



# دستورالعمل بازرسی تونل بزرگراه و حمل و نقل ریلی

## Highway and Rail Transit Tunnel Inspection Manual

نویسنده:

U.S Department of Transportation

مترجم:

محسن کریمی

قرارگاه سازندگی نوح (ع)

مؤسسه حرا



سرشناسه: کریمی، محسن، ۱۳۴۹

عنوان و نام مترجم: دستورالعمل بازرسی تونل بزرگراه و حمل و نقل ریلی - محسن کریمی  
مشخصات نشر: تهران، سپاه پاسداران انقلاب اسلامی، قرارگاه سازندگی خاتم الانبیاء (ص)، قرب نوح (ع)،  
مشخصات ظاهری: ۲۰ ص

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۹۷۲-۴۱-۶

وضعیت فهرست نویسی: فیا

موضوع: تونل‌ها - بازرسی - دستنامه‌ها

شناسه افزوده: ایالات متحده، اداره کل راه‌های فدرال، اداره مدیریت دارایی

شناسه افزوده: United States, Federal Transit Administration

رده‌بندی کنگره: ۵۵/۸۰۵TA ۱۲۹۲

رده‌بندی دیویی: ۶۲۴/۱۹۳

شماره کتاب شناسی: ۳۱۰۸۶۶۸

---

نام کتاب: دستورالعمل بازرسی تونل بزرگراه و حمل و نقل ریلی

مترجم: محسن کریمی

ناشر: قرارگاه سازندگی خاتم الانبیاء (ص)، قرب نوح (ع).

ویراستار: فرشید ترابی مهر

صفحه‌بندی: سعید فراشیانی - جعفر شعبانی مقدم

نوبت چاپ: اول.

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

تاریخ انتشار: ۱۳۹۱

بهاء: ۱۰۰,۰۰۰ ریال.

---

کلیه حقوق اعم از چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری و سایر موارد برای قرارگاه سازندگی نوح (ع) محفوظ است  
(نقل مطالب با ذکر مأخذ بلامانع است).

تهران - بزرگراه شهید عباس دوران - جنب ستاد نیروی دریایی سپاه - قرارگاه سازندگی نوح (ع)  
تلفن: ۳۳۲۱۹۲۳۴-۳۵ نمابر: ۳۳۲۱۹۲۳۴ پست الکترونیکی: e-mail:Nooh@Khatam.net

## مهندس محسن کریمی

مهندس محسن کریمی، پس از ۵ سال مربیگری آموزش‌های نظامی، در کنکور سراسری سال ۱۳۶۵ در رشته مهندسی معدن دانشگاه صنعتی اصفهان پذیرفته شد و پس از اتمام دوران دفاع مقدس، تحصیل در دانشگاه را آغاز نمود و در سال ۱۳۷۱ دوره کارشناسی معدن، گرایش اکتشاف را با رتبه اول به پایان رساند و در همان سال در مقطع کارشناسی ارشد در دانشکده فنی دانشگاه تهران پذیرفته شد و ادامه تحصیل داد. موضوع پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود را بهینه‌سازی طراحی تونل قوچک به کمک ابزار دقیق و شبیه‌سازی عددی انتخاب نمود و فعالیت کاری خود را در زمینه‌های ارزیابی معدن، طراحی تونل و کنترل پروژه آغاز کرد. وی از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۸ در کارگاه سد کارون ۳ ریاست کارگاه مؤسسه حرا را بر عهده داشت و پس از آن بیش از ۱۰ سال مدیریت فنی آن مؤسسه را عهده‌دار بود و از جمله پروژه‌هایی که طی دوران مدیریت فنی وی توسط مؤسسه حرا در حال انجام بوده است، می‌توان به پروژه‌های مهمی چون توسعه نیروگاه سد مسجد سلیمان، تونل‌های انتقال آب لواسان، دشت عباس، کرج و نوسود اشاره نمود. وی همچنین مقالات و کارگاه‌های آموزشی متعددی در زمینه تونل‌سازی در کنفرانس‌ها و سمینارهای مختلف علمی ارائه داده است.

## مقدمه مترجم

توسعه روزافزون تونل‌های شهری در کشور به‌ویژه در تهران بر ضرورت وجود سامانه مدیریت تونل‌های شهری تأکید می‌کند. تونل‌ها سازه‌های بسیار ارزشمند، مفید و ایمنی هستند که به دلیل استهلاک سازه‌ای و غیر سازه‌ای در اجزای تشکیل دهنده آنها، در طول زمان بهره‌برداری، نیازمند نگهداری و مراقبت‌های خاصی می‌باشند. زوال تدریجی اجزای تونل ممکن است به دلایل مختلفی از جمله تصادف وسایط نقلیه عبوری از داخل تونل، آتش‌سوزی، ترک خوردگی، آلودگی ناشی از ترافیک عبوری، همچنین خرابی تجهیزات الکتریکی و مکانیکی رخ دهد. این سازه‌ها به دلایل مختلف از جمله نور کم، فضای محدود، عبور سریع و عدم فرصت کافی برای نگاه چشمی در خطر فراموشی کنترل و نظارت هستند که اگر به‌خوبی نگهداری نشوند، تبدیل به فضاهای متروک و خطرناکی می‌گردند. از این رو، انجام بازرسی‌های دوره‌ای و اقدام به تعمیر و نگهداری تونل امری بسیار حیاتی و ضروری می‌باشد.

عموماً تونل‌ها در حداقل ابعاد ممکن ساخته می‌شوند و فضای کافی برای بازرسی و تعمیر و نگهداری در آنها وجود ندارد. از سوی دیگر با توجه به نقش محوری این سازه‌ها در حل معضلات ترافیکی و تردد مداوم وسایط نقلیه و قطارها در تونل‌های بزرگراه و حمل و نقل ریلی، به‌منظور انجام این فعالیت‌ها به‌راحتی نمی‌توان آنها را تعطیل نمود و این امور باید با برنامه‌ریزی دقیق و حداکثر استفاده از فرصت‌ها و با صحت و کیفیت لازم صورت پذیرد تا حتی‌الامکان از دوباره‌کاری‌ها جلوگیری شود.

استفاده از دستورالعمل برای انجام هر کاری امری پسندیده است، لیکن با توجه به شرایط خاص و محدودیت‌هایی که در تونل‌ها در زمان بهره‌برداری وجود دارد، وجود دستورالعمل مدون و با جزئیات کامل تعمیر و نگهداری و التزام به اجرای آن در این سازه‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار است.

دستورالعمل حاضر که با نظر این جانب ترجمه و بازبینی شده است، برای ارائه یک نمونه قابل قبول تهیه شده و لازم است مشابه آن برای تونل‌های مختلف تهیه و مورد استفاده قرار گیرد. در اینجا از همکاران مؤسسه حرا به‌ویژه مهندس ترابی‌مهر که تنظیم و ویراستاری آنرا بر عهده داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

و من الله التوفیق

محسن کریمی

اسفند ۱۳۹۱

| TABLE OF CONTENTS                 | Page | صفحه | فهرست مطالب                                                           |
|-----------------------------------|------|------|-----------------------------------------------------------------------|
| About the Translator              | 7    | ۷    | درباره مترجم                                                          |
| Preface of the Translator         | 8    | ۸    | مقدمه مترجم                                                           |
| Executive Summary                 | 15   | ۱۵   | چکیده اجرایی                                                          |
| <b>CHAPTER 1:</b>                 |      |      | <b>فصل ۱:</b>                                                         |
| INTRODUCTION                      | 23   | ۲۳   | مقدمه                                                                 |
| <b>CHAPTER 2:</b>                 |      |      | <b>فصل ۲:</b>                                                         |
| TUNNEL CONSTRUCTION AND SYSTEMS   | 31   | ۳۱   | ساخت تونل و سیستم‌ها                                                  |
| A. Tunnel Types                   | 31   | ۳۱   | الف. انواع تونل                                                       |
| 1. Shapes                         | 32   | ۳۲   | ۱. شکل‌ها                                                             |
| 2. Liner Types                    | 36   | ۳۶   | ۲. انواع لاینینگ (پوشش نهایی تونل)                                    |
| 3. Invert Types                   | 40   | ۴۰   | ۳. انواع کف‌سازی                                                      |
| 4. Construction Methods           | 43   | ۴۳   | ۴. روش‌های ساخت                                                       |
| 5. Tunnel Finishes                | 46   | ۴۶   | ۵. اتمام اجرای تونل (کف‌سازی و پوشش)                                  |
| B. Ventilation Systems            | 51   | ۵۱   | ب. سیستم‌های تهویه                                                    |
| 1. Types                          | 51   | ۵۱   | ۱. انواع                                                              |
| 2. Equipment                      | 57   | ۵۷   | ۲. تجهیزات                                                            |
| C. Lighting Systems               | 60   | ۶۰   | ج. سیستم‌های روشنایی                                                  |
| 1. Types                          | 60   | ۶۰   | ۱. انواع                                                              |
| D. Other Systems /Appurtenances   | 62   | ۶۲   | د. سیستم‌های دیگر / متعلقات                                           |
| 1. Track                          | 62   | ۶۲   | ۱. خط آهن                                                             |
| 2. Power (Third Rail /Catenary)   | 65   | ۶۵   | ۲. سیستم تأمین نیروی الکتریکی لازم برای ناوگان ریلی (ریل سوم / کتتری) |
| 3. Signal / Communication Systems | 67   | ۶۷   | ۳. سیستم‌های ارتباطی / سیگنالی                                        |

**CHAPTER 3:****فصل ۳:**

|                                                            |     |     |                                              |
|------------------------------------------------------------|-----|-----|----------------------------------------------|
| FUNDAMENTALS OF TUNNEL INSPECTION                          | 69  | ۶۹  | مبانی بازرسی تونل                            |
| A. Inspector Qualifications                                | 69  | ۶۹  | الف. صلاحیت‌های بازرس                        |
| 1. Civil/Structural                                        | 70  | ۷۰  | ۱. سازه ای/عمرانی                            |
| 2. Mechanical                                              | 71  | ۷۱  | ۲. مکانیکی                                   |
| 3. Electrical                                              | 72  | ۷۲  | ۳. الکتریکی                                  |
| 4. Track, Third Rail, Catenary, Signals and Communications | 76  | ۷۶  | ۴. ریل، ریل سوم، کتتری، ارتباطات و سیگنال‌ها |
| B. Responsibilities                                        | 77  | ۷۷  | ب. مسئولیت‌ها                                |
| C. Equipment/Tools                                         | 78  | ۷۸  | ج. ابزار/تجهیزات                             |
| D. Preparation                                             | 81  | ۸۱  | د. آماده‌سازی                                |
| 1. Mobilization                                            | 81  | ۸۱  | ۱- تجهیز                                     |
| 2. Survey Control                                          | 83  | ۸۳  | ۲- عملیات کنترل نقشه‌برداری                  |
| 3. Inspection Forms                                        | 86  | ۸۶  | ۳- فرم‌های بازرسی                            |
| E. Methods of Access                                       | 102 | ۱۰۲ | ه. روش‌های دسترسی                            |
| F. Safety Practices                                        | 102 | ۱۰۲ | و. اقدامات ایمنی                             |
| 1. Highway                                                 | 103 | ۱۰۳ | ۱- بزرگراه‌ها                                |
| 2. Rail Transit                                            | 104 | ۱۰۴ | ۲- حمل و نقل ریلی                            |

**CHAPTER 4:****فصل ۴:**

|                                            |     |     |                                  |
|--------------------------------------------|-----|-----|----------------------------------|
| INSPECTION PROCEDURES – GENERAL DISCUSSION | 105 | ۱۰۵ | روش‌های بازرسی – مباحث عمومی     |
| A. Inspection of Civil/Structural Elements | 105 | ۱۰۵ | الف. بازرسی عناصر سازه‌ای/عمرانی |
| 1. Frequency                               | 105 | ۱۰۵ | ۱. دوره بازرسی                   |
| 2. What to Look                            | 105 | ۱۰۵ | ۲. اهداف – به دنبال چه باید بود؟ |
| 3. Safety – Critical Repairs               | 125 | ۱۲۵ | ۳. ایمنی – تعمیرات بحرانی        |
| 4. Condition Codes                         | 126 | ۱۲۶ | ۴. کدهای وضعیت                   |

|                                                      |     |     |                                               |
|------------------------------------------------------|-----|-----|-----------------------------------------------|
| 5. Tunnel Segments                                   | 128 | ۱۲۸ | ۵. انواع سیستم نگهداری<br>داخل تونل           |
| B. Inspection of Mechanical Systems                  | 143 | ۱۴۳ | ب. بازرسی سیستم‌های<br>مکانیکی                |
| 1. Frequency                                         | 143 | ۱۴۳ | ۱. دوره بازرسی                                |
| 2. What to Look For                                  | 144 | ۱۴۵ | ۲. اهداف - به دنبال چه باید بود؟              |
| C. Inspection of Electrical Systems                  | 150 | ۱۵۰ | ج. بازرسی سیستم‌های الکتریکی                  |
| 1. Frequency                                         | 150 | ۱۵۰ | ۱. دوره بازرسی                                |
| 2. What to Look For                                  | 152 | ۱۵۲ | ۲. اهداف - به دنبال چه باید بود؟              |
| D. Inspection of Other Systems/Appurtenances         | 159 | ۱۵۹ | د. بازرسی سایر<br>سیستم‌ها/متعلقات            |
| 1. Inspection of Track Elements                      | 159 | ۱۵۹ | ۱. بازرسی اجزاء ریل                           |
| 2. Inspection of Power Systems (Third Rail/Catenary) | 168 | ۱۶۸ | ۲. بازرسی شبکه نیرو (ریل<br>سوم / کتتری)      |
| 3. Inspection of Signal/Communication Systems        | 179 | ۱۷۹ | ۳. بازرسی سیستم‌های<br>ارتباطی / سیگنالی      |
| <b>CHAPTER 5:<br/>INSPECTION<br/>DOCUMENTATION</b>   | 187 | ۱۸۷ | <b>فصل ۵:<br/>مستندسازی بازرسی</b>            |
| A. Field Data                                        | 187 | ۱۸۷ | الف. داده‌های میدانی                          |
| 1. Tunnel Structure                                  | 187 | ۱۸۷ | ۱. سازه تونل                                  |
| 2. Track Structure                                   | 190 | ۱۹۰ | ۲. ساختار ریل                                 |
| 3. Specialized Testing Reports                       | 191 | ۱۹۱ | ۳. گزارش آزمایش‌های ویژه                      |
| B. Repair Priority Definitions                       | 192 | ۱۹۲ | ب. تعاریف اولویت‌های مرحله<br>تعمیر و نگهداری |
| 1. Critical                                          | 193 | ۱۹۳ | ۱. بحرانی                                     |
| 2. Priority                                          | 193 | ۱۹۳ | ۲. تقدم                                       |
| 3. Routine                                           | 193 | ۱۹۳ | ۳. روال عادی (روزمره)                         |
| C. Reports                                           | 194 | ۱۹۴ | ج. گزارشات                                    |
| Glossary                                             | 199 | ۱۹۹ | واژه‌نامه                                     |
| References                                           | 200 | ۲۰۰ | منابع                                         |

## LIST OF TABLES

## فهرست جداول

|                                              |     |     |                                              |
|----------------------------------------------|-----|-----|----------------------------------------------|
| Table 3.1 – Liner Type Acronyms              | 88  | ۸۸  | جدول ۳-۱- مخفف نام انواع پوشش                |
| Table 4.1 – General Condition Codes          | 127 | ۱۲۷ | جدول ۴-۱- کدهای وضعیت عمومی                  |
| Table 4.2 – Condition Code Summary           | 134 | ۱۳۴ | جدول ۴-۲- خلاصه کدهای وضعیت                  |
| Table 4.3 – Mechanical Inspection Frequency  | 143 | ۱۴۳ | جدول ۴-۳- دوره‌های بازرسی مکانیکی            |
| Table 4.4 – Electrical Inspection Frequency  | 151 | ۱۵۱ | جدول ۴-۴- دوره‌های بازرسی سیستم‌های الکتریکی |
| Table 4.5 – Passenger Train Operating Speeds | 160 | ۱۶۰ | جدول ۴-۵- سرعت مجاز قطارهای مسافری           |
| Table 4.6 – Track Gage Distances             | 163 | ۱۶۳ | جدول ۴-۶- فواصل گیج‌های ریلی                 |
| Table 4.7 – Track Alignment                  | 164 | ۱۶۴ | جدول ۴-۷- موقعیت ریل                         |

## LIST OF FIGURES

## فهرست اشکال

|                                                   |    |    |                                                |
|---------------------------------------------------|----|----|------------------------------------------------|
| Figure 2.1 – Circular Highway Tunnel Shape        | 33 | ۳۳ | شکل ۲-۱- مقطع تونل دایره‌ای بزرگراهی           |
| Figure 2.2 – Double Box Highway Tunnel Shape      | 33 | ۳۳ | شکل ۲-۲- مقطع تونل دوتایی بزرگراهی             |
| Figure 2.3 – Horseshoe Highway Tunnel Shape       | 33 | ۳۳ | شکل ۲-۳- مقطع تونل نعل اسبی بزرگراهی           |
| Figure 2.4 – Oval/Egg Highway Tunnel Shape        | 34 | ۳۴ | شکل ۲-۴- مقطع تونل بیضی/تخم مرغی بزرگراهی      |
| Figure 2.5 – Circular Rail Transit Tunnel Shape   | 34 | ۳۴ | شکل ۲-۵- مقطع تونل حمل و نقل ریلی دایره‌ای     |
| Figure 2.6 – Double Box Rail Transit Tunnel Shape | 35 | ۳۵ | شکل ۲-۶- تونل حمل و نقل ریلی بامقطع دو جعبه‌ای |
| Figure 2.7 – Single Box Rail Transit Tunnel Shape | 35 | ۳۵ | شکل ۲-۷- تونل حمل و نقل ریلی بامقطع تک جعبه‌ای |
| Figure 2.8 – Horseshoe Rail Transit Tunnel Shape  | 35 | ۳۵ | شکل ۲-۸- تونل حمل و نقل ریلی بامقطع نعل اسبی   |
| Figure 2.9 – Oval Rail Transit Tunnel Shape       | 36 | ۳۶ | شکل ۲-۹- تونل حمل و نقل ریلی بامقطع بیضی       |
| Figure 2.10 – Circular Tunnel Invert Type         | 42 | ۴۲ | شکل ۲-۱۰- کف تونل دایره‌ای                     |
| Figure 2.11 – Single Box Tunnel Invert Type       | 42 | ۴۲ | شکل ۲-۱۱- کف تونل بامقطع تک جعبه‌ای            |
| Figure 2.12 – Horseshoe Tunnel Invert Type        | 43 | ۴۳ | شکل ۲-۱۲- کف تونل بامقطع نعل اسبی              |
| Figure 2.13 – Natural Ventilation                 | 52 | ۵۲ | شکل ۲-۱۳- تهویه طبیعی                          |
| Figure 2.14 – Longitudinal Ventilation            | 53 | ۵۳ | شکل ۲-۱۴- تهویه طولی                           |
| Figure 2.15 – Semi-Transverse Ventilation         | 55 | ۵۵ | شکل ۲-۱۵- تهویه نیمه عرضی                      |

|                                                                |     |     |                                                                |
|----------------------------------------------------------------|-----|-----|----------------------------------------------------------------|
| Figure 2.16 ~ Full-Transverse Ventilation                      | 54  | ۵۶  | شکل ۲-۱۶ - تهویه تمام عرضی                                     |
| Figure 2.17 ~ Axial Fans                                       | 57  | ۵۷  | شکل ۲-۱۷ - فن‌های محوری                                        |
| Figure 2.18 ~ Centrifugal Fan                                  | 58  | ۵۸  | شکل ۲-۱۸ - فن گریز از مرکز                                     |
| Figure 2.19 ~ Typical Third Rail Power System                  | 66  | ۶۶  | شکل ۲-۱۹ - سیستم انتقال قدرت توسط ریل سوم متداول               |
| Figure 2.20 ~ Typical Third Rail Insulated Anchor Arm          | 66  | ۶۶  | شکل ۲-۲۰ - بازوی قلابی مجزای ریل سوم متداول                    |
| Figure 3.1 ~ Tunnel Inspection Layout Plan                     | 84  | ۸۴  | شکل ۳-۱ - طرح کلی بازرسی تونل                                  |
| Figure 3.2 ~ Circular Tunnel Clock System Designations         | 85  | ۸۵  | شکل ۳-۲ - سیستم تعیین ساعتی تونل دایره‌ای                      |
| Figure 3.3 ~ Circular Tunnel Label System Designations         | 85  | ۸۵  | شکل ۳-۳ - سیستم تعیین نشانه‌های تونل دایره‌ای                  |
| Figure 3.4 ~ Rectangular Tunnel Label System Designations      | 85  | ۸۵  | شکل ۳-۴ - سیستم تعیین نشانه‌های تونل مستطیلی                   |
| Figure 3.5 ~ Horseshoe Tunnel Label System Designations        | 85  | ۸۵  | شکل ۳-۵ - سیستم تعیین نشانه‌های تونل نعل اسبی                  |
| Figure 5.1 ~ Tunnel Inspection Form (Tablet PC Data Collector) | 191 | ۱۹۱ | شکل ۵-۱ - فرم بازرسی تونل (جمع‌آوری داده‌ها توسط رایانه همراه) |
| Figure 5.2 ~ Tunnel Inspection Form (Pre-Printed Form)         | 191 | ۱۹۱ | شکل ۵-۲ - فرم بازرسی تونل (فرم از پیش چاپ شده)                 |
| Figure 5.3 ~ Portal Inspection Form (Pre-Printed Form)         | 192 | ۱۹۲ | شکل ۵-۳ - فرم بازرسی ورودی‌ها (فرم از پیش چاپ شده)             |