

玻璃纤维对水泥土抗压和抗拉强度的影响

彭红涛¹ 莫永京¹ 雷廷武^{1,2} 杨素平¹ 张心平¹

(1 中国农业大学水利与土木工程学院 2 中国科学院, 水利部水土保持研究所)

摘要 分析了玻璃纤维长度和掺入量对水泥土抗压和抗拉强度的影响机理。试验结果表明, 在考察范围内水泥土的强度随着玻璃纤维长度和掺入量的增加而增大, 且玻璃纤维掺量对水泥土抗拉强度的影响比抗压强度更显著, 但当玻璃纤维掺入量超过一定限度时, 水泥土的强度反而会降低。

关键词 玻璃纤维; 水泥土; 抗压强度; 抗拉强度

分类号 TU 442

Effects of Glass Fiber on the Compressive and Tensile Strength of Soil-cement Mixtures

Peng Hongtao¹ Mo Yongjing¹ Lei Tingwu^{1,2} Yang Suping¹ Zhang Xinping¹

(1 College of Water Conservancy and Civil Engineering, CAU

2 Institute for Soil and Water Conservation, CAS and WRM)

Abstract The effects of content and length of glass fibers on the strength of soil-cement mixtures and the mechanism of glass fiber reinforcement were studied. The results showed that the strength of soil-cement mixtures was increased with content and length of glass fibers. It was found the glass fiber content has a greater effect on the tensile strength of soil-cement mixtures. When the content of glass fibers rose to a value, the strength of glass fiber reinforced soil-cement specimens subsequently fell off.

Key words glass fiber; soil-cement mixtures; compressive strength; tensile strength

采用在水泥土中掺入玻璃纤维的方法可以获得比水泥土强度更高的纤维水泥土^[1,2]。由于玻璃纤维细长(单丝直径 $13.16 \pm 1.5 \mu\text{m}$), 因此与水泥土有较大的接触面, 能获得更大的粘聚力。纤维水泥土是一种三维加筋材料, 其抗冲刷能力和承受动荷载的能力较同等条件下的水泥土有所增强, 并且较好地保持了土体的天然性, 与环境较为协调, 可以在边坡、挡土墙、基础垫层及其他应力状态复杂、承受往复荷载的工程中应用。玻璃纤维是如何影响水泥土强度的, 特别是它的长度和掺入量对水泥土强度的影响, 尚需要通过大量试验来分析。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

1) 水泥。由于使用中一般对水泥土强度的要求不是很高, 所以试验中采用工程建设中大量

收稿日期: 1999-12-22

国家重点科技产业工程项目

彭红涛, 北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区) 59 信箱, 100083

使用的325号矿渣水泥,其28d抗折强度为6.8MPa,抗压强度为36.3MPa。

2) 土料。从距地表1m以下取土,在室内摊开风干,粉碎结块(避免压碎颗粒原状),用5mm的筛子筛去僵块、石子和其他杂质。土料为轻壤土。

3) 玻璃纤维。主要物理性能:单丝直径 $13.16 \pm 1.5 \mu\text{m}$,纱密度300~2400 tex,抗碱浸润剂含量1.0%~2.0%,含水率 $< 0.1\%$,硬挺度 $> 160\text{mm}$,软化点温度为860。耐碱性能指标:经100的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 饱和溶液浸泡4h后单丝强度保留率 $> 85\%$,直径缩小率 $< 10\%$;在100,质量分数为10%的NaOH溶液中浸泡1h后质量减小率 $< 5\%$ 。将玻璃纤维切成长度分别为5,7和9cm的短纤维。

4) 水泥石。取水泥掺入量10%,水泥石含水率14.4%,干密度 $1.77 \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$,制备成水泥石混合料。

1.2 试验方法

试件模具的尺寸为 $7.07 \text{cm} \times 7.07 \text{cm} \times 7.07 \text{cm}$,试件采用挤压法成型^[3]。制试件时,在试件模内一面撒下配制好的水泥石混合料,一面放进散开的一定比例的玻璃纤维。压力机以 $1.5 \sim 2.0 \text{kN} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速度慢慢将混合料全部压入试模内,稳定30s后拆模,用塑料薄膜封盖严密,2~3h后,进行编号,装入塑料袋密封,放入标准养护室,让其靠自身成型水分养护。试件龄期为28d,提前1d从养护室取出,放入水中浸泡24h后取出,用湿毛巾覆盖,防止水分散失。进行无侧限抗压强度试验时,压力机以 $1.5 \sim 2.0 \text{kN} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速度连续而均匀地加荷,直到试件破坏;进行劈裂抗拉强度试验时,压力机以 $0.2 \sim 0.3 \text{kN} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速度连续而均匀地加荷,直到试件破坏。

2 试验结果与分析

2.1 玻璃纤维对水泥石无侧限抗压强度的影响

图1示出玻璃纤维长度 l 和质量分数 w 对水泥石无侧限抗压强度 σ 的影响。可以看出,在考察范围内, σ 随 l 的增长而加大。 w 为0~0.1%时, σ 随 w 的增大而增大; w 由0.1%增至0.2%时, σ 增加缓慢;当 w 达到0.2%时, σ 最大。 l 分别为9,7和5cm时, σ 分别为2.04,1.97和1.73MPa,比不掺玻璃纤维的水泥石抗压强度(1.61MPa)分别增加26.7%,22.4%和7.5%;当 w 超过0.2%时, σ 开始下降。因此,适量掺入玻璃纤维可以提高水泥石的无侧限抗压强度,但若玻璃纤维的掺入量超过一定限度,水泥石的无侧限抗压强度不但不会增加,反而会下降。

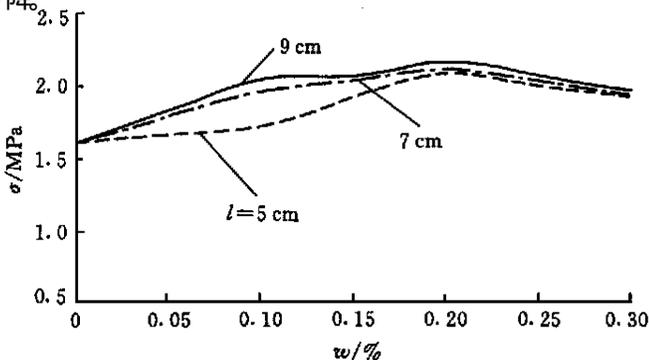


图1 玻璃纤维长度 l 和质量分数 w 对水泥石无侧限抗压强度 σ 的影响

2.2 玻璃纤维对水泥土劈裂抗拉强度的影响

图 2 示出玻璃纤维长度 l 和质量分数 w 对水泥土劈裂抗拉强度 σ_f 的影响。可以看出, 在考察范围内, 随着 l 的增长, σ_f 增大。 w 为 0~0.2% 时, σ_f 随 w 的增大而增大; 当 w 达到 0.2% 时, σ_f 最大。 l 分别为 9, 7 和 5 cm 时, σ_f 分别为 0.151, 0.149 和 0.144 MPa, 比未掺玻璃纤维的水泥土劈裂抗拉强度 (0.115 MPa) 分别增大 31.30%, 29.56% 和 25.21%。玻璃纤维对水泥土劈裂抗拉强度的增强作用显然比在相同条件下对水泥土无侧限抗压强度更显著。当 w 超过 0.2% 时, σ_f 开始下降, 因此, 在水泥土中掺入玻璃纤维不宜过多, 可根据工程需要, 通过试验确定玻璃纤维的掺入量。

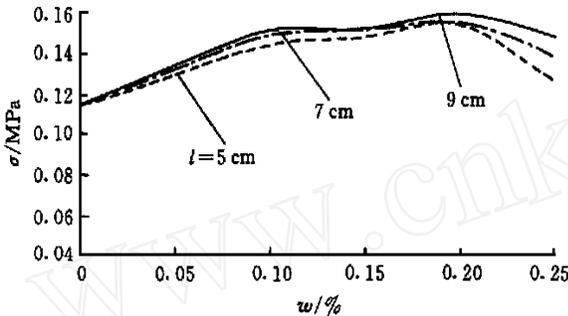


图 2 玻璃纤维长度 l 和质量分数 w 对水泥土劈裂抗拉强度 σ_f 的影响

2.3 玻璃纤维对水泥土抗压、抗拉强度影响的机理分析

掺入适量玻璃纤维后, 随着水泥土的固结硬化, 水泥土与玻璃纤维间会产生一定的粘结力。检查破坏的玻璃纤维增强试件 (图 3) 可以看出, 试件破坏的主要原因是玻璃纤维被拉出或拉断, 这与纯水泥土试件的破坏情况不同。玻璃纤维增强试件在第 1 条裂缝出现后, 如果玻璃纤维的拉出抵抗力 (即玻璃纤维与水泥土的粘结力) 大于出现裂缝处的荷载, 则由玻璃纤维承受裂缝处的全部荷载。随着荷载的增大, 玻璃纤维通过粘结应力把附加的应力传递给水泥土体, 这时水泥土体会由于受到不断增大的荷载的作用, 出现更多的裂缝。这种裂缝增多的过程将继续下去, 直至玻璃纤维被拉断, 或由于脱去粘结力而被拉出, 因此, 适量掺加玻璃纤维可以延迟水泥土微裂缝的扩展, 提高水泥土的强度, 改善水泥土的抗裂性能。

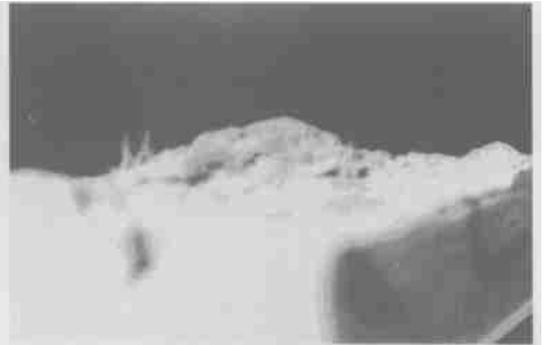


图 3 破坏的玻璃纤维增强水泥土试件

在组成玻璃纤维水泥土的水泥、土、水和玻璃纤维 4 种材料中, 水泥和土与水作用可产生一定的粘聚力, 而玻璃纤维不产生粘聚力。水泥土的强度应该说是来源于这种粘聚力的。若玻璃纤维掺入量超过一定限度, 水泥和土就会减少过多, 水泥土体中的粘聚力会急剧下降, 从而使水泥土强度降低; 因此, 在水泥土中掺入过多的玻璃纤维不仅不能提高水泥土的强度, 反而会使其降低, 同时增加材料成本。

3 结束语

1) 试验结果表明: 在考察范围内, 随着掺入水泥石中的玻璃纤维长度的增加, 水泥石的无侧限抗压强度和劈裂抗拉强度均增加。

2) 当玻璃纤维的质量分数 w 在0~0.2%范围内时, 水泥石的无侧限抗压强度和劈裂抗拉强度随着 w 的增大而增大, 且在玻璃纤维长度和 w 不变的情况下, 玻璃纤维对水泥石劈裂抗拉强度的增强作用比无侧限抗压强度更显著; 当 w 超过0.2%后, 水泥石的无侧限抗压强度和劈裂抗拉强度均开始下降: 因此, 在水泥石中掺入玻璃纤维不宜过多, 可根据工程需要, 通过试验确定玻璃纤维的掺入量。

参 考 文 献

- 1 莫永京, 彭红涛, 雷廷武, 等. 纤维水泥石抗压强度的试验研究. 农业工程学报, 1999, 15(增刊): 119~122
- 2 莫永京, 彭红涛, 雷廷武, 等. 纤维水泥石抗拉强度的试验研究. 中国农业大学学报, 1999, 4(6): 106~109
- 3 肖林, 王春义, 郭汉生. 建筑材料水泥石. 北京: 水利电力出版社, 1987. 251~259