

九州工業大学 正会員 出光 隆
九州工業大学 学主員 森 俊一

1. まえおき

今日、我国において、粗鋼生産の21排出スラグは年間約5000万トンにも達している。そのうちの20～30%を占める転炉スラグはCaO含有量が多く、「ふけ」の現象も起こして膨張するため、各製鉄所ともその処理に窮している現状にある。そこで、筆者らは転炉スラグの有効利用という観点から、こゝでも水と併用して道路用路盤材として利用することとを考へ、数年来実験も行なってきた。本実験では、転炉スラグ・水・砕石の混合材を実際に舗設して各種載荷試験を行ない、また、有限要素法による解析も行なつて、その路盤としての実用性を検討した。

2. 使用材料

上層路盤 (1) 転炉スラグ：溶融転炉スラグを急冷したもので、最大寸法15mm、遊離石灰約5%

(2) 水：溶融高炉スラグを急冷したもので、潜在水硬性を有し、非結晶質

(3) 砕石：粒径5～25mm、比重2.73

下層路盤 砕石と砂を7：3の割合で混合したもので、含水比7.8%、乾燥密度2.03 g/cm³

路 床 砂質土、含水比22%、乾燥密度1.58 g/cm³

なお、上層路盤に用いた3種類の配合を表-1に示す。

3. 模型路盤の舗設

本実験のために、15m四方のコンクリート槽(ピット)を作製し、ピット内で路盤の舗設を行なった。なお、ピットの底は自然土のままであり、深さは約40cmとした。路盤の突固めは、作業性を考慮した特別なランマーを作製して行なった。また、材料試験用の一軸圧縮試験用供試体を同時に作製した。突固め条件を表-2に、最適含水比と乾燥密度の関係を表-3に示す。なお、路盤厚が各配合により若干異なるため、上層および下層路盤厚の値を図-1に示す。路盤の養生は、上層路盤の含水比の変動を小さくするために、上層路盤上に厚さ約5cmの埋砂を敷き、週1回充分に散水して行なった。圧縮試験用供試体は、20±5℃の室内に放置し、週1回約30分水浸した。

4. 載荷試験

材料14日、28日、56日において平板載荷試験およびCBR試験を行ない、材料57日において繰返し載荷試験を行なった。なお、平板載荷試験と同時に、土圧分布、沈下量分布の測定も行なった。

5. 試験結果および考察

(1) 一軸圧縮試験、CBR試験および平板載荷試験：表-4～6にそれぞれ示す。同表から、A配合は材料とともに一軸圧縮強度、CBR値およびK値ともに増進に伸びており、水硬性が十分に発揮されている様

表-1 上層路盤の配合(重量%)

	転炉スラグ	水	砕石
A	30	30	40
B	60	40	0
C	100	0	0

表-2 突固め条件

	路 盤	内径供試体
ランマーの重量	35 kg	4.5 kg
ランマーの直径	25 cm	5 cm
落下高さ	40 cm	45 cm
突固め層数	3 層	2 層
各層当りの突固め回数	300 回	42 回
モールド	—	10φ×12.7cm

表-3 最適含水比と乾燥密度

	最適含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³) 路 盤	内径供試体
A	12	2.01	2.14
B	16	1.81	1.98
C	7	2.36	2.43

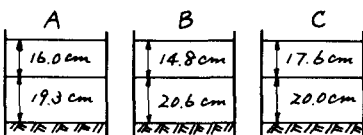


図-1 路盤の断面図

表-4 一軸圧縮試験 (kg/cm²)

材料	14 日	28 日	56 日
A	17.2	28.7	38.0
B	9.1	15.5	22.8
C	7.5	10.2	11.4

子がわかる。A配合に比べると、B配合の伸びはゆるやかであり、C配合ではK値が逆に減少している。この原因は、B、C配合では軽炉スラッグの量が多く著しく膨張したため、表面には表れぬものの内部に亀裂が発生し、その悪影響が現れたものと考えられる。

(2) 上層路盤表面の沈下：A配合の平板載荷試験による路盤表面の沈下を図-2に示す。同図から、材令14日では、沈下は平板付近で極端に大きくなっているが、材令が経過するとともに、沈下量はだんだん小さくなっていくことがわかる。

(3) 土圧分布：土圧分布も表面沈下量と同様に、平板載荷試験の結果、材令とともに水硬性が発揮されていき、平板直下の土圧はだんだん小さくなった。

(4) 上層路盤の変形係数：平板載荷試験結果から、ウデマルフの近似解法を用いて算出した路盤材の変形係数を表-7に示す。ただし、表中の一は、上層路盤の変形係数が低すぎたために、ウデマルフの方法では算定できなかったものである。この結果からも、A配合は材令とともに水硬性が発揮されたことがわかる。

6. 有限要素法による模型路盤の解析

模型路盤は、3層弾性体上に内形等分布荷重が載荷されているような構造にモデル化することができる。ここでは、この路盤内に生じる変位および応力も、有限要素法を使って計算した。この問題は軸対称であるから、要素にドーナツ形をしたリング要素を使って3次元的に解析した。なお、計算は、材令とともに水硬性が顕著に発揮したA配合を対象にして行なった。弾性定数には、A配合の材令14日、28日、56日における変形係数を用いた。表-8に、計算に用いた諸値を示す。また、表-9に、計算の結果得られた最大引張応力、最大引張応力が生じている部分のせん断応力、試験の結果得られた曲げ強度などを示す。ただし、荷重は1t/mの場合である。この表から明らかのように、上層路盤の弾性係数が大きくなるほど、安全率(曲げ強度/最大引張応力)は大きくなる。

7. おわりに

以上の結果から、軽炉スラッグ・水まぎれ混合材は、高炉スラッグ路盤材と同程度の特性を有することが確かめられた。今後、路盤材として実用化されることが望まれる。

最後に、御協力いただいた小倉鉉化株式会社の猿渡淳氏に感謝いたします。

<参考文献>

- 1) 達藤靖 「舗装の計算における Odemark の理論の要点その他」
- 2) N.C.ヤン 「舗装新設計法」 森北出版

表-5 上層路盤上のK値(kg/cm²)

材令	14日	28日	56日
A	17.8	36.5	62.0
B	9.9	15.7	20.9
C	15.4	9.3	9.0

表-6 上層路盤のCBR(%)

材令	14日	28日	56日
A	44.4	70.7	125
B	20.1	29.0	52.7
C	25.4	30.9	31.5

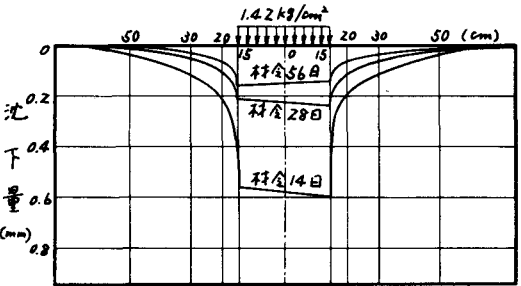


図-2 A配合の路盤沈下状況

表-7 路盤材の変形係数(kg/cm²)

材令	A			B			C		
	14日	28日	56日	14日	28日	56日	14日	28日	56日
上層路盤	3500	26500	13000	—	1000	2900	—	—	—
下層路盤	146	253	386	500	500	500	700	700	700
路床	133	133	133	135	135	135	135	135	135

表-8 有限要素解析に使用した弾性係数

	上層の変形係数 E ₁ (kg/cm ²)	下層の変形係数 E ₂ (kg/cm ²)	路床の変形係数 E ₃ (kg/cm ²)	ポアソン比	上層の厚さ h ₁ (cm)	下層の厚さ h ₂ (cm)
A ₁₄	3500	146	133	0.4	16	20
A ₂₈	26500	253	133	0.4	16	20
A ₅₆	13000	386	133	0.4	16	20

表-9 上層路盤の最大沈下量と各応力

	上層の最大沈下量(mm)	上層に生じる最大引張応力(kg/cm ²)	せん断応力(kg/cm ²)	曲げ強度(kg/cm ²)	引張に対する安全率
A ₁₄	3.9×10 ⁻²	1.00	-0.42	0.74	—
A ₂₈	6.5×10 ⁻³	1.30	-0.41	4.08	3.1
A ₅₆	1.4×10 ⁻³	1.38	-0.42	8.48	6.1