

## KIRILABİLİR DİREK YAPILARININ KULLANIŞLILIĞI: FİZİKSEL ÇARPIŞMA TESTİ VE BİLGİSAYAR SİMİLASYONU KARŞILAŞTIRMASI

Ali O. Atahan  
İnşaat Mühendisliği Bölümü  
Mustafa Kemal University  
Iskenderun, Türkiye

Tel: (326) 245 5836  
Fax: (326) 245 5499  
[aoatahan@mku.edu.tr](mailto:aoatahan@mku.edu.tr)

Hasan Güngör  
Karayolları Genel Müdürlüğü  
Ankara, Türkiye

Tel: (312) 341 4190  
Fax: (312) 425 8109  
[hasangungor@ixir.com](mailto:hasangungor@ixir.com)

### ÖZET

Bu çalışmada, kırılabilir dizaynların araç çarpması durmundaki performans ve kullanımını göstermek için gerçek araçlar kullanılarak çarpışma testi yapılmıştır. Sistem 820 kg ağırlığındaki ve 35 km/h hızla hareket eden bir aracın önüne yerleştirilmiş ve aracın sisteme dik olarak çarpması sağlanmıştır. Bu testin tamamlanmasından sonra aynı çarpışma testi bu defa bilgisayarlar kullanılarak analitik olarak sonlu elemanlar metodu yardımıyla tekrarlanmıştır. Bilgisayar programı olarak lineer olmayan üç boyutlu LS-DYNA tercih edilmiştir.

820 kg lık araçla yapılan çarpışma testi sonucunda sistem istendiği gibi davranmış ve dizaynına uygun olarak planlanarak zayıflatılmış olan eklem bölgesinden ayrılarak aracın altından geçmesini sağlamıştır. Araçta çarpma sonrası çok küçük hasar meydana gelmiştir. Benzer bir davranış bilgisayar ortamında da elde edilerek analitik programda kullanılan modellerin doğruluğu hakkında bilgi edinilmiştir. Son olarak, sistemin birleşim bölgesinin davranışını etkileyen kayma sürtünmesi, vidalara uygulanacak sıkıştırma değeri, vida-plak etkileşimleri ve bağlantının ayrılma zamanları gibi hassas detayların tüm sistemin davranışına olan etkisi analitik olarak irdelenmiş ve değişik bulgular elde edilmiştir.

## GİRİŞ

Kırılabilir dizaynların yol kenarlarında bulunan direklerde kullanımı giderek artmaktadır. Yoldan herhangi bir sebepten dolayı ayrılan araçların yol kenarında bulunan direklere çarpma olasılıkları bulunduğundan, bu direklerin kırılabilir dizayna uygun olarak inşa edilmesi hem çarpışmanın şiddetini yumuşatmada hemde meydana gelebilecek can ve mal kaybı riskini azaltılmada etkili olmaktadır (**Eskandarian ve diğerleri, 2000**). Bu sistemin esası kırılabilir bir birleşim teknolojisine dayanmaktadır ve çarpışma esnasında birleşim düzleminin ayrılarak yukarı doğru hareket etmesi ve çarpan aracın direğin altından nerdeyse hasar almadan geçmesi istenmektedir. Kırılabilir mekanizma, ankastre olarak yere sabitlenmiş bir dikmeye yer seviyesinde vidalar kullanarak ikinci bir dikmenin eklenmesi ile oluşturulmuştur. Böylece sistemde yer seviyesinde zayıflatılmış bir kopma yüzeyi oluşturularak çarpma esnasında kolayca kırılması veya ayrılması sağlanmıştır. **Şekil 1** de kırılabilir bir direğe ait detaylar gösterilmektedir. Bu sistem ve tamamen yere ankastre olarak çalışan direk sistemleri üzerinde yapılan çarpışma testleri karşılaştırıldığında, kırılabilir dizaynlarda aracın ivmelenmesi kırılmadan dolayı büyük ölçüde değişmeden kalmakta ve araç içerisindekiler çarpmayı çoğu zaman hissetmemektedirler. Bu da araç ve içerisindekilerin güvenliğinin artması manasına gelmektedir.

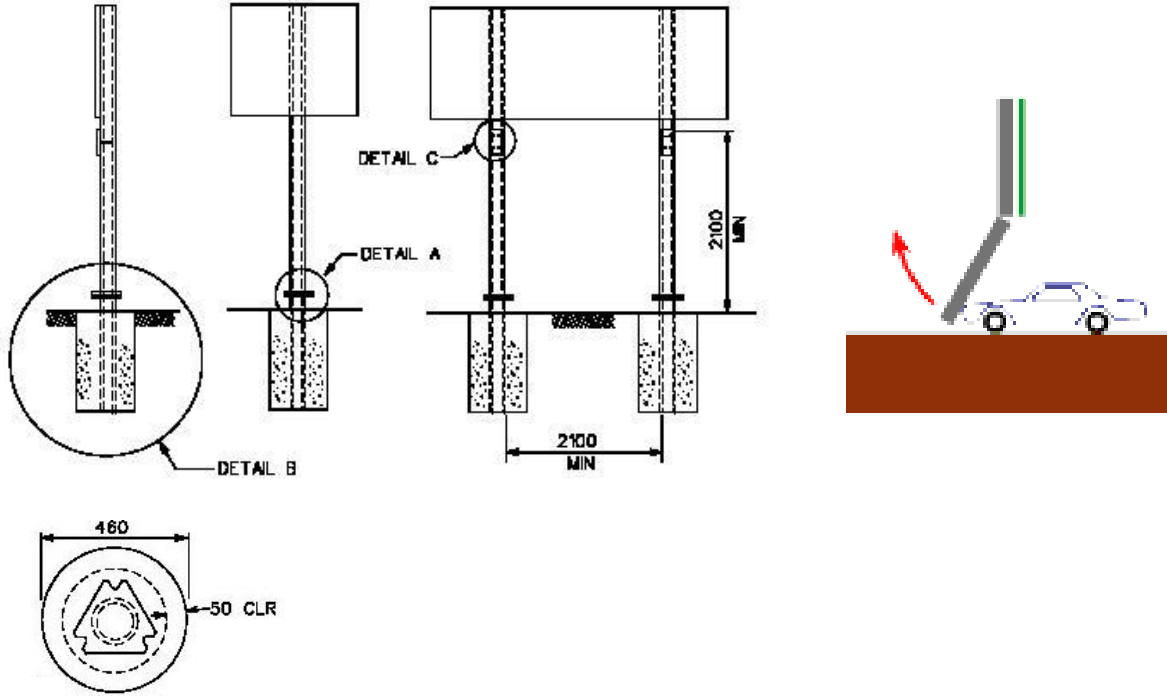


Şekil 1. Kırılabilir Direklere Ait Detaylar

### Kırılabilir Direk Detayları

Kırılabilir direkler temel olarak araç çarpmaları esnasında özel olarak zayıflatılmış ek bölgesinden ayrılacak şekilde dizayn edilirler. Sistemin rüzgar veya diğer bir etki ile aktive olmaması ve bu tip etkilere karşı dayanıklı dizayn edilmesi gerekmektedir. Bu ise temel birleşim noktasına verilen sıkıştırma kuvvetiyle (torkla) yakından alakalıdır. Bu bölgenin gerekenden daha gevşek bırakılması rüzgar yüklerinde sistemin aktive olmasında, gerekenden daha fazla sıkılması araç çarpmasına rağmen ayrılmamasına sebep olabilir.

Kırılabilir direklere olası bir çarpma durumunda bazen direk temelden ayrıldıktan sonra ve araç direğin altından geçmesi esnasında aracın üst kısmına değmesi söz konusu olabilir. Bu özellikle 2 veya 3 ayaklı geniş işaretler taşıyan sistemlerde meydana gelebilmektedir. Bu durumda kırılabilir temel detayına ek olarak işaret seviyesinde mafsallı oluşturulması yaygın bir çözüm yoludur. Böyle bir detaya ait çizimler **Şekil 2** de gösterilmektedir. Bu şekilde ayrıca sistemi oluşturan parçaların detayları ve boyutları gösterilmektedir (**AASHTO Manual, 2002**).



Şekil 2. Kırılabilir Direklere İşaret Levha Seviyesinde Mafsallı Eklenmesi

### Kırılabilir Direklerin İstenen Çarpışma Performansı

Yukarıda da bahsedildiği gibi, kırılabilir direkler araç çarpışması sonucunda temel bölgesinden ayrılarak aracın işaretin altından geçmesine izin veren güvenli ve kullanışlı bir sistemdir. Sistemin bir araç çarpışması durumunda kolaylıkla ayrılması, çarpışma sırasında araçta ivmelenme değişiminin minimum olması ve dikmenin temelinden ayrıldıktan sonra altından geçen araca tehlike yaratacak biçimde yaklaşmaması gerekmektedir (**Ross ve diğerleri, 1993**). Bu sistemlerin çarpışma davranışını ve teoride tahmin edilen davranışa uygunluğunu belirlemek için çarpışma testleri kullanılmaktadır. Bu testlerde genelde kütlesi az olan ve yavaş hareket eden bir araç direğe 0 derece ile önden çarpmaktadır. Bu konfigürasyon en olumsuz durumu yansıtmakta ve bu durumda aktive olabilen kırılabilir detayın daha ağır ve daha hızlı giden araçların çarpışması durumunda aktive olacakları düşünülmektedir. Kırılabilir direklerin davranışının çarpışma testleri kullanılarak denemesi ile ilgili resimler **Şekil 3** te gösterilmektedir (**Bligh, 1994**). Burada, 820 kg ağırlığında 35 km/h hızla hareket eden bir araba direğe önden çarpmakta ve sistemi aktive ederek altından geçmektedir. Toplanan datalar incelendiğinde ve araçtaki hasar gözlemlendiğinde, araç ve içindekilerin bu çarpışmayı burnu bile kanamadan atlatacağı hatta kaza olup olmadığını anlayamayacakları belirlenmiştir. **Şekil 4**'e dikkat edilirse, araç içerisine yerleştirilen mankenin direğe çarptıktan hemen sonra çokta rahatsız olmadığı gözlemlenebilir.



Şekil 3. Kırılabilir Direklerin Davranışının Çarpışma Testi Kullanılarak İncelenmesi

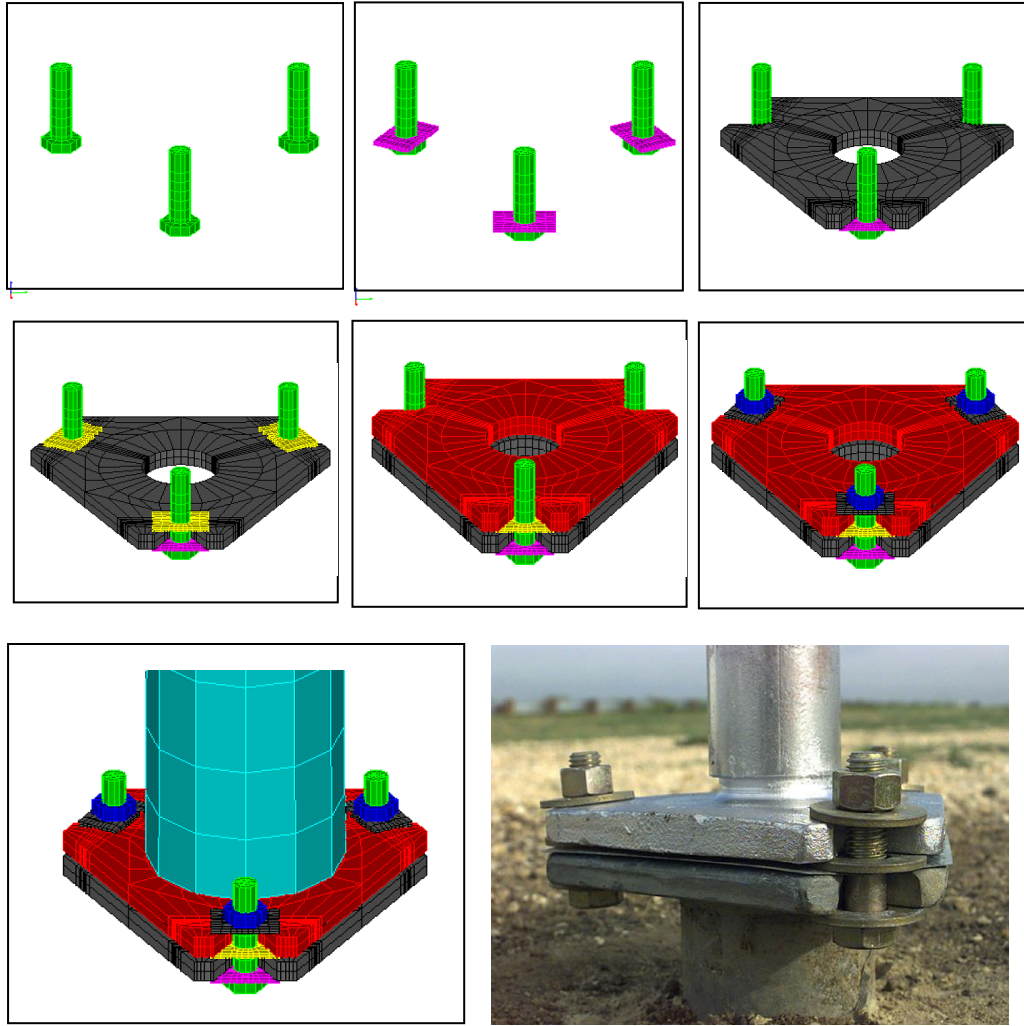


Şekil 4. Çarpma ile Direğin Ayrılması ve Altından Aracın Güvenli bir Şekilde Geçmesi

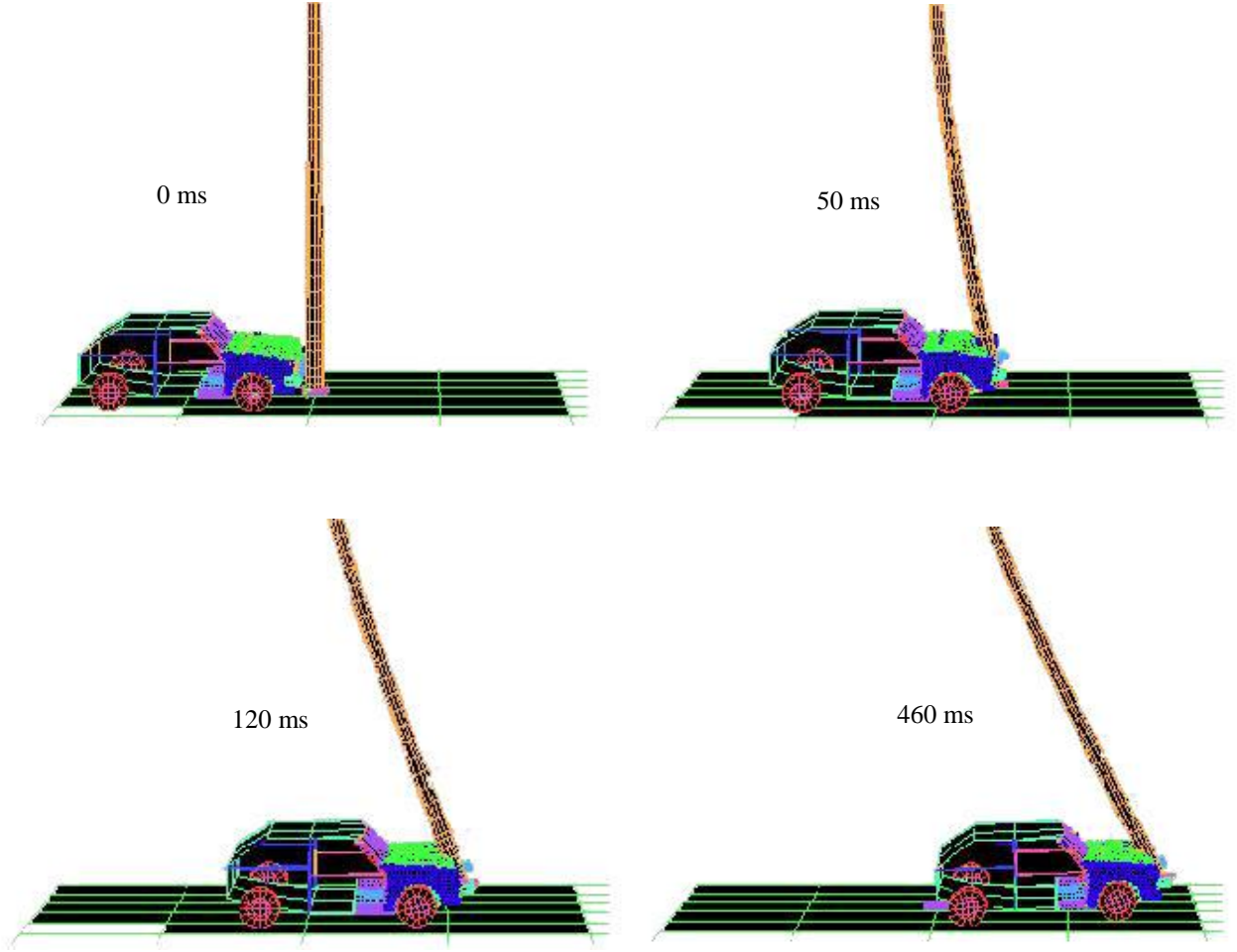


## Bilgisayarla Modelleme Çalışması

Kırılabilir direklerin çarpışma davranışının belirlenmesinde son yıllarda çok kullanılmaya başlanan ve dinamik etkileşimleri modellemedeki başarıları sayesinde Amerikan Karayolları Kurumu'nun (FHWA) sponsor olduğu LS-DYNA programı kullanılmaktadır (Halquist, 1998). Bu programda kırılabilir direği oluşturan tüm parçalar modellenerek bir araç yardımıyla çarpışma davranışı elde edilebilmektedir. Kırılabilir bir direği oluşturan parçaların modellenmesi sırasında izlenen adımlar Şekil 5 te detaylı olarak gösterilmektedir (Abu-Odeh, 1997). Tüm bu parçaların bir arada modellenmesi ile kırılabilir bir direk modeli elde edilmektedir. LS-DYNA programı yardımıyla modellenen bu direğin çarpışma davranışı sanal ortamda bilgisayarlar kullanılarak elde edilmekte ve bu davranış aynı şartlarda yapılan gerçek bir çarpışma testi sonuçlarıyla karşılaştırılmaktadır. Bu çalışmada Şekil 3 te gösterilen çarpışma testinin bilgisayar ortamında modellenmesi yapılmıştır. Burada, 820 kg ağırlığında ve 35 km/h hızla hareket eden bir arabanın kırılabilir temel üzerine monte edilmiş bir elektrik direği modellenmiştir. Araç hem bilgisayar ortamında hemde gerçek çarpışma testinde direğe çarparak temelden ayrılmış ve başarıyla altından geçmiştir. Sanal ortamda yapılan çalışmaya ait resimler Şekil 6'da gösterilmektedir. Tüm sonuçlar karşılaştırıldığında, bilgisayar modelleri gerçek şartlarda gerçekleştirilen çarpışma testiyle uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5. Kırılabilir Direk Elemanlarının Bilgisayar Kullanılarak Modellenmesi



Şekil 6. LS-DYNA Kullanılarak Yapılan Çarpışma Testi

### İleride Yapılması Düşünülen Çalışmalar

Bilgisayarların kırılabilir direklerin dizaynında kullanılması dünyada ve Türkiye'de güncel bir araştırma konusudur. Bilgisayarlar direklerin dizayn ve detaylandırılmasında ve beklenen çarpışma davranışının belirlenmesinde güvenle kullanılabilir. Bu çalışmada kullanılan modeller dahada geliştirilerek kırılma bölgesinin detayları, ayrılma mekanizması, sistemin birleşim bölgesinin davranışını etkileyen kayma sürtünmesi, vidalara uygulanacak sıkıştırma değeri, vida-plak etkileşimleri ve bağlantının ayrılma zamanları gibi hassas detayların tüm sistemin davranışına olan etkisi analitik olarak irdelenebilir ve değişik durumlara göre ekonomik ve verimli sistemlerin tasarlanması sağlanabilir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma doğrultusunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Kırılabilir direkler uygun dizayn edildiği durumlarda çarpışma anında kırılarak araç ve içerisindekilerin can ve mal güvenliğini korumaktadır ve aracın kırılan direğin altından geçmesine izin vermektedir.
2. LS-DYNA bilgisayar programı kırılabilir direklerin çarpışma davranışı hakkında detaylı bilgiler elde edilmesinde başarıyla kullanılmakta ve değişik dizaynların karşılaştırılarak en ekonomik ve güvenli olanının seçilmesine yardımcı olmaktadır.
3. Maliyet açısından karşılaştırıldığında, kırılabilir direk sisteminin rijit ankastre direklere göre kurulum masrafı yüksek olmasına rağmen uzun vadede ekonomik olmaktadır. Ayrıca, temel sisteminin kaza sonrası yerinde kaldığı düşünüldüğünde sadece vidalar kullanılarak yeni direğin dakikalar içerisinde montesi mümkün olmaktadır.

Aşağıda sıralanan önerilerin uygulamaya geçirilmesi halinde kırılabilir direklerin ülkemiz karayollarına faydalı olacağı düşünülmektedir.

1. Değişik kırılabilir direk dizaynlarının Karayolları Genel Müdürlüğü izniyle ülkemizde pilot yollarda uygulanmaya başlanması gerekmekte ve bu bölgelerden datalar toplamak suretiyle direkler hakkında somut bilgiler elde edilmelidir.
2. Kırılabilir direklere ait gerekli düzenlemeler ve şartnameler hazırlanarak hangi tip detayın nerede kullanılacağı belirlenmelidir.
3. Ülkemizde tek araçların yoldan çıkarak sabit cisimlere çarpma kaza yüzdeleri ve bu kazalarda meydana gelen can ve mal kayıpları düşünüldüğünde, yol kenarlarında sıkça bulunan rijit telefon ve elektrik direkleri, çok geniş işaretler taşıyan masif direklerin ivedilikle kırılabilir yapılması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

AASHTO-AGC-ARTBA Manual. (2002). "A Guide to Standardized Highway Barrier Hardware." Task Force 13 Report, Washington D.C.

Abu-Odeh, A.Y., Bligh, R.P., and Ross, H.E. (1997) "Finite Element Analysis of a Slip-Base Luminaire Support." FHWA-RD-96-212. Federal Highway Administration, McLean, VA

Bligh, R.P., Ross, H.E., and Bullard, D.L. (1994). "Test and Evaluation of Arizona Slip-Away Base Luminaire Supports." Research Report 7236-1F. Project No. 472360. Texas Transportation Institute, College Station, Texas.

Eskandarian, A., Marzougui, D. and Bedewi, N.E. (2000). "Impact Finite-Element Analysis of Slip-Base Sign Support Mechanism." Journal of Transportation Engineering, 126(2), ASCE, pp 143-153.

Hallquist, J.O. (1998). "LS-DYNA users manual." Livermore Software Technology Corporation, Livermore, California.

Ross, H.E., Jr., Sickling, D.L., Zimmer, R.A., ve Michie, J.D. (1993). "Recommended procedures for the safety performance evaluation of highway features." *NCHRP Report 350*, National Research Council, Washington, D.C.