İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DIŞ CEPHE ISI YALITIMI SIVALI KOMPOZİT SİSTEMİNDE KULLANILAN DÜBELLERİN ADERANS KUVVETİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Maviş Özge DURMUŞ
(501041065)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Mayıs 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 14 Haziran 2006

Tez Danışmanı :	**Prof.Dr. Canan TAŞDEMİR**
Diğer Jüri Üyeleri	**Prof.Dr. Halit Yaşa ERSOY (M.S.G.S.Ü)**
	Prof.Dr. Mehmet UYAN (İ.T.Ü.)

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Tez çalışması sırasında her türlü yardımda bulunan Yapı Malzemesi Laboratuvarı çalışanlarına, bilgi ve tecrübesini esirgemeyen tez danışmanım Prof.Dr. Canan TAŞDEMİR'e ve öğretim üyesi Yrd.Doç.Dr. Hasan YILDIRIM'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, İzocam ve Ejot-Tezmak şirketlerine deneyler boyunca verdikleri destek için teşekkür ederim.

Tez çalışması sırasında fikirleri ile yardımcı olan arkadaşlarım Sümeyra ÇEVİRME'ye, Sebla ÇINAR'a; beni çalışmamın her aşamasında destekleyen arkadaşlarım İlke GÜLER'e, Gözde KÜÇÜK'e, Elif SÖNMEZ'e, Hatice TULUAY'a ve özellikle tez yazımı sırasında yardımlarını esirgemeyen Süheyla YETİŞKİN'e ayrıca teşekkür ederim.

Son olarak da beni bugüne kadar her koşulda destekleyen ve her zaman yanımda olan aileme teşekkür etmeyi borç bilirim.

Haziran 2006 Maviş Özge DURMUŞ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **v**
TABLO LİSTESİ **vi**
ŞEKİL LİSTESİ **vii**
ÖZET **ix**
SUMMARY **xi**

1. GİRİŞ **1**

2. ISI YALITIMI **5**
2.1. Temel Kavramlar 5
2.1.1. Isıl Konfor 5
2.1.2. Isı Yalıtımı 5
2.1.3. Isı Geçişi 6
2.2. Yapılarda Isı Geçişi 7
2.3. Isı Yalıtımının Tarihçesi 9
2.4. Isı Yalıtım Malzemelerinin Sınıflandırılması 10
2.5. Isı Yalıtım Malzemelerinin Taşıması Gereken Özellikler 12

3. DIŞ CEPHE ISI YALITIM SİSTEMLERİ **14**

4. DIŞ CEPHE ISI YALITIMI SIVALI KOMPOZİT SİSTEMİNDE KULLANILAN BAĞLANTI ELEMANLARI **20**
4.1. Dış Cephe Isı Yalıtımı Sıvalı Kompozit Sisteminde Kullanılan Plastik Dübellerin Çalışma Prensibi ve Kullanım Amacı 20
4.2. Dış Cephe Isı Yalıtımı Sıvalı Kompozit Sistemlerinde Kullanılan Dübellerin Uygulanması ve Çeşitleri 22

5. DENEYSEL ÇALIŞMA **26**
5.1. Dış Cephe Isı Yalıtımı Sıvalı Kompozit Sisteminde Kullanılan Plastik Dübellerin Aderans Kuvvetinin Bulunması 26
5.1.1. Beton Yüzeyelere Kullanılan Dübeller Üzerinde Yapılan Deneyler 28
5.1.1.1. Beton Yüzeylere Kullanılan Plastik Dübeller 28
5.1.1.2. Beton Yüzeylerin Hazırlanması 30
5.1.1.3. Platik Dübel-Beton Aderans Kuvvetinin Bulunması 33
5.1.2. Gazbeton Yüzeylerde Kullanılan Dübeller Üzerinde Yapılan Deneyler 43
5.1.2.1. Gazbeton Yüzeylere Kullanılan Plastik Dübeller 43
5.1.2.2. Deneylerde Kullanılan Gazbetonun Özelikleri 44
5.1.2.3. Plastik Dübel-Gazbeton Aderans Kuvvetinin Bulunması 44

5.2. Çivilerin Kopma Dayanımlarının Saptanması 46

6.DENEY SONUÇLARININ İRDELENME ve DEĞERLENDİRİLMESİ 52

7. GENEL SONUÇLAR 58

KAYNAKLAR 59

EKLER 62

ÖZGEÇMİŞ 65

KISALTMALAR

IEA	: International Energy Agency
AB	: Avrupa Birliği
ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
UFFI	: Urea Formaldehyde Foam Insulation
EPS	: Expanded polystyrene
XPS	: Extruded polystyrene
EOTA	: European Organisation for Technical Approvals

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 1.1.	AB'de nihai enerji tüketiminin sektörel dağılımı…….	2
Tablo 1.2.	Birincil enerjinin nihai sektörel dağılımı…….....	3
Tablo 1.3.	Bina kullanım saatler açısından yıllık ortalama enerji kullanımı….	3
Tablo 1.4.	Dış duvar türü ve enerji kullanımı.....	4
Tablo 2.1.	Yapısal ısı yalıtım malzemeleri….....	11
Tablo 3.1.	TS 825'e göre Isı Yalıtım Malzemelerinin Taşıması Gereken Minimum Değerler.....	15
Tablo 3.2.	EPS için Karakteristik Değerler.....	16
Tablo 3.3.	XPS için Karakteristik Değerler.....	17
Tablo 3.4.	Taş Yünü için Karakteristik Değerler.....	17
Tablo 5.1.	Agrega özelikleri.....	30
Tablo 5.2.	Beton bileşimi ve taze beton özelikleri.....	32
Tablo 5.3.	Beton basınç dayanımları.....	33
Tablo 5.4.	Beton yüzeylerde yapılan deneylerde kullanılan dübeller.....	34
Tablo 5.5.	Plastik çivili 95 mm uzunluğundaki dübellerin aderans kuvvetleri.	35
Tablo 5.6.	Plastik çivili 115 mm uzunluğundaki dübellerin aderans kuvvetleri.....	37
Tablo 5.7.	Plastik çivili 135 mm uzunluğundaki dübellerin aderans kuvvetleri.....	39
Tablo 5.8.	Çelik çivili 95 mm uzunluğundaki dübellerin aderans kuvvetleri...	40
Tablo 5.9	Çelik çivili 115 mm uzunluğundaki dübellerin aderans kuvvetleri.	41
Tablo 5.10.	Çelik çivili 135 mm uzunluğundaki dübellerin aderans kuvvetleri.	42
Tablo 5.11.	Gazbetonun özelikleri.....	44
Tablo 5.12.	Gazbeton dübellerinin aderans kuvveti	45
Tablo 5.13.	A-beyaz gövdeli 95 mm uzunluğundaki dübellerin çivilerinin deney sonuçları.....	47
Tablo 5.14.	A-kırmızı gövdeli 95 mm uzunluğundaki dübellerin çivilerinin deney sonuçları.....	48
Tablo 5.15.	B -95 mm uzunluğundaki dübellerin çivilerinin deney sonuçları....	49
Tablo 5.16.	A- 115 mm uzunluğundaki dübellerin çivilerinin deney sonuçları..	50
Tablo 5.17.	B -115 mm uzunluğundaki dübellerin çivilerinin deney sonuçları..	51
Tablo 6.1.	Ortalama aderans kuvvetleri.....	53
Tablo 6.2.	Çivilerin ortalama çekme dayanımları.....	57
Tablo E.1.	Hava basıncı değerleri.....	62
Tablo E.2.	Bina yüksekliğine bağlı olarak rüzgar yüklerinin değişimi.....	64

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : Konutlarda ısı geçişi 8
Şekil 2.2 : Yalıtım Malzemelerinde ısı geçişi 8
Şekil 3.1 : Mantolama cephe sistem detayı..... 15
Şekil 3.2 : Giydirme cephe sistemi uygulaması..... 19
Şekil 4.1 : Plastik dübelin bileşenleri..... 21
Şekil 4.2 : Isı yalıtımının sadece yapıştırma yolu ile tespit edilmesi durumu 21
Şekil 4.3 : Isı yalıtımının sadece dübeller ile tespit edilmesi durumu..... 22
Şekil 4.4 : Yalıtım sisteminin kesitsel görünüşü.....22
Şekil 4.5 : Dübellerin uygulanması.....23
Şekil 4.6 : T şeklinde dübelleme..... 24
Şekil 4.7 : W şeklinde dübelleme..... 24
Şekil 5.1 : Beton plaklarda açılan delikler..... 27
Şekil 5.2 : Dübelin deney için hazırlanmış hali..... 27
Şekil 5.3 : Aderans kuvvetinin belirlenmesinde kullanılan deney aleti..... 28
Şekil 5.4 : Plastik çivili 95 mm uzunluğundaki dübeller..... 29
Şekil 5.5 : Plastik çivili 115 mm uzunluğundaki dübeller..... 29
Şekil 5.6 : Çelik çivili 95 mm uzunluğundaki dübeller..... 29
Şekil 5.7 : Çelik çivili 135 mm uzunluğundaki dübeller..... 30
Şekil 5.8 : Agregaların granülometri eğrileri..... 31
Şekil 5.9 : ETAG 014 de verilen agrega karışımı sınır eğrileri..... 31
Şekil 5.10 : Beton üretiminde kullanılan agrega karışımının granülometri eğrisi..... 32
Şekil 5.11 : 1.Seri Deney sonunda plastik çivili 95 mm uzunluğundaki dübellerin ortalama aderans kuvvetleri.....36
Şekil 5.12 : 2.Seri Deney sonunda plastik çivili 95 mm uzunluğundaki dübellerin ortalama aderans kuvvetleri..... 36
Şekil 5.13 : 1.Seri Deney sonunda plastik çivili 115 mm uzunluğundaki dübellerin ortalama aderans kuvvetleri..... 38
Şekil 5.14 : 2.Seri Deney sonunda plastik çivili 115 mm uzunluğundaki dübellerin ortalama aderans kuvvetleri..... 38
Şekil 5.15 : Plastik çivili 135 mm uzunluğundaki dübellerin ortalama aderans kuvvetleri..... 39
Şekil 5.16 : Çelik çivili 95 mm uzunluğundaki dübellerin ortalama aderans kuvvetleri..... 40
Şekil 5.17 : Çelik çivili 115 mm uzunluğundaki dübellerin ortalama aderans kuvvetleri..... 41

Şekil 5.18 : Çelik çivili 135 mm uzunluğundaki dübellerin ortalama aderans kuvvetleri..... 43
Şekil 5.19 : Gazbeton dübelleri..... 43

Şekil 5.20 : Gazbeton dübellerin ortalama aderans kuvveti..... 46
Şekil 5.21 : A-beyaz gövdeli 95 mm uzunluktaki dübellerin plastik çivilerinin yük-deformasyon eğrileri..... 47
Şekil 5.22 : A-kırmızı gövdeli 95 mm uzunluktaki dübellerin plastik çivilerinin yük-deformasyon eğrileri..... 48
Şekil 5.23 : B-95 mm uzunluktaki dübellerin plastik çivilerinin yük-deformasyon eğrileri..... 49
Şekil 5.24 : A-115 mm uzunluktaki dübellerin plastik çivilerinin yük-deformasyon eğrileri..... 50
Şekil 5.25 : B-115 mm uzunluktaki dübellerin plastik çivilerinin yük-deformasyon eğrileri..... 51
Şekil 6.1 : A kodlu çelik çivili dübelde plastik korumanın kopması..... 54
Şekil 6.2 : B kodlu plastik çivili dübeler..... 54
Şekil 6.3 : A-115 mm uzunluğundaki plastik çivili dübel..... 55
Şekil 6.4 : A-135 mm uzunluğundaki plastik çivili dübel..... 55
Şekil 6.5 : Gazbeton dübelleri..... 56
Şekil E.1 : Dikdörtgen formdaki binalara etkiyen rüzgar yükleri..... 63

DIŞ CEPHE ISI YALITIMI SIVALI KOMPOZİT SİSTEMİNDE BAĞLANTI ELEMANI OLARAK KULLANILAN DÜBELLERİN ADERANS KUVVETİ

ÖZET

Isı yalıtımı yetersiz olan betonarme bir yapının yüksek enerji maliyeti ekonomik kayıplara yolaçar. Isı yalıtımı bakımından betonarme bir yapının performansı bina sahibinin, yetkililerin ve kullanıcıların gereksinimlerini karşılama yeteneğine bağlıdır. Maalesef mevcut tasarım kodları ısı yalıtımının beklenen performansına yanıt verememektedir.

Bu çalışmanın esas amacı dış cephe ısı yalıtımı sıvalı kompozit sisteminin bağlantı elemanı olan plastik dübellerin tipi ve kullanılan betonun sınıfı ve yaşının aderans kuvvetine etkisini incelemektir.

Dış cephe ısı yalıtımı sıvalı kompozit sistemlerinin bağlantı elemanı olan dübellerin aderans kuvvetleri iki farklı firmanın üretimi kullanılarak belirlendi. Deneyler, ETAG 014 (Plastic Anchors for fixing of external thermal insulation composite systems with rendering) e göre yapıldı. Farklı boydaki plastik dübellerin mekanik özeliklerinin belirlenmesinde esas olarak aderans kuvveti kullanıldı. Bu amaçla düşük, normal ve yüksek dayanımlı olmak üzere üç farklı sınıfta beton üretildi. Yüzey özellikleri aderans dayanımının belirlenmesinde önemli rol oynadığından bir değişken olarak gözönünde bulunduruldu. Plastik dübelleri tutturmak için betonun yüzeyinde delikler açıldı. Her beton yüzeyi ve dübel tipi için beşer adet, gazbeton için ise onar adet plastik dübel kullanıldı.

Her plastik dübel sistemi için plastik çivilerin çekme davranışları da belirlendi. Çekme dayanımı düşük, çekme şekil değiştirme kapasitesi yüksek plastik çivilerin kullanıldığı dübellerin düşük aderans kuvvetine sahip oldukları görüldü. Buna karşın çekme dayanımı yüksek, çekme şekil değiştirme kapasitesi düşük plastik çivilerin kullanıldığı

dübellerin ise yüksek aderans kuvvetine sahip olduğu belirlendi. Plastik dübelin açılan delikte gerekli aderansı sağlayabilmesi için plastik çivilerinin çekme dayanımının yeterli olması gerektiği sonucuna varılmaktadır.

Betonun yaşı arttıkça aderans kuvveti belirgin bir biçimde artmaktadır. Plastik dübel-beton arasındaki aderansın iyileştirilmesi için arayüzey özeliklerinin yeterli olması gerekmektedir. Betonun yüksek dayanımlı olması halinde plastik dübel sistemi tamamen açılmayabilir, böylece düşük aderans kuvveti elde edilir.

PULL-OUT FORCES OF FIXING COMPONENTS USED IN EXTERNAL THERMAL INSULATION COMPOSITE SYSTEM WİTH RENDERING

SUMMARY

The high cost of energy of a reinforced concrete (RC) structure with insufficient thermal insulation causes economic losses. The performance of a RC structure from the thermal insulation point of view, refers to its ability to fulfill the requirements of the owner, authorities and users. Unfortunetly, current design codes do not provide satisfactory basis to expected performance of the thermal insulation.

Main objective of this work is to investigate the effects of the type of plastic anchors for fixing of the external thermal insulation composite system, and also the age and quality of the concrete on the pull-out force.

Pull-out forces of plastic anchors for fixing of external thermal insulation composite systems were determined using the productions of two different componies. Experiments were conducted according to ETAG 014 (Guideline for European Technical Approval of Plastic Anchors for Fixing of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering). In the evaluation of mechanical properties of the plastic anchor system with various lengths, maily the bond force were used. For this purpose, three types of concrete such as low, normal and high strength concrete were produced. Since the surface properties play important role in the determination of bond force, they were also considered as a variable. For fixing the plastic anchors, the drilled holes were prepared on the surface of concrete, for each concrete surface and each type of anchor 5 plastic anchor systems, and for autoclaved aerated concrete (AAC) 10 plastic anchor systems were used.

For each plastic anchor system the tensile behaviour of the plastic nails were also determined. It was shown that the plastic anchors with the low tensile strength and high tensile strain capacity of the nail exhibited low bond. However, the plastic anchors with high tensile strength but low tensile strain capacity of the nail gave high bond force.

It can be concluded that the tensile strength of the plastic nail should be strong enough for required bond force in the drşlled hole. As the age of concrete increases the bond force increases significantly. For the enhancement of the interface between plastic anchor and concrete, the interface properties should be suitable to provide sufficient bond. In case of high strength concrete, the plastic anchor system may not open completely, thus, low bond force is obtained.

1. GİRİŞ

Fiziksel sistemin iş yapabilme kapasitesi olarak tanımlanan enerji geçtiğimiz yıllar da Dünya'da büyük krizler yaşanmasının nedenlerinden biri olmuştur [1]. Ancak enerji krizleri günümüzde aynı derecede önemli olarak görülmemektedir. Buna karşın 2005 yılı Aralık ayında yaşanan Rusya-Ukrayna doğal gaz krizi geçmişte kaldığı düşünülen enerji krizlerinin hala yaşanabileceğini göstermiştir [2].

IEA (Uluslararası Enerji Ajansı)'nın yayınlamış olduğu "World Energy Outlook 2002 " adlı kitapda 2030 yılına kadar fosil yakıtların birincil enerji kaynağı olacağı ve Dünya enerji ihtiyacındaki artışın %90'ını karşılayacağını öngörülmüştür. Buna ilave olarak da gelişmekte olan ülkelerin bugün Dünya enerji ihtiyacındaki payı olan %30'un 2030 yılı itibarı ile %40'a çıkacağı öngörülmüştür [3].

1950'li yıllarda yaşanan ekonomik gelişmeler ülkelerin enerji ihtiyacını arttırmıştır. 1960'lı yılların ortalarından itibaren de petrol özellikle Avrupa Birliği ülkelerinde birincil enerji kaynağı olmuştur. 1973 ve 1979 yıllarında yaşanan petrol krizleri başta Avrupa Birliği ülkeleri olmak üzere bütün Dünya'da önemli değişikliklerin yaşanmasına yol açmıştır [4]. Enerjinin öneminin anlaşılmasıyla yapılan değişikliklerin başında ilk önlem olarak enerji tasarrufu gelmektedir. Günümüzde ise enerji tasarrufu kavramı daha da genişleyerek yerini enerji verimliliğine bırakmıştır. Enerji verimliliği kaynakların azaltılarak binaların inşa edilmesini ve düzenlenmesini ifade eder [5].

Enerji tüketiminin sektörel dağılımları incelendiğinde Avrupa Birliği ülkelerinde 2001 yılında %40.1 ile konutlar,hizmetler ve tarım kesiminin başta geldiği görülmektedir. Bu kesimde ise konutların tüketimi toplam tüketimin yarısı ile üçte ikisi arasında değişen kısmına tekabül etmektedir. Bu durum Tablo 1.1. de görülmektedir. Ülkemizde ise

konut ve hizmetler %34.5 ile enerji talebinin sektörel dağılımında ikinci sırada yer almaktadır (Tablo 1.2.) [4].

Tablo 1.1. AB'de Nihai Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı (2001)

	Sanayi (%)	Konut,Hizmetler ve Tarım (%)	Ulaştırma (%)	Toplam (%)
Almanya	25.8	44.2	30.0	100.0
Avusturya	26.7	43.6	29.2	100.0
Belçika	36.3	38.2	25.3	100.0
Danimarka	20.4	49.0	30.6	100.0
Finlandiya	47.0	34.8	18.2	100.0
Fransa	23.9	42.8	33.3	100.0
Hollanda	27.2	44.8	28.0	100.0
İngiltere	23.2	43.2	33.6	100.0
İrlanda	18.7	41.1	40.2	100.0
İspanya	32.7	26.3	41.1	100.0
İsveç	38.3	35.8	25.9	100.0
İtalya	31.3	36.3	32.4	100.0
Lüksemburg	24.3	21.6	54.1	100.0
Portekiz	32.2	29.9	37.4	100.0
Yunanistan	23.6	38.2	38.7	100.0
AB-15	27.8	40.1	32.1	100.0

Tablo 1.2. Birincil Enerjinin Nihai Sektörel Talebi

	1983 (%)	1995 (%)	2002 (%)
Konut ve Hizmetler	40.0	32.5	34.5
Ulaştırma	16.3	17.5	15.5
Tarım	3.7	3.8	3.8
Sanayi ve Diğer	40.0	46.2	46.2

Tablo 1.1. ve Tablo 1.2. incelendiğinde ortaya çıkan sonuç konutlarda kullanılan enerjinin küçümsenemeyecek seviyede olduğudur. Bu durumda enerji verimliliği çalışmalarında konutların önemi ortaya çıkmaktadır. Bina enerji verimliliği çalışmalarının ilk basamağını binaların enerji verimli olarak tasarlanması oluşturur. Bu tasarım dahilinde insan etkileri, çevre, mimari, bina elemanları, güneşle ilgili uygulamalar ve binanın işletilmesi gözönünde bulundurulmalıdır [6]. Bu çalışmayı takiben binaların enerji yönetimi çalışmaları yapılmalı ve bu çalışma kapsamında binaların enerji performanslarını etkileyecek olan insan etkileri, binanın kullanım amacı, binanın kullanım saatleri, binanın yaşı, iklim ve bina inşaat çalışmaları dikkate alınmalıdır. Tablo 1.3. ve Tablo 1.4. bu etkilerden ikisi olan bina kullanma saatleri ve bina inşaat çalışmaları ile kullanılan enerji miktarları hakkında bir fikir vermektedir [7].

Tablo 1.3. Bina Kullanım Saatleri Açısından Yıllık Ortalama Enerji Kullanımı (1992)

Haftalık Kullanım Saatleri	Enerji Kullanımı (Yıllık Btu/foot^2)
39 veya daha az	33.700
40-48	67.400
49-60	66.500
61-84	79.700
85-167	99.900
Sürekli	145.800

Tablo 1.4. Dış Duvar Türü ve Enerji Kullanımı

Dış Duvar Türü	Enerji Kullanımı (Yıllık Btu/foot^2)
Duvar	82.700
Siding veya shingle	67.600
Metal Paneller	68.300
Beton Paneller	82.200
Cam	96.100

Binaların enerjiyi verimli kullanması konusunda en önemli çalışmalar ise Kavak [8]'ın tezinde belirttiği gibi "bina dış kabuğunun enerji etkinliğinin iyileştirilmesi" ve "yapı elemanlarının ısı geçirme katsayılarının düşürülerek ısıl direncin yükseltilmesi" ile ilgilidir. Bu çalışmalar kapsamında ülkelerin çoğu binaların kullandığı ısı miktarını sınırlamış ve bu konuyla ilgili standartlar çıkarmıştır [8]. Ülkemizde yapılan istatistiki çalışmaların sonucuna göre konutların sadece %14'ünün merkezi ısıtmaya, %10'unun çatı ısı yalıtımına ve %9'unun çift cam uygulamasına sahip olduğu görülmüştür [9]. 11.5 milyon konuta sahip Türkiye'de bina ısı yalıtımının durumu bu verilerden açıkca anlaşılmaktadır. Bu durumun iyileştirilmesi amacıyla TS 825 Binaların Isı Yalıtım Yönetmeliği yenilenmiş ve gerekli değişikliklerle düzeltmeler yapıldıktan sonra 14 Haziran 2004 itibari ile zorunlu standart olmuştur [10].

Bu tez çalışması, enerji verimliliği amacıyla yapılan ısı yalıtım uygulamalarından bir tanesi olan dış cephe ısı yalıtım sistemlerini incelemekte ve dış cephe ısı yalıtım sistemlerinden dış cephe ısı yalıtımı sıvalı kompozit sisteminde kullanılan bağlantı elemanlarının mekanik davranışı ve aderans dayanımı konusunda yapılan çalışmaları kapsamaktadır.

2. ISI YALITIMI

2.1. TEMEL KAVRAMLAR

2.1.1. ISIL KONFOR

Isıl konfor, zihnin ısıl çevreyle memnuniyet belirttiği durum olarak tanımlanmıştır. Bu tanım ASHRAE tarafından çıkartılan 55-66 standartında bulunmaktadır [11]. Isıl konfor tanımından da anlaşılabileceği gibi bir çok değişkene bağımlıdır. Bu değişkenlerin en önemlileri şunlardır:

- etkinlik seviyesi
- giysilerin ısıl direnci
- hava sıcaklığı
- ortalama radyan sıcaklık
- göreceli hava hızı
- durgun havadaki su buharı basıncı

Bu değişkenlerin etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan kontrollü deneyler sonucunda ısıl konfor eğrileri çizilir ve bu eğriler aracılığıyla ısıl konforu sağlayacak olan sıcaklık belirlenir [12].

2.1.2. ISI YALITIMI

Yalıtmak, Latince “insula” kelimesinden türemiştir ve ada anlamına gelmektedir. Anlamından da anlaşılabileceği gibi yalıtmak, tıpkı bir ada gibi bağlantısız bir şekilde tutmaktır [13].

Isı yalıtımı, ısının üretildiği ortamda korunarak insanlar için gerekli ısıl konforun sağlanması amacıyla yapılan uygulamaların bütünü olarak tanımlanabilir. Isı yalıtımının temel unsuru olan ısıl konfor için oda sıcaklığının 19-22 ^{o}C olması, iki ortam arasındaki sıcaklık farkının 3 ^{o}C'yi geçmemesi ve havadaki nem oranının %40- %60 arasında olması gereklidir [14].

2.1.3. ISI GEÇİŞİ

Isı gradyanı bulunan bir sistemde veya temas halindeki iki farklı sıcaklığa sahip sistemde enerji geçişi olur. İşte, bu enerji geçişi olayına "ısı geçişi" denir. Termodinamik, ısının diğer enerji formlarıyla olan ilişkisini inceleyen bilim dalıdır. Termodinamiğin 1.yasasına göre enerji korunur, yani enerji yoktan var edilemez, var olan enerji de yok edilemez. Termodinamiğin 2.yasasına göreyse ısı geçişi sıcaklığın yüksek olduğu yerden düşük olduğu yere doğru gerçekleşir [15]. Isı geçişi;

1. Isı İletimi : Katı cisimler,hareket etmiyen sıvı veya gaz ortamlar
2. Isı Taşınımı : Akış halindeki sıvı veya gaz ortamlar
3. Isı Işınımı : Elektromagnetik dalgalar

olmak üzere üç şekilde gerçekleşebilir [16].

Isı İletimi

Isı iletimi, fiziksel temastan ötürü gerçekleşen doğrudan ısı geçişi halidir. Isı geçişi, moleküllerin enerjilerini komşu moleküllere aktararak sıcaklıklarını yükseltmesi şeklinde gerçekleşir [17].

Yapı malzemelerinde gerçekleşen ısı geçişi, genel anlamda ısı iletimi yöntemiyle olur. Isı iletimiyle geçecek olan ısının miktarının belirlenmesinde şu değişkenler kullanılır;

- Sıcaklık Farkı : Diğer koşulların aynı kalması durumunda sıcaklık farkı arttıkça daha çok enerji geçişi olur.
- Kalınlık : Kalınlık arttıkça geçen ısı miktarı azalır.

- Alan : Isı geçişinin gerçekleştiği alan ne kadar büyükse geçen ısı miktarı da o derece büyüktür.
- Zaman : Geçen ısı miktarı ile ısı akışının devam ettiği süre arasında orantı vardır
- Isıl İletim Katsayısı: Birçok diğer değişkene bağlı olan malzemenin ısı iletim katsayısına bağlı olarak geçen ısı miktarı değişir [13].

Isı Taşınımı

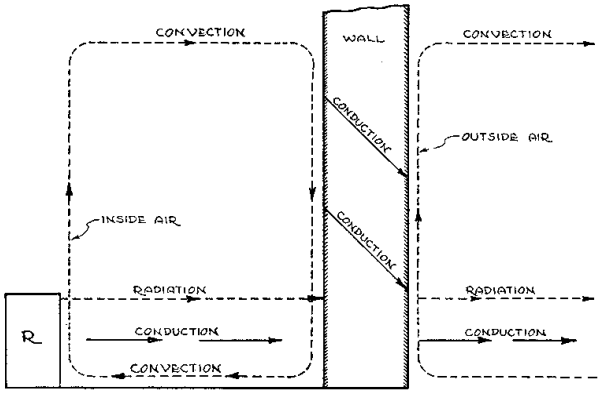
Isı taşınımı, malzeme içerisinde parçacıkların kütlesel olarak hareket etmesiyle gerçekleşen ısı geçiş şeklidir [18]. Aslında ısı taşınımı iki mekanizmanın birbirini takip etmesiyle gerçekleşir. İlk mekanizma ısı iletimidir, ikinci mekanizma ise parçacıkların makroskopik hareketinin harici bir güç tarafından tarafından gerçekleştirilmesidir. Bu harici güç; ağırlık gradyanı veya fanın veya pompanın oluşturduğu basınç farkı olabilir[15].

Isı Işınımı

Isı geçişinin, elektromagnetik dalgalar aracılığıyla gerçekleşmesine ısı ışınımı denir [17].

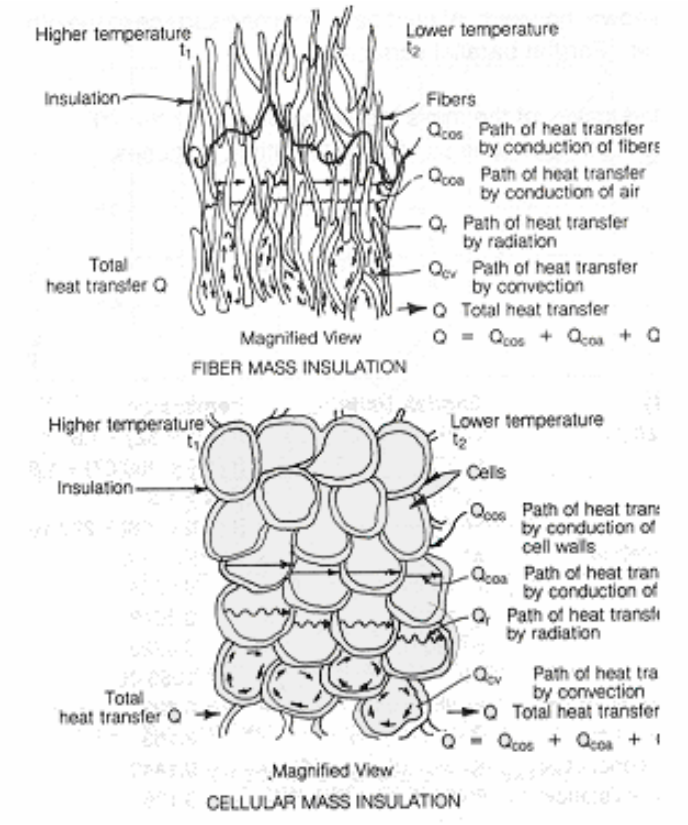
2.2. YAPILARDA ISI GEÇİŞİ

Bir konutta ısı geçişinin nasıl gerçekleştiği Şekil 2.1 de görülmektedir [13].



Şekil 2.1. Konutlarda Isı Geçişi

Şekil 2.2. de ise yalıtım malzemesinde gerçekleşen ısı geçişleri görülmektedir [19].



Şekil 2.2. Yalıtım Malzemelerinde Isı Geçişi

2.3. ISI YALITIMININ TARİHÇESİ

Isı yalıtımının tarih içerisindeki gelişim sürecini takip etmek zor olsa da ilk çağ insanlarıyla birlikte başladığını ve doğadaki malzemeleri model alarak teknolojiyle birlikte geliştiğini söyleyebiliriz. Tarih öncesi insanların soğuktan korunmak amacıyla hayvanların postlarını kullanarak kendilerine giysi yapmaları ve doğada bulunan taş, odun ve toprak gibi malzemeleri kullanarak evler inşaa etmeleri de ilk yalıtım örneklerinden sayılmaktadır [11].

Tarih boyunca insanların inşaa ettikler evler bulundukları coğrafik konumun getirdiği iklim koşullarına bağlı olmuştur. Mesela, Mısırlılar evlerini toprak kullanarak inşa etmişler ve yeraltı odalarının serin olmasından yararlanmışlardır, İspanya'nın ilk yerleşimcileri ise taş kullanarak yaptıkları evlerini mantarla kaplamışlardır. Bir diğer örnek ise Kuzey Afrika yerlilerinin evlerini kille karıştırılmış mantardan yapmalarıdır [11].

Teknolojik gelişmelere paralel olarak ticari anlamda ortaya çıkan ilk ürün "Cabot's Quilt" adıyla bilinen 1891 yılında Samuel Cabot tarafından üretilen örtü tipi yalıtım malzemesidir. Bu ürün, Kuzey Atlantik Denizi'nde yetişen bir çeşit deniz canlısı olan "eel grass"ın iki sıra ambalaj kağıdı arasına yerleştirilmesiyle oluşmuştur [10]. Yapılan bir araştırma, 6" (152.4 mm) kalınlığında ve 1.5 pound/foot^3 (24.03 kg/m^3) yoğunluğunda serilmiş "eel grass"ın 6" (152.4 mm) lik cam yünü yalıtımıyla aynı oranda verimli olduğu ortaya koymuştur [20].

Mineral lifler ilk olarak Havai Adalarının yerlileri tarafından ortaya çıkarılmıştır. Erimiş lavlardan buharın kaçışı sırasında oluşan mineral lifler kulubelerin örtülmesinde kullanılmıştır. Ticari anlamda ise ilk mineral yün boru yalıtımı amacıyla 1840 yılında Galler'de kullanılmıştır. Bundan yaklaşık 60 yıl sonra 1897 yılında da taş yünü kimya mühendisi C.C.Hall tarafından üretilmiştir. Cam yünü ise ilk olarak Eski Mısırlılar tarafından kapların süslenmesinde kullanılmış ve modern olarak üretimi ise 1931 yılında başlamıştır.

Yansıtıcı tür olan yalıtım malzemeleri için ilk olarak 1804 yılında patent alınmış olmasına rağmen ticari olarak 1930'lu yıllarda kullanılmaya başlanmıştır [11].

Levha türü yalıtım malzemelerinin başlangıcı ise 1910'lu yıllardır. Yarı rijid olan ve keten kullanılarak Minesota'da üretilen ilk örneklerin ticari adı "Flaxlinum" ve "Fibrofelt" dir. Daha sonra bu ürünler yerlerini 1914 yılında rijid yalıtım levhalarına bırakmıştır [11].

Haddelenmiş polistiren (extruded polystyrene) yalıtımı ise 1940'larda Dow Chemical Şirketi tarafından geliştirilmiştir ve "styrofoam" ticari adıyla bilinmektedir. İlk başta su emmeye karşı sahip olduğu aşırı direnç nedeniyle cankurtaran botlarında kullanılmıştır. Yalıtım amacıyla kullanılması ise 1950'li yıllarda olmuştur [11].

Üreformaldehit köpük yalıtımı (UFFI) ise 1960 yılında inşaat sektörüne girmiştir. 1980'li yıllarda üreformaldehit köpük kullanarak yalıtılan evlerden artan sağlık problemleri ve uzun vadede sağlığı tehdit ettiğinin ortaya çıkmasıyla bu ürünün kullanımı bazı ülkelerde yasaklanmıştır [11].

2.4. ISI YALITIM MALZEMELERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Isı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılmasında bir kesinlik yoktur. Şöyle ki, bazen yapıldıkları malzemenin kökenine göre sınıflandırılırken bazen de yapısal şekillerine göre sınıflandırılmıştır. Örneğin Dağsöz [16,21] kitaplarında yalıtım malzemelerini kökenlerine göre 3 bölümde sınıflandırmıştır. Buna göre yalıtım malzemeleri;

1. Organik asıllı
2. Anorganik asıllı
3. Sentetik asıllı olmaktadır.

Organik asıllı yalıtım malzemeleri lif, tane ve köpük şeklinde olmakta ve oluklu mukavvaları, pamuk keçeleri, tahta lifli hafif levhaları, anorganik bağlama elemanlı tahta lifli yapı levhalarını, turb yalıtım levhalarını, halat-hortum şeklindeki organik yalıtım malzemelerini ve taneli ısı yalıtım malzemelerini (mantar) içermektedir.

Anorganik asıllı yalıtım malzemeleri ise cam yünü, camyünü kiryolen, taş yünü, cüruf yünü, asbest, kizelgur, magnezyum karbonat ve magnezit olarak belirtilmiştir.

Sentetik asıllı yalıtım malzemelerine örnek olarak da poliüretan, PVC köpüğü, polistirol ve polietilen bulunmaktadır [21].

Diğer bir sınıflandırma ise ısı yalıtım malzemeleri ticari bulunma şekillerine göre yapılmıştır. Bu şekilde yapılan sınıflandırma Tablo 2.1. de görülmektedir [13].

Tablo 2.1. Yapısal Isı Yalıtım Malzemeleri

Tipler	Şekiller	Malzemeler
Gevşek Doldurma Yalıtımlar (Loose Fill Insulation)	Lifli Yünler	Taş,Cam,Cüruf Yünü;Ahşap Lif
	Taneli	Perlit,vermikolit,Taneli Mantar
Örtü Tipi Yalıtım (Blanket Insulation)	(1)Düz (2)Bir tarafı açık,diğer tarafında buhar tutucu (3)Kuşatılmış,bir tarafı kağıtla,diğer tarafı buhar tutucu ile kaplı (4)Bir tarafı yansıtıcı buhar tutucu,diğer tarafı da açık veya kağıtla kaplı	Taş, cam veya cüruf mineral yün; veya ahşap lif
Şilte Yalıtımı (Batt Insulation)	Örtü tipi yalıtımla aynı	Örtü tipi yalıtımla aynı
Yalıtım levhası	İç kısım levhaları, çatı yalıtımları,ses yalıtımları	Bitkisel lifler, mineral lifler, plastik köpükler
Tabaka veya blok yalıtımlar	Genellikle 1”(25.4 mm) veya daha kalın küçük rijid elemanlar	Mantar levhalar (1) Ahşap lifi ve çimento (2) Mineral yün (3) Yalıtım levhası (4) Perlit ve bağlayıcı (5) Hücresel cam

Yansıtıcı Yalıtım	(1) Örtü (a) Düz (b) Arka tarafı yaldızlı kağıt içeren	Alüminyum yaldız ve diğer malzemeler
	(2) Alüminyum yaldızlı alçı levhalar veya diğer malzemeler	Alüminyum yaldız ve diğer malzemeler
	(3) Yaldızlı yüzeye sahip örtü ve şilte tipi yalıtımlar	Alüminyum yaldıza ilave örtü ve şilte yalıtımı
	(4) Kağıda uygulanan yansıtıcı kaplamalar	Kağıda bir veya birkaç kat uygulanan kaplamalar
Plastik Köpük Yalıtımı	Tabaka veya blok halinde ve sandiviç panel şeklindeki diğer tipler	Polistiren, üretan ve diğer tip plastikler
Çeşitli tip yalıtımlar	(1) Bağlayıcı ile birlikte püskürtülen konfeti tarzı malzemeler (2) Yalıtım levhası veya plastik köpüğü çekirdek olan dış yüzeyi asbestli çimento, kontraplak veya diğer malzemelerle kaplı sandiviç paneller (3) Çoklu tabakalardan oluşmuş oluklu kağıtlar (4) Perde duvar sistemleri (5) Hafif ağırlıklı agregalar	

2.5. ISI YALITIM MALZEMELERİNİN TAŞIMASI GEREKEN ÖZELLİKLER

Yapılarda kullanılan her malzemede olduğu gibi ısı yalıtım malzemelerinin de belirli ihtiyaçları karşılaması gerekir. Bu ihtiyaçlar genel anlamda kullanım yerlerinden kaynaklanır ve buna göre malzeme seçimi yapılır. Buna göre ısı yalıtım malzemelerinin taşıması gereken özellikler;

1. Özgül hacim
2. Hacim ve şekil değiştirmelerine karşı dayanım

3. Yapıda işleme kolaylığı
4. Basınç etkisinde şekil değiştirme rijitliği
5. Çekme etkisinde şekil değiştirme rijitliği
6. Kimyasal nötürlüğü
7. Çürüme ve ufalanmaya dayanımlı olması
8. Buhar difüzyonuna dayanımlı olması
9. Sürekli, periyodik veya kısa tesirli sıcaklıklarda ısı yalıtım fonksiyonunu değiştirmemesi
10. Uygulanacağı yapıya uygun olması
11. Ucuz olması
12. Yanıcı olmaması
13. Kokusuz olması
14. Zamanla yalıtım özelliğinin azalmaması
15. Isı iletim katsayısının küçük değerlere sahip olması
16. Böcek ve hayvanları barındırmaması

olarak çeşitli kaynaklarda yukarıdaki şekilde sıralanmıştır [21, 22, 23].

3. DIŞ CEPHE ISI YALITIM SİSTEMLERİ

Dış cephe ısı yalıtım sistemi bütün binanın dış yüzeyinde uygulandığı ve ısı köprülerinin oluşumunu engellediği için en etkili yalıtım çözümü olarak görülmektedir. Buna ilave olarak su buharının yoğuşmasını önleyerek ısıl konforun devamlılığını sağlaması da dış cephe ısı yalıtım sistemlerinin bir diğer üstünlüğüdür [24].

Dış cephe ısı yalıtımı, bir başka deyişle duvarların dıştan yalıtımı, ısı yalıtım malzemesinin dış etkilerden korunma şekline göre sınıflandırılır. Bu sınıflandırmalar, dış cephe ısı yalıtımı sıvalı kompozit sistemi ve giydirme cephe sistemi adını alır [26].

Dış cephe ısı yalıtımı sıvalı kompozit sisteminin elemanları şu şekildedir;

- Isı yalıtım levhaları; EPS(Genleştirilmiş polistren köpük), XPS(haddeden çekilmiş polistren köpük) ve Taş yünü
- Harçlar; yapıştırma harcı ve sıva harcı; aderansı ve mukavemeti yüksek, nefes alır özellikte ve sıcaklık farklarından dolayı bozulmayacak çimento esaslı yapıştırıcı
- Sıva donatı filesi; istenilen çekme gerilmesini karşılayacak şekilde alkali ortama dayanıklı cam elyafı tekstil malzemesi
- Dübel; Geri dönüşüme uğramamış plastikten üretilmiş, tercihen polyamit esaslı, istenilen çekme dayanımına sahip mekanik tespit elemanı, yüzey cinsine göre çelik çivilileri de kullanılabilir.
- Profiller; subasman profili ve köşe profili; sistemin esas taşıyıcısı ve köşelerin düzgün bitirilmesi amacıyla kullanılır [27, 28].

Dış cephe ısı yalıtımı sıvalı kompozit sistemi uygulanırken, öncelikle ısı yalıtım levhaları yapıştırıcı harçla duvarlara yapıştırılır. Daha sonra ise dübeller çakılır ve astar sıva uygulanır. Bunu takiben sıva donatı filesi uygulanır ve tekrar astar sıva yapılır. Son olaraksa dış cephe kaplaması yapılır. Şekil 3.1. de sistemin ayrıntıları görülmektedir[26].

1. Dış duvar
2. Yapıştırma harcı
3. Yalıtım Malzemesi
   - EPS
   - XPS
   - Taşyünü
4. Dübel
5. Yüzey sıvası
6. Donatı filesi
7. Yüzey sıvası
8. Dış cephe kaplama malzemesi



Şekil 3.1. Dış cephe ısı yalıtımı sıvalı kompozit sistemi detayı

Dış cephe ısı yalıtımı sıvalı kompozit sisteminde kullanılan malzemeler ; EPS, XPS ve Taş yünüdür. Bu malzemeler yoğunluk, ısıl iletim katsayısı, yanıcılık sınıfı, boyutsal kararlılık, buhar difüzyonu ve ses yalıtımı açısından standartlarda verilen minimum değerleri sağlamalıdır. Tablo 3.1. de ısı yalıtım malzemeleri için TS 825 de verilen minimum değerler görülmektedir.

Tablo 3.1. TS 825'e göre Isı Yalıtım Malzemelerinin Taşıması Gereken Minimum Değerler

	EPS	XPS	Taş yünü
Yoğunluk (kg/m^3)	≥ 15	> 20	150-170
λ (W/mK)	0.040	0.031	0.040
Yanıcılık Sınıfı (DIN 4102)	B1 (zor alevlenici)	B1 (zor alevlenici)	A (yanmaz)
μ	80-250	80-250	1

Tablo 3.1'e ilave olarak EPS levhalar boyutsal kararlılığa ulaşması için 6-7 hafta dinlendirilmelidir. EPS ve XPS levhalar gözenekli hücre yapısında olduğundan dolayı ısıl değişimler karşısında boyutsal değişim gösterirler.

Son olarak da ses yalıtımı açısından taş yünü levhalar açık gözenekli ve lifli yapısından dolayı EPS ve XPS levhalara oranla daha iyidir [29].

İzoder tarafından EPS, XPS ve Taş yünü için verilen değerler Tablo 3.2., Tablo 3.3. ve Tablo 3.4. de görülmektedir.

Tablo 3.2. EPS için Karakteristik Değerler

Karakteristik Özellikler	Gerekli Değer
Beyan Edilen Isıl Direnç	$R_D \geq 1.00$ m^2K/W
Yüzeye dik çekme mukavemeti • Yapıştırıcı veya dübeller ile tespit edilen EPS levhalar • Raylar ile tespit edilen EPS levhalar	 ≥ 100 kPa ≥ 150 kPa
Boyutsal kararlılık	± % 0.2
Düzlük toleransı	± 5 mm
Uzunluk toleransı	± 2 mm
Genişlik toleransı	± 2 mm
Kalınlık toleransı	± 1 mm
Uzun süreli kısmi daldırma ile su emme	≤ 0.5 kg/m^2

Tablo 3.3. XPS için Karakteristik Değerler

Karakteristik Özellikler	Sağlanması Gereken Şartlar
Yüzeye dik çekme dayanımı - Yapıştırıcı ve mekanik sistemle tespit edilmiş	/200 kPa
Boyut kararlılığı	≤ %2
Düzlük toleransı	± 5 mm
Uzunluk toleransı	± 2 mm
Genişlik toleransı	± 2 mm
Kalınlık toleransı	± 1 mm
Tam daldırmayla uzun süreli su emme (hacimce)	≤ 1.5

Tablo 3.4. Taş Yünü için Karakteristik Değerler

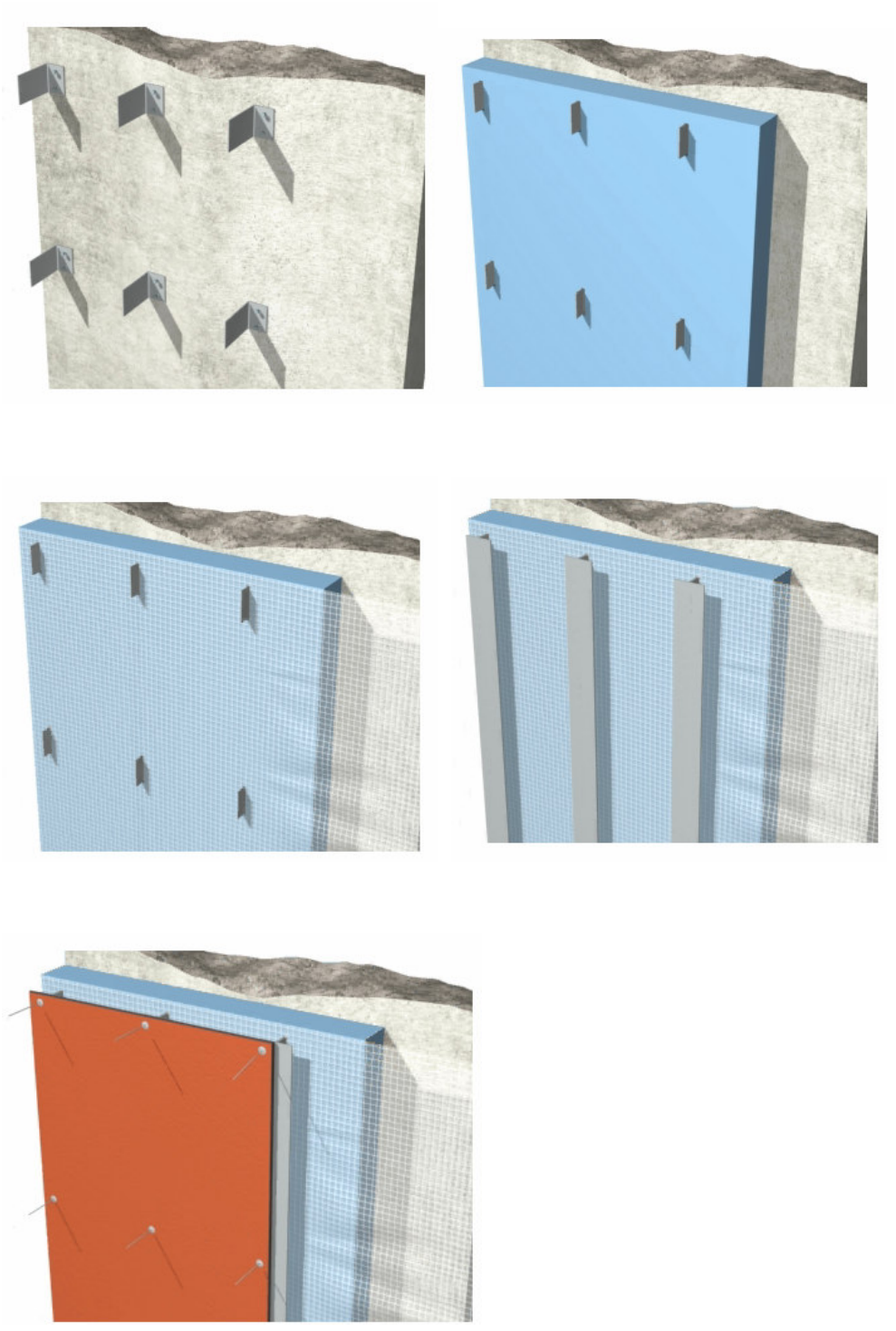
Karakteristik Özellikler	Gerekli Değer
Beyan Edilen Isıl Direnç	$R_D \geq 1.00$ m^2K/W
Yüzeye dik çekme dayanımı • Sadece yapıştırıcı ile tespit • Raylar ile tespit • Dübeller ile tespit • Taşıyıcı üzerine dübellerle tespit	 ≥ 80 kPa ≥ 15 kPa ≥ 7.5 kPa > 5 kPa
Boyutsal kararlılık	≤ %1
Düzlük toleransı	< 6 mm
Uzunluk toleransı	± %2
Genişlik toleransı	± %1.5
Kalınlık toleransı	+3/-1 mm
Basma dayanımı	≥ 10 kPa
Uzun süreli kısmi daldırma ile su emme	< 3 kg/m^2

Giydirme cephe sistemleri ise kendi içinde ikiye ayrılmaktadır. Ağırlığı 100 kg/m^2 ‘ den daha büyük panallerden oluşan sistemlere “Ağır Asma Giydirme Cephe”, ağırlığı 100 kg/m^2 ‘den küçük panellerden oluşan sistemlere ise “Hafif Asma Giydirme Cephe” denilmektedir [30]. İlk olarak 1820 yılında Philadelphia’da bulunan bir banka binasında uygulanan asma giydirme cephelere ülkemizde ilk defa 1959 yılında Ankara’daki ”Kızılay İşhanı”nda görülmüştür [31].

Giydirme cephe sistemleri, dış duvara monte edilmiş olan ısı yalıtım levhasının üzerine mekanik olarak tutturulmuş giydirme malzemesinin uygulanması şeklinde ortaya çıkar. Giydirme malzemesi; cam, alüminyum, pvc, doğal taş ve/veya kompoze malzemeler olabilir. Isı yalıtım levhası ile giydirme malzemesi arasında en az 5 cm boşluk bulunmalıdır [26]. Bu boşluk sayesinde ısı yalıtım malzemesinde yoğuşma olması önlenmiş olur [32].

Giydirme cephe sistemlerinde kullanılan malzemeler lifli ve köpüklü malzemeler olarak ikiye ayrılmaktadır. Taş yünü, cam yünü ve ahşap yünü gibi malzemeler lifli malzeme olarak adlandırılırken EPS, XPS ve poliüretan köpüklerde köpük malzemeler olarak adlandırılmaktadır. Yalıtım malzemesi seçiminde ısıl özelliklerin sağlanmasının yanısıra bir diğer önemli etken de esnekliğe sahip olmasıdır. Yalıtım malzemesinin metallerin yaptığı genleşmeye izin verecek kadar esnek olması koşulu aranmaktadır. İşte bu nedenle özellikle XPS giydirme cephe sistemlerinde kullanılmamaktadır. Buna karşın ülkemizde uygulamada ağırlıklı olarak taş yünü ve cam yünü kullanılmaktadır [32].

Isı yalıtımlı giydirme cephelerin uygulamasında ise Şekil 3.2. de görüldüğü gibi öncelikle duvara tespit edilen profiller yardımıyla yalıtım yapılmakta, daha sonra da eklenen profillere dış cephe kaplama malzemesi monte edilmektedir [38].



Şekil 3.2. Giydirme Cephe Sistemi Uygulaması

4. DIŞ CEPHE ISI YALITIMI SIVALI KOMPOZİT SİSTEMİNDE KULLANILAN BAĞLANTI ELEMANLARI

Dış cephe ısı yalıtım sistemleri uygulaması sırasında bağlantı elemanı olarak dübeller kullanılmaktadır. Dübeller, uygulanacakları yüzeylere bağlı olarak seçilir ve bazı teknik özelliklere sahip olması istenir.

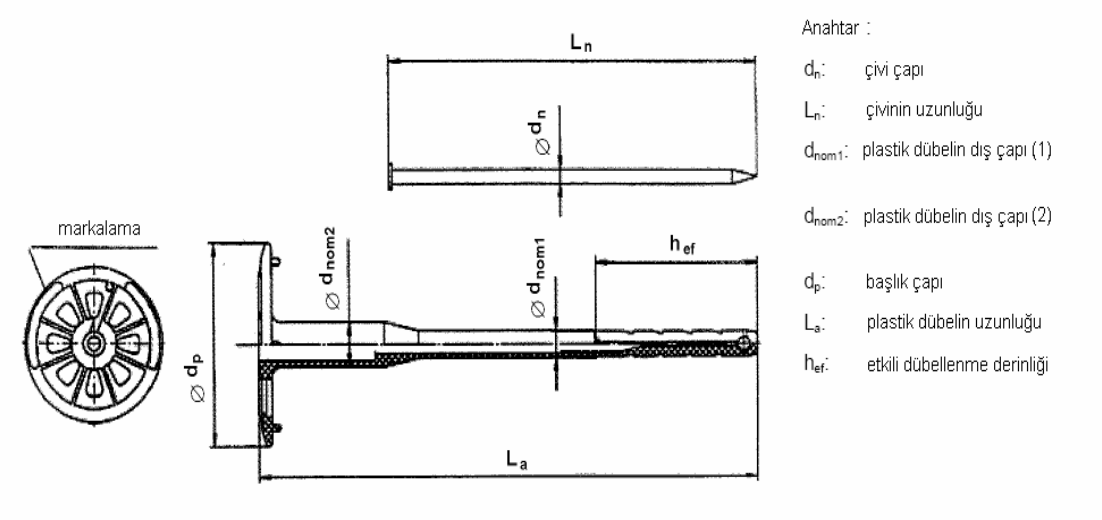
4.1. DIŞ CEPHE ISI YALITIMI SIVALI KOMPOZİT SİSTEMİNDE KULLANILAN PLASTİK DÜBELLERİN ÇALIŞMA PRENSİBİ ve KULLANIM AMACI

Genel anlamda betonlarda kullanılan dübeller, genleşen ve yapıştırıcılı tiplerde olmaktadır. Dübellerle yapılan bağlantının göçmesi ise üç şekilde gerçekleşebilir;

1. Dübel gövdesinin kopmasıyla
2. Dübelin betondan sıyrılmasıyla
3. Dübelin betondan parça koparmasıyla

1.tip göçme genellikle küçük çaplı dübeller ve yüksek dayanımlı betonlar veya gömülme derinliğinin fazla olduğu durumlarda söz konusudur. Göçme, dübeldeki gerilmelerin dübel malzemesinin çekme gerilmesini geçmesiyle oluşur. 2.tip göçme ise içsel sürtünme kuvvetinin uygulanan kuvvetten çok daha küçük olduğu durumlarda veya yapıştırıcılı dübellerde yapıştırıcının yetersiz olması durumunda gerçekleşir. Göçme, daha çok dübel malzemesi ve kısmen de betonla ilişkisine bağlıdır. 3.tip göçme ise daha çok betonun yük taşıma kapasitesinin aşılmasıyla gerçekleşir [33].

Dış cephe ısı yalıtım sistemlerinde kullanılan bağlantı elemanlarından olan ve Şekil 4.1 de ayrıntıları görülen plastik dübellerin çalışması ise ETAG 014 de belirtildiği gibi çivilerin çakılması veya vidalanması sonucunda çivinin tırnakları daha önceden açılan beton içerisinde açması şeklinde gerçekleşir [34].

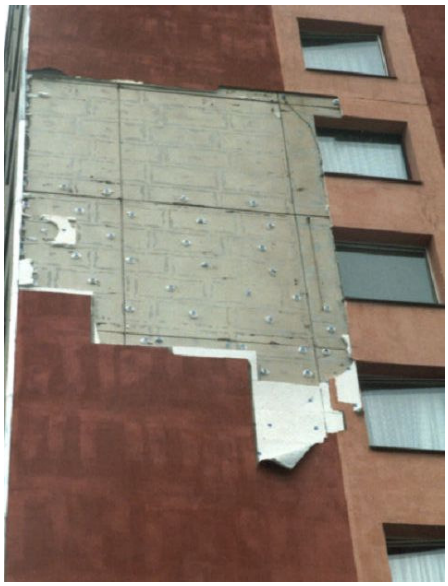


Şekil 4.1. Plastik Dübelin Bileşenleri

Dış cephe ısı yalıtım sistemlerinde kulanılan plastil dübellerin esas kullanım amacı rüzgar yüklerine karşı sistemin korunmasını sağlamaktır. Özellikle yüksek binalarda rüzgarın oluşturduğu emme kuvvetinin dış cephe ısı yalıtım sisteminin sürekliliği açısından sorun yaratmaması için kullanılabilir. Şekil 4.2. ve Şekil 4.3. de hatalı uygulama sonucunda dış cephe ısı yalıtım sisteminin sürekliliğinin nasıl bozulduğu görülmektedir.



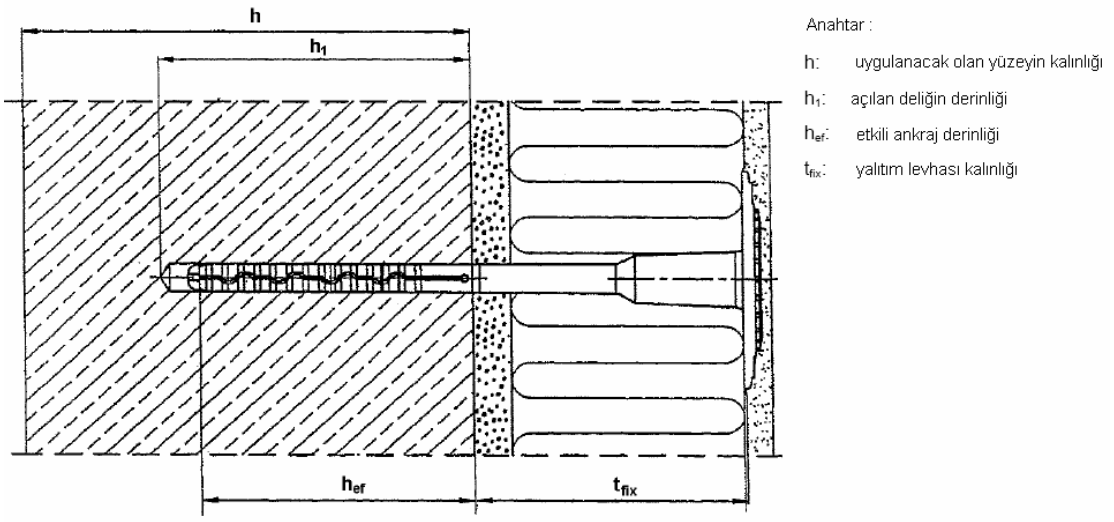
Şekil 4.2. Isı yalıtımının sadece yapıştırma yolu ile tespit edilmesi durumu



Şekil 4.3. Isı yalıtımının sadece dübeller ile tespit edilmesi durumu

4.2. DIŞ CEPHE ISI YALITIMI SIVALI KOMPOZİT SİSTEMLERİNDE KULLANILAN DÜBELLERİN UYGULANMASI ve ÇEŞİTLERİ

Dış cephe ısı yalıtım sistemlerinde kullanılan bağlantı elemanlarının uygulama detayı Şekil 4.4. de görülmektedir [34].



Şekil 4.4. Yalıtım Sistemi Uygulama Detayı

Dış cephe ısı yalıtım sistemi uygulanırken öncelikle öncelikle yalıtım levhaları uygun yapıştırıcı ile yapıştırılır. Bunu takiben de delikler açılır ve dübeller yerleştirilir. Son olaraksa yüzey bitirmesi yapılır. Dübellenmenin detayları Şekil 4.5. de görülmektedir [35].



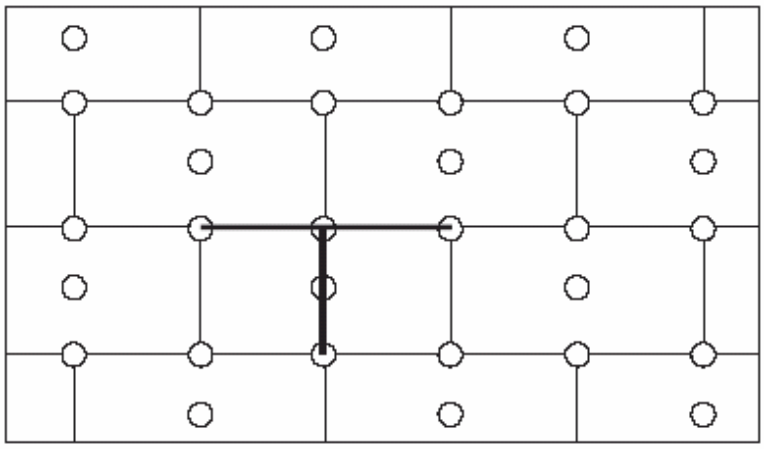
Şekil 4.5. Dübellerin Uygulanması

Dış cephe ısı yalıtım sisteminin ağırlığının 30 kg/m^2 ve/veya bina yüksekliği 25 m'yi geçtiği durumlarda rüzgar yükünü de karşılamak amacıyla ısı yalıtım levhaları yapıştırıcılara ek olarak dübellenmelidir [14].

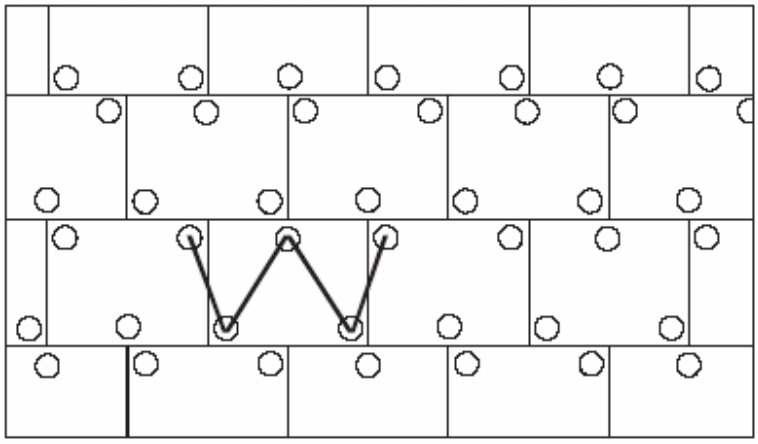
Uygulamada genel olarak m^2 başına 6 adet dübel yeterli görülmektedir. Bu durumun geçerliliği 50 m'den daha alçak binalar ve/veya 135 km/sa 'dan düşük rüzgar hızları için geçerlidir. Bunun dışındaki durumlarda projeler yapılmalıdır [14]. (Ek 1 de rüzgar hızı ile ilgili örnek hesaplama bulunmaktadır.)

Dübellerin yerleştirilmesi ise T şeklinde veya W şeklinde olmaktadır. Şekil 4.6. da görülen T şeklindeki yerleştirmede plaka birleşim noktalarına birer adet dübel konulmakta ve merkeze de bir adet dübel yerleştirilmektedir. W şeklindeki yerleşimde

ise Şekil 4.7. de görüldüğü gibi birleşim noktaları yakınına 2 şer adet dübel yerleştirilir [14, 36].



Şekil 4.6. T şeklinde dübelleme



Şekil 4.7. W şeklinde dübelleme

Dış cephe ısı yalıtım sistemlerinde kullanılan dübellerin seçiminde dübelin uygulanacağı yüzey cinsi ve dübelin uygulanacaği yalıtım tabakasının türü ve kalınlığı önemlidir [37].

Yalıtım yapılacak yüzeyin özellliğine ve yalıtım tabakasının kalınlığına göre plastik dübellerin boyları da 75 mm den 340 mm ye kadar farklılıklar göstermektedir. Örneğin, gazbeton yüzeyler için 160 mm den 340 mm ye kadar dübel boyu mevcuttur.

Plastik dübellerin sınıflandırılmasında bir diğer yaklaşım çivilerin yapıldığı malzemeye göre olmaktadır. Bu durumda plastik dübeller; plastik çivili, çelik çivili ve vidalı olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

Dış cephe ısı yalıtım levhası bağlantı elemanı olan plastik dübellerin mekanik özelliklerinin araştırılması amacıyla iki farklı firmanın üretimi olan, beton yüzeylere uygulanabilen dübeller ile gazbeton yüzeylere uygulanabilen dübeller üzerinde deneyler yapılmıştır.

Deneylerin yapılmasında EOTA (European Organisation for Technical Approvals) tarafından yayınlanmış olan ETAG 014 (Guideline for European Technical Approval of Plastic Anchors For Fixing of External Thermal Insulation Composite Systems With Rendering) Yönetmeliğinden yararlanılmıştır.

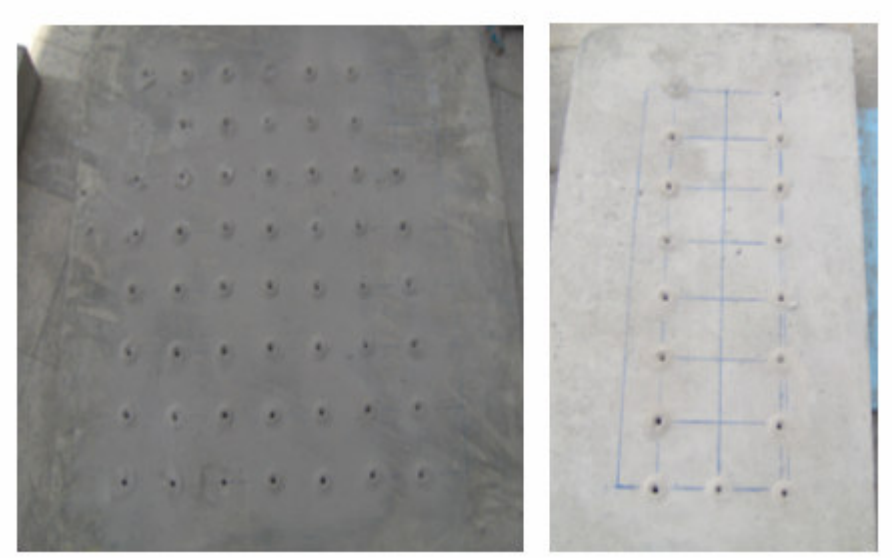
Plastik dübellerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan deneysel çalışmalar aderans kuvvetinin bulunmasını ve çivilerin kopma dayanımlarının tespit edilmesini kapsamaktadır.

5.1. DIŞ CEPHE ISI YALITIMI SIVALI KOMPOZİT SİSTEMİNDE KULLANILAN PLASTİK DÜBELLERİN ADERANS KUVVETİNİN BULUNMASI

Aderans kuvveti, plastik dübellerin dayanabileceği rüzgar emme kuvvetini göstermektedir. Rüzgar emme kuvveti, plastik dübelin aderans dayanımı geçtiği durumlarda yalıtım sistemi sürekliliğini kaybeder ve sistemde onarıma ihtayaç duyulur.

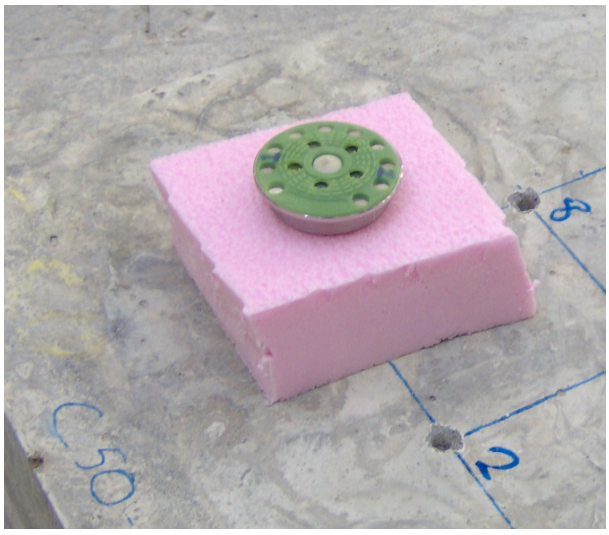
Aderans kuvvetinin bulunması amacıyla ETAG 014 de belirtildiği gibi beton yüzeylerde her bir beton sınıfı için her bir dübel cinsinden 5'er adet, gazbeton yüzeyler için de 10 adet dübel üzerinde deneyler yapılmıştır.

Aderans kuvveti belirlenirken plaklara ETAG 014 de belirtilen şekilde 10 cm ara ile 8 mm çapında delikler açılmıştır. Şekil 5.1 de beton plaklarda açılan delikler görülmektedir.



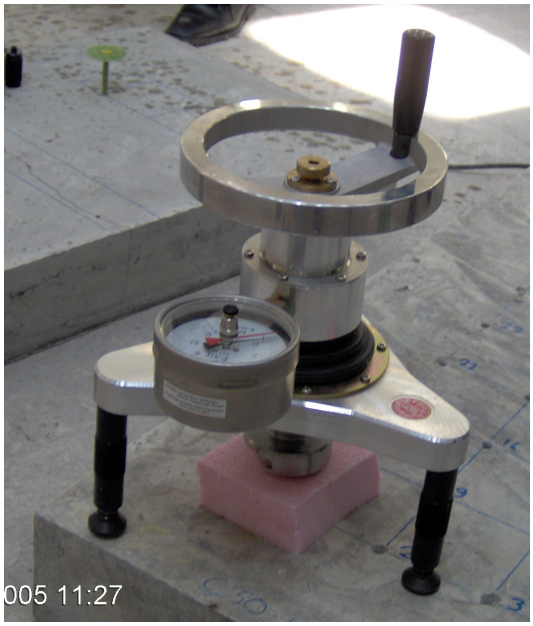
Şekil 5.1. Beton Plaklarda açılan delikler

Dübeller denenecek boylarına uygun olarak hazırlanmış yalıtım levhaları ile birlikte açılan deliklere çakılmıştır. Şekil 5.2. de dübel boyuna uygun seçilmiş yalıtım levhası ile deney için hazırlanmış plastik çivili dübel görülmektedir.



Şekil 5.2. Dübelin Deney için Hazırlanmış hali

Şekil 5.3. de görülen deney aletinin özel başlığı dübelin başlığına geçirilerek çekip çıkarma deneyi uygulanmış ve böylece aderans kuvveti belirlenmiştir.



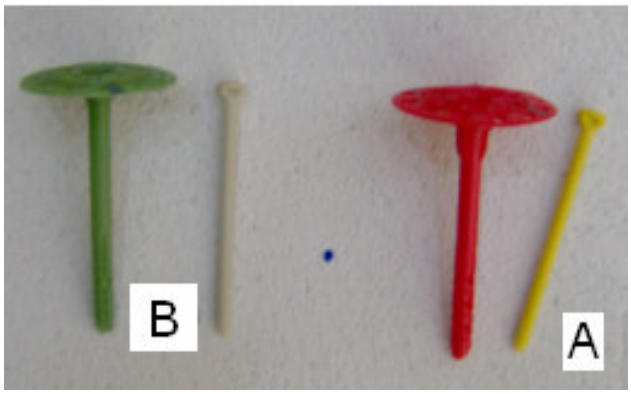
Şekil 5.3. Aderans kuvvetinin belirlenmesinde kullanılan deney aleti

Dübellerin plastik çivilerinin kopma dayanımları ise çekme deneyi uygulanarak bulunmuştur.

5.1.1. BETON YÜZEYLERDE KULLANILAN DÜBELLER ÜZERİNDE YAPILAN DENEYLER

5.1.1.1. BETON YÜZEYLERDE KULLANILAN PLASTİK DÜBELLER

Uygulanacak yalıtımın kalınlığına göre dübel boyları değişmektedir. Ayrıca yalıtım malzemesinin türüne göre plastik çivili (pç) veya çelik çivili (çç) dübeller kullanılmaktadır. Şekil 5.4., Şekil 5.5., Şekil 5.6. ve Şekil 5.7. de iki farklı firmanın üretimi olan dübeller görülmektedir. İki farklı firmanın üretimi olan dübellere A ve B kodları verilmiştir.

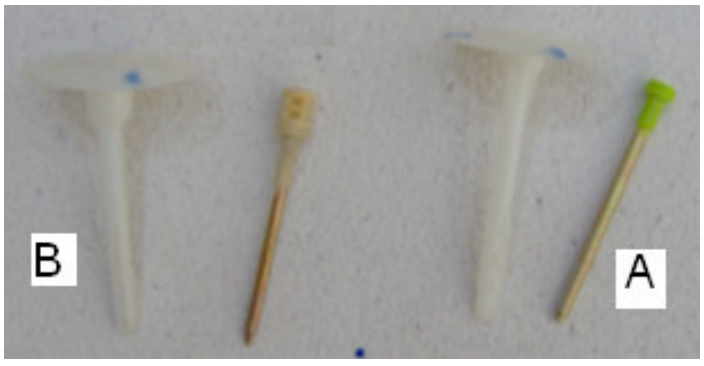


Şekil 5.4 Plastik Çivili 95 mm Uzunluğundaki Dübeller

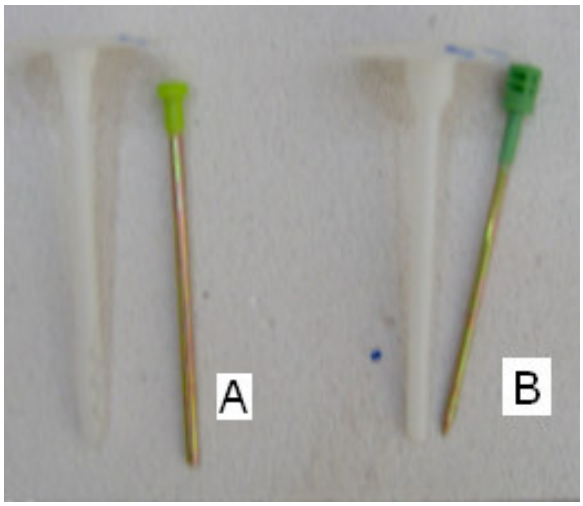


Şekil 5.5 Plastik Çivili 115 mm Uzunluğundaki Dübeller

Çelik çivili dübeller ise Şekil 5.6 ve Şekil 5.7 de görülmektedir.



Şekil 5.6. Çelik Çivili 95 mm Uzunluğundaki Dübeller



Şekil 5.7. Çelik Çivili 135 mm Uzunluğundaki Dübeller

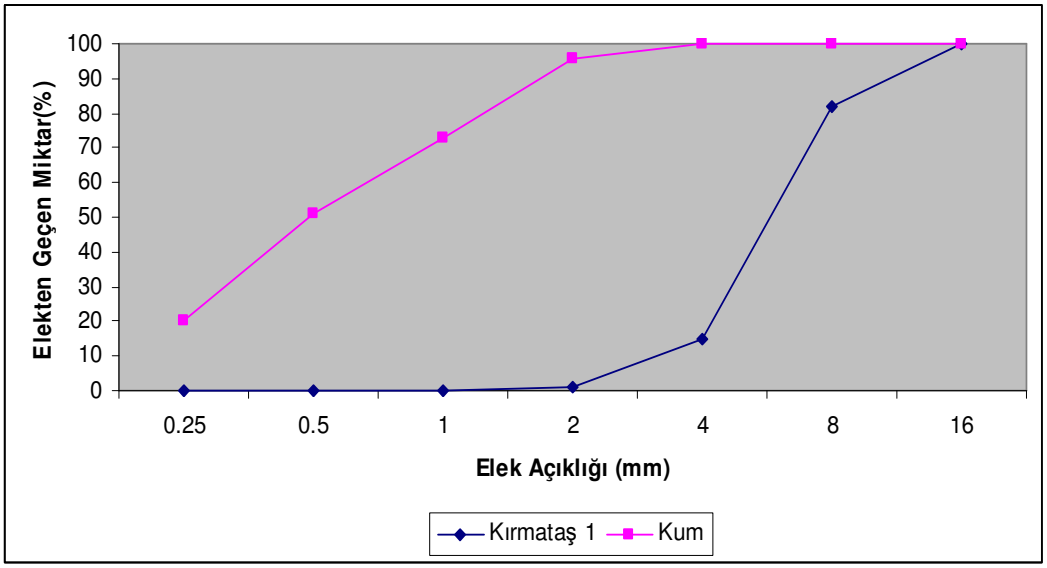
5.1.1.2. BETON YÜZEYLERİN HAZIRLANMASI

ETAG 014'de önerildiği gibi C20 ve C50 betonları üretilmiştir. Ayrıca daha düşük dayanımlı betonlarda dübellerin davranışını incelemek amacıyla C10 sınıfı beton üretilmiştir.

Beton üretiminde kullanılan agregaların tane boyutu dağılımları, özgül ağırlıkları ve birim ağırlıkları Tablo 5.1 de, agregaların granülometri eğrisi ise Şekil 5.8 de verilmektedir.

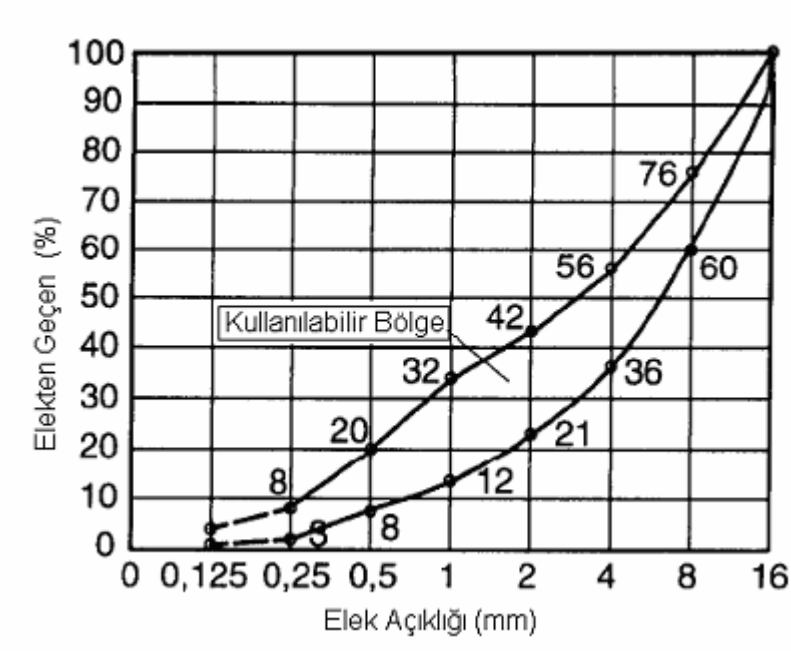
Tablo 5.1. Agregaların özelikleri

	Elekten Geçen Miktar (%)							Özgül Ağırlık (Kg/dm^3)	Birim Ağırlık (Kg/dm^3)
Elek Açıklığı (mm)	0.25	0.50	1	2	4	8	16		
Kırmataş 1	0	0	0	1	15	82	100	2.75	1.47
Kum	20	51	73	96	100	100	100	2.61	1.48

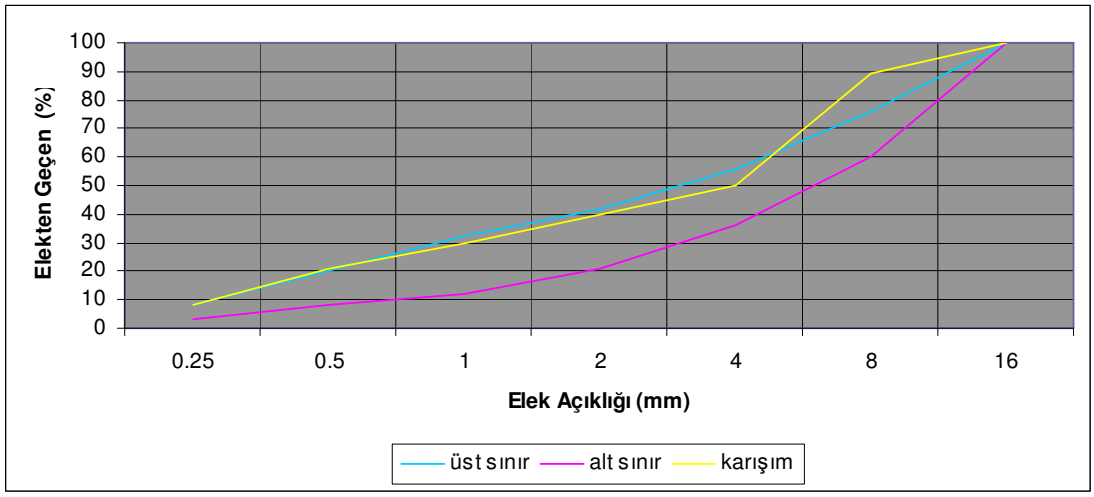


Şekil 5.8. Agregaların granülometri eğrileri

Bulunan değerler kullanılarak Şekil 5.9 da gösterilen ve ETAG 014 de verilen sınır değerlere uygun olacak şekilde Şekil 5.10 da verilen agrega karışımı kullanılmıştır.



Şekil 5.9. ETAG 014 de verilen agrega karışımı sınır eğrileri



Şekil 5.10. Beton üretiminde kullanılan agrega karışımının granülometri eğrisi

Şekil 5.10. da görülen agrega karışım eğrisi %59 kırmataş 1ve %41 kum kullanılarak elde edilmiştir.

Beton üretiminde kullanılan çimento PÇ 42.5 cinsi çimento olup mineral katkı içermemektedir. C20 sınıfı betonun üretiminde orta akışkanlaştırıcı ve C50 sınıfı betonun üretiminde ise hiper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmıştır. Tablo 5.2 de beton bileşimleri ve taze beton özelikleri görülmektedir.

Tablo 5.2 : Beton bileşimi ve taze beton özelikleri

Beton Sınıfı	C10	C20	C50
Çimento (Kg)	210	285	440
Su (Lt)	240	200	170
Kum (Kg)	904	863	829
Kırmataş 1 (Kg)	915	985	947
Katkı (Kg)	-	1.995	7.48
Su/Çimento	1.14	0.70	0.39
Katkı/Çimento	-	0.007	0.017
Birim Ağırlık (Kg/m^3)	2240	2270	2350

Her bir beton sınıfından plastik dübellerin denenmesi amacıyla 100x100x12 cm ve 100x55x12 cm boyutlarında ikişer adet plak ve beton sınıfının belirlenmesi içinde 15x15x15 cm boyutunda altışar adet küp üretilmiştir.

Plastik dübel-beton aderans deneyleri beton yaşının aderanstaki önemini belirlemek amacıyla iki seri halinde yapılmıştır. Deneylerin yapıldığı gün beton basınç dayanımları elde edilmiştir. Tablo 5.3. de beton basınç dayanımları verilmektedir.

Tablo 5.3. Beton Basınç Dayanımları

		Beton Yaşı (gün)	Beton Basınç Dayanımı (N/mm^2)
C10	1.Seri Deney	21	13.8
	2.Seri Deney	141	14.6
C20		67	41.0
C50	1.Seri Deney	28	66.9
	2.Seri Deney	148	71.8

5.1.1.3. PLASTİK DÜBEL-BETON ADERANS KUVVETİNİN BULUNMASI

Her üç beton sınıfında hazırlanan yüzeylerde değişik boy ve türde plastik dübeller üzerinde deneyler yapılmıştır. Beton sınıflarına göre kullanılan dübeller Tablo 5.4. de görülmektedir.

Tablo 5.4. Beton yüzeylerde yapılan deneylerde kullanılan dübeller

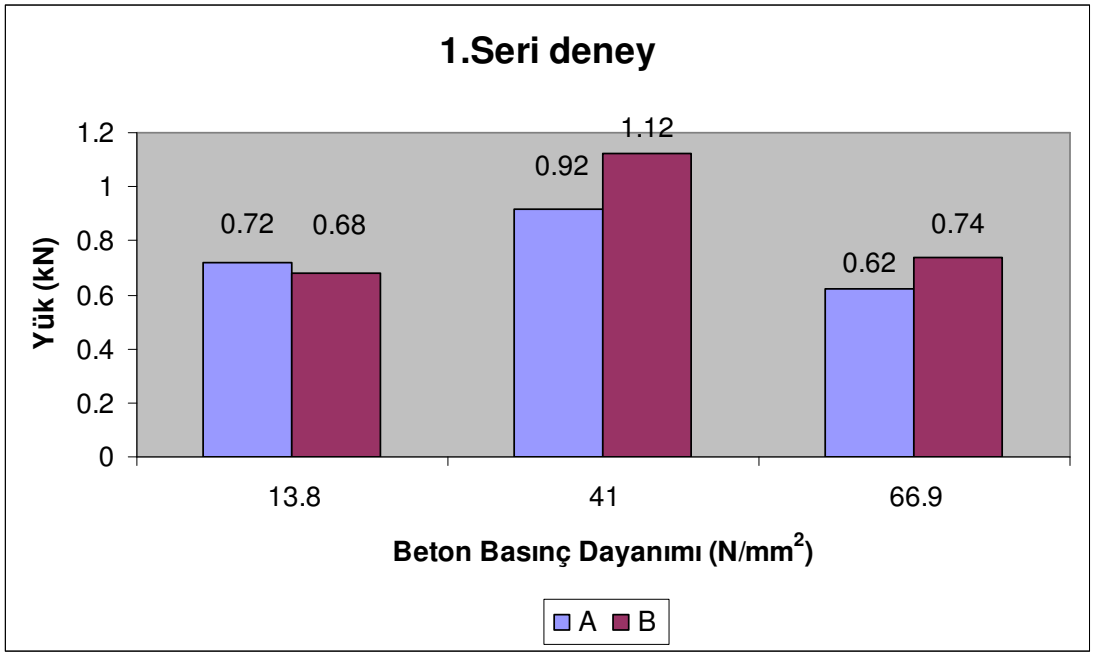
	C10	C20	C50
p.ç. 95	X	X	X
p.ç. 115	X	X	X
p.ç. 135			X
ç.ç. 95	X		
ç.ç.115		X	
ç.ç.135		X	X

95 mm uzunluğundaki plastik dübellerin deney sonuçları Tablo 5.5., Şekil 5.11. ve Şekil 5.12. de görülmektedir.

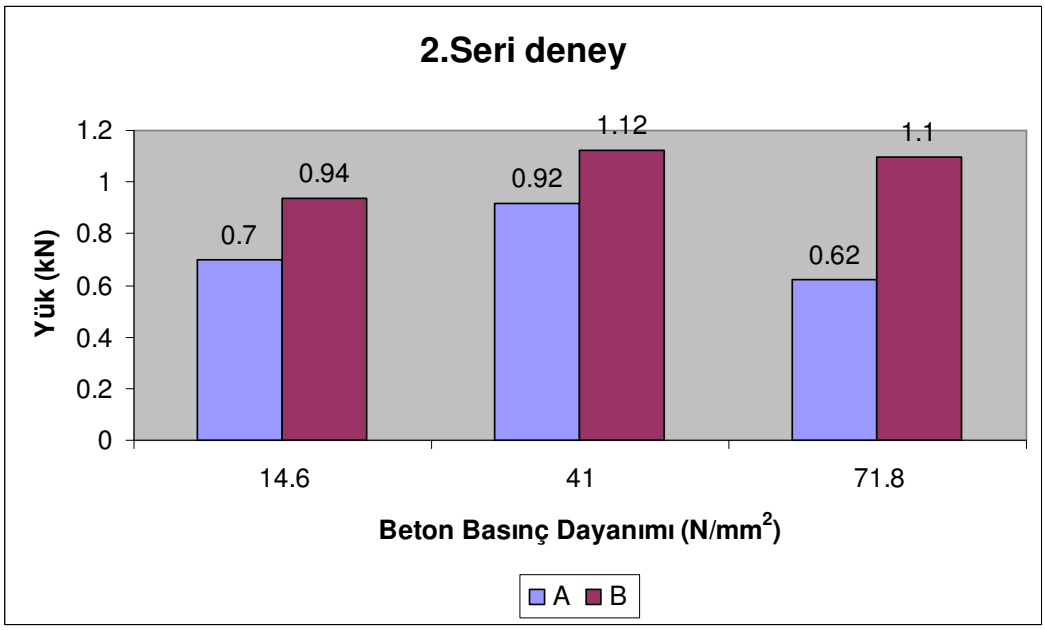
Tablo 5.5. Plastik Çivili 95 mm Uzunluğundaki Dübellerin Aderans Kuvvetleri

Beton Sınıfı		C10		C20		C50	
Seri	Dübel	Aderans	Ortalama	Aderans	Ortalama	Aderans	Ortalama
1	A	0.60	0.72	0.80	0.92	0.50	0.62
		0.60		0.90		0.50	
		0.80		0.90		0.70	
		0.80		1.00		0.70	
		0.80		1.00		0.70	
	B	0.60	0.68	1.00	1.12	0.60	0.74
		0.60		1.00		0.60	
		0.60		1.20		0.80	
		0.80		1.20		0.80	
		0.80		1.20		0.90	
2	A	0.60	0.70	-		0.60	0.60
		0.60		-		*	
		0.90		-		*	
		*		-		*	
		*		-		*	
	B	0.80	0.94	-		1.00	1.10
		0.90		-		1.00	
		1.00		-		1.10	
		1.00		-		1.20	
		1.00		-		1.20	

* : Çiviler çakılamadığı için deney gerçekleştirilememiştir.



Şekil 5.11. 1.Seri deney sonunda plastik çivili 95 mm uzunluğundaki dübellerin ortalama aderans kuvvetleri

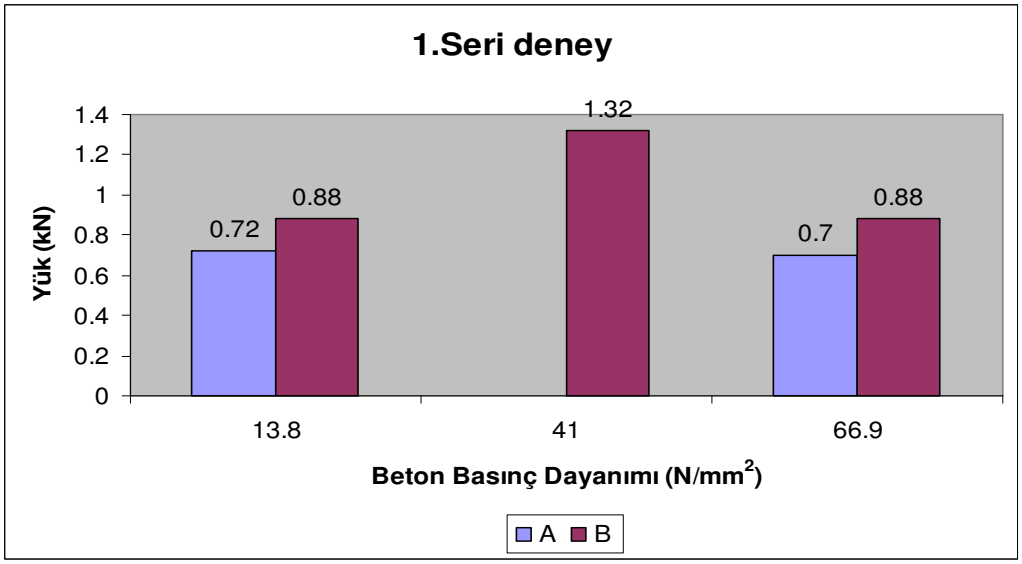


Şekil 5.12 2.Seri deney sonunda plastik çivili 95 mm uzunluğundaki dübellerin ortalama aderans kuvvetleri

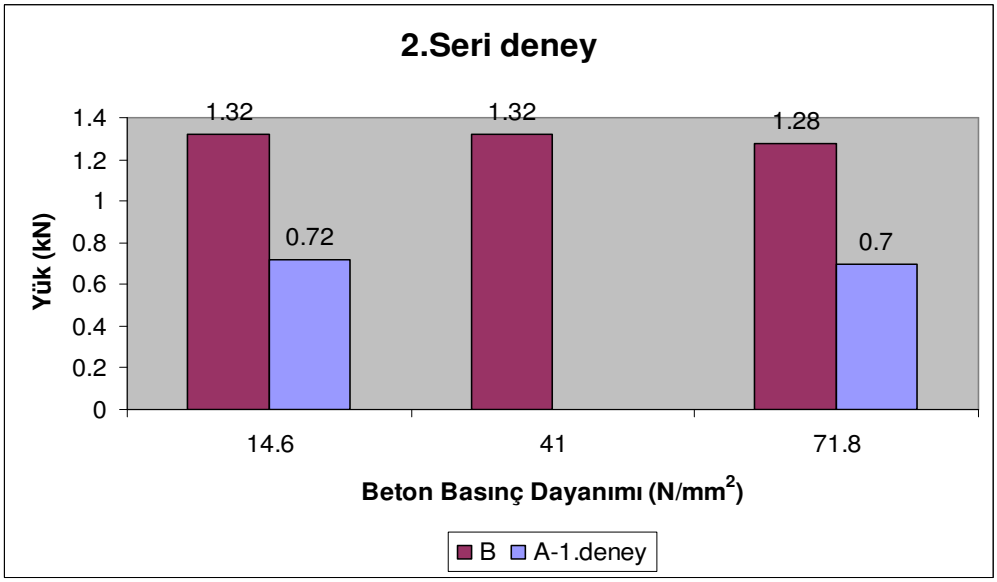
115 mm uzunluğundaki plastik çivili dübeller ile yapılan deneylerin sonucu Tablo 5.6, Şekil 5.13 ve Şekil 5.14 de verilmektedir.

Tablo 5.6. Plastik Çivili 115 mm Uzunluğundaki Dübellerin Aderans Kuvvetleri

Beton Sınıfı	Seri No	Dübel Kodu	Aderans Kuvveti (kN)	Ortalama (kN)
C10	1	A	0.60	0.72
			0.60	
			0.80	
			0.80	
			0.80	
		B	0.80	0.88
			0.80	
			0.80	
			1.00	
			1.00	
	2	B	1.20	1.32
			1.20	
			1.30	
			1.40	
			1.50	
C20		B	1.20	1.32
			1.20	
			1.40	
			1.40	
			1.40	
C50	1	A	0.60	0.72
			0.70	
			0.70	
			0.70	
			0.80	
		B	0.80	0.88
			0.80	
			0.80	
			1.00	
			1.00	
	2	B	1.20	1.28
			1.20	
			1.20	
			1.40	
			1.40	



Şekil 5.13 1.Seri Deney Sonunda Plastik Çivili 115 mm Uzunluğundaki Dübellerin Ortalama Aderans Kuvvetleri

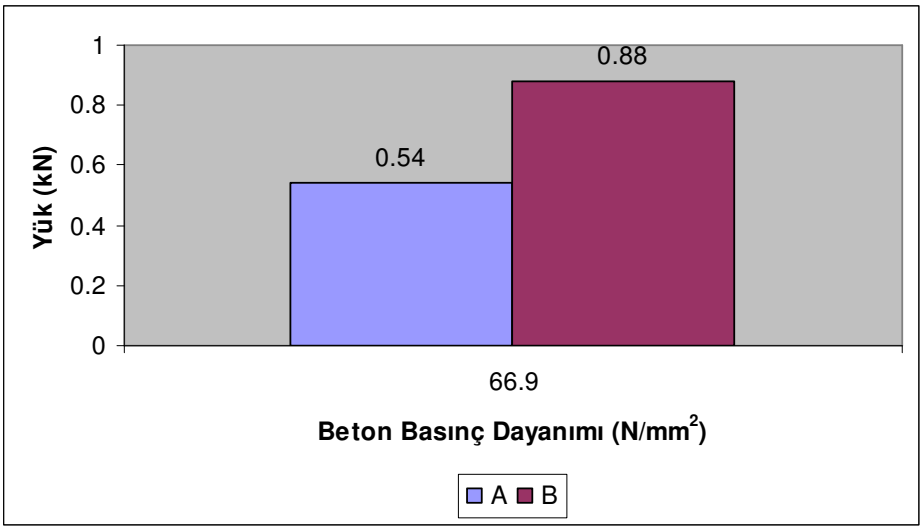


Şekil 5.14 2.Seri Deney Sonunda Plastik Çivili 115 mm Uzunluğundaki Dübellerin Ortalama Aderans Kuvvetleri

Plastik çivili ve 135 mm uzunluğundaki dübeller sadece C50 sınıfı betonda denenmiştir. Deney sonuçları Tablo 5.7 de ve Şekil 5.15 de görülmektedir.

Tablo 5.7. Plastik çivili 135 mm uzunlğundaki dübellerin aderans kuvvetleri

Dübel Kodu	Aderans Kuvveti (kN)	Ortalama (kN)
A	0.50	0.54
	0.50	
	0.50	
	0.60	
	0.60	
B	0.80	0.88
	0.80	
	0.90	
	0.90	
	1.00	

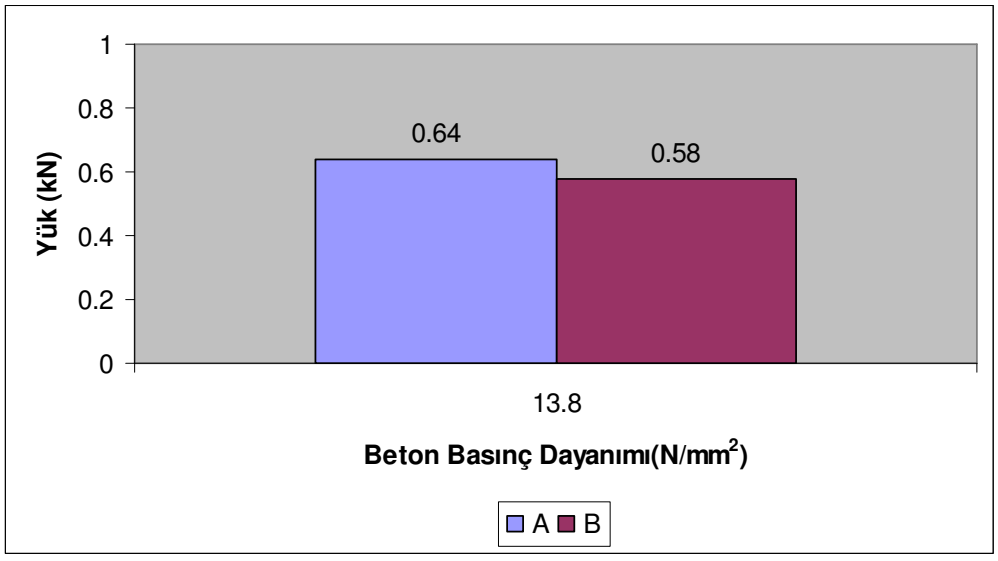


Şekil 5.15. Plastik Çivili 135 mm Uzunluğundaki Dübellerin Ortalama Aderans Kuvvetleri

Çelik çivili dübellerden 95 mm olanlar sadece C10 beton sınıfında denenmiştir, bu deneyin sonuçları Tablo 5.8. de ve Şekil 5.16 da görülmektedir.

Tablo 5.8. Çelik Çivili 95 mm Uzunluğundaki Dübellerin Aderans Kuvvetleri

Dübel Kodu	Aderans Kuvveti (kN)	Ortalama (kN)
A	0.60	0.64
	0.60	
	0.60	
	0.70	
	0.70	
B	0.40	0.58
	0.60	
	0.60	
	0.60	
	0.70	

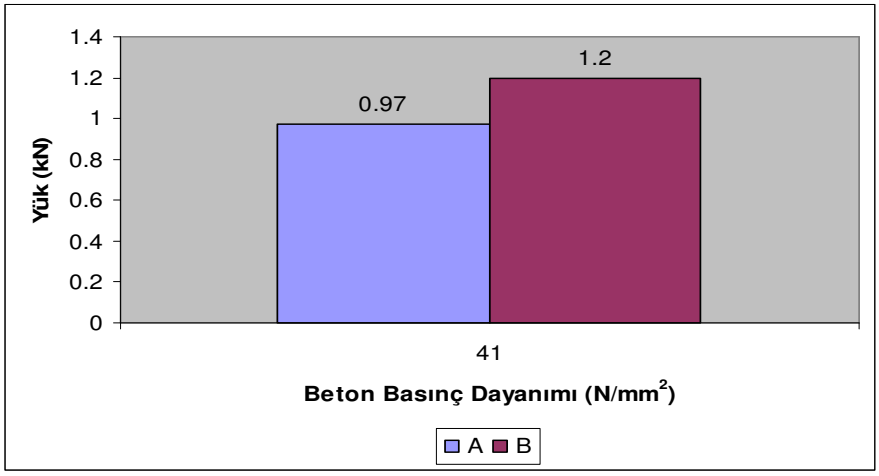


Şekil 5.16 Çelik Çivili 95 mm Uzunluğundaki Dübellerin Ortalama Aderans Kuvvetleri

Çelik çivili 115 mm uzunluğundaki dübeller ise sadece C20 sınıfı beton yüzeyde 3 adet olarak test edilmiştir, Tablo 5.9. de ve Şekil 5.17 de verilen sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 5.9. Çelik Çivili 115 mm Uzunluğundaki Dübellerin Aderans Kuvvetleri

Dübel Kodu	Aderans Kuvveti (kN)	Ortalama (kN)
A	0.90	0.97
	0.90	
	1.10	
B	1.20	1.20
	1.20	
	1.20	

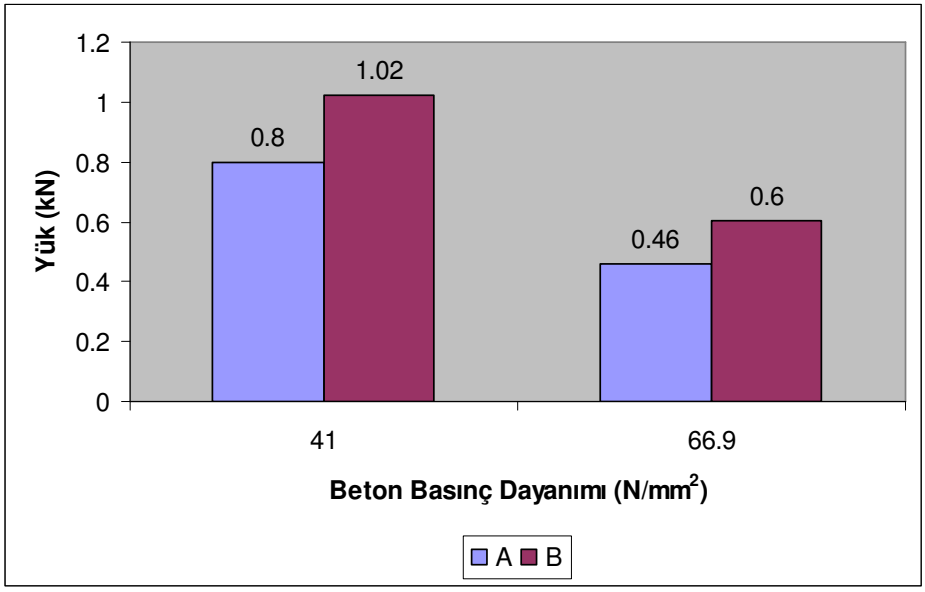


Şekil 5.17 Çelik Çivili 115 mm Uzunluğundaki Dübellerin Ortalama Aderans Kuvvetleri

Çelik çivili 135 mm boyutundaki dübellerle yapılan deneylerin sonuçları Tablo 5.10. ve Şekil 5.18 de görülmektedir.

Tablo 5.10. Çelik Çivili 135 mm Uzunluğundaki Dübellerin Aderans Kuvvetleri

Beton Sınıfı	Dübel Kodu	Aderans Kuvveti (kN)	Ortalama (kN)
C20	A	0.70	0.80
		0.80	
		0.80	
		0.80	
		0.90	
	B	0.80	1.02
		0.90	
		1.00	
		1.10	
		1.30	
C50	A	0.40	0.46
		0.40	
		0.40	
		0.50	
		0.60	
	B	0.50	0.60
		0.60	
		0.60	
		0.60	
		0.70	

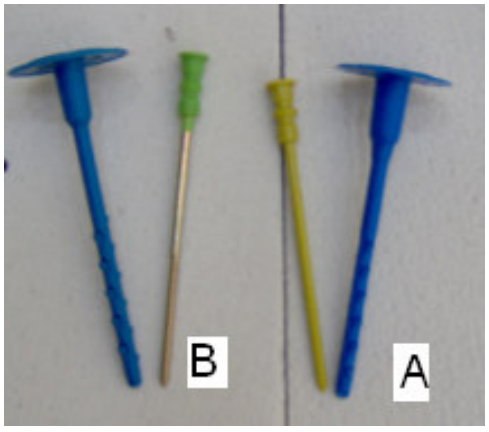


Şekil 5.18 Çelik Çivili 135 mm Uzunluğundaki Dübellerin Ortalama Aderans Kuvvetleri

5.1.2. GAZBETON YÜZEYLERDE KULLANILAN DÜBELLER ÜZERİNDE YAPILAN DENEYLER

5.1.2.1. GAZBETON YÜZEYLERDE KULLANILAN PLASTİK DÜBELLER

Şekil 5.19 da A ve B kodlu gaz beton dübelleri görülmektedir.



Şekil 5.19 Gaz beton dübelleri

5.1.2.1. DENEYLERDE KULLANILAN GAZBETONUN ÖZELİKLERİ

Deneysel çalışmada 60x25x30 cm boyutunda G2 sınıfı gazbeton bloklar kullanılmıştır. Tablo 5.11 de gaz beton sınıflarının özelikleri verilmektedir.

Tablo 5.11. Gazbetonun Özelllikleri

Malzeme Dayanım Sınıfı			G 2	G 3	G 4		Birim
Ortalama Basınç Dayanımı			25	35	50		Kgf/cm^2
En Yüksek Kuru Birim Hacim Ağırlığı			400	500	600	700	Kg/m^3
Elastisite Modülü			12500	17500	22500	27500	Kgf/cm^2
Isı İletkenliği	Malzeme	λd^*	0.11	0.14	0.16	0.18	W/mK
		λh^{**}	0.14	0.16	0.19	0.21	
	Tutkallı Duvar	λh^{**}	0.15	0.17	0.20	0.23	
Statik Hesap Zati Ağırlığı	Tutkallı Duvar		500	600	700	800	Kg/m^3
Su Buharı Difüzyon Direnç faktörü (μ)			5-10				

λd^* : malzemenin laboratuvar şartları altında ölçülen gerçek ısı iletkenliği

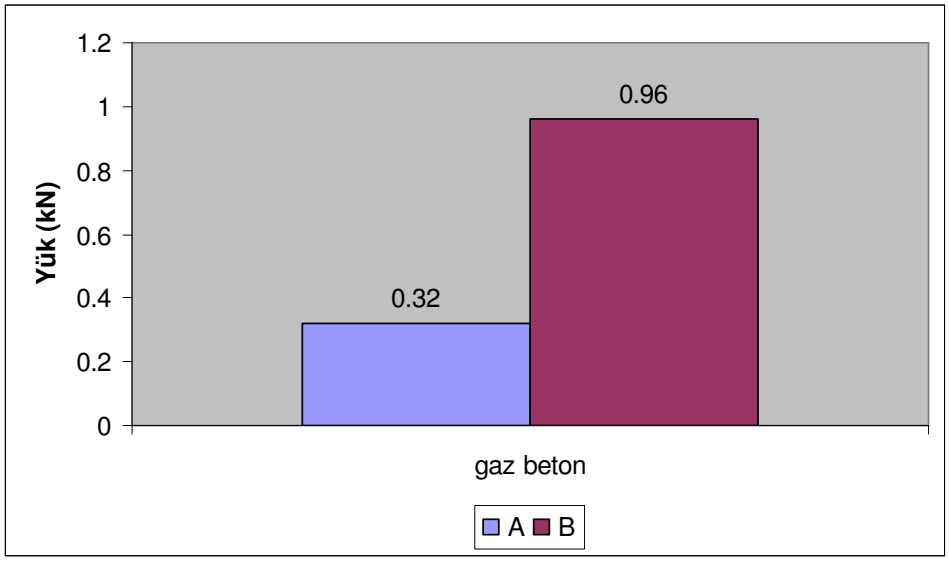
λh^{**} : TS 825 ve DIN 4108'e göre ısı iletkenlik hesap değeri

5.1.2.2. PLASTİK DÜBEL-GAZBETON ADERANS KUVVETİNİN BULUNMASI

Gazbeton yüzeylerde yapılan deneylerin sonuçları ise Tablo 5.12. ve Şekil 5.20 de görülmektedir.

Tablo 5.12. Gazbeton Dübellerinin Aderans Kuvveti

Dübel Kodu	Aderans Kuvveti (kN)	Ortalama(kN)
A	0.20	0.32
	0.20	
	0.30	
	0.30	
	0.30	
	0.30	
	0.40	
	0.40	
	0.40	
	0.40	
B	0.80	0.96
	0.80	
	0.90	
	1.00	
	1.00	
	1.00	
	1.00	
	1.00	
	1.00	
	1.10	



Şekil 5.20 Gazbeton Dübelleri Ortalama Aderans Kuvveti

5.2. PLASTİK ÇİVİLERİN KOPMA DAYANIMLARININ SAPTANMASI

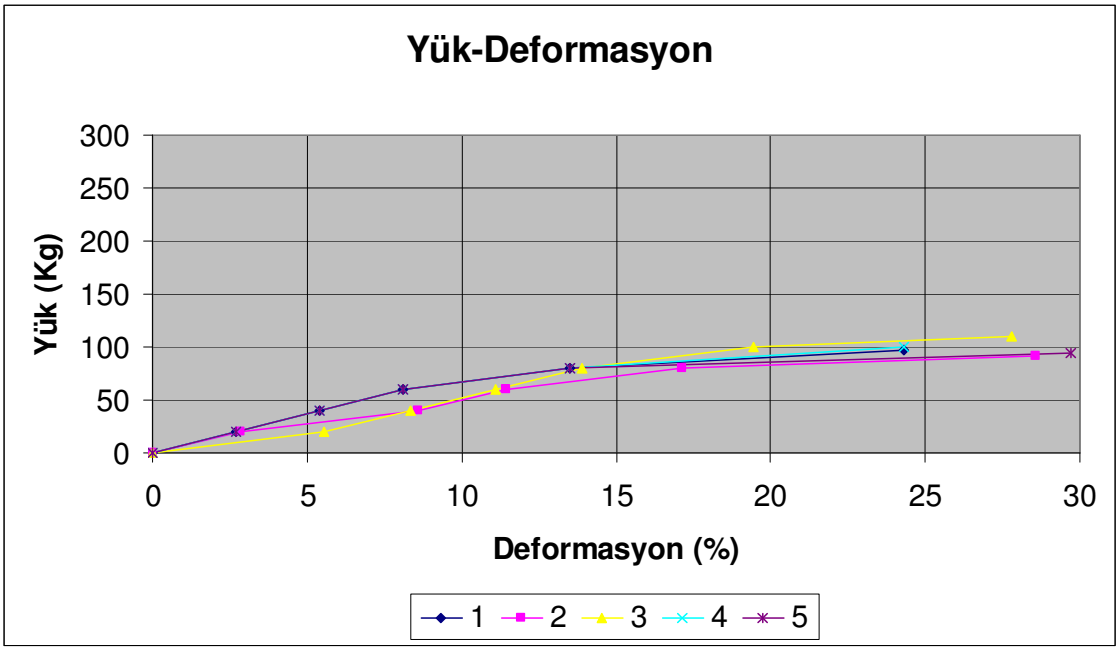
Plastik çivilerin kopma dayanımlarının belirlenmesi amacıyla çekme deneyi uygulanmıştır.

Kırmızı gövdeli 95 mm, beyaz gövdeli 95 ve 115 mm (A) dübelleri ile 95 ve 115 mm (B) dübelleri üzerinde deney yapılmıştır.

A-beyaz gövdeli 95 mm uzunluğundaki dübellerinin çivileri ile yapılan deneylerin sonuçları Tablo 5.13 ve Şekil 5.21 de görülmektedir.

Tablo 5.13. A-Beyaz Gövdeli 95 mm Uzunluğundaki Dübellerin Çivilerinin Deney Sonuçları

Numune No	Boy (mm)	Çap (mm)	Kırılma Yükü (Kg)	Çekme Dayanımı (N/mm^2)	Boy Değişimi (%)
1	89.00	5.05	97.0	48.4	24.3
2	89.30	5.10	92.0	45.0	28.6
3	89.00	5.05	110.0	54.9	27.8
4	89.15	5.05	100.0	49.9	24.3
5	89.15	5.05	95.0	47.4	29.7
Ortalama	89.12	5.06	98.8	49.2	26.9

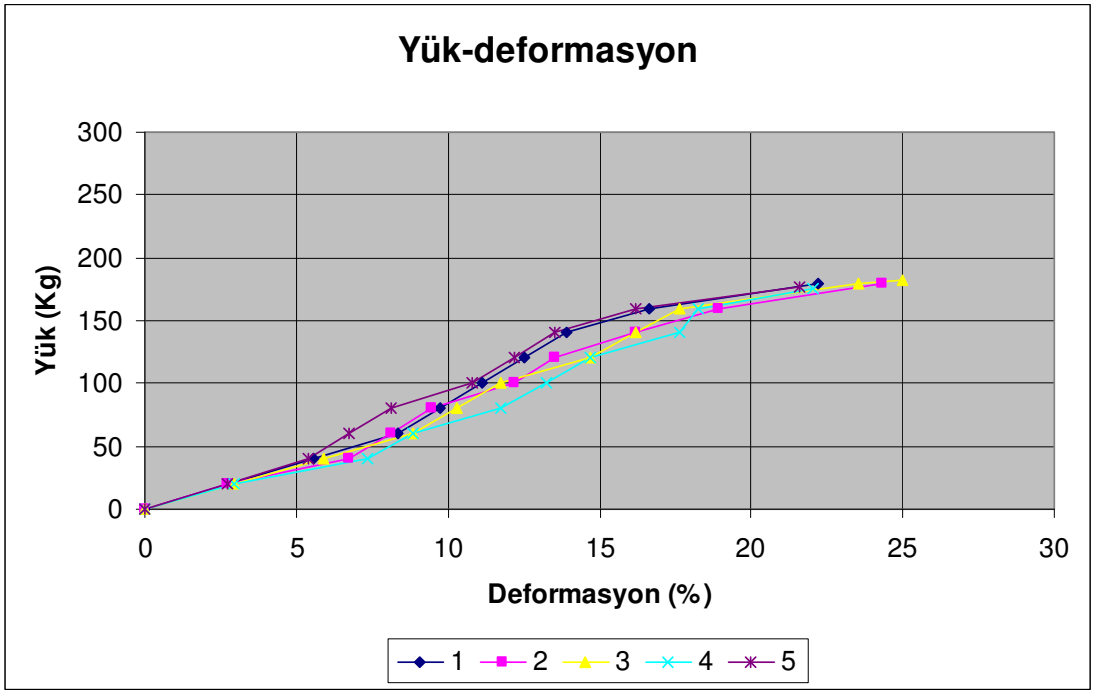


Şekil 5.21 A-Beyaz Gövdeli 95 mm Uzunluğundaki Dübellerin Plastik Çivilerinin Yük-Deformasyon Eğrileri

A-kırmızı gövdeli 95 mm uzunluğundaki dübellerinin çivileri ile yapılan deneylerin sonuçları Tablo 5.14 de ve Şekil 5.22 de verilmektedir.

Tablo 5.14. A-Kırmızı Gövdeli 95 mm Uzunluğundaki Dübellerin Çivilerinin Deney Sonuçları

Numune No	Boy (mm)	Çap (mm)	Kırılma Yükü (Kg)	Çekme Dayanımı (N/mm^2)	Boy Değişimi (%)
1	89.20	5.15	180	86.4	22.2
2	89.80	5.15	179	85.9	24.3
3	89.00	5.00	182	92.7	25.0
4	89.30	5.00	176	89.6	22.0
5	89.80	5.20	177	83.3	21.6
Ortalama	89.42	5.10	178.8	87.6	23.0

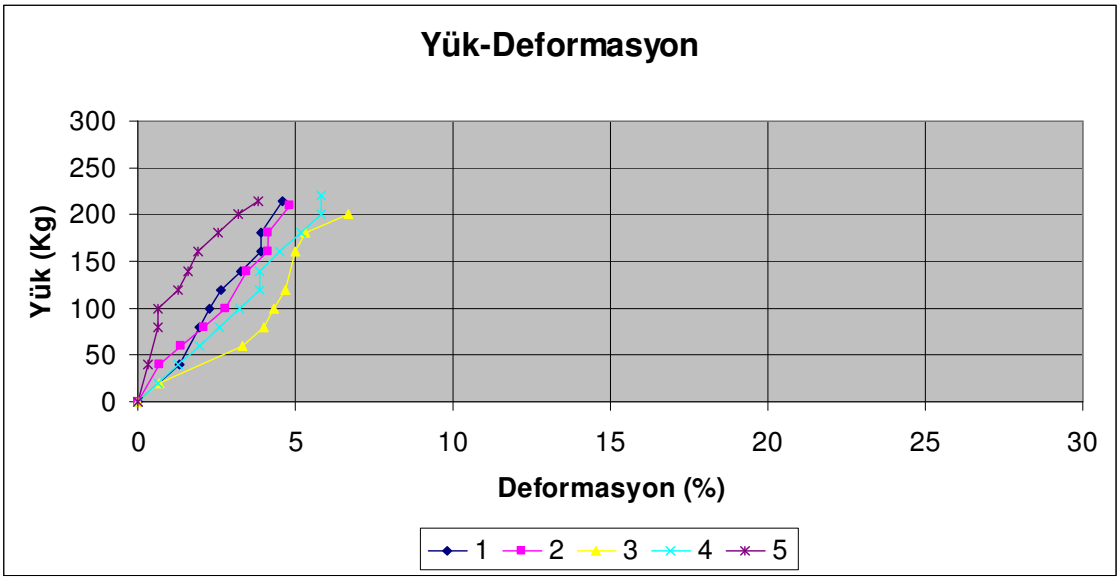


Şekil 5.22 A-Kırmızı Gövdeli 95 mm Uzunluktaki Dübellerin Plastik Çivilerinin Yük-Deformasyon Eğrileri

B-95 mm uzunluğundaki dübellerinin çivileri ile yapılan deneylerin sonucu Tablo 5.15. ve Şekil 5.23 de verilmektedir.

Tablo 5.15. B-95 mm Uzunluğundaki Dübellerin Çivilerinin Deney Sonuçları

Numune No	Boy (mm)	Çap (mm)	Kırılma Yükü (Kg)	Çekme Dayanımı (N/mm^2)	Boy Değişimi (%)
1	89.80	5.25	160	73.9	4.60
2	89.90	5.20	180	84.7	4.80
3	89.40	5.15	200	96.0	6.70
4	89.60	5.25	200	92.4	5.80
5	89.65	5.20	215	101.2	3.80
Ortalama	89.67	5.21	191	89.7	5.14

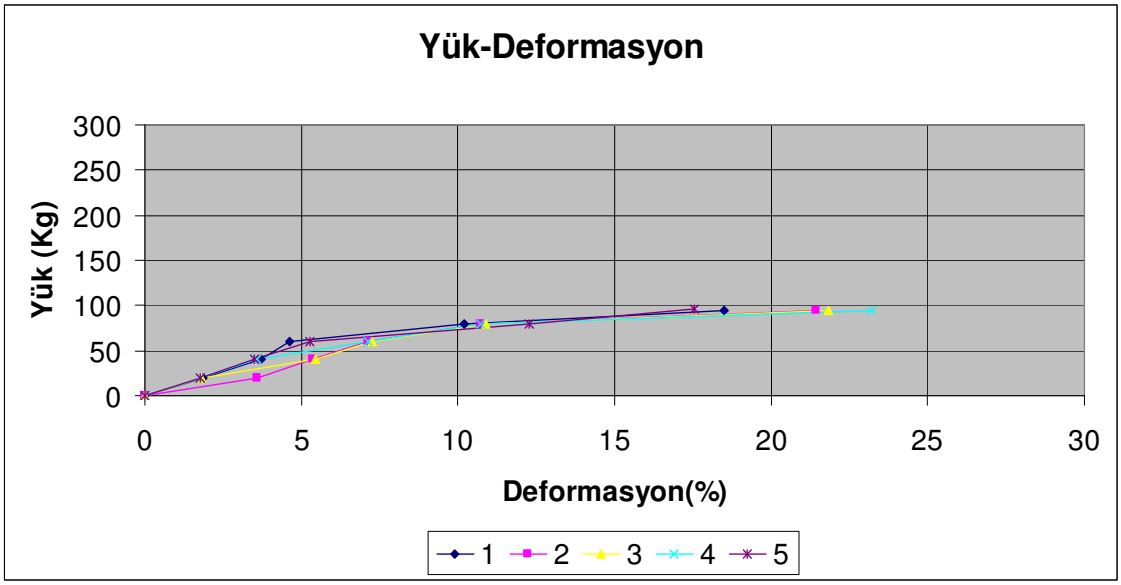


Şekil 5.23 B-95 mm Uzunluktaki Dübellerin Plastik Çivilerinin Yük-Deformasyon Eğrileri

A-115 mm uzunluğundaki dübelleri ile yapılan deneylerim sonucu Tablo 5.16 ve Şekil 5.24 de verilmektedir.

Tablo 5.16. A-115 mm Uzunluğundaki Dübellerin Çivilerinin Deney Sonuçları

Numune No	Boy (mm)	Çap (mm)	Kırılma Yükü (Kg)	Çekme Dayanımı (N/mm^2)	Boy Değişimi (%)
1	107.70	5.10	95	46.5	18.50
2	108.30	5.05	95	47.4	21.40
3	108.20	5.00	95	48.4	21.80
4	107.50	5.05	94	46.9	23.20
5	107.90	5.05	96	47.9	17.50
Ortalama	107.92	5.05	95	47.4	20. 48

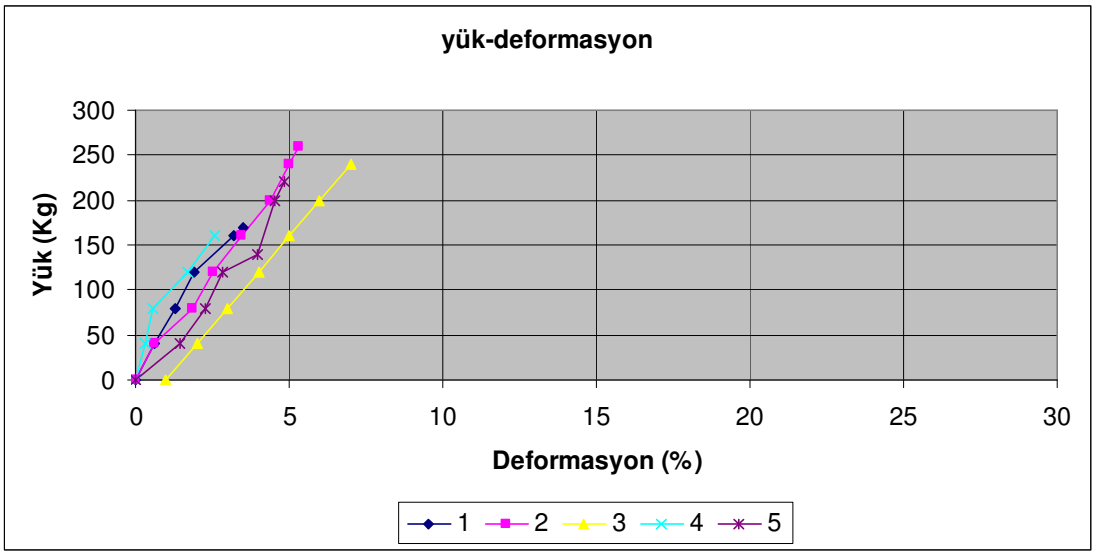


Şekil 5.24 A-115 mm Uzunluktaki Dübellerin Plastik Çivilerinin Yük-Deformasyon Eğrileri

B-115 mm uzunluğundaki dübelleri ile yapılan deneylerin sonucu Tablo 5.17. ve Şekil 5.25 de görülmektedir.

Tablo 5.17. B-115 mm Uzunluğundaki Dübellerin Çivilerinin Deney Sonuçları

Numune No	Boy (mm)	Çap (mm)	Kırılma Yükü (Kg)	Çekme Dayanımı (N/mm^2)	Boy Değişimi (%)
1	109.20	5.15	170	81.6	3.52
2	109.75	5.15	260	124.8	5.31
3	109.40	5.10	240	117.5	3.98
4	109.90	5.15	160	76.8	2.59
5	109.20	5.15	220	105.6	4.83
Ortalama	109.49	5.14	210	101.3	4.05



Şekil 5.25 B-115 mm Uzunluktaki Dübellerin Plastik Çivilerinin Yük-Deformasyon Eğrileri

6. DENEY SONUÇLARININ İRDELENME ve DEĞERLENDİRİLMESİ

Dış yalıtım sisteminde kullanılan dübellerin üretildiği malzemenin mekanik özelikleri, dübelin tırnak detayı ve uygulanacak yüzeyin özelikleri aderans dayanımını etkilemektedir.

Aynı koşullardaki laboratuvar ortamında yapılan deneylerden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi aşağıda verilmektedir.

Tablo 6.1. in incelenmesinden görüldüğü gibi beton yaşı arttıkça beton içindeki boşlukların çimento hamuru jeli ile dolması ve daha boşluksuz bir yapı elde edilmesi sonucu dübel ile daha iyi bir aderans sağlanmaktadır. Bu nedenle 2.seri deneylerde betonun erken yaşında yapılan 1.seri deneylere göre daha yüksek aderans kuvvetleri elde edilmiştir. Beton sınıfının artması aderans kuvvetinde artışa neden olmaktadır. Ancak C50 sınıfı betonlarda deneylerde kullanılan dübeller yeterince açılma imkanı bulamadıklarından çok iyi bir aderans elde edilememiş, bu nedenle aderans kuvvetleri C20 betonlarına göre daha düşük çıkmıştır.

Tablo 6.1. Ortalama Aderans Kuvvetleri (kN)

		C10		C20		C50		Gaz beton	
		A	B	A	B	A	B	A	B
p.ç.95	1.Seri	0.72	0.68	0.92	1.12	0.62	0.74		
	2.Seri	0.70	0.94			0.60	1.10		
p.ç.115	1.Seri	0.72	0.88		1.32	0.70	0.88		
	2.Seri		1.32				1.28		
p.ç.135						0.54	0.88		
ç.ç.95		0.64	0.58						
ç.ç.115				0.97	1.20				
ç.ç.135				0.80	1.02	0.46	0.60		
Gaz beton dübeli								0.32	0.96

Yapılan deneyler sonrasında dübellerin durumu aşağıdaki şekillerde görülmektedir.

Deneyler boyunca çok sık karşılaşılmasa da Şekil 6.1. de görüldüğü gibi çelik çivili dübelinin başlık kısmındaki plastik koruyucu kopmuştur. Bunun sonucunda;

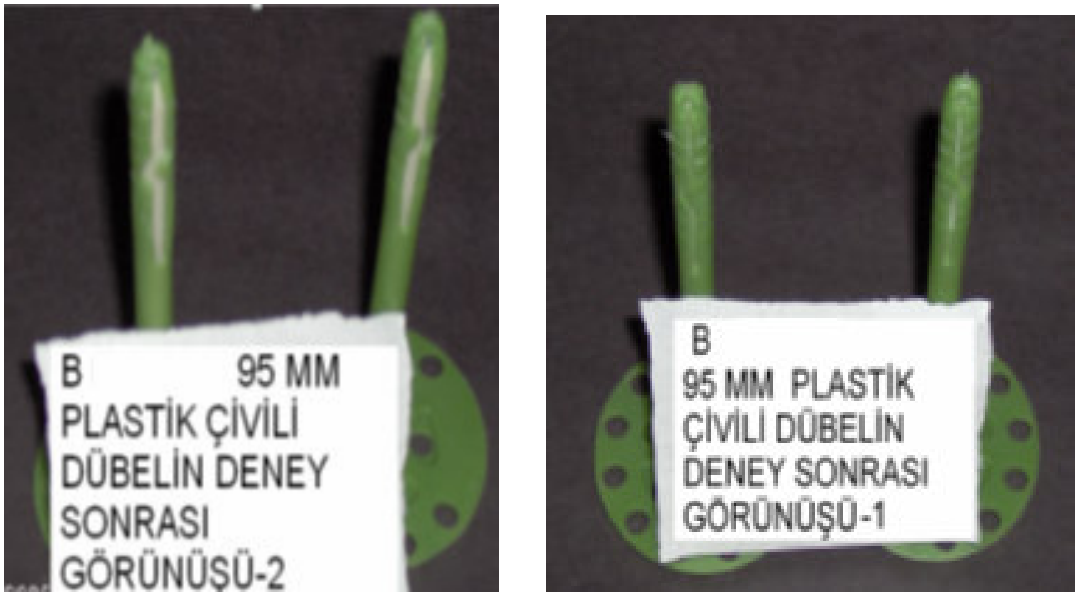
i) çelik çivinin korozyona uğraması durumunda öngörülen aderans kuvvetinde düşme olacak ve yalıtım sistemindeki diğer dübellerde de benzer problem yaşanması durumunda yalıtım sistemi öngörülen ömrünü erken bitirecektir.

ii) ısı iletkenlik katsayısı farklı olan çeliğin ısı geçişine izin vermesi sonucu ısı köprüleri meydana gelecektir.



Şekil 6.1. A Kodlu Çelik Çivili Dübelde Plastik Korumanın Kopması

Şekil 6.2. de B-dübellerinin deney sonrasını görünüşü verilmetedir. Deneyler boyunca sıkça karşılaşılan bir durum, dübel tırnakları sadece bir tarafta açılmaktadır. Diğer taraf ise ilk haliyle kalmaktadır. Plastik dübellerin, tırnak uçlarındaki bu açılma sonucu işlevini gerçekleştirdiği düşünülürse, bu farklı açılmadan dolayı yük aktarımının eksenel olmamaktadır.



Şekil 6.2. B Kodlu Plastik Çivili Dübeller

Şekil 6.3. de ise A dübellerinde karşılaşılan çivinin tırnakların arasından çıkmasıdır. Bu durum, çivilerin çakılma sırasında eksenel ilerleyememesi sonucunda ortaya çıkmaktadır.



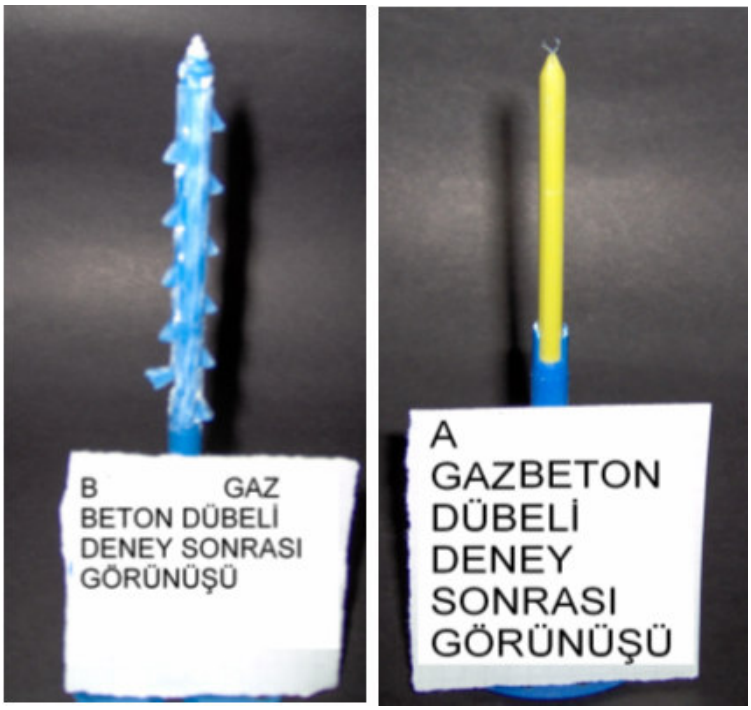
Şekil 6.3. A-115 mm uzunluğundaki plastik çivili dübeli

Şekil 6.4. de ise yine A-dübellerinde sıkca karşılaşılan bir problem görülmektedir. Dübellerin tırnak kısımının tasarımındaki hata ve malzemenin yeterli dayanıma sahip olmaması nedeniyle bu bölgede kopmalar görülmektedir.



Şekil 6.4. A-135 mm uzunluğundaki plastik çivili dübeli

Şekil 6.5. de ise gazbeton dübellerinin deney sonrası durumu görülmektedir. A kodlu gazbeton dübeli plastik çivili olup deneyler sonrasında gövdenin tırnak kısmı çoğunlukla kopmuş, bu durumun gerçekleşmediği numunelerde ise tırnaklar kopmuştur. Vidalı gazbeton dübeli olan B kodlu numunelerde ise vidalar genellikle gövdenin uç kısmından dışarıya çıkmıştır ve nadiren de olsa dübel gövdesinde burulmalar gözlenmiştir.



Şekil 6.5. Gazbeton dübelleri

Yalıtım sisteminde kullanılan dübellerin çivilerinin mekanik özelikleri de aderans kuvvetinde önemli rol oynamaktadır. Çivilerinin çekme dayanımı düşük, şekil değiştirmesi yüksek olan A kodlu dübellerin düşük dayanımlı betonlarda aderansının nispeten iyi olmasına karşın yüksek dayanımlı betonlarda çivilerin dübelin açılmasında yetersiz kalması nedeniyle aderans kuvvetleri düşük elde edilmiştir.

Tablo 6.2 de çivilerin çekme dayanımlarının ortalamaları görülmektedir.

Tablo 6.2. Çivilerin Ortalama Çekme Dayanımları

	Boy (mm)	Çap (mm)	Kırılma Yükü (Kg)	Çekme Dayanımı (N/mm^2)	Boy Değişimi (%)
A 95 mm-Kırmızı	89.42	5.10	178.8	87.603	23.02
A 95 mm-Beyaz	89.12	5.06	98.8	49.148	26.94
A 115 mm	107.92	5.05	95.0	47.435	20.48
B 95 mm	89.67	5.21	191.0	89.661	5.14
B 115 mm	109.49	5.14	210.0	101.267	4.05

7. GENEL SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında dış cephe ısı yalıtım sıvalı kompozit sistemlerinde kullanılan mekanik bağlantı elemanı olan plastik dübeller üzerinde yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir;

1. Betonun yaşı ilerledikçe dübellerin aderans kuvvetinde artış görülmektedir.

2. Dübelin beton içinde yeterince açılması sağlanabiliyorsa beton dayanımı arttıkça aderans kuvveti artmaktadır. Eğer bu sağlanamıyorsa beton sınıfının artmasının aderans kuvvetinin artmasında olumlu bir etkisi yoktur.

3. Dübel çivisinin dübeli açabilmesini sağlayacak mekanik özeliklere sahip olması gerekir. Yeterince rijit olmayan çiviler dübelin açılmasını sağlayamamaktadır.

4. Dübellerin tırnaklarının tasarımının aderans dayanımında önemli rolü vardır.

5. Vidalı dübellerde, yerleştirme sırasında uygulanacak kuvvet dübelin hasar görmesine neden olmamalıdır.

KAYNAKLAR

[1] http://wordnet.princeton.edu/perl/webwn?s=energy

[2] http://www.bbc.co.uk/turkish/europe/story/2005/12/051230_ukraine_gas.shtml

[3] International Energy Agency, 2002. World energy outlook, *International Energy Agency*, Paris

[4] Ege, Y. ve diğerleri, 2004. AB'nin enerji politikası ve Türkiye, *Ulusal Politika Araştırmalar Vakfı*, Ankara

[5] http://www.southampton.gov.uk/environment/development-control/planning-terms.asp

[6] United Nations, 1991. Energy Efficient Design, *United Nations*, New York

[7] Piper, J.E., 1999. Operations and maintenance manual for energy management, *Sharpe Professional*, USA

[8] Kavak, K., 2005. Dünyada ve Türkiye'de enerji verimliliği ve Türk sanayiide enerji verimliliğinin incelenmesi, *Devlet Planlama Teşkilatı*, Ankara

[9] Orhan, T., 2004. Binalarda enerji verimliliğinin önemi ve çözüm önerileri - 23.ulusal enerji verimliliği kongresi, *EİEİ Genel Müdürlüğü (Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu) Yayını*, Ankara

[10] TS-825, 1998. Binalarda ısı yalıtım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara

[11] Bynum, R., 2000. Insulation Handbook, *McGraw-Hill Book Company*, USA

[12] Fanger, P.O., 1970. Thermal comfort, *McGraw-Hill Book Company*, New York

[13] Close, P.D., 1966. Sound control and thermal ınsulation of building, , New York

[14] http://www.baumit.com/tr/main4/

[15] Kreith, F. ve Bohn, M.S., 1993. Principles of heat transfer, *West Publishing Company*, USA

[16] Dağsöz, A.K., 1991. Yapılarda ısı yalıtımı ve buhar geçişi, , İstanbul

[17] http://www.monarchhomesonline.com/constructionGlossary.html

[18] Mcmullan, R., 1998. Environmental science in building, *Macmillan Press Ltd.*, Great Britain

[19] Strother E.F. ve Turner, W.C., 1990. Thermal insulation building guide

[20] http://seagrant.gso.uri.edu/factsheets/eelgrass.html

[21] Dağsöz, A.K., 1995. Türkiyede derece-gün sayıları ulusal enerji tasarruf politikası ve yapılarda ısı yalıtımı, *İzocam*, İstanbul

[22] Dağsöz, A.K., 1999. Türkiye'de yapıların yalıtımı ve yalıtım sanayinin durumu, *İstanbul Ticaret Odası*, İstanbul

[23] Ünal, S., 2002. Bina duvar ısı yalıtım sistemleri ve ekstrüde polistren ile TS825'e uygun bina yalıtım çözümleri üzerine bir inceleme, *Yüksek Lisans tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[24] www.izocam.com.tr

[25] Musaağaoğlu, B.O., 2001, Dış duvarların dıştan ısı izolasyonu, *İzolasyon Dünyası*, 27, 10-13

[26] Sözer, N., 2005. Türkiye'de ilgili yönetmeliklere uygun ısı, su, ses ve yangın yalıtımı çözümleri, yalıtım malzemeleri ve bir bina projesi üzerinde uygulama örneği, *Yüksek Lisans tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[27] www.izoder.org.tr

[28] Ünver, C., 2003. Duvarlarda dışarıdan ısı yalıtım-mantolama sistemi, *İzolasyon Dünyası*, 39, 60-63

[29] Özdemir, F., 2004. Mantolamada kullanılan yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması, *İzolasyon Dünyası*, 46, 51-52

[30] Sezer, F.Ş., 2003, Giydirme cephe sistemlerinin sınıflandırılması, *Yalıtım*, 40, 40-43

[31] Sezer, F.Ş., 2003. Giydirme cephe kavramı, *Mimarlık*, 311, 46-49

[32] Sezer, F.Ş., 2003. Giydirme cephe sistemlerinde kullanılan yalıtım malzemeleri, *Dizayn Konstrüksiyon*, 212, 50-52

[33] Peier, W.H., 1983. Model for pull-out strength of anchors in concrete, *ASCE journal of Structural Engineering*, 5, 1155-1173

[34] ETAG 014, 2002. Plastic anchors for fixing of external thermal insulation composite systems with rendering, *EOTA(European Organisation for Technical Approvals)*, Brüksel

[35] http://www.bulak.net/mavikale_uygulama.asp

[36] qualitatsgruppe..avusturya dübel

[37] Oralkan, Ö., 2005. Kişisel Görüşme

[38] Trespa ürün tanıtım cdsi

EK 1

Rüzgar yükü hesabı şu şekilde olmaktadır;öncelikle rüzgar basıncı hesaplanır. Sonrasında rüzgar yükü bulunur ve kullanılacak dübel miktarı tespit edilir.

1.Hava Basıncının Hesaplanması

Hava basıncı (q) değerinin hesaplanması aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanır.

$$q = \frac{1}{2}\rho v^2$$

Burada;

ρ : Havanın yoğunluğu =1.25 kg/m^3 (~1,3 kg/m^3)

v : Rüzgarın hızı (m/s)

Bu hesaplamalar sonucunda rüzgar yükleri üzerinde doğrudan etkili olan hava basıncı değerleri Tablo E.1. de görülmektedir.

Tablo E.1. Hava Basıncı Değerleri

Bina Yüksekliği (m)	Rüzgar hızı (v) (m/s)	Hava Basıncı (q) (kN/m^2)
0-8	28,3	0,5
8-20	35,8	0,8
20-100	42,0	1,1

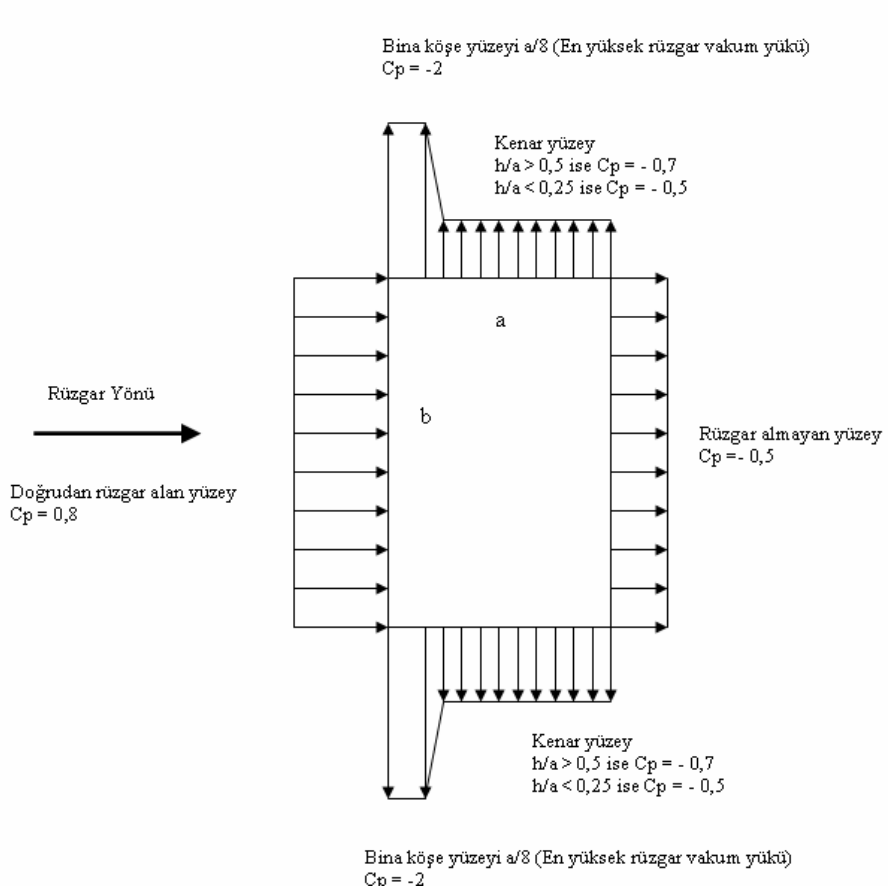
2. Rüzgar Yüklerinin Hesaplanması

Binaya etki eden hava basıncı bulunduktan sonra, yalıtım levhalarını bina yüzeyinden ayırmaya çalışan rüzgar yükleri $ш = c_p . q$ bağıntısı ile hesaplanır.

$w = c_p \cdot q$

q : hava basıncı ($kN/m^{2)}$

c_p :bina şekline ve rüzgar yönüne göre belirlenen katsayı



Şekil E.1. Dikdörtgen Formdaki Binalara Etkiyen Rüzgar Yükleri

Şekil E.1. de belirtilen değerler dikkate alınarak hesaplanan rüzgar yüklerinin bina yüksekliğine bağlı olarak değişimi Tablo E.2. de görülmektedir.

Tablo E.2. Bina yüksekliğine bağlı olarak rüzgar yüklerinin değişimi

Bina Yüksekliği (m)	Basınç (kN/m^2)	Rüzgar Yükleri (kN/m^2)	
		Yüzey (Cp = - 0,7)	Köşe (Cp = -2)
0-8	0,5	-0,35	-1,0
8-20	0,8	-0,56	-1,6
20-100	1,1	-0,77	-2,2

Sonrasında ise dübellerin teknik özellikleri gözönünde bulundurularak gerekli dübel sayısı hesaplanır.

ÖZGEÇMİŞ

Maviş Özge Durmuş, 16 Mayıs 1982'de Konya'da doğdu. İlk öğrenimini Rebii Karatekin İlköğretim Okulu'nda tamamladı. Orta ve lise öğrenimini Selçuklu Anadolu Lisesi'nde tamamladıktan sonra 2000 yılında İTÜ İnşaat Fakültesi'nde öğrenimine devam etti. 2 Haziran 2004 tarihinde İ.T.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü bitirdi ve aynı sene İ.T.Ü.Yapı Mühendisliği Programı'nda yüksek lisans eğitimine başladı

İletişim : mavisozge82@yahoo.com