

广西壮族自治区地方标准

DB45/T 2856—2024

路基路面变形协调层技术规程

Technical code of practice for subgrade and pavement deformation
coordination layer

2024 - 06 - 28 发布

2024 - 08 - 01 实施

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 材料选择 2

 4.1 分类、分级 2

 4.2 天然类材料 2

 4.3 人工类材料 3

 4.4 再生类材料 3

5 材料组成设计 3

 5.1 设计目标 3

 5.2 设计方法及步骤 5

6 路基路面变形协调设计 6

 6.1 一般路基变形协调 6

 6.2 高填方路基变形协调 6

 6.3 填挖交界变形协调 7

 6.4 拼宽路基变形协调 7

 6.5 结构物回填变形协调 7

7 变形协调层施工 8

 7.1 施工准备 8

 7.2 拌和、摊铺 8

 7.3 压实、成型 8

8 质量管理及验收 8

 8.1 质量管理 8

 8.2 质量验收 9

附录 A（规范性） 变形协调层自适应变形能力测定方法 10

 A.1 仪器设备 10

 A.2 试样制备 10

 A.3 试验步骤 10

 A.4 结果计算 10

附录 B（规范性） 变形协调层材料塌散性测定方法 12

 B.1 仪器设备 12

 B.2 试验步骤 12

 B.3 结果评定 12

附录 C（规范性） 变形协调层材料破损率测定方法 13

- C.1 仪器设备..... 13
- C.2 试样制备..... 13
- C.3 试验步骤..... 13
- C.4 结果计算..... 13
- 附录 D（规范性） 最大密度的确定方法 14
 - D.1 仪器设备..... 14
 - D.2 试样准备..... 14
 - D.3 试验步骤..... 14
- 附录 E（规范性） 变形协调层材料承载比测定方法..... 16
 - E.1 仪器设备..... 16
 - E.2 试样制备..... 16
 - E.3 试验步骤..... 16
 - E.4 结果整理..... 16
- 附录 F（规范性） 变形协调层材料回弹模量测定方法..... 18
 - F.1 仪器设备..... 18
 - F.2 试样制备..... 18
 - F.3 试验步骤..... 18
 - F.4 结果计算..... 18

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由广西壮族自治区交通运输厅提出并宣贯。

本文件由广西交通运输标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：广西大学、中交一公局第四工程有限公司、广西南天高速公路有限公司、中铁交通投资集团有限公司、广西航务建设工程有限公司、悉地（苏州）勘察设计顾问有限公司。

本文件主要起草人：孟勇军、田世宽、魏作标、毕朝阳、余述琼、高欣、容洪流、罗桃、覃泉雄、李明俊、杨小龙、韦健江、梁麟、钟万波、饶坤荣、覃淇锋、黄钦寿、黄开章、赵相运、罗晓婉、张子烨、邓深文。

路基路面变形协调层技术规程

1 范围

本文件确立了路基路面变形协调层设计和施工的程序，规定了材料选择、材料组成设计、路基路面变形协调设计、变形协调层施工、质量管理及验收等阶段的操作指示。

本文件适用于广西行政区域内的路基路面变形协调层设计和施工。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工后沉降 post-construction settlement

路基填筑完成后在荷载及环境因素作用下路基面发生的垂直变形。

3.2

差异沉降 differential settlement

路基纵、横断面两点之间产生的垂直变形斜率或相邻部位的沉降差值。

3.3

变形协调层 deformation coordination layer

适应路基工后差异沉降、为路面结构提供均匀连续支承的颗粒材料层。

3.4

自适应变形能力 adaptive deformation ability

颗粒材料在微小扰动作用下由标准压实状态塌散达到原始状态时的高度变化率。

3.5

塑性积 product of plasticity index and fine particle content

细粒土塑性指数与通过0.075 mm颗粒百分含量的乘积。

3.6

塌散性 collapsibility

颗粒材料在重力作用下从一定高度塌落并分散的能力。

3.7

体积堆积密度 bulk density

单位体积中颗粒材料的固相体积。

4 材料选择

4.1 分类、分级

4.1.1 变形协调层材料分为天然类、人工类、再生类三种，具体材料类型见表 1。

表1 变形协调层材料分类

单位为百分率

类型		生产方式	组成特征	代表性材料
天然类	天然砂砾	无筛分，天然采集	$C \geq 50, F \leq 5$	级配良好（不良）砾
	含细粒土砾	筛除多余细粒土	$C \geq 50, 5 \leq F \leq 15$	含细粒土级配良好砾
	天然砂	筛除多余细粒土	$C \geq 50, 5 \leq F \leq 15$	含细粒土级配良好砂
人工类	碎石	机械破碎、筛分生产	$C \geq 50, F \leq 15$	级配碎石、未筛分碎石
	级配砂砾	机械筛分、人工级配生产，砾粒和砂粒按级配	$F \leq 5$	级配良好砂（砾）
	石屑	机械破碎、筛分生产，砂粒按级配	$F \leq 15$	级配良好（中、粗）砂
再生类	再生混凝土集料	机械破碎、筛分和除尘，粗细集料按级配	$F \leq 15$	级配良好再生骨料
	再生基层集料	机械破碎、筛分和除尘，粗细集料按级配	$F \leq 15$	级配良好再生骨料
注1：C表示砾粒或碎石含量。 注2：F表示细粒土或石粉含量。				

4.1.2 材料的自适应变形能力分级见表 2，按附录 A 测定。

表2 自适应变形能力分级

单位为百分率

分级	T05	T08	T10	T15
自适应变形率 ε	$5 \leq \varepsilon < 8$	$8 \leq \varepsilon < 10$	$10 \leq \varepsilon < 15$	$\varepsilon \geq 15$

4.1.3 塌散试验的结果分为良好、合格和不合格三级，材料塌散性能按附录 B 测定。

4.1.4 各类变形协调层材料中，细粒土的塑性指数和塑性积的控制指标见表 3。

表3 细粒土的塑性指数和塑性积控制指标

分级	T05	T08	T10	T15
塑性指数（%）	≤ 9	≤ 6	≤ 5	≤ 4
塑性积	≤ 120	≤ 100	≤ 80	≤ 60

4.2 天然类材料

4.2.1 材料的自适应变形能力达到 T05 级及以上。

4.2.2 材料的最大粒径 ≤ 120 mm，含细粒土的天然类材料级配良好。

4.2.3 材料 2.0 mm 以上砾粒土的破碎率 $\leq 30\%$ ，按附录 C 进行试验。

4.2.4 材料强度和回弹模量指标见 5.1，相关技术指标见表 4。

表4 天然类变形协调层材料技术指标

材料类型	不均匀系数 C_u	曲率系数 C_c	最大干密度 g/cm^3	最佳含水率 %	塌散性
天然砂砾	≥ 5	—	≥ 2.20	≤ 6	合格及以上
含细粒土砾	≥ 5	$1 \leq C_c \leq 3$	≥ 2.10	≤ 8	合格及以上
天然砂	≥ 5	$1 \leq C_c \leq 3$	≥ 1.90	≤ 8	合格及以上
注：天然砂选用中砂或粗砂。					

4.3 人工类材料

- 4.3.1 材料的自适应变形能力达到 T08 级及以上。
- 4.3.2 材料的最大粒径 $<100\text{ mm}$ ，机械筛分的级配砂砾级配良好。
- 4.3.3 材料选用坚硬、耐崩解的岩石生产，岩石饱和抗压强度 $\geq 30\text{ MPa}$ ，软化系数 ≥ 0.75 。
- 4.3.4 材料强度和回弹模量指标见 5.1，相关技术指标见表 5。

表5 人工类变形协调层材料技术指标

材料类型	不均匀系数 C_u	曲率系数 C_c	最大干密度 g/cm^3	最佳含水率 %	塌散性
级配碎石	$5 \leq C_u \leq 20$	$1 \leq C_c \leq 3$	≥ 2.30	≤ 5	合格及以上
级配砂砾	$5 \leq C_u \leq 20$	$1 \leq C_c \leq 3$	≥ 2.20	≤ 5	合格及以上
未筛分碎石	$C_u \geq 5$	$1 \leq C_c \leq 3$	≥ 2.10	≤ 6	合格及以上
机制砂、石屑	$5 \leq C_u \leq 20$	$1 \leq C_c \leq 3$	≥ 2.00	≤ 8	合格及以上

4.4 再生类材料

- 4.4.1 材料的自适应变形能力达到 T05 级及以上。
- 4.4.2 材料进行充分破碎，最大粒径 $<60\text{ mm}$ 。
- 4.4.3 材料的破碎率 $\leq 30\%$ ，按附录 C 检测。
- 4.4.4 材料成型后放置 7 d 的塌散性良好，自适应变形能力满足要求。
- 4.4.5 材料强度和回弹模量指标见 5.1，相关技术指标见表 6。

表6 再生类变形协调层材料技术指标

材料类型	不均匀系数 C_u	曲率系数 C_c	最大干密度 g/cm^3	最佳含水率 %	塌散性
再生混凝土集料	$5 \leq C_u \leq 40$	$1 \leq C_c \leq 3$	≥ 2.10	≤ 8	合格及以上
再生基层集料	$5 \leq C_u \leq 20$	$1 \leq C_c \leq 3$	≥ 2.20	≤ 6	合格及以上

5 材料组成设计

5.1 设计目标

- 5.1.1 变形协调层压实度和材料的自适应变形性能指标见表 7。

表7 变形协调层压实度及自适应变形性能指标

单位为百分率

所在层位	高速、一级公路		二级及以下公路	
	压实度	自适应变形率	压实度	自适应变形率
粒料层	≥97	≥10	≥96	≥8
上路床	≥96	≥8	≥95	≥5
下路床	≥96	≥5	≥95	≥5

5.1.2 变形协调层用于粒料层时，其破碎率指标见表8，按附录C测定。

表8 变形协调层材料的破碎率

单位为百分率

所在层位		高速、一级公路		二级及以下公路	
		压实度	破碎率	压实度	破碎率
粒料层	极重、特重交通	97	≤26	96	≤28
	重、中、轻交通	97	≤30	96	≤30

5.1.3 变形协调层材料的强度指标符合下列规定：

- a) 用于路床时，松散状态材料 CBR 值满足 JTG/T 3610 中路床的相关规定；
- b) 用于粒料层时，标准压实状态 CBR 值满足 JTG/T 3610 中相应层位的相关规定；
- c) 同时满足自适应变形能力和强度要求时，按表9控制材料强度。

表9 变形协调层材料的强度指标

单位为百分率

分级		T05	T08	T10	T15
承载比CBR	标准压实状态	20≤CBR<50	50≤CBR<100	100≤CBR<200	CBR≥200
	松散状态	8≤CBR<30	30≤CBR<60	60≤CBR<120	CBR≥120

5.1.4 变形协调层材料的回弹模量指标符合下列规定：

- a) 用于路床时，标准压实状态的回弹模量指标见表10；
- b) 用于路面粒料层时，标准压实状态的回弹模量满足 JTG/T 3610 的相关规定；
- c) 松散状态与标准压实状态的回弹模量见表11。

表10 路床变形协调层材料标准压实状态回弹模量值

单位为兆帕

交通荷载等级	极重交通	特重交通	重交通	中等、轻交通
回弹模量 E	≥80	≥70	≥60	≥50

表11 变形协调层材料的回弹模量指标

单位为兆帕

分级		T 05	T 08	T 10	T 15
回弹模量E	标准压实状态	$100 \leq E < 150$	$150 \leq E < 200$	$200 \leq E < 250$	$E \geq 250$
	松散状态	$40 \leq E < 80$	$80 \leq E < 100$	$100 \leq E < 200$	$E \geq 200$

5.2 设计方法及步骤

- 5.2.1 材料组成设计包括自适应变形性能设计、自适应材料强度设计、自适应变形性能验证等内容。
- 5.2.2 变形协调层的自适应变形能力设计，按下列步骤进行：
- a) 根据变形协调层的使用层位，按表 7 确定变形协调层材料的自适应变形能力；
 - b) 按表 2 初步选用材料的自适应变形能力等级。
- 5.2.3 材料强度设计目标，采用压实状态 CBR 和松散状态 CBR 两个强度指标进行设计控制，根据自适应变形材料的强度分级和原材料颗粒强度，确定设计 CBR。
- 5.2.4 变形协调层的自适应变形能力确定，按下列步骤进行：
- a) 根据变形协调层的使用层位，按表 6 确定变形协调层材料的自适应变形能力；
 - b) 按表 2 初步选用材料的自适应变形能力等级。
- 5.2.5 根据使用部位的强度指标选用材料，按下列步骤选用：
- a) 根据使用部位的强度要求，变形协调层材料强度按采用压实状态 CBR 和松散状态 CBR 两个强度指标进行设计控制；
 - b) 并根据自适应变形能力和控制强度要求，按表 9 初选材料。
- 5.2.6 天然类材料用于路床变形协调，按下列步骤选用：
- a) 按 4.2.2 控制天然类材料的最大粒径；
 - b) 按照附录 C 测定土样的塌散性；
 - c) 按 JTG 3430 的筛分试验方法进行试验，测定细粒土含量、不均匀系数和曲率系数；
 - d) 按 JTG 3430 的液限和塑限联合测定方法，测定细粒土的液限、塑限，计算塑性指数；
 - e) 按 JTG 3430 的重型击实试验方法，测定最大干密度和最佳含水率；
 - f) 按附录 A 测定土样的自适应变形协调能力；
 - g) 按 JTG 3430 的 CBR 试验方法，测定松散状态、最紧密状态和标准压实状态的 CBR；
 - h) 按 JTG 3430 的回弹模量试验方法，测定标准压实状态和松散状态的回弹模量。
- 5.2.7 人工类材料的选用按下列步骤进行：
- a) 路床选用未筛分碎石和石屑；粒料层选用级配砂砾或级配碎石；
 - b) 未筛分碎石和石屑按 JTG 3430、级配砂砾和级配碎石按 JTG E42 的方法进行筛分试验；
 - c) 级配碎石和级配砂砾按 JTG/T F20 的要求进行配合比设计；
 - d) 按照 JTG 3430 的方法，测定石粉或石屑的液限、塑限，计算塑性指数；
 - e) 按照 5.2.3 (e) ～ (h) 的步骤依次测定材料性能参数。
- 5.2.8 再生类材料的选用按下列步骤进行：
- a) 再生类材料用于各等级的路床和二级及以下公路的粒料层；
 - b) 再生类材料成型后养生 7 d，按附录 C 测定土样的塌散性；
 - c) 再生类材料用于路床时按 JTG 3430、用于粒料层时按 JTG E42 的方法进行筛分试验；
 - d) 按附录 B 的方法测定再生类材料的破碎率；
 - e) 再生类材料用于粒料层时，按 JTG/T F20 的要求进行配合比设计；
 - f) 按 JTG 3430 的方法，测定石粉或石屑的液限、塑限，计算塑性指数；

- g) 按 5.2.3 (e) ~ (h) 步骤依次测定材料性能参数。
- 5.2.9 根据材料类型,依次按照选用步骤进行试验检测,并与设计目标要求进行对比,不满足要求时,调整至合格后,进入下一步骤。
- 5.2.10 材料的级配调整按下列方法进行:
 - a) 天然类材料采用筛分方法,筛除超尺寸颗粒及超过规定含量的细粒土;
 - b) 人工类材料分为粗集料和细集料,按配合比设计要求进行调整,石屑不单独使用;
 - c) 再生类材料用于路床时通过控制破碎或筛分方法调整,控制最大粒径及石粉含量。
- 5.2.11 材料的塑性指数及塑性积指标按下列方法调整至合格:
 - a) 通过筛除或除尘方式,降低 0.075 mm 以下细粒土含量;
 - b) 筛除 0.5 mm 以下颗粒,用部分石屑代替,降低塑性指数与塑性积。
- 5.2.12 材料的最大干密度按下列方法调整至满足要求:
 - a) 分别测定 4.75 mm 以下和以上的颗粒密度和最大干密度;
 - b) 按附录 D 确定 4.75 mm 以上粗颗粒的最佳含量及最大体积堆积密度;
- 5.2.13 材料的自适应变形能力按下列方法调整至满足要求:
 - a) 天然类材料采用筛除细粒土或人工掺配碎石的方法调整;
 - b) 人工类材料通过级配优化和提高最大干密度调整;
 - c) 再生类材料通过级配优化和筛除部分 2 mm 以下颗粒调整。
- 5.2.14 材料的强度和回弹模量按下列方法调整:
 - a) 标准状态的强度和回弹模量通过掺配硬质岩碎石和提高最大干密度调整,调整至满足要求;
 - b) 松散状态的强度和回弹模量实测确定,不满足时降低材料等级使用。

6 路基路面变形协调设计

6.1 一般路基变形协调

- 6.1.1 变形协调层选用级配碎石,材料自适应变形能力 $\geq T10$ 。
- 6.1.2 挖方路基和低填浅挖路基,路床变形协调层厚度 ≥ 300 mm,材料自适应变形能力 $\geq T05$ 。
- 6.1.3 一般路基路床变形协调层的厚度,根据填料类型、工后差异沉降综合确定,建议值厚度见表 12。

表12 一般路基变形协调层厚度建议值

单位为米

填土高度		4	8	12	16	20
水泥混凝土路面	极重、特重交通	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8
	重、中、轻交通	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
沥青混凝土路面	极重、特重交通	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
	重、中、轻交通	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5
注:根据插值法确定不同的填土高度厚度。						

6.2 高填方路基变形协调

- 6.2.1 路面结构设级配碎石粒料层,材料自适应变形能力 $\geq T10$ 。
- 6.2.2 根据工后沉降预测值和工后沉降斜率,确定结构层的铺筑时间,控制剩余差异沉降。
- 6.2.3 地基的工后沉降变形 \leq 路堤高度的 0.1 %。
- 6.2.4 坡脚设护脚墙,水平位移产生的附加沉降斜率 ≤ 0.5 %。

6.2.5 根据路面结构类型和铺筑路面后剩余工后沉降斜率，确定变形协调层厚度，高路堤变形协调层厚度建议值见表 13。

表13 高路堤变形协调层厚度建议值

单位为米

填土高度		20	25	30	40	>40
水泥混凝土路面	极重、特重交通	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0
	重、中、轻交通	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5
沥青混凝土路面	极重、特重交通	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5
	重、中、轻交通	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2
注1：填料类型为填石时，变形协调层厚度取建议值的0.5~0.6倍，最小厚度≥0.5。						
注2：根据插值法确定不同填土高度厚度。						

6.3 填挖交界变形协调

- 6.3.1 填挖交界根据最大差异沉降斜率确定变形协调层的厚度，最大差异沉降斜率方向选为沿原地面斜坡坡率最陡方向或最大边坡填土高度方向。
- 6.3.2 纵断面方向的填挖交界变形协调层铺设宽度为路基全宽，最小铺设长度为 12.0 m，上路床挖方搭接台阶宽度≥铺设长度的 1/3。
- 6.3.3 填挖交界为横断面方向时，变形协调层铺设宽度为路基全宽；半填半挖路基填方宽度<路基宽度的 1/2 时，按半幅路基铺设变形协调层。
- 6.3.4 填挖交界变形协调层的厚度根据最大差异沉降斜率确定，厚度建议值见表 14。

表14 填挖交界变形协调层厚度建议值

最大差异沉降斜率（%）		0.3	0.5	0.7	1.0	>2
水泥混凝土路面 (m)	极重、特重交通	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0
	重、中、轻交通	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5
沥青混凝土路面 (m)	极重、特重交通	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5
	重、中、轻交通	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2
注1：填料类型为填石时，变形协调层厚度取建议值的0.5~0.6倍，最小厚度≥0.5 m。						
注2：根据插值法确定不同的填土高度厚度。						

6.4 拼宽路基变形协调

- 6.4.1 拼宽路基的新旧路基搭接部位设变形协调层，其厚度按横向差异沉降斜率确定。
- 6.4.2 拼宽路基的差异沉降斜率，以旧路基边缘为基准，沿拼宽横断面方向确定。
- 6.4.3 新旧路基交界处坡脚和路床采用加筋或稳定土加固时，按填土高度确定变形协调层厚度。

6.5 结构物回填变形协调

- 6.5.1 涵洞、通道、桥梁台背和挡土墙背等结构物回填，根据差异沉降斜率或相邻部位的沉降差，确定变形协调层铺设范围及厚度。
- 6.5.2 涵背变形协调层设置符合下列指标：
- a)

变形协调层设于路基面以下，材料的自适应变形等级达到 T10 及以上；
- b)

暗涵顶及两侧的变形协调层铺设总长度为涵洞跨径的 4~6 倍，铺设厚度按涵洞填土高度确定；

- c) 明涵两侧变形协调层铺设长度为台高的 1.5~2.0 倍,在此基础上延展 2 m,厚度为 0.80 m~1.50 m。

6.5.3 桥梁台背变形协调层设置符合下列指标:

- a) 变形协调层设于桥头搭板以下,材料的自适应变形等级为 T10 及以上;
- b) 铺设长度为台高的 1.0~1.5 倍,并在此基础上延展 2.0 m,最终保证超出搭板端部 2.0 m 以上;
- c) 铺设厚度根据相邻部位沉降差确定,沉降差为 5 mm~20 mm 时铺设厚度取为 0.8 m~1.5 m。

6.5.4 挡土墙背变形协调层设置符合下列要求:

- a) 路堤式挡土墙背铺设宽度为路基全宽,厚度由上部填土高度确定;
- b) 路肩式挡土墙背铺设宽度由墙背填筑宽度确定,厚度按差异沉降斜率,厚度建议值见表 14。

7 变形协调层施工

7.1 施工准备

- 7.1.1 变形协调层材料经过试验合格后选用,自适应变形能力和强度满足 5.1 的指标。
- 7.1.2 变形协调层施工优先选用振动压实工艺施工,为满足变形协调层技术指标,采用辅助压实设备,保证达到足够的密实度和破碎率。
- 7.1.3 正式规模施工前,铺筑试验路,开展技术交底,检验技术参数,进行技术总结,确定正式生产的工艺参数及质量控制要求。
- 7.1.4 填挖交界及挖方路段需要设置地下排水或截水设施的,应预先做好统筹施工安排,避免漏设。
- 7.1.5 填挖交界变形协调层完成防排水处理后,按照台阶加固处理要求设置变形协调层。
- 7.1.6 变形协调层两侧设置纵向集水沟,收集进入变形协调层中的水并及时排出路基外。

7.2 拌和、摊铺

- 7.2.1 天然类材料用于粒料层时,采用装载机拌和,采用平地机摊铺,分层摊铺厚度 ≤ 0.25 m。
- 7.2.2 人工类和再生类材料用于粒料层时,采用稳定土拌和机拌和,采用摊铺机摊铺,分层摊铺厚度 ≤ 0.20 m。
- 7.2.3 填挖交界和旧路基拼接部位,采用装载机拌和,采用人工摊铺,分层摊铺厚度 ≤ 0.15 m。
- 7.2.4 变形协调层的松铺系数受混合料类型和摊铺方式影响,通过室内试验或现场试验确定。

7.3 压实、成型

- 7.3.1 采用静态质量 ≥ 200 kN 以上,激振力 ≥ 200 kN 的振动压路机压实。
- 7.3.2 材料的压实含水率控制在最佳含水率 $\pm 2\%$ 的范围内,超出范围作调整。
- 7.3.3 变形协调层的碾压遍数,其成型功达到重型击实标准的 100 %,振动碾压的遍数不少于 6 遍。
- 7.3.4 填挖交界和结构物部位,与路基同步分层压实,并沿交界边缘适当增加碾压遍数。
- 7.3.5 路基填料不能与变形协调层材料混杂,变形协调层成型工作面无明显离析。
- 7.3.6 采用双钢轮压路机碾压 2 遍进行最后稳压,稳压后及时进行压实质量检测。

8 质量管理及验收

8.1 质量管理

- 8.1.1 变形协调层根据使用部位,划分为路基、路面和防排水分项工程进行管理。
- 8.1.2 变形协调层材料按自适应变形能力选用或进行材料组成设计,材料的各项技术指标经过试验,

符合设计控制要求。

- 8.1.3 检查路基变形监测资料，核对变形协调层的设置部位及设置要求，做好变形协调层各项技术准备和现场准备。
- 8.1.4 在料源或对进场材料进行抽样检验，测定变形协调层材料的各项性质和性能指标的方法和频率见表 15，变形协调能力不满足要求时增大厚度降级使用。

表15 变形协调层材料试验检测指标

检测项目	检测指标	检测频率	检测方法
颗粒组成	不均匀系数、曲率系数、细颗粒含量	1 次/2000 m ³	JTG 3430 筛分法
液限和塑限	塑性指数、塑性积	1 次/2000 m ³	JTG 3430 联合测定法
自适应变形性能	自适应变形能力	1 次/2000 m ³	附录 A
松散性能	塌散性	1 次/1000 m ³	附录 B
破碎性能	破碎率	1 次/1000 m ³	附录 C
标准击实	最大干密度和最佳含水率	1 次/2000 m ³	JTG 3430 干土法重型击实
承载比	标准压实和松散状态 CBR	1 次/5000 m ³	附录 E
回弹模量	标准压实和松散状态回弹模量	1 次/5000 m ³	附录 F

- 8.1.5 变形协调层摊铺过程中，随时抽检细粒土含量和塑性指数，检查材料的塌散性。
- 8.1.6 变形协调层压实成型后，及时抽检压实度，并取样进行筛分试验，检查压实后的破碎率。
- 8.1.7 在铺筑路面之前，重载车辆不能通过变形协调层；变形协调层出现车辙和软弹时，及时进行处理；变形协调层出现泥结或黏土污染板结时，及时翻松重新处理。

8.2 质量验收

- 8.2.1 高路堤、填挖交界、软土路基变形协调层，每处为一个分项工程，分层进行质量检验与验收。
- 8.2.2 检查变形协调层材料、构造设计、施工记录和施工质量，经检查符合要求后，相应的分项工程中按基本要求、实测项目和外观检查要求进行验收。
- 8.2.3 变形协调层的质量评定按 JTG F80/1 中的土方路基、粒料层、桥涵台背、挡土墙背和防排水工程的各项要求分别进行。

附 录 A

(规范性)

变形协调层自适应变形能力测定方法

A.1 仪器设备

- A.1.1 标准击实仪：符合JTG 3430中重型击实仪。
- A.1.2 材料试验机：电液伺服万能材料试验机，吨位不小于600 kN。
- A.1.3 标准试筒：符合JTG 3430的CBR试验筒。
- A.1.4 电子天平：称量2 000 g。
- A.1.5 拌和工具：金属盆、拌和铲。

A.2 试样制备

- A.2.1 取代表性的试样，采用重型击实试验方法测定试样的最大干密度和最佳含水率。
- A.2.2 按照最佳含水率和预定的压实度，用CBR试筒采用静压法成型，每组试件数量为3个。
- A.2.3 试筒安放在底座上，将垫块放入试筒内，安装上套环，试筒中放入预定质量的试样，用垫板将试样压平试筒顶面。

A.3 试验步骤

- A.3.1 将试样移至电液伺服万能材料试验机上，小心取出下垫板，使试样在试筒中有足够的塌散空间。
- A.3.2 将上垫板对准试筒内的试样，用电液伺服万能材料试验机，通过上垫板向试筒中的试样加载，将试样推动向下部塌散。
- A.3.3 试验过程采用变形控制模式，记录荷载-变形曲线，根据荷载-变形曲线的特征值测定自适应变形能力。

A.4 结果计算

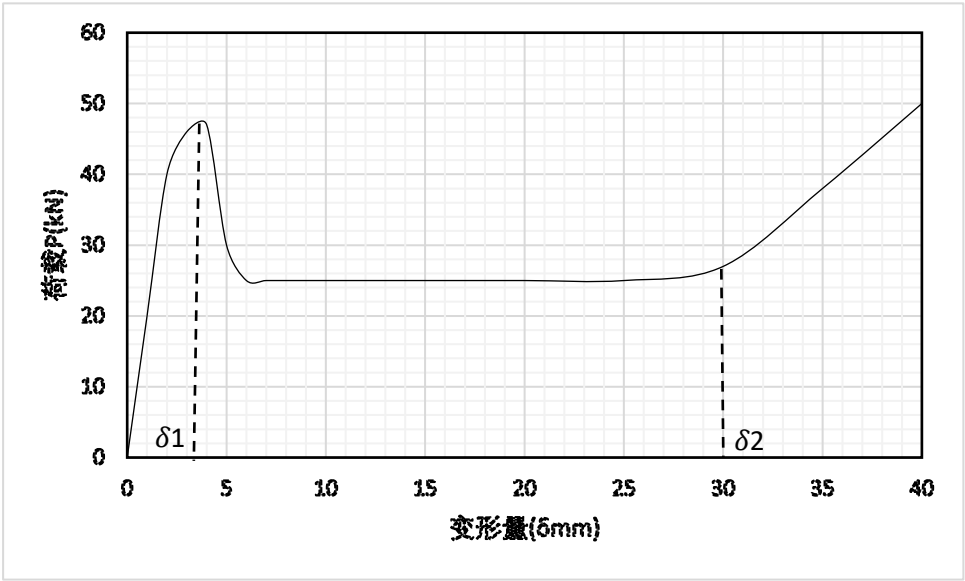
- A.4.1 典型荷载-位移试验曲线如图A.1所示，读取曲线中间平台段起始点和终止点的变形量。
- A.4.2 按式（1）计算自适应变形能力，标准试样h为120 mm。

$$\varepsilon = \frac{h_0 - \delta_2 + \delta_1}{h - \delta_1} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- ε ——自适应变形率，单位为百分率（%）；
- h_0 ——试样下部脱空高度，即下垫板厚度，单位毫米（mm）；
- δ_1 ——试验曲线平台起点的变形量，单位为毫米（mm）；
- δ_2 ——试验曲线平台终点的变形量，单位为毫米（mm）；
- H ——试样高度，单位为毫米（mm）。

- A.4.3 取3个试样自适应变形率的平均值为测定值，有一个试样测定值与中值的偏差超过15 %时，取中值为测定值，有2个试样测定值与中值的偏差超过15 %，则应重新试验。



图A. 1 典型荷载-位移试验曲线

附 录 B
(规范性)
变形协调层材料塌散性测定方法

B.1 仪器设备

仪器设备符合JTG 3430中重型标准击实仪的技术要求。

B.1.1 试样制备

B.1.2 按最佳含水率准备试样，采用重型击实试验方法制备试样，每组试样平行试验2个。试样分3层装料，每层击实98次。

B.1.3 含有无机结合料的再生类材料，塌散性试验的试样成型后应带试筒养生7 d，使试样再生硬化后进行塌散性试验。

B.2 试验步骤

B.2.1 塌散试验，将试样带底部垫板移至平整、坚硬的地面，取出垫板，将试筒垫在捣棒上左右摇晃使试样自行塌散。试样紧黏试筒时，用橡皮锤轻敲试筒使试样塌散；塌散有困难时，用捣棒插捣将试样从试筒中取出。

B.2.2 脱模试验，将成型后的试样用推土器推出试筒外，观察试样的塌散情况。

B.3 结果评定

B.3.1 塌散试验结果分为良好、合格和不合格三级。试样摇晃自行塌散或推出试筒后移动过程完全塌散时评定为良好；试样敲击或插捣塌散时评定为合格；取出试样后，有明显的细粒土结团评定为不合格。

B.3.2 两个试样的评定结果不一致时，试验结果按塌散性较差的结果评定。

附 录 C
(规范性)
变形协调层材料破损率测定方法

C.1 仪器设备

- C.1.1 压力机：100 kN，压力在10 min内能达到400 Kn。
- C.1.2 击实仪：符合JTG 3430中重型标准击实仪。
- C.1.3 试验筛：符合JTG 3430中筛分法试验的土工试验筛。

C.2 试样制备

- C.2.1 风干试样筛分试验的试样准备应符合JTG 3430颗粒分析中筛分法的要求。
- C.2.2 静压成型破碎性试验，采用风干试样和圆柱型试模，按预定的干密度成型。
- C.2.3 击实成型破碎性试验，采用最佳含水率的试样，分3层，每层98次击实成型。

C.3 试验步骤

- C.3.1 试件成型前，取有代表性的风干试样，按JTG 3430中的无黏性土筛分方法进行筛分试验。
- C.3.2 试件成型后，用试件全部试样，按JTG 3430筛中的无黏性土筛分试验方法进行筛分试验。

C.4 结果计算

- C.4.1 试样的破碎率按式（2）计算：

$$B_M = \frac{\sum_i^m P'_i - \sum_i^m P_i}{\sum_i^m P_i} \dots\dots\dots (2)$$

- 式中：
 B_M ——试样的破碎率，单位百分率（%）；
 P'_i ——成型后试样第i号筛孔的通过百分率, 单位百分率（%）；
 P_i ——成型前试样第i号筛孔的通过百分率, 单位百分率（%）。
- C.4.2 平行试验数量为2个，以试验结果的平均值作为测定值。

附录 D (规范性) 最大密度的确定方法

D.1 仪器设备

D.1.1 击实仪：符合JTG 3430的标准重型击实仪，试筒为大筒。

D.1.2 试验筛：37.5 mm和4.75 mm方孔筛。

D.2 试样准备

D.2.1 按JTG 3430标准重型击实试验的数量准备试样，风干，筛除37.5 mm以上颗粒，使用4.75 mm筛将试样分成粗颗粒和细颗粒备用。

D.2.2 准备5个试样，其中一个为通过4.75 mm的试样，一个为4.75 mm以上颗粒的试样，另外三个试样按照预计最佳粗颗粒含量 $\pm 10\%$ 准备。

D.2.3 在完成粗颗粒和细颗粒的击实试验后，最佳粗颗粒含量按式(3)确定：

$$X_0 = 1 + S_{Vmc} - \sqrt{S_{Vmf}(S_{Vmc} + 1)\rho_f/\rho_c} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

X_0 ——4.75 mm以上的颗粒最佳含量预测值（以小数表示）；

S_{Vmc} ——4.75 mm以上细颗粒击实试验的体积堆积密度，单位为克每立方厘米（g/cm³）；

S_{Vmf} ——4.75 mm以下细颗粒击实试验的体积堆积密度，单位为克每立方厘米（g/cm³）；

ρ_f ——4.75 mm以下颗粒的相对密度，单位为克每立方厘米（g/cm³）；

ρ_c ——4.75 mm以上颗粒的相对密度，单位为克每立方厘米（g/cm³）。

D.3 试验步骤

D.3.1 采用风干试样，按照JTG 3430的标准重型击实试验方法进行击实试验，测定试样成型密度。

D.3.2 测定成型密度后，用4.75 mm的筛孔进行筛分，测定击实试验后粗颗粒和细颗粒含量。

D.4 结果分析

D.4.1 按式(4)拟合成型密度与4.75 mm以上颗粒含量的试验曲线：

$$S_{Vm} = \frac{1}{\rho} \left[\frac{X}{\rho_c(S_{Vmc} + (1-X))} + \frac{1-X}{\rho_f S_{Vmf}} \right]^{-1} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

S_{Vm} ——击实试验混合料的体积堆积密度，单位为克每立方厘米（g/cm³）；

ρ ——混合料的合成颗粒相对密度，单位为克每立方厘米（g/cm³）；

相同符号含义同上。

D.4.2 按式(4)的拟合曲线作图，确定最佳粗颗粒含量和最大体积堆积密度；试验数据较散乱时，最大体积堆积密度按式(5)确定：

$$S_{Vm} = \frac{\rho_f \rho_c S_{Vm f} / \rho}{2 \sqrt{\rho_f \rho_c S_{Vm f} (S_{Vm c} + 1) - (\rho_f S_{Vm f} + \rho_c S_{Vm c})}} \dots\dots\dots (5)$$

式中：
相同符号含义同上。

附 录 E
(规范性)
变形协调层材料承载比测定方法

E.1 仪器设备

- E.1.1 标准击实仪：符合JTG 3430中重型击实仪。
- E.1.2 材料试验机：采用电液伺服万能材料试验机代替路面材料强度仪。
- E.1.3 标准试筒：符合JTG 3430的CBR试验筒。

E.2 试样制备

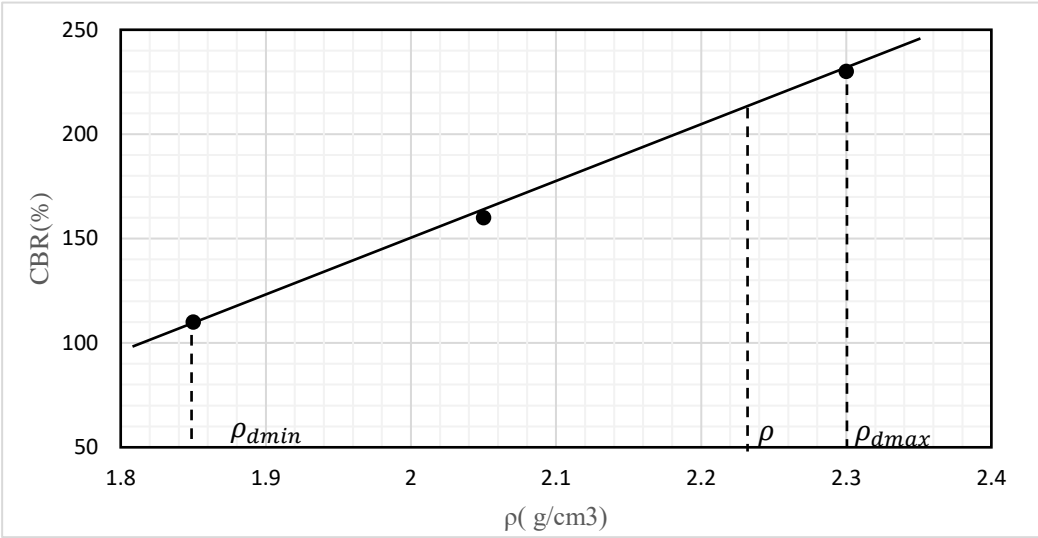
- E.2.1 取代表性的试样，采用重型击实试验方法测定试样的最大干密度和最佳含水率。
- E.2.2 按照最佳含水率，采用击实法或静压法成型试件，每组试件数量为3个，共9个试件。
- E.2.3 试筒安放在底座上，将垫块放入试筒内，安装上套环。
- E.2.4 采用静压法成型时，按预定的压实度称取试样，一次静压成型，将试样压平试模顶面；预定压实度取为最松散状态、标准压实状态和最紧密状态的压实度。
- E.2.5 采用击实试验方法成型时，分3层装模，每层击实次数依次为0次，50次和98次，使压实度处于最松散状态至最密实状态之间，测定试样的密度。
- E.2.6 试样浸水时间不少于48 h，浸水后观察试样的崩解情况并做好记录。

E.3 试验步骤

- E.3.1 按照JTG 3430中的承载比试验方法，进行贯入试验，测定贯入单位压力与贯入量的关系曲线。
- E.3.2 采用电液伺服万能材料试验机进行贯入试验时，用变形控制的加载模式并输出荷载-位移曲线。

E.4 结果整理

- E.4.1 按JTG 3430中的承载比试验方法，整理试验记录，测定不同密度试样的承载比CBR。
- E.4.2 计算3个平行试验的变异系数，变异系数 $\leq 12\%$ 时，取结果的平均值；变异系数 $> 12\%$ 时，取2个较小结果的平均值。
- E.4.3 绘制CBR与干密度的关系曲线，如图E.1图中查得标准压实状态的承载比CBR。
- E.4.4 计算塌散至最大自适应变形能力时试样的干密度，由曲线确定松散状态的CBR。



图E. 1 CBR 与干密度的关系

附录 F (规范性) 变形协调层材料回弹模量测定方法

F.1 仪器设备

仪器设备应符合JTG 3430中强度仪法仪器设备要求。

F.2 试样制备

按照附录E.2的方法进行试样准备。

F.3 试验步骤

按照JTG E3430中的强度仪法进行试验。

F.4 结果计算

F.4.1 按加载变形读数减去卸载变形读数，计算每级荷载下的回弹变形。

F.4.2 根据各级荷载的加载变形和回弹变形，按式(6)确定各级荷载时的泊松比：

$$\nu_s = \frac{1}{4} \left[\frac{l_r}{l_e} + \sqrt{\left(1 - \frac{l_r}{l_e}\right) \left(9 - \frac{l_r}{l_e}\right)} - 1 \right] \dots\dots\dots (6)$$

式中：

ν_s ——材料的泊松比；

l_r ——分级荷载的总变形，单位为毫米（0.01 mm）；

l_e ——分级荷载的回弹变形，单位为毫米（0.01 mm）。

F.4.3 根据回弹变形和泊松比，按式（7）计算回弹模量：

$$E = \frac{\pi p D}{4 l_e} (1 - \nu_s^2) \dots\dots\dots (7)$$

式中：

E ——回弹模量，单位为兆帕（MPa）；

p ——单位压力，单位为兆帕（MPa）；

D ——承载板直径，单位为毫米（mm）；

l_e ——相应该级荷载的回弹变形，单位为毫米（mm）；

ν_s ——相应该级荷载时材料的泊松比。

F.4.4 回弹模量由三个平移试验的平均值确定，每个平行试验结果的偏差应 $\leq 15\%$ 。

F.4.5 绘制干密度与回弹模量的关系曲线，根据曲线确定最紧密状态、松散状态和标准压实状态的回弹模量。

F.4.6 变形协调过程回弹模量最低值根据最大自适应变形时的密度，按试验曲线查定。

参 考 文 献

- [1] JTG 3430 公路土工试验规程
 - [2] JTG 3450 公路路基路面现场测试规程
 - [3] JTG/T 3610 公路路基施工技术规范
 - [4] JTG E42 公路工程集料试验规程
 - [5] JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则
 - [6] JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准
-