



**KİRİŞSİZ DÖŞEMELİ BETONARME BİR BİNADA OLUŞAN YATAY
DEPLASMANIN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ**

**(ESTIMATION OF LATERAL DISPLACEMENTS IN A REINFORCED CONCRETE
STRUCTURE WITH FLAT SLABS BY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS)**

İbrahim ÖZSOY, Mahmut FIRAT*

ÖZET/ABSTRACT

Her malzemede olduğu gibi betonarmede de yük altında ötelenme kaçınılmaz bir olgudur. Betonarme bir yapının elemanlarında oluşan ötelenmeler, etkiyen yükün doğrultusunda ya da birden fazla yükün etkimesi durumunda bileşke yük doğrultusunda oluşur. Yapıda elemanlar birbirlerine yük aktarımını sağlayacak şekilde bağlantılı olduğu için bir elemana etkiyen yük diğer elemanlarda da ötelenmelerin oluşmasına sebep olur. Deprem ve rüzgar yüklerinin etkideği durumlarda, yapı düşey yükler altında yapmış olduğu ötelenmeler yanında yatay yönde de ötelenmeye zorlanmış olur. Bir yapı projelendirilirken oluşması beklenen ötelenmeler dikkate alınmalı ve yapının güvenliği açısından bu ötelenmeler belirli sınırlar içinde tutulmalıdır.

Bu çalışmada, kirişsiz döşemeli betonarme bir binada çeşitli parametrelere bağlı olarak meydana gelen yatay ötelenme değerinin yapay sinir ağları ile tahmin edilmesine çalışılmıştır. Bunun için, tahmine yönelik çalışmalarda en iyi sonucu veren ve en çok kullanılan ileri beslemeli sinir ağları kullanılmıştır. Model kurulurken giriş parametreleri olarak; yapı yüksekliği, kat yüksekliği, döşeme kalınlığı, kolon boyutları ve yapı ağırlığı, çıkış parametresi olarak da yapıda meydana gelen deplasmanlar kullanılmıştır. Yapay sinir ağları ile çözüm yapılırken eğitim ve test işlemlerinde kullanılan veriler, oluşturulan modellerin SAP2000 programı ile yapılan analizlerinden alınmıştır. Yapay sinir ağları ile yapılan yatay deplasman tahminleri, SAP2000 programının yatay deplasman verileri ile karşılaştırıldığında, elde edilen en büyük fark 0,465 mm olarak ortaya çıkmıştır. Bu çalışma sayesinde yatay deplasmanların yapay sinir ağları ile başarılı bir şekilde tahmin edilebileceği gösterilmiştir.

As in all kinds of materials, displacement in reinforced concrete is inevitable. Displacement occurs in the direction of the applied load or if there is a resultant load it occurs in the direction of resultant load. In the effects of earthquake and wind, the structure shows displacement in the vertical direction as it shows displacements in the horizontal direction. The expected displacements must be taken into consideration in the project phase and for the reliability of the structures, these displacements must be in constant boundaries.

In this study, it is struggled to estimate the horizontal displacement values depend on various parameters by artificial neural networks. Thus, the feed forward artificial neural network which gives the best results in the studies of estimation was used. While establishing the model; height of structure, height of floor, slab thickness and weight of structures were used as input parameters and the displacement occurs in structure was used as output parameter. While solving by artificial neural networks the data used in training and test procedure were taken from the solutions made by finite elements methods (SAP 2000) under different conditions. Maximum difference in the lateral displacement values obtained from Artificial Neural Network and from SAP2000 program is 0,465 mm. As a result of this study, it is shown that lateral displacements can be predicted by using Artificial Neural Networks.

ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS

Statik analiz, Dinamik analiz, Yatay ötelenme, İleri beslemeli yapay sinir ağları, Hatayı geriye yayma
Static analysis, Dynamic analysis, Lateral displacement, Feed forward neural networks, Error back propagation

1. GİRİŞ

Yapılar açısından ötelenmelerin ne kadar önemli olduğu son 10 yılda ülkemizde yaşanan depremlerde de açıkça görülmüştür. Yetersiz kesitlerden, konstrüktif kurallara uyulmamasından ya da kalitesiz malzeme ve işçilikten dolayı, pek çok yapı deprem yükleri altındaki ötelenmelere karşı koyamamıştır. Bu nedenle de oldukça fazla can ve mal kaybına sebep olmuştur. Büyük bir çoğunluğu deprem kuşağında bulunan ülkemizde, yapıların deprem yüklerine karşı güvenliği açısından meydana gelecek ötelenmelerin sınırlandırılmasının gerekliliği deprem yönetmeliğinde de vurgulanmıştır.

Bu çalışmada, deprem yüküne maruz kalan kirişsiz döşemeli bir binada oluşacak ötelenmeler; kat ağırlıkları, yapı yüksekliği, kat yüksekliği, kolon boyutu ve döşeme kalınlığı değişken tutularak yapay sinir ağları ile tahmin edilmiştir. Kolon boyutları ve kat yüksekliklerinin değişken tutulması deprem yüklerinin taşınmasını ve yatay ötelenmeleri etkileyen en önemli faktör olan rijitliğin dikkate alınması anlamına gelmektedir.

Son yıllarda, insan beyninin çalışma prensibini yapay olarak modellemeyi amaçlayarak geliştirilen yapay sinir ağları; sinyal işleme, arıza analizi ve tespiti, sistem tanımlama (modelleme) ve denetimi v.s gibi çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmış ve kullanıldığı alanlardaki problemlerin çözümüne yeni yaklaşımlar getirmiştir. Yapay sinir ağları bilinen hesaplama tekniklerinden farklı olarak, belirli bir problemi çözerken programlama yerine direkt mevcut örnekler üzerinden öğrenir. Bundan dolayı yapay sinir ağları ile bir problem çözülürken mevcut örnekler dışında farklı bir bilgiye ihtiyaç duyulmaz. Sinir ağları ne kadar fazla örnekle eğitilirse sonuçlar o derecede doğruya yaklaşır.

Yapay sinir ağları, son yıllarda İnşaat mühendisliğinde oldukça geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Kang ve Yoon, basit bir kafes sistemi yapay sinir ağları yaklaşımı ile çözmüş diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında oldukça iyi sonuçlar elde etmiştir (Kang ve Yoon, 1994).

Arslan ve İnce, kenarlarından tutulmuş betonarme döşemelerde döşemenin tutulma şartları, moment tipi ve döşemenin kenar uzunluklarının oranlarını kullanarak moment katsayılarını yapay sinir ağları ile tespit etmeye çalışmıştır (Arslan ve İnce, 1994).

Arslan ve İnce, geriye yaymalı sinir ağlarını kullanarak betonarme kolonların tasarımını yapmıştır. Bu çalışmada kolon boyutları göz önüne alınarak kolondaki donatı oranı yapay sinir ağları ile tespit edilmiştir (Arslan ve İnce, 1995).

Yapılan bu çalışmalardan da görüldüğü yapay sinir ağları İnşaat mühendisliğinde bir çok uygulama alanı bulmuş ve diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında da oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir. İşlem kolaylığı ve her alana uygulanabilir olmasından dolayı da diğer yöntemlere göre avantaj sağlamaktadır.

2. BİYOLOJİK VE YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağı, insan beyni gibi biyolojik sinir sisteminden ilham alınarak geliştirilen bir bilgi işlem paradigmasıdır. Bu paradigmanın anahtar elemanı, bilgi işlem sisteminin yapısıdır (Arslan ve İnce, 1996). Yapay sinir ağları insanlar gibi örneklerle öğrenir. Yani belirli bir problemi çözmek için programlama yerine mevcut örnekleri kullanır.

2.1. İnsanda Sinir Sistemi

Biyolojik sinir sistemi, merkezinde sürekli olarak bilgiyi alan, yorumlayan ve uygun bir karar üreten merkezi sinir ağının bulunduğu 3 katmanlı bir sistem olarak açıklanır. Alıcı sinirler organizma içerisinden ya da dış ortamlardan algıladıkları uyarıları, beyine bilgi ileten elektriksel sinyallere dönüştürür. Tepki sinirleri ise, beyinin ürettiği elektriksel darbeleri

organizma çıktısı olarak uygun tepkilere dönüştürür. Sinir sisteminin blok gösterimi Şekil 1’de verilmiştir (Fırat, 2002; Jang vd., 1997).



Şekil 1. Biyolojik sinir sisteminin blok gösterimi (Civalek, 1999)

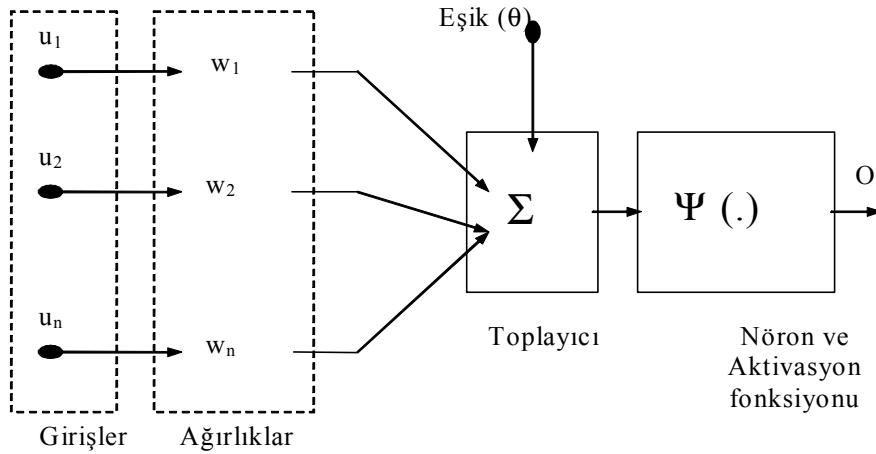
Yapay sinir ağlarının işleyişi de buna benzer olarak gelişmektedir. 1940 yılında McCulloch ve Pitts, nöronun, mantık sistemlerinde basit eşdeğer yapısıyla modellenebileceğini ortaya atmışlardır (Kang ve Yoon, 1994).

2.2. Matematik Sinir Yapısı (Nöronun Matematik Modeli)

Matematiksel modeli Şekil 2’de verilen bir yapay nörona, nöron girdileri sinaptik bağlantılar üzerindeki ağırlıklar ile çarpılarak bir toplayıcıya uygulanmakta ve elde edilen toplam, nöronun aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek çıkışlar hesaplanmaktadır (Kaynak ve Efe, 2000).

$$S = w_1.u_1 + w_2.u_2 + w_3.u_3..... + w_n.u_n - q = \sum_{i=1}^n w_i.u_i - q \quad (1)$$

$$o_i = y(S) \quad (2)$$



Şekil 2. Nöronun matematiksel modeli (Fırat, 2002)

2.3. Yapay Sinir Ağlarının Yapıları

Yapay sinir ağ yapısı olarak en fazla kullanılanı ileri beslemeli yapay sinir ağlarıdır. İleri beslemeli sinir ağları, giriş, çıkış ve gizli katman olmak üzere en az üç katmandan oluşur (Civalek, 1999). Giriş ve çıkış katmanlarının arasında gizli katmanlar bulunur. Giriş ve çıkış katmanlarındaki nöron sayıları ele alınan problemin gereklerine göre belirlenir. Gizli katman sayısı ve bu katmanlardaki nöron sayıları ise deneme yanılma yoluyla bulunmaktadır.

2.4. Öğrenme

Yapay sinir ağları insan zekası gibi örneklerle eğitilirler. Ağlar ne kadar çok örnekle eğitilirse problem üzerindeki teşhisi o kadar doğru olur. Öğrenme, genel olarak denetimli ve denetimsiz öğrenme olarak iki grupta sınıflandırılabilir (Arslan ve İnce, 1995).

Denetimli öğrenmede, giriş vektörlerinin data seti ve ağı eğitmek için çıkış vektörlerinin cevabı kullanılır. Örneğe ait çıkış değeri ile ağ çıkış değeri karşılaştırılarak ağın hatası bulunur. Ağırlık matrisi, toplam ağ hatasının kabul edilebilir hatadan daha büyük olduğu sürece güncelleştirilir. Denetimsiz öğrenmede ise, ağı sadece giriş veri grubu verilerek ağdan bu veri grubuna uyumlu bir çıkış değeri üretecek şekilde kendisini uygun ağırlıklarla düzenlemesi istenir (Dias ve Pooliyadda, 2001; Fırat, 2002).

2.5. Öğrenme Algoritması (Hatayı Geriye Yayma Algoritması)

Bir sinir ağı, ağı mimarisi, bir nörondaki aktivasyon fonksiyonu ve eğitim algoritması ile karakterize edilir. Çok tabakalı sinir ağlarının eğitimi için genellikle kullanılan eğitim algoritması hatayı geriye yayma (Back Propagation) algoritmasıdır (Civalek, 1999). Bu algoritma, türevi alınabilir aktivasyon fonksiyonu ile herhangi bir ileri beslemeli sinir ağları için kullanılabilir. Geriye yayma modeli her yerde diferansiyeli alınabilen aktivasyon fonksiyonu gerektirir. Aşağıda bağıntısı verilen sigmoid tipli aktivasyon fonksiyonu türevi alınabilir ve sürekli problemlerin çözümünde kullanılmaktadır.

$$\Psi_1(S) = \frac{1}{1 + e^{-S}} \quad (3)$$

Burada girişler ağırlık değerleri ile ağırlıklandırılıp aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek çıkış değerleri hesaplanır. Hatayı geriye yayma algoritmasının işlem sırası kısaca aşağıdaki şekilde verilebilir (Fırat, 2002).

1. İlk önce her bir nöronun çıkış değerleri hesaplanır.

$$o_i = f\left(\sum_{j=1}^n u_j \cdot w_{ij} - q_i\right) \quad (4)$$

2. Daha sonra ağı hatası hesaplanır.

$$J_r = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^k (d_i - o_i)^2 \quad (5)$$

3. Çıkış tabakası için ağırlık değerlerinin değişimleri belirlenir.

$$\Delta w_{ji} = h \cdot d_j \cdot o_i \quad (6)$$

$$d_j = (d_j - o_j) \cdot \Psi'(net_j) \quad (7)$$

4. Gizli tabakalar için ağırlık değerlerini değişimi hesaplanır.

$$\Delta w_{ji} = h \cdot d_j \cdot o_i \quad (8)$$

$$d_j = \sum_k (d_k \cdot w_{kj}) \cdot \Psi'(net_j) \quad (9)$$

5. Değişen değerlere göre ağırlıkların güncellenmesi yapılır.

$$w_{ij}^{yeni} = w_{ij}^{eski} + \Delta w_{ij} \quad (10)$$

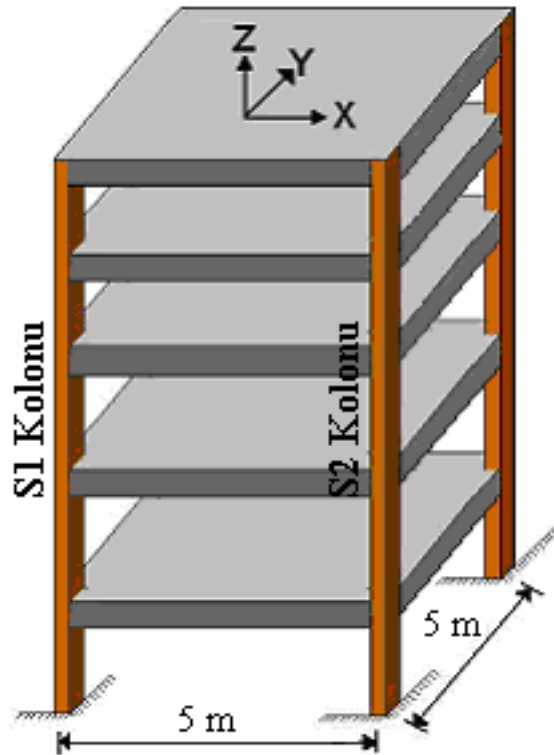
6. Bu adımlar toplam hata kabul edilebilir değere gelinceye kadar tekrarlanır.

3. OLUŞAN DEPLASMANLARIN MEKANİZMASI VE ETKİLİ PARAMETRELER

Her malzemede olduğu gibi betonarmede de yük altında deplasman kaçınılmaz bir olgudur. Betonarme bir yapının elemanlarında oluşan ötelenmeler, etkiyen yükün doğrultusunda ya da birden fazla yükün etkimesi durumunda bileşke yük doğrultusunda oluşur. Yapıda elemanlar birbirlerine yük aktarımını sağlayacak şekilde bağlantılı olduğu için bir elemana etkiyen yük diğer elemanlarda da ötelenmelerin oluşmasına sebep olur. Betonarme bir binada düşey yük her zaman mevcuttur. Hareketli yükler bulunmasa bile, elemanların zati ağırlıklarından kaynaklanan düşey yükler hep vardır. Deprem ve rüzgar yüklerinin etkimesi durumunda, daha önce herhangi bir yatay etkiye maruz kalmamış olan bina düşey yükler altında yapmış olduğu ötelenmeler yanında yatay yönde de ötelenmeye zorlanmış olur.

Yük altında binadaki elemanlarda (kolon, kiriş, döşeme vb.) oluşan deplasmanlar belirli sınırlar içinde tutulmazsa eleman kesitlerinde çatlaklar oluşur. Deprem sırasında binaya etki eden yatay yükün oluşturduğu deplasmanlar sebebiyle kolon-kiriş birleşim bölgelerinde mafsallaşmaların oluştuğu ve elemanların birbirinden ayrıştığı ülkemizde yaşanan pek çok depremde de gözlenmiştir. Bu ayrışmalar çoğu zaman tümenden göçmeye de neden olmuştur.

Bu çalışmada, Şekil 3'de verilen model, esas model olarak kullanılmış ve bu modelin kolon boyutları, kat yükseklikleri, döşeme kalınlığı, hareketli ve sabit yük gibi özelliklerinde değişiklikler yapılarak yeni modeller oluşturulmuştur. Üzerinde çalışılan toplam üç modele ait özellikler Çizelge 1'de sunulmuştur.



Şekil 3. Kullanılan bina modeli

Çizelge 1. Modeller ve genel özellikleri

Özellikler	Model 1	Model 2	Model 3
Beton	C20	C20	C20
Çelik	S420	S420	S420
Zemin Sınıfı	Z3	Z3	Z3
Kat Adedi	5	5	5
Kolon Boyutu	40cm*40 cm	45cm*45 cm	50cm*50 cm
Kat Yüksekliği	280 cm	320 cm	360 cm
Döşeme Kalınlığı	18 cm	21 cm	24 cm
İlave Yük (G)	15 N/cm ²	20 N/cm ²	15 N/cm ²
Hareketli Yük(Q)	20 N/cm ²	20 N/cm ²	35 N/cm ²

Yatay deplasmanların yatay yüklerden oluştuğu bilinmektedir. Bu yüklerin belirlenmesinde kat yükseklikleri ve kat ağırlıkları etkili olmaktadır. Ancak bu yüklerin düşey taşıyıcılara dağıtılmasında ve taşınmasında düşey taşıyıcıların rijitlikleri etkilidir.

Analizlerde Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te belirtilen analiz metodlarından hem Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (EDYY) hem de Mod Birleştirme Yöntemi (MBY) kullanılmıştır.

Modellerin SAP2000 programı ile yapılan analizleri sırasında döşemeler 25*25 cm'lik sonlu elemanlara ayrılmıştır. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde her model için deprem yükleri hesaplanmış ve bu yükler ilgili modellerin +%5 eksantrisite ile elde edilen kat kütle merkezlerine yatay yük olarak etkilmiştir. Mod Birleştirme Yöntemi'nde ise program analizler sırasında yatay yük hesaplarını yapmakta ve bu yükler altındaki deplasmanları hesaplamaktadır (Habibullah ve Wilson, 2000). Analizler neticesinde S1 ve S2 kolonlarında oluşan deplasmanlar tespit edilmiştir.

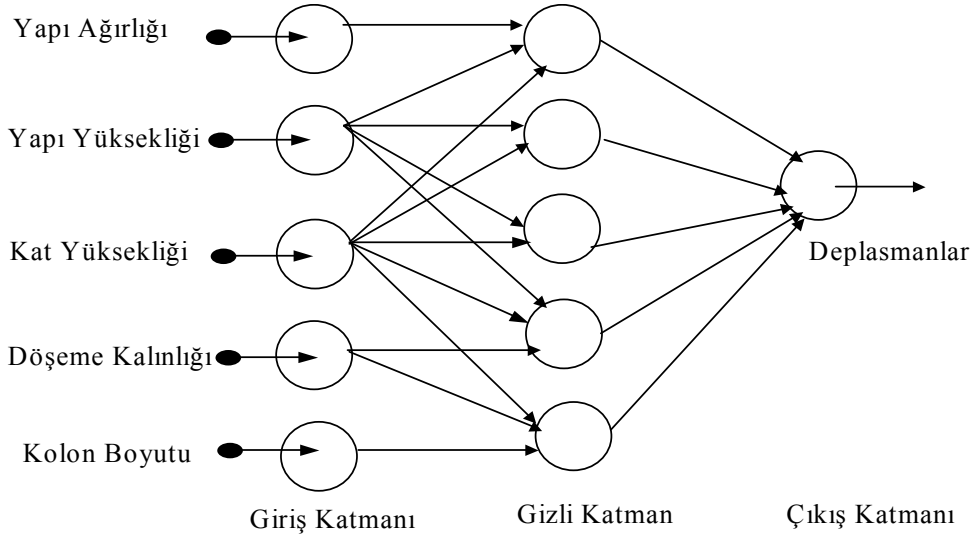
4. OLUŞAN DEPLASMANIN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE BELİRLENMESİ

4.1. Ağın Eğitilmesinde Kullanılan Model

Yapay sinir ağlarının problemlere yaklaşımı insan zekası gibi edinilen tecrübeye bağlıdır. Yapay sinir ağları insanlar gibi örnekler ile eğitildikleri için eğitim sırasında yeterli sayıda veri grubunun kullanılması ile çok iyi sonuçlar elde edilmektedir. İlk aşamada yapay sinir ağına yeterli sayıda veri grubu, sonlu elemanlar metodu ile yapılan çeşitli yükseklik ve ağırlıktaki yapıların çözümü ile elde edilmiştir. Bu veri grubu ile yapay sinir ağları ilk önce eğitilmiş ve daha sonra da önceden hiç kullanılmamış olan veri grubu ile test edilmiştir. Eğitim ve test işlemlerinde kullanılan giriş parametreleri, çıkış parametresi ve ağın mimarisi Şekil 4'de gösterilmiştir.

4.2. Ağın Eğitilmesi ve Test Edilmesi

Şekil 4'de görüldüğü gibi giriş tabakasındaki nöron sayısı, yapı yüksekliği, yapı ağırlığı, kat yüksekliği, kolon boyutları ve döşeme kalınlığı olmak üzere beş adettir. Çıkış tabakasındaki nöron sayısı deplasman değeri olmak üzere bir adettir. Gizli tabaka sayısı ve buradaki nöron sayısı deneme yanılma yoluyla bulunmuştur. Yapay sinir ağları eğitilirken aktivasyon fonksiyonu olarak 3 numaralı bağıntıda verilen sigmoid tipi bir aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır.



Şekil 4. Modelde kullanılan ağ yapısı

Kullanılan sigmoid tipi aktivasyon fonksiyonun özelliğinden dolayı, veri setleri ağa verilmeden önce her bir giriş ve çıkış değişkenlerinin maksimum ve minimum değerleri bulunarak [0~1] arasında normalize edilmiştir. Buna bağlı olarak yapay sinir ağlarının üreteceği sonuç değerler de [0~1] arasında elde edilmiştir. Bu durumda başlangıçta yapılan normalize işlemi tersine çevrilerek çıkış değerleri bulunmuştur.

Ayrıca yapılan bu çalışmada, yapay sinir ağ mimarisi olarak ileri beslemeli sinir ağı, öğrenme tipi olarak denetimli öğrenme, öğrenme algoritması olarak da, hatayı geriye yayma algoritması kullanılmıştır. Her bir veri seti için eğitim yapılırken gizli katman sayısı, gizli katmandaki nöron sayısı, öğrenme derecesi, momentum katsayısı, iterasyon sayısı en uygun sonucu verecek deneme yanılma yoluyla belirlenmiştir. Öğrenme derecesi, yapay sinir ağının öğrenme hızını etkileyen bir parametredir. Genellikle [0~1] arasında değişmektedir. Eğer öğrenme derecesi büyük seçilecek olursa ağ hızlı öğrenecek ve tahmin yeteneği azalacaktır. Küçük seçilmesi durumunda ise ağ yavaş eğitileceğinden öğrenme uzun sürecektir. Momentum katsayısı ise, öğrenme derecesinin yukarıda verilen durumları için dengeleyici bir görev yapmakta olup [0~1] arasında değişmektedir.

Problemin çözümünde seçilen değerler, Çizelge 2’de verilmiştir. Eğitim işleminden sonra test işlemine geçilmiş ve test işleminde daha önceden eğitim işleminde kullanılmayan veri grupları kullanılmıştır. Yapay sinir ağı eğitim ve test sonuçları Çizelge 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 de verilmiştir.

Çizelge 2. Eğitim sırasında deneme-yanılma yoluyla seçilen parametreler

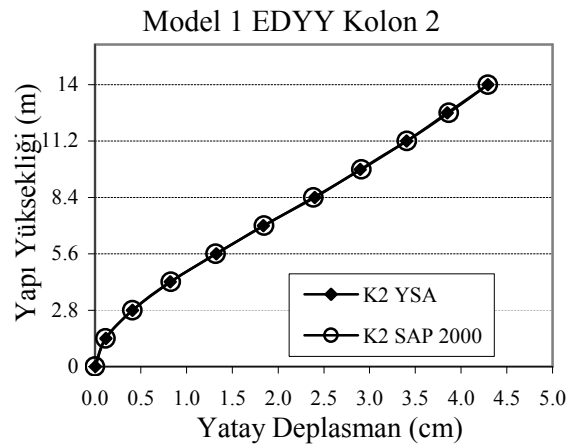
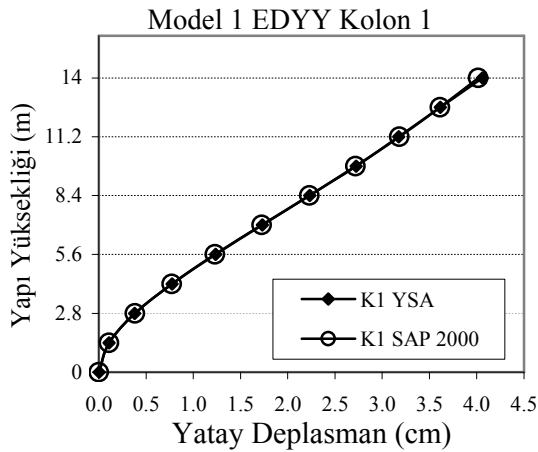
Model	Yapı Yüksekliği (m)	Eğitim Veri Sayısı	Test Veri Sayısı	Gizli Katman Sayısı	Öğrenme Katsayısı	Momentum Katsayısı	İterasyon Sayısı
Model 1 EDYY	14	40	11	10 - 9- 8	0.01	0.8	1300
Model 1 MBY	14	40	11	10 - 9- 8	0.01	0.8	1300
Model 2 EDYY	16	40	11	10 - 9- 8	0.01	0.8	1100
Model 2 MBY	16	40	11	10 - 9- 8	0.01	0.8	1100
Model 3 EDYY	18	40	11	10 - 9- 8	0.01	0.8	1200
Model 3 MBY	18	40	11	10 - 9- 8	0.01	0.8	1200

4.3. Sinir Ağının Denenmesi

Eğitimi tamamlanan yapay sinir ağları ile eğitim sırasında hiç kullanılmayan veriler test edilmiştir. Çizelge 3, 4, 5, 6, 7 ve 8’de üç farklı model için yapı yüksekliğine bağlı olarak yapay sinir ağlarından elde edilen yatay deplasmanlar ile SAP2000 programıyla yapılan analizlerden elde edilen deplasman değerleri karşılaştırılmıştır. Verilen bu çizelgelerdeki yatay deplasman değerleri (cm) birimindedir. Çizelgelerdeki değerlerin yapı yüksekliğine bağlı olarak karşılaştırılmalı grafikleri Şekil 5, 6, 7, 8, 9 ve 10’da verilmiştir. Çizelge ve şekillerden de görüldüğü gibi iki farklı çözüm yöntemi ile elde edilen sonuçlar birbirine oldukça yakın çıkmıştır. Yapay sinir ağları ile kısa sürede çözüm yapıldığı ve örneklerden başka bilgiye ihtiyaç duyulmadığı için avantajlı diğer yöntemlere göre daha avantajlı olduğu söylenebilir.

Çizelge 3. Model 1 için yatay deplasmanların, SAP2000 programı kullanılarak elde edilen değerlerinin yapay sinir ağları değerleri ile karşılaştırılması (EDYY)

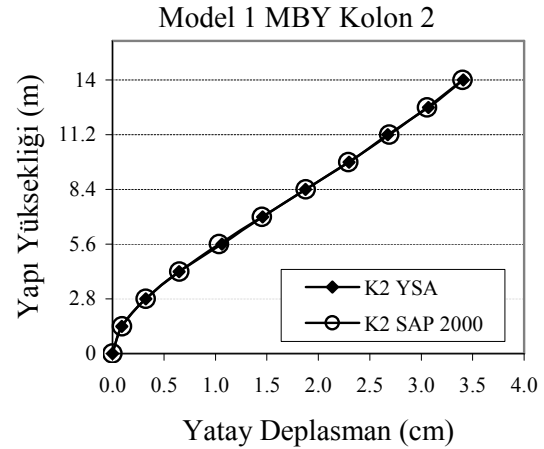
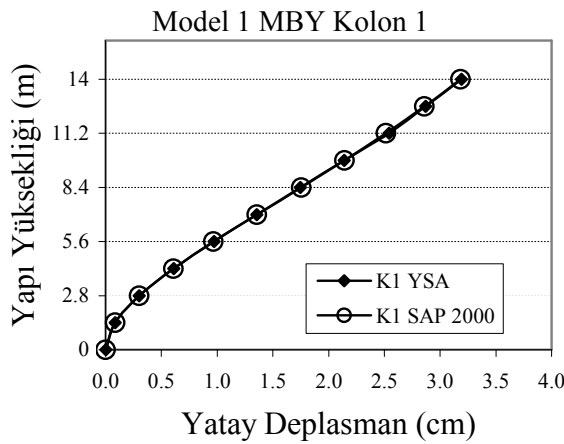
W=997,87 KN Yapı Yüksekliği (m)	EDYY (S1 KOLONU)				EDYY (S2 KOLONU)			
	SAP2000 (cm)	YSA (cm)	(YSA-SAP2000)		SAP2000 (cm)	YSA (cm)	(YSA-SAP2000)	
			(%)	(cm)			(%)	(cm)
0,0	0,0000	0,0029	1,0000	0,0029	0,0000	0,0026	1,0000	0,0026
1,4	0,1090	0,1095	0,0047	0,0005	0,1170	0,1174	0,0041	0,0005
2,8	0,3830	0,3798	0,0086	0,0033	0,4109	0,4083	0,0062	0,0026
4,2	0,7725	0,7765	0,0052	0,0040	0,8284	0,8235	0,0059	0,0049
5,6	1,2313	1,2381	0,0055	0,0068	1,3197	1,3275	0,0059	0,0078
7,0	1,7255	1,7314	0,0034	0,0059	1,8486	1,8398	0,0048	0,0088
8,4	2,2284	2,2341	0,0025	0,0056	2,3865	2,3993	0,0054	0,0128
9,8	2,7181	2,7242	0,0022	0,0061	2,9098	2,8974	0,0043	0,0124
11,2	3,1832	3,1738	0,0029	0,0094	3,4066	3,4053	0,0004	0,0014
12,6	3,6136	3,6171	0,0009	0,0034	3,8663	3,8485	0,0046	0,0177
14,0	4,0138	4,0603	0,0116	0,0465	4,2934	4,2949	0,0003	0,0014



Şekil 5. Model 1 statik analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 4. Model 1 için yatay deplasmanların, SAP2000 programı kullanılarak elde edilen değerlerinin yapay sinir ağı değerleri ile karşılaştırılması (MBY)

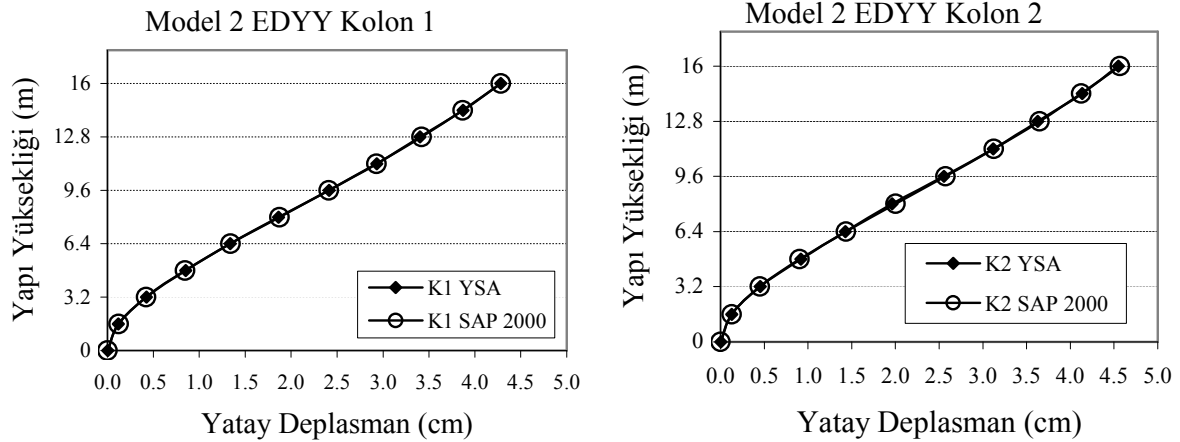
W=997,87 KN Yapı Yüksekliği (m)	MBY (S1 KOLONU)				MBY (S2 KOLONU)			
	SAP2000 (cm)	YSA (cm)	(YSA-SAP2000)		SAP2000 (cm)	YSA (cm)	(YSA-SAP2000)	
			(%)	(cm)			(%)	(cm)
0	0,0000	0,0017	1,0000	0,0017	0,0000	0,0013	1,0000	0,0013
1,4	0,0856	0,0861	0,0060	0,0005	0,0919	0,0910	0,0099	0,0009
2,8	0,3007	0,3018	0,0037	0,0011	0,3227	0,3232	0,0016	0,0005
4,2	0,6067	0,6101	0,0055	0,0033	0,6507	0,6477	0,0045	0,0030
5,6	0,9674	0,9727	0,0055	0,0053	1,0369	1,0649	0,0270	0,0280
7	1,3566	1,3553	0,0010	0,0013	1,4534	1,4583	0,0034	0,0049
8,4	1,7539	1,7452	0,0049	0,0086	1,8782	1,8750	0,0017	0,0031
9,8	2,1424	2,1394	0,0014	0,0030	2,2934	2,2992	0,0025	0,0058
11,2	2,5135	2,5422	0,0114	0,0287	2,6898	2,6752	0,0054	0,0146
12,6	2,8591	2,8695	0,0036	0,0103	3,0591	3,0699	0,0036	0,0109
14	3,1822	3,1919	0,0031	0,0098	3,4042	3,4087	0,0013	0,0045



Şekil 6. Model 1 dinamik analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 5. Model 2 için yatay deplasmanların, SAP2000 programı kullanılarak elde edilen değerlerinin yapay sinir ağı değerleri ile karşılaştırılması (EDYY)

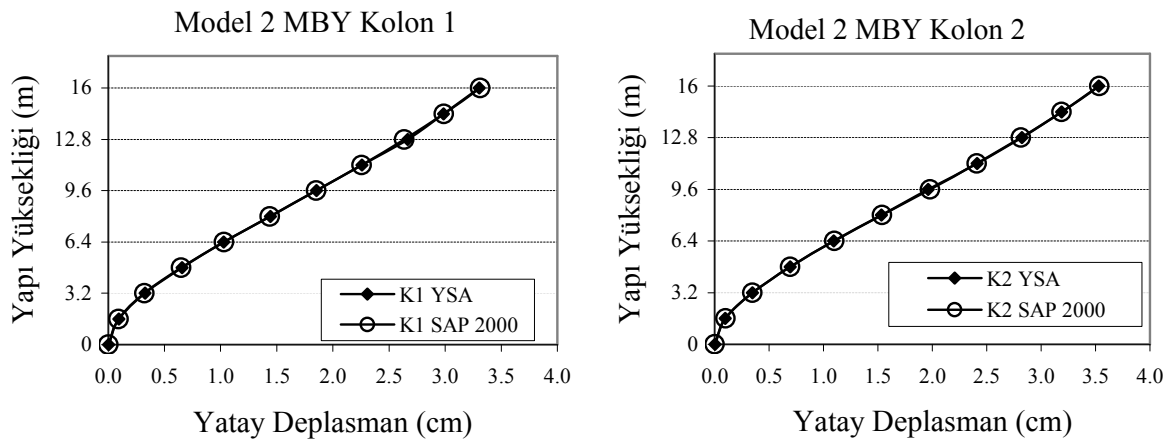
W=1241,56 KN Yapı Yüksekliği (m)	EDYY (S1 KOLONU)				EDYY (S2 KOLONU)			
	SAP2000 (cm)	YSA (cm)	(YSA-SAP2000)		SAP2000 (cm)	YSA (cm)	(YSA-SAP2000)	
			(%)	(cm)			(%)	(cm)
0,0	0,0000	0,0021	1,0000	0,0021	0,0000	0,0024	1,0000	0,0024
1,6	0,1205	0,1195	0,0080	0,0010	0,1290	0,1277	0,0099	0,0013
3,2	0,4208	0,4233	0,0060	0,0025	0,4502	0,4544	0,0093	0,0042
4,8	0,8450	0,8535	0,0100	0,0085	0,9036	0,9187	0,0166	0,0150
6,4	1,3414	1,3358	0,0042	0,0056	1,4339	1,4284	0,0038	0,0055
8,0	1,8728	1,8627	0,0054	0,0101	2,0010	1,9607	0,0201	0,0403
9,6	2,4100	2,4141	0,0017	0,0041	2,5741	2,5562	0,0069	0,0179
11,2	2,9292	2,9326	0,0012	0,0034	3,1275	3,1173	0,0033	0,0102
12,8	3,4186	3,4007	0,0052	0,0179	3,6490	3,6271	0,0060	0,0219
14,4	3,8674	3,8728	0,0014	0,0054	4,1269	4,1373	0,0025	0,0103
16,0	4,2811	4,2844	0,0008	0,0032	4,5674	4,5488	0,0041	0,0186



Şekil 7. Model 2 statik analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 6. Model 2 için yatay deplasmanların, SAP2000 programı kullanılarak elde edilen değerlerinin yapay sinir ağları değerleri ile karşılaştırılması (MBY)

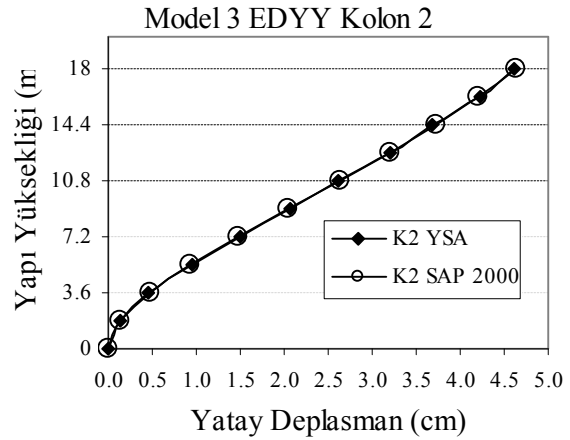
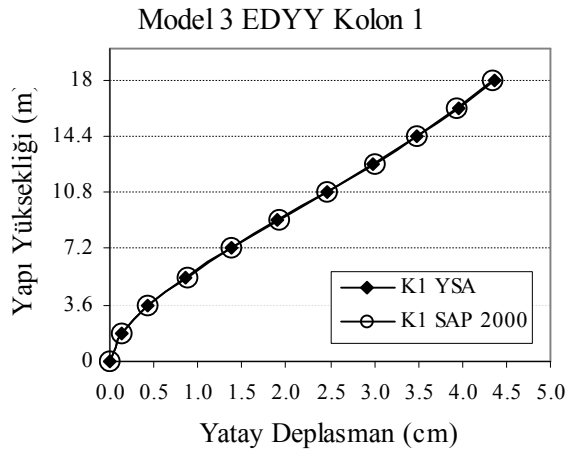
Yapı Yüksekliği (m)	MBY (S1 KOLONU)				MBY (S2 KOLONU)			
	SAP2000 (cm)	YSA (cm)	(YSA-SAP2000)		SAP2000 (cm)	YSA (cm)	(YSA-SAP2000)	
			(%)	(cm)			(%)	(cm)
0	0,0000	0,0022	1,0000	0,0022	0,0000	0,0024	1,0000	0,0024
1,6	0,0926	0,0946	0,0217	0,0020	0,0991	0,0979	0,0125	0,0012
3,2	0,3231	0,3266	0,0107	0,0035	0,3458	0,3469	0,0030	0,0010
4,8	0,6489	0,6582	0,0142	0,0092	0,6941	0,6927	0,0021	0,0014
6,4	1,0302	1,0287	0,0015	0,0016	1,1014	1,0932	0,0075	0,0082
8	1,4389	1,4431	0,0029	0,0042	1,5375	1,5329	0,0029	0,0045
9,6	1,8532	1,8558	0,0014	0,0027	1,9793	1,9632	0,0081	0,0161
11,2	2,2552	2,2582	0,0013	0,0029	2,4078	2,4131	0,0022	0,0053
12,8	2,6365	2,6679	0,0119	0,0315	2,8140	2,8228	0,0031	0,0088
14,4	2,9883	2,9866	0,0006	0,0017	3,1889	3,1877	0,0004	0,0012
16	3,3145	3,3063	0,0025	0,0083	3,5365	3,5283	0,0023	0,0083



Şekil 8. Model 2 dinamik analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 7. Model 3 için yatay deplasmanların, SAP2000 programı kullanılarak elde edilen değerlerinin yapay sinir ağıları değerleri ile karşılaştırılması (EDYY)

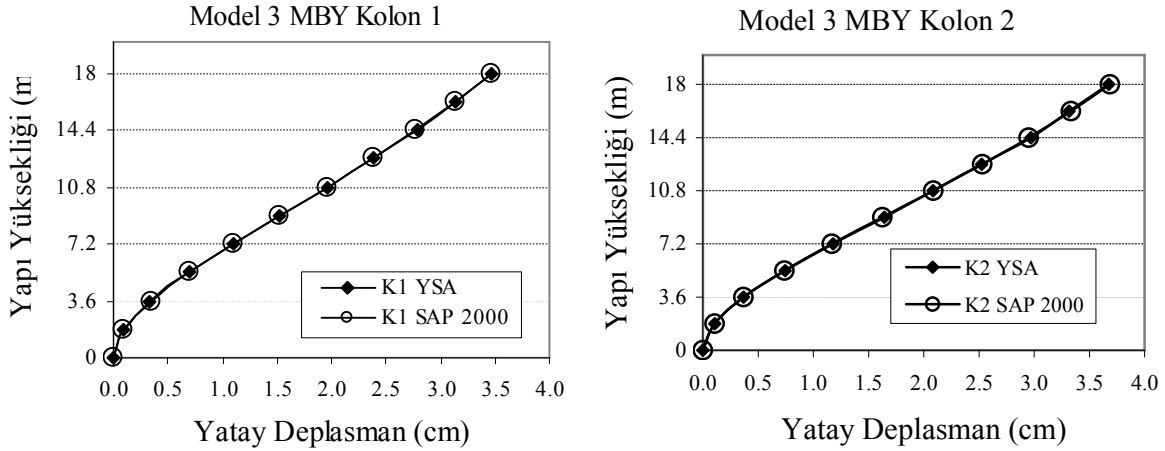
Yapı Yüksekliği (m)	EDYY (S1 KOLONU)				EDYY (S2 KOLONU)			
	SAP2000 (cm)	YSA (cm)	(YSA-SAP2000)		SAP2000 (cm)	YSA (cm)	(YSA-SAP2000)	
			(%)	(cm)			(%)	(cm)
0	0,0000	0,0028	1,0000	0,0028	0,0000	0,0012	1,0000	0,0012
1,8	0,1259	0,1277	0,0145	0,0018	0,1344	0,1341	0,0019	0,0003
3,6	0,4372	0,4358	0,0031	0,0014	0,4666	0,4598	0,0146	0,0068
5,4	0,8751	0,8585	0,0190	0,0166	0,9335	0,9469	0,0143	0,0134
7,2	1,3849	1,3836	0,0009	0,0013	1,4767	1,5015	0,0167	0,0247
9	1,9280	1,8992	0,0149	0,0287	2,0550	2,0617	0,0032	0,0066
10,8	2,4744	2,4636	0,0044	0,0108	2,6365	2,6126	0,0091	0,0239
12,6	2,9995	2,9784	0,0070	0,0211	3,1949	3,1936	0,0004	0,0013
14,4	3,4916	3,4882	0,0010	0,0034	3,7180	3,6774	0,0109	0,0406
16,2	3,9396	3,9521	0,0032	0,0125	4,1939	4,2238	0,0071	0,0299
18	4,3498	4,3636	0,0032	0,0138	4,6296	4,6228	0,0015	0,0068



Şekil 9. Model 3 statik analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 8. Model 3 için yatay deplasmanların, SAP2000 programı kullanılarak elde edilen değerlerinin yapay sinir ağıları değerleri ile karşılaştırılması (EDYY)

Yapı Yüksekliği (m)	MBY (S1 KOLONU)				MBY (S2 KOLONU)			
	SAP2000 (cm)	YSA (cm)	(YSA-SAP2000)		SAP2000 (cm)	YSA (cm)	(YSA-SAP2000)	
			(%)	(cm)			(%)	(cm)
0	0,0000	0,0007	1,0000	0,0007	0,0000	0,0004	1,0000	0,0004
1,8	0,0997	0,1001	0,0038	0,0004	0,1065	0,1064	0,0009	0,0001
3,6	0,3461	0,3394	0,0194	0,0067	0,3696	0,3683	0,0035	0,0013
5,4	0,6925	0,6907	0,0025	0,0017	0,7389	0,7445	0,0075	0,0055
7,2	1,0955	1,0932	0,0022	0,0024	1,1684	1,1788	0,0089	0,0103
9	1,5252	1,5245	0,0005	0,0007	1,6258	1,6436	0,0109	0,0178
10,8	1,9585	1,9629	0,0022	0,0044	2,0868	2,0853	0,0007	0,0015
12,6	2,3765	2,3843	0,0033	0,0078	2,5312	2,5245	0,0027	0,0068
14,4	2,7706	2,7900	0,0070	0,0194	2,9501	2,9707	0,0070	0,0205
16,2	3,1317	3,1394	0,0024	0,0077	3,3340	3,3153	0,0056	0,0187
18	3,4645	3,4686	0,0012	0,0041	3,6878	3,6758	0,0033	0,0120



Şekil 10. Model 3 dinamik analiz sonuçlarının karşılaştırılması

5. SONUÇLAR

Yapay sinir ağları, hesaplamalara tamamen farklı bir yaklaşım getirmiştir. Oldukça zor ve karmaşık problemlerin çözümünde kolaylık sağlayan bir yöntem olan yapay sinir ağları ile yapılan bu çalışmada SAP2000 programdan elde edilen veriler kullanılmıştır. Sinir ağı eğitildikten sonra test işlemleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar grafikler halinde verilmiştir (Şekil 5,6,7,8,9,10). Grafiklerden de görüldüğü gibi SAP2000 programı sonuçları ile yapay sinir ağları sonuçları birbirine oldukça yakın çıkmıştır.

SAP2000 programı ile deplasmanlar elde edilirken her model programa ayrı ayrı girilir. Modeldeki her elemanın malzeme özellikleri, boyutları, etkiyen yükler, modelin bulunduğu zemin sınıfı, deprem bölgesi, kat yükseklikleri ve kullanılacak analiz türü gibi özellikler tek tek belirlenir ve programa aktarılır. Oysa yapay sinir ağları ile deplasman tahminleri yapılırken modeller için sadece belli özellikler değişken tutulmuştur. Değişken tutulan bu özelliklerin maksimum ve minimum değerleri programa bir defa girilmiştir. Seçilen belirli sayıdaki veri grubu ile deplasmanların seyrini öğrenen yapay sinir ağları diğer noktadaki deplasmanları kolaylıkla tahmin edebilmektedir. Buna göre kullanılan modellerden minimum özelliklere sahip olan Model 1 ile maksimum özelliklere sahip olan Model 3 arasında oluşturulacak yeni modeller için yeni tanımlama ve analizlere gerek olmaksızın oluşacak deplasmanlar kolaylıkla tahmin edilebilir. Bir model için deplasman tahmininde geçen sürenin ayrıca belirtilen aralıkta yeni modellerin oluşturulması işlemlerinin diğer programlara göre daha kısa sürede tamamlanması, yapay sinir ağlarının sağladığı en önemli avantajlardan biri olarak gösterilebilir. Ancak yapay sinir ağlarının verdiği değerlerinde sonuçta bir tahmin olduğu unutulmamalıdır.

Yapılan analizlerde kat ağırlığı ve kat yüksekliği arttıkça etkiyen deprem yüklerinin de arttığı, artan yükler nedeni ile de deplasmanlarda artışların olduğu görülmüştür. Model 1 ile Model 2 arasındaki ağırlık farkı 243,7 kN, döşeme kalınlığı farkı 3 cm, kolon boyutları farkı 5 cm ve kat yüksekliği farkı 40 cm'dir. Çizelge 4 ve 6'dan görüleceği üzere bu iki model için S1 ve S2 kolonlarındaki maksimum deplasmanların farkı EDYY göre yaklaşık olarak 0,27 cm'dir. Oysa Model 2 ve Model 3'ün karşılaştırması yapılırsa, ağırlık farkı dışında tüm farkların aynı olduğu, ağırlık farkının da 36,8 kN arttığı görülmektedir. Dolayısıyla etkiyen deprem yükünün de daha fazla artacağı açıktır. Buna rağmen Çizelge 6 ve 8'den S1 ve S2 kolonları için okunan maksimum deplasmanların farkı yaklaşık olarak 0,065 cm olarak ortaya çıkmaktadır. Deprem yükü daha fazla arttığı halde deplasman artışının daha az gerçekleşmesi,

döşeme kalınlığının artırılmasının rijit diyafram davranışının ve yatay rijitliğin artmasına sebep olmasıyla açıklanabilir. MBY için de bu durumun geçerliliği çizelgelerde görülmektedir.

Düzenli kat planına sahip yapılarda döşeme kalınlığının artırılması kat ötelenmelerinin azaltılması bakımından tavsiye edilebilir. Ancak ekonomik açıdan döşeme kalınlığına da bir üst sınır getirilmelidir. Ekonomik şartlarının aşılması durumunda ve çok katlı yapılarda döşeme kalınlığının artırılması, uygun bir çözüm olmayabilir. Bu durumda ötelenmelerin sınırlandırılması için başka bir çözüm yoluna gidilmelidir. Örneğin perde duvarların kullanılması uygun olacaktır. Zaten yönetmelikte de deplasmanların sınırlandırılması için perde elemanların kullanılması önerilmektedir. Yatay deplasmanların küçük olmasının, oluşacak ikinci mertebe etkilerinin azaltılması bakımından da önemli olduğu unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- Arslan A., İnce R. (1994): "The Neural Network Based Design of Edge Supported Reinforced Concrete Slabs", Artificial Intelligence and Object Oriented Approaches For Structural Engineering, 91-97, Scotland.
- Arslan A., İnce R. (1995): "Geriye Yayılma Sinir Ağı Kullanılarak Betonarme Kolonların Tasarımı", Tr. Journal of Engineering and Environmental Sciences, Vol 19, 127-135,
- Arslan A., İnce R. (1996): "The Neural Network Approximation to The Size Effect in Fracture of Cementitious Materials", Engineering Fracture Mechanics, Vol 54, No 2, 249-261.
- Civalek Ö. (1999): "Dairesel Plakların Nöro-Fuzzy Tekniği ile Analizi", DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt. 1, Sayı 2, 13-31.
- Dias W.P.S., Pooliyadda S.P. (2001): "Neural Networks for Predicting Properties of Concrete with Admixtures", Construction and Building Materials, Vol 15, 371-379.
- Fırat M. (2002): "Doğrusal ve Kıvrımlı Akarsulara Yerleştirilen Köprü Ayakları Etrafında Meydana Gelen Oyulma Derinliğinin Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi", Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.
- Habibullah A., Wilson E.L. (2000): "SAP2000 Structurel Analysis Program".
- Jang J.S.R., Sun C.T., Mizutani E. (1997): "Neuro-Fuzzy and Soft Computing", Prentice Hall, 607 s, United States of America, 1997.
- Kang H.T., Yoon C.J. (1994): "Neural Network Approaches to Aid Simple Truss Design Problems", Microcomputers in Civil Engineering, Vol 9, 211-218.