

西安地裂缝对地铁盾构隧道影响的模型试验研究

潘春娟¹⁾, 王辉¹⁾, 范玉海^{1,2)}, 张少鹏¹⁾

1) 中煤航测遥感局遥感应用研究院, 陕西西安, 710054; 2) 西北大学大陆动力学国家重点实验室, 陕西西安, 710069

作为西安市城市交通建设的重大工程项目——西安市地铁二号线工程(南北线), 北起火车北站, 南至长安韦曲, 途经火车北站、南北大街、长安路, 线路全长 26.4 公里。从北到南将穿过所有的地裂缝, 而这些地裂缝有的工程致灾状况十分严重, 其中 f_4 、 f_5 、 f_6 和 f_9 地裂缝地表出露长, 连续性好, 活动强烈, 致灾严重地段占出露长度的 70% 以上, 其他地裂缝致灾段占整个长度的 50% 以上, 这在当前世界地铁建设工程中是极为罕见的, 是地铁建设史上的重大难点问题。为明确西安地裂缝对地铁工程建设的影响以及可能引起的工程灾害, 提出地铁区间隧道通过地裂缝带的安全可靠、经济合理的结构措施及防水措施, 本文主要研究西安典型地层埋深 20.0m 范围内地裂缝活动对地铁盾构隧道衬砌的影响, 为地铁穿过地裂缝地段的结构措施和防水措施提供科学依据。

1 西安地裂缝的基本特征

通过对西安地裂缝已有研究成果(张家明, 1986; 张家明, 1992; 李永善, 1992)的分析可知, 地裂缝在平面上具有明显的方向性、成带性、似等间距性、位错同步性和多级性以及剖面上的结构组合形式多样性等展布规律。

1.1 平面展布特征

西安地裂缝是在西安正断层组的基础上发育起来的, 由南而北在黄土梁洼之间有规律排列, 均位于黄土梁的南侧, 呈带状分布。在平面上呈左行雁列, 主体走向为 $NE70^\circ \sim 80^\circ$ 。它们一般都由主裂缝及其下降一侧的次级裂缝组成地裂缝带, 带宽 3~8m, 局部可达 20~30m。各条地裂缝带大体呈等间距近似平行排列, 间距为 0.4~2.1km, 平均约

1km。地裂缝和地面沉降调查结果表明, 西安地面沉降区与承压水位下降区的分布位置相吻合, 而地裂缝则出现在地面沉降槽边缘的陡变地带, 组成地裂带的次级裂缝均靠近地面沉降槽中心。

1.2 剖面结构特征

西安地裂缝在剖面上的形态一般为上宽下窄的楔形, 向下逐渐变窄变少, 最深达三百余米。地裂缝主体倾向南, 倾角较陡, 一般在 70° 以上。但是, 主干地裂缝与次级地裂缝在剖面上的组合形式具有多样性的特点, 大致概化为以下三种: 阶梯状、“y”字型 and 追踪式, 其中“y”字型颇具构造意义, 它是地裂缝南盘下降、北盘上升的垂向剪切作用在地表自由面上产生末端张裂效应的结果(彭建兵, 1992)。

2 西安地裂缝对地铁盾构隧道的影响

通过大比例尺(1:5)的结构模型试验, 分析了西安地裂缝活动对地铁盾构隧道的影响, 并用 MARC 有限元分析软件进行了数值模拟, 得出了以下结论:

(1) 地裂缝上盘沉降时, 盾构衬砌顶部位于下盘的部分呈受拉状态, 位于上盘的部分呈受压状态; 衬砌底部上盘呈受拉状态, 下盘呈受压状态; 衬砌两侧壁基本呈下盘受拉、上盘受压状态。位于地裂缝附近的衬砌部分所受剪应力较大。

(2) 地裂缝上盘下降时, 地裂缝附近的衬砌在接头附近处发生破坏, 衬砌环离接头较远的部位基本不产生破坏, 离地裂缝越近的衬砌破坏越严重。

(3) 破坏主要发生在衬砌底部跟顶部的纵向螺栓接头处, 而环向螺栓及侧壁的纵向螺栓接头处

注: 本文为国家自然科学基金重点项目(40534021)及国家自然科学基金项目(40602033)资助的成果。

收稿日期: 2015-02-02; 改回日期: 2015-02-28; 责任编辑: 费红彩。

作者简介: 潘春娟, 女, 1983 年生, 硕士, 中煤航测遥感局工程师, 主要工程地质研究。E-mail: 81884100@qq.com。

破坏较轻。

(4) 地裂缝影响下盾构衬砌的变形破坏为剪拉破坏。地裂缝上盘沉降时, 衬砌顶部下盘产生拉应力、上盘产生压应力, 底部下盘产生压应力、上盘产生拉应力; 地裂缝附近的衬砌所受剪力也较大。而这些应力几乎全为螺栓附近的衬砌所承担。当拉应力超出了衬砌的抗拉强度后, 接头处的衬砌发生破坏, 随着地裂缝垂直位移量的进一步增大, 破坏越来越严重, 导致螺栓附近的混凝土脱落, 螺栓出露, 失去作用, 最后在地裂缝处衬砌被完全剪断。

(5) 地裂缝上盘沉降时, 地裂缝附近的衬砌以环为单位产生了垂直位错, 成阶梯状, 离裂缝越

近位错量越大; 衬砌底部上盘距地裂缝 1.5m 以外, 下盘距地裂缝 0.9m 以外几乎不产生位错; 衬砌顶部上盘距地裂缝 0.9m 以外, 下盘距地裂缝 1.2m 以外几乎不产生位错; 顶部的位错要大于底部, 这是因为衬砌本身产生了变形。

(6) 地裂缝上盘沉降时, 上盘衬砌两侧的竖向土压力迅速减小, 离地裂缝越近土压力越小; 下盘的竖向土压力随着上盘土体的沉降不断增大。

(7) 地裂缝上盘沉降时, 衬砌两侧土体在纵向上沿地裂缝产生位错, 下盘沉降量较小, 上盘沉降量较大, 离地裂缝越远沉降量越大, 越靠近地裂缝沉降量越小, 呈渐变趋势。上盘土体沿横向产生均匀沉降, 下盘土体沉降量较小。

参 考 文 献 / References

李永善. 1992. 西安地裂及渭河盆地活断层研究. 北京: 地震出版社.
彭建兵, 张骏, 苏生瑞等. 1992. 渭河盆地活动断裂与地质灾害. 西安: 西北大学出版社.

张家明. 1986. 西安地裂缝的构造特征及其成因机制. 陕西地质, 2(4): 11~20.
张家明. 1992. 西安地裂缝研究. 西安: 西北大学出版社.