

Darıderesi-II Göleti'nin Dinamik Davranışlarının ANSYS ile İncelenmesi

Tuba AYDIN¹, E. Dilek TAYLAN¹

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Batı
Kampus Isparta

Özet: Barajlar, çok eski zamanlardan beri insanlığın su ihtiyacını karşılamak, elektrik üretmek, tarımsal faaliyetlerde sulama yapmak gibi amaçlarla inşa edilirler. Buldukları ülke ve bölge için, enerji üretimine katkı sağladıklarından büyük önem taşırlar. Barajların yapımı oldukça zor ve maliyetlidir. Yapıldıkları bölgede, çoğunlukla taşkın önlemek amacıyla inşa edildiklerinden her türlü etkiye dayanıklı olması hayati önem taşımaktadır. Bu etkilerden en önemlisi ve en tehlikelisi deprem kuvvetleridir. Bu yüzdendir ki barajların depreme dayanıklı olarak tasarlanıp, buna göre inşa edilmesi çok önemlidir. Bu çalışmada, Isparta'da yer alan, Darıderesi-II Göleti'nin çeşitli deprem yükleri altındaki dinamik davranışı, ANSYS programı kullanılarak incelenmiştir. Bu göletin davranış şeklinin gerçeğe uygunluk göstermesi için, sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Modelleme yapılırken, göletin malzeme özellikleri ve sınır şartları göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca deprem etkisiyle oluşan, deformasyon ve gerilmeler dikkate alınmıştır. Bu sonuçlar incelenerek, Darıderesi-II Göleti'nin deprem karşısında, nasıl bir davranış sergileyeceği yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: ANSYS, Darıderesi-II Göleti, Deformasyon, Dinamik Analiz, Gerilme

The Investigation of Darıderesi-II Reservoir Dynamic Analysis by ANSYS

Abstract: The dams are built to supply water needs of people, to produce electricity and to make irrigation water in agricultural activities since ancient times. The dams are very important because they contribute to energy production. The construction of dams is very difficult and costly. It is vital that they are resistant to all kinds of effects, since they are built to prevent flooding in the region. The most important and dangerous of these effects are earthquake forces. It is very important that the dams are designed to be durable and constructed. In this study, the Darıderesi-II Reservoir located in Isparta was examined. Behavior of this reservoir under various earthquake loads has been observed. In order for the behavior of the pond to conform to the truth, the finite element method is used. By making this model, the material specifications and boundary conditions are taken into account. The reservoir was modeled using ANSYS program and its behavior under earthquake accelerations was investigated. The deformation and stress forces under earthquake accelerations are taken into account. By examining these results, it is interpreted how the Darıderesi-II Reservoir will behave in the face of the earthquake.

Keywords: ANSYS, Darıderesi-II Reservoir, Displacement, Dynamic Analysis, Stress

1.Giriş

Dağlardan gelen nehir suları aşağı doğru akıp gider, bir deniz veya göle ulaşırlar. Ya da yer altına sızıp kaynakları ve kuyuları beslerler.

Bu hareketleri sırasında nehirler şehirlere, köylere, fabrikalara ve çiftliklere su sağlarlar. Ancak akarsuların taşıdığı su her yıl ya da yılın her mevsimi aynı miktarda değildir.

Bazı kurak geçen yıllarda bazı akarsular tamamen kuruyabilir ya da bazı ıslak yıllarda akarsular yatağına sığmayarak taşabilir. Aynı şekilde yılın farklı mevsimlerinde farklı miktarda su gelebilir. Yazın suya en fazla ihtiyaç duyulan zamanda nehirlerde su miktarı çok azalabilir. Kışın ise suya fazla ihtiyaç duyulmayan mevsimde nehirler çok miktarda su taşıyabilir. Kurak zamanları atlatmak ve fazla suyu koruyabilmek adına baraj adı verilen yapılar inşa edilir. Barajlar, arkalarında oluşan gölde tuttukları suyu biriktirirler. İhtiyaç duyulmayan zamanda gelen fazla suyu tutar ve ihtiyaç duyulan zamanda insanoğlunun hizmetine sunarlar. Barajlar aynı zamanda elektrik üretir ve taşkınlara karşı koruma sağlarlar. Barajların göllerinde biriken ve yükselerek potansiyel enerji kazanan suların bu enerjisi önce kinetik enerjiye sonra da elektrik enerjisine dönüştürülür (Yenigün ve Yüzgöl, 2014).

Barajlarda görülen hasar ve yetersizlikleri analiz edildiğinde baraj tiplerine göre değişik yıkılma ve hasar sebepleri görüldüğü ve dolayısıyla baraj tiplerine göre alınması gereken önlem ve tasarım değerlendirmelerinin büyük önem arz ettiği görülmektedir. Gerek yeni tasarımlarda ve gerekse inşa ve işletme aşamasında bulunan barajların bu çerçevede genel bir güvenlik değerlendirmesine tabi tutulmaları, mevcut barajların risk unsuru olarak ele alınan parametreler öncelikli olmak kaydıyla dinamik olarak izlenmesi gerekmektedir. Ayrıca her aşamada revizyonun ve diğer önlemlerin devreye alınması gerekliliği de dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlar arasındadır (Yenigün ve Yüzgöl, 2013).

Kemer barajı gerilme analizlerinde, geleneksel yöntemlerin (SAP2000 vb.) başarılı olmasıyla birlikte, bazı dezavantajlarının da olduğu söylenebilir. Örneğin, karşılaşılan karmaşık temeller ve topografik özellikler analizleri güçleştirmektedir. Bu yönden, sonlu elemanlar yöntemi ile çalışılması daha etkilidir. Son yıllarda yaygın kullanım alanına sahip olan ANSYS , baraj gerilme analizlerinde sonlu elemanlar alt yapısı ile

kolaylık sağlayan bir paket programdır. Xiluodu Kemer barajı, sonlu elemanlar analizinde, Renkun ve Gaoxiang (2002), ANSYS 5.5.2 programını kullanmışlar ve baraja ait gerilme ve deformasyon analizini tamamlamışlardır. Hesaplama sonuçlarının değerlendirilmesinde, kemer baraj analizinde uzmanlaşmış ADAP paket programı ve mesh yoğunluğu duyarlılık analizi ile karşılaştırmalı analiz gerçekleştirilmiştir

Taşçı vd, (2004), kaya dolgu barajlarda su yüküne ve barajın kendi ağırlığına bağlı olarak baraj kretinde oluşacak deformasyonları jeodezik ve sonlu elemanlar metodu ile belirlemişler ve bu iki metodu birbiri ile karşılaştırmışlardır. Çalışma alanı olarak Altınkaya barajı seçilmiş ve baraj alanında 10 adet referans ve 10 adet obje noktasından oluşan bir jeodezik deformasyon ağı kurularak jeodezik deformasyon ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yöntem olarak sonlu elemanlar metodu kullanılmış ve baraj iki boyutlu modellenip baraj kreti deformasyonları belirlenmiştir. İki metottan elde edilen yatay ve düşey deformasyonlar birbirleri ile karşılaştırılarak sonuçlar verilmiştir. Her iki metottan elde edilen sonuçlar büyük bir yaklaşıklıkla uyum göstermiştir.

Baraj ve rezervuar arasındaki etkileşimi sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak, analiz edilmesi mümkündür. Pasbani-Khiavi vd. (2008), rezervuar kısmında bulunan akışkanın, sıkıştırılmaz ve viskoz olmadığı varsayarak, derivasyonun sınır koşullarının oluşturulmasında, baraj ve rezervuar ara yüzünün dikey olduğunu ve rezervuar tabanının rijit ve yatay olduğunu kabul etmişlerdir. İlgili sınır koşulları ve denklemler, sonlu elemanlar yöntemine göre, yatay ve düşey deprem bileşenleri göz önüne alınarak, uygulanmıştır. Sonlu elemanlar modelinin oluşturulması için, 8-düğüm noktasına sahip, ağırlıklı standart galerkin yöntemi kullanılmıştır. Sommerfeld sınır koşulları ve sınırsız sıvı alanının yüzeyinin kesilmesi için geliştirilmiş, sönümlenme sınır koşulları dikkate alınarak, iki sınır koşulunun

sonuçları, analitik sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Keskin vd. (2009), ülkemizdeki mevcut barajların deprem davranışının irdelenmesi amacıyla ön yüzü beton kaplı kaya dolgu baraj olan Dim Barajı'nı ele almışlardır. Bu barajın zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemi kullanılarak dinamik yükler altında (deprem yükü) davranışı incelenmiştir. Aynı zamanda barajda meydana gelen gerilmeler ve yer değiştirmeler elde edilerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışmada barajın deprem kuvvetleri etkisindeki davranışını daha gerçekçi şekilde belirleyebilmek için barajın matematiksel olarak gerçeğe yakın biçimde modellenmesi sonlu elemanlar yöntemiyle sağlanmaya çalışılmıştır. Baraj için malzeme özelliklerinin dağılımı, geometri ve sınır şartlarının en genel halinin hesaba katıldığı bir sonlu eleman ağı seçilmiştir. Dim barajı SAP 2000 sonlu elemanlar programı kullanılarak üç boyutlu olarak modellenmiştir. Barajın rezervuarının boş, yarı dolu ve tam dolu olması durumlarına göre Düzce deprem etkisi altındaki davranışı incelenmiştir. Analizlerin sonucunda barajların deprem davranışının önemi görülmüş ve baraj güvenliği için yapılması gerekliliği saptanmıştır.

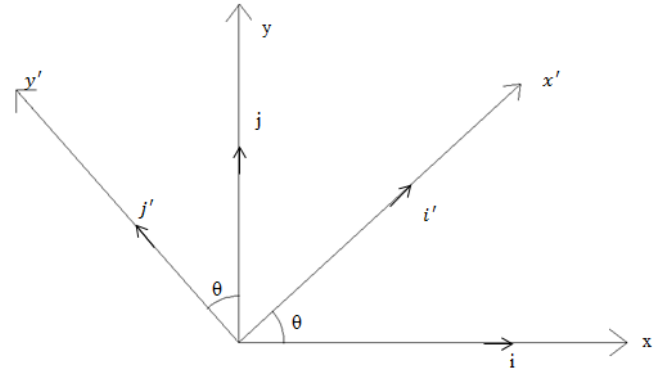
Kayıkcı (2003), Karacaören I toprak dolgu barajının, sonlu elemanlar metodunun kullanılmasıyla stabilite (denge) analizini yapmıştır. Analizler iki farklı bilgisayar programının kullanılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu bilgisayar programları SAP 90 (1992) ve SAP 2000 (2001)'dir. Elde edilen neticeler karşılaştırılmış ve 1976 yılında meydana gelen Çaldıran depreminin spektrum değerleri modelde kullanılmıştır. İki boyutlu analizlerde dört düğüm noktalı izoparametrik elemanlar, üç boyutlu analizlerde sekiz düğüm noktalı izoparametrik elemanlar oluşturulmuştur. Bu araştırma, barajın Çaldıran depremi spektrum değerlerine eşdeğer bir depreme maruz kaldığında yapının davranışını anlamak için gerçekleştirilmiştir.

Depremler, her yapıya olduğu gibi barajlara da zarar verirler. Depremlerin, barajlara verecek olduğu zararlar çok fazla can ve mal kaybına neden olacağından, bazı sonuçların makul bir şekilde tahmin edilmesi önemlidir. Deprem sırasında, barajlarda meydana gelecek hasarlar öngörülen seviyelerde olmalıdır. Bu çalışmada, Darıdersi II Göleti için, deprem etkisinin nasıl sonuçlar doğuracağı incelenmiştir. Bu sonuçların elde edilmesinde, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak, ANSYS programından faydalanılmıştır. Sonuçlar, iki farklı deprem etkisi altında gözlenmiştir; Kocaeli Depremi ve Afyon Dinar Depremi. Deprem etkilerinin yanında, rezervuarın tam dolu ve boş olması durumları için yer değiştirme ve gerilme değerleri elde edilmiştir. Deformasyon ve gerilme değerleri ise sonuç kısmında değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Sonlu elemanlar yönteminin modern gelişimi, 1940'larda yapı mühendisliği alanında Hrennikoff ve McHenry'nin döneminde başlamıştır. McHenry ve Hrennikof, bir kafes sistemindeki, bir boyutlu bir elemanına ait (kiriş), sürekliliği olan katılar için gerilme çözümleri yapmışlardır. Courant, 1943 yılında değişimsel formda gerilmelerin çözümünü oluşturmayı önermiştir. Daha sonrasında, Courant, yaklaşık çözümler elde etmek için bir yöntem olarak bütün bölgeyi oluşturan üçgen alt bölgelerin üzerinde parçalı enterpolasyon işlevlerini tanıtmıştır. 1947'de Levy, kuvvet yöntemini geliştirdi ve 1953'de, statik olarak belirsiz uçak yapılarının analizinde kullanılmak üzere yeni bir yöntem önermiştir. Ancak bu yöntemdeki denklemlerin çözümü çok zaman aldığından, bilgisayarların gelişimiyle yaygınlaşmıştır. 1954'de, Argyris ve Kelsey enerji ilkelerini kullanarak, matris yapısal analiz yöntemlerini geliştirmişlerdi. Bu gelişme, enerji ilkelerinin sonlu elemanlar yöntemi için önemli bir rol oynadığını göstermiştir. 1956 yılında ilk kez, iki boyutlu elemanlarda, Turner ve arkadaşları tarafından çözümlenmiştir (Logan, 2007).

Sonlu elemanlar yöntemi ANSYS programının meshleme kısmının alt yapısında kullanılan bir yöntem olmakla beraber, değişik geometriye sahip elemanlar için sağlıklı sonuçlar vermek üzere kullanılmaktadır. Geometrisi verilen eleman için, sonlu elemanlar yöntemi ile çözümlenme yapılmak istendiğinde, geometri küçük parçalara ayrılıp, sınır şartları atanarak, her bir nokta için çözümlenme yapılır ve sonrasında elde edilen sonuçlar tek bir koordinat sisteminde ifade edilir.



Şekil 2. Koordinat dönüşüm sistemi

Şekil 1'deki çubuk elemanda, 2 düğüm noktası tanımlanarak çözümlenme yapılmıştır. Global ve lokal eksenlerdeki çubuk serbestlikleri, eksenler arasında birbirine dönüştürülerek matris olarak ifade edilmiştir. Şekil 1'de global koordinat sisteminde görülen çubuk eleman, Şekil 2'de, θ kadar döndürülerek lokal koordinat sistemi oluşturulmuştur. Bu iki koordinat sistemine bağlı kalınarak, çubuk elemana ait rijitlik matrisi elde edilmiştir (Şekil 1 ve 2).

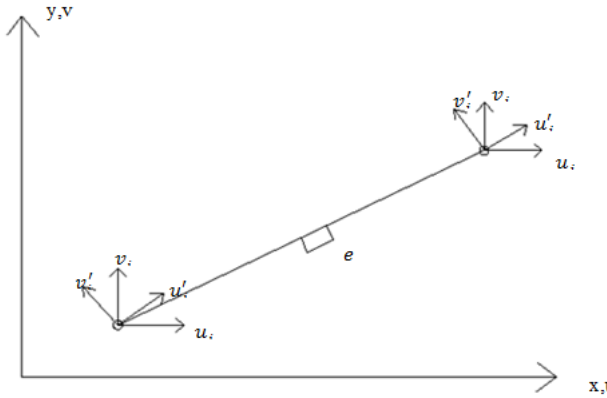
$$x' = x \cos \phi + y \sin \phi \quad (1)$$

$$i' = \cos \phi \vec{i} + \sin \phi \vec{j} \quad (2)$$

$$y' = -x \sin \phi + y \cos \phi \quad (3)$$

$$j' = -\sin \phi \vec{i} + \cos \phi \vec{j} \quad (4)$$

$$\begin{Bmatrix} u' \\ v' \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi & \sin \phi \\ -\sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} \quad (5)$$



Şekil 1. Koordinat sistemi üzerinde verilmiş eleman parçası

$$\begin{Bmatrix} u'_i \\ v'_i \\ u'_j \\ v'_j \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi & \sin \phi & 0 & 0 \\ -\sin \phi & \cos \phi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos \phi & \sin \phi \\ 0 & 0 & -\sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ u_j \\ v_j \end{Bmatrix} \quad (6)$$

$$[K'{}^e] = \frac{AE}{l_e} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$\{\delta^e\}^T = \{u_i \ v_i \ u_j \ v_j\}$: Global koordinat sisteminde eleman yer değiştirme vektörü

δ : Yer değiştirme

$\{\delta'^e\}^T = \{u'_i \ v'_i \ u'_j \ v'_j\}$: Lokal koordinat sisteminde eleman yer değiştirme vektörü

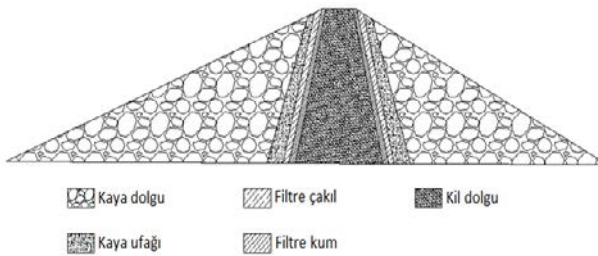
Şekil 2'deki çubuk elemana uygulanan sonlu elemanlar yöntemi baraj gövdesindeki 8 serbestlikli her eleman için de yapılmıştır. Sonlu elemanlar yönteminin daha sağlıklı sonuç verebilmesi için eleman sayısının artırılması önemlidir.

3. Bulgular

Darıderesi-II Göleti, Isparta ilinin yaklaşık 4 km güneyinde Darıderesi Köyü, Darı Deresi üzerindedir. Isparta ilinin içme suyunu karşılayan Darıderesi-I Göletinin 2.50 km membasında aynı dere üzerinde, yer almaktadır. Darıderesi-II Göleti, bölgedeki içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamak amacıyla yapılmıştır.

Darıderesi-II Göleti, Isparta il merkezinin içme ve kullanma suyu ihtiyacının, cazibe ile karşılanması olanaklarının, teknik ve ekonomik yapılabilirliğini gösterme amacı taşımaktadır. Isparta il merkezinin, mevcut durumdaki içme ve kullanma suyu Eğirdir Gölü'nden, Darıderesi-I Göleti'nden ve bazı kuyu ve kaynaklardan sağlanmaktadır. İçme ve kullanma suyu, bu kaynaklardan tamamen pompaj ile temin edilmektedir. Darıderesi-II Gölet yapımı tamamlandığında içme suyunun bir kısmının cazibe ile verilmesi mümkün olacaktır..

Darıderesi-II Göleti, kil dolgu baraj özelliği taşımaktadır. İçten dışa doğru katmanlı olarak değişen bir malzeme yapısı vardır. Bu malzeme yapısı Şekil 3'de verilmiştir.

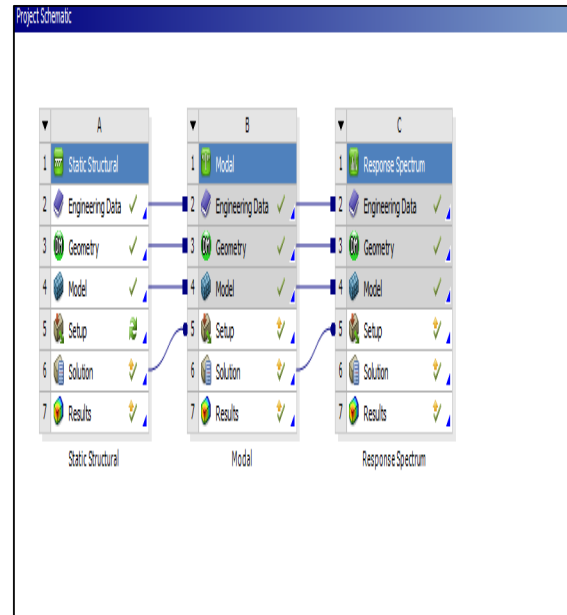


Şekil 3. Baraj kesitinin malzeme özellikleri

Darıderesi-II Göleti, ANSYS programı yardımıyla modellenip, analiz edilmiştir. ANSYS programı, mühendislik çalışmalarında analiz ve simülasyonların yapılabildiği bilgisayar destekli bir programdır. 1970 yılından beri geliştirilmekte olan ANSYS programı, pek çok temel mühendislik dalında etkin bir biçimde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, ANSYS Workbench kullanılmıştır (Şekil 4). Modellemeye ait

analizler yapılırken, birden fazla parametre birbirine bağlanmıştır. Bunlardan ilki Yapısal Analiz (Static Structural) kısmıdır. Bu kısımda, baraj modeli alınıp, malzeme özellikleri atanmış ve sınır koşul şartları belirlenmiştir. Ayrıca bu kısımda baraja Su Basıncı (Pressure) olarak tanımlanan, su yükü verilmiştir. Yapısal Analiz kısmına bağlanan, ikinci parametre ise Modal Analiz parametresidir. Bu parametre, yapıya ait bir deprem modu belirliyor. Modal Analiz'e bağlı en son parametre ise Davranış Spektrumu (Response Spectrum)'dur. Davranış Spektrumu analiz modülü, yapının deprem yükü altında nasıl tepki vereceğini belirlemek için kullanılır. Davranış Spektrumu modülünün altyapısı, frekansa bağlı deprem ivme kayıtlarının yapıda meydana getireceği deformasyonu göstermektedir.



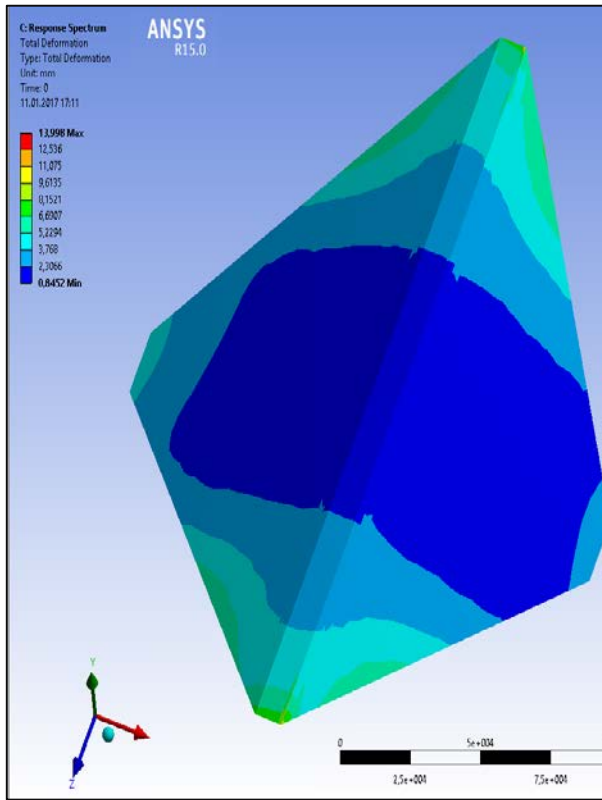
Şekil 4. ANSYS workbench ekranı

Saf deprem ivme kayıtları seismosignal isimli, program ile düzenlenmiş ve Davranış Spektrumu modülüne aktarılmıştır. Bu analiz modülünde, 2 farklı deprem ivme kaydı yapıya verilmiştir. Deprem ivme kayıtları Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'na (AFAD) ait veri tabanından alınmıştır. Deprem ivme kayıtlarına ait sonuçlar Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir.

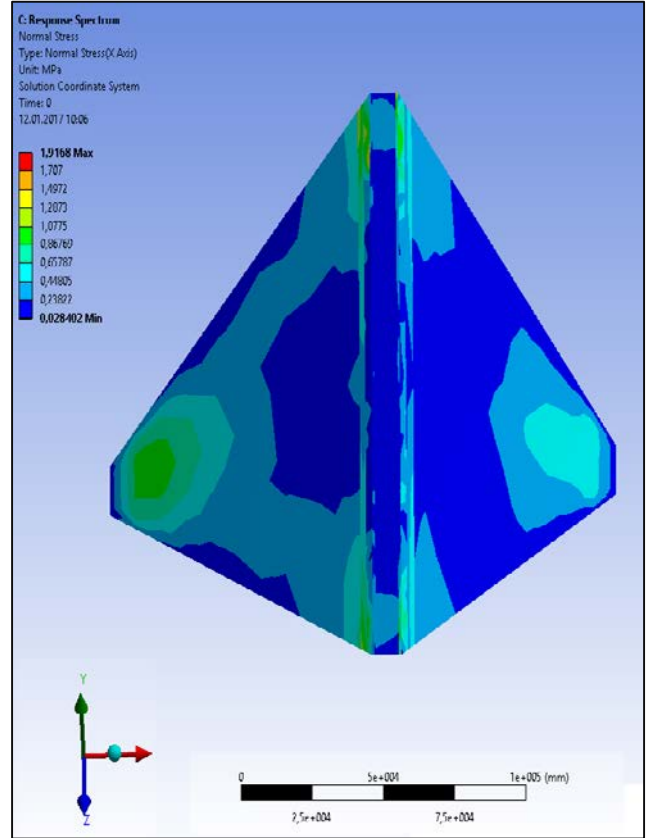
Çizelge 1. Kocaeli depremine ait analiz sonuçları

Rezervuarın Tam Dolu Olması Halinde	Yer Değiştirme (mm)		Gerilme (MPa)	
	δ_{max}	δ_{min}	σ_{max}	σ_{min}
	26	0,99	7,01	0,11
Rezervuarın Boş Olması Halinde	Yer Değiştirme (mm)		Gerilme (MPa)	
	δ_{max}	δ_{min}	σ_{max}	σ_{min}
	13	0,84	1,92	0,028

Kocaeli depremi 7.4 şiddetinde meydana gelmiş ve elde edilen verilere göre 47 saniye sürmüştür. Deprem, birçok can ve mal kaybına neden olmuştur. Darıderesi-II Göleti'ne, örnek olarak Kocaeli deprem ivme kaydı verildiğinde, gölette meydana gelen yer değiştirme ve gerilmeler, rezervuarın boş olması durumu için Şekil 5 ve 6'da verilmiştir.



Şekil 5. Rezervuarın boş olması halinde, Kocaeli depremine ait yer değiştirme dağılımı

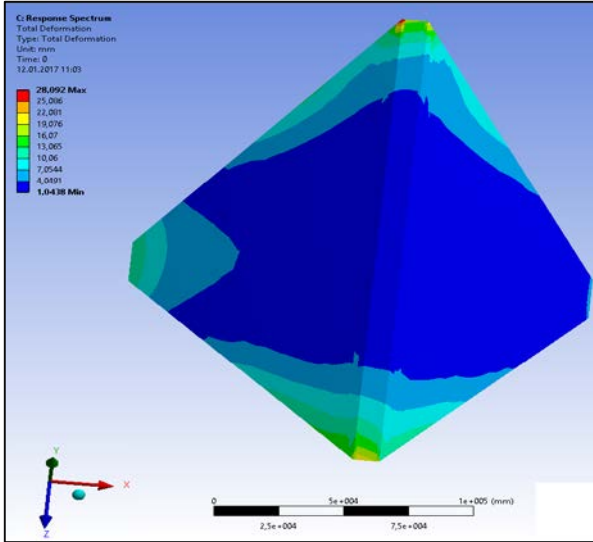


Şekil 6. Rezervuarın boş olması halinde, Kocaeli depremine ait gerilme dağılımı

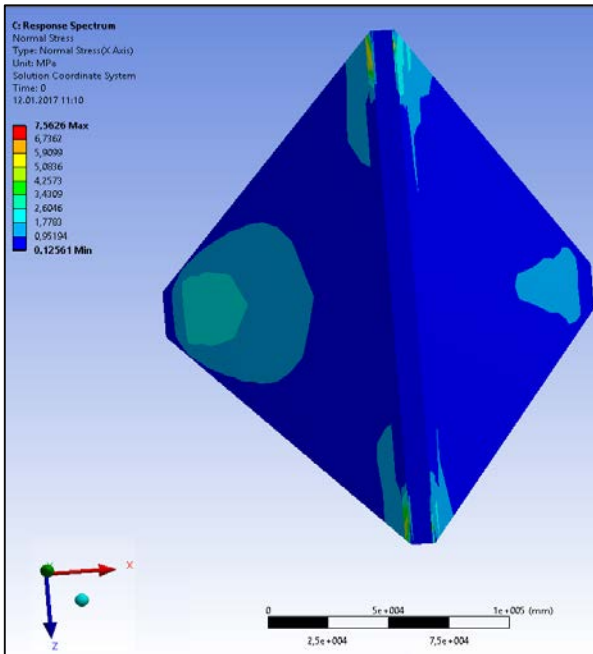
Çizelge 2. Afyon-Dinar depremine ait analiz sonuçları

Rezervuarın Tam Dolu Olması Halinde	Yer Değiştirme (mm)		Gerilme (MPa)	
	δ_{max}	δ_{min}	σ_{max}	σ_{min}
	28	1,04	7,56	0,12
Rezervuarın Boş Olması Halinde	Yer Değiştirme (mm)		Gerilme (MPa)	
	δ_{max}	δ_{min}	σ_{max}	σ_{min}
	16	0,96	2,27	0,03

Afyon- Dinar depremi, 6.0 şiddetinde olup, 1 Ekim 1995' de meydana gelmiştir. Dinar depremi, kayıtlara göre 26 saniye sürmüştür. Rezervuarın dolu olması durumu için örnek olarak Dinar depremine ait yer değiştirme ve gerilme dağılımları, Şekil 7 ve 8'de verilmiştir.



Şekil 7. Rezervuarın dolu olması halinde, Afyon-Dinar depremine ait yer değiştirme dağılımı



Şekil 8. Rezervuarın dolu olması halinde, Afyon-Dinar depremine ait gerilme dağılımı

Bir yapının depremden etkileşimi, yapının bulunmuş olduğu zemin ve yapının sahip olduğu periyot gibi yapısal davranışı belirleyen, temel faktörler üzerinde şekillenmektedir. Bu çalışmada, oluşturulan sonlu elemanlar modeli, zemin tanımlamasından muaf olması sebebiyle depremsel davranışta belirleyici faktör periyot olmuştur. Yapılarda etkin periyot, doğal titreşim durumu olması sebebiyle

etkiyen depremlerin, pik değerleri, zamansal fonksiyonda yapının periyodu ile örtüştüğü durumlar maksimum yer değiştirme değerlerini meydana getirmiştir. Buna göre Afyon-Dinar depreminde, deprem pik ivme değeri Düzce ve Kocaeli depremlerine göre zaman fonksiyonunda başlangıca yakın seyretmiştir. Bu da maksimum yer değiştirme değerlerini etkilemiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, Darderesi-II Göleti'nin deprem etkisi altındaki gerilme ve yer değiştirmeleri, kabul edilebilir sınırlar dahilinde olduğu ve gövde kısmında yıkılma tehlikesi bulunmadığı görülmüştür. Ancak barajda farklı kısımlarda kullanılan, farklı malzemelerin özelliklerinin değişkenlik göstereceğinden, barajlara bu tür dinamik yüklemeler ile analizlerin yapılmasının gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Deprem ivme kayıtlarından en yüksek olanı Kocaeli depremi olmakla birlikte, bu deprem ivme kaydı altında gözlenen yer değiştirme değeri 26 mm olarak saptanmıştır. Bu değer rezervuarın, tam dolu olduğu durumlarda ölçülmüştür. Rezervuarın boş olduğu ve Kocaeli depremine maruz kaldığındaki yer değiştirme değeri ise 13 mm olarak saptanmıştır. Su yükünün ortadan kalkması, yer değiştirme değerini beklendiği şekilde düşürmüştür.

Afyon-Dinar depreminde ise yer değiştirme değeri, rezervuarın tam dolu olması halinde 28mm olarak ölçülmüştür. Rezervuarın boş olması durumunda ise bu değer 16mm'dir. Afyon-Dinar depreminde yer değiştirme değerinin, Kocaeli depremine göre daha büyük olması deprem süreleri ile ilişkilendirilebilir. Afyon-Dinar depremi 26 saniye sürerken, Kocaeli depremi 47 saniye sürmüştür. Deprem süresinin uzaması yapıda bir sönümlenmeye sebep olmuş olabilir. Bu

yüzden yer değiştirme değeri, Afyon-Dinar depremine göre daha küçük çıkmıştır.

Barajlara ait, deprem verilerinin doğru bir şekilde baraj gövdesine aktarılması ve karşılaşılabilecek sorunların büyüklüğünün bilinmesi anlamında çok önemlidir. Bu sonuçların gerçeğe yakın bir şekilde elde edilmesinde sonlu elemanlar yönteminin etkisi büyüktür.

Teşekkür

4620-YL1-16 numaralı proje ile bu çalışmayı maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Kayıkçı, N.Ç., 2003. Sonlu Elemanlar Metoduyla Karacaören I Toprak Dolgu Barajında Gerilme ve Deplasmanların Hesaplanması. Türkiye İnşaat Mühendisliği 17. Teknik Kongre ve Sergisi, 15-17 Nisan, İstanbul, 210-216.

Keskin, M.E., Korkmaz, K.A., Çarhoğlu, A.I., Helvacı, D., 2009. Dim Barajının Deprem Güvenliğinin Dinamik Analizlerle İncelenmesi. Tübvav Bilim Dergisi, 2, 128-137.

Logan, D.L. 2007. A First Course in the Finite Element Method, Thomson, Canada, 799 pp.

Pasbani-Khiavi, M., Gharabaghi, A.R.M., Abedi, K., 2008. Dam-Reservoir Interaction Analysis Using Finite Element Model. The 14 th World Conference on Earthquake Engineering, October 12-17, Beijing, China.

Renkun, W., Gaoxiang, Z.W.X.L.M. 2002. Finite Element Analysis of the Xiluodu Arch Dam.

<http://easc.ansys.com/staticassets/ANSYS/staticassets/resourcelibrary/confpaper/2002-Int-ANSYS-Conf-36.PDF> (Erişim Tarihi: 07.04.2016).

Taşçı, L., Yıldırım, B., Gökalp E., 2004. Kaya Dolgu Barajda Deformasyonların Jeodezik ve Sonlu Elemanlar Metodu ile Belirlenmesi. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16, 205-219.

Yenigün, K., Yüzcül, F. 2014. Baraj Elemanlarının Tasarım ve Yapım Aşamasında Baraj Güvenliği Kıstasıyla İrdelenmesi 'İlusu Barajı Örneği'. IV. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu, 9-11 Ekim Elazığ, 469-489.

Yenigün, K., Yüzcül, F. 2013. Baraj Güvenliği Açısından Tip Seçimi: ÖYBK Barajlarda Etkin Faktörler ve İlusu Barajı Örneği . 3. Bursa Uluslararası Su kongresi ve Sergisi, 22-24 Mart 2013, Bursa, 555-574.