

神戸大学工学部 上原 孝義
神戸大学都市安全研究センター 正会員 ○吉田 信之

1. はじめに

水硬性粒度調整鉄鋼スラグ(HMS)路盤材が JIS A5015 規格に明示されて久しいが、その間に HMS 路盤材の構成素材も変わってきた。当初は高炉スラグ単味であったものが、今では鉄鋼スラグを有効に利用しようとの観点から高炉スラグと製鋼スラグを混合したもの、さらに添加材を混合したものなどがある。ちなみに、JIS A5015 の品質規定では力学特性として修正 CBR および一軸圧縮強度の下限値のみを規定している。さて、国内外を問わず舗装を合理的に設計するために理論的構造設計法の実践が求められつつある。その中で舗装の応答解析で必要となる各舗装材料のレジリエントモジュラス等のデータ整備は大変重要であるが、特に HMS 路盤材についてはこの点がかかなり遅れていると言っても過言ではない。著者らは、異なる製造事業所から出荷される HMS 路盤材間でのレジリエントモジュラスや一軸圧縮強度等の違いについて養生期間の影響も合わせて調査を行っている。これまでに、レジリエントモジュラスの値およびその養生に伴う増加傾向には製造事業所間で大きな差があることや製造事業所毎に HMS の一軸圧縮強度の平均値からレジリエントモジュラスの代表値を推定できることなどを示してきた^{1, 2)}。

本報では、今回 3 つの異なる製造事業所から入手した HMS 路盤材で得られた一軸圧縮強度について報告し、過去に行った試験結果と合わせてその多様性について論ずる。

2. 試験概要と HMS 路盤材の基本的性質

試験で用いた HMS は 3 つの異なる製造事業所から入手したものであり、全て JIS A5015 を満たす路盤材である。供試体の寸法は直径 100mm、高さ 200mm で、最適含水比に調整した試料を表-1 に示す締固度になるように二つ割りモールドに 5 層で突き固めて供試体の作製を行った。ここで、全ての供試体は各製造事業所から試料を実験室に搬入後 2 週間以内に作製したものである。作製後、気温約 20℃の地下室にて所定期間密封養生した。一軸圧縮試験は、全て JIS A1216 に従って実施している。試験個数は、各養生期間で原則 3 個である。

ところで、2006 年、2007 年にも今回(2011 年)と同じ 3 つの製造事業所から HMS 路盤材を入手して一軸圧縮試験を実施している。表-1 に、これら HMS 路盤材の基本的性質および供試体の作製条件を示す。2006 年と 2007 年に入手した路盤材については締固度 95% で供試体の作製を行い、2011 年に入手した路盤材については締固度 100% で供試体を作製している。表中の比重を比較すると、事業所 2 の 2006 年に入手した HMS が 2.924 で最も小さく、2011 年に入手の事業所 3 の HMS が 3.154 で最も大きい値になっている。HMS は一般に高炉スラグ単味あるいは製鋼スラグとの混合、添加材の有無で構成されていることから、この比重の違いは HMS を構成するスラグ等の違いに起因していると考えられる。

次に、各試料の最大乾燥密度を最適含水比に対してプロットしたのが図-1 である。全体的に見ると最適含水比が増加すると最大乾燥密度が減少する傾向にあるが、事業所毎では必ずしもそうではないことがわかる。また、最大乾燥密度は、入手年にかかわらず事業所 3 が最も大きく事業所 2 が最も小さい。最適含水比は、入手年にかかわらず事業所 2 が最も大きい。比重の違いと同様、

表-1 HMS 路盤材の基本的性質

事業所 No-入手年	比重	最大乾燥密度 (g/cm ³)	最適含水比 (%)	供試体作製条件	
				締固度(%)	含水比
1-2006	2.947	2.140	10.5	95	最適含水比
1-2007	3.008	2.180	10.2	95	最適含水比
1-2011	3.026	2.130	8.3	100	最適含水比
2-2006	2.924	1.940	12.0	95	最適含水比
2-2007	3.148	1.910	15.8	95	最適含水比
2-2011	3.099	2.085	13.6	100	最適含水比
3-2006	3.140	2.390	9.5	95	最適含水比
3-2007	3.122	2.310	10.1	95	最適含水比
3-2011	3.154	2.421	8.8	100	最適含水比

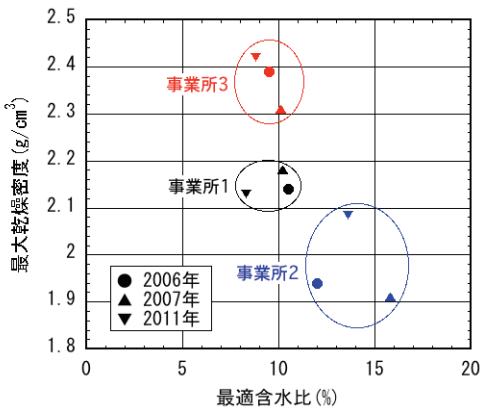


図-1 最大乾燥密度と最適含水比の関係

各 HMS を構成するスラグの種類や添加材の有無がこのような違いを生んでいると考えられる。

3. 一軸圧縮強度および考察

今回(2011 年入手分)の試験で得られた 3 事業所の HMS 路盤材の一軸圧縮強度 q_u と養生期間 t の関係を図-2 に示す。図中には、次式の実回帰曲線(決定係数 r^2 : 0.771~0.972)も示している。ここで、 q_{u0} は単位強度(1MPa)、 t_0 は単位期間(1 日)、 $a_1 \sim a_4$ は回帰係数である。

$$q_u / q_{u0} = a_1 + \frac{a_2(t/t_0)}{a_3(t/t_0) + a_4}$$

図から、各事業所の HMS の一軸圧縮強度は養生期間とともに増加する傾向が認められる。ただし、事業所 3 については 365 日養生以降でも強度が増加し続けそうであるが、事業所 1 と 2 については、365 日養生までに強度の増加率は小さくなり一定値に収束しそうである。養生期間 365 日での一軸圧縮強度の平均値は、事業所 1 で 0.75MPa、事業所 2 で 2.19MPa、事業所 3 で 1.89MPa であり、事業所 1 と事業所 2 では約 3 倍の違いがある。また、養生期間 28 日と 365 日での一軸圧縮強度(平均値)の比をとると、事業所 1 で 2.3、事業所 2 で 2.2 と同じような強度増加率であるが、事業所 3 では 3.85 と他と比べて優れていると同時に 365 日以降も強度増加が見込める。さらに、短期養生の試験結果では事業所にかかわらず一軸圧縮強度を過小評価することになる。ちなみに、一軸圧縮強度とレジリエントモジュラスには強い正の線形関係があるため¹⁾、このことはレジリエントモジュラスをも過小評価することを意味している。

次に、図-3 に事業所 1 の HMS で各年に得られた一軸圧縮強度と養生期間の関係を示す。図から、一軸圧縮強度は 2006 年と 2007 年では同じような値を示し、養生に伴う強度増加率は 2006 年については 365 日養生までの試験結果しかないが両者でほとんど同じであると推察できる。一方、2011 年では締固度が 100%で 2006 年・2007 年よりも大きいにも関わらず、一軸圧縮強度は小さく、強度増加率も最も小さい。本来、締固度が大きいほど一軸圧縮強度は大きくなるはずであるため、これは同じ事業所から入手した HMS でも違いがあり締固効果を凌駕するほどの影響であるということになる。事業所 3 の場合を図-4 に示す。一軸圧縮強度は 2011 年が 2006 年・2007 年と比べて最も大きい、強度増加率は 2006 年・2007 年では養生 365 日以降もほぼ一定であるが 2011 年では少し減少傾向にある。

4. おわりに

3 の異なる事業所から入手した HMS の一軸圧縮強度を調べた結果、一軸圧縮強度の大きさおよびその増加傾向は、3 つの製造事業所間で違いがあること、さらに同一製造事業所でも入手時期が異なると違いがありその影響は締固効果(95%→100%)を凌駕するほど大きい場合もあることがわかった。また、製造事業所や入手時期に係わらず短期養生での試験結果は長期にわたる強度増分を過小評価することが確認できた。

【参考文献】1) 吉田・田中：長期養生した HMS 路盤材の一軸圧縮強度とレジリエントモジュラスについて、第 47 回地盤工学研究発表会講演概要集 CD, No.728, 2012. 2) 宮原他：複数の HMS 路盤材の一軸圧縮強度とレジリエント特性にマンする一考察、土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要集 CD, No.5-031, 2008.

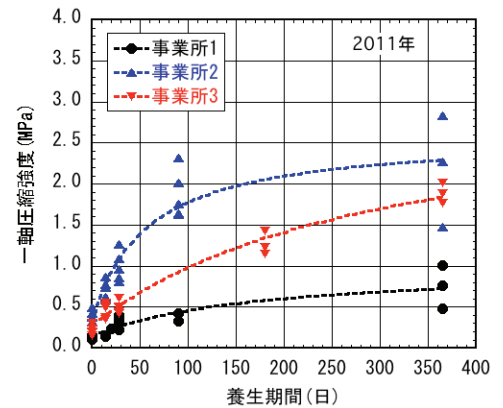


図-2 一軸圧縮強度と養生期間の関係
(2011 年実施)

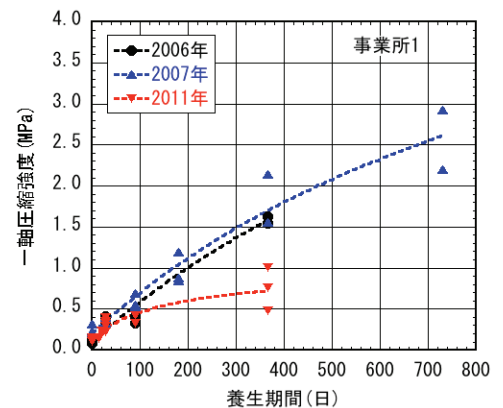


図-3 一軸圧縮強度と養生期間の関係
(事業所 1)

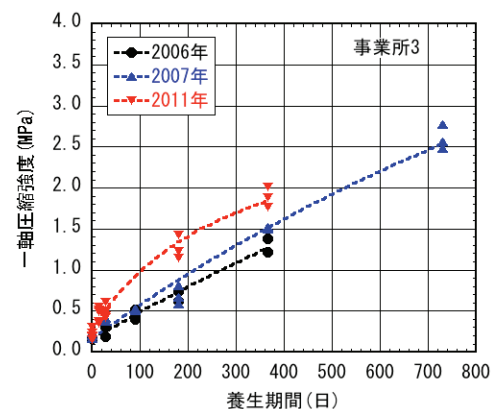


図-4 一軸圧縮強度と養生期間の関係
(事業所 3)