

KARAYOLU YOLBOYU MÜHENDİSLİK YAPILARI İÇİN AFET YÖNETMELİĞİ

Amaç

MADDE 1 – (1) Bu Yönetmeliğin amacı karayolu yolboyu mühendislik yapılarının afete karşı dayanıklı olacak şekilde projelendirilmesi, imal edilmesi; mevcut yapıların ise afete karşı korunması ve güçlendirilmesini sağlayacak tedbirlerin alınması için gerekli olan temel esasların belirlenmesidir.

Kapsam

MADDE 2 – (1) Bu Yönetmelik karayolunda bulunan köprü, tünel, dayanma yapıları, destek sistemleri, dolgu ve yarma ile yol koruma yapılarını kapsar. Açıklığı 150 metreyi aşan köprüler (asma köprüler, eğik gergin askılı köprüler ve hareketli [açılır-kapanır] baskül köprüler) özel şartnamelere göre projelendirilip inşa edilecek olup bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

Dayanak

MADDE 3 – (1) Bu Yönetmelik 7269 sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun ile 180 sayılı Bayındırlık ve İskan Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnameye dayanılarak hazırlanmıştır.

Uygulanacak esaslar

MADDE 4 – (1) Karayolu yolboyu mühendislik yapıları için Ek'te yer alan esaslar uygulanır.

Daha önce başlanmış işler

GEÇİCİ MADDE 1 – (1) Bu Yönetmelik yürürlüğe girdiği tarihten önce başlamış olan işlere uygulanmaz.

Yürürlük

MADDE 5 – (1) Bu Yönetmelik yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

Yürütme

MADDE 6 – (1) Bu Yönetmelik hükümlerini Bayındırlık ve İskan Bakanı yürütür.

EK

KARAYOLU YOLBOYU MÜHENDİSLİK YAPILARININ AFETE KARŞI KORUNMASINA İLİŞKİN ESASLAR

BİRİNCİ KISIM

Tanımlar

Tanımlar

MADDE 1 – (1) Bu Yönetmelikte geçen terimler aşağıda tanımlanmıştır.

- Dayanma yapıları: Yol platformunun tasarım standartlarına uygun olarak yerleştirilebilmesi için yapılan destek yapılarıdır. Betonarme veya harçlı taş istinat ve iksa duvarları, donatılı toprak duvarlar, gabion duvarlar, zemin çivili duvarlar, bulonlu duvarlar, kazıklı perde duvarlar, kazıklı ankraj duvarlar vb. dir.
- Debuşe: Yüz yıllık dönüş periyodu olan taşkın debisinin yeterli hava payı ile veya beşyüz yıl dönüş periyodu olan taşkın debisini de hava payı olmadan geçirebilecek köprü boyunca giriş altı (köprü üst yapı altı) ile tabi zeminin arasındaki alandır.
- Destek sistemleri: Bulon, zemin çivisi, ankraj vb. donatı elemanlarına sahip destek sistemlerdir.
- Dolgu: Yol gabarisinin, proje düşey hat kollarına uygun olarak yerleştirilebilmesi için doğal zemin ile yol üst yapısı arasında kalan kısımdır.
- İdare: İş yaptıran kamu kurum ve kuruluşunu ifade eder.
- Karayolu: Trafik için kamunun yararlanmasına acık olan arazi şeridi, köprüler ve alanlardır.
- Koruyucu sistemler: Yapıların ayaklarını, dolgu ve yarma şevlerini v.b. diğer yapı elemanlarını olumsuz doğal şartlara karşı koruyan yapılarıdır. (pere, anroşman, iksa, koruma duvarı, şev ve hendek kaplaması, düşüm olukları vb.)
- Köprü: Akarsu, vadi, diğer bir yol, demiryolu vb. yerlerde geçişi sağlamak üzere inşa edilen; gözlerinden herhangi birinin mesnet eksenleri arasındaki açıklığı, köprü eksenini boyunca 10 metreden büyük olan yapılarıdır. (Kemer köprülerde açıklık ölçüsü için özengi sathının en alçak seviyesindeki dik serbest açıklık esas alınır.)
- Şev: Yolun doğal arazi ile bağlantısını sağlamak için yarma ve dolgularda oluşturulan eğimli yüzeydir.
- Şev değeri: Şevlerin yatay düzlemle yaptıkları eğimin açı olarak, yatay/düşey düzlemlerin birbirlerine oranı olarak veya yüzde olarak belirtilen değeridir.
- Tünel: Yeraltında yapılacak kazı ile istenilen kesitte boşluk oluşturulması ve desteklenmesi ile inşa edilen yer altı yapısıdır. Geçici şevler oluşturularak (açık kazıdan sonra) yapının inşa edilmesi, üzerinin ve yanlarının doldurulması şeklinde yapılan yapılar aç kapa tüneli olarak tanımlanır.
- Yarma: Üstyapı taban kotunun üzerinde kalan kazı hacmidir.

İKİNCİ KISIM

Köprüler

BİRİNCİ BÖLÜM

Taşkından Korumaya İlişkin Hükümler

Köprüünün taşkından korunması esasları

MADDE 2 – (1) Bir akarsu üzerinde inşa edilen köprüünün boyutlandırılmasında (uzunluk ve yüksekliğinin seçilmesinde) köprü debuşi; taşkın sırasında gelecek olan suyu ve suyun beraberinde getirdiği yüzen cisimleri rahatça geçirebilecek şekilde tasarlanmalıdır.

(2) Köprüünün önemine, üzerindeki trafik yoğunluğuna, civar yerleşimlerin dağılım ve yoğunluğuna, bölgenin hidrolojik rejimine uygun bir taşkın dönüş periyodu seçilmelidir.

(3) Hidrolik köprülerin projelendirilmelerinde, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünün (DSİ) ölçütlerine göre 100 yıllık dönüş periyodu olan taşkın debisini yeterli hava payı ile geçirecek, köprü inşaatı yerleşim birimleri içinde yapılacak ise, 500 yıl dönüş periyodu olan taşkın debisini de hava payı olmadan geçirebilecek şekilde boyutlandırma yapılmalıdır.

(4) Tasarım debisi, köprü yapılacak bölgenin yakınında yeterli veri sağlayabilecek bir akım gözlem istasyonu var ise frekans analizi yöntemi ile bulunacak veya Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından en son ölçülen "Standart Zamanlarda Gözlenen En Büyük Yağış Değerleri" verilerine göre hazırlanan Yağış-Şiddet-Süre-Tekrarlanma eğrilerinden yararlanılarak sentetik birim hidrograf yöntemi ile hesaplanacaktır.

(5) Tasarım debisi elde edildikten sonra akarsu enkesitleri ve yatak karakteristikleri belirlenerek, tasarım debisini emniyetle geçirebilecek köprü geometrisi ve boyutları belirlenecektir.

Sel ve taşkından korunmak için uyulması gereken hususlar

MADDE 3 – (1) Akarsuyun, planda olabildiğince dik veya az verevlikte, köprü uzunluğunun az olduğu yerden geçebileceği aks seçilmelidir.

(2) DSİ'nin bölgesel ölçütlerine göre 100 yıllık dönüş periyodu olan taşkın debisini geçirecek şekilde boyutlandırılan köprülerde, akarsu maksimum su seviyesi ile köprü üst yapısı altında en az 1,50 metre hava payı bırakılmalıdır. Hava payı, akarsu yatağının akış yukarısında şev kayması nedeniyle ağaçlar ve diğer nesnelerin yerlerinden ayrılıp köprü açıklığını tıkama riski olması durumunda daha büyük tutulmalıdır.

(3) Köprü yaklaşım dolguları taşkın anındaki oyulmaya karşı mutlaka tahkimat veya duvarlarla koruma altına alınmalıdır.

(4) Dere yatağında su hızının 5 m/sn'ye eşit veya bundan daha fazla olması durumunda köprü ayaklarının etrafındaki oyulmayı önlemek için tahkimat yapılmalıdır. Köprü ayakları civarında oluşacak su hızındaki artışlara ve zemin yapısına bağlı olarak gerçekleşebilecek oyulma derinliğine uygun temel tipi, boyutu ve derinliği belirlenmeli, temel çevresinde oyulmayı önleyici tedbirler alınmalıdır.

(5) Köprü ayaklarının tip ve sayısı, akarsu kesitini en az daraltacak şekilde seçilmelidir. Köprü ayakları kısa kenarı akıma dik olacak şekilde yerleştirilmeli ve mümkün olduğunca dairesel ya da su akımına karşı olan cephesi yuvarlatılmış kesitli ayaklar kullanılarak akım yaklaşım açısı kaynaklı zararlı etkiler ortadan kaldırılmalıdır.

İKİNCİ BÖLÜM

Köprünün Depreme Karşı Tasarımı

Temel ilkeler

MADDE 4 – (1) Köprülerin değişik büyüklükteki depremlere karşı davranışında aşağıda belirtilen koşullar sağlanacaktır:

- Köprüler büyüklüğü 7 nci maddede verilen tasarım depremine göre projelendirilecektir. Bu deprem seviyesinde köprü elemanlarında oluşacak hasar kolayca incelenip onarılabilecek yerde ve seviyede olmalıdır.
- Bölgede gerçekleşme olasılığı bulunan en büyük depremde, köprülerde yıkılma veya göçme olmamalıdır.
- Tüm önemli köprüler tasarım depremi oluşmasından sonra da işlevlerini sürdürmelidir.

Deprem tasarımında genel düzenleme kuralları

MADDE 5 – (1) Köprülerin üst yapılarında mümkün olduğunca süreklilik sağlanacaktır. Çevresel etkilere karşı (sıcaklık değişimiyle oluşacak uzama ve kısılma) yerleştirilecek genişleme derzleri, temellerin oturacağı farklı zemin koşullarının meydana getireceği olumsuzlukları önleyecek, (Ek-2 Tablo-5)'te belirtilen "düzenli köprü" tanımını sağlayacak ve farklı orta ayak rijitliklerinin olumsuz etkilerini en aza indirecek yerlerde düzenlenecektir.

(2) Bu Yönetmelikte kabul edilen tasarım yönteminin ana ilkesi deprem sonrasında yapı elemanlarında enerjiyi sönmüleyecek sünekliğin sağlanması olup, 15 inci maddede bahsedilip (Ek-2 Tablo-3)'te verilen taşıyıcı sistem düzeltme katsayıları (R faktörleri) ancak bu koşulların sağlandığı durumlarda geçerlidir.

(3) Köprü taşıyıcı sisteminde deprem yüklerini taşıyan elemanlar, bu tesirlerin temel zemine kadar sürekli ve emniyetli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterli dayanım ve rijitliğe sahip olmalıdır. Bu bağlamda, köprü tipi ve geometrisi deprem davranışı açısından uygun taşıyıcı sisteme sahip olacaktır.

Köprü yeri zemin araştırmaları

MADDE 6 – (1) Yeterli nitelikte zemin raporu bulunmayan yeni köprülerin yapımı yönelik uygulama projelerine başlanmamalıdır. Köprü uygulama projeleri için yetkili deneyimli inşaat mühendisi tarafından hazırlanan jeoteknik (zemin mekaniği ve temel mühendisliği) proje raporunun proje dokümanlarına eklenmesi zorunludur.

- Köprü tasarımında esas alınacak (Ek-1)'de verilen şekliyle, zemin araştırmaları, arazi ve laboratuvar deneylerine dayanarak hazırlanacaktır.
- Köprülerde her bir orta ayak ve kenar ayak için en az bir temel zemin sondajı yapılmalıdır.

Tasarım depremi

MADDE 7 – (1) Köprü yerinin depremselliğini olasılık yöntemiyle belirlemek amacıyla hazırlanmış olan ve tasarıma esas alınacak yerel ivme katsayıları uzmanlar tarafından hazırlanmış deprem ivme haritaları kullanılarak belirlenecek ve idare tarafından onaylanacaktır.

(2) Yerel ivme katsayısı olarak 50 yıllık köprü ömrü içinde bir kere gerçekleşme olasılığı %10'u geçmeyen 475 yıl dönüş periyotlu deprem büyüklüğü için hazırlanmış değerler kullanılacaktır.

(3) Köprü kalıcılığının öneminin, yurt savunması veya başka nedenlerle artması halinde yapı ömrünün uzatılması ya da depremde hasar oluşma riskinin azaltılması istenirse olasılık kurallarına göre bu değerler uzmanlarca belirlenecektir. Köprü yerinin bilinen aktif fay hatlarına yakın olması ya da temel zeminde beklenenden daha uzun süreli depremlerin oluşması olası ise, yetkili uzmanların önerisi ve idarenin onayı ile verilen ivme katsayıları artırılacaktır.

Köprü önem sınıflaması

MADDE 8 – (1) Köprülerin toplumsal fayda, güvenlik ve savunma gibi faktörleri idarelerce dikkate alınarak, önemli köprüler (I) ve diğer köprüler (II) şeklinde belirlenen gruplara göre köprü önem sınıflaması (ÖS) sınıflandırılması yapılacaktır.

Deprem davranış kategorisi

MADDE 9 – (1) Her köprü, ivme katsayısı (A) ile önem sınıflaması değerlerine bağlı olarak (Ek-2 Tablo-2)'de A, B, C, D ile gösterilen dört deprem davranış kategorisinden (DDK) birine göre sınıflandırılacak ve minimum hesap ve tasarım gereklilikleri belirlenen bu deprem davranış kategorisine bağlı olarak düzenlenecektir.

Zemin etki katsayısı

MADDE 10 – (1) Zemin şartlarının köprü davranışına etkisini yansıtacak olan zemin etki katsayısı (S), (Ek-1 Tablo-1)'den alınacaktır.

Hareketli yük katılımı

MADDE 11 – (1) Köprülerin deprem tasarımında normal koşullarda taşıt ve yaya yüklerinin atalet kuvvetleri göz önüne alınmayacaktır. Ancak trafiğin çok yoğun olduğu şehir içi köprülerinde idarenin onayı ile hareketli yüklerin %20'si kadar tasarıma dahil edilebilir.

Hidrodinamik etki

MADDE 12 – (1) Köprü tasarımında orta ayakların su içinde kalan kısımlarına etki edecek hidrodinamik yükler deprem tasarıma ayrıca dahil edilecektir.

Deprem analiz yöntemi ve seçimi

MADDE 13 – (1) Tek açıklıklı köprüler için detaylı bir deprem hesabı yapılmayabilir. Ancak köprü üstyapısı ile kenar ayakların bağlantıları, her iki doğrultuda (boyuna ve enine) kenar ayak üzerindeki düşey mesnet reaksiyonlarının ivme katsayısı ile çarpılmasıyla bulunan kuvvetleri taşıyacak biçimde projelendirilecektir. Ayrıca üst yapının mesnetlere oturma mesafelerinde de bu Yönetmelik hükümlerine uyulacaktır.

(2) Açıklık sayısı birden fazla olan köprüler için uygulanması gereken hesap yöntemi (Ek-2 Tablo-4)'te verilmiştir. Bu tabloda deprem davranış kategorisi (DDK), köprü açıklık sayısı ve köprünün düzenli olup olmamasına bağlı olarak belirlenecek hesap yöntemi köprü tasarımında uygulanabilecek basit hesap yöntemidir. Tasarımcı isterse daha farklı bir yöntem uygulayabilir. Tasarım yöntemleri basitten kamaşığa doğru aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Eşdeğer statik deprem yöntemi
- Tek modlu spektral yöntemi
- Çok modlu spektral yöntemi
- Zaman tanımlanmış yöntem

(3) Deprem davranış kategorisi (DDK) A sınıfına giren köprülerde özel bir deprem tasarımı gerekmemekle (Tablo-4) birlikte kenar ayak stabilitesi, deprem takozları projelendirilmesi, yeterli giriş oturma boylarının ve diğer minimum proje gerekliliklerinin yerine getirilmesi şarttır.

Deprem elastik tepki katsayısı

MADDE 14 – (1) Deprem etkilerinin elastik hesabında kullanılacak deprem yükünü tanımlayan deprem elastik tepki katsayısı (Cs) (Ek-3)'te belirtilen yöntem ve formüller kullanılarak hesaplanacaktır.

Taşıyıcı sistem düzeltme katsayıları

MADDE 15 – (1) Deprem davranış kategorisi (DDK) B, C ve D sınıfına giren köprülerin, köprü elemanları ve bağlantılarının tasarımında kullanılacak deprem yükleri, elastik tesirlerin uygun taşıyıcı sistem düzeltme katsayılarına (R) bölünmesi ile hesaplanacaktır. Çeşitli köprü elemanlarına ait (R) değerleri (Ek-2 Tablo-3)'te verilmiştir.

Elastik tesirler ve yer değiştirmeler

MADDE 16 – (1) Deprem davranış kategorisi (DDK) B, C veya D sınıfına giren köprülerde, elastik tesirler ve yer değiştirmeler, (Ek-2 Tablo-4)'te tanımlanan hesap yöntemi kullanılarak ve birbirine dik iki eksen boyunca birbirinden bağımsız olarak belirlenecektir. Kurbdaki köprülerde boyuna eksen, kenar ayak ortalarını birleştiren doğrultu olarak alınabilir. Ancak daha kritik doğrultuların olabileceği durumlar araştırılmalıdır.

Enine ve boyuna deprem tesirlerinin birleştirilmesi

MADDE 17 – (1) Deprem hareketi yönünün belirsizliği nedeniyle birbirinden bağımsız olarak hesaplanan boyuna ve enine deprem kuvvetlerinin birleştirilmesi gereklidir. Birbirine dik yönlerdeki elastik deprem kuvvetleri için hesaplanan tesirler iki yüklem durumunu oluşturmak üzere aşağıdaki gibi birleştirilecektir.

- Yüklem durumu 1: Ele alınan köprü elemanı için, eksenlerden biri doğrultusundaki elastik deprem kuvvetleri ve momentlerin mutlak değerinin % 100'üne, aynı elemana ait olmak üzere diğer eksen doğrultusundaki elastik deprem kuvveti ve momentlerin mutlak değerlerinin % 30'u eklenmek suretiyle hesaplanacaktır.
- Yüklem durumu 2: Yüklem durumu 1'deki esaslar, doğrultular değiştirilerek aynen uygulanacaktır.

(2) Tasarıma esas elastik tesirlerin hesaplanmasında 15 inci maddede verilen R faktörleri deprem davranış kategorisi (DDK) C ve D sınıfına giren köprülerde sadece depremden kaynaklanan eğilme momenti tesirlerine uygulanacak, eksenel kuvvetlere, kesme kuvvetlerine ve diğer zati yüklerden kaynaklanan eğilme momentlerine uygulanmayacaktır. Kolon ve perdelerden temellere geçen eğilme momentleri hesabında elastik yöntem kullanıldığında deprem davranış kategorisi (DDK) B sınıfına giren köprülerde R değeri (Ek-2 Tablo-3)'te verilen değerlerin yarısı (R/2), C ve D sınıfına giren köprülerde R=1 alınacaktır. Ancak istenildiğinde, kolon ve perde alt uçlarının çekmeli moment kapasiteleri ve buna karşılık gelen kesme, moment ve eksenel kuvvet tesirleri temel ve kazık tasarımlarında kullanılabilir.

Minimum oturma boyları

MADDE 18 – (1) Tek açıklıklı ve çok açıklıklı köprülerde, depremde köprü üst yapısının aşağıya düşmesini önlemek için giriş oturma boyu (Ek-3)'te belirtilen bağlantılar ile hesaplanacak değerden az olmayacaktır. Giriş oturma boyu, mesnetlenmenin en kısa mesafesi göz önüne alınarak belirlenecek olup, sadece üst yapının süreksiz olduğu kenar ve orta ayaklarda bu koşullar aranacaktır. Üst yapının sürekliliği, açıklıklar arasında sürekliliği sağlayan döşeme elemanının tasarım ilkelerine göre belirlenecektir.

(2) Köprü ayaklarının üzerine deprem takozları yapılarak kirişlerin enine ve boyuna yönde aşırı deplasmanına engel olunacaktır. Özellikle C ve D sınıfına giren köprülerde genleşme derzlerinde ayrıca düşmeyi önleyici ilave tedbirler alınacaktır.

Köprülerin deprem tasarımıyla ilgili hüküm bulunmayan haller

MADDE 19 – (1) Köprülerin deprem tasarımı bu Yönetmelikte yer almayan konular ve tasarım-hesap ayrıntıları için, ulusal şartnameler hazırlanmaya kadar idarenin belirleyeceği uluslararası şartnameler esas alınacaktır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM **Mevcut Köprülerin Durumu**

Onarım ve deprem takviye projelendirme esasları

MADDE 20 – (1) Mevcut köprülerin güçlendirilmesiyle dış tesirlerin oluşturabileceği hasarları belirli bir sınırdan tutup köprüünün onarılabilir seviyede kalması sağlanacaktır. Yapının deprem esnasındaki davranışını değiştirebilecek fazladan ve gereksiz güçlendirme yapılmayacaktır.

(2) Yapının önemi, maliyeti, geriye kalan ekonomik ömrü de göz önüne alınarak yapılacak güçlendirmenin faydasına ve etkinliğine göre güçlendirilecek köprüler idare tarafından belirlenecektir.

Ön değerlendirme ve öncelik sıralaması

MADDE 21 – (1) Ön değerlendirme ve öncelik sıralama işleminde köprülerin önemi ve güçlendirme ihtiyacı dikkate alınmak suretiyle dış tesirlerin oluşturabileceği risk sıralaması yapılarak güçlendirmede takip edilecek öncelik sırası belirlenecektir. Hangi düzeyde güçlendirme yapılacağına idare tarafından karar verilecektir.

Detaylı inceleme

MADDE 22 – (1) Detaylı inceleme aşamasında, ilk önce mevcut köprü uygulama projeleri ve uygulama proje hesap raporları temin edilecektir. Mevcut projelerin bulunmadığı hallerde, köprüünün ve yapısal detaylarının rölevesi yerinde çıkarılacaktır.

Güçlendirme yönteminin tespit edilmesi

MADDE 23 – (1) Köprüünün sorunlu elemanları ve güçlendirme yöntemleri, hesaplar yoluyla detaylı olarak tespit edilerek, güçlendirme yapılacak her eleman ve güçlendirme metodu belirlenecektir. Yetersizlik görülen durumlara ilişkin uygulanabilecek güçlendirme seçenekleri belirlenip yapı açısından uygulanabilirlik ve maliyet açısından kıyaslamalar incelenerek teknik ve ekonomik optimizasyon sonucu en uygun çözüm belirlenecektir.

Zemin raporu alma zorunluluğu

MADDE 24 – (1) Güçlendirme yapılacak köprülere ait mevcut zemin raporları temin edilecektir. Raporların eksikliği veya yetersizliği durumunda; yeni yapılacak köprüler için hazırlanacak (Ek-1)'de tarif edilen şekilde yeni geoteknik proje raporu hazırlanacaktır.

(2) Yeterli nitelikte zemin raporu bulunmayan köprülerin güçlendirme proje çalışmalarına başlanmayacaktır. Gerekğinde ilave temel zemin sondaj çalışmaları, arazi ve laboratuvar deneyleri yapılacaktır.

Teknik muayene veya hasar/arıza tespit raporlarının olmaması

MADDE 25 – (1) Köprü teknik muayene veya hasar/arıza tespit raporlarının olmaması durumunda (Ek-4)'te belirtilenlere göre köprüdeki mevcut hasar veya arızalar; köprü elemanları bazında yerinde teker teker gözle, elle ve gerekli durumlarda aletsel gözlem ve ölçümlerle detaylı incelenecek ve köprüdeki mevcut hasarlar belgelenecek bir rapor haline getirilecektir.

Ön inceleme sonucu yapılacak iş ve işlemler

MADDE 26 – (1) Ön inceleme neticesinde güçlendirilme ivediliğine göre sıraları belirlenen köprüler içinde birinci öncelikli köprüden başlayarak yapı elemanındaki sorunun ve nasıl çözümleneceğinin araştırması yapılacaktır.

(2) Bu değerlendirmeler sonucunda güçlendirme yapılacak yapı elemanları tespit edilecektir. Söz konusu yapı elemanları aşağıdakilerdir.

- Üst yapı elemanları (ana kirişler, enleme kirişleri, tabliye)
- Mesnet bantları, oturma boyları, mesnetler, deprem takozları
- Kolonlar ve başlık kirişleri
- Temeller

(3) Köprüünün, fay hattı yanında olması, heyelan veya zemin sıvılaşma riski olan bölgede bulunması durumlarında özel tedbirler alınacaktır.

Güçlendirme detay projeleri

MADDE 27 – (1) Detaylı inceleme sonucunda elde edilen veriler dikkate alınarak güçlendirme projeleri hazırlanacak ve bu projelerde her bir yapı elemanının güçlendirilmesine ait tüm uygulama detay, hesap ve çizimleri ayrı ayrı düzenlenecektir. Projelerde tüm sistem detayları, inşaat yöntemleri ve gerekli teknik açıklamalar ile birlikte verilecektir.

Güçlendirme projelerinde farklı ölçüt ve kaynaklar kullanılması

MADDE 28 – (1) Köprü güçlendirme projelerinin hesapları için bu Yönetmelikte belirtilen ölçütlerin dışında başka ölçüt ve kaynaklar, idarenin onayı ile kullanılabilir.

ÜÇÜNCÜ KISIM **Tüneller**

BİRİNCİ BÖLÜM **Genel Bilgiler**

Tünellerin özellikleri

MADDE 29 – (1) Tüneller gömülü yapılar olup, zemin/kaya ortamı ile birlikte hareket etmeleri ve deprem yer hareketinin büyüklüğünün yüzeyden itibaren derinliğe bağlı olarak azalması nedeniyle deprem sırasında yerüstü yapılar gibi daha iyi davranış göstermektedirler.

(2) Tünellerin deprem sırasında hasar görmelerinin nedenleri aşağıdakilerdir.

- Depremden dolayı oluşan sarsıntı
- Tüneli aktif bir fayın kesmesi
- Özellikle portal bölgelerinde heyelan ve zemin sıvılaşması

Tünellerin depreme karşı asgari dayanıklılık ölçütleri

MADDE 30 – (1) Tüneller küçük ve orta şiddette depremlerde önemli bir hasar olmaksızın hizmet vereceklerdir. Yüksek şiddetli depremlerde ve tüneli kesen fay hareketinde göçük oluşmadan hasar meydana gelebilecektir. Gerekli iyileştirme yapıldıktan sonra tünel trafiğe hizmet verecektir.

İKİNCİ BÖLÜM

Yeni Yapılacak Tüneller İçin Deprem Projelendirmesinin Yapılması

Zemin/kaya tanımlamasına yönelik araştırma çalışmalarının yapılması

MADDE 31 – (1) Koridor ve elverişlilik etüdü aşamalarında idare tarafından aksi belirtilmediği takdirde gözlemsel olarak yapılacak çalışmalarda olası tünel hatları ile ilgili olarak 1/25000 ölçekte ve tanımlanacak genişlikteki alanda jeolojik, hidrojeolojik, mühendislik jeolojisi, mühendislik jeofiziki ve mühendislik sismolojisi etüt ve değerlendirmeleri yapılacaktır.

(2) Bu etüt ve değerlendirmeler fay (aktif, ölü, normal, yanal atımlı, ters) gibi ana süreksizliklerin haritalanmasını, güncel tektonik açıdan araştırmaları, aktif ve potansiyel heyelan sahalarının ve sıvılaşma riski taşıyan alanların belirlenmesini ve tünel hattına olan etkilerinin değerlendirilmesini içerecektir.

(3) Yapılan etüt ve değerlendirmeler sonucunda statik ve depremsellik açısından en az risk taşıyan geçki seçilecektir. Bu geçki içindeki seçeneklerin 1/5000 ölçekte ön projeleri (etüt, araştırma ve proje çalışmaları) yapılacaktır. Ön proje çalışmalarına veri sağlamak amacıyla detaylandırılacak yüzey jeolojisi çalışmalarının yanı sıra depremsel araştırma ve hendek açımı, sondaj, jeofizik etüt, arazi ve laboratuvar deneylerini içeren araştırma programı hazırlanacaktır.

(4) Sondajlar tünel portallerinde, tünel üzerinde sığ örtü kalınlığı olan bölgelerde, zayıf zonlarda (fay, birim kontağı v.b.), derin kırılma, sık eklem ve ayrışma potansiyeli olan birimlerde, değişen jeolojik birimlerde ve tünel çevresinin kaya kütle davranışını belirlemeye yönelik gerekli görülen yerlerde ve tünel kıvrımı kotunun 20 metre altına incek şekilde sorumlu mühendis tarafından belirleneceği derinliklerde karotlu olarak yapılacaktır.

(5) Ayrıca tünellerde yapılması planlanan sondajlarda (kaya) tünel seviyesini de içine alacak şekilde basınçlı su testi (BST) deneyleri de yapılacaktır.

Kesin proje çalışmalarına başlanması

MADDE 32 – (1) Ön proje araştırma ve proje çalışmaları sonucunda kesinleştirilecek tünel hattı üzerinde 1/1000-1/2000 ölçekte kesin proje çalışmalarına geçilecektir. Ön proje araştırmalarında tam olarak aydınlatılmayan noktalarda ek araştırma programı hazırlanarak uygulanacaktır.

Deprem tanımlamasına yönelik zemin/kaya parametreleri

MADDE 33 – (1) Deprem tanımlamasına yönelik zemin/kaya parametreleri; boyuna dalga hızı (P), makaslama (kayma) dalga hızı (S), rayleigh dalga hızı (R) değerleridir.

(2) Bu değerlerin tünel kotunda sebep olduğu hususlar, zemin dane hızı ve ivmeler, dalgaların yayılma hızları, dinamik kayma modülü ile elastisite modülüdür. Bu değerler sahada yapılacak jeofizik yöntemlerden sismik ve sismoloji çalışmaları ile saptanacaktır. Sahaya özel çalışmalar olmaması durumunda ampirik yaklaşımlar ve kabuller kullanılacaktır.

Deprem tanımlamaya yönelik çalışmalarının yapılması

MADDE 34 – (1) Olasılık-istatistik hesaplarına dayanan deprem tehlike analiz yöntemleri kullanılarak tasarım depreminin magnitudü, tasarım depremi dönüş periyodu, yüzeydeki maksimum deprem ivmesi ve tünelin deprem merkezine mesafesi belirlenecektir.

(2) Olasılık-istatistik hesaplarına dayanan jeofizik deprem tehlike analizlerinde kullanılmak üzere tünel derinliğindeki yer hareketinin zaman tarihçeleri belirlenecektir.

(3) Fay atımı ile ilgili olarak ampirik yaklaşımlar veya arazi hendek açımı çalışma ve değerlendirmeleri kullanılarak deplasman miktarı ve etki zonu belirlenecektir.

Deprem risk tipinin belirlenmesi ve proje çalışmalarının yapılması

MADDE 35 – (1) Yapılan tüm etüt ve araştırma çalışmaları sonucuna göre belirlenen jeolojik birimler, süreksizlikler (eklem, tabakalanma, çatlak), ayrışma zonları dereceleri, fay, kıvrım ve bunların tünel kazısı üzerine etkileri göz önüne alınarak mühendislik jeolojisi modeli oluşturulacaktır.

(2) Tünelin yer aldığı kaya/zemin ortamına ait geomekanik parametreler tespit edilecektir. Tünel kesiti, örtü kalınlığı, oluşturulan jeolojik model ve araştırma çalışmaları verileri değerlendirilerek tünel kazısı destek aşamasında öngörülen kaya kütle davranışı dikkate alınarak geoteknik model oluşturulacak, statik yüklem koşulları dikkate alınarak analitik ve nümerik analizler yapılacaktır.

(3) Belirlenecek deprem risk tipine göre oluşacak ilave yüklem ve deformasyonlar da dikkate alınarak tünelin deprem projesi hazırlanacaktır.

Deprem için hesaplamaların yapılması

MADDE 36 – (1) Tünel eksenini boyunca oluşan aksel ve bükey deformasyonların ve tünel enkesitinde oluşan ovalleşme ve yana yatma şeklindeki deformasyonların değerlendirilmesi analitik yaklaşımlar (basitleştirilmiş veya kapalı-form çözümler) ve nümerik analizler metodu olmak üzere iki seviyede yapılacaktır. Öncelikle basitleştirilmiş yöntemler kullanılacak, yeterli olmadığı durumlarda nümerik analizler yapılacaktır.

(2) Nümerik analizler zemin içinde açılan ve tünel boyunca zemin koşullarının belirgin ölçüde değiştiği tünellerde yapılacaktır.

(3) Tünel derinliğindeki yer hareketinin yer yüzeyine oranı özel arazi değerlendirmesine göre düşük değer belirlenmediyse (Ek-9 Tablo-6)'dan alınacaktır. Özel arazi değerlendirmesi bulunmadığında maksimum yer hareketinin tahmini için zemin/kaya tipine göre maksimum yer hareketinin maksimum yer ivmesine oranı (Ek-9 Tablo-7)'den alınacaktır.

(4) Deprem nedeniyle tünelde oluşan gerilme ve yüklemeler statik gerilme ve yükler de dikkate alınarak hesaplanacaktır.

Fay kırılması için hesaplamaların yapılması

MADDE 37 – (1) Fay kırılması durumunda tünelin davranışını etkileyen unsurlar (fay atım yönünün tünel eksenine göre konumu, atım miktarı ve jeolojik yapıya göre etki zonu) ve bunların tünel etkisi, ampirik temelli formülasyonlar ve analitik yaklaşımlar kullanılarak belirlenecektir.

Heyelan ve sıvılaşma için hesaplamaların yapılması

MADDE 38 – (1) Heyelan nedeniyle şev hareketi veya sıvılaşma beklenen kesimlerde, tasarım depremi sırasında oluşabilecek hareket tipi ve miktarına göre değerlendirme yapılacaktır. Heyelan ve sıvılaşma nedeniyle oluşabilecek ilave yükler belirlenecektir.

(2) Deprem yükleri de göz önüne alınacak şekilde şev ve portal yapı tasarımları yapılacaktır.

(3) Dikdörtgen kesit olarak imal edilen aç-kapa tünellerde yana yatma şeklindeki deformasyonlar için analiz yapılırken statik yüklerle ilave olarak duvar ve tavandaki dinamik toprak basınçları göz önüne alınacak şekilde tasarım yapılacaktır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Mevcut Tüneller İçin Deprem Değerlendirmesinin Yapılması ve Güçlendirme Projelerinin Hazırlanması

Gözlem

MADDE 39 – (1) Tasarım depremi sırasında riskli davranış olasılığı olan tüneller; deprem etkisi, jeolojik durum, tünel projesi, yapımı ve mevcut durum dikkate alınarak belirlenecektir.

(2) Tasarım depremi sırasında tünelin beklenen davranışı göstereceği durumlarda ilave değerlendirme yapılmayacaktır. Tünelin beklenen davranışı göstermemesi durumu söz konusu olduğunda deprem sırasındaki tünel davranışı ile ilgili ek değerlendirmeler yapılacaktır.

(3) Tünelin deprem sırasında riskli davranış göstereceği açıkça belirlendiğinde güçlendirme projesi hazırlanacaktır.

(4) Deprem yoğunluğu, fay kırılması, heyelan ve sıvılaşma dikkate alınarak deprem etki değerlendirmesi yapılacaktır.

(5) Deprem yoğunluğu; maksimum yer hızı, maksimum yer deplasmanı ve hareketin süresi ile değerlendirilecektir. Gözlem aşamasında yüzeydeki maksimum yer ivmesi yer sarsıntısı için bir indeks olarak kullanılacaktır.

(6) Detaylı değerlendirme için tünel derinliğindeki yer hareketleri ve respons spektrumları tahmin edilecektir. Ayrıca aktif faylara yakın bölgede yer alan tünellerde (yaklaşık 15 km) yakın fay etkisi dikkate alınacaktır.

(7) Aktif bir fay hattının tüneli kesmesi durumunda orta ve yüksek büyüklükteki depremler esnasında tünellerde kesme deplasmanları oluşması nedeniyle meydana gelecek deformasyonlar değerlendirilecektir.

(8) Portal bölgelerinde ve tünelin düşük örtü kalınlığı olan bölgelerinde statik durumda heyelan riskinin bulunması veya statik olarak dengedeki bir heyelanın yer sarsıntısı ile aktif hale gelme durumu dikkate alınarak değerlendirme yapılacaktır.

(9) Yeraltı su tablasının altında yer alan tünellerde tünel etrafında gevşek ve orta sıklıkta kohezyonsuz zemin (kum, silt, çakıl) olması durumunda sıvılaşma potansiyeli değerlendirilecektir.

(10) Olumsuz jeolojik koşulların (tüneli kesen zayıflık düzlemleri içeren kayalar, açık veya ayrılmış dolgulu çok gelişmiş çatlaklar içeren kayalar) mevcut tünel projesinde ve yapımında dikkate alınıp alınmadıkları kontrol edilecektir.

(11) Mevcut tünel projesinde deprem yüklem ve davranışının dikkate alınıp alınmadığı, tünel kaplamasının ve destek sisteminin özellikleri (kaplama tipi, kaplama/destek sistemi ve kaya arasındaki kontak derecesi), kaplama/destek sistemi açısından tünelin statik stabilitesi, kaplama/destek sisteminin mevcut durumu, betondaki çatlakların derecesi, betonun ve çeliğin zamanla yıpranması durumları değerlendirilecektir.

(12) Kazı tünellerinde yer hareketinden dolayı deprem değerlendirmesi gerekli olup olmadığının kaplama/destek sistemi, jeolojik koşullar ve yer hareketine göre belirlenmesinde (Ek-9 Tablo-8) kullanılacaktır.

(13) Aç-kapa tünellerde bölgenin depremselliğine bağlı olarak mevcut projelerde yüklem ve deformasyonların dikkate alınıp alınmadığı kontrol edilecektir.

Değerlendirme

MADDE 40 – (1) Yer sarsıntısı nedeniyle tünelde oluşan deformasyon tipi, gerilme ve yüklemeler, statik gerilme ve yükler de dikkate alınarak değerlendirme yapılacaktır.

(2) Fay kırılması durumunda tünelin davranışını belirleyen unsurlar (fay atım yönünün tünel eksenine göre konumu, atım miktarı ve jeolojik yapıya göre etki zonu) değerlendirilecektir.

(3) Heyelan nedeniyle şev hareketi veya sıvılaşma beklenen kesimlerde tasarım depremi sırasında oluşabilecek hareket tipi ve miktarına göre değerlendirme yapılacaktır.

Güçlendirme projesinin hazırlanması

MADDE 41 – (1) Yüksek şiddetli yer sarsıntılarında düktil ve dayanımlı kaplama elde etmek için kaplama betonu donatılandırılacaktır. Kaplama betonu ve arkasındaki ortam arasında boşluk olması ve iyi temas sağlanmaması durumunda bu durum jeofizik yöntemler ve karot alımı ile tespit edilecek ve kontak enjeksiyonu yapılacaktır.

(2) Zayıf zeminlerde ilk desteklemeden sonra prekast beton segmanlar ile yapılan desteklemede özel çevresel derzler tasarlanacaktır.

- (3) Aç-kapa tünellerde deprem durumunda artan yüklemeye koşullarına göre donatılardırma yapılacaktır.
- (4) Fay kırılması nedeniyle yapılacak güçlendirme aktif fayı kesen ve deplasmana maruz kalacak tünel hattı boyunca deplasman değeri ve deplasmanın yayıldığı bölge genişliğine bağlı olarak belirlenecektir. Sınırlı bölgede yüksek miktarda deplasman oluşması durumu için bu bölgede tünel kesitinde genişletme yapılacaktır. Genişletme miktarı fay atımı sonucunda oluşan deplasman nedeniyle tünelin kapanmayacağı ve iyileştirme yapıldıktan sonra trafığa açılacağı şekilde olacaktır. Genişletme yapılacak bölgenin uzunluğu fay deplasman miktarına ve karayolunda izin verilebilir kurp yarıçapına göre belirlenecektir.
- (5) Genişletme yapılan tünellerde iç kaplama arkası boşluklu beton gibi malzemeler ile doldurulacaktır. Fay atımının düşük ve geniş alana yayılı olduğu durumlarda kaplama düktül derzler ile dökülecektir.
- (6) Heyelan ve sıvılaşmaya neden olabilecek zemin stabil hale getirilecektir. Kesin çözüm elde edilememesi durumunda hat değişikliğine gidilecektir.
- (7) Potansiyel heyelan bölgesinde yapılan portal yapısı ve kazı tüneli birleşiminde harekete izin verecek derz oluşturulacaktır.
- (8) Sıvılaşmanın etkisinin lokal su basıncı şeklinde olması durumunda, lokal su basıncını gidirmek veya düşürmek yönünde gerekli inceleme yapıp önlemler alınacak, tünel duvarları yanal basınca göre güçlendirilecektir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Tünellerde Yangına Karşı Alınacak Tedbirler

Yangına karşı alınacak tedbirler

MADDE 42 – (1) Tünellerde yangına karşı alınacak tedbirler (yapısal ve donanım olarak) konusunda tünellerin güvenlik gereksinimlerine ilişkin proje ölçütleri komisyon raporu, karayolu tüneli uygulama projesi şartnamesi ve uluslararası standartlar temel alınacaktır.

BEŞİNCİ BÖLÜM

Tünellerde Sele Karşı Alınacak Tedbirler

Sele karşı alınacak tedbirler

MADDE 43 – (1) Tünel portal bölgelerinde meydana gelebilecek yağmur suyu, kar suyu ve sele karşı portal yapısı ve tünelin korunabilmesi için gerekli havza ve hidrolik hesaplamalar yapılarak drenaj yapılan projelendirilecektir.

DÖRDÜNCÜ KISIM

Dayanma (İstinat) Yapıları ve Destek Sistemleri İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları

BİRİNCİ BÖLÜM

Genel Bilgiler

Temel ilkeler

MADDE 44 – (1) Dayanma (istinat) yapıları ve destek sistemlerinin depreme dayanıklı olarak projelendirilmesinde aşağıda belirtilen minimum şartlar sağlanmalıdır.

a) Dayanma (istinat) yapıları ve destek sistemleri küçük ve orta şiddetteki depremlere önemli bir hasar almaksızın ve elastik sınırlar içinde kalacak biçimde dayanmalıdır.

b) Büyük depremlerden kaynaklanan sarsıntılar yapıların ve destek sistemlerinin işlevini yerine getirmesine engel olmamalı, meydana gelebilecek hasarlar kolayca onarılabilmelidir.

(2) Dayanma yapıları ve destek sistemleri için hesap kesitinin seçiminde değişen zemin/kaya koşulları ile yükseklik ve geometri esas alınacaktır. Yüksekliğin değişken olması durumunda iki hesap yüksekliği arasındaki fark 2 metreden fazla olmayacaktır.

(3) Sondajlar, yol bileşenlerinin projelendirileceği alandaki jeolojik birimlerin yatay ve düşey yöndeki geoteknik özelliklerini en iyi ortaya çıkaracak yerlerde ve derinliklerde; jeofizik ölçüm noktaları da aynı şekilde yol bileşenlerinin projelendirileceği alandaki birimlerin geoteknik-deprem mühendisliği özelliklerini en iyi ortaya çıkaracak yerlerde ve araştırma derinliklerinde yapılacaktır.

(4) Sondaj, jeofizik etütler, araştırma çukuru, laboratuvar deneyleri ve sonuçları verilecek, tasarıma esas parametre seçimlerinin nasıl yapıldığı ayrıntılı olarak belirtilecek, zemin tanımlaması, zemin dinamiği, geometri ve tasarıma esas parametreler idealize zemin profili üzerinde gösterilecektir.

(5) Tektonik ve deprem etkisinin önemli olduğu yapı yerlerinde sismik/sismolojik araştırmalar ile saptanan zemin hakim titreşim periyodu-zemin büyütmesi ve hendek vb. çalışmalar yapılarak yapıların etkileri irdelenecektir.

(6) Yüzeyde tespit edilemeyen örtülü fayların ve diğer tektonik bozuklukların veya yüzeyden görülen fay izinin devamlılığı jeofizik etütler yapılarak araştırılacaktır.

(7) Heyelanlı kesimlerde heyelanın mekanizması, jeolojik birimlerin dağılımı, yapısal durumu, yer altı suyu koşulları, ayrışma-bozuşma derecesi ve kayma sebepleri ortaya konularak kayma yüzeyi derinliği ve kayma mekanizması belirlenecektir.

(8) Jeolojik birimlerin yerinde (in-situ) dinamik elastisite parametrelerinin saptanması için sismik kırılma yöntemi kullanılacaktır.

(9) Proje sahasının depremsellik (sismisite) hesapları yapılacaktır.

(10) Büyük sanat yapılarının jeolojik stratigrafisi, dinamik elastisite sabitleri ile depremsellik parametreleri bulunacaktır.

(11) Deprem durumu tasarımına esas deprem ivme katsayısı yürürlükte bulunan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası üzerindeki bilgilerden temin edilecektir.

Hesap kuralları

MADDE 45 – (1) Hesaplarda dayanma yapısı arkasına yapılacak geri dolgu malzemesi özellikleri, geometrisi (parametreler, yükseklik vb.), dayanma yapısı arkasındaki ilave yükler (trafik yükü, mevcut yapılar vb.), temel zeminin özellikleri, su seviyeleri, dayanma yapısı önündeki kazı oyulma ve erozyon, don etkisi, dayanma yapısı arkası drenaj malzemesi özellikleri dikkate alınacaktır.

(2) Dayanma yapıları için kayma, devrilme ve taban basıncı irdemesi ($q_{max} < q_{em}, q_{min} > 0$) statik durumda emniyetli taşıma gücü hesabı, oturma hesabı, stabilite analizi (kazı durumu ve yapımsı sonrası), donatı hesabı (betonarme duvarlarda) yapılacaktır.

(3) Statik ve deprem durumunda toprakarme duvarlar için yukarıda belirtilen irdemelere ve dış stabilite irdemelerine ek olarak iç stabilite (sıyırılma, kopma vb.) irdemeleri de yapılacaktır.

(4) Aktif ve pasif basıncı toprak itkisi katsayıları Mononobe-Okabe formülleri kullanılarak belirlenecektir.

(5) Dayanma yapıları için yapılan irdemelerde gerekli güvenlik sayıları (GS) (Ek-9 Tablo-9)'da verilmiştir.

(6) Bulon, zemin çivisi, ankraj gibi destek sistemleri için genel olarak izlenecek yöntem aşağıda belirtilmektedir.

a) Desteksiz şev in kayma dairesinin/düzleminin belirlenmesi; belirlenen bu kayma yüzeyi esas alınarak sığ yüzeyler için stabilite analizlerinin yapılması, derin kayma düzlemleri için statik ve deprem koşulunda stabilite analizlerinin yapılması, kopma ve sıyırılma irdemeleri ile ankrajlarda ayrıca kök boyu hesabının yapılması gerekmektedir.

b) $a = \text{"Depremsellik katsayısı"}$ ve $A = \text{"İvme katsayısı"}$ iken;

Sığ yüzeyler için $a = (1.45-A)*A$

Derin kayma düzlemleri için $a = A/2$

alınmalıdır.

(7) Destek sistemleri için yapılan analizlerde gerekli güvenlik sayıları (GS) (Ek-9 Tablo-10)'da verilmiştir.

BEŞİNCİ KISIM

Dolgu ve Yarımlar

Temel ilkeler

MADDE 46 – (1) 44 üncü maddenin üç, dört, beş, altı, yedi, sekiz, dokuz ve onbirinci fıkralarında belirtilen şartlar bu kısım için de geçerli temel ilkelerdir.

(2) Proje ömrü boyunca dolgu ve yarma şevlerinin stabil kalması ve tolerans dışı oturma-ötelemelerin oluşmaması sağlanacaktır. Gerekli görülmesi halinde dolgu ve yarma şevleri ek tedbirler göz önüne alınarak projelendirilecektir.

(3) Şevlerin jeolojik stratigrafisi, dinamik elastisite sabitleri ile depremsellik parametreleri bulunacaktır.

Dolgu şevlerinin tasarımı

MADDE 47 – (1) Gerekli laboratuvar zemin deneyleri (Ek-5)'te belirtilmiştir.

(2) Hesap kuralları aşağıdadır.

- Deprem durumu için gerekli depremsellik katsayısı (a), yer ivme katsayısının (A) yarısı olarak alınacaktır.
- Yüksekliği 8 metreden büyük olan dolgular için deprem durumu analizi yapılacaktır.
- Dolgu şevleri için dış stabilite güvenlik sayıları ölçütleri (Ek-9 Tablo-11)'de belirtilmiştir.
- Dolgu şevleri için iç stabilite güvenlik sayıları ölçütleri (Ek-9 Tablo-12)'de belirtilmiştir.

Yarma şevlerinin tasarımı

MADDE 48 – (1) Yarmaların değerlendirilmesi için gerekli deneyler (Ek-6)'da belirtilmiştir.

(2) Hesap kuralları aşağıdadır.

- Deprem durumu için gerekli depremsellik katsayısı (a), yer ivme katsayısının (A) yarısı olarak alınacaktır.
- Yüksekliği 15 metreden büyük olan yarmalar için deprem durumu analizi yapılacaktır.
- Yarma şevleri için güvenlik sayıları ölçütleri (Ek-9 Tablo-13)'de belirtilmiştir.
- On beş metre ve daha yüksek yarmalarda genel olarak kademeli şev teşkili göz önüne alınacaktır.

ALTINCI KISIM

Kıyı Koruma Yapıları

Kıyı koruma yapılarının tasarım ve uygulamasında gözetilecek hususlar

MADDE 49 – (1) Kıyı koruma yapılarının tasarım ve uygulamalarında 3348 sayılı Ulaştırma Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanununun; Demiryollar, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü'nün (DLH) Görevlerinin belirtildiği 9 uncu maddesinin birinci fıkrasının (a) bendi uyarınca DLH tarafından düzenlenecek Yönetmelik hükümlerine uyulacaktır.

YEDİNCİ KISIM

Heyelanlar

Temel ilkeler

MADDE 50 – (1) Dördüncü kısımda düzenlenmiş bulunan temel ilkelerdeki 44 üncü maddenin onbirinci fıkrasında belirtilen şartlar bu kısım için de geçerli temel ilkelerdir.

(2) Şevlerin, proje ömrü boyunca stabil kalması ve tolerans dışı oturma-ötelemelerin oluşmaması sağlanacak, gerekli görülmesi halinde şevler ek tedbirler alınarak projelendirilecektir.

(3) Heyelan önleme geoteknik raporları her bir heyelan için ayrı raporlar halinde düzenlenecek olup, jeolojik-jeofizik değerlendirmeler jeoloji mühendisi ve jeofizik mühendisi tarafından; sayısal çözümleri içeren geoteknik değerlendirmeler ise deneyimli inşaat mühendisi tarafından yapılacaktır.

Ön değerlendirme

MADDE 51 – (1) Projelendirmede aşağıda belirtilen hususlar dikkate alınacaktır.

- Heyelanın etkilediği yol kesiminin dolgu, yarma, karışık kesitle olup olmadığı belirtilecektir.
- Heyelanlı alanı gösterir plankote ve enkesitler çıkarılacaktır. Plankote ve enkesitler üzerinde (Ek-7)'deki elemanlar gösterilecektir.
- Heyelanın oluş zamanı, mevsim koşulları, oluş nedeni, mevcut drenaj sistemlerinin çalışıp çalışmadığı, çalışıyorsa deformasyon olup olmadığı, heyelanın boyutları (uzunluk, genişlik, derinlik), heyelanlı kütlelerin ve harekete katılmayan kütlelerin özellikleri, hareketin hızı (ilk hareketten sonra hareketin devam edip etmediği, ilk hareket sonrası çatlak ve yarıkların genişliği, derinliği, yeni çatlakların oluşup oluşmadığı vb.), hareketlerin tipi, (akma, kayma, düşme, devrilme, tekrarlı, tekil, karmaşık, dairesel, düzlemsel, kamasal vb. bilgiler), araştırma çalışmaları (sondaj, araştırma çukuru, inklenometre, jeofizik izleme, laboratuvar çalışmaları vb.), fotoğraflar raporda yer alacaktır.

Heyelan etütlerinde gerekli laboratuvar deneyleri

MADDE 52 – (1) Heyelan etütlerinde fiziksel özelliklerinin ve kayma dayanım parametrelerinin tayinine yönelik yapılması gerekli laboratuvar deneyleri (Ek-8)'de belirtilmiştir.

Sayısal çözümleme

MADDE 53 – (1) Çözümüne yönelik sayısal çözümlerlerde gerekli büro, arazi ve laboratuvar çalışmaları sonuçları göz önüne alınarak izlenecek yöntem aşağıda belirtilmektedir.

- Kayma öncesi geometri ve kayma koşulları göz önüne alınarak geri analizle kayma yüzeyi boyunca rezidüel kayma dayanımı parametreleri belirlenecek, geri analizinde güvenlik sayısı $GS < 1$ esas alınacaktır.
- Geri analizden elde edilen parametreler, araştırma çalışmaları ve laboratuvar deneyleri sonucunda bulunan parametrelerle birlikte yorumlanarak değerlendirilecek ve tasarım parametreleri belirlenecektir. Bu değerlendirmeler raporda yer alacaktır.
- Çözüm geometrisi için statik durum (kısa dönem, uzun dönem) deprem durumu ve gerekiyorsa kazı durumu için kısa dönem stabilite analizleri yapılacaktır. Rezidüel (Direk kesme) parametrelerin kullanılması durumunda çözüm için statik durumda $GS \geq 1.30$, deprem durumunda $GS \geq 1.10$ kazı durumunda (heyelanlı alanda kalıcı düzenleme için yapılan projenin önemine, heyelanlı alan ve çevresinde yapılaşma, heyelan hızı, çalışılan mevsim koşulları, çalışma ve kazı zorluğuna göre) $GS > 1.10 - 1.20$ değerleri esas alınacaktır.
- Yapılan hesaplarda heyelan ana eksenini (en kritik kesit) esas alınacak, değişen zemin koşulları ve değişen kayma dairesi derinliği için proje optimizasyonuna yönelik olarak gerekirse diğer (yan) kesitlerde de çalışma yapılacaktır.
- Çözümün alternatifli verilmesi halinde alternatifler arası maliyet karşılaştırması yapılacaktır.
- Çözümüne ait uygulamaya yönelik her türlü plan, profil, enkesit ve detay paftaları rapor ekinde sunulacaktır.

Karayolunda heyelanların oluşturacağı zarar ve tehlikelerden korunmak için alınması gereken önlemler

MADDE 54 – (1) Karayolunda heyelanların oluşturacağı zarar ve tehlikelerden korunmak için alınması gereken önlemler aşağıdadır.

- Heyelanların başta gelen faktörlerinden olan yer altı suyu kontrol altına alınarak drenaj sağlanmalıdır. Buna ait yer üstü ve yer altı drenaj sistemleri ile heyelanların önüne geçecek uygulamalarla yolun stabilitesi sağlanmalıdır.
- Heyelandan sonra gerekirse güzergah tamamen değiştirilmeli, heyelanlı kesim temizlenmeli, köprü ile geçiş sağlanmalı, gevşek malzeme çimento enjeksiyonu ile stabilize edilmelidir.

c) Destekleme aşağıdaki biçimlerde yapılabilir.

- 1) Kaya ile, etekdeki gevşek malzemenin çimento enjeksiyonu ile stabilize edilmesi.
- 2) Kimyasal metotlarla stabilizasyon.
- 3) Kazı, drenaj, kırmızı kotun kaldırılması.
- 4) Eteklerde drenaj.
- 5) İksa (beton, çelik).
- 6) İstinat duvarı (kâgir veya beton).
- 7) Kazık çakma (çelik, beton).
- 8) Ankraj çubukları ile şevin tutturulması (şevler üzerine çakılan çubukların birbirine bağlanması).

ç) Mukavemet ile kuvvet arasındaki oranın yeniden değerlendirilmesi; drenaj, (yüzey drenajı, yatay drenler, tünel veya galeri açma, çatlakların ve eklem yüzeylerinin tecrit edilmesi), şev eteğinin temizlenmesi, hafif dolgu (dolgu kalınlığının mümkün olduğu kadar az olması) gibi önlemlerden biri veya birkaçı bir arada uygulanmalıdır.

SEKİZİNCİ KISIM

Zeminlerin Sıvılaşması

Zeminlerin sıvılaşmasının tanımı

MADDE 55 – (1) Sıvılaşma olayı, suya doygun ince taneli kum ve silt gibi tabakaların deprem titreşimleri sırasında boşluk suyu basıncı (U) değerinin artması ile

efektif yanal gerilmenin ($\sigma_h = \sigma_h - U$) sıfır olması sonucu tabakanın sıvı gibi davranarak yüzeye çıkmasıdır.

Sıvılaşma ölçütleri

MADDE 56 – (1) İnce kum, siltli kum veya killi kum tabakalarını içeren bir zeminin sıvılaşma olasılığının bulunup bulunmadığını saptayabilmek için arazi ve laboratuvar deneylerinin bir arada kullanıldığı çeşitli ölçütler ve ampirik formüllerden yararlanılacaktır.

(2) Bu ölçütlerden en önemlileri eşik ivme ölçütlerden, periyodik kayma gerilmesi, kayma (Shear) dalgası hızı ve sıvılaşma indeksi kriteri tespit edilmektedir. Yardımcı kriterler olarak da rölatif sıklık oranı, boşluk basıncının artış oranı, granülometrik değerlendirme, standart penetrasyon ve ivme kriteri, sismik S dalgası tespitleri yapılmaktadır.

Sıvılaşma riskini azaltıcı önlemler

MADDE 57 – (1) Sıvılaşma potansiyeli yüksek olan bir zeminde sıvılaşma riskini azaltabilmek için yerine ve durumuna göre çimento veya kireç ile stabilizasyon, kazık çakılarak temel yüklerinin sıvılaşma potansiyeli olmayan zemin tabakalarına aktarılması, taş ve kum kazıklar ile stabilizasyon, vibroflotasyon, yüzeyel veya dinamik kompaksiyon gibi önlemlerden biri veya birkaçı bir arada uygulanmalıdır.

DOKUZUNCU KISIM

Çığ ve Kaya Düşmesinden Korunma

Alınması gerekli tedbirler ve dikkat edilecek kriterler

MADDE 58 – (1) Karayolu inşaatının yapıldığı ve yapılacağı bir arazide yolu oluşturan unsurların (yol gövdesi, köprüler, tüneller ve diğer sanat yapıları) çığ afetine karşı korunması için alınması gereken tedbirler ve yeni yapılacak yollarda dikkat edilmesi gereken ölçütler aşağıdadır.

a) Topografik açıdan rakımı 1000 metre ve üzerinde olan 35 dereceden daha dik açığa sahip, rüzgar altı olan çıplak yamaçlarda çığ önleme ve azaltma teknikleri uygulanacaktır.

b) Çığdan korunma çalışmalarının ilk basamağı olarak haritalama yapılacaktır. Çığ risk haritalarıyla, çığın sahip olduğu fiziksel özelliklere bağlı olarak, çığın etkilediği alanlardaki yapılara önleyici kurallar ve sınırlamalar getirecektir.

c) Çığ haritaları çığ alanlarını gösteren topografik bazı haritalardır. Bu haritalarda olmuş ve olası çığ alanları, akma hatları ve çığ önlem yapıları işaretlenecektir. Çığın meydana geldiği veya gelebileceği tespit edilen bu alanlar, hava fotoğrafı ve uydu görüntüleri yorumları ile arazi gözlemlerinin, yerel halktan edinilen bilgiler ışığında hazırlanan "çığ anket formları" ile beraber değerlendirilmeleri sonucu belirlenecektir.

ç) Çığ haritalarının yapımında kullanılan hava fotoğraflarının ölçeği 1/25000 ile 1/35000 arasında değişirken, altlık olarak kullanılan topografik haritaların ölçeği 1/25000'dir. Tüm bu çalışmaların ışığında elde edilen veriler harita üzerine işlendikten sonra, bütün bilgiler coğrafi bilgi sistemi (CBS) kullanılarak sorgulanmak ve istenilen ölçekte basılmak üzere bilgisayar ortamına aktarılır. Çığ haritalarının hazırlanmasından sonra büyük ölçekte (1/5000 veya daha büyük) çığ risk haritaları o bölge için hazırlanacaktır.

d) Çığ risk haritalarındaki sınırlara karar verilirken; çığın tekrarlama periyodu, çarpma basınçları, çığ patikalarının (çığ akış hattı) genişleme ihtimali, yeni çığ patikalarının oluşma olasılığı ve çalışmanın yapıldığı bölgede yaşayan insanlar ile yapılan görüşmeler esas alınacaktır.

e) Çığ risk haritalarında çığdan etkilenme derecelerine bağlı olarak riskli alanlar 4 farklı renk ile gösterilmektedir.

1) Kırmızı: Çığın dönüşüm periyodunun 30 yıldan daha az ve çarpma basıncının 30 ton/m²'den fazla olduğu yerlerdir. Bu yerlerde herhangi bir bina veya yapının inşa edilmesi yasaklanmıştır.

2) Mavi: Dönüşüm periyodunun 30 ile 300 yıl arasında olduğu ve çarpma basıncı 3 ton/m²'nin altında olan yerlerdir. Bu bölgedeki yapılara ancak ilave teknik önlemler ve inşa teknikleri kullanıldığında sınırlı olarak izin verilmektedir.

3) Beyaz: Güvenli alanlardır. Herhangi bir çığ tehlikesi yoktur. Her türlü yapılaşmaya kanunlar çerçevesinde açıktır.

4) Turuncu: Çığ dışındaki diğer afetleri (kaya düşmesi, sel, heyelan) temsil etmektedir. Bu afetlerin etki alanları genel hatları ile çizilmekte ve konunun uzmanlarına referans bilgi olma özelliği taşımaktadır.

Çığ riski olan yerlerde uyulması gereken kurallar

MADDE 59 – (1) Çığ riski olan bölgelerde, arazi kullanımında, yolların inşasında ve korunma yapılarında uygulanması gereken kurallar aşağıdadır.

a) Çığ akış hızları, akış yükseklikleri ve durma mesafeleri kullanılan modeller yardımıyla hesaplanacaktır.

b) Yapılaşma için kritik değer olan çığ çarpma basıncının sınırı 30 kPa/m²'lik (kilo paskal) olarak saptanacaktır. Seçilen noktalarda hali hazırda bulunan yapılara veya yapılması öngörülen önlem yapılarına (saptırma duvarı, tünel, çığ barajları, istinat duvarı vb.) gelen dinamik basınç ve kuvvetler, hesaplar yöntemiyle tahmin edilmektedir.

c) Tüm hesaplamalar akımmiktartının tahminine dayanmalıdır.

(2) Modellerle hesap yöntemi; durma bölgesinde yer alan herhangi bir yapıya gelecek olan basınç, kesme kuvveti, tasarlanan durdurma yapılarının kar yüzeyinden itibaren olması gereken yükseklikleri vb. çığ önleme yapıları ve yapılaşmada uygulanması gerekli kurallar ortaya konacak olup, bu hesaplamalar tahmine dayanan kabullerle oluşturulan parametrelerin kullanımıyla yapılacaktır.

(3) Bu modellerin yardımı ile yapılaşma yasağı uygulanacak veya uygun inşaat teknikleri ile yapılaşmaya açık bırakılacak alanların zonlanması çığların tekrarlama periyotları göz önüne alınarak (Ek-10 Şekil-1)'deki gibi yapılacaktır.

Çığ riski olan bölgelerde yapılacak yollarda dikkat edilmesi gereken ölçütler

MADDE 60 – (1) Çığ riski olan bölgelerde yapılacak yollarda dikkat edilmesi gereken ölçütler aşağıdadır.

a) Yolların, çığların durma mesafesinin dışından geçmesi için gerekli titizlik gösterilmelidir. Yolun çığın akış hattının üstünde olması halinde ve kısa yamaçların olduğu yerlerde, yol dolgu gövdesi yükseltilmiş olmalıdır.

b) Sürekli çığ olaylarına neden olabileceği düşünülerek yolların uzun ve dik yamaçlardan geçirilmemesine dikkat edilmelidir.

c) Yolu etkileyen çığlar küçük ise (kısa yamaçlardan geliyorsa) yolun çığın geldiği tarafına geniş ve derin hendekler açılmalıdır.

ç) Eğer gelen çığlar büyük ise ve yolun güzergahında da değişiklik yapmak mümkün değilse, birkaç çeşit çığ önlem türü beraber kullanılmalıdır.

Karayolunda kaya düşmesi, şev kayması ve erozyona karşı alınması gereken önlemler

MADDE 61 – (1) Karayolunda kaya düşmesi, şev kayması ve erozyona karşı alınması gereken önlemler aşağıdadır.

a) Yama ve dolgu şevleri topografyaya uyacak şekilde mümkün olduğunca yatırımlı ve yuvarlatılmalıdır.

b) Kaya düşmesi, şev kayması ve erozyona karşı şev yüzeylerinin bitki örtüsü ile kaplanması sağlanmalıdır.

c) Şev eteği altına düşme ve kaymaları tutacak, istinat duvarı, iksa, çelik tel kafes yapıları gibi tutucu yapılar teşkil edilmelidir.

ç) Zemin cinsi kademelendirme yapmaya uygun şevlerde proje kriterlerine göre kademelendirmeler yapılmalıdır.

d) Çok dik ve yüksek şevlerde kaya düşmesi ve şev kopmalarını önlemek için çelik ankrajlarla güçlendirilen tel ağlar kullanılmalıdır.

e) Kayalık şevlerde, şev yüzeyine beton püskürtmek suretiyle kaplama yapılmalıdır.

Ekleri için [tıklayınız](#)