

盐溶液对高压实高庙子膨润土膨胀变形的影响试验

陈永贵^{1,2)}, 朱春明^{1,2)}, 叶为民^{1,2)}, 陈宝^{1,2)}, 崔玉军^{1,2)}

1) 同济大学岩土及地下工程教育部重点实验室, 上海, 200092;

2) 同济大学地下建筑与工程系, 上海, 200092)

1 引言

膨润土具有高膨胀性、低渗透性以及良好的吸附性, 被认为是用作高放废物深地质处置库建设的理想缓冲/回填材料 (Ye et al, 2010)。在处置库中, 高压实膨润土利用自身的高膨胀性密封工程建设产生的各种施工缝隙 (包括存在于围岩与混凝土之间、围岩与膨润土块体之间、膨润土块体与罐体之间、以及膨润土块体之间的裂缝), 从而延阻围岩中地下水向处置库入渗, 延缓核素通过地下水迁移进入生态圈的时间, 达到人工屏障的缓冲作用 (Villar et al, 2008)。

但是地下处置库运营后, 在围岩与缓冲/回填材料之间、围岩与地下水之间以及混凝土结构与围岩之间等的长期作用过程中, 部分矿化物质逐渐溶解并进入地下水, 形成

具有一定化学成分的地下水溶液 (Liu J, 2006), 含有一定盐度的地下水与膨润土块体接触后发生相互作用 (Herbert et al., 2008), 会引起膨润土中孔隙水化学成分以及孔隙结构的改变, 进而影响其膨胀性能。

而我国高放废物地质处置预选区甘肃北山地下水属于微咸水, 总溶解固体 (TDS) 变化范围较大, 大多在 2g/L 以上, 最大可达 80g/L。地下水主要化学相为 $\text{Cl}^- \text{SO}_4^{2-} \text{Na}^+$ (郭永海, 2001)。同时, 作为我国高放射性核废物地质处置库缓冲/回填材料的高庙子钠基膨润土, 与国外研究的膨润土在土质、矿物组分及含量等方面均有较大的差别 (Wen, 2006), 因此, 有必要研究盐溶液对高庙子膨润土膨胀性的影响。

2 试验研究

为了研究盐溶液对膨润土膨胀性的影响, 利用不同浓度 (分别为 0.1、0.5、1.0、2.0 mol/L) 的 NaCl 溶液模拟地下水开展膨胀变形试验。

GMZ 膨润土试样利用 CSS-44300 型 300kN 数控万能压力试验机以 0.4kN/min 的垂直速率压制而成, 直径 50mm、高度 10mm、干密度为 1.7g/cm³。

将压制完成的试样连同防止其侧向变形的试样环安装到膨胀变形仪中 (图 1), 试样上下表面各放置一块透水石。将渗透液注入容器, 在吸力梯度及浓度梯度作用下溶液从试样底部向上渗透。为了防止溶液蒸发而导致浓度改变, 在溶液上部覆盖一层密度小于水的硅油对溶液进行密封。溶液入渗后, 利用百分表量测膨胀变形量, 48 小时内读数不变, 认为变形达到稳定。

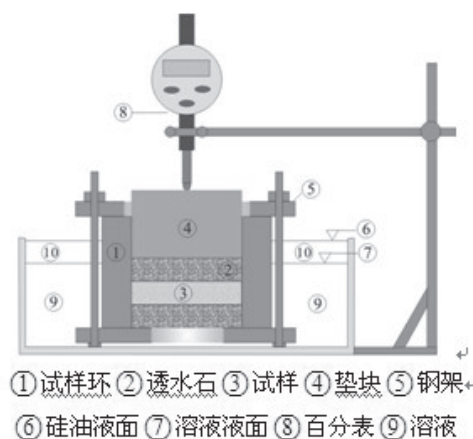


图 1 膨胀变形仪示意图

试验结果如图 2 所示。可以看出, 随着溶液浓度的增加, 试样的膨胀应变减小, 从浓度为 0.1mol/L 时的 75.4% 减小为浓度为 2.0mol/L 时的 45.9%。表明不同浓度的盐溶液对膨润土的膨胀变形具有明显的削弱作用, 与 Studds (1998) 用盐溶液对 Wyoming 膨润土进行的膨胀变形试验和 Castellanos

(2008) 在不同垂直荷载下用低盐度和高盐度溶液对 FEBEX 压实膨润土进行的膨胀变形试验取得的结果具有相同的规律。这是由于盐扩散进入粘土颗粒引起渗透固结, 不仅减小主膨胀, 并且抵消和阻止次膨胀 (Rao et al, 2006)。根据双电层理论, 双电层厚度会随着孔隙水中盐浓度的增加而减小, 进而减小膨胀势。同时, 盐离子浓度越高, 变形达到稳定的时间越短, 这可能与盐的扩散和吸附-解吸附反应有关。

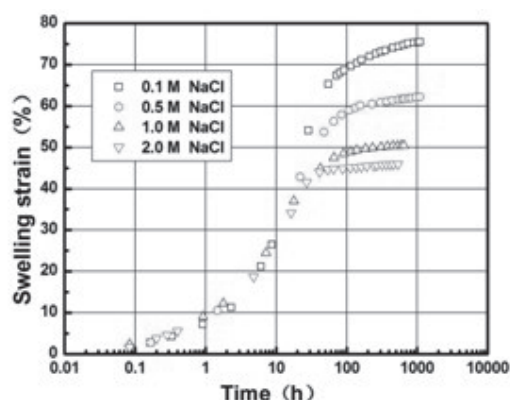


图 2 NaCl 溶液浓度对膨胀应变的影响

3 结论

利用 NaCl 溶液模拟地下水入渗后的膨胀变形试验得出以下结论:

- (1) 盐溶液入渗后会降低膨润土的膨胀势, 随着溶液浓度的增加, 膨胀变形明显减小;
- (2) 随着溶液浓度的增加, 变形达到稳定的时间变短。

因此, 在地下处置库设计时, 必须要考虑地下

水中化学离子对膨润土性质的影响, 这对评价工程屏障系统的构筑质量非常重要。

参考文献 / References

- 郭永海, 杨天笑, 刘淑芬. 2001. 高放废物处置库甘肃北山预选区水文地质特征方法学研究. 铀矿地质, 17(3): 14~16.
- Castellanos E, Villar M V, Romero E, Lloret A, Gens A. 2008. Chemical impact on the hydro-mechanical behavior of high-density FEBEX bentonite. *Physics and Chemistry of the Earth* 33, S516~S526.
- Herbert H J, Kasbohm J, Sprenger H, Fernández A M, Reichelt C. 2008. Swelling pressures of MX-80 bentonite in solutions of different ionic strength. *Physics and chemistry of the earth* 33, S327~S342.
- Liu J, Neretnieks I. 2006. Physical and chemical stability of the bentonite buffer. Royal Institute of Technology, R-06-103. www.skb.se
- Rao S M, Thyagaraj T, Thomas H R. 2006. Swelling of compacted clay under osmotic gradients. *Géotechnique* 56(10), 707~713.
- Studds P G, Stewart D I. and Cousens T W. 1998. The effects of salt solutions on the properties of bentonite-sand mixtures. *Clay Minerals* 33, 651~660.
- Villar M V, Lloret A. 2008. Influence of dry density and water content on the swelling of a compacted bentonite. *Applied Clay Science* 39, 38~49.
- Wen Z J. 2006. Physical property of china's buffer material for high-level radioactive waste repositories. *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering* 25, 794~800.
- Ye W M, Chen Y G, Chen B, Wang Q, Wang J. 2010. Advances on the knowledge of the buffer/backfill properties of heavily compacted GMZ bentonite. *Engineering Geology* 116(1~2), 12~20.