

Nobuyuki Yoshida

宮原 哲平²⁾

Teppei Miyahara

木村 裕行³⁾

Hiroyuki Kimura

概要：本研究では一般に入手可能な5種類の水硬性粒度調整鉄鋼スラグ路盤材について締固め特性、レジリエント特性、一軸圧縮特性などを室内実験によって調べてきた。その結果、1種類のHMSが他の4種類と較べて、最適含水比が高く最大乾燥密度が小さい、養生期間に伴うレジリエントモジュラスの値および応力依存度の増加が著しい、養生に伴う一軸圧縮強度の増加が著しいことなどが分かった。また、規格や指針類では力学特性に関する項目について下限値のみが規定されている場合が多いが、HMS間で養生効果に大きな差が見られる場合は、その違いを反映させることが材料の有効活用につながることを示唆した。

キーワード：水硬性粒度調整鉄鋼スラグ、レジリエントモジュラス、一軸圧縮強度、締固め特性

1. 序論

鉄鋼スラグは1979年に初めてJIS A 5015 道路用スラグとして規格化された。その時は高炉スラグが対象であり、かつ路盤用スラグとしての規格であった。その後、JIS規格は1985年にマイナー改訂がなされ、1992年の改訂時に製鋼スラグも含まれ、かつ加熱アスファルト混合物にも使用できることになった。

鉄鋼スラグの生産量の推移を図-1に示す。2006年度で高炉スラグが24,278千トン、転炉スラグが10,265千トン、電気炉スラグが3,600千トンである。高炉スラグおよび転炉スラグは全国18事業所で、また電気炉スラグは全国に点在した多くの事業所で生産しており関西では少なくとも14事業所がある（鉄鋼スラグ協会、2007）。

さて、路盤材としての鉄鋼スラグには水硬性粒度調整鉄鋼スラグ（以降、HMSと称する場合もある）、粒度調整鉄鋼スラグ（MS）、クラッシュラン鉄鋼スラグ（CS）があ

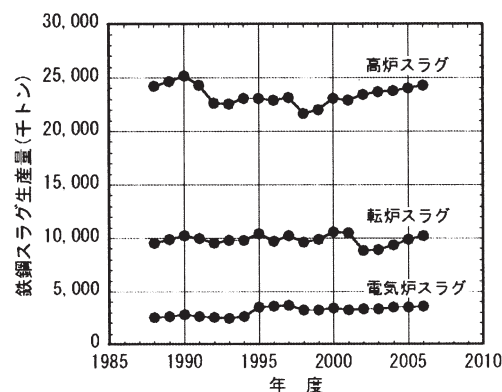


図-1 鉄鋼スラグの生産量の推移（鉄鋼スラグ協会（2007）より作成）

り、HMS は主に上層路盤に用いられる路盤材である。水硬性粒度調整鉄鋼スラグは 1992 年まで高炉スラグ単で構成されていたが、1992 年に JIS 規格が改訂されて、高炉スラグ、製鋼スラグおよび添加材を混合して構成することも可能となった。

さて、水硬性粒度調整鉄鋼スラグに要求される品質については、JIS A 5015 に項目として外観、呈色判定、水浸膨張比、粒度、単位容積質量、一軸圧縮強度、修正 CBR が挙げられており、表-1 に示すように規定されている。ここで、表中の一軸圧縮強度は同規格の附属書 3 に明記の試験法で得られた強度であり、JIS A 1216「土の一軸圧縮試験」で求めた値ではないことに注意する必要がある。双方の大きな違いの一つは、供試体寸法であり JIS A 5015 の一軸圧縮試験の供試体は直径 100mm、高さ 127.3mm である。高さ直径比が土の一軸圧縮試験の場合（1.8～2.5：通常 2.0 以上）より小さいことから、得られた強度は過大評価されている可能性が高い。また、供試体は含水比を最適含水比に調整し最大乾燥密度で突き固められたものがある。また、舗装施工便覧（日本道路協会、2006）でも水硬性粒度調整鉄鋼スラグについては、外観について粘土塊量 0.25%以下、軟らかい石片 5.0%以下などと参照値として具体的に挙げてはいるが、JIS A 5015 の内容をそのまま採用した品質規定を明示している。ただし、試験法について明示されていないため、特に一軸圧縮強度については一軸圧縮試験の JIS 規格（JIS A 1216）にしたがって得られた値と勘違いする可能性が高い。

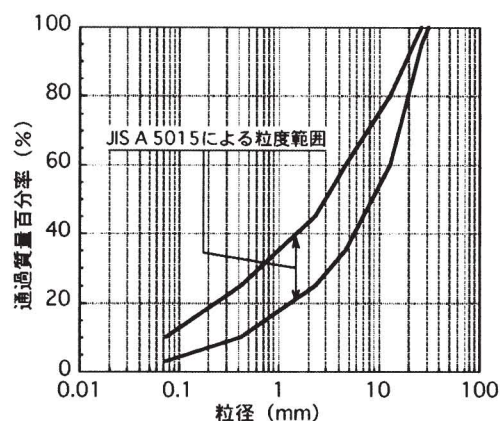


図-2 水硬性粒度調整鉄鋼スラグの粒度規定

ところで、アスファルト舗装の構造設計法は、経験的な TA 法から半理論的設計法へと移行しつつある（日本道路協会、2006）。半理論的設計法では各舗装材料の力学特性を適切に反映して設計することによって材料を有効活用していこうとする省資源観が根底にある。水硬性粒度調整鉄鋼スラグのように水硬性発現により時間経過とともに硬化する材料では、水硬性発現に比較的大きな差がある場合、その差を考慮した設計をすることが材料の合理的活用につながる。ここで、表-1 を再見すると、品質規格のうち力学特性に関する項目は一軸圧縮強度と修正 CBR の 2 つであり、いずれも下限値を規定していることが分かる。これは、HMS の種類に係わらず力学特性には大きな差がないことを前提にしており、万が一差があった場合にも安全側の舗装構造設計になることを意味している。特に、一軸圧縮強度については 14 日間で発現する水硬性の最低レベルを規定しているということであり、水硬性発現にも大きな差がないことを前提にしているといっても過言ではない。

これまで、著者らは一般に入手可能な水硬性粒度調整鉄鋼スラグ材のうち 1 事業所から生産された材料を対象に、高炉スラグ単体ものおよび高炉スラグと転炉スラグを混合した複合ものについてレジリエント特性を中心に実験研究を行ってきた（例えば、吉田他、2003）。

本研究プロジェクトでは、種々の水硬性粒度調整鉄鋼スラグ材を入手して、それらの締固め特性、レジリエントモジュラス、一軸圧縮強度等について調査し、同時に JIS A 5015 における品質規定についても検討している。本稿では、5 事業所の代表的な水硬性粒度調整鉄鋼スラグについてこれまでに得られた結果について

表-1 水硬性粒度調整鉄鋼スラグの品質規格

項目	品質規定	備考
外観	細長いもの又は薄いもの、ごみ、泥、有機物などを有害量含まない。	高炉スラグを使用した鉄鋼スラグに適用
呈色判定	呈色なし	製鋼スラグを使用した鉄鋼スラグに適用
水浸膨張比 (%)	1.5 以下	-
粒度	図-2 に示す範囲内	-
単位容積質量 (kg/ℓ)	1.50 以上	-
一軸圧縮強度 (MPa)	1.2 以上（締固め試験用 100mm 内径モールド、最適含水比、4.5kg ランマー、落下高 450mm、3 層突固め、突固め回数 42 回/層、脱型後 13 日気乾養生後 1 日水浸養生）	-
修正 CBR (%)	80 以上	-

て報告する。

2. 試料と試験概要

(1) 試料と基本的性質

試験で使用した水硬性粒度調整鉄鋼スラグは、国内5箇所の事業所から入手したものであり、それぞれの事業所の代表的なHMSである。全てJIS A 5015の品質規格(表-1)を満足するものである。なお、それぞれのHMSに含有されているスラグの種類や添加材の有無については企業秘密のため分からない。

さて、各HMS試料は事業所から実験室に搬入された後、土粒子密度試験、粒度試験、締固め試験の実施ならびに繰返し三軸圧縮試験用供試体の作成を1週間以内で行なった。

表-2に土粒子密度および締固め試験から得られた最大乾燥密度および最適含水比をまとめて示す。全ての試験は地盤工学会編「土質試験の方法と解説」に従って行い、締固め試験はその中のE-b法で行なった結果である。表から、土粒子密度はHMS3が一番大きくHMS4が一番小さい。過去に調査したHMS試料の土粒子密度は $2.37\sim 3.09\text{ g/cm}^3$ の範囲にあったが、今回のHMSも概ねその範囲内にあることから特別なスラグではないことが分かる。図-3は、今回のHMS試料の粒径加積曲線である。図より、全試料とも概ねJIS規格の粒度範囲(図中の太い実線)を満足している。ただし、1試料(HMS3)のみ細粒分が少なくなっているが、これは搬入試料の分取りが不十分だった可能性がある。HMS1, 2, 4, 5はJIS規格上下限の中間的な粒度分布になっているが、HMS3は下限に近い粒度分布である。また、HMS1ではJIS規格粒度分布内ではあるが粒径 $2\sim 0.85\text{ mm}$ 分が若干少なくなっている。

次に、図-4は各HMSについて実施した締固め試験で得られた最適含水比と最大乾燥密度をプロットしたものである。データ数が少ないため断定はできないが、概ね最適含水比の増加とともに最大乾燥密度が減少するという土砂の場合と類似の傾向を示していることが分かる。また、HMS1, 2, 4, 5は過去の実験結果と同じ範囲にあるが、HMS3は最適含水比がかなり大きく最大乾燥密度はかなり小さくなっている。

(2) 供試体制製

各HMS試料について、繰返し三軸圧縮試験用の供試体の作製は試料が実験室に搬入されてから1週間以内に行なった。作製条件は、含水比が最適含水比、締固め度が95%(最大乾燥密度の95%)である。まず、試料が最適含水比となるように蒸留水を一様に無駄なく混合して含水比調整を行い、しっかりと馴染むように24時間密封して寝かせた。そして、内径100mm、高さ200mmの二つ割りモールド内面に脱型を容易にするための高分子フィルムを巻いた後、所定の最大乾燥密度が得られるように計量した試料をモールドに5層に分けて入れ、4.5kgランマーを用いて締固めた。そして、最後の層を締固めた後、端面成形を行うために2mm

表-2 試験で用いたHMSの土粒子密度
および締固め特性

試料	土粒子密度(g/cm^3)	最大乾燥密度(g/cm^3)	最適含水比(%)
HMS1	3.122	2.314	10.1
HMS2	3.050	2.162	12.0
HMS3	3.148	1.910	15.8
HMS4	2.937	2.122	10.0
HMS5	3.008	2.183	10.2

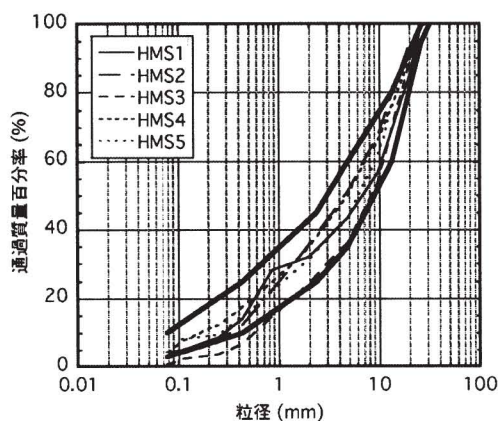


図-3 粒径加積曲線

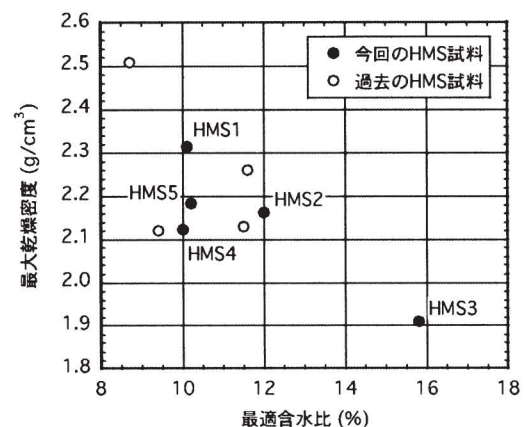


図-4 最大乾燥密度と最適含水比の関係

ふるいを用いて細かい試料を供試体上面にならした。なお、各層を締めるごとに直ナイフで縦横に線を刻むことにより各層間の密着を図っている。供試体は各養生条件に対して3本ずつ製作し、試験に供した。

供試体を締めた後、供試体上面をポリエチレンフィルムで被覆後、上載荷重を想定したおもり（重量 49N、直径 10cm）を供試体上面に載せて、全体をナイロン袋で包み、年間を通して気温の変化のない地下室（気温約 20℃）で保存した。養生期間は、0、28 日、90 日、180 日、360 日である。なお、以下では現時点で終了している 90 日養生までの供試体での試験結果について報告する。

(3) 試験装置と試験条件

表-3 繰返し載荷応力条件

載荷条件	拘束圧 (MPa)	偏差応力 (MPa)	平均有効主応力 (Mpa)	載荷 回数
予備載荷	0.137	0.147	0.171	1000
Mr 試験	0.137	0.059	0.157	50
		0.088	0.166	50
		0.117	0.176	50
		0.147	0.186	50
		0.206	0.206	50
		0.236	0.216	50
	0.128	0.059	0.148	50
		0.088	0.157	50
		0.117	0.167	50
		0.147	0.177	50
		0.206	0.197	50
		0.236	0.207	50
	0.117	0.059	0.137	50
		0.088	0.146	50
		0.117	0.156	50
		0.147	0.166	50
		0.206	0.186	50
	0.108	0.059	0.128	50
		0.088	0.137	50
		0.117	0.147	50
		0.147	0.157	50
		0.206	0.177	50
	0.098	0.059	0.118	50
		0.088	0.127	50
		0.117	0.137	50
		0.147	0.147	50
		0.206	0.167	50
	0.088	0.059	0.108	50
		0.088	0.117	50
		0.117	0.127	50
		0.147	0.137	50
		0.206	0.157	50
	0.078	0.059	0.098	50
		0.088	0.107	50
		0.117	0.117	50
		0.147	0.127	50
	0.068	0.059	0.088	50
		0.088	0.097	50
		0.117	0.107	50
		0.147	0.117	50
	0.058	0.059	0.078	50
		0.088	0.087	50
		0.117	0.097	50
	0.049	0.059	0.069	50
		0.088	0.078	50
		0.117	0.088	50
	0.039	0.059	0.059	50
		0.088	0.068	50
	0.029	0.059	0.049	50
		0.088	0.058	50

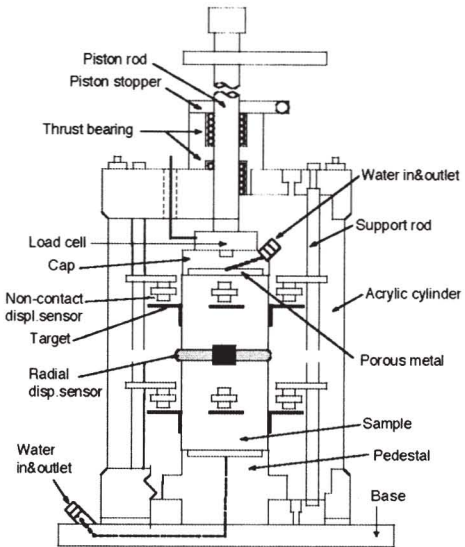


図-5 三軸セル

繰返し三軸圧縮試験の方法および試験装置は、既報（吉田他，2007）と同じである。図-5に三軸セルを示す。繰返し載荷は、載荷時間 0.4 秒、除荷時間 1.2 秒のハーバーサイン波である。AASHTO 試験法（AASHTO, 1998）の載荷方法に準じているが、表-3 に示すように応力点をより細かくしている。載荷は排水条件下で行った。

また、各供試体で繰返し三軸圧縮試験終了後、引き続き一軸圧縮試験を行なった。載荷方法は、JIS A 1216 に示す通りである。なお、予備実験で一軸圧縮強度に及ぼす繰返し載荷の影響がほとんどないことを確認している。

3. 試験結果と考察

(1) 一軸圧縮強度

全ての HMS 供試体について得られた一軸圧縮強度を養生期間に対してプロットしたものを図-6 に示す。図中には各 HMS の結果に対する内挿曲線も描いてある。図から、HMS1, 2, 4, 5 は養生期間の増加とともに一軸圧縮強度が漸増するが、強度増加は養生約 1 ヶ月までが大きいようである。一方、HMS3 では一軸圧縮強度は養生 90 日まで一様に増加しており、強度増加の衰えは見られない。ちなみに、90 日養生の場合の各 HMS の一軸圧縮強度の平均値は、それぞれ 0.52, 0.47, 1.43, 0.49, 0.59 MPa であり、HMS3 の一軸圧縮強度は他 HMS の 3～2.5 倍の大きさになっている。図から、この差はさらに開くだろうと推測できる。このような違いは、含有するスラグや添加材の有無の違いに起因していると考えられるが、入手困難な情報もあり

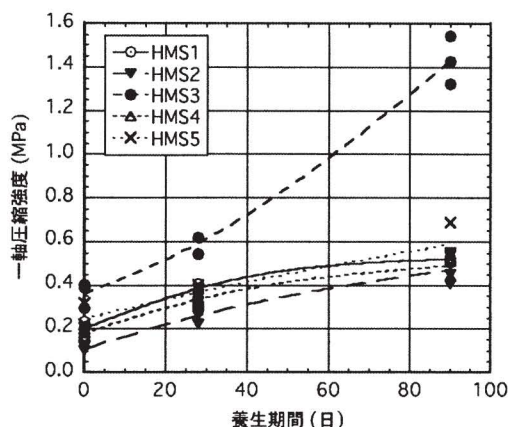


図-6 一軸圧縮強度と養生期間の関係

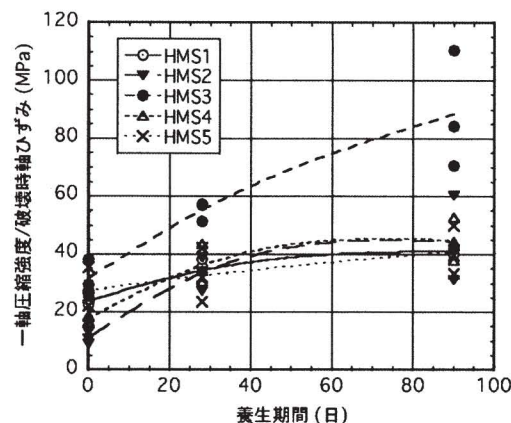


図-7 一軸圧縮強度/破壊時軸ひずみと養生期間の関係

今回の調査では詳細に検討できなかった。今後の検討課題である。

図-7 は、一軸圧縮強度を破壊時の軸ひずみで除した値（以降、強度ひずみ比と称する）を養生期間に対してプロットしたものである。HMS3 では養生期間の増加とともに強度ひずみ比が漸増していることが分かる。また、他 HMS でも養生初期には強度ひずみ比は漸増するが、60 日以降ではほとんど一定値に収束する傾向が認められる。

ところで、1. で触れたが JIS 規格や舗装設計便覧（日本道路協会、2006）には HMS について一軸圧縮強度の下限值が規定されているが、上述の結果を見るかぎり、HMS の種類によっては一軸圧縮強度に大きな違いが生じていることは明らかである。アスファルト舗装の構造設計で一軸圧縮強度を入力値として利用することはないが、構造計算時の入力値であるレジリエントモジュラスを推定するために利用される可能性はある。したがって、より合理的な規定の仕方を検討しておく必要がある。

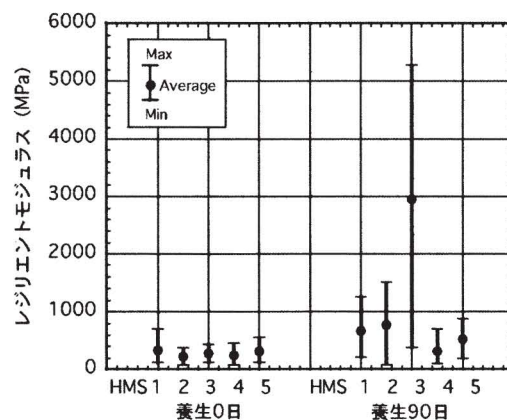
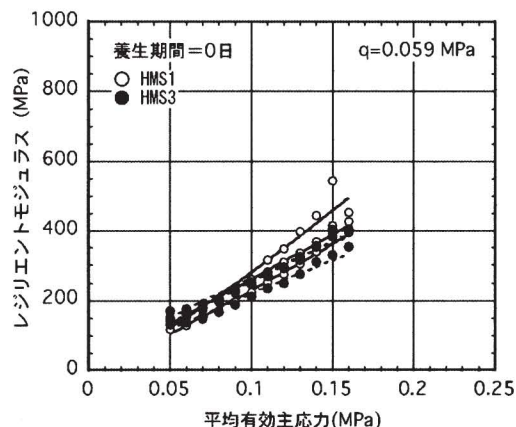


図-8 各 HMS のレジリエントモジュラスの最大値、平均値、最小値

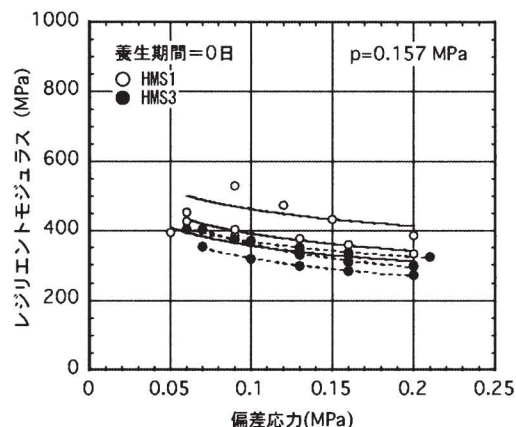
(2) レジリエントモジュラス

図-8 は、各 HMS について得られたレジリエントモジュラス M_r を、養生期間 0 日および 90 日の場合の最大値、平均値、最小値で示したものである。ちなみに、HMS1～5 のレジリエントモジュラスの各平均値は、養生 0 日の場合 328.2, 232.2, 286.9, 247.4, 320.4 MPa であり、養生 90 日の場合 661.5, 779.4, 2955.8, 316.3, 528.2 MPa である。養生 0 日では HMS 間に大きな違いはないように見えるが、養生 90 日になると全ての HMS で平均値が大きくなるとともに最大値と最小値の差も広がっている。特に、HMS3 は他の HMS と較べて平均値も最大値と最小値の差も著しく大きい。これは、水硬性が発現していることおよびレジリエントモジュラスの応力依存性が大きくなっていることを示唆するものである。

そこで、レジリエントモジュラスと平均有効主応力 p および偏差応力 q との関係について、養生期間 0 日の場合の一例を図-9 に示す。煩雑を避けるために、図中には HMS1 と HMS3 の結果のみを示している。また、図中の曲線はべき関数による回帰曲線である。図から、養生 0 日ではレジリエントモジュラスの値は HMS1 と HMS3 で大きな違いは認められない。また、その応力依存性については、過去の試験結果と同様に、レジリエントモジュラスは平均有効主応力の増加とともに、また偏差応力の減少とともに増加することが確認できる。さらに、平均有効主応力への依存性の方が強いことがわかる。これらのことは、ここには示さないが他の HMS の場合でも見られた。



(a) 平均有効主応力との関係



(b) 偏差応力との関係

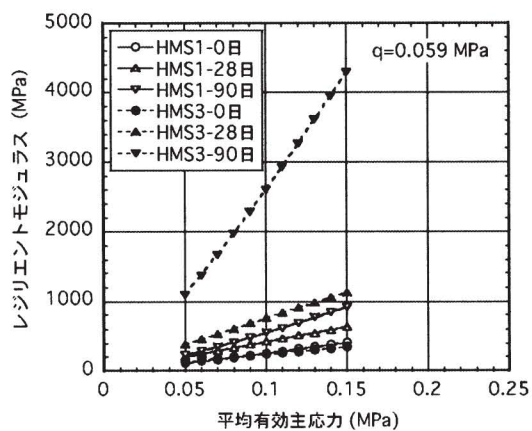
図-9 レジリエントモジュラスの応力依存性

次に、養生期間の影響について見てみる．図-10 は、煩雑を避けるために、各 HMS で行なった 3 本の試験結果に対して次式のべき関数による重線形回帰分析によって得られた回帰曲線のみを描いたものである．

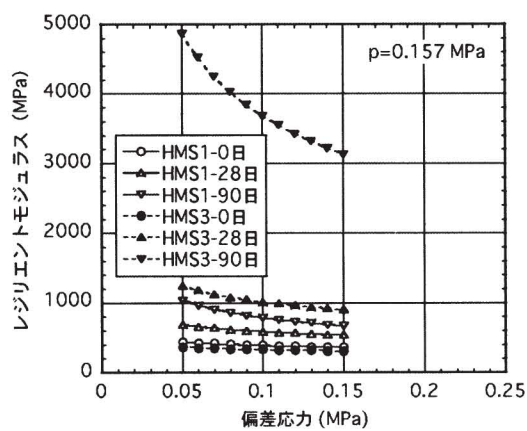
$$M_r = K \frac{p^M}{q^N} \quad (1)$$

ここで、 M_r はレジリエントモジュラス (MPa)、 p は平均有効主応力 ($=(\sigma_1' + \sigma_2' + \sigma_3')/3$)、 q は偏差応力 ($=\sigma_1' - \sigma_3'$)、また K 、 M 、 N は実験定数で表-4 に示す通りである．図から、HMS1、3 とともに養生期間の増加とともに、レジリエントモジュラスは大きくなるが、HMS3 の方がその増加が著しいことがわかる．特に、28 日から 90 日の間で著しい増加が認められる．ここには示していないが HMS2、4、5 の場合も HMS1 と同様の傾向を示しており、したがって HMS3 のみがレジリエントモジュラスの著しい増加を呈したと言える．また、レジリエントモジュラスの応力依存度についても HMS3 のみ養生に伴う著しい増加が認められた．

ところで、レジリエントモジュラスはアスファルト舗装の半理論的構造設計法で必須の入力項目である．ちなみに、舗装設計便覧（日本道路協会、2006）には、舗装材料のレジリエントモジュラスとポアソン比と



(a) 平均有効主応力との関係



(b) 偏差応力との関係

図-10 レジリエントモジュラスに及ぼす養生期間の影響

して表-5 が例示されている。HMS についての記載がないため、実践ではその都度繰返し三軸圧縮試験を行なってレジリエントモジュラスやポアソン比を求めることになる。HMS のレジリエントモジュラスが応力依存性であることは、過去の研究結果や今回の結果からも明らかであり、半理論的設計法における構造解析に反映させる必要がある。また、本項で示したように HMS の種類によってレジリエントモジュラスの大きさやその応力依存性、これらの養生効果に大きな差がある可能性があることから、表-5 に示すような HMS という路盤材料に 1 つの設計値を例示することは容易ではなく、かつ材料の活用という面でも合理的でない。さらに、他の力学特性値、例えば一軸圧縮強度から推定する場合にも HMS 間の水硬性発現の差を反映させる一工夫が必要である。

4. 結論

本研究では、5 種類の水硬性粒度調整鉄鋼スラグ(HMS)路盤材について室内実験を行ない、最適含水比、最大乾燥密度、一軸圧縮強度、レジリエントモジュラスについて調査した。その結果、次のことが分かった。

- ・HMS の土粒子密度は、 $2.37\sim 3.09\text{ g/cm}^3$ の範囲にある。
- ・4 種類の HMS の最大乾燥密度および最適含水比は、それぞれ $2.122\sim 2.314\text{ g/cm}^3$ および $10.1\sim 12.0\%$ の範囲であるが、他 1 種類のみ最大乾燥密度が 1.910 g/cm^3 、最適含水比が 15.8% と大きく異なっている。
- ・一軸圧縮強度は、4 種類の HMS についてはその大きさや養生に伴う増加傾向が類似していたが、他 1 種類は強度が大きく養生による強度増加も大きい。
- ・レジリエントモジュラスは、全ての HMS で過去の実験結果と同様、平均有効主応力の増加、偏差応力の減少とともに大きくなるという応力依存性を示す。4 種類の HMS のレジリエントモジュラスはその大きさおよび養生に伴う増加傾向は同じようであるが、他 1 種類では養生による増加が著しく、かつ応力依存性も高くなる。

JIS 規格や舗装設計便覧では、HMS の力学特性に関する規定は下限値を規定しているが、これは HMS 間に HMS を有効活用していくためには、HMS 間での一軸圧縮強度やレジリエントモジュラスといった力学特性を適切に把握し、それらを反映させた指針化や規格化が必要であると考えられる。今後、引き続き研究を行っていく所存である。

表-5 舗装材料のレジリエントモジュラスとポアソン比の例

使用材料	弾性係数 (MPa)	ポアソン比
アスファルト混合物	600～12,000	0.25～0.45 (代表値:0.35)
セメント安定処理混合物	1,000～15,000 (一軸圧縮強度で3～15MPa) 想定する圧縮強度から推定してもよい	0.10～0.30 (代表値:0.20)
粒状材料	100～600 (粒度調整砕石:300) (クラッシュラン:200) 他の力学的な試験結果から推定してもよい	0.30～0.40 (代表値:0.35)

表-4 K, M, N の回帰結果

	養生期間	K	M	N	R ²
HMS1	0 日	2204	1.163	0.185	0.899
	28 日	2322	1.027	0.231	0.771
	90 日	3283	1.269	0.402	0.779
HMS2	0 日	1634	1.236	0.229	0.969
	28 日	2746	1.242	0.287	0.756
	90 日	3410	0.981	0.206	0.580
HMS3	0 日	1160	0.869	0.155	0.897
	28 日	3265	0.991	0.290	0.512
	90 日	14551	1.240	0.401	0.701
HMS4	0 日	2111	1.211	0.110	0.858
	28 日	2228	1.231	0.167	0.864
	90 日	1876	1.070	0.155	0.632
HMS5	0 日	2040	1.021	0.071	0.835
	28 日	2610	1.140	0.187	0.921
	90 日	2066	0.915	0.216	0.857

参考文献

- 鉄鋼スラグ協会:鉄鋼スラグ統計年報(平成 18 年度実績), 2007.
- 日本道路協会:舗装設計便覧, 2006.
- 日本道路協会:舗装施工便覧, 2006.
- 吉田・杉迫・中村:繰返し三軸圧縮試験による水硬性粒度調整鉄鋼スラグ路盤材のレジリエントモジュラスについて, 土木学会論文集, No. 739/V 60, pp. 213-219, 2003.
- 吉田・杉田:水硬性粒度調整鉄鋼スラグ

路盤材のレジリエントポアソン比に関する一考察，神戸大学都市安全研究センター研究報告，第 11 号，pp. 85-91, 2007.

AASHTO : Standard Method of Test for Resilient Modulus of Subgrade Soils and Untreated Base/Subbase Materials, AASTHO Designation T 292 91. Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, 19th Edition, pp. 1057-1071, 1998.

著者：1) 吉田信之，都市安全研究センター，准教授；2) 宮原哲平，関西国際空港（株）；3) 木村裕行，神戸大学大学院工学研究科，学生

QUALITY CONTROL AND MECHANICAL PROPERTY OF HYDRAULIC, GRADED IRON AND STEEL SLAG BASE-COURSE MATERIAL

Nobuyuki Yoshida
Teppei Miyahara
Hiroyuki Kimura

Abstract

This paper presents the results of compaction, resilient modulus, and uniaxial compression tests on five different types of hydraulic, graded iron and steel slag (hereafter called HMS) base-course materials which were obtained from five different iron and steel plants, and discusses the variousness in the results among the five different base-course materials, referring to the industrial standard and pavement design guide used in Japan.

The followings are pointed out.

- The solid density of five HMS ranges from 2.37 to 3.09 g/cm³.
- While the maximum dry density and optimum water content for four HMS range from 2.122 to 2.314 g/cm³ and from 10.1 to 12.0%, respectively, the remaining HMS shows a maximum dry density of 1.910 g/cm³ and a optimum water content of 15.8%.
- The magnitude of uniaxial compressive strength and its increase with curing time are similar among the four HMS but the remaining HMS exhibits a larger uniaxial compressive strength and a greater strength increase with curing time.
- Resilient modulus of all five HMS increases with mean effective principal stress and decreases with deviator stress, just as in the previous experimental studies. The magnitude and increase with curing time of resilient modulus are similar in the four HMS, but for the remaining HMS resilient modulus increases significantly with curing time and its stress dependency also increases.

Most industrial standard and pavement design guide specify only the lower bound for the items related to mechanical properties of hydraulic, graded iron and steel slag base-course material such as uniaxial compressive strength and modified CBR. This is underlaid by a premise that mechanical properties are similar among different types of HMS, and results in a safe-side design of asphalt pavement. From this study, however, a noticeable difference is observed in uniaxial compressive strength and resilient modulus among five HMS, suggesting that a more rational specification is needed for a more effective use of HMS.