



**KARAYOLU KÖPRÜ ONARIMI VE YENİLEMELERİ İÇİN YENİ BİR
UZMAN SİSTEM YAKLAŞIMI**

Onur ŞENER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KASIM 2014

Onur ŞENER tarafından hazırlanan “Karayolu Köprü Onarımı ve Yenilemeleri İçin Yeni Bir Uzman Sistem Yaklaşımı” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hikmet BAYIRTEPE

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Murat GÜLER

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, ODTÜ

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Prof. Dr. Özgür ANIL

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 17/11/2014

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Onur ŞENER

17/11/2014

KARAYOLU KÖPRÜ ONARIMI VE YENİLEMELERİ İÇİN YENİ BİR UZMAN
SİSTEM YAKLAŞIMI
(Yüksek Lisans Tezi)

Onur ŞENER

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kasım 2014

ÖZET

Ulaşım sistemlerinde hizmet seviyesi ve güvenliğin azami seviyede tutulması ve sistem bileşenlerinin ömrü ile paralel oluşabilecek aksaklıkların en aza indirgenmesi için özellikle kara ulaşım sisteminin önemli bir yapısal bileşeni olan köprülerin düzenli bakım onarımı önem taşımaktadır. Köprüler; statik, dinamik ve sismik yükler altında fonksiyonlarını yerine getirdiğinden köprülerle ilgili değerlendirmelerde, durum değerlendirmesi yanında sismik performans değerlendirmesi de yapılmalıdır. Bu her iki değerlendirmeye göre derecelendirme ve önceliklendirme yapılarak bakım onarım faaliyetlerinin planlanması ve programlanması sağlanmalıdır. Bunun için etkin bir Köprü Yönetim Sistemi(KYS) gerekmektedir. Bu çalışmada; gelişmiş ülkelerin köprü bakım onarımı için kullanmakta olduğu KYS esasları bazında Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından uygulanmakta olan ulusal KYS sistemi irdelenerek, eklenmesinde fayda görülen, köprülerin sismik değerlendirilmesinde hem verilerin derlenmesi için yeni bir “Köprü Sismik Envanter Bilgi Formu” oluşturulmuş hem de bu verilerin analizleri ile sismik hassasiyetin belirlenmesi, derecelendirilmesi ve önceliklendirilmesi için yeni bir uzman sistem geliştirilmeye çalışılmıştır. Geliştirilen bu uzman sistem yardımıyla farklı özelliklerdeki 10 köprü analiz edilerek belirlenen farklı durumlar değerlendirilmiştir. Analizler sonucunda, özellikle oturma genişliği mesafesi veya mesnet davranışının köprü sismik hassasiyetini ciddi oranda etkilediği görülmektedir. Bu nedenle oturma genişliğinin tespitine dikkat olunmalı ve mesnedin davranışı bu konuda uzman Teknik Elemanlar tarafından belirlenmelidir. Her iki derecelendirme işlemlerini yapacak kişilerin; köprülerin bakım-onarımı konusunda gerekli eğitimleri almış ve mühendislik prensiplerine hakim, yapısal elemanın davranışını bilen, yapı-zemin etkileşimi, geoteknik ve sismik konularda bilgili kişiler olması gerekmektedir. Bunu sağlayabilmek KYS doğru yönlendirebilmek ve dolayısıyla etkin bakım-onarım faaliyeti gerçekleştirebilmek için oldukça önemlidir.

Bilim Kodu : 911.1.134
Anahtar Kelimeler : Köprü, Bakım, Onarım, Yenileme, Sismik hassasiyet, Uzman sistemler
Sayfa Adedi : 81
Danışman : Yrd. Doç. Dr. Hikmet BAYIRTEPE

A NEW EXPERT SYSTEM APPROACHING FOR HIGHWAY BRIDGE REPAIR AND REHABILITATION

(M.Sc. Thesis)

Onur ŞENER

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

November 2014

ABSTRACT

In transportation system to keep the maximum level of service and safety and to minimize the disruption that may occur in parallel with the life of system is important that bridge regular maintenance and repair. Bridges are performed for static, dynamic and seismic loading; so the evaluation of bridges should be done for both of conditional rating and seismic rating. The planning and programming of activities for bridges should be provided according to ratings and priority. For regular maintenance and repair of bridge, the Bridge Management System(BMS) is needed. In this study, the principles of Bridge Management System that is used for bridge maintenance by developed countries and the “Bridge Seismic Inventory Data Form” is created to determine the bridge seismic vulnerability. A new expert system for rating and determining priority of bridges is trying to developed. The ten bridges that have different characteristics were analysed with help of this expert system. As a result of analysis, especially seat width and behaviour of bearing seems to affect significantly the seismic vulnerability of bridge. Because of this, seat-width should be determined very carefully and the type (degrees of freedom) of the bearing should be determined by a team of specialists. The team of specialists, who will be doing the grading, should be well trained on bridge maintenance and repair, should have comprehensive knowledge of engineering principles, behavior of the structural elements, ground-structure interaction and seismic effects on structures. To provide that conditions for directed of BMS accurately and an effective repair – maintenance activity, is very important.

Science Code : 911.1.134

Key Words : Bridge, Maintenance, Repair, Rehabilitation, Seismic
vulnerability, Expert systems

Page Number : 81

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Hikmet BAYIRTEPE

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresinde başlangıcından sonuna kadar gerekli bütün yardım, tavsiye ve yönlendirmeleri ile bana yol gösteren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Hikmet BAYIRTEPE' ye en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KÖPRÜ BAKIM ONARIMI.....	5
2.1. Köprü Mühendisliğine Genel Bir Bakış.....	5
2.1.1. Köprü bakımının tarihine genel bir bakış	6
2.1.2. Önerilen iyileştirme sürecinin tanımı	7
2.2. Gelişmiş Ülkelerdeki Köprü Yönetim Sistemi.....	8
2.2.1. Gözlem amacı.....	9
2.3. Köprü Muayenesi.....	10
2.3.1. Köprü muayenesinin esasları	10
2.3.2. Muayene türleri ve sıklığı	12
2.3.3. Muayene ve yapısal değerlendirme yapılacak köprü elemanları	15
2.4. Köprü Elemanlarının Yapısal Durum Derecelendirilmesi.....	16
2.4.1. Üst yapı elemanlarının durum derecelendirilmesi.....	16
2.4.2. Köprü ayaklarının durum derecelendirilmesi.....	21
2.5. Sismik Durum Derecelendirmesi.....	22
2.5.1. Sismik Performans Esasları.....	25

2.5.2. Sismik Risk Seviyesi	27
2.5.3. Performansa Dayalı Sismik Güçlendirme Kategorileri	29
2.5.4. Sismik Derecelendirme Metotları.....	30
2.6. Köprü Muayenesinde Yapılan Testler	38
2.6.1. Gözle inceleme	38
2.6.2. Sesle incelemeler	39
2.7. KGM Köprü Muayenesi El Kitabının İrdelenmesi.....	40
3. KARAYOLU KÖPRÜ ONARIMI VE YENİLEMELERİ İÇİN YENİ BİR UZMAN SİSTEM YAKLAŞIMI.....	43
3.1. Muayene İşlemi	43
3.1.1. Köprü sismik envanter bilgi formuna genel kavramsal yaklaşım	45
3.2. Derecelendirme İşlemi	52
3.2.1. Yapısal durum derecelendirilmesi	53
3.2.2. Sismik durum derecelendirmesi	54
3.3. Önceliklendirme İşlemi.....	55
4. PERFORMANSA DAYALI SİSMİK GÜÇLENDİRME KATEGORİLERİ, SİSMİK DERECELENDİRME VE ÖNCELİKLENDİRME.....	57
4.1. Veriler	57
4.2. Örnek Uygulama.....	57
5. SONUÇ, DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER	63
5.1. İrdelemelere İlişkin Olarak.....	63
5.2. Ulusal KYS İçeriğine İlişkin Olarak.....	64
5.3. Muayeneye İlişkin Olarak	65
5.4. Derecelendirmeye İlişkin Olarak.....	65

5.5. Önceliklendirmeye İlişkin Olarak.....	66
KAYNAKLAR.....	68
EKLER	69
EK-1. Köprü sismik envanter bilgi formu örneği.....	70
EK-2. Köprü-1 sismik envanter bilgi formu	71
EK-3. Köprü-2 sismik envanter bilgi formu	72
EK-4. Köprü-3 sismik envanter bilgi formu	73
EK-5. Köprü-4 sismik envanter bilgi formu	74
EK-6. Köprü-5 sismik envanter bilgi formu	75
EK-7. Köprü-6 sismik envanter bilgi formu	76
EK-8. Köprü-7 sismik envanter bilgi formu	77
EK-9. Köprü-8 sismik envanter bilgi formu	78
EK-10. Köprü-9 sismik envanter bilgi formu	79
EK-11. Köprü-10 sismik envanter bilgi formu.....	80
ÖZGEÇMİŞ	81

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Muayene türleri ve sıklığı	12
Çizelge 2.2. Durum derecelendirme tablosu	16
Çizelge 2.3. Aşınma yüzeyinin durum derecelendirmesi.....	17
Çizelge 2.4 Korkulukların durum derecelendirmesi	18
Çizelge 2.5 Döşeme derzlerinin durum derecelendirmesi.....	19
Çizelge 2.6 Mesnetlerin derecelendirilmesi	20
Çizelge 2.7 Alt yapı elemanlarının derecelendirilmesi	21
Çizelge 2.8. Durum derecesine göre yapılabilecek faaliyetler	22
Çizelge 2.9. Performans seviyelerinin tanımı.....	25
Çizelge 2.10. Servis ömrü kategorileri.....	26
Çizelge 2.11. Güçlendirilen Köprüler İçin Minimum Performans Seviyeleri.....	27
Çizelge 2.12. Kısa periyod(0.2s) zemin katsayısı, F_a	28
Çizelge 2.13. Uzun periyod(1.0s) zemin katsayısı, F_v	28
Çizelge 2.14. Sismik risk seviyesi	29
Çizelge 2.15. Performansa Dayalı Sismik Güçlendirme Kategorileri	29
Çizelge 2.16. Hassaslık azaltma faktörü	35
Çizelge 2.17 Kenar ayak dolgusu oturmasının tahmini	36
Çizelge 2.18 Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi	37
Çizelge 2.19 Sıvılaşma hassaslık derecesinin belirlenmesi.....	37
Çizelge 3.1. Muayene türleri ve sıklığı	45
Çizelge 3.2. Çatlak genişliğine göre durum derecesi (10 dereceli sistem).....	53

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.3. Çatlak genişliğine göre durum derecesi (4 dereceli sistem)	54
Çizelge 3.4. Ön germeli beton kiriş için çatlak genişliğine göre durum derecesi (10 dereceli sistem)	54
Çizelge 3.5. Ön germeli beton kiriş için çatlak genişliğine göre durum derecesi (4 dereceli sistem)	54
Çizelge 4.1. Köprü gruplarının sismik envanter bilgileri	58
Çizelge 4.2. Köprü gruplarının sismik hassasiyet dereceleri	62
Çizelge 4.3. Köprü gruplarının önceliklendirilmesi	62

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Betonarme köprü bölüm ve elemanları.....	6
Şekil 2.2. Köprü yönetim sisteminin temel unsurları.....	8
Şekil 2.3. Köprü muayenesinin sınıflandırılması.....	13
Şekil 2.4. Köprü muayene elemanları	15
Şekil 2.5. Karayolu köprüleri için güçlendirme süreci.....	24
Şekil 2.6. Sismik güçlendirme kategorisinin belirlenmesi	30
Şekil 2.7. Köprü derecesinin hesaplanması.....	32
Şekil 2.8. İndisleri kullanarak sismik derecelendirme metodu akış şeması	33
Şekil 3.1 Uzman sistem yaklaşımı genel akım şeması.....	44
Şekil 3.2. Tasarım standardının belirlenmesi	46
Şekil 3.3. Geçiş tipinin belirlenmesi	47
Şekil 3.4. Köprü önem sınıfının belirlenmesi.....	47
Şekil 3.5. Köprünün yerleşiminin belirlenmesi	47
Şekil 3.6. Köprünün yapısal geometrisinin belirlenmesi	48
Şekil 3.7. Zemin sınıfının belirlenmesi	48
Şekil 3.8. Üst yapı tipinin belirlenmesi	49
Şekil 3.9. Mesnet tipinin belirlenmesi.....	50
Şekil 3.10. Mesnet durumunun belirlenmesi.....	50
Şekil 3.11. Mesnedin boyuna doğrultudaki davranışının belirlenmesi	50
Şekil 3.12. Mesnedin enine doğrultudaki davranışının belirlenmesi	50
Şekil 3.13. Kolon malzemesi ve tipinin belirlenmesi	51
Şekil 3.14. Orta ayak temel tipinin belirlenmesi	51
Şekil 3.15. Kenar ayak tipinin belirlenmesi	51

Şekil	Sayfa
Şekil 3.16. Kenar ayak temel tipinin belirlenmesi	51
Şekil 3.17. Bölge tipinin belirlenmesi.....	52
Şekil 3.18. Sıvılaşma hassaslığının belirlenmesi	52
Şekil 3.19. Kanat duvarının belirlenmesi	52

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
Fa	Tasarım spektrumu kısa periyod (0.2s) zemin katsayısı
Fv	Tasarım spektrumu uzun periyod (1.0s) zemin katsayısı
P	Öncelik indeksi
R	Köprü derecesi
S₁	Uzun periyod (1.0s) spektral ivme değeri
S_{D1}	Uzun periyod (1.0s) spektral ivme tasarım değeri
S_s	Kısa periyod (0.2s) spektral ivme değeri
S_{Ds}	Kısa periyod (0.2s) spektral ivme tasarım değeri
α	Verevililik açısı
B	Döşeme genişliği
F	Çerçeveleme faktörü
L_D	Köprü döşeme uzunluğu
L	Mevcut destek uzunluğu
N	Önerilen minimum destek uzunluğu
V	Köprü hassaslık derecesi
V_L	Mesnetlerde boyuna doğrultuda harekete bağlı hassasiyet
V_T	Mesnetlerde enine doğrultuda harekete bağlı hassasiyet

Kısaltmalar**Açıklama**

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation
ASL	Kalan Servis Ömrü
AVR	Kenar ayak Hassaslık Derecesi
CVR	Kolon Hassaslık Derecesi
FHWA	Federal Highway Administration
INDOT	Indiana Department of Transportation
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
KYS	Köprü Yönetim Sistemi
LRFD	Load and Resistance Factor Design
LVR	Sıvılaşma Hassasiyeti Derecesi
NBI	National Bridge Inventory
NBIS	National Bridge Inspection Standarts
NCHRP	National Cooperative Highway Research Program
PL	Performans Seviyesi
SHL	Sismik Risk Seviyesi
SPC	Sismik Performans Kategorisi
SRC	Sismik Güçlendirme Kategorisi
TCK	Türkiye Cumhuriyeti Karayolları
NDT	Non-Destructive Test
PDT	Partially Destructive Test
N	Derece uygulanabilir değil

1. GİRİŞ

Ülkemizde ulusal taşımacılık faaliyetleri ağırlıklı olarak karayolu ile yapılmaktadır. Karayolu, başlıca yol ve köprü olmak üzere birçok unsurun birleşmesinden meydana gelmektedir. Karayollarında hizmet yeteneğinin ve güvenliğin olası tüm şartlar altında sağlanabilmesi oldukça önemlidir.

Her koşulda karayolu ulaşımının arzu edilen hizmeti sunması, güvenliğin ve hizmet devamlılığının sağlanması, yol ve köprülerin düzenli bakım onarımını önemli ve hayati kılmaktadır.

Ülkemizde Devlet ve İl Yolları üzerinde Ocak 2013 itibariyle çeşitli tiplerde toplam uzunluğu yaklaşık 334 350 m olan 6 981 adet köprü bulunmaktadır. Bu köprülerden betonarme köprü sayısı 6 674 olup, toplam uzunluğu 318 805 metre'dir. Ön germe tipi köprülerin sayısı ise 2 739, toplam uzunluğu 182 835 metredir [9]. Görüldüğü üzere ülkemizdeki köprülerin %95'ini betonarme köprüler, betonarme köprü toplam uzunluğu içinde %57 oranında ön germe tipi köprüler bulunmaktadır. Tüm karayolu köprüleri içindeki ağırlıklı veya yaygın kullanımı nedeniyle, bu çalışma betonarme köprülere odaklanmaktadır.

Köprülerin bakımı, onarımı ve yenilenmesi ile ilgili karar verme işlemi, düzenli bir izleme süreci gerektirmektedir. Gelişmiş ülkelerde, bu sürece yönelik Köprü Yönetim Sistemi (KYS) oluşturulmuş ve halen geliştirilmektedir. Ülkemizde ise Köprü Yönetim Sistemi oluşturmak için 2009 yılında TÜBİTAK bünyesindeki Kamu Araştırmaları Grubu (KAMAG) tarafından desteklenen "T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü Köprü Yönetim Sisteminin Geliştirilmesi" adı ile bir AR-GE projesi başlatılarak 2012 yılında tamamlanmıştır.

Köprü Yönetim Sisteminin temel işlevi, köprülerin bakım ve yönetiminden sorumlu kurumun sahip olduğu bütçe ve kaynak miktarları göz önüne alınarak, köprülerin bakım, onarım ve yenileme maliyetlerini köprülerin yaşamı boyunca optimum seviyede tutmak, köprülerin güvenliğini, yeterliliğini ve hizmet kalitesini sürekli şekilde temin etmek ve bakım ve onarıma yönelik uygulamaların belirlenmesini sağlamaktır. Köprü Yönetim

Sistemleri, yetersiz bakım uygulamaları sebebiyle çok sayıda köprü bakım onarım ihtiyacının birden ortaya çıkmasını veya yığılmasını önlemeyi ve bakım-onarım eksikliği nedeniyle köprü güvenliğinin tehdit edici seviyelere ulaşmasını engellemeyi sağlamaktadırlar [1].

Gelişmiş ülkelerde Köprü Yönetim Sistemi eyaletlere bağlı kurum veya kuruluşlar aracılığı ile yürütülmekte iken ülkemizde geliştirilmekte olan Köprü Yönetim Sisteminin Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmesi planlanmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında; gelişmiş ülkelerde mevcut Köprü Yönetim Sistemini oluşturan unsurlar incelenmekte, bakım onarım faaliyetleri için karar verme işleminin en önemli aşaması halindeki köprü muayenesi ve muayene türleri özetlenmekte ve muayene sonucunda köprü elemanlarının durumlarını tanımlayan durum dereceleri ile bir köprünün sismik kuvvetlere karşı hassasiyetini niteleyen sismik hassasiyet derecesinin belirlenmesi irdelenmektedir. Ayrıca, gelişmiş ülkelerde kullanılan envanter formları irdelenerek köprülerin performansa dayalı analizleri sonucunda sismik hassasiyet derecesinin belirlenmesi için gerekli verileri içeren öneri bir “ Köprü Sismik Envanter Bilgi Formu” oluşturulmuştur.

Tez kapsamında köprülerin performansa dayalı sismik güçlendirme kategorilerinin belirlenmesi ve sismik hassasiyet derecesinin tespiti ile ilgili mevcut köprülerin büyük bir kısmını niteleyebilmek veya benzetim imkanı sağlamak amacıyla ülkemizin farklı bölgelerinde yer alan 10 farklı özellikteki köprüler seçilerek, geliştirilen uzman sistem yaklaşımı uygulanmakta ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmektedir.

Ancak köprü durum derecelendirmesinde, gelişmiş ülkelerde kullanılan Ulusal Köprü Gözlemlene Standardı (NBIS) ile ülkemizde kullanılan Köprü Muayenesi El Kitabına uygun bir derecelendirme yapılarak oluşan farkların tespiti ve değerlendirilmesi amaçlanmış ise de, NBIS uygulamasında gerekli verilerin ülkemiz genelinde ve irdelenen köprüleri için temin edilememesi nedeniyle gerçekleştirilememiştir.

Tezin ikinci bölümünde; köprü mühendisliği genel olarak tanıtılarak, gelişmiş ülkelerde kullanılan Köprü Yönetim Sistemini oluşturan unsurlar ve amaçları ile muayene türleri ve içeriği açıklanmaktadır. Ayrıca NBIS derecelendirme sistemi kullanılarak köprü

elemanlarının yapısal durum derecelendirilmesi için esaslar belirtilmekte ve ulusal KYS sistemi irdelenmektedir. Yine bu bölümde, köprülerde yapısal durum derecelendirilmesi ile beraber uygulanması önerilen sismik durum derecelendirilmesi açıklanmaktadır.

Üçüncü bölümde; tez çalışması kapsamında irdelenen hususlara dayalı olarak ulusal KYS sisteminin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için muayene, derecelendirme ve önceliklendirme işlemlerine ilişkin öneriler bulunmaktadır. Ayrıca yeni bir uzman sistem yaklaşımı ile geliştirilmeye çalışan “Köprü Sismik Envanter Bilgi Formunun” içeriği, bu bölümde detaylı bir şekilde açıklanmaktadır.

Dördüncü bölümde; çalışma kapsamında KGM tarafından derlenen köprü envanterleri irdelenerek 10 farklı kategori veya grupta sınıflandırılmış, sismik durum derecelendirme hesabı için bir tanesi örnek uygulama olmak ve detaylarıyla verilmek suretiyle tüm kategori veya gruplar için elde edilen sismik derecelendirme sonuçları ve önceliklendirmeler belirlenmekte ve sunulmaktadır.

Beşinci bölümde ise; gelişmiş ülkelerde kullanılmakta olan KYS ile ulusal KYS arasındaki farklılıklar belirlenmekte ve etkin bir ulusal KYS için geliştirilen öneriler sunulmaktadır. Ayrıca, geliştirilmeye çalışılan yeni uzman sistem yaklaşımı ile analiz edilen 10 farklı kategorideki köprülerin durumu, derecelendirilmesi ve önceliklendirilmesi ile ilgili detaylı değerlendirme ve öneriler yer almaktadır.

2. KÖPRÜ BAKIM ONARIMI

Bu bölümde başlıca gelişmiş ülkelerdeki KYS'nin irdelenmesi, köprülerin muayenesi ve derecelendirilmesi anlatılmaktadır.

2.1. Köprü Mühendisliğine Genel Bir Bakış

Köprü mühendisliği, mimariyi de içeren birçok bilim dalı ile ilişkilidir. Bu çeşitli bilim dalları; doğanın kimyası ve endüstriyel malzemeler, kompozitler, metalurji, yapısal mekanik, statik, dinamik, istatistik, olasılık teorileri, hidrolik ve zemin bilimleri hakkında bilgiye gereksinim duyar.

İyileştirme faaliyeti inşaat mühendisliği ana bilim dallarının birçoğunun birleşmesinden oluşur ve etkinlikleri projenin karmaşıklığına bağlıdır. Bu faaliyetler şunlardır;

- Kapsam, program ve bütçeyi içeren yönetim sınırları,
- Kamulaştırma,
- Arazi çalışması,
- Alt yapının yenilenmesi,
- Trafığın veya akarsu akışının korunması ve bakımı,
- Geçici işaretler, ışıklandırmalar, şeritler,
- Drenaj,
- Yaklaşımlar ve yürüme yolları,
- Geoteknik mühendisliği,
- Gözlem ve izleme,
- Çevresel kaygılar.

Köprülerde fiziksel konumun etkisi büyük önem taşımaktadır. Fiziksel konum etkilerine göre köprüler ise şu şekilde sınıflandırılır;

Karayolu köprüleri:

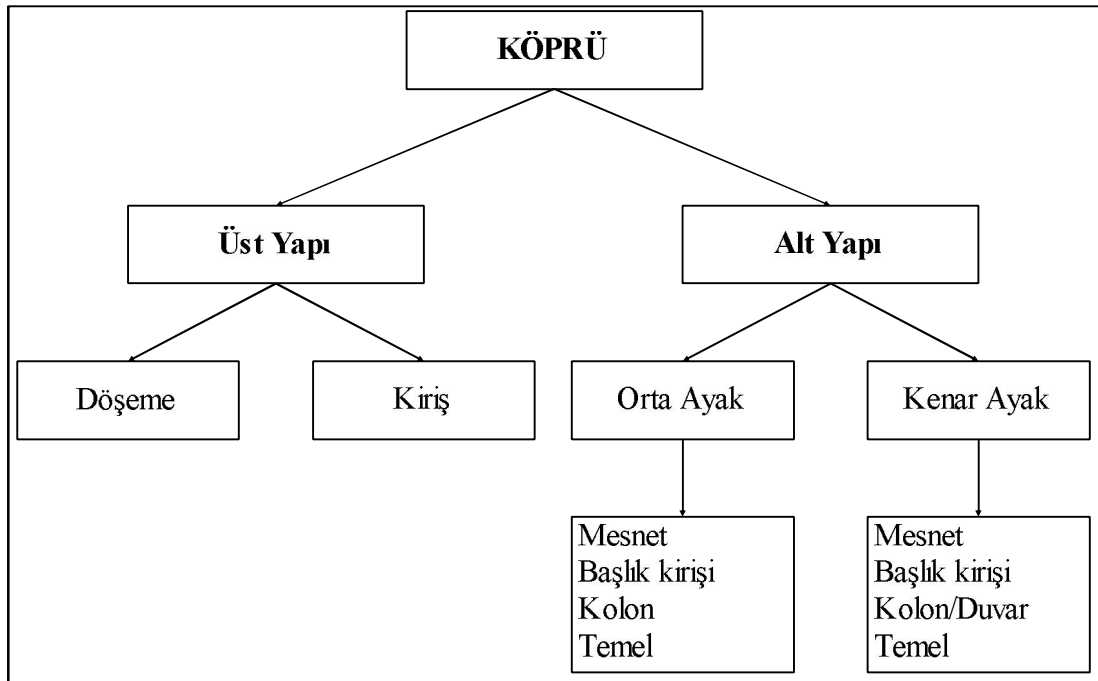
- Kavşak geçişi köprüleri,
- Vadi ve boğaz geçişi,

- Demiryolu geçişi,
- Düşük seviyedeki yolu daha yüksekteki yola bağlayan rampalar,
- Üst geçit, yonca yaprağı kavşaklar,
- Mevcut köprüye üçüncü seviye geçişi,

Su geçişi köprüleri:

- Küçük nehir geçişi köprüleri,
- Geniş nehir geçişi köprüleri,
- Bitişik adaları bağlayan kıyı köprüleri,
- Geniş nehirleri geçen yüzer köprüler.

Betonarme bir köprüyü oluşturan unsur, bölüm ve elemanlar Şekil 2.1’de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Betonarme köprü bölüm ve elemanları

2.1.1. Köprü bakımının tarihine genel bir bakış

Eski ve tarihi köprülerin bakımı için yapısal gelişimin eski teknolojiye yeni teknolojiye geçişini anlamak önemlidir. Geçmiş zamanda taş, kagir veya ahşap malzemeden yapılan kemer yapı kullanımı yaygındı. Daha sonra 1800’lü yılların ortaları boyunca metalürjinin

gelişimi daha yüksek kapasite de dökme demir ve dövme demir üretilmesini sağladı. Bol ağaçlıklı bölgeler dışında 1800'lü yılların sonunda ahşap köprüler popülerliğini hızlıca yitirdi.

Günümüzde dökme demir, dövme demir ve yüksek performanslı çeliklerle metal köprülerin başarısı devam etmektedir. Ayrıca donatılı ve ön germeli betonarme köprülerde, yüksek dereceli çelik çubuklar ve yüksek mukavemetli çelik teller kullanılmaktadır [2].

2.1.2. Önerilen iyileştirme sürecinin tanımı

Köprü muayene raporları tasarım mühendisinin gözü ve kulağıdır. Sahadan gelen veriler derecelendirme analiz programları ile değerlendirilmektedir. Genellikle FHWA derecelendirme esasları kullanılmaktadır. İyileştirme faaliyetinin tasarımları ve çizimleri hazırlanmadan önce tamir metotları ve maliyetlerinin alternatifleri çalışılmaktadır.

Güvenlik, kullanımın devamlılığı ve yıkılmanın önlenmesi, köprülerin tamiri ve iyileştirilmesi için başlıca nedenlerdir. Aşağıdaki konular da oldukça önemlidir:

- 1- Gelişen trafik şartları, geometri, görüş mesafesi, temiz açıklık,
- 2- Çevresel kaygılar,
- 3- Yük taşıma kapasitesinin artması,
- 4- Yetersizliklerin düzeltilmesi,
- 5- Gelecekteki muhtemel genişliğin sağlanması,
- 6- Minimum maliyet.

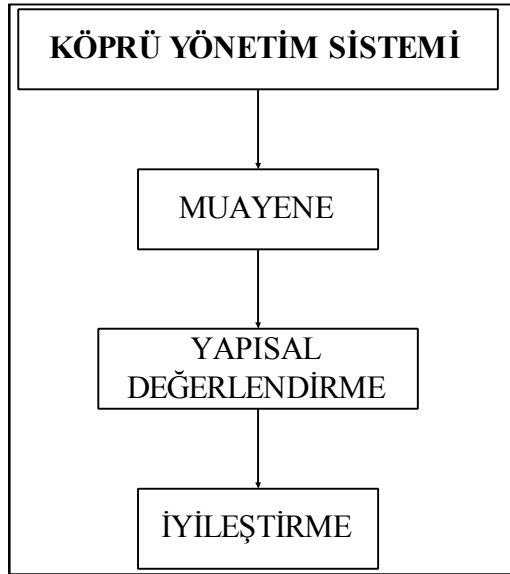
Tamir ve iyileştirmenin ne zaman yapılacağı muayene raporlarındaki öneriler takip edilerek belirlenmektedir. Acil tamirler ise genellikle kazadan ya da heyelan, deprem gibi afetlerden sonra gerekmektedir. Köprülerde tamir ve iyileştirme için en çok dikkat gerektiren elemanlar; kullanım ile aşındıklarından dolayı döşeme, döşeme derzleri ve mesnetlerdir. Alt yapı, deprem ve erozyon hariç, daha az tamire ihtiyaç duyar.

Askeri güzergâh, okul güzergâhı, yangın istasyonu ve hastane güzergâhında bulunan köprüler tamir ve iyileştirme için en öncelikli konumdadır [2].

2.2. Gelişmiş Ülkelerdeki Köprü Yönetim Sistemi

Bu bölümde gelişmiş ülkelerde köprülerin bakım onarımı için kullanılan yönetim sisteminin esasları anlatılmaktadır. Köprü yönetimi eski ve yeni, var olan bütün köprülere uygulanabilir. Köprü yönetimi teknik konuları olduğu kadar finansal ve sosyal konuları da içermektedir. Yönetimin amacı yetersizlikleri belirlemek ve onarım sırasında trafik güvenliğini sağlayarak köprü bakımını yapmaktır.

Köprü yönetimi genellikle çeşitli bölgelerdeki kuruluşların yapısal değerlendirme bölümleri tarafından idare edilmektedir. Köprü sayısı arttıkça köprü kontrolünün tek birim tarafından yürütülmesi imkânsızlaşmaktadır, bu nedenle gelişmiş ülkelerde Köprü Yönetim Sistemi müşavirin kontrol takımı ile yapılmaktadır ve başlıca muayene, yapısal değerlendirme ve iyileştirme adımlardan meydana gelmektedir ve akış diyagramı Şekil 2.2’de verilmektedir.



Şekil 2.2. Köprü yönetim sisteminin temel unsurları

Köprü yönetim sistemi, muayene ve değerlendirme işlemlerini şu şekilde uygulayarak kullanmaktadır:

- 1- Muayene,
- 2- Problemlerin, belirli incelemelerin ve köprü durumu verilerinin birleştirilmesi,
- 3- En uygun inceleme sıklığının belirlenmesi,

4- Oyulma, deprem, araç çarpması gibi durumların oluşturacağı hasarın ölçülmesi.

Köprü yönetim sistemi halen sadece görsel olarak elde edilen durum verilerini içermektedir. Birçok araştırmadan elde edilen veri değerlerinin, tahrip edici olmayan değerlendirmelerin sonuçlarıyla karşılaştırılması gerekmektedir [2].

2.2.1. Gözlem amacı

Köprülerin yönetimine yardımcı olan niceliksel veya niteliksel çok sayıda araç vardır. Köprü yönetiminin esas amacı en az maliyet ile güvenliği sağlamaktır. İnceleme, bakım ve onarım için bazı yöntemler vardır. Yapısal durumu gözlemlene, köprü yönetimine birçok açıdan yardım etmektedir, şöyle ki; inceleme maliyetlerini azaltırken, kaliteyi artırır, bakım onarım programının önceliğini belirler, bozulmaların tahmininin kesinliğini artırır ve karar verip uygulama sürecini geliştirir.

Gözlemlenmenin esas amacı; afet olaylarından(deprem, sel, patlama vb.) ya da uzun dönemdeki bozulmalardan dolayı oluşan yapısal hasarları kesin ve etkin bir şekilde saptamaktır.

Doğru zamanda doğru karar vermek oldukça önemlidir. Derecelendirme analizi, yapılabilirlik, güvenlik, estetik, gelecekteki bakım, inceleme süreci ve durum gözlemlene gibi konularda tanısıl amaçlar için incelemeye daha fazla kaynak ayrılmalıdır [2].

Köprülerde avan (ilk) risk değerlendirmesi şu çalışmaları içermektedir [2]:

1- Sahada genel incelemeler yapılması (Herhangi özel bir alet gerekli değildir)

Genel yerleşimin incelenmesi,

Alt döşeme ve üst döşeme özelliklerinin incelenmesi,

Her köprü için mevcut ulaşım yollarının incelenmesi.

2- Dokümanların toplanması ve değerlendirilmesi

Orijinal as-built planları ve uygulama çizimleri,

Bakım – Onarım planları,

Yıllık, iki yıllık ve özel köprü inceleme raporları,

Yük sınıflandırması,

Yorulma deęerlendirmeleri,
Yapısal modeller,
Uygulanabilir bütün raporlar ve malzemeler.

- 3- Trafik hacmi verilerinin toplanması ve değerlendirilmesi
Yıllık ortalama günlük trafik verileri (AADT),
Yıllık ortalama günlük ağır taşıt verileri (AADTT),
Her köprü için en yoğun (peak) kullanım süresi.
- 4- Her bir köprü için köprü yenileme maliyetlerinin toplanması ve değerlendirilmesi.
- 5- Her bir köprü için uygun aşırı yük analizinin uygulanması ve değerlendirilmesi.
- 6- Hassaslık derecelerine göre öncelięin belirlenmesi.

2.3. Köprü Muayenesi

Köprü muayenesi etkili bir bakım onarım sürecinin en önemli adımıdır. Bu bölümde köprü muayenesinin esasları anlatılmakta, muayenenin sınıflandırılması ve muayene elemanları belirtilmektedir.

2.3.1. Köprü muayenesinin esasları

Bu bölümde etkili bir muayene sonucu için bir muayenenin içeriği ve dikkat edilmesi gereken unsurlar detaylı olarak belirtilmeye çalışılmaktadır.

Saha incelemesi ve yapısal değerlendirme

Gözlemci; yapısal durum değerlendirmesinde, analitik tekniklerde, tasarım gerekliliklerinde, köprü elemanları, eşıtlı yüklerin uygulanması ve malzeme davranışı konularında iyi derecede bilgiye ve yeteneğe sahip olmalıdır.

Gözlemcinin görevi řu unsurları teŗhis etmek ve tanımlamaktır:

- 1- Her bir köprü yapısal sistemi için köprü elemanlarını ve yük aktarımını,
- 2- Köprü hareketli yüklerini,
- 3- Malzemelerin özelliklerini ve performansını,

- 4- Korozyon, çatlama ya da benzer nedenlerden dolayı oluşabilen; elastiklik, plastiklik ve kırılma modlarının temel kavramlarını,
- 5- Kafes bağlantılarındaki, döşeme bağlantılarındaki, mesnetlerdeki ve yaya korkuluklarındaki hassasiyeti,
- 6- Ulusal Köprü Gözlemleme Standardı (NBIS) tarafından şart koşulan öğelerin ve gerekliliklerin envanteri,
- 7- Onarım, iyileştirme ve yenileme maliyetleri.

Mühendislik incelemesi ve yapısal değerlendirme

Federal kurallar her köprünün periyodik olarak (normal şartlarda her 2 yılda) incelenmesini ve bulguların FHWA'ye rapor edilmesini gerektirir. Bu bilgiler köprünün mevcut durumunun karakterize edilmesini ve yapısal ve fonksiyonel eksikliklerinin tanımlanmasını sağlar [2].

Federal hükümetlerin incelemeler için oluşturdukları standartların başlıcaları; Ulusal Köprü Gözlemleme Standardı (NBIS) ve Köprü Gözlemcileri Referans Standardı (BIRM)'dır.

Gözlemler sonucunda mevcut yapılarda şu yetersizlikler bulunabilir:

- 1- Yapısal Yetersizlikler,
- 2- Yetersiz durumda döşeme, üst yapı ve alt yapı,
- 3- Düşük yapısal kapasitede kirişler,
- 4- Standartla uygun olmayan döşeme geometrisi, yatay ve düşey görüş mesafeleri,
- 5- Oyulma yetersizlikleri,
- 6- Sismik yetersizlikler.

Mühendis gözlem verilerini kullanarak şunları yapabilir:

- 1- Bozulmaların ön görülmesi,
- 2- Güvenliğin ve hizmet yeteneğinin geliştirilmesi,
- 3- Tasarrufların ve maliyetlerin tahmin edilmesi,
- 4- Sınırlı fonlarla programı en uygun hale getirmek,

- 5- Bakım gereklerinin tanımlanması,
- 6- Onarım ve iyileştirme stratejilerinin geliştirilmesi,
- 7- Fonksiyonel gelişmelerin planlanması,
- 8- Yenilemenin önerilmesi.

Köprülerin incelenmesinde genellikle şu adımlar gereklidir [2]:

- 1- Muayene,
- 2- Tanısal testler,
- 3- Hasar türlerinin değerlendirilmesi ve NBIS'e göre derecesinin belirlenmesi,
- 4- Önerilen onarımı ve yaklaşık maliyetini de içeren muayene raporunun hazırlanması,
- 5- Yapısal değerlendirme ve yük kapasitesinin bulunması, uygulama çizimlerinin hazırlanması,
- 6- İleri muayene tekniklerinin kullanılması,
- 7- İyileştirme çalışmaları için gerekli fonun onayının karayolu kuruluşundan alınması.

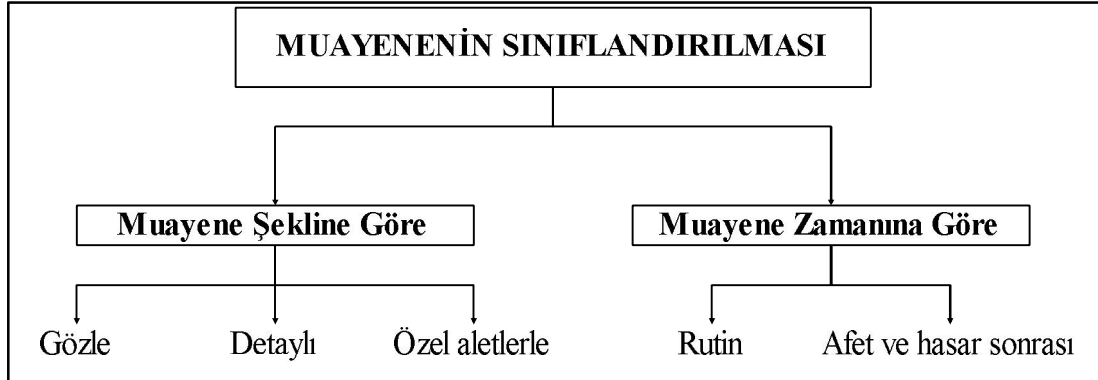
2.3.2. Muayene türleri ve sıklığı

Her biri belirli bilgileri elde etmekte kullanılan çeşitli muayene türleri vardır. Bunlar; ilk muayene, rutin muayene, kritik kırılma muayenesi, su altı muayenesi, özel muayene ve hasar muayeneleridir. İlk muayene yeni yapılan köprünün inşası bittikten sonra, köprünün projeye uygunluğunu belirlemek için yapılmaktadır. Rutin muayeneler, köprünün durumunu izlemek için en fazla 24 ay ara ile yapılmaktadır. Hasar muayeneleri ise çarpma, yangın, sel gibi olaylar sonucunda oluşan hasarı belirlemek için yapılmaktadır. Köprülerde uygulanan muayene türleri ve sıklığı Çizelge 2.1'de özetlenmektedir [3].

Çizelge 2.1. Muayene türleri ve sıklığı

Muayene Türleri ve Sıklığı	
Muayene Türü	Muayene Aralığı
İlk	Yapım ve büyük iyileştirme sonrasında
Rutin	24 ay
Su altı	60 ay
Özel	Gerektiğinde
Hasar	Gerektiğinde

Yapılış şekli ve zamanına göre muayene türlerinin sınıflandırılması Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3. Köprü muayenesinin sınıflandırılması

İlk Muayene

İlk muayene; yeni yapım veya büyük çaplı değişiklik veya iyileştirme sonrası köprünün projesine uygunluğunun kontrol edildiği bir referans muayenedir. Onaylı projesi aleyhine (varsa) oluşmuş herhangi bir eksik/yanlış/yetersizlik tespit edilmeli, çatlak, kırık, çökme, gibi bozulma şeklinde oluşmuş yapım hataları ile birlikte kayıt edilerek veri tabanına aktarılmalıdır.

İlk muayene şunları içermektedir:

- 1- Yapının geometrik bilgileri (SI&A sayfasının oluşturulması),
- 2- Köprünün bütün elemanlarının gözlemlenmesi ve değerlendirilmesi,
- 3- Köprünün alt yapı birimlerinde oyulmanın gözlemlenmesi,
- 4- Yapısal referans durumunun belirlenmesi ve değerlendirilmesi,
- 5- Mevcut problemlerin ve gelecekteki problem potansiyelinin tanımlanması,
- 6- Kritik kırılma elemanlarının veya detaylarının yerinin ve durumunun tanımlanması,
- 7- Özel muayene gereken elemanların veya detayların yerinin ve durumunun tanımlanması,
- 8- Su altı muayenesi gereken elemanların veya detayların yerinin ve durumunun tanımlanması,
- 9- Köprünün geometrik boyutlarının ve görüş mesafelerinin projeye uygunluğunun doğrulanması.

İlk muayene; yeni yapımlarda veya büyük rehabilitasyona uğramış köprülerde, köprü trafiğe açılmadan önce tamamlanmış olmalıdır.

Rutin muayene

Rutin muayene; köprünün fonksiyonel ve fiziksel durumunu belirlemek, bir önceki incelemede kaydedilen durumlardaki değişikliği tanımlamak için düzenli aralıklar ile yapılan muayenedir. Ayrıca rutin muayeneler köprünün bugünkü servis koşullarına uygunluğunun devamlılığını sağlar. Rutin muayeneler şunları içermelidir:

- 1- Mevcut problemlerin not edilmesi,
- 2- Kritik kırılma elemanlarının ya da detaylarının not edilmesi,
- 3- Özel muayene gereken detayların durumunun ve yerinin tanımlanması,
- 4- Köprünün her iki tarafından, köprü üzerindeki işaretlemeler görünebilecek ve okunaklı olacak şekilde köprü güzergâhının fotoğraflarının çekilmesi,
- 5- Köprü üst yapısının altından, detayları açıkça gösteren fotoğraflar çekilmesi,
- 6- Köprü alt yapısının fotoğraflarının çekilmesi,
- 7- Su geçişi köprülerinde memba tarafını gösteren en az bir fotoğrafın çekilmesi,
- 8- Su geçişi köprülerinde mansap tarafını gösteren en az bir fotoğrafın çekilmesi,
- 9- Eğer varsa, kritik kırılma elemanının ya da detayının en az bir fotoğrafının çekilmesi,
- 10- Özel muayene gerektiren herhangi bir detay varsa fotoğrafının çekilmesi,
- 11- Eğer varsa çarpışma hasarının fotoğrafının çekilmesi.

Köprüde döşeme, üst yapı ya da alt yapı 4 veya daha az olarak derecelendirildi ise rutin muayenelerin aralığı azaltılmalıdır. Bu köprülerde muayene aralığı en fazla 12 ay olmalıdır.

Özel muayene

Özel muayene köprünün bir bölümünün daha detaylı incelenmesinin gerektiği durumlarda planlanır. Özel muayene; rutin, hasar ya da ilk muayeneleri takiben yapılır. Özel incelemeler; rutin muayenelerden daha detaylı incelemelerin gerektiği yapılarda ve gözlemcinin gerek duyduğu aralıklarla yapılır. Özel muayenelere genellikle şu durumlarda gerek duyulur:

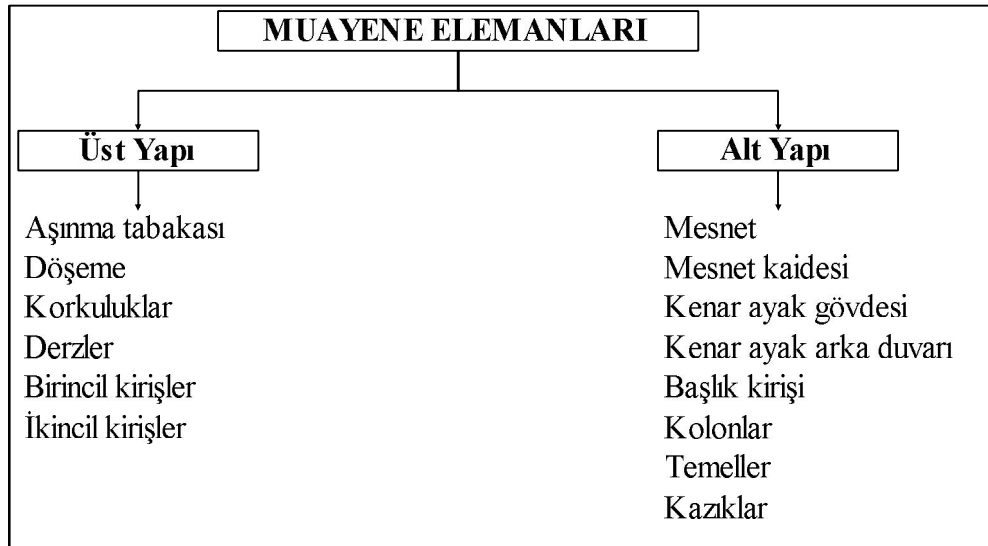
- 1- Çelik elemanlarda çatlaklar gözlemlendiğinde,
- 2- Ön germe ya da ard germe elemanlarda; çatlaklar, ayrılma ya da kesit kaybı gözlemlendiğinde,
- 3- Mesnetlerde donmadan şüphelenildiğinde.

Hasar muayenesi

Hasar muayenesi; çevresel faktörler ya da insan hareketleri sonucunda oluşan yapısal hasarları değerlendirmek için yapılan plansız muayenelerdir. Sel hasarı, yangın hasarı, araç çarpması gibi durumlar hasar muayenesi gerektiren olaylardır. Yük sınırlaması, köprünün tamamının ya da bir bölümünün trafiğe kapatılması gerekliliğinin belirlenmesi hasar muayenesi kapsamındadır.

2.3.3. Muayene ve yapısal değerlendirme yapılacak köprü elemanları

Köprülerde muayenesi ve yapısal değerlendirmesi yapılacak başlıca elemanlar Şekil 2.4'te verilmektedir.



Şekil 2.4. Köprü muayene elemanları

2.4. Köprü Elemanlarının Yapısal Durum Derecelendirilmesi

Köprü elemanlarının yapısal durumunu belirtmek için 10 farklı derece tanımlanmıştır. 0-9 aralığında değişen bu derecelendirme sisteminde durum derecesi 9'dan 0'a doğru gittikçe hasar miktarı artmaktadır. Köprü elemanlarının yapısal durum değerlendirilmesinde kullanılan dereceler ve tanımı Çizelge 2.2'de verilmektedir [4].

Çizelge 2.2. Durum derecelendirme tablosu

Durum Derecelendirme Tablosu	
Derece	Tanım
N	Uygulanabilir değil
9	Mükemmel
8	Çok iyi – not edilen hiç problem yok
7	İyi – bazı küçük problemler var
6	Yeterli – Yapısal elemanlarda bazı küçük bozulmalar var
5	Vasat – Birincil elemanların hepsi sağlam ama küçük çatlaklar, kesit kayıpları ve dökülmeler var
4	Yetersiz – Birincil yapısal elemanlarda ileri derecede kesit kayıpları, bozulmalar ve dökülmeler var
3	Tehlikeli – Kesit kayıpları, bozulmalar, dökülmeler veya oyulmalar birincil elemanları ciddi şekilde etkilemektedir, lokal kırılmalar muhtemeldir, betonda kesme kırılmaları gerçekleşebilir.
2	Kritik – Birincil yapısal elemanlarda ileri derecede bozulmalar, çelikte yorulma çatlakları ya da betonda kesme çatlakları var. Düzeltici faaliyetler yapılana kadar köprü trafiğe kapatılmalıdır.
1	Yakında yıkılma – Kritik yapısal elemanlarda büyük bozulmalar ve kesit kayıpları mevcut. Köprü trafiğe kapatılmalıdır.
0	Yıkılma – Hizmet dışı, düzeltici faaliyetlerin ötesinde

2.4.1. Üst yapı elemanlarının durum derecelendirilmesi

Bu bölümde köprü üst yapısına ait elemanların her biri için durum derecelendirme kıstasları belirtilmektedir.

Aşınma yüzeyinin muayenesi

Aşınma yüzeyi köprü döşemesine uygulanır ve araçların tekerleri ile doğrudan etkileşim halindedir. Aşınma yüzeyi köprü döşemesini korur ve daha düzgün bir sürüş yüzeyi sağlar. Muayenede dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda belirtilmiştir ve durum derecelendirme tablosu Çizelge 2.3'te verilmektedir.

Gözlemleme

- 1- Aşınma yüzeyi tipinin kaydedilmesi veya doğrulanması,
- 2- Aşınma yüzeyinin ortalama kalınlığının belirlenmesi,
- 3- Kullanılan malzemenin türüne bağlı olarak, genel bozulmaların belirlenmesi,
- 4- Asfalt aşınma yüzeylerinde; çatlaklar, tekerlek izi bozulmaları, parçalanma ve ayrışma için kontrol.

Çizelge 2.3. Aşınma yüzeyinin durum derecelendirmesi

Aşınma Yüzeyinin Derecelendirilmesi	
Derece	Durum
9	Aşınma yüzeyinin durumunu etkileyecek herhangi bir yetersizlik yok
8	0,8 mm genişliğinden daha az küçük çatlaklar var fakat herhangi bir dökülme, soyulma ya da yapraklanma yok
7	1,6 mm genişliğinden daha az açık çatlaklar 25 cm ya da daha fazla aralıklı, hafif soyulmalar var
6	1,6 mm genişliğinden daha büyük çatlaklar 12,5 cm ya da daha az aralıklı, 2% ya da daha az dökülen ya da yapraklanan alanlar, yüzeyde orta derecede (6,4mm - 13mm derinliğinde) soyulma var
5	Dökülme ya da yapraklanma yüzey alanının 2% - 10% aralığında, şiddetli soyulma, 13mm – 26mm derinliğinde, var
4	Dökülme ya da yapraklanma yüzey alanının 10% - 25% aralığında
3	Dökülme yüzey alanının 25%'den fazla
2	Acil yüzey tamirleri gerekli
1	N
0	N

Korkulukların muayenesi

Korkulukların muayenesinde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda belirtilmiştir ve durum derecelendirme tablosu Çizelge 2.4'te verilmektedir.

Gözlemleme

- 1- Korkuluğun tipinin kaydedilmesi ve kaplama durumunun belirlenmesi
- 2- Çarpışma hasarı, yatay ve düşey hizasızlık, gevşek bağlantılar ya da eksik bulonlar için kontrol
- 3- Bütün beton elemanların; çatlaklar, dökülmeler ve diğer bozulmalar için kontrolü
- 4- Bütün çelik elemanların; çatlaklar ve paslanma için kontrolü

Çizelge 2.4. Korkulukların durum derecelendirmesi

Korkulukların Derecelendirilmesi	
Derece	Durum
9	Göze çarpan bir aşınma, bozulma ya da çarpma hasarı yok
8	Küçük ve yüzeysel bir aşınma, bozulma ya da çarpma hasarı var
7	Beton elemanlarda 0,8 mm'den küçük kılcal çatlaklar ya da yüzeysel soyulmalar var ise; boyalı ya da galvanizli çelik elemanlarda küçük bozulmalar var
6	Beton elemanlarda 0,8 mm'den büyük kılcal çatlaklar, yüzey alanının 2%'den daha az dökülme ya da soyulma var ise; çelik elemanlarda kesit kaybı olmadan kaplamanın 2%'den daha az bir bozulma var
5	Beton elemanlarda orta derecede çatlaklar, yüzey alanının 5%'inden daha az dökülme ya da soyulma var ise; çelik elemanlarda kesit kaybı olmadan kaplamanın 5%'den daha az bir bozulma var
4	Beton elemanlarda ileri derecede çatlaklar, yüzey alanının 5%'inden daha fazla dökülme ya da soyulma var ise; çelik elemanlarda kesit kaybı ile kaplamanın 5%'den daha fazla bir bozulma var
3	Korkuluk elemanlarının çoğu bozulmalar gösteriyorsa ve/veya kesit kaybı var
2	Korkuluk elemanlarının çoğu bozulmalar gösteriyorsa ve/veya kesit kaybı var
1	N
0	N

Döşeme derzlerinin muayenesi

Döşeme derzleri sabit ve hareketli olmak üzere başlıca iki tiptir. Derzlerin en önemli işlevi ısı etkenlerinden dolayı oluşabilecek hareketleri sönmölemek ve/veya üst yapıdan alt yapıya su sızdırmazlığını sağlamaktır. Döşeme derzlerinin muayenesinde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda belirtilmiştir ve durum derecelendirme tablosu Çizelge 2.5'te verilmektedir.

Gözlemleme

- 1- Derz tipinin kaydedilmesi veya doğrulanması
- 2- Bütün derz tiplerinde su sızdırmazlığının kontrolü
- 3- Parmak derzlerde; parmakların oturma seviyesinin, çatlakların ve su sızdırmazlığının kontrolü
- 4- Kayar plakalarda; plakalarda çatlakların, su sızdırmazlığının ve pislik birikiminin kontrolü
- 5- Halkalı derzlerde; eksik veya gevşek ankraj bulonunun ve su sızdırmazlığının kontrolü

- 6- Bütün genleşme derzlerinde hareket serbestliğinin kontrolü ve derz aralığındaki en az açıklığın ve yerinin kaydedilmesi
- 7- Derz aralığının ölçüldüğündeki sıcaklığın kaydedilmesi

Çizelge 2.5. Döşeme derzlerinin durum derecelendirmesi

Döşeme Derzlerinin Derecelendirilmesi	
Derece	Durum
9	N
8	N
7	N
6	N
5	Derzlerin ankrajı iyi durumda ve su tutuculuğu tasarlandığı gibi
4	Genleşme derzi harekete izin vermiyor
3	Derzler yapısal elemanlarda ciddi bozukluklara neden oluyor
2	Derzler trafik için tehlikeye neden oluyor
1	N
0	N

Betonarme kirişlerin muayenesi

Kirişler birincil yapısal elemanlardır ve onların durumları köprünün bütünlüğü açısından çok önemlidir. Betonarme kirişlerin muayenesinde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda belirtilmiştir. Betonarme kirişler için durum derecelendirmesi üçüncü bölümde verilmektedir.

Gözlemleme

- 1- Bütün kirişler çatlaklar için incelenmelidir. Çatlakların büyüklükleri ve yerleri, gelecekteki karşılaştırmalar için not edilmelidir. Önemli yapısal çatlaklar işaretlenmeli ve tarihlenmelidir.
- 2- Trafik yüklemesi altında aşırı titreşimler ve eğilmeler not edilmelidir.
- 3- Özellikle mesnet bölgesinde, nizamsızlık, dökülmeler ve mafsallarda sapma miktarı kontrol edilmelidir.
- 4- Donatıların paslanması, döşeme drenajında veya derzinden gelecek nem sonucu oluşabilecek renk atmasının kontrol edilmesi.

Mesnetlerin muayenesi

Mesnetler, üst yapı yüklerini alt yapıya aktaracak ve üst yapının dönme hareketine izin verecek şekilde tasarlanırlar. Belirli mesnet tipleri sıcaklık değişimlerinden ve yükleme koşullarından dolayı oluşabilecek boyuna harekete izin verirler. Mesnetlerin muayenesinde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda belirtilmiştir ve durum derecelendirme tablosu Çizelge 2.6’da verilmektedir.

Gözlemleme

- 1- Bütün çelik elemanların; paslanma, kesilmiş bulonlar ve çatlamış kaynaklar için kontrolü
- 2- Mesnet parçalarında pislik birikiminin kontrolü
- 3- Temas yüzeylerinin ve oturumunun kontrolü
- 4- Elastomerik mesnetlerin köşeler boyunca çatlaklar, yırtılmalar ve şişkinlik (çıkıntı, bel verme) için kontrolü
- 5- Pin ve askı mesnetlerin bütün elemanlarının paslanma, çukurlaşma, yarıklar ve çatlaklar için dikkatlice incelenmesi
- 6- Trafik yükleri altında aşırı titreşim ve hareketin kontrolü
- 7- Mesnetin tipi kaydedilmeli veya doğrulanmalı

Çizelge 2.6. Mesnetlerin derecelendirilmesi

Mesnetlerin Derecelendirilmesi	
Derece	Durum
9	Mesnetlerde herhangi bir yetersizlik yok
8	Mesnetler iyi durumda
7	Mesnetler iyi durumda fakat kaplaması yetersiz
6	N
5	N
4	Mesnetlerin yeniden düzenlenmesi gerekiyor
3	Askılarda paslanma belirtileri var
2	Pin ve askı mesnetlerde, askı çatlağı var
1	Mesnet işlevini yerine getirmiyor
0	N

2.4.2. Köprü ayaklarının durum derecelendirilmesi

Alt yapı elemanlarına ait durum derecelendirmesi; kenar ayak ve orta ayakları içermektedir. Bu alt yapı elemanlarının durum derecelendirmeleri Çizelge 2.7’de özetlenmektedir.

Çizelge 2.7. Alt yapı elemanlarının derecelendirilmesi

Alt Yapı Elemanlarının Derecelendirilmesi	
Derece	Durum
9	Yapısal elemanlarda herhangi bir eksiklik yok
8	Bütün yapısal elemanlar sağlam ve tasarlandığı gibi fonksiyonel; yüzeysel çatlaklar, koruma kaplamasında bozulmalar ve/veya yapısal elemanlarda kir bulaşması var
7	Bütün elemanlar kesit özelliklerini koruyor ve küçük çatlaklar var
6	Bütün elemanlar kesit özelliklerini koruyor; küçük çatlaklar, soyulmalar, küçük seyrek dökülmeler ya da yüzeysel oyulmalar gibi yapısal elemanları etkileyen bazı bozulmalar var
5	Çatlak, soyulma, seyrek dökülmeler, küçük oturma ya da yüzeysel oyulma gibi yapısal elemanları etkileyen orta şiddette bozulmalar var ama bütün elemanlar işlevlerini tasarlandığı gibi yerine getiriyor
4	Çatlama, soyulma, seyrek dökülmeler, kısmi oturma ya da oyulma gibi yapısal elemanları etkileyen orta ileri derecede bozulmalar var ama bütün elemanlar işlevlerini tasarlandığı gibi yerine getiriyor
3	İleri derece bozulmalar yapısal elemanları etkilemektedir. Yapının yük sınırlaması, yapısal mühendislik desteği ya da acil onarımlar olmadan işlevini yerine getirip getiremeyeceğinin belirlenmesi için yapısal değerlendirme, hidrolik ve/veya yük analizi gereklidir. Gözlemlene sıklığını artırmak gereklidir
2	Bozulmalar yapının tasarım yüklerini taşıyamayacağı noktaya doğru ilerlemektedir. Acil onarımlar ya da geçici yapısal mühendislik destekleri gereklidir. Gözlemlene sıklığını artırmak gereklidir
1	Kenar ayak ya da orta ayak kırılmasından dolayı köprü trafiğe kapatılmalıdır ama düzeltici faaliyetlerden sonra tekrar servise açılabilir
0	N

Belirlenen durum derecesine göre yapılabilecek faaliyetler genel hatlarıyla Çizelge 2.8’de verilmektedir.

Çizelge 2.8. Durum derecesine göre yapılabilir faaliyetler

Durum Derecesine Göre Yapılabilir Faaliyetler		
Derece	Tanım	Genelde Uygulanan Faaliyet
9	Mükemmel	Koruyucu Bakım
8	Çok iyi – not edilen hiç problem yok	
7	İyi – bazı küçük problemler var	
6	Yeterli – Yapısal elemanlarda bazı küçük bozulmalar var	Koruyucu Bakım ve/veya Onarım
5	Vasat – Birincil elemanların hepsi sağlam ama küçük çatlaklar, kesit kayıpları ve dökülmeler var	
4	Yetersiz – Birincil yapısal elemanlarda ileri derecede kesit kayıpları, bozulmalar ve dökülmeler var	İyileştirme veya Yenisiyle Değiştirme
3	Tehlikeli – Kesit kayıpları, bozulmalar, dökülmeler veya oyulmalar birincil elemanları ciddi şekilde etkilemektedir, lokal kırılmalar muhtemeldir, betonda kesme kırılmaları gerçekleşebilir.	
2	Kritik – Birincil yapısal elemanlarda ileri derecede bozulmalar, çelikte yorulma çatlakları ya da betonda kesme çatlakları var. Düzeltici faaliyetler yapılana kadar köprü trafiğe kapatılmalıdır.	
1	Yakında yıkılma – Kritik yapısal elemanlarda büyük bozulmalar ve kesit kayıpları mevcut. Köprü trafiğe kapatılmalıdır.	
0	Yıkılma – Hizmet dışı, düzeltici faaliyetlerin ötesinde	

2.5. Sismik Durum Derecelendirmesi

Köprülerin sismik hassasiyetinin belirlenmesi, bir köprüden afet durumunda beklenen performans ve bu performansı sağlayacak güçlendirme işlemleri ile ilişkilidir ve bir bütündür.

Güçlendirme, riskleri azaltmanın en genel yöntemidir. Fakat her zaman etkili bir çözüm olmamaktadır çünkü bazı durumlarda köprünün bir kısmını veya tamamını trafiğe kapatıp güçlendirme işlemi yaptıktan sonra, yeni bir köprü yapmak daha uygun olabilmektedir. Ayrıca köprüye herhangi bir müdahalede bulunmayıp, oluşacak hasarın sonuçlarını kabullenmekte diğer olası bir seçenektir. Yapının önemi ve hassaslık derecesi dikkatle

değerlendirilerek yapılacak işlemin; güçlendirme, terk etme, yenisi ile değiştirme veya hiçbir işlem yapmama olmasına karar verilmektedir [7].

Bu tez kapsamında bir köprünün sismik hassasiyetinin hesaplanarak önceliklendirilmesi işleminin aşamaları anlatılmakta, değerlendirme ve güçlendirme metotları işlemlerine değinilmemektedir.

Karayolu köprülerinin sismik güçlendirilmesinde performansa dayalı tasarım kullanılmaktadır. Performansa dayalı tasarım; çeşitli önemdeki köprüler için farklı sismik risk seviyelerinde farklı performansların tahmin edilmesine olanak sağlar. Bir köprünün kalan servis ömrü 15 yıl veya daha az ise, geçici köprü ise veya köprü trafiğe tamamen kapalı ise o köprü için güçlendirme işlemi yapılmaz.

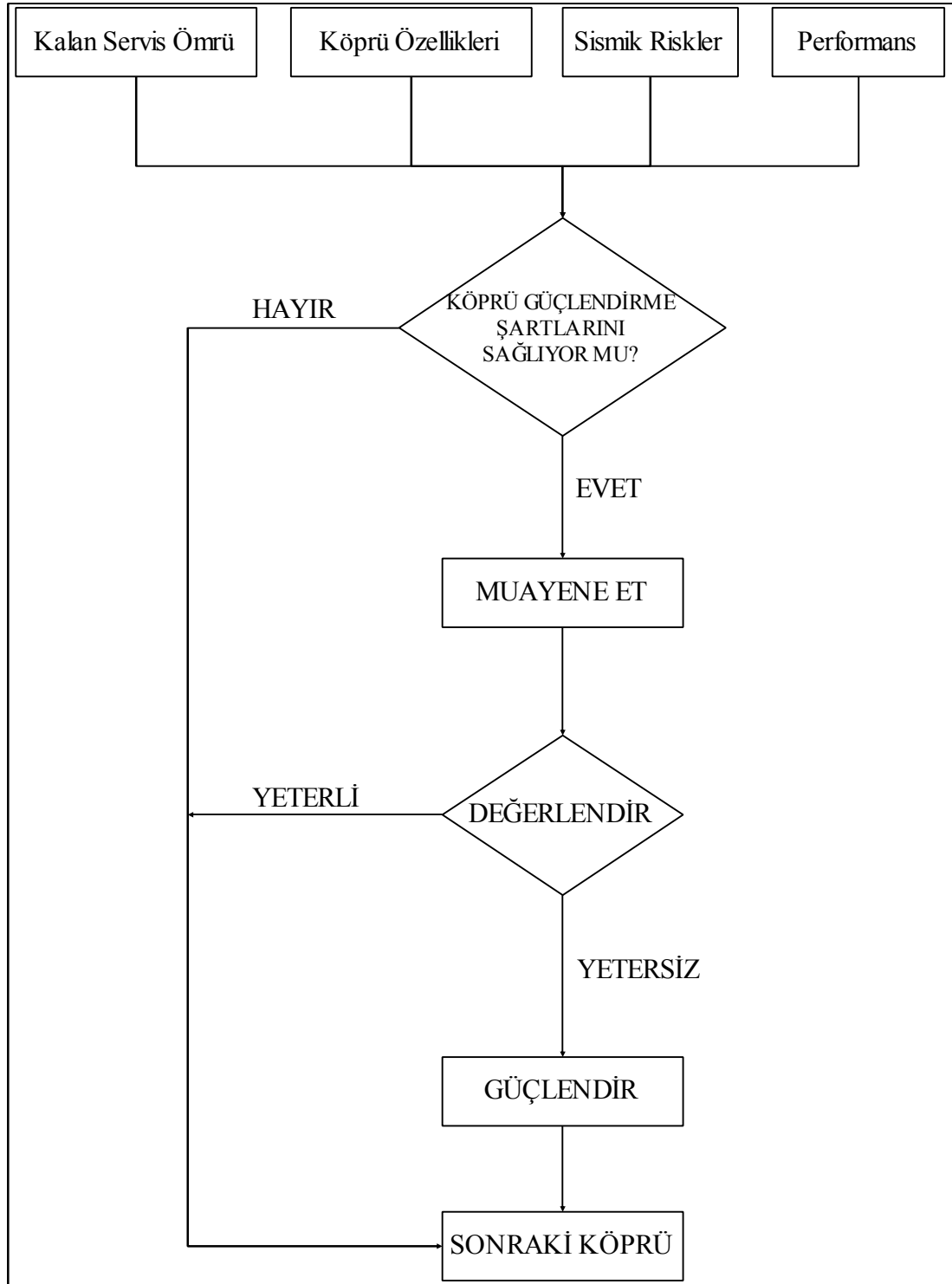
Güncel sismik standartlara göre yapılan ve sismik performans kategorisi A'daki köprüler için sismik derecelendirme işlemi yapılmaz.

SPC B'deki köprüler için sadece mesnetler, oturma genişliği ve sıvılaşma için hassasiyet derecelendirilmesi gerekmektedir.

SPC C ve SPC D'deki köprüler için mesnetler, oturma genişliği ve sıvılaşma için hassasiyet derecelendirilmesine ek olarak kolon, kenar ayak ve temel yetersizliği içinde hassasiyet derecelendirilmesi gerekmektedir.

Eğer $V1$ değeri olarak mesnetlerde yüksek hassasiyete karar verilirse, sadece mesnetlerin güçlendirilmesi gerekir. Eğer $V1 < V2$ ise diğer elemanlarında güçlendirilmesi gerekmektedir.

Karayolu köprüleri için sismik güçlendirme süreci ile ilgili akış diyagramı Şekil 2.5'de gösterilmektedir.



Şekil 2.5. Karayolu köprüleri için güçlendirme süreci

2.5.1. Sismik Performans Esasları

Bu bölümde bir köprünün sismik hassasiyetinin hesaplanabilmesi için gerekli olan sismik performans esasları ve içerikleri anlatılmaktadır.

Performans seviyeleri

Daha önceden de belirtildiği gibi karayolu köprülerinin sismik güçlendirilmesinde performansa dayalı yaklaşım kullanılmaktadır. Bu, güçlendirilen köprünün tahmin edilen performansının deprem yer hareketinin farklı seviyeleri için belirlenebileceği anlamına gelmektedir. Bu çalışmada performans esasları dört performans seviyesi için tanımlanmıştır ve Çizelge 2.9’da verilmektedir.

Çizelge 2.9. Performans seviyelerinin tanımı

Performans Seviyesi (PL)	Tanım
PL 0	Talep edilen herhangi bir en az performans yoktur.
PL 1 Yaşam güvenliği	Deprem esnasında ciddi hasarlar meydana gelir ve servis önemli ölçüde kesintiye uğrar ama yaşam güvenliği sağlanır. Büyük bir depremde sonra köprünün yenilenmesi gerekebilir.
PL 2 İşlevsel	Hasarlar oldukça küçüktür ve gözle muayene yapıldıktan sonra köprü acil durum araçları için hizmet verebilir. Köprü, trafik akışını sınırlayarak veya sınırlamadan onarılabilir.
PL 3 Tamamıyla işlevsel	Hasarlar göz ardı edilebilecek boyuttadır ve gözle muayene yapıldıktan sonra köprü tüm araçlara tamamıyla hizmet verebilir. Hasarlar trafiği kesmeden onarılabilir.

Performans esasları genellikle; deprem yer hareketinin seviyesi, köprünün önemi ve kalan servis ömrüne bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada bu unsurlar; iki yer hareketi seviyesi (alt ve üst seviye), iki önem sınıflandırması (normal ve zaruri) ve üç servis ömrü kategorisi için tanımlanmaktadır.

Deprem yer hareketi seviyeleri

Deprem yer hareketi; alt seviye ve üst seviye olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Alt seviye yer hareketi; 75 yılda aşılma olasılığı 50%, dönüş periyodu ise yaklaşık 100 yıl olan yer

hareketidir. Üst seviye deprem hareketi; 75 yılda aşılma olasılığı 7%, dönüş periyodu ise yaklaşık 1000 yıl olan yer hareketidir.

Köprü önemi

Köprü önemi sınıflandırması; trafik sayımını ve alternatif güzergah uzunluğunu esas almaktadır. Fakat sosyoekonomik gibi bazı teknik olmayan unsurlarda köprü önemini doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada geniş bir sınıflandırma yapılarak köprüler; normal ve zaruri olmak üzere iki önem sınıfında tanımlanmaktadır. Zaruri köprüler, depremden sonra hemen hizmete açık olması şart olan köprülerdir. Diğer bütün köprüler normal köprüler olarak sınıflandırılmaktadır.

Kalan servis ömrü

Kalan servis ömrü bir köprünün güçlendirilmesine karar verilmesinde önemli bir faktördür. Kalan ömrü tahmin etmek kesin bir bilime dayalı değildir ve yaş, yapısal durum, tasarımda kullanılan şartname ve gelecekteki trafik yükü gibi birçok faktöre bağlıdır. AASHTO LRFD şartnamesi yeni köprülerin ömrünü 75 yıl olarak varsaymaktadır.

Bu çalışmada kalan servis ömrü üç kategoride incelenmektedir (Bkz. Çizelge 2.10). Servis ömrünün sonuna yakın köprüler kategori 1'e (ASL 1) atanır ve güçlendirilmeleri ekonomik değildir. Genellikle yeni köprüler ve güçlendirme ile yeni tasarım standartlarına çıkarılabileceği kanıtlanan köprüler kategori 3'e (ASL 3) atanırlar. Bu iki kategori arasında kalan ve daha düşük standartlarda kabul edilebilecek köprüler ise kategori 2'ye (ASL2) atanırlar.

Çizelge 2.10. Servis ömrü kategorileri

Servis Ömrü Kategorileri	
Servis Ömrü Kategorisi	Kalan Servis Ömrü
ASL 1	0-15 yıl
ASL 2	16-50 yıl
ASL 3	>50 yıl

Köprülerin minimum performans seviyeleri köprü önem sınıfı ve servis ömrü kategorisine bağlı olarak iki seviye yer hareketi için de Çizelge 2.11'de verilmektedir.

Çizelge 2.11. Güçlendirilen Köprüler İçin Minimum Performans Seviyeleri

Deprem Yer Hareketi	Köprü Önem Sınıfı ve Servis Ömrü Kategorisi					
	Normal			Zaruri		
	ASL-1	ASL-2	ASL-3	ASL-1	ASL-2	ASL-3
Alt Seviye Yer Hareketi	PL-0	PL-3	PL-3	PL-0	PL-3	PL-3
Üst Seviye Yer Hareketi	PL-0	PL-1	PL-1	PL-0	PL-1	PL-2

2.5.2. Sismik Risk Seviyesi

Sismik risk seviyesi; köprünün bulunduğu bölgedeki kaya tabakasındaki yer sarsıntısının yoğunluğuna ve bu hareketin yukarıdaki zeminler tarafından büyütülmesine bağlı olarak belirlenmektedir. Bu iki faktör tabakalarda ayrı ayrı davranır ve bu iki faktör birleştirilerek “Sismik Risk Seviyesi” tanımlanır.

Köprünün bulunduğu bölgedeki deprem yer hareketleri sadece kaya tabakasındaki yer sarsıntısına ve bu hareketin yukarıdaki zeminler tarafından büyütülmesine bağlı değildir. Sıvılaşma ve fay kırılması gibi köprüyü oldukça etkileyen başka geoteknik faktörlerde vardır.

İvme spektrumunda esas alınan zeminler; A, B, C, D, E ve F olmak üzere 6 sınıfa ayrılır. Bu sınıflandırma “Kıyı ve Liman Yapıları, Demiryolları, Hava Meydanları İnşaatlarına İlişkin Deprem Teknik Yönetmeliğinde” tanımlanmıştır [8].

Tasarımlarda kullanılan ivme spektrumu; zemin faktörüne ve spektral ivme değerine bağlıdır. Zemin faktörü; kısa periyod(0,2s) zemin katsayısı F_a ve uzun periyod(1,0s) zemin katsayısı F_v olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Spektral ivme değeri de; kısa periyod(0,2s) spektral ivme değeri S_s ve uzun periyod(1,0s) spektral ivme değeri S_1 olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Tüm zemin sınıfları için; kısa periyoda karşılık gelen spektral ivme değeri S_{DS} ve uzun periyoda karşılık gelen spektral ivme değeri S_{D1} aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$S_{DS} = F_a \times S_s \quad (2.1)$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1 \quad (2.2)$$

Tüm zemin sınıfları için kısa periyod zemin katsayısı F_a Çizelge 2.12’de, uzun periyod zemin katsayısı F_v Çizelge 2.13’de verilmektedir.

Çizelge 2.12. Kısa periyod(0,2s) zemin katsayısı, F_a

Zemin Sınıfı	Kısa Periyod(0,2s) Spektral İvmesi(g) ^a , S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,50$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,00$	$S_s \geq 1,25$
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
D	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
E	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
F	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b

Çizelge 2.13. Uzun periyod(1,0s) zemin katsayısı, F_v

Zemin Sınıfı	Uzun Periyod(1,0s) Spektral İvmesi(g) ^a , S_1				
	$S_1 \leq 0,10$	$S_1 = 0,20$	$S_1 = 0,30$	$S_1 = 0,40$	$S_1 \geq 0,50$
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
D	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
E	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
F	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b	- ^b

^a S_s ve S_1 ’in ara değerleri için lineer interpolasyon yapılacaktır.

^b Sahaya özel geoteknik inceleme ve dinamik zemin davranış analizi yapılacaktır.

Sismik risk seviyesinin belirlenmesi

Sismik risk seviyesi spektral ivme değerine bağlıdır. Kısa periyoda karşılık gelen spektral ivme değeri S_{Ds} ve uzun periyoda karşılık gelen spektral ivme değeri S_{D1} için sismik risk seviyeleri Çizelge 2.14’de verilmektedir. Aynı bölge için bulunan risk seviyelerinden daha büyük olan kullanılmalıdır.

Çizelge 2.14. Sismik risk seviyesi

Risk Seviyesi	$S_{D1} = F_v \times S_1$	$S_{DS} = F_a \times S_s$
1	$S_{D1} \leq 0,15$	$S_{DS} \leq 0,15$
2	$0,15 < S_{D1} \leq 0,25$	$0,15 < S_{DS} \leq 0,35$
3	$0,25 < S_{D1} \leq 0,40$	$0,35 < S_{DS} \leq 0,60$
4	$0,40 < S_{D1}$	$0,60 < S_{DS}$

E zemin sınıfında, $S_1 \leq 0,10$ ve $S_s < 0,25$ olduğu durumlar için, F_v ve F_a değeri sırasıyla 2,4 ve 1,6'dan büyük alınmamalıdır.

2.5.3. Performansa Dayalı Sismik Güçlendirme Kategorileri

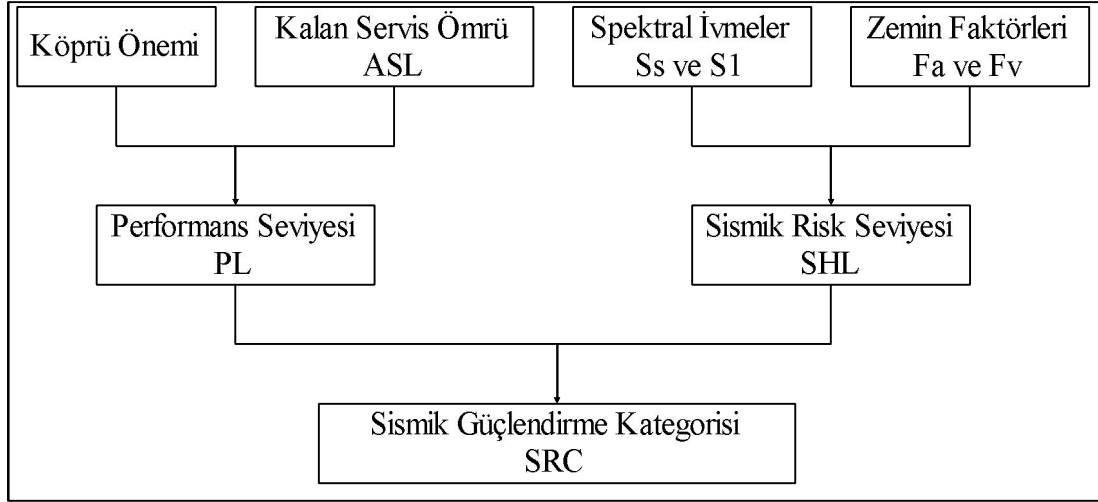
Sismik güçlendirme kategorileri(SRC) yetersiz köprüler için minimum inceleme gerekliliklerini, değerlendirme metotlarını ve güçlendirmenin boyutlarını belirlemekte kullanılmaktadır. Sismik güçlendirme kategorileri; köprünün kalan servis ömrüne, önemine ve maruz kalacağı sismik etkilere göre belirlenmektedir. A, B, C ve D olmak üzere dört kategori bulunmaktadır. A'dan D'ye doğru gidildikçe sertlik ve karmaşıklık artar. A başlangıç kategorisidir ve bu kategorideki köprülerin incelenmesine, değerlendirilmesine ve güçlendirilmesine gerek yoktur. D ise en yüksek kategoridir ve bu kategorideki köprüler için oldukça detaylı inceleme, değerlendirme ve güçlendirme gerekmektedir.

Sismik güçlendirme kategorileri; performans seviyesine ve sismik risk seviyesine bağlı olarak Çizelge 2.15'de belirtilmektedir.

Çizelge 2.15. Performansa Dayalı Sismik Güçlendirme Kategorileri

Risk Seviyesi	Performans Seviyesi				
	Üst Seviye Deprem Esnasında			Alt Seviye Deprem Esnasında	
	PL-0	PL-1	PL-2	PL-0	PL-3
1	A	A	B	A	C
2	A	B	B	A	C
3	A	B	C	A	C
4	A	C	D	A	D

Sismik güçlendirme kategorisinin belirlenmesi Şekil 2.6'da özetlenmiştir.



Şekil 2.6. Sismik güçlendirme kategorisinin belirlenmesi

2.5.4. Sismik Derecelendirme Metotları

Köprülerin gözlemlenmesi kapsamında köprülerdeki sismik eksiklikleri tanımlama ve güçlendirme için önceliklendirme yapılmaktadır. FHWA, Karayolu Köprüleri İçin Sismik Güçlendirme Kılavuzu’nda köprülerin sismik güçlendirme için önceliklendirilmesi ile ilgili iki derecelendirme sistemi tanımlanmaktadır. Bunlar; indisleri kullanarak sismik derecelendirme metodu ve beklenen hasarı kullanarak sismik derecelendirme metodudur. Bu çalışma kapsamında köprülerin sismik derecelendirilmesi “İndisleri kullanarak sismik derecelendirme metodu” ile yapılmaktadır.

Önceliklendirme için köprülerin sismik derecelendirilmesi hesabında; yapısal hassasiyet, sismik ve geoteknik riskler ile sosyoekonomik faktörler dikkate alınmaktadır. Derecelendirme sistemi nicel ve nitel kısımlardan oluşur. Nicel kısım; yapısal hassasiyete ve sismik riske bağlı sismik derecelendirmeden oluşmaktadır. Nitel kısım ise köprü önemi, sismik olmayan yetersizlikler ve kalan servis ömründen oluşmaktadır.

$$P = f(R, \text{önem faktörü, sismik olmayan yetersizlikler ve diğer})$$

P : öncelik indeksi

R : yapısal hassasiyete ve sismisiteye bağlı derece

Derece faktörü R; zemin tipi, genişleme derzleri ve orta ayak detayları gibi parametreleri de esas almaktadır.

Köprü derecesinin hesaplanması

Köprü derecesi R; yapısal hassasiyet derecesine V ve sismik risk derecesine E bağlıdır. Her iki derecede 0 ile 10 aralığındadır ve köprü derecesi bu iki derecenin çarpımı ile elde edilmektedir.

$$R = V \times E \quad (2.3)$$

R'nin değeri 0 ile 100 aralığında değişmektedir ve değer büyüdükçe köprüye yapılması gereken güçlendirmenin boyutu da büyümektedir.

Köprünün derecesinin hesaplanması ile ilgili akış diyagramı Şekil 2.7'de verilmektedir.

Hassaslık derecesi (V)

Köprünün hassaslık derecesi V1 ve V2 olarak ikiye ayrılmaktadır. V1; bağlantıların, mesnetlerin ve oturma genişliklerinin derecelendirilmesi ile elde edilmektedir. V2 ise; kolonun, kenar ayağın ve sıvılaşmanın hassaslık derecesinin bulunup toplanması ile elde edilmektedir. Köprünün hassaslık derecesi V; V1 ve V2'den büyük olanına eşittir.

Hassaslık derecesi 0 ile 10 aralığındadır. 0; beklenmedik bir yıkım için düşük hassaslık anlamındadır. 5; köprünün yıkım için orta hassaslıkta olduğunu belirtmektedir. 10; köprünün çökmeye karşı yüksek hassaslıkta olduğu anlamındadır.

Bağlantıların, mesnetlerin ve oturma genişliklerinin hassaslık derecelendirilmesi, V1

Mesnetler; köprünün deprem durumunda boyuna ve enine doğrultudaki hareketleri analiz edilerek derecelendirilmektedir. Boyuna ve enine doğrultudaki yük aktarma kapasiteleri, dönme kapasiteleri ve bağlantı detayları derecelendirmeyi etkileyen başlıca unsurlardır. Mesnetlerde meydana gelebilecek büyük enine ve boyuna hareketler desteğin kaybedilmesine yol açar ve açıklık çöker. Mesnetlerdeki hareketler birçok faktöre bağlıdır ve bu hareketi hesaplamak kolay değildir. AASHTO şartnamesi bütün mesnetler için “minimum destek uzunluğunun” sağlanmasını şart koşturmaktadır. Bağlı hareketin

tahmininin zorluğundan dolayı, boyuna doğrultuda destek mesafelerinin yeterliliğinin kontrolü için “minimum destek uzunluğu, N” tavsiye edilmektedir.

$$N = \left[100 + 1,7L + 7,0H + 50 \times \sqrt{1 + \left(\frac{2B}{L}\right)^2} \right] \times \frac{(1 + 1,25 \times F_v \times S_1)}{\cos \alpha}$$

N: önerilen minimum destek uzunluğu, kenar ayak veya kolonun yüzünden dik ölçü (mm)

L: ardışık iki genişleme derzi arasındaki mesafe (m)

H: ortalama ayak yüksekliği (m)

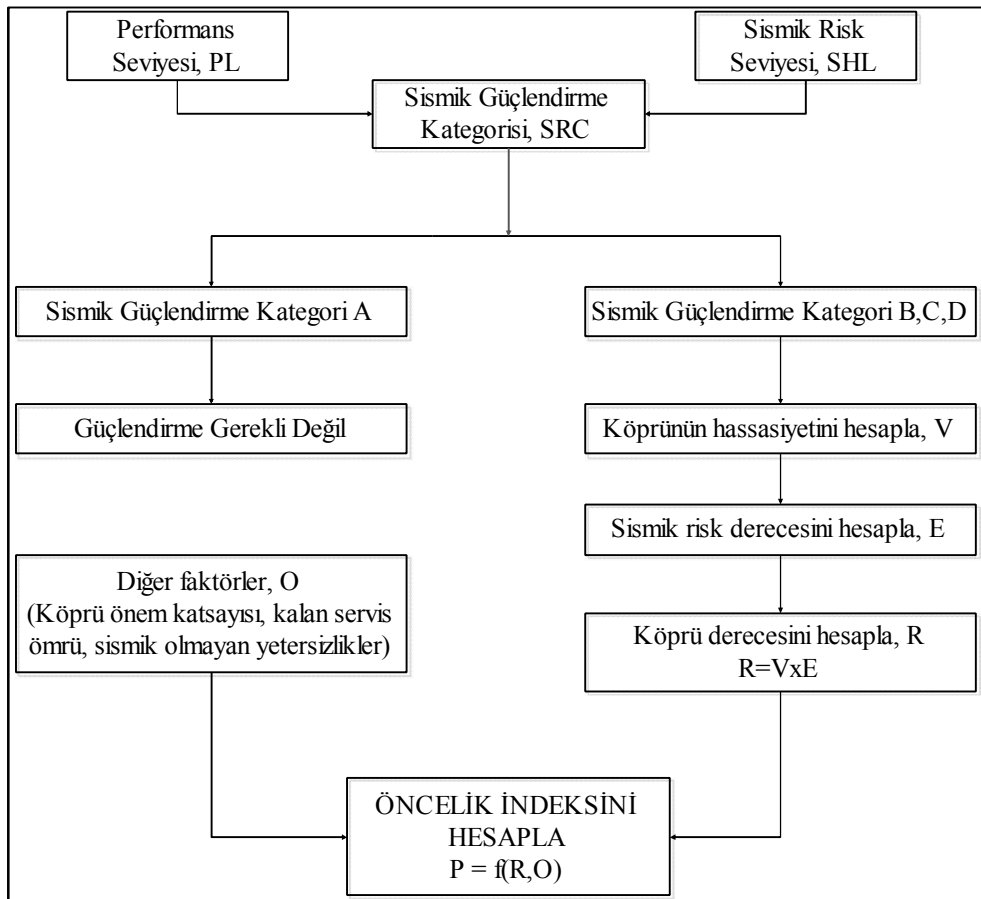
B: döşeme genişliği (m)

α : verevlik açısı (derece cinsinden)

F_v : uzun periyod zemin faktörü

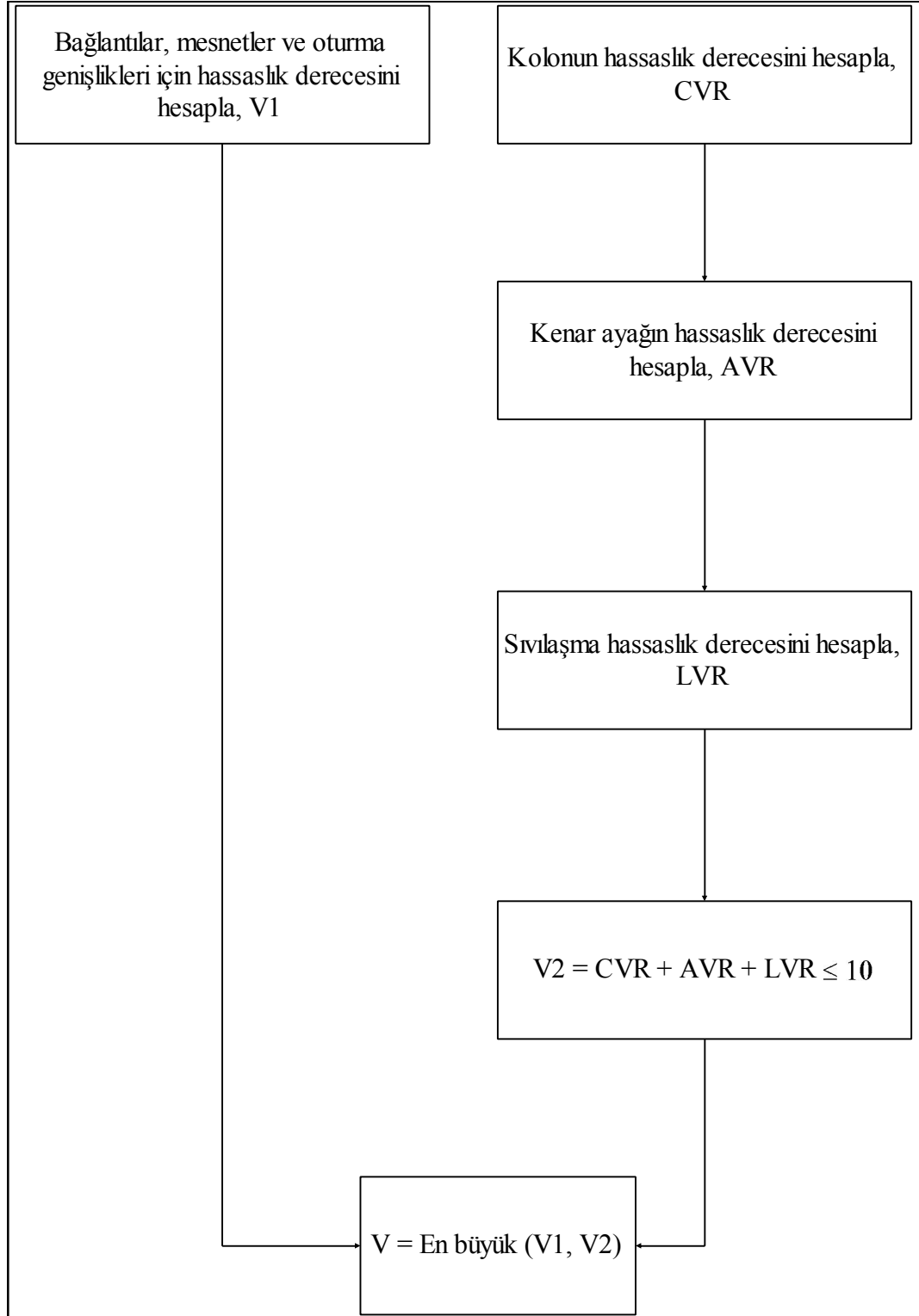
S_1 : uzun periyod spektral ivme değeri

B/L oranının 3/8’den daha büyük alınmaması gerekir.



Şekil 2.7. Köprü derecesinin hesaplanması

Köprünün hassaslık derecesinin hesaplanması ile ilgili akış diyagramı Şekil 2.8’de verilmektedir.



Şekil 2.8. İndisleri kullanarak sismik derecelendirme metodu akış şeması

Bağlantıların, mesnetlerin ve oturma genişliklerinin hassaslık derecesi V_1 ; enine doğrultuda hareket V_T ve boyuna doğrultuda hareket V_L olmak üzere iki unsurdan oluşmaktadır.

Bu çalışma kapsamında V_1 hassaslık derecesinin belirlenmesinde, incelenen köprülerin tamamının mesnet tipinin düşmeye veya devrilmeye karşı hassas olmaması nedeniyle, sadece boyuna doğrultuda hareket V_L dikkate alınmaktadır. Boyuna doğrultudaki hassasiyet V_L ; mevcut destek uzunluğu L ile önerilen minimum destek uzunluğunun N kıyaslanması ile belirlenir.

Eğer $L \geq N$ ise bütün mesnet tipleri için $V_L=0$,

Eğer $N > L \geq 0,5N$ ve rocker tipi mesnet değil ise $V_L=5$,

Eğer $N > L \geq 0,5N$ ve rocker tipi mesnet ise $V_L=10$,

Eğer $0,5N > L$ ise bütün mesnet tipleri için $V_L=10$ 'dur.

Kolonların, kenar ayakların ve sıvılaşmanın hassaslık derecesi, V_2

Kolonların, kenar ayakların ve sıvılaşmanın hassaslık derecesinin hesaplanması, köprü hassaslık derecesini belirleyen ikinci unsurdur. CVR , kolonun hassasiyet derecesini; AVR , kenar ayağın hassasiyet derecesini; LVR , sıvılaşmanın hassasiyet derecesini belirtmektedir.

$$V_2 = CVR + AVR + LVR \leq 10 \quad (2.5)$$

Kolon hassaslık derecesinin hesaplanması, CVR ;

Geçmiş depremlerde kolonların yetersiz enine donatı ve zayıf yapısal bağlantılardan dolayı kırıldığı görülmüştür. Özellikle yetersiz enine donatı ve enine donatının boyuna donatıdan ayrılmasından dolayı kolonlarda kesme kırılması meydana gelmektedir. Ayrıca boyuna donatıların çoğunlukla temellerden sıyrılmasından dolayı ile de kolonlarda kırılma görülmüştür.

Kolon hassasiyetinin hesaplanmasının adımları şu şekildedir;

Adım -1 : Köprü sismik güçlendirme kategorisi "B" ise $CVR=0$,

Adım -2 : Üst yapıdan alt yapıya enine doğrultuda kuvvet aktarılmıyorsa $CVR=0$,

Adım -3 : Eğer kolonlar ve temeller AASHTO'da belirtilen kriterlere göre enine donatıya sahip ise $CVR=0$,

Adım -4 : Eğer köprü ilk üç adımda verilen özelliklere sahip değilse, kolon aşağıda belirtilen kesme kırılması, bindirme bölgelerinde eğilme kırılması ve temel yetersizliği için kontrol edilmektedir ve hesaplanan en yüksek değer kolonun hassaslık derecesi olarak alınmaktadır.

Kesme kırılmasından dolayı kolon hassasiyeti

$$CVR = Q - R \quad (2.6)$$

$$Q = 13 - 6 \times \left(\frac{L_c}{P_s \times F \times B_{max}} \right) \quad (2.7)$$

L_c : Etkili kolon yüksekliği

P_s : Kolondaki boyuna donatı yüzdesi

F : Kolon sayısına ve mesnetlenme şartlarına bağlı çerçeveleme faktörü

Altta ve üstte sabit çok kolonlu orta ayaklar için 2,0

Sadece altta veya sadece üstte sabit çok kolonlu orta ayaklar için 1,0

B_{max} : En büyük enine kolon boyutu

R : Kesme kırılmasına karşı hassaslık azaltma faktörü (Bkz. Çizelge 2.16)

Kesme kırılmasına karşı hassaslık azaltma faktörü R , uzun ve narin kolonlarda uygulanmamaktadır.

Çizelge 2.16. Hassaslık azaltma faktörü

Faktör	R
Sismik katsayı $S_{DI} < 0,5$	3
Verevlilik $\leq 20^\circ$	2
Sürekli üst yapı, eşit rijitlikte integral kenar ayak ve uzunluk/genişlik oranı < 4	1
Donatı çeliği $\leq S420$	1

Bindirme bölgelerinde eğilme kırılmasından dolayı kolon hassasiyeti;

$S_{DI} < 0,5$ ise $CVR = 7$,

$S_{DI} \geq 0,5$ ise $CVR = 10$ 'dur.

Donatının bilinmediği orta ayaklarda,

Ayak yüksekliği $< 7\text{m}$ ise $Q = 7$,

Ayak yüksekliği $> 7\text{m}$ ise $Q = 10$ 'dur.

Temel yetersizliğinden dolayı kolon hassasiyeti;

$0,5 \leq S_{DI} \leq 0,6$ ise $CVR = 5$,

$S_{DI} > 0,6$ ise $CVR = 10$ 'dur.

Kolon hassaslık derecesi; hesaplanan üç unsurdan en büyük değere sahip olana eşittir.

Kenar ayak hassaslık derecesinin hesaplanması, AVR;

Kenar ayakların yıkılması genellikle köprünün tamamının yıkılmasıyla sonuçlanmamaktadır fakat köprüye ulaşımı engellemektedir. Bu nedenle kenar ayakların hassaslığının derecelendirilmesi köprüye erişimi düzenli olarak sağlayabilmek için gereklidir. Kenar ayaklarda çökme genellikle aşırı zemin basıncından ya da üst yapıdan hesaplanandan daha fazla kuvvetin alt yapıya aktarılmasından dolayı meydana gelmektedir. Özel durumlar hariç, kenar ayakların hassaslık derecesi 5'i aşmamaktadır.

Kenar ayakların hassasiyetinin hesaplanmasının adımları şu şekildedir;

Adım -1 : Köprü sismik güçlendirme kategorisi "B" ise $AVR=0$,

Adım -2 : Kenar ayak hassasiyeti, kenar ayak dolgusunun yaptığı oturmaya bağlı olarak belirlenmektedir. Kenar ayak dolgusunun oturması tahmini Çizelge 2.17'de verilmektedir.

Çizelge 2.17. Kenar ayak dolgusu oturmasının tahmini

Sismik Katsayı S_{DI}	Oturma Değeri
$0,24 < S_{DI} \leq 0,39$	dolgu yüksekliği x %1
$0,39 < S_{DI} \leq 0,49$	dolgu yüksekliği x %2
$S_{DI} > 0,49$	dolgu yüksekliği x %3

Su geçişi köprülerinde oturma değerleri iki katı olarak alınmaktadır.

Ön görülen dolgu oturması 150mm'den büyük ise $AVR = 5$ alınmalıdır. Diğer durumlar için $AVR=0$ 'dır.

Adım -3 : Köprü sismik güçlendirme kategorisi "D" ve ayrıca konsol kenar ayak, 40°'den büyük verevlik, kenar ayak gövdesi ile temel kalınlığının toplamı 3m'den büyük olması özelliklerinin tümünü sağlıyorsa, dolgu oturmasına bakılmaksızın $AVR=5$ 'tir.

Bunların dışında; öngörülen dolgu oturmasının 150mm'den büyük olduğu durumların haricinde $AVR=0$ 'dır.

Sıvılaşma hassaslık derecesinin hesaplanması, AVR;

Sıvılaşma hassaslık derecesi; köprünün bulunduğu zeminin sıvılaşma hassaslığına ve sismik ivmeye bağlıdır. Bu iki değişkene bağlı sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi Çizelge 2.18'de verilmektedir.

Çizelge 2.18. Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi

Zeminin sıvılaşma hassaslığı	Sismik Katsayı S_{D1}				
	$S_{D1} \leq 0,14$	$0,14 < S_{D1} \leq 0,24$	$0,24 < S_{D1} \leq 0,39$	$0,39 < S_{D1} \leq 0,49$	$S_{D1} > 0,49$
Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
Orta	Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Ağır
Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek	Ağır	Ağır

Sıvılaşma potansiyeline bağlı olarak önerilen sıvılaşma hassaslık dereceleri Çizelge 2.19'da verilmektedir.

Sıvılaşma hassaslık derecesini köprünün ayak özellikleri ve verevliliği de etkilemektedir. Çalışma kapsamında bu etkenler göz ardı edilmiştir.

Çizelge 2.19. Sıvılaşma hassaslık derecesinin belirlenmesi

Sıvılaşma Hassaslık Derecesi LVR	Sıvılaşma Potansiyeli
0	Düşük
5	Orta
7	Yüksek
10	Ağır

Sismik risk derecesi E

Köprülerin sismik hassasiyetinin hesaplanmasında önemli bir etken olan sismik risk derecesi köprünün bulunduğu bölgenin depremselliği ile doğrudan ilişkilidir ve şu şekilde belirlenir;

$$E = 10 \times S_{D1} \leq 10 \quad (2.8)$$

S_{D1} : uzun periyod spektral ivme değeri

2.6. Köprü Muayenesinde Yapılan Testler

Köprü muayenesinde yapılan testler tahrip edici olmayan testler (NDT: Non-Distructive Tests) ve kısmen tahrip edici testler (PDT: Partially Distructive Tests) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Tahrip edici olmayan testler ve kısmen tahrip edici testler köprü elemanını oluşturan malzemenin sağlamlığının araştırılmasında kullanılmaktadır. Tahrip edici olmayan test metotları, elemanı herhangi bir zarara uğratmadan gözlemlemeye izin verirken; kısmen tahrip edici test metotları, küçük, bölgesel, onarılabılır zarara neden olmaktadır. NDT ve PDT herhangi bir bozulma gözlemlenmediğinde ya da bozulmanın gözlemlendiği fakat problemin boyutlarının bilinmediği durumlarda kullanılmaktadır [3].

Tahrip edici olmayan testlerden en yaygın olan gözle inceleme ve sesle inceleme aşağıda kısaca özetlenmektedir.

2.6.1. Gözle inceleme

Gözle inceleme, tahrip edici olmayan testlerin en temelidir. Bu yöntem; çatlaklar, süreksizlikler, korozyon ve kirlilik gibi çeşitli yüzey bozukluklarının algılanmasına ve gözlemlenmesine olanak sağlamaktadır. Yüzey çatlaklarının algılanması, özellikle onların kırılma mekanizması ile ilişkisinden dolayı önemlidir.

Gözle inceleme, hem rutin gözlemlerde hem de diğer gözlemler türlerinde ilk adım olarak bütün yapılara uygulanmaktadır.

Gözlemciye yardım etmek için gerektiğinde çeşitli aletler kullanılabilir. Büyüteç, çatlak ölçer ve ulaşılamayan alanları görmek için boreskop gözlemcinin gerektiğinde faydalandığı aletlerdendir [3].

2.6.2. Sesle incelemeler

Sesle incelemelerin en yaygın türleri; zincir sürüklenme, çekiç ile vurma ve yük altında dinlemedir. Zincir sürüklenme genelde geniş yüzeyli beton alanlarda (köprü döşemesi gibi); çekiç ile vurma ise belirli lokasyondaki malzemelerde, yük altında dinleme ise bütün köprü türlerinde kullanılmaktadır.

Zincir sürüklenme testinde zincirlerin beton yüzey ile etkileşip döşeme üzerinde oluşan ses farkları belirlenerek değerlendirilmektedir.

Çekiç ile vurma testi; mevcut var olan süreksizlikleri ve olası dökülmeleri tespit etmektedir.

Yük altında dinleme; çelik kafesli döşemelerde gevşek donatıları, oturma yapmış alanlar ile genişleme derzi hataları gibi bir çok problemin tespitinde kullanılmaktadır.

Zincir sürüklenme genellikle beton köprü döşemelerini gözlemlemeye yardımcı olmak için kullanılır ama bu yöntem bütün yatay yüzeylerde kullanılabilir.

Çekiç ile vurma genellikle betonu gözlemlemeye yardımcı olmak için kullanılır, ama metal bağlantı elemanlarında ve ahşap elemanlarda da kullanılabilir. Bu teknik yatay ve düşey her iki yüzeyde de iyi çalışır. Bu yöntem sadece vuruşun yapıldığı lokal alanda bilgi sağlar. Yük altında dinleme bütün köprü türlerinde kullanılabilir, ama genellikle çelik kafesli döşemelerdeki gevşek donatıların, oturma yapmış alanların ve kötü derzlerin algılanmasında kullanılır [3].

2.7. KGM Köprü Muayenesi El Kitabının İrdelenmesi

Ülkemizde geliştirilmekte olan Köprü Yönetim Sistemi 2012 yılı itibariyle uygulamaya geçirilmiştir. Bu sistem ve bu sistemin önemli bir parçası olan “Köprü Muayenesi El Kitabı”, KGM-TÜBİTAK-ODTÜ iş birliğiyle oluşturulmuştur.

Bu el kitabının kullanılmasında ana amaç; Köprü Muayenesi sonucunda bu kitapta tarif edilen esaslara göre, Bölge Müdürlükleri tarafından muayene planlanması yapılarak hazırlanacak olan köprülerdeki hasarlara ait ön bilgilerin, tüm Bölgeler için aynı kabuller çerçevesinde ve olabildiği kadar gerçekçi yaklaşımlarla hazırlanmasını temin etmektir. Bu el kitabında tarif edilen çalışma ve incelemelerin ana hedefi; tüm köprülerin projelendirilme esalarında öngörüldüğü biçimde, gözetilen doğal afet koşulları dahil trafik güvenliğinin sürekli sağlanması ve işleme açık tutulmasının sağlanmasıdır [1].

Bu el kitabında; gözle muayene ve ekipmanlı muayene tanımlanarak, hasar elemanı olarak adlandırılan elemanların gözle muayenesi detaylı olarak açıklanmakta ve ekipmanlı muayene hakkında ise betonun dayanımının ve kalitesinin tespitiye yönelik tahribatsız deneylerle beton içerisindeki donatının korozyon olasılığının ve korozyon hızının belirlenmesine yönelik deneyleri kapsadığı belirtilmektedir.

TCK Köprü Muayenesi El Kitabında, köprü ve tamamlayıcı yapılarında yapı elemanları 3 adet ana grupta (üst yapı, alt yapı ve aksesuar) toplanmıştır. Bu ana grupların altında 130 adet envanter eleman tipi bulunmaktadır. Tüm envanter elemanlarından 75 tanesi KYS’nin geliştirildiği tarihte hasar elemanı olarak tanımlanmıştır. Toprağın altında kalan kazıklar ve temeller gözle muayene edilemediği için KYS’ye dahil edilmemiştir [1].

Bu kitapta durum derecelendirme sistemi olarak 1 ila 4 aralığında değişen derecelendirme sistemi kullanılmıştır. Bu derecelendirme sisteminde sayının büyümesi elemandaki hasar boyutunun fazla olduğu anlamına gelir. “1 derecesi” hasarın yok veya az, “2 derecesi” hasarın hafif, “3 derecesi” hasarın orta, “4 derecesi” ise hasarın ağır olduğu anlamındadır. Her hasar elemanı için bu durum derecelendirmesini yaptıracak esaslar el kitabında detaylıca belirtilmektedir.

KYS'ye bir köprü elemanının hasar derecesinin belirlenmesinde, hasarın derecesine (hasar miktarına) ve hasar derecesinin tanımına ilaveten, hasarın eleman ve köprü açısından önemini ve eleman üzerindeki etkisini de göz önüne alan iki faktör eklenmiştir. Bu faktörler, “Hasar Tipi Önem Ağırlık Faktörü” ve “Hasar Dereceleri Dağılım Faktörü” olarak adlandırılmaktadır [1].

Hasarların karakterleri ve yapı elemanının hizmet kabiliyetini bozma yönündeki etkileri köprüler arasında çok farklılık göstermekte ve hasarların tespitinde muayene yapan Teknik Elemanın kişisel kanaati ağır basmaktadır. Sonuç olarak köprülerde tatmin edici bir yönlendirme ile bakım, onarım, detaylı muayene veya hasar izleme kararlarından en az birisinin alınabilmesi için, hasar derecesinin tarif edilerek değerlendirilmesinde farklı kişilere ait gözlemlerin birbiriyle uyumlu ve tutarlı olması diğer bir deyişle yeknesaklığın sağlanması çok önemlidir [1].

Ayrıca bu el kitabında köprünün gözle muayenesi sırasında doldurulması gereken “Köprü Muayene Formu” da verilmektedir.

3. KARAYOLU KÖPRÜ ONARIMI VE YENİLEMELERİ İÇİN YENİ BİR UZMAN SİSTEM YAKLAŞIMI

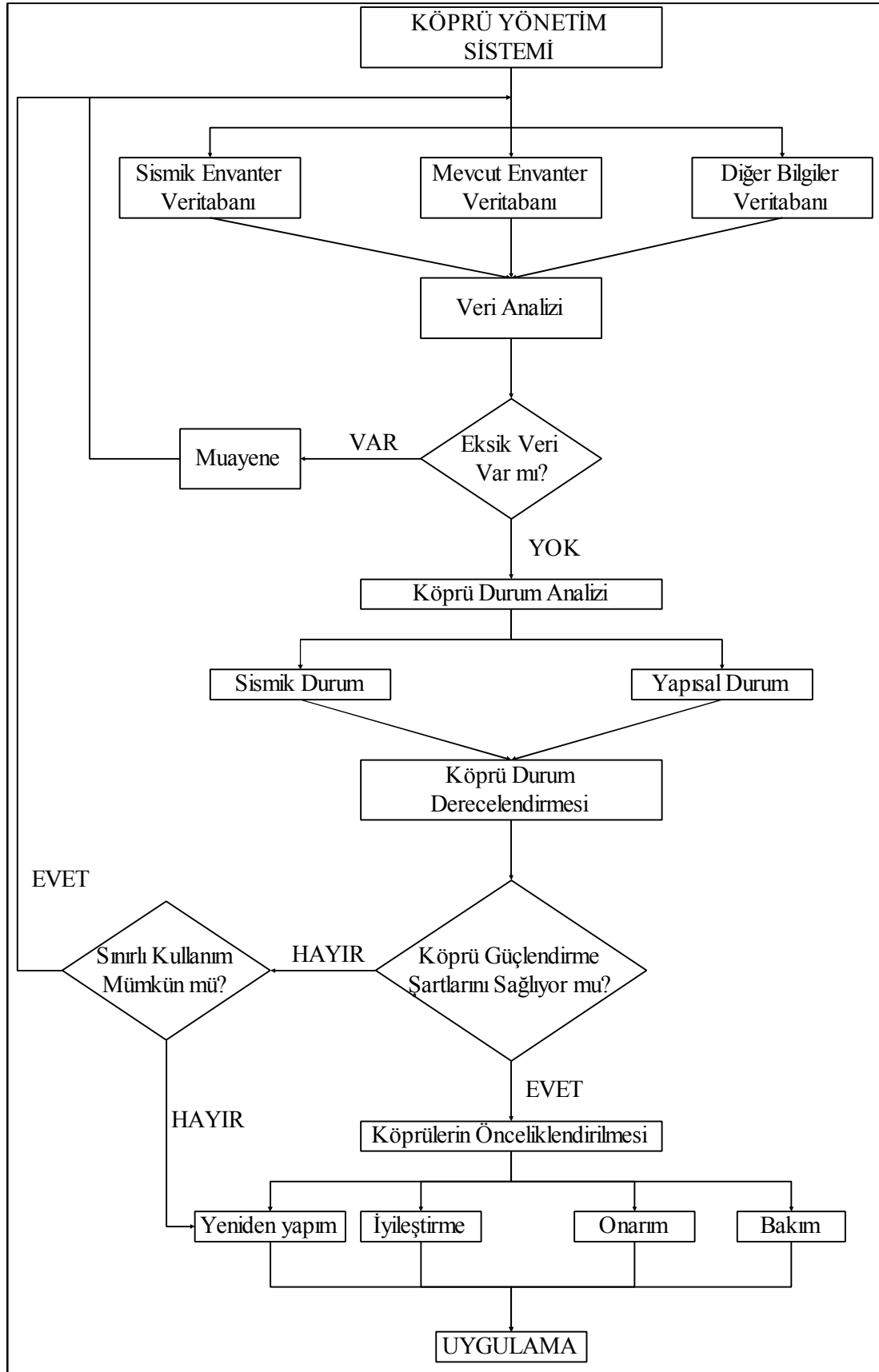
Gelişmiş ülkelerde kullanılmakta olan KYS esasları ile ulusal KYS arasındaki farklılıklar irdelendiğinde çeşitli yaklaşım farklılıkları ve/veya eksiklikler gözlenmektedir. Özellikle ülkemizde sismik değerlendirilme açısından herhangi bir değerlendirme yapılmaması en büyük eksiklik konumundadır. Diğer farklılıklar ise kısaca şu şekilde özetlenebilir:

- 1- Muayene edilecek elemanlar arasında zeminin altında kalan temel ve kazık gibi köprü elemanları da bulunmaktadır.
- 2- Muayene işleminin hangi sıklıkla yapılacağı ve detayları belirtilmektedir.
- 3- Muayeneyi yapan Teknik Elemanın sahip olması gereken özellikler, yetkileri ve sorumlulukları detaylıca tanımlanmaktadır.
- 4- Ulusal KYS için hazırlanan el kitabında normal bir betonarme eleman ile ön gerilmeli betonarme bir için çatlak genişliği sınırlamalarının aynı tutulduğu gözlenmektedir. Fakat ön germeli betonarme elemanlar için gelişmiş ülkelerin kullandıkları çatlak genişliği sınırları çok daha dardır.
- 5- Önceliklendirme işlemi yapılırken yapısal durum derecesinin yanında sismik durum derecesi de dikkate alınmaktadır.

Bu çalışmada, yukarıda söz edilen eksik veya farklılıkların giderilmesine yönelik olarak mevcut KYS için değişiklikler ve ilaveler hazırlanmış olup, bunlar alt başlıklar halinde aşağıda sunulmaktadır. Uzman sistem yaklaşımının genel akım şeması Şekil 3.1’de verilmektedir.

3.1. Muayene İşlemi

Köprü bakım onarımının en önemli adımı muayenedir. Köprü ile ilgili alınacak kararlar muayene işlemine bağlı olduğu için muayenenin doğru yapılması büyük önem arz etmektedir. Bunu sağlayabilmek için de muayene yapacak Teknik Eleman veya Teknik Elemanların; muayenesi yapılacak köprünün çalışma prensiplerine ve köprüyü oluşturan elemanların davranışlarına hakim, yapı-zemin etkileşimi, geoteknik, sismik tasarım gibi konularda da yeterli bilgi birikimine sahip olması gerekmektedir.



Şekil 3.1. Uzman sistem yaklaşımı genel akım şeması

Köprülerde üst yapının tamamının; alt yapıdan mesnetler, kolonlar ve kenar ayaklar ile temel ve kazıkların da mutlaka belirli aralıklarla muayene edilmesi gerekmektedir. Bir önceki muayene raporunda Teknik Eleman tarafından daha kısa bir zaman aralığı belirtilmedikçe, zeminin üzerinde kalan köprü elemanları en fazla 24 ayda, zeminin altında kalan köprü elemanları ise en fazla 60 ayda bir muayene edilmelidir. Köprülerde uygulanması önerilen muayene türleri ve sıklığı Çizelge 3.1’de verilmektedir.

Çizelge 3.1. Muayene türleri ve sıklığı

Muayene Türleri ve Sıklığı	
Muayene Türü	Muayene Aralığı
İlk	Yapım ve büyük iyileştirme sonrasında
Rutin	24 ay
Su altı	60 ay
Özel	Gerektiğinde
Hasar	Gerektiğinde

3.1.1. Köprü sismik envanter bilgi formuna genel kavramsal yaklaşım

Bu tez çalışması kapsamında ülkemizde ilk defa “Köprü Sismik Envanter Bilgi Formu” oluşturulmuştur. Bu form bir köprünün hem genel bilgilerini hem de o köprünün performansa dayalı sismik güçlendirme kategorisinin ve sismik durum derecesinin belirlenmesini sağlayacak verileri içermektedir.

“Köprü Sismik Envanter Bilgi Formu” altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm; köprünün adını, numarasını, hangi bölgede olduğunu, geometrik özelliklerini, yapım yılını, koordinatlarını, tasarımında esas alınan standardı, zemin sınıfını ve sismik risk durumunu belirten spektral ivme değerlerini içeren “Genel Bilgiler” bölümüdür. İkinci bölüm; köprünün üst yapı taşıyıcı sisteminin malzemesini, tipini, sistemin sürekliliğini ve derz mesafelerini içeren “Üst Yapı Bilgileri” bölümüdür. Üçüncü bölüm; köprüde kullanılmış olan mesnet tipini, bu mesnedin davranış biçimini, işlevselliğini ve destek uzunluğunu içeren “Mesnet Bilgileri” bölümüdür. Dördüncü bölüm; orta ayak kolonlarının malzemesini, tipini, geometrik özelliklerini, boyuna donatı yüzdesini ve temel tipi bilgilerini içeren “Orta Ayak Bilgileri” bölümüdür. Beşinci bölüm; kenar ayak tipini ve yüksekliğini, temel tipini, kanat duvarı ve sıvılaşma hassaslığı ile ilgili bilgileri içeren “Kenar Ayak Bilgileri” bölümüdür. Altıncı ve son bölüm ise; formu hazırlayan Teknik

Elemanın formdaki verilere ek olarak belirtmek istediği bir bilgiyi veya varsa görüşlerini belirtmesi için ayrılmış olan “Yorumlar” bölümüdür.

“Köprü Sismik Envanter Bilgi Formunun” bölümlerinin içeriği aşağıda detaylı olarak anlatılmaktadır ve form EK-1’de verilmektedir.

Genel bilgiler

Bu bölümde yer alan köprü numarası ve köprü adı kısımlarına, köprünün Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından belirlenmiş olan numarası ve adı yazılır. Köprü yeri kısmına; köprünün bulunduğu il, ilçe veya mahalle adı yazılır. KGM bölge no kısmına, köprü KGM’nün belirlemiş olduğu bölgelerden hangi bölgenin sınırları içinde kalıyorsa o bölgenin numarası yazılır. Toplam uzunluk, köprünün iki kenar ayağının genişleme derzinden genişleme derzine olan mesafesidir. Toplam genişlik, köprünün bordürler dahil platform genişliğidir. Enlem ve boylam kısmına, köprünün orta noktasının koordinatlarını yazılır. Esas alınan tasarım standardı kısmında açılır bir pencere mevcuttur. Şekil 3.2’de pencerenin içeriği görülmektedir. Tasarım standartlarının bu şekilde ayrılmasının sebebi, formdan verileri alıp hesaplamalarda veya yaklaşımlarda bulunacak Teknik Elemanın mühendislik yargısına katkıda bulunmaktır.



Esas alınan standart :	AASHTO LFD
	AASHTO LFD
	AASHTO LRFD
	KGM Teknik Şartname
	Bilinmiyor

Şekil 3.2. Tasarım standardının belirlenmesi

Köprünün yapılış amacı yani köprünün ne geçişi olduğu formdaki geçiş kısmına yazılır. Burada üç geçiş tipi tanımlanmıştır. Bunlar üst geçit, kavşak geçişi ve su geçiştir. Üst geçit; herhangi bir derin vadi veya mevcut karayolu üzerinden geçen köprüleri tanımlamak için kullanılır. Kavşak geçişi; yonca veya normal kavşak sistemlerini oluşturan köprüler için kullanılır. Su geçişi ise; herhangi bir akarsuyun üzerinden geçen köprüleri tanımlamak için kullanılır. Bu kısımda açılır bir pencere mevcuttur. Şekil 3.3’de bu pencerenin içeriği görülmektedir.

Şekil 3.3. Geçiş tipinin belirlenmesi

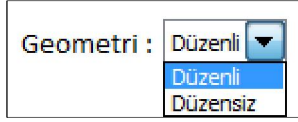
Köprüler normal ve zaruri olmak üzere iki önem sınıfına ayrılır. Zaruri köprüler, depremden sonra hemen hizmete açık olması şart olan köprülerdir. Diğer bütün köprüler normal köprüler olarak sınıflandırılmıştır [7]. Karayolları Genel Müdürlüğü'nün bu sınıflandırmayı yapmasında ise köprünün servis yoluna sahip olup olmadığı önemlidir. Genellikle servis yoluna sahip köprüler normal, servis yoluna sahip olmayan köprüler ise zaruri olarak sınıflandırılır. Bu kısımda açılır bir pencere mevcuttur. Şekil 3.4'de bu pencerenin içeriği görülmektedir.

Şekil 3.4. Köprü önem sınıfının belirlenmesi

Güzergah kısmı köprünün yerleşimini belirtir. Köprünün proje eksenine yerleşimine göre; düz, verevli veya kurbta olabilir. Bu kısımda açılır bir pencere mevcuttur. Şekil 3.5'de bu pencerenin içeriği görülmektedir.

Şekil 3.5. Köprünün yerleşiminin belirlenmesi

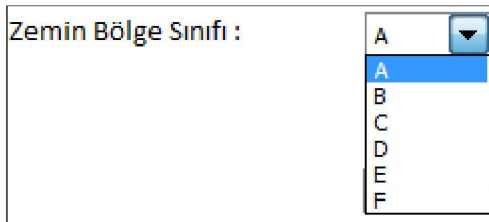
Geometri kısmı, düzenli ve düzensiz olmak üzere ikiye ayrılır. Eğer köprünün yapısal geometrisi simetrik veya simetriğe yakın ise düzenli, diğer durumlar için düzensiz olarak tanımlanır. Bu kısımda açılır bir pencere mevcuttur. Şekil 3.6'da bu pencerenin içeriği görülmektedir.



Şekil 3.6. Köprünün yapısal geometrisinin belirlenmesi

Sismik risk değerleri alt ve üst seviye olmak üzere iki deprem seviyesi için tanımlanmıştır. Alt seviye depremin 50 yılda aşılma olasılığı %50, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 72 yıldır. Üst seviye depremin 50 yılda aşılma olasılığı %10, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 475 yıldır. Ss; kısa periyod spektral ivme değeri, S1 uzun periyod spektral ivme değeridir. Ülkemiz için kullanılabilecek bu değerler koordinatlara göre “Kıyı ve Liman Yapıları, Demiryolları, Hava Meydanları İnşaatlarına İlişkin Deprem Teknik Yönetmeliğinde” tanımlanmıştır. Bu çalışma kapsamında kullanılan spektral ivme değerleri de bu yönetmelikten elde edilmiştir.

İvme spektrumlarının belirlenmesinde zemin sınıfları kullanılır. Bu nedenle zemin sınıfı tanımlanırken oldukça dikkatli olmak gereklidir. Zemin sınıfı jeolojik veya geoteknik rapordan alınmalıdır. Bu kısımda açılır bir pencere mevcuttur. Şekil 3.7’de bu pencerenin içeriği görülmektedir.



Şekil 3.7. Zemin sınıfının belirlenmesi

Üst yapı bilgileri

Köprüler genellikle üst yapı sistemine göre adlandırılırlar. Örneğin; yerinde dökme köprü, ön germe köprü, ard germe köprü, çelik köprü gibi. Ülkemizde normal köprüler 90’lı yıllara kadar genellikle yerinde dökme olarak yapılmıştır. 90’lı yıllardan sonra prefabrik teknolojisinin gelişmesi ve yeni yöntemlerin bulunmasıyla ön germe tipi köprüler ağırlıklı olarak yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışma kapsamında sadece betonarme köprüler incelendiğinden dolayı bu bölümdeki veriler de bununla sınırlandırılmıştır.

Üst yapı malzeme ve tipine göre; yerinde dökme betonarme ve ön germeli betonarme olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Bu kısımda açılır bir pencere mevcuttur. Şekil 3.8’de bu pencerenin içeriği görülmektedir.

Malzeme ve Tip :	Betonarme-Yerinde dökme	▼
	Betonarme-Yerinde dökme	
	Betonarme-Ön germe	

Şekil 3.8. Üst yapı tipinin belirlenmesi

Açıklık sayısı; köprü üst yapısının zemin ile temas ettiği orta ayak sayısının bir fazlasına eşittir. Örneğin; dört adet orta ayağa sahip bir köprü beş açıklıklı demektir.

Üst yapı sisteminin köprü davranışına etki eden unsurlardan biri de derzlerdir. Bir köprünün üst yapı sisteminde bulunan derzlerin sayısı ve yeri köprü davranışını oldukça etkiler. Sismik kuvvetler altında üst yapının boyuna doğrultuda yapacağı yer değiştirme süreksiz sistemlerde iki genişleme derzi arasındaki mesafe ile hesaplanır. Bu bölümde yer alan genişleme derzleri arasındaki en uzun mesafe kısmına, köprünün üst yapısında bulunan ardışık iki genişleme derzlerinden en uzun mesafeye sahip olan değer yazılmalıdır.

Mesnet bilgileri

Betonarme köprülerde kullanılan mesnet tipleri olarak; elastomer mesnet, kurşun plaka, rocker ve pot bearing tanımlanmıştır. Karayolları Genel Müdürlüğünden yetkililerle yapılan görüşmelerde 90’lı yıllar öncesi yapılan yerinde dökme köprülerde mesnet olarak kurşun plaka kullanıldığı bilgisine ulaşılmıştır. Günümüzde bu mesnet tipi kullanılmasa da yerinde dökme köprülerin mesnet tipi olarak belirtilmesi gerektiği için forma dahil edilmiştir.

Mesnetlerin durumu ile ilgili kısımda, mesnetlerin tasarım amaçlarını uygun olarak davranıp davranmadığını belirtilmelidir. Eğer mesnedin mevcut durumu tasarım amaçlarını yerine getirebiliyorsa işlevsel, yerine getiremiyorsa işlevsel değil olarak tanımlanmalıdır. Mesnet tipi köprü üst yapısının boyuna doğrultuda yer değiştirmesine izin veriyorsa hareketli, izin vermiyorsa sabit olarak kabul edilir. Aynı esaslar enine doğrultu içinde

geçerlidir. Mesnetlerin davranışını belirleyebilmek için, mesnetlerin tipine göre beklenen davranışlara hâkim olmak gereklidir. Bu kısımlarda açılır pencereler mevcuttur. Şekil 3.9, Şekil 3.10, Şekil 3.11 ve Şekil 3.12’de bu pencerelerin içerikleri görülmektedir.

Tip :	Elastomer ▼
	Elastomer
	Kurşun plaka
	Rocker
	Pot

Şekil 3.9. Mesnet tipinin belirlenmesi

Durum	İşlevsel ▼
	İşlevsel
	İşlevsel değil

Şekil 3.10. Mesnet durumunun belirlenmesi

Boyuna	Sabit ▼
	Sabit
	Hareketli

Şekil 3.11. Mesnedin boyuna doğrultudaki davranışının belirlenmesi

Enine	Hareketli ▼
	Sabit
	Hareketli

Şekil 3.12. Mesnedin enine doğrultudaki davranışının belirlenmesi

Orta ayak bilgileri

Bu bölümde orta ayakları oluşturan kolonların malzemesi ve geometrik özellikleri ile temel tipi belirtilmektedir. Kolon yüksekliği olarak etkin kolon yüksekliği belirtilmelidir. Etkin kolon yüksekliği; orta ayak temelini orta noktası ile başlık kirişinin orta noktası arasındaki yükseklik olarak kabul edilmektedir. Bu kısımlarda açılır pencereler mevcuttur. Şekil 3.13 ve Şekil 3.14’de bu pencerelerin içerikleri görülmektedir.

Malzeme ve Tip :	Betonarme	▼
	Betonarme	
	Çelik	
	Kompozit	

Şekil 3.13. Kolon malzemesi ve tipinin belirlenmesi

Orta ayak temel tipi :	Kazıklı temel	▼
	Tekil temel	
	Kazıklı temel	
	Sıra kazık	
	Tek kazık	
	Diğer	

Şekil 3.14. Orta ayak temel tipinin belirlenmesi

Kenar ayak bilgileri

Bu bölümde kenar ayak tipi ve yüksekliği, temel tipi, kenar ayağın kanat duvarına sahip olup olmadığı ve sıvılaşma hassaslığı belirtilmektedir. Burada özellikle sıvılaşma hassaslığının belirlenmesinde dikkatli olunması gerekmektedir ve karar bu konuya hakim kişi veya kişilerce verilmelidir. Bu kısımlarda açılır pencereler mevcuttur. Şekil 3.15, Şekil 3.16, Şekil 3.17, Şekil 3.18 ve Şekil 3.19’de bu pencerelerin içerikleri görülmektedir.

Kenar ayak tipi :	Gövdeli	▼
	Gövdeli	
	Kazık	
	İntegral	
	Diğer	

Şekil 3.15. Kenar ayak tipinin belirlenmesi

Temel :	Tekil	▼
	Tekil	
	Kazıklı	
	Diğer	

Şekil 3.16. Kenar ayak temel tipinin belirlenmesi

Bölge :	Yarma Yarma Dolgu
---------	--

Şekil 3.17. Bölge tipinin belirlenmesi

Sıvılaşma hassaslığı :	Bilinmiyor Düşük Orta Yüksek Bilinmiyor
------------------------	--

Şekil 3.18. Sıvılaşma hassaslığının belirlenmesi

Kanat Duvarı :	Hayır Evet Hayır
----------------	---

Şekil 3.19. Kanat duvarının belirlenmesi

3.2. Derecelendirme İşlemi

Köprülerin derecelendirilmesini ikiye ayırmak gerekmektedir. Bunlardan ilki köprüyü oluşturan elemanların yapısal durumunun derecelendirilmesi; ikincisi ise bu elemanların afet olayları (sel, fırtına, deprem vb.) için durumunun derecelendirilmesidir.

Ülkemizde çok sayıda büyük ve aktif fayın bulunmasından dolayı, en çok karşılan afet olayı depremdir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında afet olayları için değerlendirme deprem için yapılacaktır.

Köprülerin değerlendirilmesi yapılırken; “Yapısal Durum Derecesi” ve “Sismik Durum Derecesi” belirlenmeli, bu iki durum derecesi de göz önüne alınarak köprü için yapılacak faaliyete karar verilmelidir.

Ulusal KYS’de köprü elemanlarının “Yapısal Durum Derecesi” belirlenmekte, “Sismik Durum Derecesi” ile ilgili herhangi bir değerlendirme bulunmamaktadır. Bu tez kapsamında köprülerin sismik hassasiyetinin hesaplanması ile ilgili çalışmalar yapılarak

köprülerin “Sismik Durum Derecesi” belirlenmeye çalışılmaktadır. Bunu sağlayabilmek için “Köprü Sismik Envanter Bilgi Formu” oluşturulmuş ve buradaki verilerden sismik durum derecesinin nasıl belirleneceği anlatılmıştır.

3.2.1. Yapısal durum derecelendirilmesi

Gelişmiş ülkelerde köprü elemanlarının durumlarını belirtmek için çeşitli derecelendirme sistemleri kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olanları; NBIS’de tarif edilen 0 ila 9 aralığında değişen derecelendirme sistemi (10 dereceli sistem) ve AASHTO Köprü Elemanlarının Muayenesi El Kitabında tarif edilen 1 ila 4 aralığında değişen durum derecelendirme sistemidir(4 dereceli sistem). Ulusal KYS’de 1 ila 4 aralığında değişen durum derecelendirme sistemi kullanılmaktadır.

Betonarme bir elemanın durum derecelendirmesi; o elemanda gözlemlenen bozulmasının türüne ve şiddetine bağlı olarak belirlenir. Betonarme bir elemanda meydana gelebilecek başlıca bozulma türleri; çatlak, dökülme ve donatının açığa çıkmasıdır. Özellikle çatlak hasarı elemanın durumu hakkında net bilgiler verir. Bu nedenle çatlağın tipini ve genişliğini doğru tespit etmek oldukça önemlidir. Aynı tip ve genişlikteki çatlak, normal donatılı betonda ve ön gerilmeli betonda oldukça farklı hasar derecesini belirtir.

Normal donatılı betonarme bir elemanda çatlak genişliğine bağlı olarak önerilen durum derecesi 10 dereceli sistem için Çizelge 3.2’de, 4 dereceli sistem için Çizelge 3.3’de verilmektedir.

Çizelge 3.2. Çatlak genişliğine göre durum derecesi (10 dereceli sistem)

Önerilen Derece	Çatlak Genişliği (mm)
9	Çatlak yok
8	< 0,8
7	0,8 – 1,6
6	1,7 – 2,4
5	2,5 – 3,2
4	3,3 – 4,0
3	4,1 – 4,8
2	4,9 – 5,6
1	>5,6
0	Kırılma

Çizelge 3.3. Çatlak genişliğine göre durum derecesi (4 dereceli sistem)

Önerilen Derece	Çatlak Genişliği (mm)
1	< 1,6
2	1,6 – 3,2
3	3,2 – 4,8
4	> 4,8

Ön germeli kiriş için çatlak genişliğine bağlı olarak önerilen durum derecesi 10 dereceli sistem için Çizelge 3.4’de, 4 dereceli sistem için Çizelge 3.5’de verilmektedir.

Çizelge 3.4. Ön germeli beton kiriş için çatlak genişliğine göre durum derecesi (10 dereceli sistem)

Önerilen Derece	Çatlak Genişliği (mm)
9	Çatlak yok
8	< 0,05
7	0,06 – 0,10
6	0,11 – 0,15
5	0,16 – 0,25
4	0,26 – 0,40
3	0,41 – 0,60
2	0,61 – 0,80
1	>0,80
0	Kırılma

Çizelge 3.5. Ön germeli beton kiriş için çatlak genişliğine göre durum derecesi (4 dereceli sistem)

Önerilen Derece	Çatlak Genişliği (mm)
1	< 0,10
2	0,10 – 0,23
3	0,25 – 0,76
4	> 0,76

3.2.2. Sismik durum derecelendirmesi

Etkin bir KYS için sismik durum derecelendirilmesi yapılması önerilmektedir. Diğer gelişmiş ülkelerde kullanılmakta olan sismik durum derecelendirmesinin esasları Bölüm 2.5’de anlatılmaktadır.

Deprem yer hareketi; alt seviye ve üst seviye olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Alt seviye yer hareketi; 75 yılda aşılma olasılığı 50%, dönüş periyodu ise yaklaşık 100 yıl olan yer

hareketidir. Üst seviye deprem hareketi; 75 yılda aşılma olasılığı 7%, dönüş periyodu ise yaklaşık 1000 yıl olan yer hareketidir.

Bu çalışma kapsamında önerilen sismik durum derecelendirilmesinin hesaplanmasında DLH Yönetmeliğinde belirtilen deprem düzeyleri kullanılmaktadır. Buna göre; alt seviye deprem hareketi olarak D1 düzeyi, üst seviye deprem hareketi olarak D2 düzeyi kabul edilmektedir. “D1 düzeyindeki depremin 50 yılda aşılma olasılığı 50%, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 72 yıldır. D2 düzeyindeki depremin 50 yılda aşılma olasılığı 10%, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 475 yıldır” [8].

3.3. Önceliklendirme İşlemi

Köprülerin bakım-onarım faaliyetleri için önceliklendirilmesini belirleyen esaslar; yapısal durum derecesi, sismik durum derecesi, trafik değerleri ve maliyettir. Önceliklendirme işlemini oluşturan esaslar kendi içlerinde birçok etkene bağlı olduğundan dolayı oldukça karmaşıktır. Önceliklendirme yapmadan önce köprülerin durumu için genel yaklaşımın ne olacağı belirlenmelidir. Şöyle ki; bir köprünün bütün elemanları ile tamamıyla işlevsel olmasını mı yoksa daha fazla sayıda köprünün ana elemanlarının tamamıyla işlevsel olup, ikincil elemanlarındaki hasarları mevcut hali ile kalmasını mı tercih ediyoruz. Yani önce tüm köprülerin ana elemanlarını önceliklendirip, sonrasında ikincil elemanları önceliklendirmekte bir seçenektir.

Etkin bir önceliklendirme için; köprünün durum derecesini oluşturan etkenler incelenmeli, köprünün bulunduğu bölgenin trafiğinin gelişimi göz önünde bulundurulmalı ve herhangi bir elemana yapılacak bakım-onarım faaliyetinin maliyetinin ne olacağı ve bu faaliyetin köprünün performansına etkisinin ne olacağı iyi analiz edilmelidir.

Sonucu etkileyen değişkenlerin çok sayıda olmasından, genel yaklaşımın sıralamayı tamamıyla değiştireceği ve yapılacak faaliyetin sonucu tahmin etmenin zorluklarından dolayı, önceliklendirme işleminde karar verecek kişilerin; köprü yönetim sisteminin tüm unsurlarına hakim olmaları gerekmektedir.

4. PERFORMANSA DAYALI SİSMİK GÜÇLENDİRME KATEGORİLERİ, SİSMİK DERECELENDİRME VE ÖNCELİKLENDİRME

Köprülerin performansa dayalı sismik güçlendirme kategorilerinin bulunması ve sismik hassasiyet derecesinin belirlenmesi ile ilgili Bölüm 3.2.2’de anlatılan analizler, ülkemizin farklı bölgelerindeki 10 adet köprü grubu üzerinde uygulanmıştır. Bu köprülerin envanter bilgileri Çizelge 4.1’de verilmektedir. Bu 10 adet köprü grubundan bir tanesinin analizi detaylı olarak anlatılmakta, geri kalan köprülerin ise sadece analiz sonuçları verilmektedir. Köprü gruplarının analiz sonuçlarına göre sismik önceliklendirmesi yapılmakta ve çizelge 4.2’de verilmektedir.

4.1. Veriler

Temin edilen envanter verilerinden köprüler başlıca; yapım yılına, toplam uzunluğuna, önem kategorisine, verevlik açısına ve oturma genişliğine bağlı olarak 10 farklı grupta sınıflandırılmıştır. Belirtilen kriterlere bağlı olarak oluşturulan köprü grupları ve özellikleri Çizelge 4.1’de verilmektedir.

4.2. Örnek Uygulama

Sismik hassasiyet derecesinin belirlenmesi için örnek uygulama köprü grubu-8 için yapılmaktadır. Köprünün toplam uzunluğu ve ayak yüksekliği sismik hassasiyetin belirlenmesinde önemli bir etken olan oturma genişliği miktarını ve kolon hassasiyetini doğrudan etkilediğinden, en fazla uzunluğa ve ayak yüksekliğine sahip olduğu için köprü grubu-8 seçilmiştir.

İndis metodunu kullanarak betonarme basit açıklıklı bir köprünün sismik güçlendirme kategorisinin ve sismik hassaslık derecesinin bulunması.

Köprünün özellikleri; beş açıklıklı, elastomer mesnetli ön germe betonarme köprü. Köprü toplam uzunluğu 140,95m, iki genişleme derzi arasındaki en uzun mesafe 83,9m, genişliği 11,00m, verevliliği 0°, oturma genişliği (destek uzunluğu, L) L=600mm, orta ayak

yüksekliği 7,00m, kenar ayak yüksekliği 5,00m, yapım yılı 2003, zemin sınıfı D, yıllık günlük ortalama trafik 12 805 ve köprü önem sınıfı “normal”.

Çizelge 4.1. Köprü gruplarının sismik envanter bilgileri

Veri	KÖPRÜ SİSMİK ENVANTER BİLGİLERİ									
	Köprü 1	Köprü 2	Köprü 3	Köprü 4	Köprü 5	Köprü 6	Köprü 7	Köprü 8	Köprü 9	Köprü 10
Köprü adı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Köprü yeri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Köprü no	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KGM Bölge no	14	14	2	1	2	14	2	1	14	1
Yapım yılı	1969	1972	1951	1991	1984	1992	1987	2003	1977	2003
Köprü tipi	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Betonarme
Toplam uzunluk (m)	73,45	95,65	37,60	32,60	43,90	28,50	67,40	140,95	40,80	49,80
Toplam genişlik (m)	11,75	8,05	8,00	11,80	9,30	11,70	12,00	11,00	11,70	11,50
Köprü açıklık sayısı	5	5	3	2	3	3	5	5	3	3
Genleşme derzi sayısı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Köprü önemi	Normal	Zaruri	Normal	Normal	Zaruri	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Koordinatları	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Verevilik (°)	40	20	0	10	20	10	0	0	0	0
ADT	38 580	2 665	14 271	14 321	1 207	3 114	14 271	12 805	34 645	16 285
Zemin sınıfı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mesnet tipi	Elastomer	Elastomer	Elastomer	Elastomer	İntegral	İntegral	Elastomer	Elastomer	Elastomer	Elastomer
Boyuna mesnetlenme tipi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enine mesnetlenme tipi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oturma genişliği (mm)	600	-	600	550	-	-	500	600	450	600
Kenar ayak yüksekliği (m)	2,50	3,50	4,80	5,50	2,50	5,00	5,00	5,00	3,00	3,00
Orta ayak yüksekliği (m)	3,50	3,50	4,00	5,50	2,50	5,00	5,00	7,00	6,50	6,50
Kolonlarda boyuna donatı %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kolonlarda enine sargılama	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sıvılaşma hassaslığı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Adım 1 - Sismik güçlendirme kategorisinin(SRC) belirlenmesi.

Adım 1.1- Kalan servis ömrü (ASL) bulunması:

Köprünün yaşı = 2014 – 2003 = 11 yıl

Tahmin edilen servis ömrü = 75 yıl

Kalan servis ömrü = 75 – 11 = 64 yıl

Kalan servis ömrü 64 yıl olan bir köprü için Çizelge 2.10'dan servis ömrü kategorisi “ASL 3” olarak bulunur.

Performans seviyesi (PL) :

Önem sınıfı “normal” ve servis ömrü kategorisi “ASL 3” olan bir köprünün Çizelge 2.11'den üst seviye yer hareketi için performans seviyesi “PL 1” olarak bulunur.

Sismik risk seviyesi (SHL) :

Üst seviye deprem hareketi için $S_s = 0,64$ ve $S_1 = 0,30$

Çizelge 2.12 ve Çizelge 2.13'den sırasıyla zemin sınıfı D için; $F_a = 1,3$ ve $F_v = 1,2$ olarak bulunmaktadır. Bu değerlere göre;

$$S_{DS} = F_a \times S_s = 1,3 \times 0,64 = 0,832$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1 = 1,2 \times 0,30 = 0,36 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Hesaplanan bu değerlere göre Çizelge 2.14'den sismik risk derecesi “SHL 4” olarak bulunur.

Sismik güçlendirme kategorisi (SRC) :

Üst seviye deprem hareketinde “PL 1” ve “SHL 4” özelliklerindeki bir köprü için Çizelge 2.15'dan sismik güçlendirme kategorisi “SRC C” olarak belirlenir.

Adım 2. Hassaslık derecelerinin bulunması.

Adım 2.1. Mesnet ve oturma genişliğinin hassasiyeti, V1:

Gerekli boyuna destek uzunluğu(oturma genişliği), N;

$$N = \left[100 + 1,7 \times 83,9 + 7,0 \times 7,0 + 50 \times \sqrt{1 + \left(\frac{2 \times 11,0}{83,9} \right)^2} \right] \times \frac{(1 + 1,25 \times 1,2 \times 0,30)}{\cos 0}$$

$$N = 498mm$$

$L \geq N$ olduğu için $V_L = 0$ 'dır. $V_1 = V_L = 0$ olarak belirlenir.

Adım 2.2. Kolon hassasiyetinin, CVR :

Kontrol 1- Kesme kırılmasından dolayı kolon hassasiyeti, CVR1

Kolondaki boyuna donatı yüzdesi bilinmediğinden bu kontrol yapılamamıştır.

Kontrol 2- Bindirme bölgesinde eğilme kırılmasından dolayı kolon hassasiyeti

$S_{D1} = 0,36$ olduğu için $CVR2 = 7$ 'dir.

Kontrol 3- Donatının bilinmediği orta ayaklarda kolon hassasiyeti

Kolon yüksekliği 7,00m olduğu için $CVR3 = 7$ 'dir.

Kontrol 4- Temel yetersizliğinden dolayı kolon hassasiyeti

$S_{D1} = 0,36 < 0,5$ olduğu için $CVR4 = 0$ 'dır. Kolonun hassasiyeti yukarıda yapılan dört kontrolden en büyük değerde olana eşittir.

Dolayısıyla, $CVR = 7$ 'dir.

Adım 2.3. Kenar ayak hassasiyeti, AVR:

$S_{D1} = 0,36$ olduğu için kenar ayak arkasındaki dolgu oturması,

$\Delta = 1\% \times \text{kenar ayak yüksekliği} = 1\% \times 5\,000mm = 50mm$ olarak hesaplanır.

Köprü su geçişi köprüsü olduğu için dolgu oturması değeri (Δ), 2 katı olarak alınır.

$\Delta = 50mm \times 2 = 100mm < 150mm$ olduğu için $AVR = 0$ 'dır.

Adım 2.4. Sıvılaşma hassasiyeti, LVR:

Su geçişi köprülerinde zeminin sıvılaşma hassaslığı “Yüksek” olarak kabul edilmiştir. Çizelge 2.18’den sıvılaşma hassaslığı “Yüksek” bir zemin için $S_{D1} = 0,36$ olması durumunda zeminin sıvılaşma potansiyeli “Yüksek” olarak bulunur ve Çizelge 2.19’den $LVR=7$ olarak belirlenir.

$$V2 = CVR + AVR + LVR \leq 10$$

$$V2 = 7 + 0 + 7 \leq 10$$

$V2 = 10$ olarak bulunur.

Köprünün sismik hassasiyeti;

$$V = \max(V1, V2)$$

$$V = \max(0,10)$$

$V = 10$ olarak belirlenir.

Adım 3. Sismik risk derecesinin(E) bulunması.

$$E = 10 \times S_{D1} = 10 \times 0,36 = 3,6$$

Adım 4. Köprünün sismik hassaslık derecesinin(R) belirlenmesi.

$$R = V \times E = 10 \times 3,6 = 36$$

Çizelge 4.1’de özellikleri verilen geri kalan 9 köprü içinde benzer uygulama yapılmakta ve bu köprülerin sismik hassaslık derecelerini gösteren sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmektedir.

Çizelge 4.2. Köprü gruplarının sismik hassasiyet dereceleri

Veri	SİSMİK DERECELENDİRME									
	Köprü 1	Köprü 2	Köprü 3	Köprü 4	Köprü 5	Köprü 6	Köprü 7	Köprü 8	Köprü 9	Köprü 10
ASL	ASL-2	ASL-2	ASL-1	ASL-3	ASL-2	ASL-3	ASL-2	ASL-3	ASL-2	ASL-3
PL	PL-1	PL-1	N	PL-1	PL-1	PL-1	PL-1	PL-1	PL-1	PL-1
SHL	SHL-4	SHL-4	N	SHL-4	SHL-4	SHL-3	SHL-4	SHL-4	SHL-4	SHL-4
SRC	SRC-C	SRC-C	N	SRC-C	SRC-C	SRC-B	SRC-C	SRC-C	SRC-C	SRC-C
VT	5	0	N	0	0	0	0	0	0	0
VL	10	5	N	0	10	0	5	0	5	0
V1	10	5	N	0	10	0	5	0	5	0
CVR	5	5	N	7	5	0	7	7	10	0
AVR	0	0	N	5	0	5	5	0	5	0
LVR	5	0	N	5	0	0	5	5	5	0
V2	10	5	N	10	5	5	10	10	10	0
V	10	5	N	10	10	5	10	10	10	0
E	5,1	2,5	N	12,1	4,2	2,2	4,8	3,6	5,5	3
R	51	13	N	100	42	11	48	36	55	0

Çizelge 4.2’de verilen köprülerin sismik hassaslık derecelerine göre yapılan önceliklendirme Çizelge 4.3’de belirtilmektedir.

Çizelge 4.3. Köprü gruplarının önceliklendirilmesi

Öncelik Sırası	Köprü No
1	Köprü – 4
2	Köprü – 9
3	Köprü – 1
4	Köprü – 7
5	Köprü – 5
6	Köprü – 8
7	Köprü – 2
8	Köprü – 6
9	Köprü – 10
10	Köprü – 3

Yukarıdaki çizelgede verilen sıralama, Bölüm 2.5.4’de belirtilen kriterler kullanılarak hesaplanan ve Bölüm 3.3’te anlatılan yaklaşımlar da dikkate alınarak karar verilen, sismik güçlendirilme yapılması gereken köprülerin önceliğini belirtmektedir.

5. SONUÇ, DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Tez çalışması sırasında incelenen gelişmiş ülkelerin KYS içeriğinin, KGM yetkilileri ile yapılan görüşmelerin ve ulusal KYS içeriği ile geliştirilmeye çalışılan yeni bir uzman sistem kullanılarak yapılan analizlerin değerlendirilmesi şu şekilde özetlenebilir.

5.1. İrdelemelere İlişkin Olarak

- 1- Köprü Yönetim Sistemini oluşturan temel unsurlar olan; muayene, yapısal değerlendirme ve iyileştirme işlemleri bir bütündür ve bu işlemlerin herhangi birinde yapılan eksiklik sistemin amacına ulaşmasını engellemektedir.
- 2- Gözle muayene sonucunda elde edilen veriler, gözlemci mühendis tarafından gerekli görüldüğünde; tahrip edici olmayan veya tahrip edici olan testler yapılarak doğrulanmaktadır.
- 3- Her bir muayene türü için muayene aralığı belirtilmektedir. Köprü elemanlarından döşemenin, kirişin, başlık kirişinin, kolonun veya kenar ayağının yapısal durum derecesinin 10'luk sistemde 4 ve 4'den daha az, dörtlük sistemde 3 ve üzerinde derecelendirilmesi durumunda veya mühendisin yargısına bağlı olarak muayene aralığı azaltılmaktadır.
- 4- Rutin muayene ve raporları, köprünün mevcut durumunun karakterize edilmesini ve yapısal, fonksiyonel eksikliklerinin tanımlanmasını sağlamaktadır. Köprülerin rutin muayenesinin belirlenen sıklıkta düzenli olarak yapılması; mevcut hasarları tespit etmek, varsa bir önceki muayene raporunda belirtilen hasarın gelişimini izlemek ve oluşturabileceği hasarları tahmin edebilmek için büyük önem arz etmektedir.
- 5- Betonarme ve ön germeli elemanlarda çatlak genişliği ve yoğunluğu elemanın yapısal durumu ile ilgili önemli bilgiler vermektedir. Bu nedenle çatlak genişliklerinin tespitinde azami dikkat gösterilmelidir.
- 6- Köprü elemanlarının yapısal durum derecelendirmesine ek olarak köprünün sismik durum derecelendirmesini de analiz etmek ve bu değerlendirmeyi de göz önüne alarak yapılacak işleme karar vermek; köprünün her koşulda istenilen hizmet seviyesini sağlaması için büyük önem arz etmektedir.

- 7- Karayolu köprülerinin sismik güçlendirilmesinde performansa dayalı tasarım kullanılmaktadır. Performansa dayalı tasarım; köprüden beklenen performansa bağlı olarak farklı seviyelerde bakım onarım işlemi yapmaya imkan sağlamaktadır.
- 8- Gelişmiş ülkelerde köprü muayenesi köprünün zemin altında kalan temel ve kazıkları da içermektedir.
- 9- Köprüde meydana gelebilecek sivilaşmanın potansiyeli, özellikle su geçişi köprülerinde köprünün sismik durum derecesini önemli oranda etkilemektedir.
- 10- Bir köprünün sismik hassasiyetinin belirlenmesinde mesnedin durumu ve oturma genişliği oldukça önemlidir. Köprüde projelendirme esasına uygun kapasitede mesnet ve minimum boyuttaki oturma genişliği sağlanarak köprünün sismik hassasiyeti önemli ölçüde azaltılabilmektedir.
- 11- Köprülerde bakım, onarım, iyileştirme faaliyetlerini gerçekleştirmeden önce, köprülerin sismik hassaslık dereceleri de hesaplanmaktadır. Yapılacak olan faaliyete, köprü elemanlarının yapısal durum derecelerine ve köprünün sismik hassaslık derecesine bakılarak karar verilmektedir.
- 12- Ülkemizde büyük fay kuşakları bulunduğundan dolayı deprem potansiyeli ve ivmesi yüksektir. Bu nedenle sismik hassaslığın analizi ülkemizdeki köprüler için daha fazla önem arz etmektedir. Tez kapsamında, bir köprünün sismik hassasiyet derecesinin hesaplanmasında kullanılacak verileri elde etmeyi sağlayacak “Köprü Sismik Envanter Bilgi Formu” geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu formdan elde edilen veriler ile hesaplanan sismik hassasiyet ve elemanların yapısal durum dereceleri beraber bir bütün olarak değerlendirilerek, daha etkin bir bakım onarım faaliyeti yapılabileceği, dolayısıyla daha etkin bir Köprü Yönetim Sistemi oluşturulabileceği düşünülmektedir.
- 13- Gelişmiş ülkelerde KYS tek bir merkezden değil, bölgelerdeki ilgili kurum ya da kuruluşlar tarafından sağlanmaktadır.
- 14- Gelişmiş ülkelerde köprü muayenesi bu konuda özel eğitim almış, bu konuda yetki belgesine sahip kişiler tarafından yapılmaktadır.

5.2. Ulusal KYS İçeriğine İlişkin Olarak

- 1- KYS'yi oluşturan başlıca unsurlar ve bu sistemin amaçları El Kitabında detaylıca açıklanmalı, ilgili ve yetkili kişiler tarafından özümсенmesi sağlanmalıdır.

- 2- El kitabına; köprü elemanlarının durumlarını ve derecesini nitelemeye yaracak, muayene türleri ve nasıl yapıldığında dair fikir verecek daha fazla görsel içerik eklenmelidir.
- 3- Köprü Yönetim Sistemi'nin her aşamasının bu konuda uzman kişiler tarafından yürütülmesi gerektiği, bu kişilerin nitelikleri ve sahip olması gereken yeterlilik belgeleri detaylıca belirtilmelidir.
- 4- Köprü Yönetim Sistemi kapsamında "Köprü Muayenesi El Kitabına" ek olarak "Köprülerde Sismik Güçlendirme El Kitabı" da hazırlanarak, KYS bu iki el kitabı beraber kullanılarak yürütülmelidir.

5.3. Muayeneye İlişkin Olarak

- 1- Ulusal KYS'ye köprülerde yapılması gereken muayene türlerine hasar muayenesi, su altı muayenesi ve özel muayene eklenmeli; bütün muayene türleri için hangi sıklıkla yapılması ve hangi durumlarda muayene sıklığının azaltılması gerektiği belirtilmelidir.
- 2- Köprünün elemanlarının muayene edilmesi işlemi sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar her eleman için ayrı ayrı belirtilmelidir. Sağlıklı bir muayene işlemi için derecelendirme işlemi yapılmadan önce elemanın bu hususlar dikkate alınarak incelendiğinden emin olunmalıdır.
- 3- Köprülerin sadece zemin üzerindeki elemanları için değil, zemin altındaki elemanları için de gerekli muayeneler yapılmalıdır.
- 4- Muayene işlemleri bu konuda özel eğitim almış kişilerce yapılmalıdır. Muayene yapacak Teknik Elemanın; mühendislik prensiplerine hakim, yapısal elemanın davranışını bilen, yapı-zemin etkileşimi, geoteknik ve sismik konularda bilgili kişiler olmasına dikkat edilmelidir.
- 5- Köprü muayenesini yapacak Teknik Elemanın görev ve sorumlulukları net bir şekilde tanımlanmalı ve konu ile ilgili gerekli eğitimlere tabi tutulmalıdır. Bu, bir köprüyü farklı kişiler muayene ettikten sonra aynı veya yakın sonuçlara ulaşmak, yani yeknesaklığı sağlayabilmek ve etkin bir KYS için oldukça önemlidir.

5.4. Derecelendirmeye İlişkin Olarak

- 1- Köprü Muayenesi El Kitabında ön germeli kirişlerin muayenesi ile ilgili çatlak genişliklerine göre hasar derecelendirilmesinde genel kabullere göre farklılık tespit

edilmiştir. Ön germeli kiriş için çatlak genişliğine göre derecelendirmenin betonarme bir kirişin derecelendirmesi ile aynı sınırlarda tutulduğu görülmektedir. Fakat ön germeli bir kiriş için çatlak genişliği sınırları çok daha dardır. Ön germeli kirişlerin değerlendirilmesi için önerilen derecelendirme kıstasları bölüm 3.2.1’de verilmektedir. Bu konu ile ilgili düzeltmenin en kısa sürede yapılması ön germeli kirişlerin yapısal durum değerlendirmesinin doğruyu yansıtmaması ve KYS’nin yanlış yönlendirilmemesi için önem arz etmektedir.

- 2- Köprülerde yapılacak bakım onarım faaliyetine karar vermeden önce yapısal ve sismik durum derecelendirmesinin her ikisinin de yapılması etkin bir KYS sağlanabilmesi için önemlidir.
- 3- Betonarme elemanların derecelendirilmesinde kullanılan bazı hasar tiplerinde belirtilen esaslar net değildir ve farklı yorumlanmaya açıktır. Hasar tipi derecesinin belirlenmesinde kullanılan esaslar, muayene yapan farklı kişilerin aynı sonuca ulaşabilmesi yani yeknesaklığı sağlayabilmek ve yanlış hesaplama sebebiyet vermemek için hasar tiplerinde belirtilen büyüklüklerin hesap yaklaşımı açıklanmalı ve/veya örneklenmelidir.

5.5. Önceliklendirmeye İlişkin Olarak

- 1- Köprüler için yapısal durum derecelendirilmesi ile sismik durum derecelendirilmesinin birlikte yapılması etkin bir KYS sağlayabilmek için önemlidir. Yapılan analizler sonucunda sismik durum derecesinin köprülerin önceliklendirilmesini oldukça etkileyebileceği görülmektedir. Şöyle ki; yapısal durum derecelendirilmesine göre yapılan önceliklendirme sonucunda orta sıralarda yer alan bir köprü, sismik durum derecelendirilmesi sonucuna göre genel değerlendirmede daha üst sıralarda yer alabilir. Bu durumun tersi de olasıdır.
- 2- Daha etkin bir KYS için geliştirilmeye çalışılan uzman sistem kapsamında incelenen köprülerde; yetersiz oturma genişlikleri ve işlevsel olmayan mesnetler tespit edilmiştir. Yetersiz oturma genişliği sismik kuvvetler altında üst yapının boyuna doğrultuda yaptığı hareket sonucu düşmesine ve kullanılamayacak duruma gelmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle köprülerin oturma genişlikleri tespit edilmeli ve yetersiz olan köprülerde sağlanması gereken minimum oturma genişliği sağlanacak şekilde güçlendirme yapılması, ayrıca mesnetlerin incelenerek işlevsel olmayanların, köprünün

servis ve deprem anında tasarıma uygun olarak davranabilmesi için yenileri ile değiştirilmesi önerilmektedir.

- 3- Yapılan hesaplamalarda mesnet ve oturma genişliğinin durumunun köprülerin sismik durum derecesini oldukça etkilediği görülmektedir. Bu nedenle bir köprünün sadece yeterli oturma genişliğine veya işlevsel mesnetlere sahip olması, o köprünün sismik hassasiyetini azaltmaktadır. Başlıca bu iki unsurun standartlara uygunluğuna azami dikkat gösterilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Karayolları Genel Müdürlüğü. (2012). *Köprü Muayenesi El Kitabı*. Ankara: KGM Tesisler ve Bakım Dairesi Başkanlığı, 1,3-4, 6, 10, 8.
2. Khan, M.A. (2010). *Bridge and Highway Structure Rehabilitation and Repair*. New York: McGraw-Hill Book Co., 1-7, 335-340,344-346, 349.
3. Department of Transportation. (2010). *Bridge Inspection Manual*. Indiana: Department of Transportation, 3-12,15-17, 29-30.
4. Federal Highway Administration. (1995). *Recording and Coding Guide for Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridge*. Washington: Federal Highway Administration United States Department of Transportation, 38.
5. Michigan Department of Transportation. (2011). *Bridge Safety Inspection NBI Rating Guide*. Michigan: Department of Transportation, 1-16.
6. Federal Highway Administration. (2011). *Bridge Preservation Guide*. Washington: Federal Highway Administration United States Department of Transportation, 25.
7. Federal Highway Administration. (2006). *Seismic Retrofitting Manual for Highway Structures: Part 1- Bridges*. Washington: Federal Highway Administration United States Department of Transportation, 1-22, 111-130.
8. Ulaştırma Bakanlığı. (2008). *Kıyı ve Liman Yapıları, Demiryolları, Hava Meydanları İnşaatlarına İlişkin Deprem Teknik Yönetmeliği*. Ankara: Ulaştırma Bakanlığı, 1-2,63-163.

EKLER

EK-1. Köprü sismik envanter bilgi formu örneği

KÖPRÜ SİSMİK ENVANTER BİLGİ FORMU			
GENEL			
Köprü No :		Enlem :	
Köprü Adı :		Boylam :	
Köprü Yeri :		Yapım Yılı :	
KGM Bölge no :		ADT :	
Yolu :		Esas alınan standart :	AASHTO LFD ▼
Toplam Uzunluk (m) :		Geçiş :	Üst geçit ▼
Toplam Genişlik (m) :		Verevilik (derece):	
Açıklık Sayısı :			
Önem sınıfı :	Normal ▼	Güzergah :	Düz ▼
		Geometri :	Düzenli ▼
Sismik Risk	(72 yıllık) : Ss =		S1 =
	(475 yıllık) : Ss =		S1 =
Zemin Sınıfı :	A ▼		
ÜST YAPI			
Malzeme ve Tip :	Betonarme-Yerinde dökme ▼	Sürekli :	Hayır ▼
Genleşme Derzleri Arası En Uzun Mesafe (m) :			
MESNETLER			
Tip :	Elastomer ▼	Durum	İşlevsel ▼
Mesnetlenme Tipi :	Boyuna	Enine	Hareketli ▼
Destek Uzunluğu (m):	Sabit ▼		
KOLONLAR VE ORTA AYAKLAR			
Malzeme ve Tip :	Betonarme ▼		
En kesit :	Min. enine boyut (m):	Min. Boyuna boyut (m):	
Yükseklik (m) :			
Boyuna donatı miktarı (%) :			
Orta ayak temel tipi :	Kazıklı temel ▼		
KENAR AYAKLAR			
Kenar ayak tipi :	Gövdeli ▼	Temel :	Tekil ▼
Kenar ayak yüksekliği (m) :			
Bölge :	Yarma ▼	Kanat Duvarı :	Hayır ▼
Sıvılaşma hassaslığı :	Bilinmiyor ▼		
YORUMLAR :			

EK-2. Köprü-1 sismik envanter bilgi formu

KÖPRÜ SİSMİK ENVANTER BİLGİ FORMU			
GENEL			
Köprü No :	1	Enlem :	40.40
Köprü Adı :	-	Boylam :	29.00
Köprü Yeri :	-	Yapım Yılı :	1969
KGM Bölge no :	-	ADT :	38580
Yolu :	-	Tasarım Standardı :	Bilinmiyor
Toplam Uzunluk (m) :	73.45	Geçiş :	Su geçişi
Toplam Genişlik (m) :	11.75	Verevilik (derece):	40
Önem :	Normal	Güzergah :	Verevli
		Geometri :	Düzenli
Sismik Risk (72 yıllık) :	Ss = 0.61 g	S1 =	0.22 g
(475 yıllık) :	Ss = 1.23 g	S1 =	0.51 g
Zemin Bölge Sınıfı :	E		
ÜST YAPI			
Malzeme ve Tip :	Betonarme-Yerinde dökme		
Açıklık Sayısı :	5	Sürekli :	Evet
Genleşme Derzleri Arası En Uzun Mesafe (m) :	73.45		
MESNETLER			
Tip :	Kurşun plaka	Durum :	İşlevsel değil
Mesnetlenme Tipi :	Boyuna	Enine :	Hareketli
Destek Uzunluğu (m):	0.6		
KOLONLAR VE ORTA AYAKLAR			
Malzeme ve Tip :	Betonarme		
En kesit :	Min. enine boyut (m): -	Min. Boyuna boyut (m):	-
Yükseklik (m) :	3.50		
TEMELLER VE KENAR AYAKLAR			
Orta ayak temel tipi :	Tekil temel		
Kenar ayak tipi :	Gövdeli	Temel :	Kazıklı değil
Kenar ayak yüksekliği (m) :			
Bölge :	Yarma	Kanat Duvarı :	Evet
Sıvılaşma hassaslığı :	Bilinmiyor		
YORUMLAR :			

EK-3. Köprü-2 sismik envanter bilgi formu

KÖPRÜ SİSMİK ENVANTER BİLGİ FORMU			
GENEL			
Köprü No :	2	Enlem :	39.00
Köprü Adı :	-	Boylam :	29.20
Köprü Yeri :	-	Yapım Yılı :	1972
KGM Bölge no :	-	ADT :	2665
Yolu :	-	Tasarım Standardı :	Bilinmiyor ▼
Toplam Uzunluk (m) :	95.65	Geçiş :	Su geçişi ▼
Toplam Genişlik (m) :	8.05	Verevliklik (derece):	20
Önem :	Zaruri ▼	Güzergah :	Verevli ▼
		Geometri :	Düzenli ▼
Sismik Risk	(72 yıllık) : Ss = 0.35 g	S1 =	0.10 g
	(475 yıllık) : Ss = 0.79 g	S1 =	0.25 g
Zemin Bölge Sınıfı :	E ▼		
ÜST YAPI			
Malzeme ve Tip :	Betonarme-Yerinde dökme ▼		
Açıklık Sayısı :	5	Sürekli :	Evet ▼
Genleşme Derzleri Arası En Uzun Mesafe (m) :	95.65		
MESNETLER			
Tip :	Kurşun plaka ▼	Durum :	İşlevsel değil ▼
Mesnetlenme Tipi :	Boyuna	Hareketli ▼	
Destek Uzunluğu (m):	-	Enine	Hareketli ▼
KOLONLAR VE ORTA AYAKLAR			
Malzeme ve Tip :	Betonarme ▼		
En kesit :	Min. enine boyut (m): -	Min. Boyuna boyut (m):	-
Yükseklik (m) :	3.50		
TEMELLER VE KENAR AYAKLAR			
Orta ayak temel tipi :	Tekil temel ▼		
Kenar ayak tipi :	İntegral ▼	Temel :	Kazıklı değil ▼
Kenar ayak yüksekliği (m) :			
Bölge :	Yarma ▼	Kanat Duvarı :	Evet ▼
Sıvılaşma hassaslığı :	Bilinmiyor ▼		
YORUMLAR :			

EK-4. Köprü-3 sismik envanter bilgi formu

KÖPRÜ SİSMİK ENVANTER BİLGİ FORMU			
GENEL			
Köprü No :	3	Enlem :	38.60
Köprü Adı :	-	Boylam :	27.80
Köprü Yeri :	-	Yapım Yılı :	1951
KGM Bölge no :	-	ADT :	14271
Yolu :	-	Tasarım Standardı :	Bilinmiyor
Toplam Uzunluk (m) :	37.60	Geçiş :	Su geçişi
Toplam Genişlik (m) :	8.00	Verevilik (derece):	0
Önem :	Normal	Güzergah :	Düz
		Geometri :	Düzenli
Sismik Risk (72 yıllık) :	Ss = 0.52 g	S1 =	0.16 g
(475 yıllık) :	Ss = 1.21 g	S1 =	0.48 g
Zemin Bölge Sınıfı :	E		
ÜST YAPI			
Malzeme ve Tip :	Betonarme-Yerinde dökme		
Açıklık Sayısı :	3	Sürekli :	Evet
Genleşme Derzleri Arası En Uzun Mesafe (m) :	37.60		
MESNETLER			
Tip :	Kurşun plaka	Durum :	İşlevsel değil
Mesnetlenme Tipi :	Boyuna	Enine :	Hareketli
Destek Uzunluğu (m):	0.60		
KOLONLAR VE ORTA AYAKLAR			
Malzeme ve Tip :	Beton - Taş kolon		
En kesit :	Min. enine boyut (m): -	Min. Boyuna boyut (m):	-
Yükseklik (m) :	4.00		
TEMELLER VE KENAR AYAKLAR			
Orta ayak temel tipi :	Tekil temel		
Kenar ayak tipi :	Gövdeli	Temel :	Kazıklı değil
Kenar ayak yüksekliği (m) :	4.80		
Bölge :	Yarma	Kanat Duvarı :	Evet
Sıvılaşma hassaslığı :	Bilinmiyor		
YORUMLAR :			

EK-5. Köprü-4 sismik envanter bilgi formu

KÖPRÜ SİSMİK ENVANTER BİLGİ FORMU			
GENEL			
Köprü No :	4	Enlem :	40.60
Köprü Adı :	-	Boylam :	30.40
Köprü Yeri :	-	Yapım Yılı :	1991
KGM Bölge no :	-	ADT :	14321
Yolu :	-	Tasarım Standardı :	AASHTO
Toplam Uzunluk (m) :	32.60	Geçiş :	Su geçişi
Toplam Genişlik (m) :	11.80	Verevilik (derece):	10
Önem :	Normal	Güzergah :	Verevli
		Geometri :	Düzenli
Sismik Risk (72 yıllık) :	Ss = 1.00 g	S1 =	0.42 g
(475 yıllık) :	Ss = 2.02 g	S1 =	1.21 g
Zemin Bölge Sınıfı :	E		
ÜST YAPI			
Malzeme ve Tip :	Betonarme-Yerinde dökme		
Açıklık Sayısı :	2	Sürekli :	Evet
Genleşme Derzleri Arası En Uzun Mesafe (m) :	32.60		
MESNETLER			
Tip :	Elastomer	Durum :	İşlevsel değil
Mesnetlenme Tipi :	Boyuna	Enine :	Hareketli
Destek Uzunluğu (m):	0.55		
KOLONLAR VE ORTA AYAKLAR			
Malzeme ve Tip :	Betonarme		
En kesit :	Min. enine boyut (m): 1	Min. Boyuna boyut (m):	1
Yükseklik (m) :	5.50		
TEMELLER VE KENAR AYAKLAR			
Orta ayak temel tipi :	Diğer		
Kenar ayak tipi :	Gövdeli	Temel :	Kazıklı değil
Kenar ayak yüksekliği (m) :	5.50		
Bölge :	Yarma	Kanat Duvarı :	Evet
Sıvılaşma hassaslığı :	Bilinmiyor		
YORUMLAR :			

EK-6. Köprü-5 sismik envanter bilgi formu

KÖPRÜ SİSMİK ENVANTER BİLGİ FORMU			
GENEL			
Köprü No :	5	Enlem :	38.40
Köprü Adı :	-	Boylam :	28.40
Köprü Yeri :	-	Yapım Yılı :	1984
KGM Bölge no :	-	ADT :	1207
Yolu :	-	Tasarım Standardı :	Bilinmiyor
Toplam Uzunluk (m) :	28.80	Geçiş :	Su geçişi
Toplam Genişlik (m) :	9.30	Verevilik (derece):	20
Önem :	Zaruri	Güzergah :	Verevli
		Geometri :	Düzenli
Sismik Risk (72 yıllık) :	Ss = 0.45 g	S1 =	0.13 g
(475 yıllık) :	Ss = 1.10 g	S1 =	0.42 g
Zemin Bölge Sınıfı :	E		
ÜST YAPI			
Malzeme ve Tip :	Betonarme-Yerinde dökme		
Açıklık Sayısı :	3	Sürekli :	Evet
Genleşme Derzleri Arası En Uzun Mesafe (m) :	28.80		
MESNETLER			
Tip :	Kurşun plaka	Durum :	İşlevsel değil
Mesnetlenme Tipi :	Boyuna	Enine :	Hareketli
Destek Uzunluğu (m):	-		
KOLONLAR VE ORTA AYAKLAR			
Malzeme ve Tip :	Betonarme		
En kesit :	Min. enine boyut (m): 0.85	Min. Boyuna boyut (m):	0.85
Yükseklik (m) :	2.50		
TEMELLER VE KENAR AYAKLAR			
Orta ayak temel tipi :	Diğer		
Kenar ayak tipi :	Integral	Temel :	Kazıklı değil
Kenar ayak yüksekliği (m) :	2.50		
Bölge :	Yarma	Kanat Duvarı :	Evet
Sıvılaşma hassaslığı :	Bilinmiyor		
YORUMLAR :			

EK-7. Köprü-6 sismik envanter bilgi formu

KÖPRÜ SİSMİK ENVANTER BİLGİ FORMU			
GENEL			
Köprü No :	6	Enlem :	39.80
Köprü Adı :	-	Boylam :	28.20
Köprü Yeri :	-	Yapım Yılı :	1992
KGM Bölge no :	-	ADT :	3114
Yolu :	-	Tasarım Standardı :	AASHTO
Toplam Uzunluk (m) :	28.50	Geçiş :	Su geçişi
Toplam Genişlik (m) :	11.70	Verevilik (derece):	10
Önem :	Normal	Güzergah :	Verevli
		Geometri :	Düzenli
Sismik Risk (72 yıllık) :	Ss = 0.30 g	S1 =	0.11 g
(475 yıllık) :	Ss = 0.56 g	S1 =	0.22 g
Zemin Bölge Sınıfı :	E		
ÜST YAPI			
Malzeme ve Tip :	Betonarme-Yerinde dökme	Sürekli :	Evet
Açıklık Sayısı :	3		
Genleşme Derzleri Arası En Uzun Mesafe (m) :	28.50		
MESNETLER			
Tip :	Elastomer	Durum :	İşlevsel değil
Mesnetlenme Tipi :	Boyuna	Enine :	Hareketli
Destek Uzunluğu (m):	-		
KOLONLAR VE ORTA AYAKLAR			
Malzeme ve Tip :	Betonarme		
En kesit :	Min. enine boyut (m): 1.00	Min. Boyuna boyut (m):	1.00
Yükseklik (m) :	5.00		
TEMELLER VE KENAR AYAKLAR			
Orta ayak temel tipi :	Diğer		
Kenar ayak tipi :	İntegral	Temel :	Kazıklı değil
Kenar ayak yüksekliği (m) :	5.00		
Bölge :	Yarma	Kanat Duvarı :	Evet
Sıvılaşma hassaslığı :	Bilinmiyor		
YORUMLAR :			

EK-8. Köprü-7 sismik envanter bilgi formu

KÖPRÜ SİSMİK ENVANTER BİLGİ FORMU			
GENEL			
Köprü No :	7	Enlem :	38.60
Köprü Adı :	-	Boylam :	27.80
Köprü Yeri :	-	Yapım Yılı :	1987
KGM Bölge no :	-	ADT :	14271
Yolu :	-	Tasarım Standardı :	Bilinmiyor
Toplam Uzunluk (m) :	67.40	Geçiş :	Su geçişi
Toplam Genişlik (m) :	12.00	Verevilik (derece):	0
Önem :	Normal	Güzergah :	Düz
		Geometri :	Düzenli
Sismik Risk (72 yıllık) :	Ss = 0.52 g	S1 =	0.16 g
(475 yıllık) :	Ss = 1.21 g	S1 =	0.48 g
Zemin Bölge Sınıfı :	E		
ÜST YAPI			
Malzeme ve Tip :	Betonarme-Yerinde dökme		
Açıklık Sayısı :	5	Sürekli :	Evet
Genleşme Derzleri Arası En Uzun Mesafe (m) :	67.40		
MESNETLER			
Tip :	Kurşun plaka	Durum :	İşlevsel değil
Mesnetlenme Tipi :	Boyuna	Enine :	Hareketli
Destek Uzunluğu (m):	-		
KOLONLAR VE ORTA AYAKLAR			
Malzeme ve Tip :	Betonarme		
En kesit :	Min. enine boyut (m): 0.80	Min. Boyuna boyut (m):	0.80
Yükseklik (m) :	5.00		
TEMELLER VE KENAR AYAKLAR			
Orta ayak temel tipi :	Diğer		
Kenar ayak tipi :	Gövdeli	Temel :	Kazıklı değil
Kenar ayak yüksekliği (m) :	5.00		
Bölge :	Yarma	Kanat Duvarı :	Evet
Sıvılaşma hassaslığı :	Bilinmiyor		
YORUMLAR :			

EK-9. Köprü-8 sismik envanter bilgi formu

KÖPRÜ SİSMİK ENVANTER BİLGİ FORMU			
GENEL			
Köprü No :	8	Enlem :	41.20
Köprü Adı :	-	Boylam :	27.80
Köprü Yeri :	-	Yapım Yılı :	2003
KGM Bölge no :	-	ADT :	12805
Yolu :	-	Tasarım Standardı :	AASHTO
Toplam Uzunluk (m) :	140.95	Geçiş :	Su geçişi
Toplam Genişlik (m) :	11.00	Verevilik (derece):	0
Önem :	Normal	Güzergah :	Düz
		Geometri :	Düzenli
Sismik Risk (72 yıllık) :	Ss = 0.36 g	S1 =	0.14 g
(475 yıllık) :	Ss = 0.64 g	S1 =	0.30 g
Zemin Bölge Sınıfı :	E		
ÜST YAPI			
Malzeme ve Tip :	Betonarme-Ön germe		
Açıklık Sayısı :	5	Sürekli :	Hayır
Genleşme Derzleri Arası En Uzun Mesafe (m) :	83.9		
MESNETLER			
Tip :	Elastomer	Durum :	İşlevsel
Mesnetlenme Tipi :	Boyuna	Enine :	Hareketli
Destek Uzunluğu (m):	0.60		
KOLONLAR VE ORTA AYAKLAR			
Malzeme ve Tip :	Betonarme		
En kesit :	Min. enine boyut (m):	-	Min. Boyuna boyut (m):
Yükseklik (m) :	7.00		1.00
TEMELLER VE KENAR AYAKLAR			
Orta ayak temel tipi :	Diğer		
Kenar ayak tipi :	Gövdeli		
Kenar ayak yüksekliği (m) :	5.00		
Bölge :	Yarma	Temel :	Kazıklı değil
Sıvılaşma hassaslığı :	Bilinmiyor	Kanat Duvarı :	Evet
YORUMLAR :			

EK-10. Köprü-9 sismik envanter bilgi formu

KÖPRÜ SİSMİK ENVANTER BİLGİ FORMU			
GENEL			
Köprü No :	9	Enlem :	40.40
Köprü Adı :	-	Boylam :	29.20
Köprü Yeri :	-	Yapım Yılı :	1977
KGM Bölge no :	-	ADT :	34645
Yolu :	-	Tasarım Standardı :	Bilinmiyor
Toplam Uzunluk (m) :	40.80	Geçiş :	Su geçişi
Toplam Genişlik (m) :	11.70	Verevilik (derece):	0
Önem :	Normal	Güzergah :	Düz
		Geometri :	Düzenli
Sismik Risk (72 yıllık) :	Ss = 0.63 g	S1 =	0.23 g
(475 yıllık) :	Ss = 1.28 g	S1 =	0.55 g
Zemin Bölge Sınıfı :	E		
ÜST YAPI			
Malzeme ve Tip :	Betonarme-Yerinde dökme		
Açıklık Sayısı :	3	Sürekli :	Evet
Genleşme Derzleri Arası En Uzun Mesafe (m) :	40.80		
MESNETLER			
Tip :	Kurşun plaka	Durum :	İşlevsel değil
Mesnetlenme Tipi :	Boyuna	Enine :	Hareketli
Destek Uzunluğu (m):	0.45		
KOLONLAR VE ORTA AYAKLAR			
Malzeme ve Tip :	Betonarme		
En kesit :	Min. enine boyut (m): 0.80	Min. Boyuna boyut (m):	0.80
Yükseklik (m) :	6.50		
TEMELLER VE KENAR AYAKLAR			
Orta ayak temel tipi :	Diğer		
Kenar ayak tipi :	Gövdeli	Temel :	Kazıklı değil
Kenar ayak yüksekliği (m) :	3.00		
Bölge :	Yarma	Kanat Duvarı :	Evet
Sıvılaşma hassaslığı :	Bilinmiyor		
YORUMLAR :			

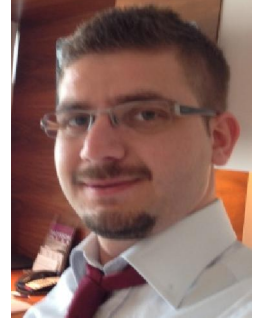
EK-11. Köprü-10 sismik envanter bilgi formu

KÖPRÜ SİSMİK ENVANTER BİLGİ FORMU			
GENEL			
Köprü No :	10	Enlem :	41.20
Köprü Adı :	-	Boylam :	29.20
Köprü Yeri :	-	Yapım Yılı :	2003
KGM Bölge no :	-	ADT :	16285
Yolu :	-	Tasarım Standardı :	AASHTO
Toplam Uzunluk (m) :	49.80	Geçiş :	Su geçişi
Toplam Genişlik (m) :	11.50	Verevilik (derece):	0
Önem :	Normal	Güzergah :	Düz
		Geometri :	Düzenli
Sismik Risk (72 yıllık) :	Ss = 0.31 g	S1 =	0.14 g
(475 yıllık) :	Ss = 0.56 g	S1 =	0.30 g
Zemin Bölge Sınıfı :	E		
ÜST YAPI			
Malzeme ve Tip :	Betonarme-Ön germe		
Açıklık Sayısı :	3	Sürekli :	Evet
Genleşme Derzleri Arası En Uzun Mesafe (m) :	49.80		
MESNETLER			
Tip :	Elastomer	Durum :	İşlevsel
Mesnetlenme Tipi :	Boyuna	Enine :	Hareketli
Destek Uzunluğu (m):	0.60		
KOLONLAR VE ORTA AYAKLAR			
Malzeme ve Tip :	Betonarme		
En kesit :	Min. enine boyut (m): 1.00	Min. Boyuna boyut (m):	1.00
Yükseklik (m) :	6.50		
TEMELLER VE KENAR AYAKLAR			
Orta ayak temel tipi :	Diğer		
Kenar ayak tipi :	Gövdeli	Temel :	Kazıklı değil
Kenar ayak yüksekliği (m) :	6.50		
Bölge :	Yarma	Kanat Duvarı :	Evet
Sıvılaşma hassaslığı :	Bilinmiyor		
YORUMLAR :			

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ŞENER, Onur
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 30.04.1988, Yalova
Medeni hali : Bekâr
Telefon : 0 (505) 879 75 22
Faks : -
e-mail : onur_sener77@hotmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	2010
Lise	Şehit Osman Altinkuyu Anadolu Lisesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2011-Halen	ProYapı Mühendislik ve Müşavirlik AŞ.	Proje Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

-

Hobiler

Yüzme, Masa tenisi, Futbol



GAZİ GELECEKTİR..