

**BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNDE
GÜÇLENDİRİCİ KİRİŞ KONUMUNUN ÖNEMİ****Murat BİKÇE***M.K.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antakya-Hatay/Türkiye***Engin EMSEN, Orhan AKSOĞAN***Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye*

ÖZET : Güçlendirici kirişler boşluklu perdelerde oluşan yatay yerdeğiştirmeleri önemli ölçüde azaltmaktadır. Böylece, daha yüksek perdeler bu kirişler sayesinde yapılabilmektedir. Deplasman değerini önemli bir şekilde etkileyecek olan güçlendirici kirişlerin sayısı ve yerleri proje mühendisine bağlıdır. Yapının tepe noktası deplasmanının artması veya azalması, güçlendirici kiriş konumu ile bağlantılı olduğundan, güçlendirici kiriş için en doğru konumun belirlenmesi tasarımcıya önemli miktarda ekonomi sağlamaktadır. Çok sıra boşluklu perdelerin analiziyle ilgili yapılan önceki çalışmalarda doğruluğu kanıtlanmış olan Sürekli Bağlantı Yöntemi (SBY)'ni kullanılarak Mathematica Programlama dilinde hazırlanan bilgisayar programı, bu çalışmada, tepe noktası deplasmanı açısından en uygun güçlendirici kiriş konumunu belirleyecek şekilde geliştirilmiştir. Programın bir kez çalıştırılması ile güçlendirici kirişin birçok sayıdaki konum ihtimalleri programda ayrı ayrı denenerek, istenilen kat sayısındaki perde için en ekonomik yerdeğiştirme sonuçlarını bulunmaktadır. Tasarımcı ideal boyutlandırma için sonuçları kıyaslayabilir. Bu çalışmada, hazırlanan bilgisayar programı kullanılarak çeşitli yatay yükler etkisinde güçlendiricili ve güçlendiricisiz boşluklu perdeler incelenmiş ve tepe noktası yerdeğiştirmesindeki değişim grafik olarak gösterilmiştir. Yapılan analiz sonunda örnek olarak incelenen perdelerde güçlendirici kirişin olmaması durumundaki maksimum ve doğru yere konulması ile elde edilen minimum tepe noktası yerdeğiştirmeleri arasındaki farkın, boşluklu perdelerin kat sayısına bağlı olarak değiştiği grafik olarak gösterilmiştir.

* Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: MMF-2004-D14

THE IMPORTANCE OF THE LOCATION OF STIFFENING BEAMS IN COUPLED SHEAR WALLS

ABSTRACT : *Stiffening beams decrease the lateral displacement of a coupled shear wall. Hence, higher shear walls can be designed by employing these beams. It is up to the project engineer to determine the number and levels of stiffening beams which affects the degree of lateral displacement being dependent on the foregoing choice, appreciable economy can be realized by employing the most suitable number and levels for the stiffening beams. Continuous Connection Method (CCM), which has provide its validity in the previous papers, being employed a minimization program for the top displacement of coupled shear walls by a suitable choice of stiffening beams is coded in the Mathematica Programming Language. A single run of the program tries many different settings of stiffening beams and presents the best choice for least lateral displacements for a certain coupled shear wall which has stories to been intended. The designer can compare the results for ideal dimensioning. Using the program prepared in this study, stiffened and unstiffened coupled shear walls are analyzed for different lateral loading conditions and the variation of the top displacement is presented in graphical forms. The example shear walls examined, showed the maximum top displacement without any stiffening beam and the minimum with a stiffening beam at the most effective position. Presentation of the results in graphical form shows that the difference of these displacements depends on the number of stories in the shear wall.*

1. GİRİŞ

Yüksek yapılarda kat sayısının artmasına bağlı olarak binaya daha fazla yatay kuvvet etkimekte ve düşey yükleri ileten kolonlar bu yatay kuvvetlerin oluşturduğu eğilme momentleriyle aşırı zorlanmalara maruz kalmaktadırlar. Ayrıca, bina tepesindeki yatay yerdeğiştirmeler kabul edilmez düzeylere çıkmaktadır. Bu sorunun çözümü için deprem perdeleri olarak adlandırılan, eğilme rijitliği yüksek yapı elemanları kullanılmaktadır. Yatay yükler etkisindeki boşluklu perdelerin analizi için yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri Sürekli Bağlantı Yöntemi (SBY)'dir (1). Sürekli bağlantı yönteminde temel diferansiyel denklemler, her açıklıkta bağlantı kirişlerinin orta noktasındaki düşey yerdeğiştirmeler için yazılan uygunluk denklemleridir (2). Boşluklu perde problemi, SBY sayesinde iki boyutludan tek boyutlu probleme indirgenir.

Bina yüksekliğinin artmasıyla birlikte bina tepe noktası yerdeğiştirmesi de artmaktadır. Yerdeğiştirmelerin kontrol altına alınarak genel tasarım sınırlamalarına uyabilmek amacıyla perdeli yüksek yapılarda belirli yüksekliklere “güçlendirici kiriş” olarak adlandırılan eğilme rijitliği yüksek bağlantı elemanları konulmaktadır. Boşluklu perdelerin güçlendirilmesi ile yatay yerdeğiştirmelerde azalmalar görüleceğinden perde yüksekliğinde artımda sağlanabilmektedir. Bu amaçla önce, güçlendiricinin tek sıra boşluklu perdenin tepesinde (3), daha sonra tepesinde ve tabanında (4) olması durumu için analitik çözümler verilmiştir. Güçlendirici kirişin bina yüksekliği içinde herhangi bir yükseklikte alınması ile bölge sayısı ikiye çıkmış ve güçlendirici kiriş yüksekliğinin değiştirilebildiği çözümler yapılmıştır (5). Coull ve Bensmail (6), ilk olarak, güçlendirici kiriş sayısını ikiye çıkarmışlar ve üç bölgeli problem için analitik çözüm vermişlerdir. Gerek formülasyondaki uzunluk gerekse bölge sayısındaki kısıtlamadan

dolayı sorun daha sonra tekrar ele alınmış (7), tek sıra boşluklu perdeler için çözüm yapan bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bıkçe ve Ark., sonlu sayıda güçlendirici ve sonlu sayıda boşluğu olan perde problemlerinin SBY kullanarak statik (8, 9) ve dinamik (10) analizlerini yapan Mathematica programlama dilinde bir bilgisayar programı hazırlayarak literatürden çeşitli örnekler çözmüş ve elde edilen sonuçlar SAP2000 yapı analizi programı (11) ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve sonuçların oldukça uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Yapısal davranışta iyileşmeyi sağlayacak olan güçlendirici kirişlerin sayısı ve yerleri proje mühendisine bağlıdır. Özellikle yüksek yapılarda dikkat edilmesi gereken yapının tepe noktası yatay yerdeğiştirmesi, güçlendirici kirişler ile iyileştirilebilir olduğundan güçlendirici konumunun doğru yerde seçilmesi, tasarımcıya önemli ölçüde ekonomik getiri sağlamaktadır. Bu çalışmada, doğruluğu daha önceki çalışmalarda (8-10) kontrol edilmiş olan çok sıra boşluklu perdeler için hazırlanan statik analiz programı yeniden düzenlenerek, tek ve çok sıra boşluklu perdelerde her kat seviyesinde bir adet güçlendirici kirişin ayrı ayrı bulunması durumunda, perde tepesi minimum yanal yerdeğiştirmesini belirleyecek şekilde geliştirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada, yapıya etkileyen yatay yükün şekli, kat sayısı ve perde genişliklerindeki değişim gibi parametrelerin en uygun güçlendirici kiriş konumunun belirlenmesine olan etkileri de araştırılmıştır.

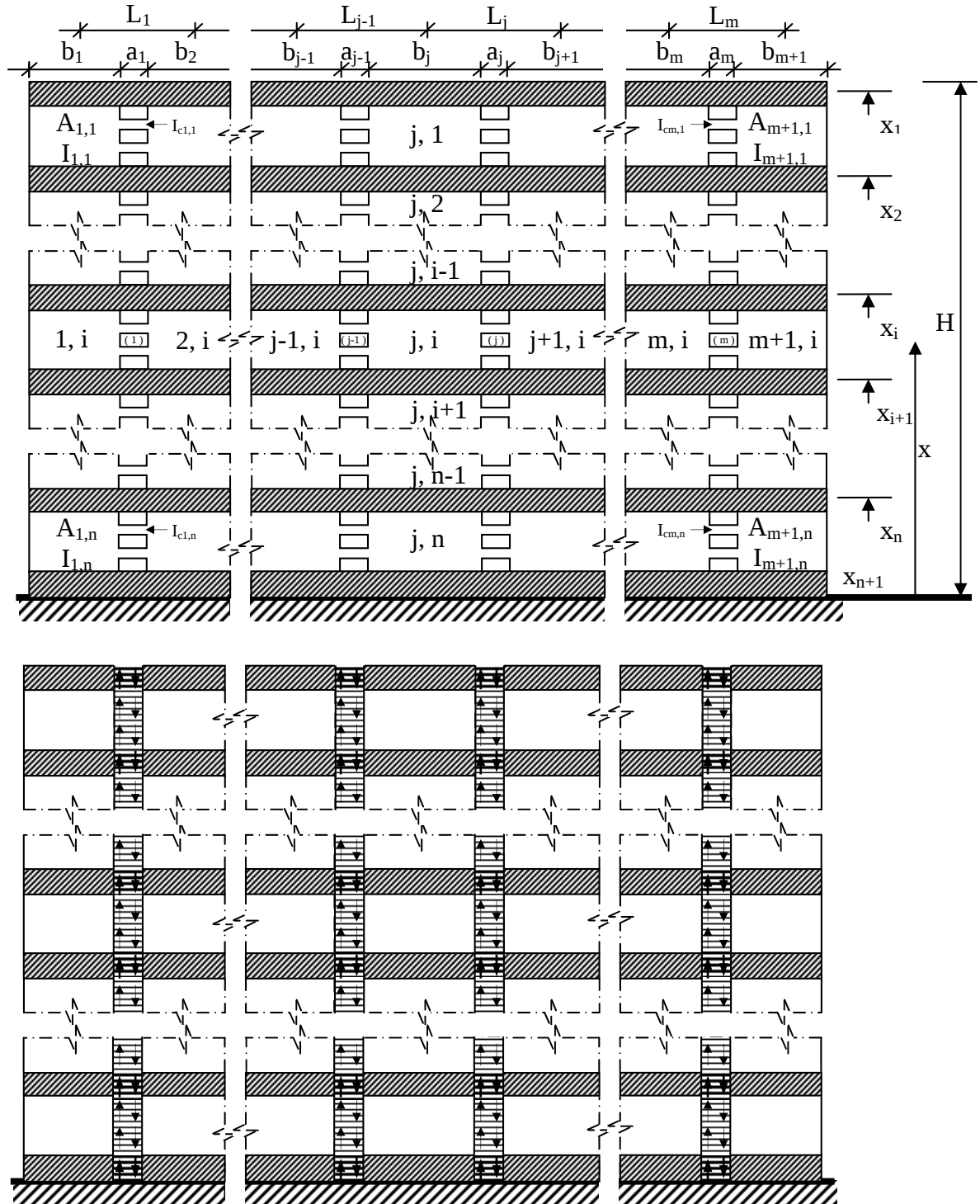
2. ANALİZ

SBY yönteminde bağlantı kirişleri, bina yüksekliği boyunca eşdeğer rijitlikteki tabakalar şeklinde bir ortama dönüştürülerek, yapının özellikleri yüksekliğin fonksiyonları olarak ele alınmaktadır (Şekil 1). SBY yönteminde yapılan en önemli kabul bağlantı kirişleri ile güçlendirici kirişlerin eksenleri doğrultusunda sonsuz rijitmiş gibi ele alınmalarıdır. Bu kabul kat döşemeleri için çok yaygın şekilde kullanılan rijit diyafram modeliyle eşdeğer olup, döşemelerin sağladığı rijitlikten dolayı gerçeğe çok yakın sonuçlar verdiği bilinen bir gerçektir. Bu durumda herhangi bir yükseklikte perdelerin yatay yerdeğiştirmeleri, dönmeleri ve eğrilikleri eşit olacağı gibi perdede oluşan eğilme momentleri de atalet momentleriyle orantılı olacaktır.

SBY'nin temel diferansiyel denklemleri, her sıra boşluk için bağlantı kirişlerinin moment sıfır noktaları olan orta noktalarında düşey yerdeğiştirme için yazılan uygunluk denklemleridir. Her bölgede boşluk sayısı kadar denklemden oluşan ikinci dereceden, lineer, girişimli diferansiyel denklem takımı, değişken dönüşümü ile özdeğer problemi şekline dönüştürülür ve daha sonra da katsayılar matrisi köşegen ve denklem takımı girişimsiz şekle sokularak çözülür. Bu analizde tabandaki sınır koşulları yazılırken elastik mesnet durumu için temelin düşey, yatay ve dönел rijitlikleri de gözönüne alınır. Bu analiz ile ilgili ayrıntılı bilgi literatürde (8, 9) sunulmuştur.

Yazar ve arkadaşları daha önceki çalışmalarında (8-10) elastik temele oturan, güçlendirici kirişler ile desteklenmiş ve kirişi-duvar bağlantı esnekliğini dikkate alan, kalınlık ve kat yüksekliği değişimi bölgeden bölgeye yapılabilen, bir duvar ve bağlantı kirişinin geometrik ve fiziksel özellikleri diğer duvar ve bağlantı kirişlerinde değiştirilebilen çok sıra boşluklu perdelerin kapalı çözümünü elde etmiş ve bu analizi yapan Mathematica bilgisayar programlama dilinde bir bilgisayar programı hazırlamışlardır. Bu yöntemin doğruluğunu kontrol etmek amacı ile literatürdeki çeşitli

örnekler çözülmüş ve elde edilen sonuçlar SAP2000 yapı analizi programından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak, sonuçların oldukça uyumlu olduğu gözlenmiştir.

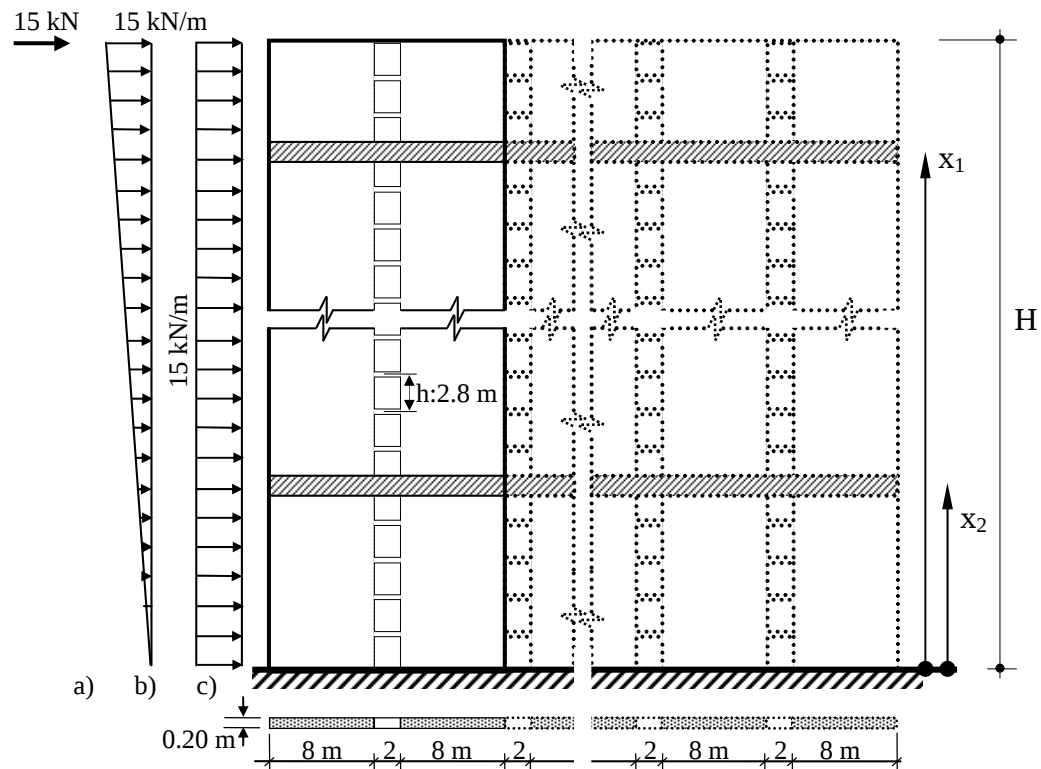


Şekil 1, 2. Çok sıra boşluklu perdelerde bağlantı ve güçlendirici kirişlerin sürekli ortama dönüştürülmesi

Boşluklu perde yapılarında öntasarım aşamasında güçlendirici kiriş konumunun doğru belirlenmesi efektif ve ekonomik bir tasarım açısından çok önemlidir. Güçlendiricinin sistemde yanlış bir kata rasgele konulması yapının güçlendiricisiz gibi davranmasıyla sonuçlanarak sistemde beklenen iyileşme gerçekleşmeyebilir. Herhangi bir sonlu elemanlar programında güçlendirici kirişin efektif konumunun saptanması için çok sayıda ihtimal ayrı ayrı modellenmesi, programın her ihtimal için ayrı ayrı çalıştırılması ve çıkan sonuçlar karşılaştırılarak en uygun konum için karar verilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, daha önce Mathematica dilinde hazırlanan program geliştirilmiş ve program bir kez çalıştırılmasıyla yapı için en uygun güçlendirici konumunu belirlenmektedir. Bu da tasarımcıya kısa zamanda çeşitli ihtimallerin sonuçlarını kıyaslama şansını sunarak öntasarım aşamasında bir ekonomi sağlanmakta ve ideal boyutlandırma imkanı sunmaktadır. Bu çalışmada hazırlanan bilgisayar programı ile, çok sıra boşluklu perdelerin ön tasarım aşamasında boyutları belirlenerek kesin tasarımda sonlu elemanlar gibi üç boyutu analiz yöntemi kullanılarak çözüme gidilebilir.

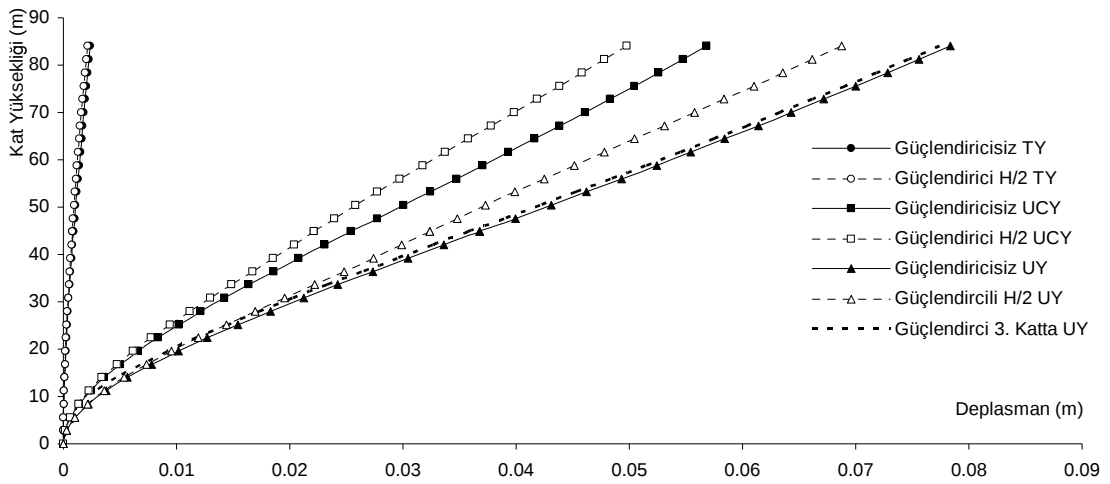
3. SAYISAL UYGULAMA

Bu bölümde, çok sıra boşluklu perdelerde ideal güçlendirici kiriş konumunu etkileyen parametreler araştırılmıştır. Bu amaçla incelenen tek ve çok sıra boşluklu perdenin malzeme ve geometrik özellikleri, literatürde Coull ve Bensmail (6) tarafından ele alınan tek sıra boşluklu perde örneğinden alınmıştır ve geliştirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Probleme ait tek ve çok sıra boşluklu perde ve en kesitleri

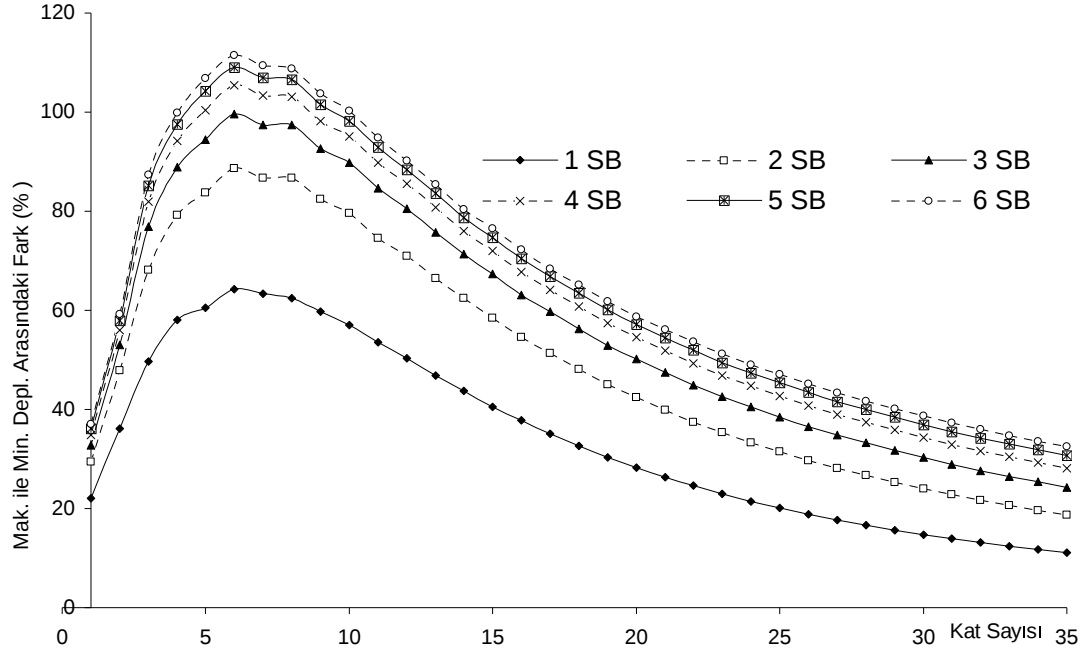
Şekil 3'te görülen boşluklu perde, simetrik ve rijit temele oturmakta olup kat yüksekliği 2.8 m, perde kalınlığı 0.2 m, genişliği 8 m, boşluk genişliği 2 m, bağlantı ve güçlendirici kiriş yükseklikleri, sırasıyla, 0.35 m ve 1.00 m ve elastisite modülü 2×10^7 kN/m² olan perde üzerine yatay olarak üniform ve üçgen yük olarak 15 kN/m ve tekil yük olarak da 15 kN yük etki etmektedir. 30 katlı olan örnek perde, güçlendiricisiz ve yüksekliğin yarısında güçlendirici konularak sırasıyla tekil yük (TY), üçgen yayılı yük (UCY) ve üniform yayılı yük (UY) altında çözülmesi sonucunda elde edilen yerdeğiştirme değerleri Şekil 4'te sunulmuştur.



Şekil 4. Tek sıra boşluklu perde sisteminin üç farklı yükleme durumuna göre yanal yerdeğiştirme eğrileri

Yatay yük şekline göre güçlendirici kiriş, sistemdeki yanal yerdeğiştirme değerlerini önemli derecede iyileştirmektedir (Şekil 4). Ancak güçlendiricinin yanlış bir kata konulması, sistemde hemen hemen hiç iyileştirme sağlamayabilir. Şekil 4'te de görüldüğü gibi güçlendiricinin 3 katta bulunması halinde sistem neredeyse güçlendiricisiz gibi davranmaktadır. Bu da güçlendirici konumunun doğru seçilmesinin ne denli önemli olduğunu göstermektedir.

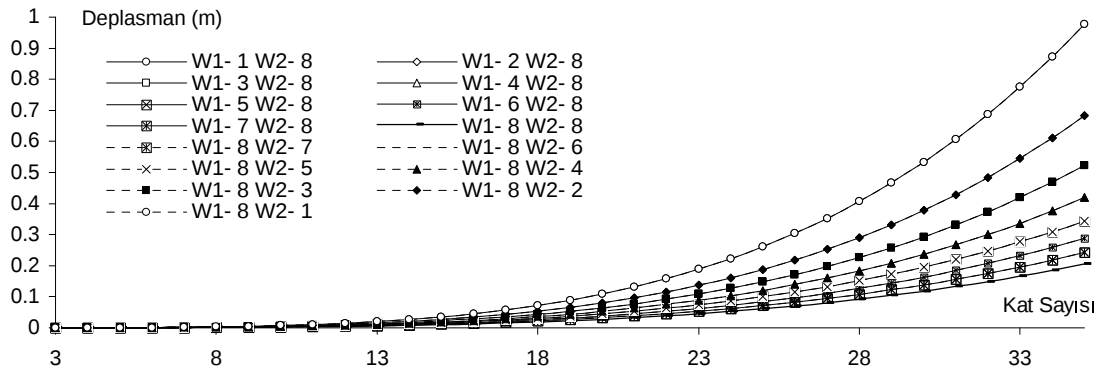
Güçlendirici kirişin herhangi bir kat seviyesine konulması sisteme mutlak bir büyük katkı sağlayacak anlamına gelmez. Yani güçlendirici en uygun olmayan yerde iken maksimum yerdeğiştirme elde edilirken aynı sistemde güçlendirici en uygun yerde iken minimum yerdeğiştirme elde edilecektir. Güçlendiricinin doğru yerde konumlandırılmasının önemini anlamak için tek ve çok sıra boşluklu perde sistemlerinde tek güçlendirici kirişin kullanılması ile elde edilen maksimum ve minimum yerdeğiştirmeler arasındaki yüzde olarak farklar kat sayılarına bağlı olarak üniform yükler altında Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Tek sıra boşluklu perde üniform yayılı yük etkisinde iken tepe noktası maksimum ve minimum deplasmanları arasındaki fark

Şekil 5'teki grafik incelendiğinde özellikle düşük kat sayılı sistemlerde maksimum ile minimum yerdeğiştirmeler arasındaki farkın büyük değerlere ulaştığı görülmektedir. Bu da özellikle düşük kat sayılı sistemlerde tasarımcının güçlendirici kiriş konumunu doğru belirlemesinin sağlayacağı faydanın çok önemli olduğunu göstermektedir. Kat sayısı arttıkça güçlendiricinin adedi artırılarak sisteme katkısı artırılabilir.

Şekil 3'te verilen tek sıra boşluklu perde, yalnızca üniform yayılı yük altında ve tüm geometrik özellikleri sabitken birinci veya ikinci perde genişliklerinin değiştirilmesiyle elde edilen minimum yerdeğiştirme değerlerindeki değişim kat sayılarına bağlı olarak Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Üniform yayılı yük altında birinci veya ikinci perde genişliklerinin değiştirilmesiyle elde edilen minimum yerdeğiştirmeler

Birbirinin tersi genişliklerdeki perdelerde güçlendirici kiriş seviyelerine göre elde edilen minimum deplasman değerleri SBY’de yapılan rijit diyafram kabulü nedeniyle tamamiyle aynıdır. Ayrıca, perdelerin toplam en kesitleri azaldıkça doğal olarak kat sayılarının artmasıyla yanal yerdeğiştirme değerleri daha fazla olmaktadır.

4. SONUÇLAR

Şekil 4-6’da görüldüğü gibi, güçlendirici kirişin yapacağı katkının ancak doğru yere konulması ile gerçekleşeceği söylenebilir. Güçlendirici kiriş konumunun ne oranda sistemi etkilediğini anlayabilmek için güçlendirici kiriş konumu çeşitli seviyelere konularak yerdeğiştirmeler ölçülmüş ve aynı sistem için maksimum ve minimum yerdeğiştirmeler arasındaki oranlara bakılmıştır. Seçilen boşluklu perde örneği için bu yerdeğiştirmeler arasındaki yüzde farkın, kat sayısının 15’ten daha düşük olması halinde %40-60 mertebesinde olduğu, boşluk sıra sayısı arttıkça bu oranın %80-100 mertebesine kadar yükseldiği Şekil 5’te görülmektedir.

Bu çalışmada hazırlanan programının, veri dosyası hazırlamasının oldukça kolay olması ve en düşük yerdeğiştirmeyi veren güçlendirici kiriş konumunu belirleyebilmesi nedeniyle tasarımcıya öntasarım aşamasında ekonomi ve kolaylık sağlayacağı düşünülmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Rosman,R., “Approximate Analysis of Shear Walls Subject to Lateral Loads”, *Journal of the American Concrete Institute*, 61(6), s.717-732, 1964.
2. Coull,A. ve Subedi,N.K., “Coupled Shear Walls with Two and Three Bands of Openings”, *Building Science*, Pergamon Press, 7, s.81-86, Great Britain, 1972.
3. Coull,A., “Stiffening of coupled shear walls against foundation movement”, *Structural Engineering*, 52(1), s.23-26, 1974.
4. Choo,B.S. and Coull,A., “Stiffening of laterally loaded coupled shear walls on elastic foundations”, *Building and Environment*, 19(4), s. 251-256, 1984.
5. Chan,H.C. and Kuang,J.J., “Effect of a single deep beam on twin shear walls with rotational coupling”, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 85(2), s. 503-515, 1988.
6. Coull,A. ve Bensmail,L., “Stiffened Coupled Shear Walls, *Journal of Structural Engineering*”, 117(8), s.2205-2223, 1991.
7. Aksogan,O., Turker,H.T. ve Oskouei,A.V., “Stiffening of Coupled Shear Walls at Arbitrary Number of Heights”, *Advances in Civil Engineering, First Technical Congress*, 2, s.780-787, North Cyprus, 1993.
8. Bikçe,M., “Çok sıra boşluklu perdelerin statik ve dinamik analizi“, *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Türkiye*, 2002.
9. Bikce,M., Aksoğan,O. and Arslan,H.M., “Stiffened multi-bay coupled shear walls on elastic foundation”, *Iranian Journal of Science & Technology*, 28(B1), s. 43-52, 2004.
10. Aksogan,O., Bikce,M., Emsen,E. and Arslan, H.M., “Dynamic analysis of multi-bay stiffened coupled shear walls”, *Computers and Structures* (submitted).
11. Wilson,E.L., “SAP2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures”, *Computers and Structures, Inc.*, 1-2, 1997.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.