

箱涵设计中英文对比分析

何妙猜

(中铁上海设计院集团有限公司, 上海 200000)

摘要: 对比中英规范箱涵计算的差别, 比较两者对于箱涵受力的影响, 从而在两种规范转换过程中, 能在满足规范要求、保证结构安全的同时, 优化结构设计, 以便更好地适应国外项目的设计工作。

关键词: 箱涵; HA 荷载; HB 荷载; 侧向土压力

中图分类号: U445 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 07—0158—03

1 概述

箱涵作为一种兼顾排水及通行能力的构造物, 普遍应用于高等级道路与低等级道路的路线交叉及各等级道路的路线排水中。箱涵作为一种跨线构造物, 除了和桥梁结构一样的设计中需要主要考虑车辆荷载的作用外, 还需要考虑涵顶填土对涵身的影响、侧向土压力对侧墙的影响、基底的支撑对涵底的影响等。

由于目前设计也越来越与国际接轨, 桥梁设计人员接触的国外的设计项目也越来越多, 而国外设计项目所采用的规范多与国内不同, 因此有必要对国内外规范进行对比分析, 从而得出各种规范对于涵洞受力影响的不同, 从而得出国内外涵洞设计的异同点, 以便于更好的在满足结构安全的同时, 根据当地规范优化涵洞的设计。本文主要对比分析中文规范与英文规范下的箱涵设计。

2 箱涵设计中英文规范荷载对比

2.1 移动荷载作用

通常, 对于填土高度较小的箱涵而言, 活载在受力中所占的比重仍然是最大的。对于国内规范的箱涵设计, 《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015) 第 4.3.1 条规定, 涵洞的设计采用车辆荷载进行加载。由于箱涵计算通常采用一米长度进行建模, 计算中需按整体单向板考虑车辆荷载的重叠效应。对于根据英国规范 BS 5400 所进行的涵洞设计中, 涵洞计算采用的移动荷载分为两种, 当填土厚度小于 0.6m 时, 采用 HA 荷载进行计算, 当填土厚度大于 0.6m 时, 采用 30 倍的 HB 替代 HA 荷载进行计算, 同时也要考虑 100kN 的轮重荷载通过填土扩散之后产生的作用效应。HA 荷载为一个均布荷载和一个集中荷载索组成, 均布荷载的大小根据跨径变化而变化, 集中荷载采用 120kN, 或者采用一个单独的轮载作为 HA 荷载, 轮载大小 100kN, 以 1.1N/

mm² 作用于一个圆形接触面上。30 倍的 HB 荷载如下图 1 所示:

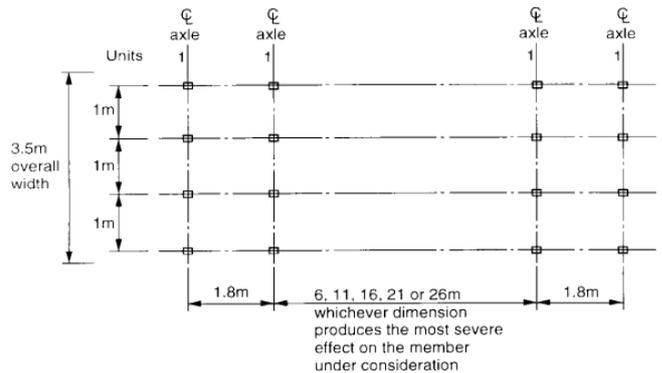


图 1 HB 荷载图示

HB 荷载标准轴载 10kN, 30 倍的轴载即为 300kN, 则单个轮载即为 75kN, 按下图 2, 根据板厚及填土高度考虑车轮荷载的纵横向扩散, 即为作用于箱涵涵顶的移动荷载值。

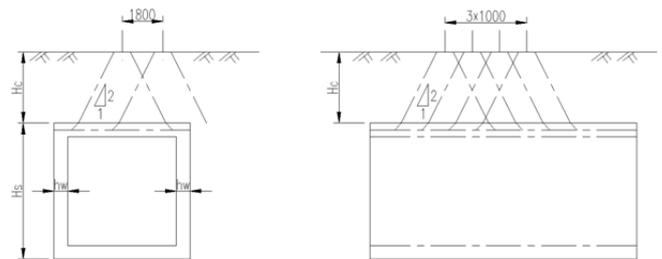


图 2 HB 荷载扩散图

2.2 移动荷载所产生的土压力

对于箱涵两侧通常采用砂性土或砂砾石进行回填, 通过土力学理论可知, 无粘性土的滑动破坏面可以近似的按平面考虑, 其破坏棱体为三角棱体, 中国规范中, 其计算公式为 $q = q_{cr} \cdot K$, 式中, q_{cr} 表示涵顶车辆荷载产生的竖向压力值, K_0 为侧向土压力系数。英国规范中其计算公式为 $P = K \cdot v$, 其公式基本形式和国内规范计算土压力公式相同, 其中 v_{sc} 如下:

HA 车轮荷载: 10kN/m²

30 倍的 HB 荷载: 12kN/m²

K 值则取 0.6 和 0.33 分别进行计算。

2.3 制动力

对于国内规范，但填土高度大于 0.5m 时，一般不考虑车辆荷载制动力影响，小于 0.5m 时按《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015) 规定考虑。

对于国外规范，当填土高度小于 0.6m 时，采用 HA 荷载按 8KN/m 加上 250KN 考虑，最大不超过 750KN，作用于车道线宽度范围内。当填土高度大于 0.6m 时，采用 HB 荷载计算制动力，制动力的取值按 HB 荷载的 25% 考虑，并考虑一个涵长的折减系数。

2.4 温度荷载

对于国内规范，埋深较浅的涵洞通常参考桥梁结构考虑温度荷载作用，对于埋深较深的涵洞通常不考虑温度荷载作用。

英国规范中，当涵洞宽长比大于 0.2 且覆土厚度大于 2m 时，或者涵长大于 3m 时，不考虑整体升降温影响，当涵洞宽长比小于 0.2 时，按下表 1 考虑温度荷载：

表 1 涵洞温度计算参数表

宽长比 (Xcrea/Lt)	覆土厚 H (m)	最大最小等效温度		温度梯度	
		T _{min}	T _{max}	梯度值	影响系数η
≥0.2	所有厚度	参照 BD 37		参照 BD 37	N/A
<0.2	H≤0.6	参照 BD 37		参照 BD 37	N/A
	0.6<H≤0.75	0°C	20°C	按 BD37, 图 9, 第 4 组	0.5
	0.75<H≤1.0	4°C	16°C	按 BD37, 图 9, 第 4 组	0.33
	1.0<H≤2.0	7°C	13°C	按 BD37, 图 9, 第 4 组	Zero
	H>2.0m	温度效应的影响可忽略			

2.5 箱涵内水压力荷载

对于水压力，中国规范和英国规范均采用均布荷载和梯形荷载进行模拟。

2.6 荷载组合对比分析

国内规范中，箱涵的设计按照普通钢筋混凝土构件分别进行承载能力极限状态设计和正常使用是极限状态设计，各荷载组合系数参照《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015) 进行。

英国规范中，和国内规范类似，涵洞按承载能力极限状态进行验算承载能力，按正常使用极限状态验算裂缝宽度，其计算系数如下表 2、表 3：

表 2 承载能力极限状态荷载系数表

荷载/yy	NO.11	NO.12	NO.13	NO.14	NO.15	NO.16
恒载	1.1*1.15	1.0*1.0	1.1*1.15	1.1*1.15	1.0*1.0	1.1*1.15
二期恒载 (顶上 20cm 填土)	1.1*1.75	1.0*1.0	1.1*1.75	1.1*1.75	1.0*1.0	1.1*1.75
二期恒载 (20cm 以下部分)	1.1*1.2	1.0*1.0	1.1*1.2	1.1*1.2	1.0*1.0	1.1*1.2
左侧土压力	1.1*1.5	1.1*1.5	1.0*1.0	1.1*1.5	1.1*1.5	1.0*1.0
右侧土压力	1.1*1.5	1.1*1.5	1.0*1.0	1.0*1.0	1.0*1.0	1.0*1.0
活载 (HA)	1.1*1.5		1.1*1.5	1.1*1.5	1.0*1.0	1.1*1.5
活载 (HB)	1.1*1.3		1.1*1.3	1.1*1.3	1.0*1.0	1.1*1.3
活载土压力 (HA)	1.1*1.5	1.1*1.5		1.1*1.5	1.1*1.5	
活载土压力 (HB)	1.1*1.5	1.1*1.5		1.1*1.5	1.1*1.5	
制动力 (HA)				1.1*1.25	1.1*1.25	
制动力 (HB)				1.1*1.1	1.1*1.1	

表 3 正常使用极限状态组合系数表

荷载/yy	NO.11	NO.12	NO.13	NO.14
恒载	1.0*1.0	1.0*1.0	1.0*1.0	1.0*1.0
二期恒载 (顶上 20cm 填土)	1.0*1.2	1.0*1.0	1.0*1.2	1.0*1.2
二期恒载 (20cm 以下部分)	1.0*1.0	1.0*1.0	1.0*1.0	1.0*1.0
水平土压力	1.0*1.0	1.0*1.0	1.0*1.0	1.0*1.0
活载 (HA)	1.0*1.2		1.0*1.2	1.0*1.2
活载 (HB)	1.0*1.1		1.0*1.1	1.0*1.1
活载土压力 (HA)	1.0*1.0	1.0*1.0		
活载土压力 (HB)	1.0*1.0	1.0*1.0		

3 中英规范计算对比分析

以一个 4×3m，填土厚度 2-4m 涵洞为例，涵洞顶板厚度 0.6m，底板厚度 0.7m，两侧墙厚度 0.6m，净宽 4m，净高 3m。采用 MIDAS 建模计算，为便于计算比较，采用相同的边界条件进行计算，计算模型如下图：

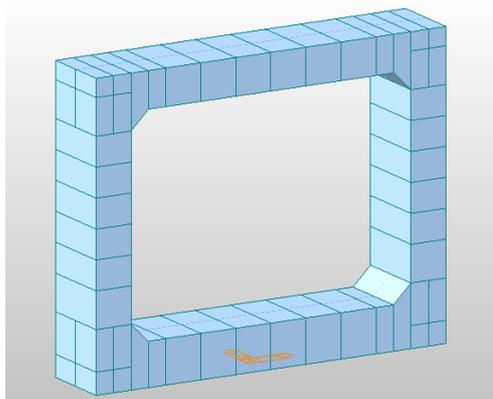


图 3 涵洞计算模型图

经计算，中英文规范承载能力作用下，荷载弯矩图、剪力图如下图 4、图 5、图 6、图 7：

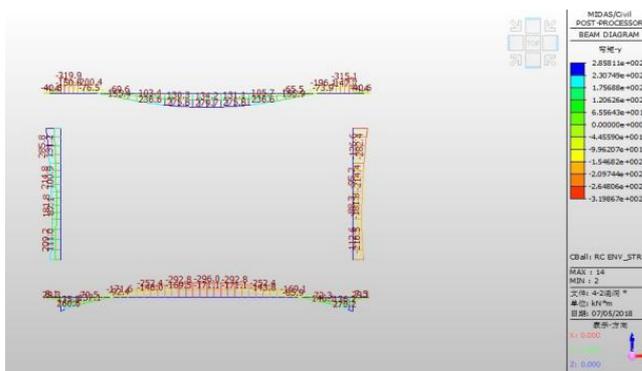


图 4 中国规范下承载能力弯矩包络图

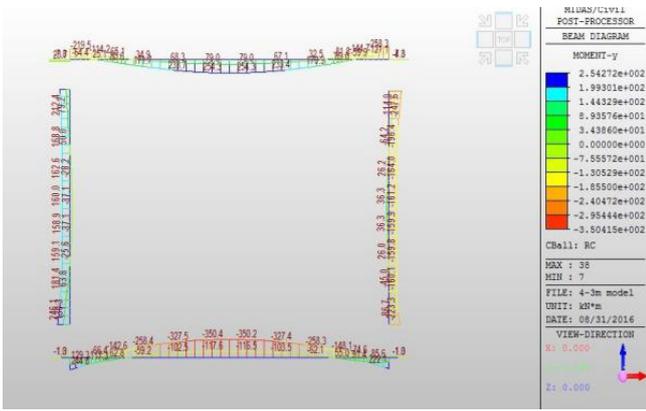


图5 英国规范下承载力弯矩包络图

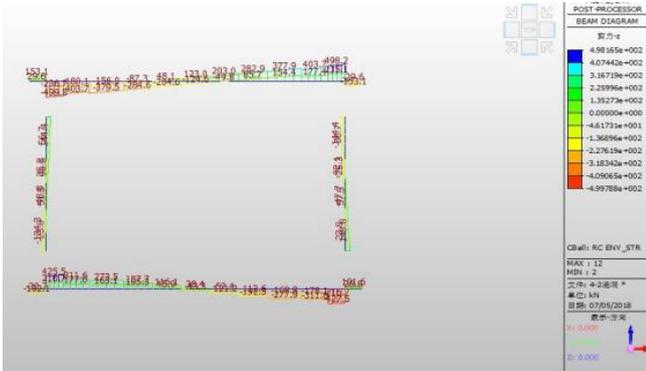


图6 中国规范下承载力剪力包络图

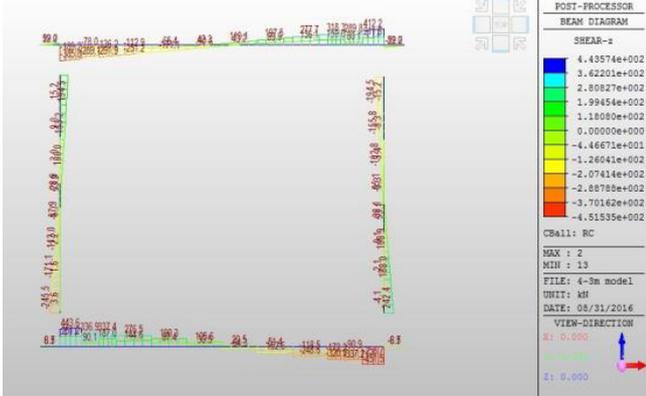


图7 英国规范下承载力剪力包络图

从图中可知，整体来说两者反力结果相差不大，对于顶板而言，支点处弯矩值相差较小，跨中弯矩值中国规范要偏大一点，对于底板而言则才有英国规范计算所得跨中弯矩值要比中国规范大一点。而对于侧墙而言，中国规范计算所得弯矩值则要偏大一点。剪力值则中国规范计算结果整体要偏大一点。因此，但从受力来看，采用中国规范进行设计的涵洞荷载的设计值与采用英国规范进行设计的涵洞的荷载设计值基本相差不大，但由于篇幅有限，本文仅对比了荷载的不同，未对承载力计算、裂缝计算、钢筋应力计算等的抗力系数及影响因子进行对比分析，由于两种规范对于结构安全的要求也存

在一定的差别，这就需要通过具体的结构配筋来体现，本文主要从荷载的角度分析两种规范的不同。

4 结论

文中仅对中英文规范下的荷载及荷载产生的效应进行分析，从分析可知，中国规范计算下，结构的受力要比英国规范结构受力要小，这主要是所选用的活载类型不同所导致的，对于国外项目的箱涵设计，设计师首先应明确其活载的作用形式及影响系数值，活载对于涵洞结构的影响不光体现在其竖向荷载上，还有其产生的侧向土压力作用。由于填土的影响，温度荷载对于涵洞的影响较小，中国规范中基本不考虑该荷载的作用，而英国规范中，在填土厚度小于2m是考虑了温度梯度对于结构顶板的影响，经计算其影响较小。

参考文献：

- [1] 周兴府, 杨毅. 箱涵结构设计的几点探讨 [J]. 有色冶金设计与研究, 2008, 12.s
- [2] DESIGN MANUAL FOR ROADS AND BRIDGES[S]. Volume 2 Section 2 Part 12 BD 31/1.
- [3] JTGD60—2015. 公路桥涵设计通用规范 [S].
- [4] JTGD3362—2018. 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范 [S].

