

# 铁路站前框架式挡土型高架结构规划设计

林 枫

(上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海 200092)

**摘要:**连接铁路客站落客平台和周边道路的高架结构以梁式桥居多,宁杭高铁湖州站的站前北接线高架由于道路线形、建设工期、与客站地块衔接等原因,部分区段采用框架式挡土型结构。采用框架结构初步拟合、路面基层二次找坡、道路面层修正的三步骤方法拟合道路线形;采用箱涵式挡土墙为管线及人员检修预留空间,同时在挡土墙内底填充素混凝土以满足挡墙稳定性要求;在挡土墙的外侧顺道路方向设置钢筋混凝土墙体,增加结构的侧向刚度、改善结构受力;在结构与高填土路基段的交界区域,设置了搭板缓解路面差异沉降,并设置伸缩缝改善车辆行驶的平顺性。可为类似工程提供参考。

**关键词:**框架结构;挡土墙;高架道路;落客平台

**中图分类号:**U442 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-0373(2015)04-0022-07

## 0 引言

铁路新建客站的竖向设计一般采用“高进低出”的原则<sup>[1]</sup>,即地下层出站、地面及以上楼层进站、候车。连接客站落客平台和周边区域的高架道路(下称接线高架)设计可采用梁式桥<sup>[2]</sup>、预应力框架结构<sup>[3]</sup>、填土路基等方式,且以梁式桥居多,少见上述方式间的组合。宁杭高铁湖州站的北接线高架由于使用功能、工期以及和客站地块衔接等原因,采用了框架结构与填土路基道路相结合的方案。本文就采用框架结构的区段,根据工程在道路线形拟合、填土路基支挡、预留管线检修空间、道路差异沉降控制等方面的要求,提出相应的设计方案,为今后类似工程提供参考。

## 1 工程简介

### 1.1 工程概况

宁杭高铁湖州站站前南、北接线高架连接地面道路与客站落客平台,车辆流线为北进南出。位于北侧接线高架接地段的北环路,以及站前广场的地面高程约4.20 m,落客平台设在坐落于铁路站房东侧的地下车库的顶板之上,落客平台区的地下车库顶板高出站前广场地面,道路设计高程约7.15 m。站房北端头为站房贵宾室,并在站房外北侧设贵宾通道。接线高架在进入落客平台前分出匝道通往该处,见图1。

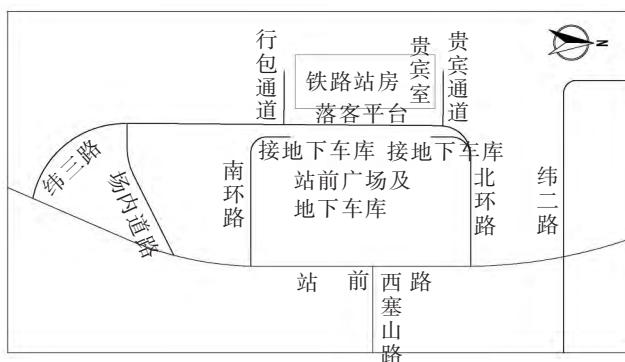


图1 铁路站前路网简图

北侧接线高架的道路平面见图2。通往贵宾通道的匝道下方设6根连接地面冷温水机房与地下车库的水管。

收稿日期:2014-12-14 责任编辑:刘宪福 DOI:10.13319/j.cnki.sjztdxxbzb.2015.04.05

作者简介:林枫(1979—),男,博士,工程师,主要从事岩土及结构工程方面的研究工作。E-mail:lfcattj@163.com。

林枫. 铁路站前框架式挡土型高架结构规划设计[J]. 石家庄铁道大学学报:自然科学版,2015,28(4):22-28.

北侧接线高架原拟全线采用填土路基+路基两侧挡土墙的形式,并进行地基处理以及路基堆载预压。自接地点至里程 K0+220 区段完成地基处理和挡土墙施工时,高架完工时间被要求提前,以配合铁路站房的启用时间。考虑到剩余区段路基填土高度大,若因工期紧而不堆载预压,建成通车后将造成较大的工后沉降,如采用堆载预压则影响项目整体工期。因此,对剩余待建道路的基础结构形式进行调整。

## 1.2 工程地质、水文地质

拟建场地属浙北平原地貌单元,地基土自上而下划分为:第①层杂填土,以填土、碎石、建筑垃圾为主,含少量黏性土。第②层粘土,灰黄色,软塑流塑状。第③层淤泥,灰色、流塑状,含有有机质及腐殖质。第④层粘土,灰黄色,硬可塑-硬塑状,局部相变粉质黏土,上部土层局部为可塑状。第⑤<sub>-1</sub>层全风化花岗斑岩,黄褐色,岩石风化成砂土状,多呈硬塑状,结构构造不清晰,重型动力触探修正击数 10.8 击;第⑤<sub>-2</sub>层强风化花岗斑岩,黄褐色,岩石风化成碎块状,风化裂隙发育,结构构造不甚清晰,矿物成份已显著变化,重型动力触探修正击数 10.7 击;第⑤<sub>-3</sub>层中风化花岗斑岩,岩石较完整,矿物成份基本未变化,沿裂隙面出现风化次生矿物,工程性质好,岩石饱和抗压强度约 46.0 MPa。各土层的物理力学指标见表 1。工程场地⑤<sub>-1</sub>层全风化花岗斑岩、⑤<sub>-2</sub>层强风化花岗斑岩的分布厚度变化较大,典型地质剖面见图 3,场地浅层土性质较差,且有约 14 m 厚淤泥。

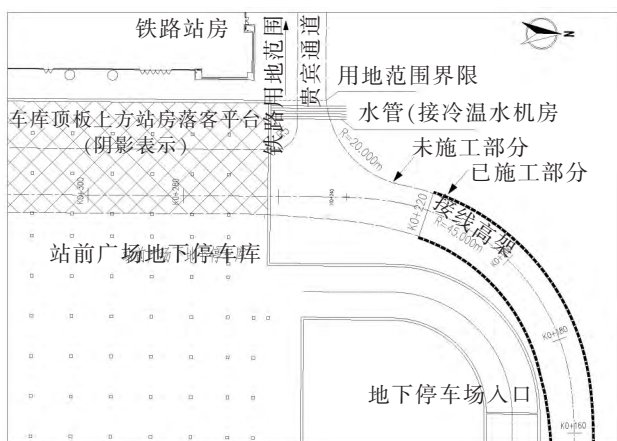


图 2 高架道路平面图

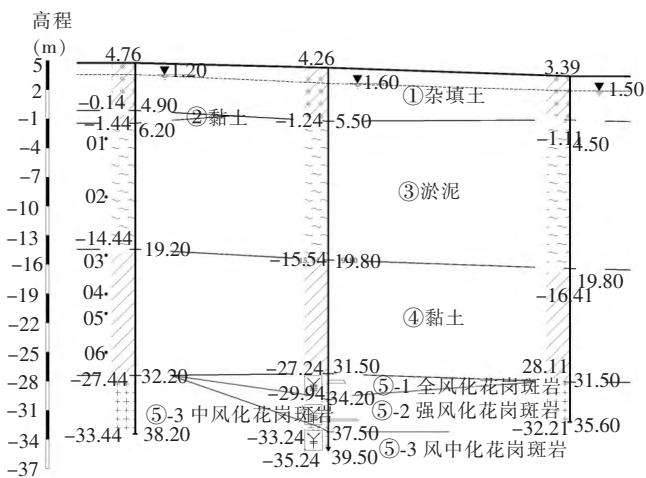


图 3 场址地质剖面图

场地地下水孔隙潜水主要赋存于第①层、第②层、第③层土孔隙内。基岩裂隙水赋存于下部的风化基岩中。场地地下水位埋深 0.40~1.20 m。

表 1 土层物理力学性质指标

| 层号                       | 天然重度/<br>( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ ) | 粘聚力/kPa | 内摩擦角/( $^{\circ}$ ) | 桩侧摩阻力<br>特征值/kPa | 桩端承载力<br>特征/kPa |
|--------------------------|----------------------------------------------|---------|---------------------|------------------|-----------------|
| ②层灰黄色粘土                  | 16.8                                         | 10      | 5                   | 7                | —               |
| ③层灰色淤泥                   | 16.3                                         | 4.3     | 3.6                 | 5                | —               |
| ④层灰黄色粘土                  | 19.17                                        | 52.6    | 10.7                | 24               | 400             |
| ⑤ <sub>-1</sub> 层全风化花岗斑岩 | 18.7                                         | 42.2    | 9.4                 | 63               | 900             |
| ⑤ <sub>-2</sub> 层强风化花岗斑岩 | —                                            | —       | —                   | 120              | 1 800           |
| ⑤ <sub>-3</sub> 层中风化花岗斑岩 | —                                            | —       | —                   | 500              | 8 000           |

## 2 功能要求

根据现场情况,接线高架剩余待建道路下部结构的设计须满足以下要求:

(1)满足道路平、纵设计要求。结构应满足通往贵宾通道的匝道小转弯半径的要求;道路竖向设计应与落客平台及贵宾通道顺接,并兼顾路面排水。交叉口道路完成的竖向设计见图 4。

(2)适应现场施工用地较小、地质条件较差的特点,具有可实施性。紧邻本项目南侧的地下车库已施工完成,西侧铁路站房施工单位亦在同期施工,施工用地面积小,结构形式应便于施工,占用场地小、不影响周边已建、在建项目。场地浅层土土性较差,地面的施工荷载须较小。

(3)具备缓和两侧道路差异沉降的能力。结构南接落客平台,北接填土路基段道

路,平台位于地下车库顶板上,车库采用桩筏基础,桩底位于⑤<sub>3</sub>层中风化花岗斑岩,工后沉降小;填土路基段的填土厚度最大约 2.5 m,工后沉降相对较大,结构设计应考虑上述特点,在两端交界处应避免沉降差异造成的路面纵坡台阶,避免车辆通过时的跳跃现象。

(4)满足管线检修及人员通行要求。连接地面冷温水空调机房与地下车库环控系统的 6 根金属管线从道路下穿过,道路下部空间应满足管线敷设及人员检修的要求。此外,结合基础结构调整,道路下方应建设方要求,将作为非机动车及摩托车停车场,以及连接接线高架北侧地面道路和站前广场的便道,需要具备足够净空。

(5)通往贵宾通道的匝道,在进入铁路施工用地红线后的区域,采用了填土路基,结构应具备挡土功能。此外,结构与已建填土路基段道路之间亦需设置挡土结构。

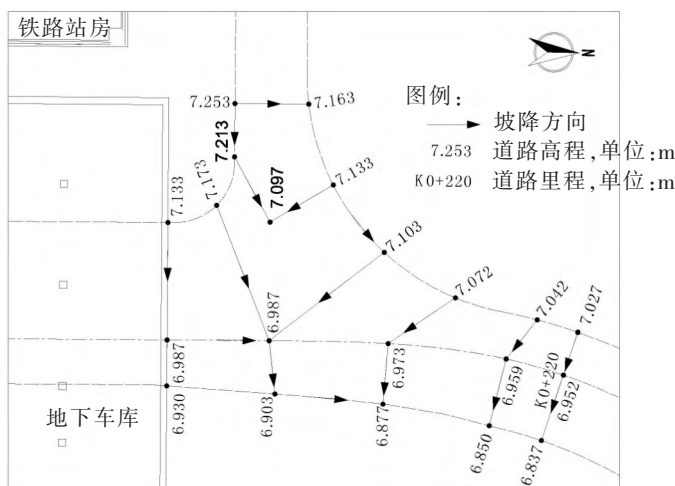


图 4 道路交叉口竖向设计

### 3 结构设计方案

#### 3.1 结构方案比选

根据以往经验,结构形式可采用梁式桥或框架结构。梁桥式即以受弯为主的主梁作为承重构件的桥梁。框架结构即指全部竖向荷载和侧向荷载由框架承受的结构体系。综合考虑如下因素后,采用框架结构形式。

(1)框架结构的道路线形的拟合能力优于梁式桥。道路已完成的部分距转弯路口较近,且转弯半径仅 20 m。续建部分如采用梁式桥,则难以拆分成通向落客平台及贵宾通道方向的两座独立桥梁,为兼顾两个方向的通行道路,需分别在临近填土路基段、地下车库,以及站房地界线位置设置下部支承结构,形成 3 点支承梁,不同于常规的两端点支承梁式桥,其内力变化复杂。此外,已施工的地下车库未考虑桥梁支座荷载,不能作为桥梁支座,且通往落客平台方向的道路长度约 33 m,故须采用现浇预应力混凝土悬臂梁式桥,预应力设计、施工因道路转弯半径小、交叉口区域高程变化复杂而难度大,较难满足道路线形的要求。

框架结构由梁、柱单元组成,构件布置灵活,特别是现浇钢筋混凝土框架结构对小曲线半径、短道路长度范围内道路高程沿不同方向的复杂变化适应能力较强。

(2)框架结构对施工场地的要求低于梁式桥。梁式桥占用的施工场地面积大于框架结构,特别是靠近铁路用地界线一侧将占用部分铁路设施施工用地,影响铁路工期。同时,场地浅层土为填土及厚淤泥层,天然强度低,地基土需加固处理以满足梁式桥施工支架的承载要求,增加了费用和工期。框架结构无需借用铁路施工用地,施工场地地面荷载较梁式桥小,地基处理量较小。

(3)管线敷设和维护要求。6 根连接地面冷温水机房与地下车库的水管需从道路下方穿过,地下车库



①道路沥青混凝土:厚度 9 cm,重度取  $20 \text{ kN/m}^3$ ,自重  $0.09 \times 20 = 1.8 \text{ N/m}^2$ 。

②道路找坡层(素混凝土):找坡层厚度=道路完成面高程-道路沥青混凝土层厚度-结构板顶高程。以图 5 中结构中心区域框架柱顶位置为例,道路完成面高程为 7.022 m,结构板顶高程为 6.825 m,素混凝土重度取  $24 \text{ kN/m}^3$ ,则道路找坡层荷载为  $24 \times (7.022 - 0.09 - 6.825) = 2.57 \text{ kN/m}^2$ 。

计算中可近似按框架梁所围合区域内的找坡层的平均厚度确定荷载取值。

③框架结构自重。按构件尺寸及材料自重确定。

④挡土墙的侧向土压力。依据《公路路基设计规范》(下称路基规范)<sup>[4]</sup>,按库伦土压力理论计算确定。填土高度取挡墙外侧道路完成面与挡土墙底面的高差。填土的综合内摩擦角,按路基规范的建议值(黏性土)可取  $35^\circ \sim 40^\circ$ ,考虑到工期较紧,路基填土完成后未能充分预压的最不利工况,按工程经验,计算中综合内摩擦角适当折减,按  $25^\circ$  取值。车辆荷载作用在挡土结构墙背填土上所引起的附加土体侧压力按路基规范第(5.4.2-3)确定。

(2)可变荷载。可变荷载主要为车行道区域车辆荷载、人行道区域的人群荷载,以及管线检修荷载。

①车辆荷载。按进站车辆的通行规定,上客高架的日常通行车种为小汽车,同时作为消防车驶往落客平台及贵宾通道方向的通道。因此,控制性车辆荷载为消防车荷载,荷载的取值根据《建筑结构荷载规范》<sup>[5]</sup>(下称荷载规范)确定,管线箱涵区域为单向板,汽车荷载取  $35 \text{ kN/m}^2$ ,其余区域为双向板,取  $20 \text{ kN/m}^2$ 。

②人行道人群荷载、管线检修荷载。人行道作为铁路站房与站前广场间疏散人流经过的区域,按荷载规范中人流可能密集时的工况取  $3.5 \text{ kN/m}^2$ 。管线检修荷载,参照工业建筑无设备区域的操作荷载,按荷载规范取  $2.0 \text{ kN/m}^2$ 。

(3)偶然荷载。主要为地震作用,结构按抗震设防烈度 6 度、抗震设防类别丙类、框架结构抗震等级四级考虑。

### 3.5.2 结构模型

结构分析采用三维有限单元法,软件采用 Robot Structural Analysis。计算模型中,根据梁、柱的实际布置确定构件在模型中的位置,车道板、侧墙采用板单元模拟,框架梁、井字梁、框架柱采用梁单元模拟,各类单元均采用线弹性单元。模型见图 7。

模型中的单元参数根据构件的材料类型确定。结构构件均采用 C35 混凝土,相应的单元参数为:重度  $25 \text{ kN/m}^3$ ,弹性模量  $3.15 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ ,泊松比 0.2。

边界条件,工程桩底均进入第⑤<sub>-2</sub>层强风化花岗斑岩、第⑤<sub>-3</sub>层中风化花岗斑岩。经初步计算,基础最大绝对沉降量 3~4 mm,最大相对沉降量约 2 mm,可近似忽略结构底部的竖向位移。在框架柱底及结构

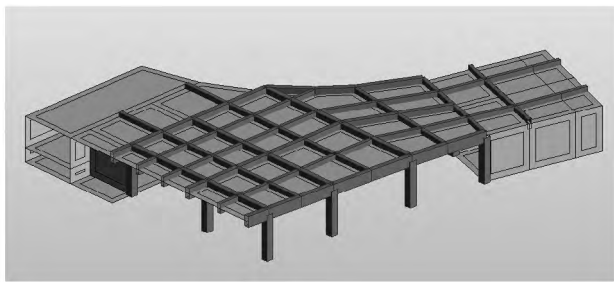


图 7 结构模型

底板下的桩位处设置竖向位移约束。同时,在板底设置单向受压弹簧模拟结构与地基的共同作用。

### 3.5.3 荷载组合

根据在结构上可能出现的最不利情况,按承载能力极限状态和正常使用阶段极限状态分别进行荷载组合,并按整体或单个构件可能出现的最不利组合进行计算,荷载分项系数见表 2。

其中,对承载能力极限状态由可变荷载效应控制的基本组合,永久荷载分项系数取 1.2。

### 3.5.4 计算结果

根据荷载取值及荷载组合计算结构的内力、变形等荷载效应,限于篇幅,以下仅列出车道层板在标准组合下的内力,见图 8~图 11,图示弯矩方向符合右手法则,剪力方向指板横断面的法向方向。

表 2 荷载组合分项系数

| 组合验算工况        | 荷 载       |      |      |
|---------------|-----------|------|------|
|               | 永久荷载      | 可变荷载 | 偶然荷载 |
| 基本组合构件强度计算    | 1.35(1.2) | 1.4  |      |
| 标准组合构件裂缝宽度验算  | 1.0       | 1.0  |      |
| 构件变形计算        | 1.0       | 1.0  |      |
| 地震荷载作用下构件强度验算 | 1.2       |      | 1.3  |

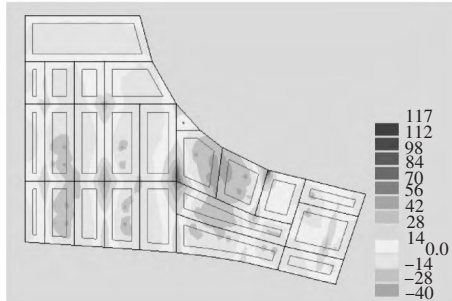


图 8 竖向向弯矩(单位: $\text{kN} \cdot \text{m} / \text{m}$ )

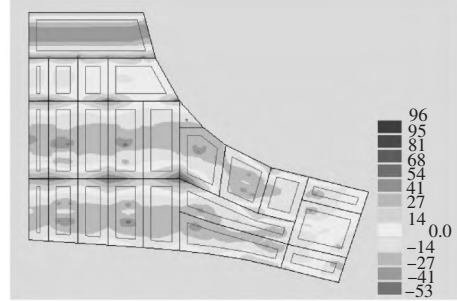


图 9 水平向弯矩(单位: $\text{kN} \cdot \text{m} / \text{m}$ )

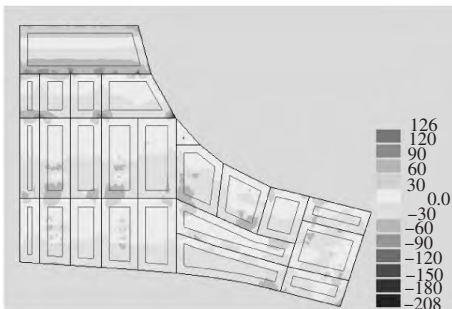


图 10 竖向向剪力(单位: $\text{kN} / \text{m}$ )

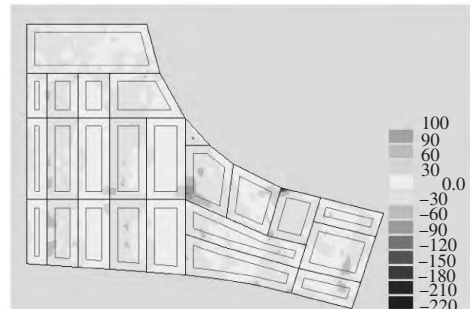


图 11 水平向剪力(单位: $\text{kN} / \text{m}$ )

在挡土墙侧面设置的钢筋混凝土墙体,对挡土墙侧向变形的影响见图 12(左图有墙体,右图无墙体),最大侧向变形减小了约 57%。在框架结构近上客高架已建部分亦设置了类似作用的墙体。

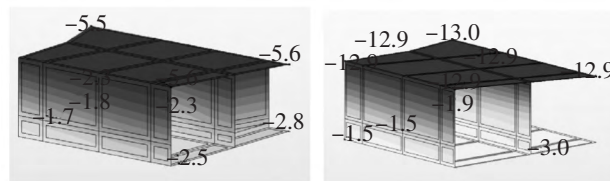


图 12 结构侧向位移(单位: $\text{mm}$ )

### 3.6 道路衔接设计

框架结构区段采用桩基础而沉降较小,为限制与高填土路基段交界区域的路面沉降差,确保道路工程质量以及行车安全、避免跳车,在两者之间设置搭板。搭板长度 8 m,厚 0.35 m,搁置于挡土墙迎土面的牛腿上,见图 13。同时,在框架结构与高填土路基段之间,以及框架结构与地下车库顶板之间均设置伸缩缝,确保车辆行驶通过时的平顺性、无突跳感。

## 4 结语

为满足使用功能以及用地空间的限制要求,宁杭高铁湖州站北接线高架道路部分区段采用了井字梁框架结构。采用了框架结构初步拟合、道路基层修正、道路面层最终拟合的三步骤方法拟合道路线形。位于站房用地界线处的挡土结构采用了箱型挡土墙,并以素混凝土压重,以满足管线敷设、检修以及挡土墙稳定性的要求,同时在挡土墙侧设置钢筋混凝土墙体,增加结构的抗侧刚度、改善结构受力。同时,在

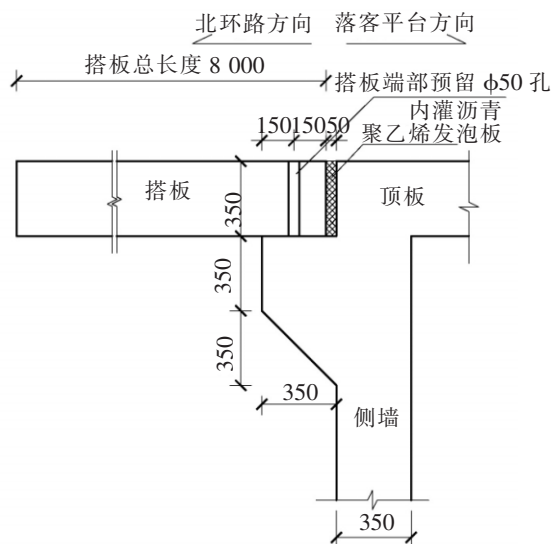


图 13 道路搭板(单位:mm)

结构与填土路基段的交界区域设置了搭板用于缓解路面差异沉降,并设置伸缩缝改善车辆行驶的平顺性。结构于 2013 年 7 月起投入使用,至今情况良好。同时,桥下空间亦可充分利用作为停车场等。

框架结构形式的高架具有对道路小半径曲线及复杂纵坡拟合能力强的特点,同时较梁式桥具有占用施工空间小、桥下净空较大的优点。本工程可为类似条件下的工程提供借鉴。

## 参考文献

- [1]彭聚才,姚遥. 杭州东站综合交通枢纽规划研究[J]. 铁道工程学报, 2009(3): 62-66.
- [2]雷素敏. 南京南高架站桥梁设计[J]. 桥梁建设, 2010(1): 52-54.
- [3]唐玉宏,杨挺. 南京火车站站前高架平台桥预应力框架结构设计[J]. 建筑结构, 2006(S1): 103-107.
- [4]中华人民共和国交通部. JTG D30—2004 公路路基设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [5]中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 50009—2012 建筑结构荷载规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.

## Frame Structural Planning and Design of Earth-retaining Elevated Road in Front of Railway Station

**Lin Feng**

(Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** Girder bridge is widely used as elevated road connecting drop-off platform in front of railway station and surface road. Soil-retaining frame structure is used instead in the north elevated road in front of Huzhou railway station considering road alignment, project time, and land-mass connect. Frame structures preliminary fit, aggregate base sloping, and pavement elevation revisions are used as a three-step method to fit road alignment. Culvert-type retaining wall is adopted to reserve pipeline inspection space, and poured-in-place concrete is used conforming to the stability requirements of retaining wall. Reinforced concrete wall parallel to elevated road is set at the side wall of the retaining wall to increase the lateral stiffness of whole structure. Approach slab supported by a bracket is used to relieve road settlement difference, and expansion joint is adopted to improve driving comfort. The project serves well and can be used for reference for similar cases.

**Key words:** frame structure; earth-retaining wall; elevated road; drop-off platform