

文章编号:1673-0062(2012)04-0081-05

弱~强风化泥质粉砂岩物理改良试验研究

胡 萍,周 晖,陈文昭,樊军伟,熊智彪

(南华大学 城建学院,湖南 衡阳 421001)

摘 要:通过对天然状态下弱~强风化泥质粉砂岩的物理力学性质分析,提出采用掺入中粗砂来改良使其作为高速铁路路基填料的办法.并设计不同中粗砂掺入量情况下,弱~强风化泥质粉砂岩的击实试验、颗粒分析试验和 CBR 试验,以获得最大干密度、最佳含水量、颗粒级配和 CBR 值随中粗砂掺入量的变化规律,并通过对其碾压前后,以及干湿筛法土样的压实特性进行研究,从而确定最佳的物理改良方法.

关键词:泥质粉砂岩;中粗砂;颗粒级配;最大干密度;CBR 试验

中图分类号:TU41

文献标识码:B

Study on Physical Modified Tests on Weak-strong Weathered Argillaceous Siltstone

HU Ping, ZHOU Hui, CHEN Wen-zhao, FAN Jun-wei, XIONG Zheng-biao

(School of Urban Construction, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract: After analyzing physical and mechanical properties of the weathered argillaceous siltstone, mixing medium coarse sand into the weathered argillaceous siltstone was proposed to improve the stability of the embankment and sub grade in the high speed railway. So the compaction test, Particle size distribution test and CBR tests were designed to find out the relationships between the biggest dry density, the optimum water content, the particle size distribution, the CBR value and the content of medium coarse sand, and the compaction properties were fatherly studied by comparing particle distribution between uncompacted and compacted soil. And then the best modified method was assured.

key words: argillaceous siltstone; medium coarse sand; particle size distribution; the biggest dry density; CBR test

弱~强风化泥质粉砂岩天然状态下一般成块 石状,难以破碎,纵使采用机械破碎,容易造成细

收稿日期:2012-11-09

基金项目:南华大学博士科研启动基金资助项目(2011XQD23)

作者简介:胡 萍(1983-),女,湖南常德人,南华大学城市建设学院讲师,博士.主要研究方向:路基加固.

颗粒少,粗颗粒多,部分粒径组缺失,级配不良,属于 C、D 组填料. 弱~强风化泥质粉砂岩强度较高,但遇水后易软化、风化,性质不稳定,且强度迅速降低^[14]. 除此之外,泥质粉砂岩自身性质差异性大,随地点、岩层、环境等因素的变化而改变,因此,为了节省工程造价,要想将其应用于客运专线的路基填料,必须将其进行物理改良后再考虑使用.

就本项目现场填筑试验工点的弱~强风化泥质粉砂岩而言,根据实际破碎后颗粒级配分布情况,选取可掺入某段粒径组来提高土体的可压实性,增加填料的不均匀性,这样土体在压实后,细颗粒充填于粗颗粒所形成的孔隙中,容易得出较高的密实度和较好的力学性质. 因此,作者对弱~强风化泥质粉砂基本物理力学性质进行了分析,进而提出了掺加一定量的中粗砂来优化其颗粒级

配,籍此提高其工程力学性能,接下来还对弱~强风化泥质粉砂岩物理改良土的击实特性和水理性进行较为全面的研究分析,以期能够综合评判弱~强风化泥质粉砂岩物理改良土用于客运专线路基填料的适宜性及其采取的加强补救措施.

1 基本物理指标

白垩系及下第三系泥质粉砂岩分布在武汉至广州客运专线某工点,与含砾砂岩互层,其强~强风化呈土夹块石土状,稳定性差,在风化作用以及地表水和地下水的作用下,其强度迅速减弱. 弱~强风化泥质粉砂岩开挖弃碴大部分呈块石状,直径分布在 0.1~2 m.

其物理力学指标见表 1. 可见,全~强风化泥质粉砂岩属于中等液限粉质土,孔隙率较大,结构较稀疏,不适于直接用于路基填料^[5-6].

表 1 弱~强风化泥质粉砂岩细颗粒土天然状态下的基本物理指标

Table 1 The basic mechanical property indexes of weak-strong weathered argillaceous siltstone

物理指标	天然含水量 $w_a/\%$	天然湿密度 $\rho/(g \cdot cm^{-3})$	干密度 $\rho_d/(g \cdot cm^{-3})$	比重 G_s	颗粒密度 $\rho_s/(g \cdot cm^{-3})$	
块状	6.2~7.5	2.36~2.44	2.24~2.28	2.77~2.78	2.77~2.78	
强风化体	11.5~24.0	2.02~2.24	1.74~1.98	2.73~2.74	2.72~2.74	

物理指标	孔隙比 n	饱和度/ $\%$	液限 $w_L/\%$	塑限 $w_p/\%$	塑性指数 I_p	液性指数 I
块状	0.16~0.22	45.0~52.0	30.0~36.0	20.0~28.0	10.0~11.5	<0
强风化体	0.56~0.72	80.0~86.0	42.0~50.0	28.0~32.5	13.5~18.5	<0

2 击实特性

2.1 改良土的最大干密度和最优含水量

为了获取弱~强风化泥质粉砂岩最大干密度和最佳含水量与掺入粗砂量的关系,作者将弱~强风化泥质粉砂岩分别掺入 5%、10%、15%、20% 和 25% 粗砂,并按照《水利工程土工试验规程》进行大型(重)击实试验^[7]. 图 1 为不同掺砂量情况下弱~强风化泥质粉砂岩的最大干密度与含水量的关系. 图 2 为弱~强风化泥质粉砂岩的最大干密度与掺砂量的关系. 可以看出,在相同击实功下,最大干密度 ρ_{dmax} 随着掺砂量的增加而增大,当掺砂量为 25% 时,最大干密度达到最大,为 2.26 g/cm³;但当掺砂量达到 20% 后,最大干密度随掺砂量的增加的特性便不再明显. 这说明,弱~

强风化泥质粉砂岩在掺入一定的中粗砂以后,颗粒级配更加优良,经过压实能够获得较大的干密度;由于击实过程中会有颗粒破碎的现象发生,这就导致弱~强风化泥质粉砂岩的细颗粒含量主要还是受颗粒破碎性的影响.

在掺砂量由 5%~25% 的过程中,最优含水率 w_{opt} 稳定维持在 7.2%~8.0% 之间. 可见不同掺砂量下的弱~强风化泥质粉砂岩改良土击实时的最大干密度对含水量多少并不敏感,在现场填筑泥质粉砂岩弃碴改良土时可按天然含水量进行,不进行人工渗水或凉晒.

2.2 不同掺入量下的颗粒级配的变化

弱~强风化泥质粉砂岩的颗粒级配为窄级配土,机械破碎后的颗粒级配曲线很难满足高速铁路对路基填料不均匀系数 $C_u > 15$ 、曲率系数 $C_c =$

1~3 的要求,直接作为填料填筑很难达到路基所规定的压实度,为此在其风化料中添加一定量的中粗砂(粒径范围 <5 mm),以扩大其级配曲线的粒径范围,改善土样骨架结构的受力性能. 因此,作者选择不同掺入量下的泥质粉砂岩弱~强风化料进行颗粒分析试验,结果如图 3 所示. 由图 3 可见,随着中粗砂掺入量的提高,级配曲线有向右移的倾向,且趋于平缓,土中起骨架作用的颗粒含量

并没有增加,但 0.1~2 mm 颗粒含量增加,正好填补弱~强风化泥质粉砂岩中骨架颗粒和被破碎的细小颗粒的空隙,使得土改良后级配得到改善,更容易被压实. 不均匀系数 C_u 和曲率系数 C_c 的值如表 2 所示. 由表 2 可知,窄级配的弱~强风化泥质粉砂岩在掺入砂土以后,其 C_u 值有了较大幅度的提高,当掺入中粗砂达到 15% 时,其级配已经足高速铁路对路基填料的要求.

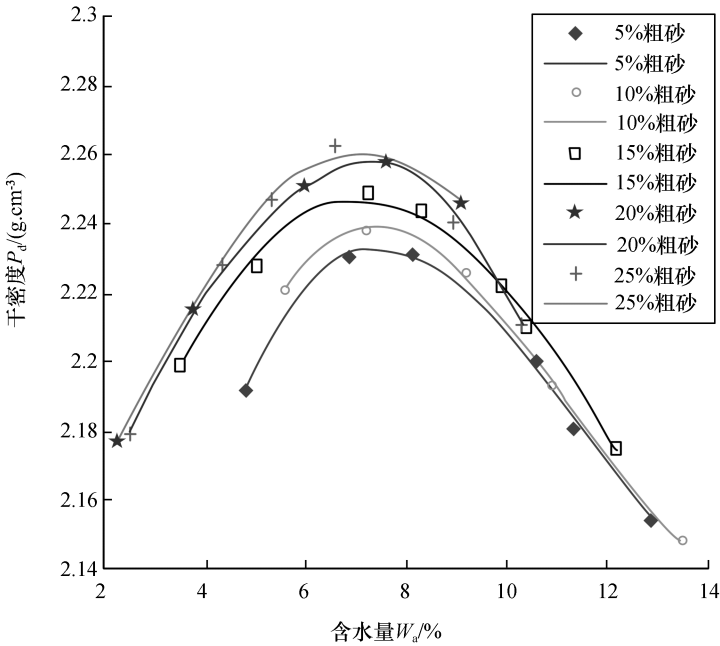


图 1 不同掺砂量下改良土的干密度 ρ_d 与含水量 w_a 的关系

Fig. 1 The relationship between ρ_d and w_a after mixing different sand content

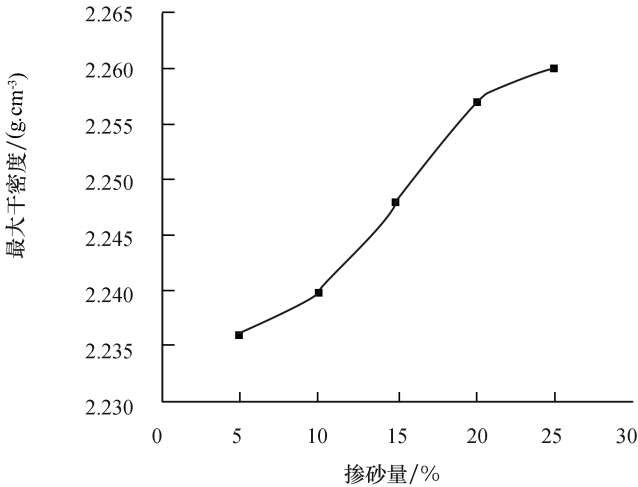


图 2 改良土的最大干密度与掺砂量的关系

Fig. 2 The relationship between the biggest dry density and sand content of improved soil

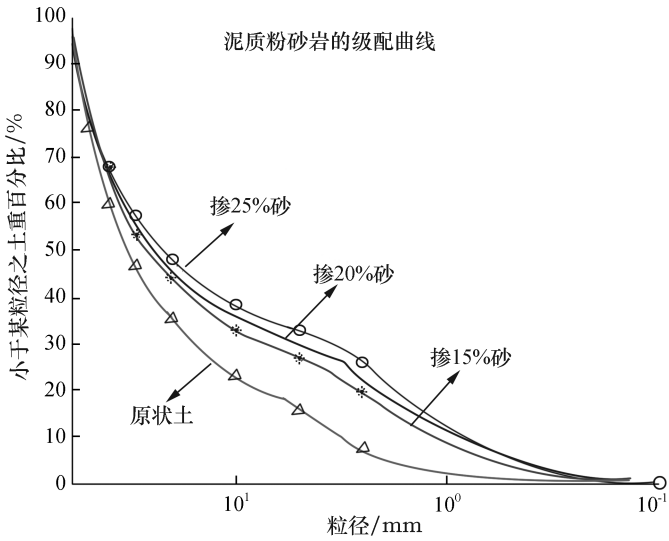


图 3 不同掺入量下的弱~强风化泥质粉砂岩的颗粒粒径及级配变化

Fig. 3 Gradation curves of weak-strong weathered argillaceous siltstone after mixing different sand

表 2 不同掺砂量下的泥质粉砂岩弱~强风化料的不均匀系数 C_u 和曲率系数 C_c

Table 2 The value of C_c and C_u of argillaceous siltstone after mixing different sand

	泥质粉砂岩风化料			
	未改良土	掺 15% 中粗砂	掺 20% 中粗砂	掺 25% 中粗砂
C_u	13.7	24.82	26.35	32.35
C_c	0.68	2.0	2.0	1.88

2.3 碾压前后颗粒级配变化

考虑到全—强风化的泥质粉砂岩碾压后易破碎,对取自现场不同位置的泥质粉砂岩物理改良

土,进行碾压前和碾压后颗粒级配测试,结果见图 4. SY1 系列试样取自路堤边坡未经碾压处,SY2 系列试样取自路堤上已碾压好的中心线处.

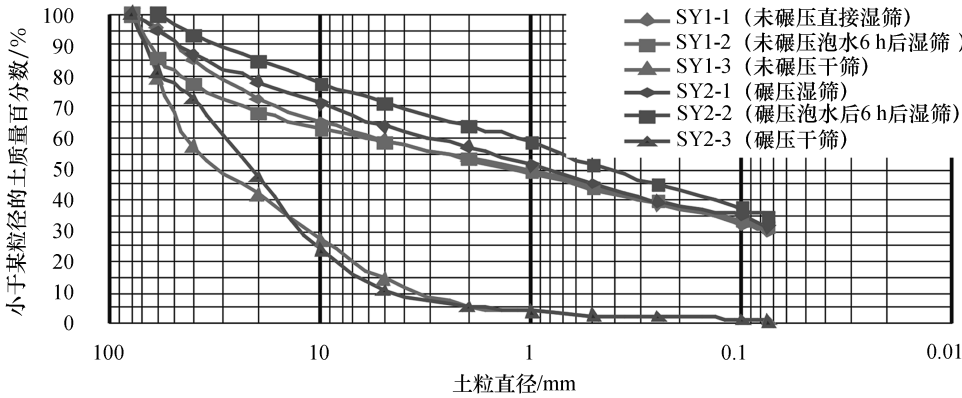


图 4 泥质粉砂岩物理改良土采取不同筛分法的颗粒大小分布曲线

Fig. 4 Gradation curves of argillaceous siltstone by different sieving way

由图 4 可知,泥质粉砂岩物理改良土为含有黏土粒的砂类土,采取直接干筛的方法,会使其试验结果严重失真,其根本原因在于软质岩细颗粒具有很强的黏附性,振动筛分时,不易脱离,容易

造成干筛结果偏粗;泥质粉砂岩物理改良土不管是否经过碾压,是否经过泡水,颗粒粒径基本上都保持不变,说明泥质粉砂岩物理改良土在较优级配下容易碾压成密实状态从而增强抵抗颗粒破碎

的能力,抗压性能得到提高。

3 改良土 CBR 试验

CBR 试验严格按《公路土工试验规程》(JTJ

051—93)进行^[8]。泡水4天的弱~强风化泥质粉砂岩物理改良土($K=92\%$) CBR 值随掺入量的变化见图5。可见,随着掺砂量的增加,改良土的 CBR 值也随之增加,但膨胀量有所减少。

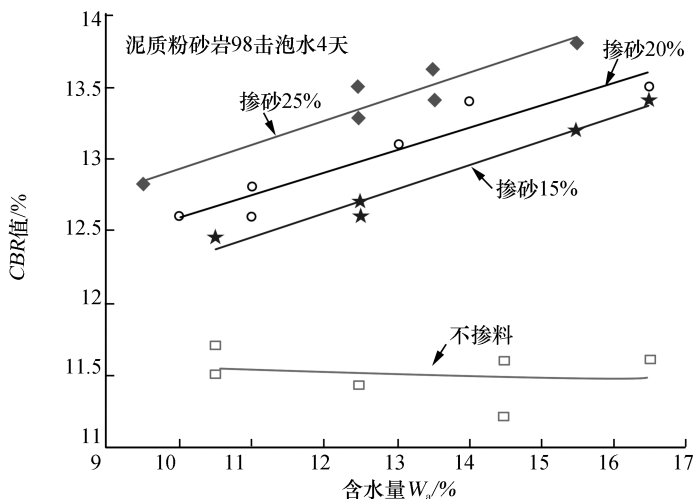


图5 弱~强风化泥质粉砂岩物理改良土 CBR 值随掺入量的变化

Fig.5 The relation between CBR value of weak-strong weathered argillaceous siltstone and sand content

可见,根据弱风化软质岩破碎后颗粒级配分布情况来选取可掺入某段粒径组,既可以改善填料级配,增加填料的不均匀性,也可以提高土体的 CBR 值。这样的填料经过压实后,细颗粒充填于粗颗粒所形成的孔隙中,容易得出较高的密实度和较好的力学性质并节省工程造价。根据日本铁路对路基填料对 CBR 值的要求($CBR > 10\%$),该土样掺中粗砂超过 15%,就能用于高速铁路路基填筑。但是,虽然弱~强风化泥质粉砂岩掺砂后 CBR 值增加,泡水膨胀量减少,吸水量也有所减少,但吸水量还是较大。因此,建议该填料用作高速铁路路基材料时,还应注意隔水防水,且不能用于浸水路堤填筑。

4 结 论

1) 中粗砂的掺入有助于弱~强风化泥质粉砂岩最大干密度的增大,但增幅不明显,最佳含水量变化也不明显,这表明现场填筑的含水量可按天然含水量进行;

2) 弱~强风化泥质粉砂岩掺入中粗砂后提高土体的 CBR 值,水稳性得到增强,92% 压实度改良土的 CBR 值均高于 10%,根据日本铁路对路基填料 CBR 值的要求($CBR > 10\%$),它能应用于高速铁路路基填料;

3) 弱~强风化泥质粉砂岩掺入 20% 中粗砂

改良后,颗粒级配得到改善,能达到 B 级填料的一切要求,填筑路基易于达到所规定的压实度;

4) 改良土碾压前后颗粒级配变化很小,说明土样性质稳定;

5) 综合各类试验数据,可采用弱~强风化泥质粉砂岩掺 20% 中粗砂后,进行路基填筑,但建议此改良后的填料用作高速铁路路基材料时,注意隔水防水,且不能用于浸水路堤填筑。

参考文献:

- [1] 叶国静. 路面永久变形的实验研究[J]. 岩土工程学报, 1987, 9(1): 113-116.
- [2] 卿启湘, 王永和, 李光耀, 等. 软岩填筑高速铁路路堤的室内试验研究[J]. 岩土力学, 2006, 27(7): 1119-1128.
- [3] 胡萍, 王永和, 卿启湘. 软岩改良土特性的室内试验研究[J]. 湖南工业大学学报, 2007, 21(2): 96-99.
- [4] 王永和, 胡萍, 卿启湘. 影响土样击实试验结果的试验分析[J]. 铁道科学与工程学报, 2006, 3(6): 31-34.
- [5] TB10102—2004 铁道工程土工试验规程[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2011.
- [6] 王其昌. 高速铁路土木工程[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 1999: 297-363.
- [7] SL237—1999 土工试验规程[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999.
- [8] JTGE40—2007 公路土工试验规程[S]. 北京: 人民交通出版社, 1993.