

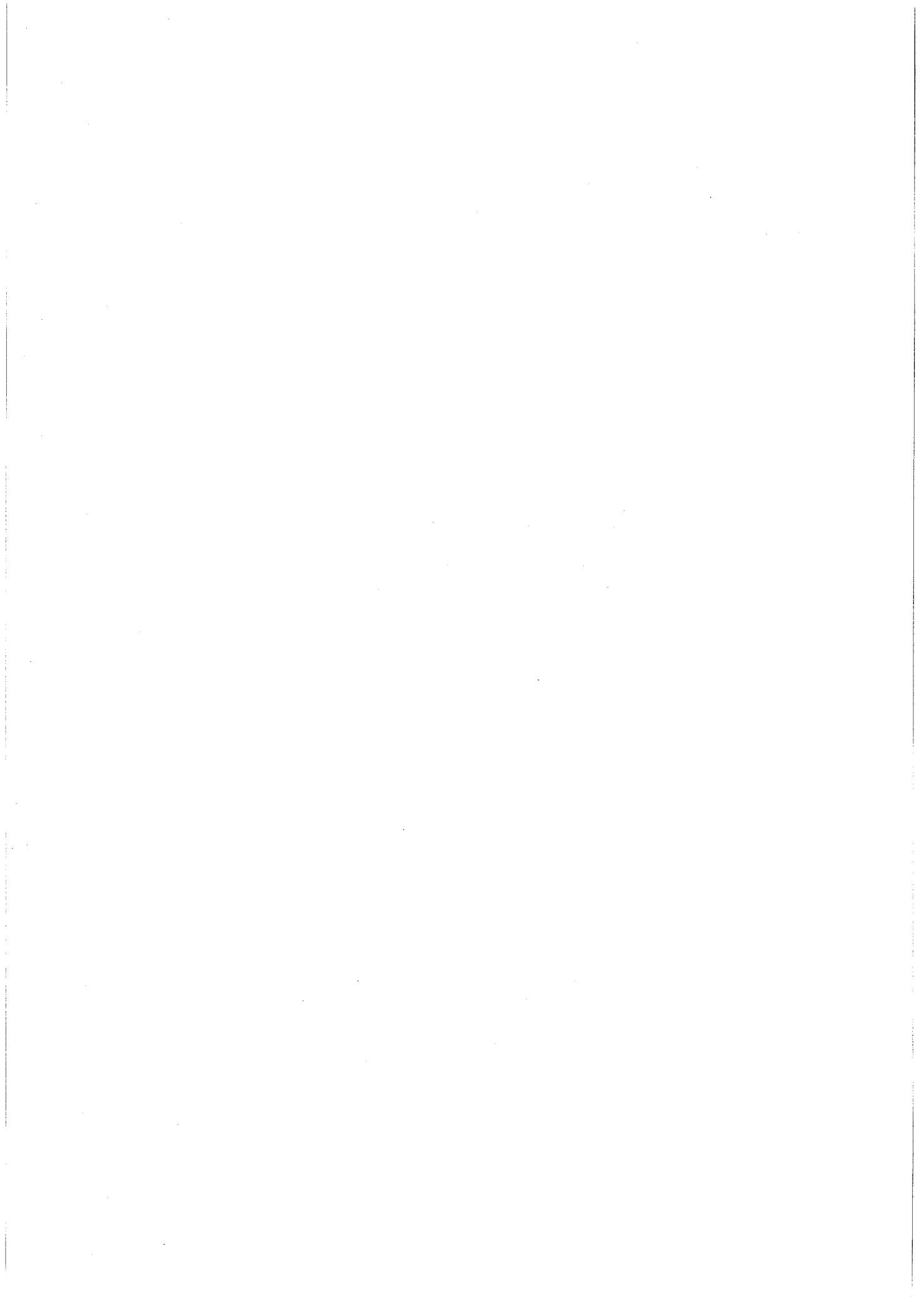
**T.M.M.O.B.
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İZMİR ŞUBESİ**

ÇOK KATLI YAPILAR SEMPOZYUMU

(21-22-23 Eylül 1989)

Doç. Dr. Hikmet AYDIN

**ÇOK KATLI YAPILARDA DEPREM
KUVVETLERİNİN İZOLATÖRLER YOLUYLA
KONTROLÜ**



ÇOK KATLI YAPILARDA DEPREM KUVVETLERİNİN İZOLATÖRLER YOLUYLA KONTROLÜ

Doç. Dr. Hikmet AYDIN
Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Bu bildiride, deprem bakımından çok riskli bölgelerde inşa edilecek olan çok katlı yapıların depreme karşı korunmasında kullanılması araştırmalar neticesi önerilen, diğer bir deyim ile, henüz teorik ve yeni uygulama safhasında bulunup "izolatör" diye tanımlanan mekanik titreşim sönümleyiciler tanıtılmaktadır. Ekonomik açıdan bakıldığında, ilerde geniş kullanma alanı bulacağına inanılan bu mekanizmalar, uygulanacağı kat adedi ve geliştirilme aşaması göz önüne alınarak sınıflandırılmıştır. İzolatörlerin, burada tanıtılan "aktif kitle sönümleyici" türlerinin yanında bir de "aktif tendon" sistemleri mevcut olup, genellikle üst yapı ve alt yapı arasına yerleştirilmektedir.

GİRİŞ

Çok katlı binaların dizaynında, rüzgar ve bulunduğu bölgedeki risk durumuna göre de deprem yükleri daima en önemli ekonomik faktörler olmaya devam etmektedir. Dinamik yüklerin kabulü, büyük oranda malzeme israfına, dolayısıyla yüksek maliyetlere sebebiyet vermektedir. İzmir gibi birinci derecedeki deprem bölgesinde, deprem yükü rüzgar yükünden daha büyük kesit tesirleri yarattığından, olaya deprem yükleri açısından bakmak yerinde olacaktır.

Son otuz yıl içindeki gözlemlerin ışığı altında yapılan araştırmalarda değişik karakter ve şiddetteki depremlerle "uyum" içinde davranış gösterebilecek yapı sistemlerinin geliştirilmesi yolunda mesafeler katedilmiştir. Bu araştırmaları iki sahada toplamak mümkündür:

a) Klasik yapı sistemlerinde, enerji yutabilme kapasiteleri nedeniyle "plastikleştirme" olayının binanın belirli bir bölgesine yoğunlaştırılması (Enerji yutabilen mafsalların yapının uygun yerlerine yerleştirilmesi gibi) [1,2].

b) Bina üst yapısının beklenen en şiddetli depremlere karşı her seferinde plastik deformasyon oluşturmadan ve hasarsız olarak koyabilmesinin sağlanması. Bu konseptle yapılan çalışmalardan, "esnek zemin katı" oluşturulmasıyla [3], "darbe absorbe edici katılara" [4], veya "kinematik temellere sahip yapılar" ın oluşturulması [5] örnek olarak verilebilir.

Yetmişli yılların sonlarından itibaren teorik ve uygulama çalışmaları, özellikle üst yapı ile temel arasına yerleştirilen ve "deprem izolatörleri" denilen mekanik sönümleyiciler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu sönümleyicilerin çalışma yöntemleri açısından iki eğilim göze çarpmaktadır: Yapay olarak karşıt (yer titreşiminin zıt yönünde) bir etkinin uygun oranda üretilmesi ile yatay veya üç boyutta çok büyük elastisiteye sahip yaylı mesnetmelerle sönümleme olan "pasif izolasyon" yöntemi.

Depremın Yapıya Etkisi

Depremın zemin yüzeyindeki herhangi bir noktada yarattığı titreşim hareketi yakınında bulunan bir binaya da aynen yansır, genliğiyle, ivmesiyle, hızıyla birlikte. Bu hareketten binaya akseden enerji miktarı (E), yapının dinamik özelliği ve yapının davranış biçimine bağlıdır.

Yapıların depreme karşı emniyetini sağlamada HOLLISNER'in (1956) enerji konseptinden yararlanılmaktadır ve genel formuyla aşağıdaki gibidir:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$$

Burada,

E_1 = Depremden yapıya akseden enerji miktarı,

E_2 = Yapının sahip olduğu kinetik enerji miktarı,

E_3 = Yapının sahip olduğu potansiyel enerji miktarı,

E_4 = Yapıda iç sönümlemeyle yutulan enerji miktarı,

E_5 = Yapıda plastik deformasyonlar nedeniyle yutulan enerji miktarı.

Çok katlı yapıların çoğunda, şiddetli bir deprem esnasında yapıya yansıyan enerjinin ancak bir kısmı elastik enerjiye dönüşebilir, geri kalanı ise diğer enerji formlarına (özellikle termik enerjiye) dönüşmek zorunda

kalır ve yapı bu esnada enerji harcar. Eğer bu arta kalan enerjinin yutulması sadece iç sönümleme (E) ile gerçekleşirse, yapı ya hiç deformasyona uğramaz veya bir miktar kalıcı deformasyona uğrar fakat hasar oluşmaz. Yine bu arta kalan, elastik olarak depolanamayan enerji miktarı, iç sönümleme ile tamamen harcanamazsa, bundan geriye kalan enerji miktarı da yapı tarafından, kendini hasara uğratmada, plastik deformasyon oluşturarak yatay rijitliğini azaltmada harcanır.

Deprem izolatörleri

Bu izolatörler, yapıda taşıyıcı bir fonksiyona sahip olmayıp, genellikle üst yapı ile temel arasına konan mekanik sönümleyicilerdir. Aşağıdaki örnekler temel üstüne konan, üst yapı ile temeli elastik veya kısmen elastik ayıran izolatörlerdir [5,6,7,8]. izolatörleri aşağıdaki gibi sınıflandırmak mümkündür:

Tip 1. Temel ile üst yapı arasına çelik bilye veya rulman yatakları yerleştirilen, deprem neticesi geri dönmez deplasmana sahip izolatörlerdir.

Tip 2. Tip 1'deki izolatörlere, bilgisayarlarla kumanda edilen ve karşı kuvvet üreterek meydana gelen deplasmanı geri getiren, diğer bir deyişle sıfırlayan ilave servis mekanizmasına sahip izolatörlerdir.

Tip 3. Geriye dönüşü olan deplasmana imkan tanıyan, Şekil 1'de görüldüğü gibi çelik bilye veya özel elemanlar gerektiren "kinematik temeller" olarak da adlandırılan izolatörlerdir. Sarkaç prensibi ile çalışan Şekil 1b'deki tipte, mesnetleme geometrisi ile yatay salınım genliği arasında hassas bir ilişki mevcuttur.

Yukarıdaki üç tip izolatör de ilk kuşak izolatörlerdir.

ikinci kuşak deprem izolatörleri istisnasız olarak temel ile üst yapı arasına yerleştirilen, mekanik, yüzen mesnet üzerine oturup çeşitli tipteki sönümleyici mekanizma ile birlikte çalışan ve titreşim sönümleme teorisinin temel prensiplerine dayanarak dizayn edilen tiplerdir.

Tip 4. Kısmen geri dönen deplasmanlı bu izolatörler, elastik ve kayırcı mesnetlerin bir nevi kombinasyonudur. Elastomer mesnet olan bu tür mes-

netlerin kayıcı yüzeyi, mesnetin üst kısmına vulkanize edilmiştir (Şekil 2). Kayıcı yüzeyin sürtünme kuvveti mesnetin reaksiyonundan büyük olduğu sürece, mesnet, elastik olarak deforme olmakta; üst yapı tabanının daha büyük deplasmanlarında, sürtünme kuvveti, elastomerin yay kuvvetinden daha küçük olmakta, bu taktirde de üst yapı temel üstünde adeta yüzmektedir. Böylece, deprem izolasyonu açısından, üst yapıdan temele aktarılacak kuvvetin ancak sürtünme kuvveti miktarı kadarı kontrol edilmiş olmaktadır.

Tip 5. Sembolik olarak mesnetlenme şekliyle enerji olayı Şekil 3a'da verilen elastik (elastomer) ve plastik (Histeretik sönümleyici) davranış gösteren parçalardan oluşmuş elastoplastik bir tiptir. Genellikle enerji absorbe edici düzenekler olan sönümleyicilerde enerji dönüşümü, yumuşak metallerin elastisite sınırları geçilerek sağlanmaktadır. Bu da çelik çubukların eğilmesi, burulması, borunun enine ezilmesi, kurşunun preslenmesi gibi yollarla sağlanabilmektedir. Şekil 3b, bu tip bir izolatörün başka bir dizaynını, Şekil 3c de, asimetric binalarda deprem etkisiyle oluşacak torsiyonun azaltılması için öngörülen bir izolatörü göstermektedir.

Tip 6. Viskoze (basınç altında sıvı gibi akma eğilimi gösteren) sönümleyicili pandül izolatörlerdir. Şekil 4'de görüldüğü gibi iki ucu mafsallı betonarme pandülün bir ucu üst yapıda diğer ucu temelde olup iki ucundan preslenmiş neopren kütlesine mesnetlenmiştir. Yanındaki göze yerleştirilen kırılğan yapı elemanı ise, üst yapının yatay hareketini sönümlemek içindir. Deprem etkidiğinde bu kırılğan (gevrek) eleman kırılmaktadır.

Yukarıda tanıtılan altı tip izolatör genellikle sınırlı ve 15 kata kadar olan binalarda rasyonel olabilmektedir. Sebabi ise, zayıf noktalarının olmasıdır. Bu zayıf noktalardan birincisi: sürekli yük altındaki elastomerlerin erken eskimeye maruz kalmaları. ikincisi: üst yapının düşey ve rijit bağlantısı olmadığından, bazı hallerde, rüzgar ve deprem etkidiğinde genel stabilitesi tehlikeye girmektedir. Şekil 5'de görüldüğü üzere üst yapının eksenini ile elastik merkez, yaylar yumuşak (diğer bir deyişle uzaysal olarak yüzerken) olduğunda çakışmamakta ve kütle, bir nevi salınım hareketi yapmaktadır.

Üçüncü kuşak izolatorler ise bu sakinçaların giderildiği, deprem kuvveti şiddet ve karakterine uyum yapabilen izolatorlerdir.

Depreme Uyum Sağlayabilen İzolatorler

Uygulama için bir izolatorün şu özelliklere sahip olması gerekir:

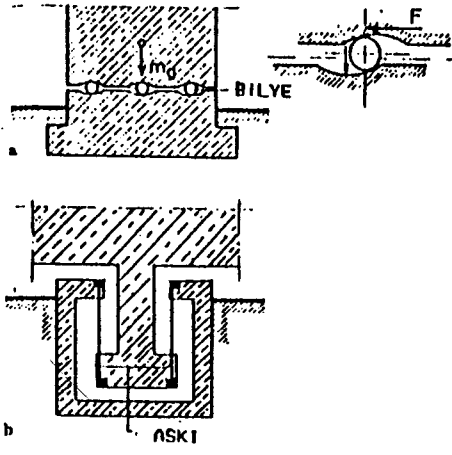
- Kullanımı boyunca tüm rüzgar ve düşey yükleri zemine aktarabilmeli,
- Deprem olması halinde binanın depreme karşı uyguladığı pasif reaksiyon işlevini görebilmeli, bunun da ötesinde, üst yapının titreşim genliğini ve ivmesini sınırlayabilmeli ve global stabilitesini sağlayabilmeli,
- Güvenilir, sağlam, kalite kontrolünden geçirilmiş ve kolay monte edilebilir olmalıdır.

Bu fonksiyonların yerine getirilebilmesi için bir izolator, iki deprem arasında rijit ve uzaysal sabit bir mesnet olarak görev yapabilecek, deprem sırasında da rijitliğini yumuşak ve yüzer bir mesnet haline dönüştürebilecek şekilde dizayn edilmelidir. Başka bir deyiş ile, depreme "uyum" yapabilecek sabit bir mesnet olmalıdır, Şekil 6'da görüldüğü gibi. Çelik kafes, kama ve ring sabit ankastre bir mesnet işlevini görürken, önceden hesaplanan maksimum bir yatay kuvvet için esner ve kamalar çözülür, böylece, elastomerler yüklenmiş olur. Düşey çelik pandülün görevi de, elastomerlerin titreşim izolasyonu fonksiyonuna yardımcı olmaktır.

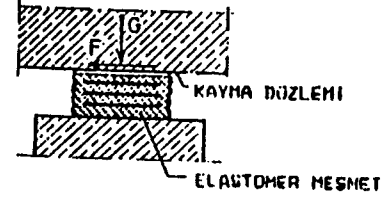
SONUÇ

Çok katlı yapıların depreme karşı emniyetini mekanik izolatorlerle sağlama fikri, son yıllarda bir çok mühendis ve araştırmacının ilgisini çekmektedir. Binanın yapılacağı bölge için beklenen en şiddetli deprem sarsıntılarını, üst yapının her seferinde hasarsız atlatabilmesi gerekmektedir.

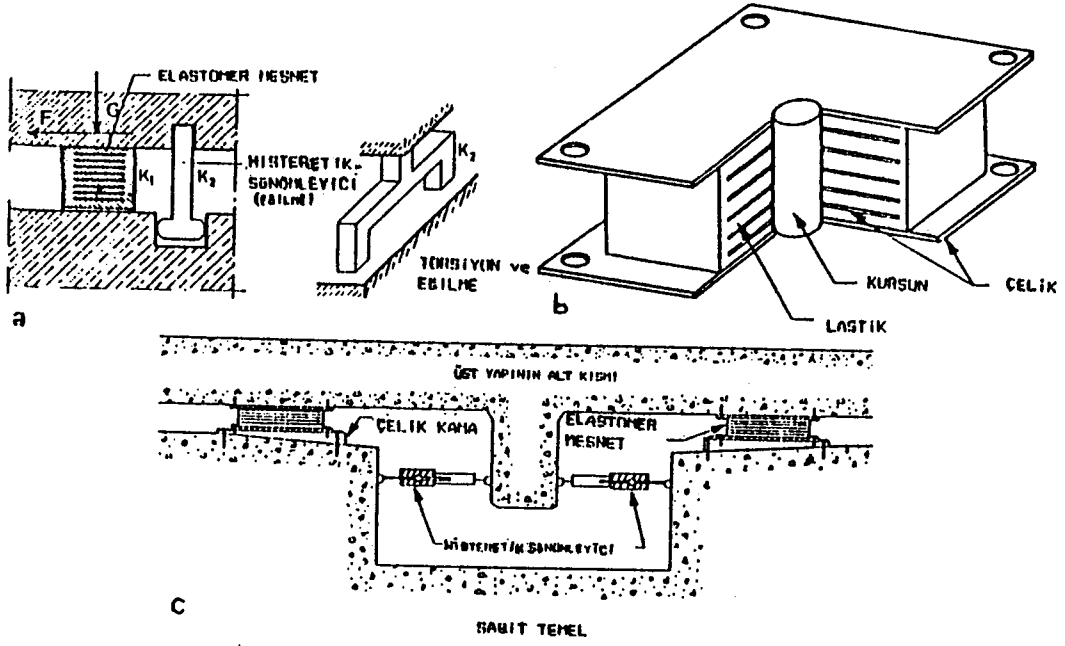
Bu bildiride, şu ana kadar bu sahadaki yayınlara dayanılarak, izolatorler gelişme sürecine göre gruplandırılarak tanıtılmıştır. Burada araştırmacılar, ilk dört tipin sınırlı olarak 10 kata kadar olan binalar için, 5. ve sonraki türlerin de genel olarak daha yüksek binalar için iyi sayılabilir neticeler (ekonomik ve yapısal) verdiklerini belirtmektedirler.



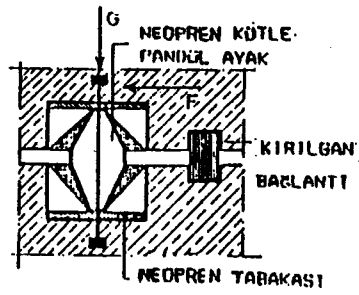
Sekil 1- Kinematik temeller



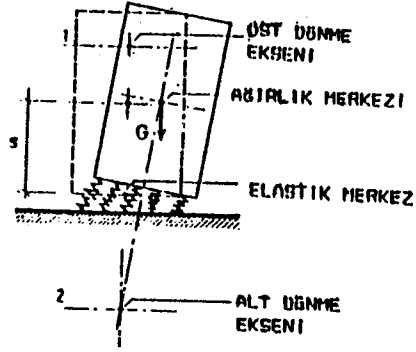
Sekil 2- Elastik kayıcı mesnet



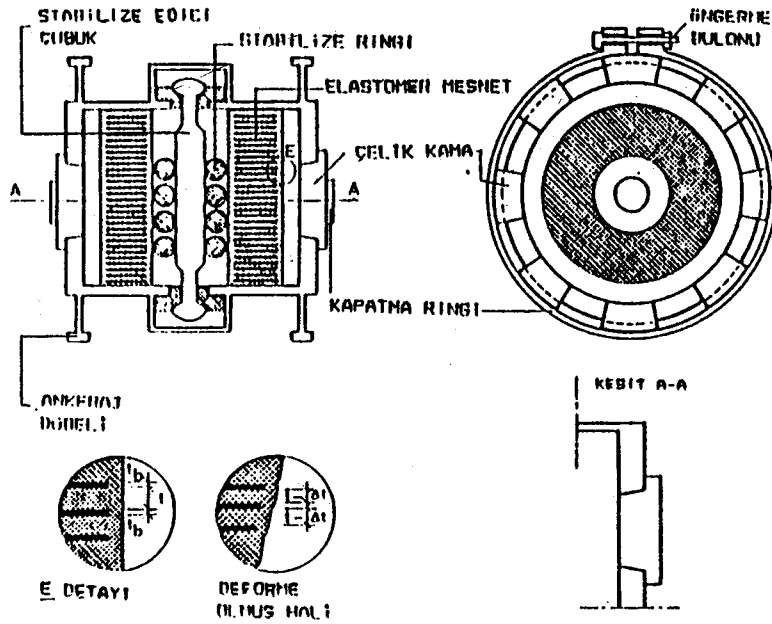
Sekil 3- Histeretik söndümleyici izolatörler



Sekil 4- Kırılğan bağlantılı pandül-izolatörler



Sekil 5- Uzaysal olarak yumuşak yaylarla mesnetlenmiş sistemlerin salınım titreşimleri



Sekil 6- Depreme uyumlu izolatörler

Üst yapı ile temel arasına yerleştirilen izolatörlü sistemlerde, beklenen maksimum deprem etkisinden sonra üst yapının komple elastik kalacağı, bu nedenle depremden sonra herhangi bir tamir görmesi gerekmeyişi bir avantaj, kat adedi arttıkça binanın en üst noktasının yatay deplasmanının kontrolüne ise hiç bir faydasının olmadığı ise bir dezavantaj olmaktadır.

Deprem bakımından güvenli bölgelerde, rüzgar yükünün ve bina yatay deplasmanının kontrolü için, gökdelen yapılarında uygulanan bir çok etkili, denenmiş yöntemler (genellikle visko-elastik sönümleyici mekanizmalarla) mevcuttur [9]. Deprem açısından riskli bölgelerdeki gökdelenlerde (15 kat-tan yüksek) deprem yükünün ve bina yatay deplasmanının kontrolü için ise, denenmiş, pratik, strüktürel ve ekonomik açıdan tatmin edici özel sistemler henüz uygulanmamış olup araştırmalar sürmektedir.

KAYNAKÇA

- [1]. ROEDER, W.C., POPOV, U., "Eccentrically braced steel frames for earthquakes", J. Str. Div., ASCE 3, 1978, pp. 391-412.
- [2]. FINTEL, M., GHOS, S.K., "The structural fuse: an inelastic approach to seismic design of buildings", Civ. Eng., ASCE 51, 1981, pp. 48-51.
- [3]. GREEN, N.B., "Flexible first story constructions for earthquake resistance", Tran. ASCE 100, 1935, pp. 645-674.
- [4]. FINTEL, M., KHAN, F.R., "Shock absorbing soft story concept for multistory earthquake structures", J. Am. Concr. Inst. 66, 1969, pp. 318-390.
- [5]. POCANSCHI, A., "Erdbebenisolierung von Bauwerken durch anpassungsfähige Schwingungsisolatoren", Bauingenieur 58, 1983, pp. 213-221.
- [6]. TARIES, A.G., "Base isolation: a new strategy for earthquake protection of buildings", J. Archit. Res., V 4, n 1, 1987, pp. 64-76.
- [7]. LEE, D.M., MEDLAND, I.C., "Base isolation systems for earthquake protection of multi-storey shear structures", Earthquake Eng. and Str. Dyn., V 7, 1979, pp. 555-568.
- [8]. LEE, D.M., "Base isolation for torsion reduction in asymmetric structures under earthquake loading", Earthquake Eng. and Str. Dyn., V 8, 1980, pp. 349-359.
- [9]. AYDIN, H., "Çok Katlı Yapılarda Yatay Deplasmanı Azaltıcı özel Yöntemler", İnş. Müh. Odası İzmir Şb. Haber Bülteni, 23. Sayı, Haziran 1989, s. 5-7.