

Research on Application of Construction Technology of Railway Station Building Across Ground Fissures

Xuedong Weng

China Railway Construction Engineering Group, Beijing, 100160, China

Abstract

Relying on the reconstruction and expansion project of Xi'an Station, combined with the characteristics of the project's ground fissures across Xi'an F3, in view of the difficulties existing in the design and construction of construction projects in China when encountering ground fissures, the building envelope and structural measures in terms of treatment, through the combination of theoretical analysis and numerical simulation, the building envelope components are studied, the stress state and deformation characteristics of the main body of the building under complex boundary conditions are grasped, a reasonable structural design method is determined, and specific structural measures plan to reduce the adverse effects of ground fissure activities on the overall project.

Keywords

ground fissures; enclosure structure; stress state; deformation characteristics; tectonic measures

跨地裂缝铁路站房施工技术应用研究

瓮雪冬

中铁建工集团有限公司, 中国·北京 100160

摘 要

以西安站改扩建工程为依托, 结合该项目跨西安F3地裂缝的特点, 针对中国建筑工程项目在遇到地裂缝时设计、施工过程中存在的难题, 在建筑围护结构及构造措施处理方面, 通过理论分析、数值模拟相结合的方式, 对建筑各个部位的围护构件展开研究, 掌握建筑主体在复杂边界条件下的受力状态及变形特征, 确定合理的构造设计方法, 提出具体构造措施方案, 减小地裂缝活动对工程整体产生的不良影响。

关键词

地裂缝; 围护结构; 受力状态; 变形特征; 构造措施

1 引言

在中国西安市及其郊区约 150km² 范围内, 自南而北共发育了 14 条地裂缝, 这些地裂缝大致平行排列, 总体走向为北东 70° 左右, 地裂缝活动具有三维空间变形特征, 表现为垂直位移, 水平引张和水平扭动。根据多年的监测资料表明, 西安地裂缝在东郊, 南郊活跃, 在西郊和北郊相对较弱, 14 条地裂缝中以 F4, F5, F6 活动性最强, F1 和 F8 活动性最弱。西安地裂缝群分布图, 其范围是西至泾河, 东到纺织城, 南起三爻村, 北至井上村, 发育在黄土梁洼地貌的附近, 成平行带状特征, 间距相近。

西安市的 14 条地裂缝对西安市政建设和工业生产带来了极大的危害, 它不仅直接破坏各类建筑设施如大雁塔, 而且还造成工程场地土的工程性质变异和工程稳定性的减弱如高层建筑, 从而严重地限制了建筑场地的使用如地铁的修

建, 影响城市建设的合理布局, 目前已成为危害西安城市建设的主要地质灾害之一。特别是进入 20 世纪 80 年代以来, 由于过量的抽取承压水导致地裂缝两侧不均匀地面沉降, 进一步增大了地裂缝的活动和破坏强度。

由于地裂缝的不断活动, 对于裂缝附近的地质体是一种不断地动力源, 使得地裂缝周围的地质体发生位移, 产生局部形变场和应力场, 他们使建筑物的地基和基础产生均匀或不均匀沉降, 拉裂和错开, 从而引起上层的建筑物裂开, 错开, 甚至坍塌, 造成地下洞室、路基、管道变形或剪断。

而西安站改扩建工程跨越西安 F3 地裂缝, 仅仅依靠对混凝土及钢结构的变形控制不能达到控制工程变形的良好效果, 故论文从基础、混凝土结构、钢结构、金属屋面、外幕墙、室内装修等几个方面分别对工程总体变形控制进行研究。

2 工程概况

西安铁路枢纽是西北地区最大的铁路枢纽, 西安火车站位于唐大明宫与明城墙之间, 是大明宫与大雁塔这一历史轴线的重要节点, 是遗址群中的大型铁路枢纽^[1]。基地北临

【作者简介】瓮雪冬(1987-), 男, 中国河北保定人, 本科, 工程师, 从事铁路站房研究。

自强东路,南接环城北路,解放路与之垂直相接,东西两侧分别为城市主干道太华路和未央路。

唐大明宫与明城墙相距约 500m,基地位于二者之间,新建北站房距丹凤门仅 160m 左右,广场狭长,一条 F3 地裂缝从场地沿东北—西南方向斜向穿过,贯穿整个西安站工程的地下空间及高架候车室。大量的经验事实表明,地裂缝作用引起的建筑物破坏往往是很严重的。地裂缝活动具有长期蠕动和单向位移累加的特征,相当于在静力作用下的累积变形,尽管活动速率不高,但在裂缝变形区域内将对建筑构件施加局部应力作用,最终能导致材料破裂失效。随着西安 F3 地裂缝的后期活动和发展,将可能出现垂直位错运动、水平拉张运动和水平扭动运动相结合的三维空间运动特征。因此在跨越地裂缝区域内,建筑结构和构造措施处理等问题属于该工程的技术难点。

本次西安站改包括新建站房(北站房及高架站房、市政地下通廊及地下进出站厅、站台雨棚及市政天桥),新建东配楼,南站房改造三大部分。改扩建之后车站将成为拥有南北双广场、双站房、多通道的大型综合交通枢纽,同时实现与地铁 4、7 号线无缝接驳,实现零距离换乘。

论文主要的研究内容为:在建筑围护结构及构造措施处理方面,通过理论分析、数值模拟相结合的方式,对建筑各个部位的围护构件展开研究,掌握建筑主体在复杂边界条件下的受力状态及变形特征,确定合理的构造设计方法,提出具体构造措施方案^[1]。

3 适应性建筑结构与构造

西安站改扩建工程的地裂缝的活动方式是蠕动,具有三维位移活动特征,即南倾南降的垂直沉降、水平引张和水平扭动,其中以垂直位移量为最大,三者比值大致为 1 : 0.31 : 0.03。穿越站房的地裂缝每年沉降量约为 3~5mm,水平变形约为 1~1.5mm,按照 20 年设计标准,其竖向总变形量为 60~100mm,水平变形总量为 20~30mm,超出普通建筑构造设计体系及建筑变形缝的可调节范围。

在此用地条件的制约下,高架候车厅整体结构体系沿地裂缝上下盘分成北中南三部分,北侧结构位于下盘,南侧结构位于上盘,中部结构跨越地裂缝区域与南北两侧结构在 10.0m 标高,18.0m 标高采用钢桁架连接,屋面网架体系采用同样原则划分为三部分。地下通道与快速进站厅位于车场下方,采用了“建一桥”合一的预应力框架结构体系共同承担着上部的列车荷载和站台荷载;地下通道采用三孔箱涵结构形式。采用此种结构形式,实现了地上、地下建筑有效的跨越地裂缝区域,地裂缝活动不会对整体结构产生不良影响^[2]。

4 设计对策与技术措施

4.1 地基基础及混凝土结构避让原则

本工程跨地裂缝的高架候车室基础形式为桩承台基础,结构形式为劲性混凝土框架+钢屋盖结构体系,由于地裂

缝的活动方式是蠕动,具有三维位移活动特征,为了避免地裂缝对地基基础及混凝土结构产生不良影响,在进行地质勘查时,要精准定位地裂缝位置,地基基础和混凝土结构要避免开地裂缝位置。

4.2 跨缝钢结构桁架设置滑动支座调节变形量

高架候车厅整体结构体系沿地裂缝上下盘分成北中南三部分,北侧结构位于下盘,南侧结构位于上盘,中部结构跨越地裂缝区域与南北两侧结构在 10.0m 标高,18.0m 标高采用钢桁架连接,屋面网架体系采用同样原则划分为三部分。

4.2.1 跨缝钢结构桁架概况

西安 F3 地裂缝斜向穿越既有西安车场,其走向基本为西南—东北走向,地裂缝影响范围内沿地裂缝走向设置简支钢桁架(B-3 区),将高架候车室分为 B-1 区、B-2 区两个单独的结构单元,简支桁架一端铰接,一端采用可调节滑动支座,以适应地裂缝的蠕动变形。跨缝桁架呈西南—东北走向,起于 1-7/1-F 轴处,终于 1-16/1-J 轴线处,跨度 25m,共两层,9.77m 层和 17.82m 层,截面高度分别为 3m、10m。

9.77m 标高跨缝桁架共 31 榀(1-7 轴/1-16 轴),桁架构件类型为焊接 H 型钢,材质为 Q345GJC,桁架间有钢梁、支撑等连接构件类型为焊接箱型截面和焊接 H 型钢、无缝钢管,材质为 Q345C,楼面次梁与桁架弦杆连接方式均为铰接,钢梁与桁架弦杆连接方式均为铰接。

17.82m 标高跨缝桁架共 6 榀,有主桁架及次梁、支撑等次构件组成。主桁架高 9.70m,顶标高 27.40m,桁架构件类型为箱型构件。主桁架间有钢梁、支撑等连接,钢梁为 H 型钢。

4.2.2 跨缝桁架支座应用

由于北侧结构位于地裂缝下盘,使用成品铰支座(竖向可调);南侧结构位于地裂缝上盘,使用滑动支座(竖向可调)。应用在本工程中的成品支座为可调节高度支座,当支座处主体结构相对竖向变位达到 50mm 时,应进行调节;当主体结构相对竖向变位超出支座调节范围时,应对支座进行更换。

4.2.3 屋盖钢结构地裂缝处断开

屋盖钢结构为焊接球网架,网架结构形式采用四角锥网架结构,采用下弦两边支承。格尺寸 4.25m×4.25m,网架厚度 2.25~4.95m。高架候车室 B-3 区为地裂缝处屋盖钢结构。

地裂缝处屋盖钢结构(B-3 区)与非地裂缝处屋盖钢结构(B-1 区、B-2 区)采取断开的形式规避地裂缝产生的变形影响。

4.3 跨地裂缝建筑金属屋面变形缝构造

在金属屋面工程实施时,屋面铺设适应钢结构三个区域的划分,屋面变形缝构造措施考虑变形条件下的相对滑动

及吸收变形量做法,满足在地裂缝变形作用下不损坏、不漏水,可以正常使用。

跨地裂缝建筑金属屋面变形缝构造系统,所述系统位于跨地裂缝建筑金属屋面处,包括主檩条和另一侧檩条,布置于地裂缝两侧;主檩条端部和另一侧檩条端部之间连接设置有横向伸缩的不锈钢伸缩节,不锈钢伸缩节上下两侧均设置有两端分别连接到主檩条端部和另一侧檩条端部的风琴橡胶。在建筑金属屋面发生形变时,系统中的伸缩节在设计允许的范围内通过拉伸增大屋面形变量,从而保障金属屋面系统的安全性;同时伸缩节上、下通长铺设的风琴胶随着伸缩节的拉伸而变形,保证风琴胶上铺设的屋面保温、防水等构造不会因为屋面变形而脱落或失效,从而以保证建筑金属屋面系统的完整性。

4.4 跨地裂缝建筑幕墙的竖向可调节构造系统

建筑幕墙变形缝构造措施满足在地裂缝变形作用保持整体性和安全性,在后期维护中,对幕墙抗风柱及幕墙自身结构体系可通过阶段性调节消除幕墙的变形量。

跨地裂缝建筑幕墙的竖向可调节构造系统,于跨地裂缝建筑幕墙的常规型幕墙之间设置可调节型幕墙,可调节型幕墙与两侧的常规型幕墙横向相接;所述竖向可调节构造系统设置在可调节型幕墙与其内侧的建筑主体结构之间,可调节型幕墙通过竖向可调节构造系统竖向移动。在建筑主体发生沉降时,系统中的竖向滑动支座及钢结构链杆在设计允许的范围内吸收沉降造成的竖向位移,从而保障幕墙系统的安全性;同时,通过系统中的幕墙龙骨调节装置对幕墙龙骨进行竖向调节,使幕墙体系的变形得以恢复,以保证建筑立面的完整及美观。

跨地裂缝建筑幕墙的竖向可调节构造系统,于跨地裂缝建筑幕墙的常规型幕墙之间设置可调节型幕墙,可调节型幕墙与两侧的常规型幕墙横向相接。所述竖向可调节构造系统设置在可调节型幕墙与其内侧的建筑主体结构之间,可调节型幕墙通过竖向可调节构造系统竖向移动。

所述可调节型幕墙包括上层结构和下层结构,均包括

幕墙龙骨4和幕墙面板6。可调节型幕墙上层结构对应的竖向可调节构造系统包括幕墙龙骨调节装置3和竖向滑动支座5,可调节型幕墙上层结构的幕墙龙骨4通过幕墙龙骨调节装置3和竖向滑动支座5连接到后方的建筑主体结构上。可调节型幕墙下层结构对应的竖向可调节构造系统包括幕墙龙骨调节装置3和钢结构链杆7,可调节型幕墙下层结构的幕墙龙骨4通过幕墙龙骨调节装置3和钢结构链杆7连接到后方的建筑主体结构上。

4.5 跨地裂缝地面石材变形缝构造

室内装修各部位变形缝构造措施满足在地裂缝变形作用下不损坏,无安全隐患,楼面使用特殊设计的钢构盖板,横跨两侧结构体系,盖板上部采用同室内其他部分的装饰材料,下部保证吸收变形和自身防水,做到既满足调节变形又保证室内装修整体美观效果。

由于地裂缝的变形超出常规的变形缝,常规的地面成品变形缝无法满足变形所带来的影响,地裂缝处石材底部设置跨地裂缝地面石材变形缝构造,采用 $80 \times 60 \times 4\text{mm}$ 方管拼装成架空基层,石材厚度为 50mm ,石材缝隙 8mm ,并加设不锈钢温度缝^[3]。

5 结语

论文通过对适应性建筑结构与构造、地基基础及混凝土结构避让原则、跨缝钢结构桁架设置滑动支座调节变形量、跨地裂缝建筑金属屋面变形缝构造、跨地裂缝建筑幕墙的竖向可调节构造、跨地裂缝地面石材变形缝构造的技术应用与研究,从结构到装修总结了一套地裂缝施工工艺方法,为将来再遇到同类型施工难题提供了成套解决方案。

参考文献

- [1] 韩超.大遗址间的西安火车站枢纽城市设计探析[J].铁道标准设计,2018,62(12):141-148.
- [2] 张承举.跨高速钢箱梁顶推施工过程安全监控技术研究[J].浙江建筑,2021,38(2):25-28.
- [3] 莫志强,李海鸥.跨既有高速公路连续钢箱梁滑移施工合龙控制技术[J].公路,2021,66(4):159-164.