

151
251

2000

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME İSKELET YAPILARDA
HAFİF DUVAR ELEMANI KULLANIMININ
YAPI MALİYETİNE ETKİSİ ÜZERİNE
BİR YÖNTEM ARAŞTIRMASI ve PERLİT ÖRNEĞİ**

(Doktora Tezi)

Yük. Mim. MERAL AYBERK

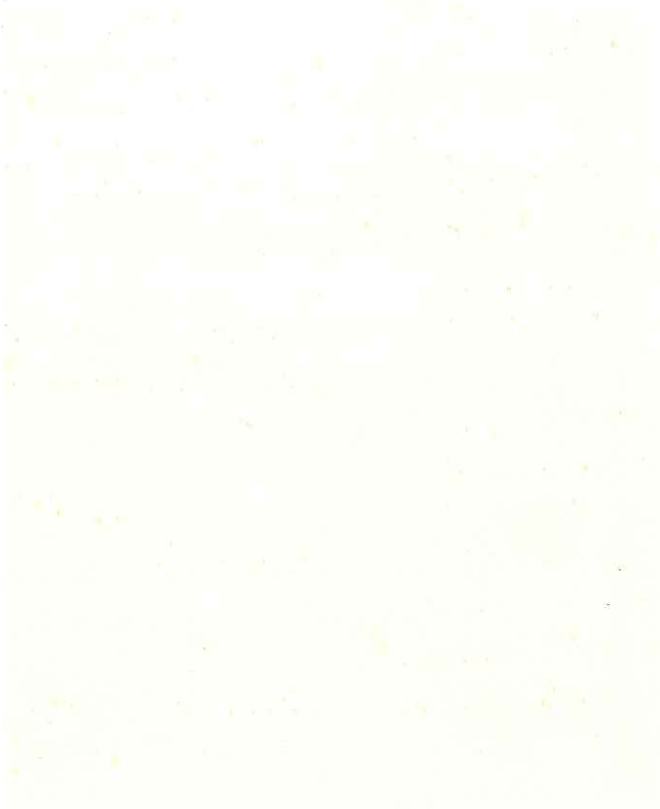
İstanbul - 1986

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : R. 151
Alındığı Yer : Fen Bil. Ens. 251
Tarih : 18.12.1987
Fatura :
Fiatı : 2000 TL
Ayniyat No : 1/37
Kayıt No : 45230
UDC : 69.003
Ek : 378.242

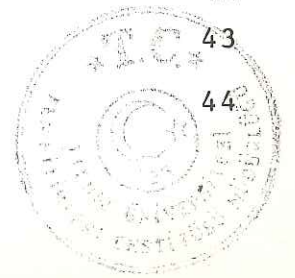


YILDIZ G. M. M. KİTAPESİ
D.B. No 43199

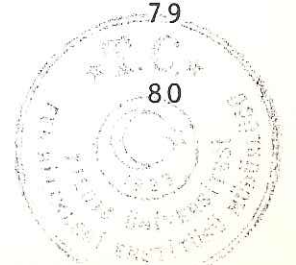


İÇİNDEKİLER

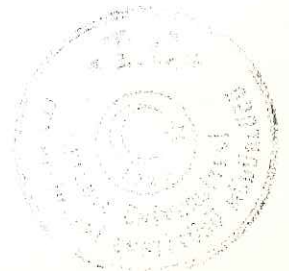
	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
İNGİLİZCE ÖZET	vi
SEMBOLLER	viii
1. BÖLÜM - GİRİŞ	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI	4
1.2. KAPSAMI	4
1.3. YÖNTEMİ	5
2. BÖLÜM - HAFİF YAPI GEREÇLERİ VE PERLİT	6
2.1. HAFİF BETONLAR	6
2.2. HAFİF AGREGALAR	8
2.3. PERLİT	11
2.3.1. Tanımı, Tarihçesi	11
2.3.2. Jeolojik Oluşumu	12
2.3.3. Nitelikleri	12
2.3.4. Üretim Yöntemi	15
2.3.5. Dünyada ve Ülkemizdeki Rezerv Durumu	18
2.3.6. Dünyada ve Ülkemizdeki Üretimi	21
2.3.7. Kullanım Alanları	22
3. BÖLÜM - YAPI GEREÇİ OLARAK PERLİT KULLANIMI	27
3.1. GEVŞEK DOLGU	27
3.1.1. Duvarlarda	28
3.1.2. Döşemelerde	34
3.1.3. Çatılarda	35
3.2. YALITIM BETONU	36
3.2.1. Döşemelerde	41
3.2.2. Çatılarda	43
3.3. SIVA AGREGASI	44



	<u>Sayfa</u>
3.3.1. Duvarlarda	49
3.3.2. Döşemelerde	51
3.3.3. Perde Duvarlarda	51
3.4. DİĞER KULLANIM ALANLARI	52
3.4.1. Blok ve Panolar	53
3.4.2. Çatı Yalıtım Levhaları	55
3.4.3. Tuğlalar	56
3.4.4. Çatı Kaplamaları	57
3.4.5. Seramik Karolar	57
4. BÖLÜM - HAFİF DUVAR ELEMANININ YAPI MALİYETİNE ETKİSİNİN SAPTANMASI İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ	59
4.1. HAFİF DUVAR ELEMANININ YAPI MALİYETİNE ETKİSİ	59
4.1.1. Duvar Elemanı Kalınlığının Yapı Maliyetine Etkisi	60
4.1.1.1. Kalınlığın Belirlenmesi	60
4.1.1.2. Duvar Elemanı Kalınlığının Yapı Alanına Etkisi	61
4.1.2. Duvar Elemanı Ağırlığının Taşıyıcı Sistem Elemanlarına Etkisi	69
4.1.2.1. Kirişler	71
4.1.2.2. Kolonlar	75
4.1.2.3. Temeller	75
4.1.3. Yapı Yüğü İle Deprem Yüğü İlişkisi	75
4.1.3.1. Deprem Yüğünün Kolon Elemanına Etkisi	79
4.2. YÖNTEM ÖNERİSİ	79
4.2.1. Yapı Alanındaki Azalma	79
4.2.2. Duvar Elemanı Ağırlığındaki Azalma Miktarı	79
4.2.3. Taşıyıcı Sistem Elemanlarındaki Azalma Miktarı	80

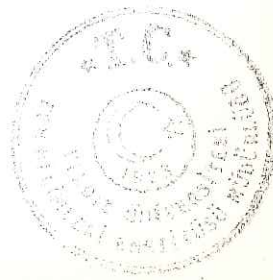


	<u>Sayfa</u>
4.2.3.1. Kirişler	80
4.2.3.2. Deprem Yükündeki Azalma Miktarı	81
4.2.3.3. Kolonlar	81
4.2.3.4. Temeller	82
4.3. ÖNERİLEN YÖNTEMİN UYGULANMASI	83
5. BÖLÜM - SONUÇ VE ÖNERİLER	90
EKLER	93
KAYNAKLAR	114
ÖZGEÇMİŞ	119



SEMBOLLER

A	Kenar uzunluđu
A_c	Beton alanı
A_s	Donatı alanı
a	Kolon küçük kenarı
b	Kiriş genişliği
B	Temel kısa kenarı, kenar uzunluğu
C	Deprem katsayısı
d	Duvar elemanı kalınlığı, kiriş yüksekliği
F	Deprem yükü, temel alanı
H	Kat yüksekliği
h	Faydalı yükseklik
L	Temel uzun kenarı
l	Kiriş boyu
M	Mesnet momenti
N	Kolon yükü
P	Yapı yükü
S	Alan
T	Kesme kuvveti
t	Döşeme kalınlığı
V	Hacim
W	Duvar ağırlığı, yapı ağırlığı
ϵ	Kenar oranları
α	Katsayı
β	Katsayı
γ	Birim hacim ağırlık
q_k	Kiriş öz ağırlığı
q	Toplam yük
σ_e	Zemin emniyet gerilmesi
ρ	Donatı yüzdesi
Δ	Azalma

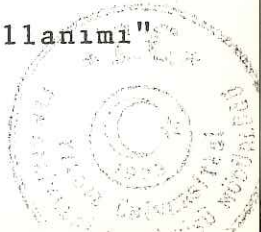


ÖZET

Endüstrileşme sürecindeki ülkelerin karşılaştığı en önemli sorunlardan biri de, hızlı nüfus artışı ile köyden kente göç gibi olgular sonucu ortaya çıkan ve giderek büyüyen "Konut Açığı" dır. Bu noktadan hareketle daha çok sayıda nitelikli konut üretmek, büyük ölçüde gerecin "Doğru" seçimine bağlıdır. Bu seçim, hem yapım hem de kullanım maliyetini etkiler.

Ülkemizde en yaygın biçimde uygulanan yapım sistemi "Betonarme İskelet" tir. Bu yöntemle inşa edilen yapıların taşıyıcı sistemlerinde, gereksiz gereç kullanımını önlemek için yapıyı hafifleterek taşıyıcı sistem elemanları boyutlarının küçültülmesi gerekir. Kesitlerin küçültülmesi ise, yapıdaki ölü yükleri azaltılması ilkesine koşut olarak hafif yapı gereçleri kullanımının yaygınlaşmasını sağlayarak gerçekleştirilebilir.

Günümüz koşullarında, özellikle kentsel yerleşmelerde, arsa sınırlılığı ile fiyatlarının yüksek oluşu, yapıları dikey gelişmesine neden olmakta ve altyapı maliyetlerinin alt sınırlara çekilmesi istenmektedir. Bu nedenle, çok katlı yapılar giderek yaygınlaşmakta, ancak yurdumuzun deprem kuşağı üzerinde bulunması ve yapıların çok katlı olma zorunluluğu gibi birbirine zıt iki bileşen nedeniyle, ilk yapım maliyeti artmaktadır. Bu zorunlu maliyet artışının önlenmesi için -günümüz olanaklarında tek çözüm olarak- ancak "Hafif Gereç Kullanımı" önerilebilir.



Ülkemiz volkanik yapısı nedeni ile doğal hafif agrega kaynakları açısından çok zengindir. Özellikle bu tür agregalardan biri olan PERLİT, tüm dünya rezervinin % 78'inin yer aldığı Türkiye için, hafif yapılarda büyük bir kullanım alanı bulacaktır. Bu gerçeğe dayanarak perlitin seçilerek tanıtılması gereği ve önemi çalışmamızda özellikle vurgulanmış; uygulama için gerekli olacak bilgiler tasarımcının kullanacağı biçimde verilmek istenmiştir. Ayrıca yapıda ekonomiklik ilkesi göz önüne alınarak hafif duvar elemanı kullanılması gerekliliği somut matematiksel sonuçlarla gösterilmiştir.

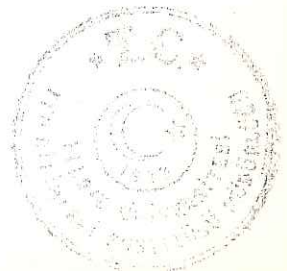
Bu kriterler üzerine geliştirilen çalışma beş bölümden oluşmaktadır.

Giriş bölümünde çalışmanın amacı, kapsam ve yöntemi ortaya konduktan sonra ikinci bölümde dünya rezervinin % 78'inin ülkemizde bulunduğu hafif yapı agregalarından perlit ele alınmış ve özellikleri, rezerv dağılımı, üretim biçimi, kullanım alanları hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde perlitin dolgu, yalıtım betonu, sıva ve hazır yapı elemanı olarak uygulanması ile yapıdaki diğer kullanım biçimleri anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde; duvar elemanı kalınlığı ile yapı alanı, ağırlığı ile taşıyıcı sistem arasındaki ilişki incelenmiş, grafikler oluşturulmuştur. Bu sonuçlara göre geliştirilen yöntemle çeşitli duvar elemanı kalınlıklarının brüt alana ve ağırlıklarının taşıyıcı sisteme etkileri karşılaştırılmalı olarak incelenmiş, kısa bir sürede en ekonomik olanın seçilmesi olanağı sağlanmıştır.

Sonuç ve öneriler 5. bölümü oluşturmaktadır.



SUMMARY

Housing need of the developing countries is increasing because of the rise of population, and migrations from the rural areas to the urban areas.

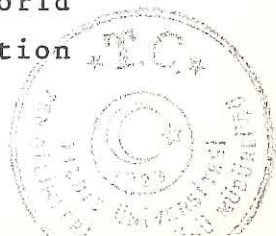
The production of more and better housing highly depends on the right choice of the building materials. This choice effects the construction cost and the maintenance cost of the building.

The reinforced concrete skeleton system is widely used in our country. The dimensions of the elements of the structural system has to be decreased in order to reduce the loss of the resources in the skeleton system. This can be done by lightening the weight of the whole of the building. Therefore the use of light building elements must be increased.

This study is constituted of five parts.

In the first part, the problem, the purpose of the study, the restrictions and the method is expressed.

In the second part perlite, which is one of the light-weighting building material aggregate is investigated. Perlite is a national resource, with the 78 percent of the whole world reserve being in Turkey. The properties, the production types, and the area of use of perlite is studied.

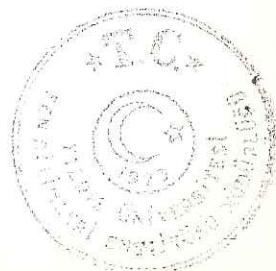


In the third part, the use of perlite as a building material is investigated. It can be used for filling in material, for isolation material, for plaster material, as well as being used as a building element.

In part four, the wall element of the building is examined, from the point of view of the weight of the wall element in relation to the structural system. Graphs are developed in accordance to these relations.

A method is improved with the use of these studies, in order to choose the most economical wall element. This can be done in a short time by comparing the width of the wall element in accordance with the area and the weight relations and effects of the wall element to the structural system.

The conclusion and the propositions are introduced in part five.



1. BÖLÜM - GİRİŞ

Dünyadaki devletler arasında endüstrileşme durumlarına göre bir grupta yapıldığında, bilindiği gibi ülkemiz "Gelişmekte Olan Ülkeler" içinde yer almakta ve sorunları da bu gruba giren ülkelerle benzerlik göstermektedir. Gelişmekte olan ülkelerin en önemli sorunlarından birinin de hızlı nüfus artışı olduğu artık tartışılmaz biçimde ortaya konmuş ve nüfus artışını dengeli bir düzeyde tutmak için yapılan çalışmalar çoğalmıştır. Ancak -giderek yoğunlaşmasına karşın- bu çalışmalardan beklenen başarının tam olarak elde edildiğini söylemek henüz oldukça güçtür.

Ülkemizin de endüstrileşme sürecine girmesiyle diğer gelişmekte olan ülkeler gibi köyden kente göç olgusu ve sosyoekonomik devinimine bağlı olarak giderek büyüyen bir konut sorunu ile karşılaşması, aslında gelişim ve kentleşmenin doğal bir sonucu gibi düşünülmelidir. Ne var ki mevcut yapı stoğumuzdaki fiziksel-işlevsel eskime, kamulaştırma ve doğal afetler gibi olumsuz etkiler biraraya geldiğinde, yapı üretimi yetersizliğine dayanan konut sorunu büyük bir "Konut Açığı"na dönüşme eğilimi göstermektedir. Sayısal verilerle ifade edildiğinde bu yargıların ne boyutta bir yapı/konut açığını belirttiği daha iyi anlaşılabacaktır.

Türkiye'nin nüfus artış oranı istatistiksel verilere göre % 2.16 olarak tahmin edilmektedir. Bu demografik artış oranı-



nın sabit kalması durumunda, 1984 yılında 48.825 milyon olan toplam nüfusumuz 1989 yılında 54.327(1), 2020 yılında ise 89,8 milyon(2) olacaktır. Nüfusu 20.000'i aşan yerleşme merkezlerinde demografik gelişmeler ve yenileme zorunluluğundan doğan toplam konut gereksiniminin her yıl % 3.17 oranında artacağı saptanarak 1985-89 plan döneminde konut gereksinimi 1.491.000 birim olarak saptanmış ve bunun 1.161.000 biriminin üretilebileceği kabul edilmiştir(3).

Özellikle kentsel yerleşmelerde artan konut açığını kapatmak için öngörülen çözümlerden biri de yeni üretilen yapıların çok katlı olmalarıdır. Çünkü nüfus yoğunluğunun fazlalığı, arsa fiyatları, kentsel merkezlerdeki alan yetersizliği, altyapı maliyetlerinin yüksek oluşu gibi nedenler yapıları yatay yerine dikey gelişime zorlamaktadır. Böyle çok katlı yapılar için statik açıdan en uygun olan betonarme iskelet sistemi ülkemizdeki toplam inşaat alanının % 81.9'unu oluşturmakta ve Tablo 1'de görüldüğü üzere diğer yapı sistemlerinden çok daha yaygın biçimde uygulanmaktadır.

TABLO 1- Taşıyıcı Sistem ve Yapı Malzemesi Cinsine Göre 1975-1981 Yılları Arasında Yapılan (Yapı Kullanma İzin Kayıtlarına Göre) 1000 m² İnşaat Alanı(4)

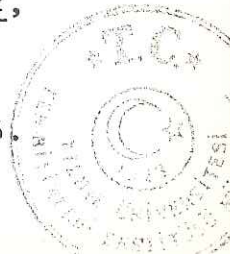
		Y ı l l a r			
Taşıyıcı Sistem		1975	1977	1979	1981
İSKELET	Betonarme	8277.7	10793.1	12934.8	12673.3
	Ahşap	24.8	5.4	1.8	0.8
YIĞMA	Briket	196.1	119.9	202.3	257.9
	Tuğla	2911.9	3038.3	2399.4	2422.9
	Taş	78.0	57.7	53.7	65.1
	Kerpiç	60.8	62.6	41.5	48.2
DİĞERLERİ		2.8	1.4	2.1	1.9
TOPLAM		11552.1	14078.4	15636.5	15469.8

(1) DPT, Beşinci Kalkınma Planı, s.126.

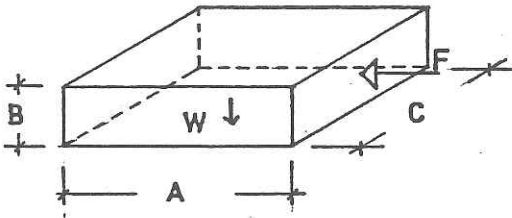
(2) Anonim, "ABD Nüfus Danışma Bürosunun...", Cumhuriyet, s.16, sü.1.

(3) DPT, a.g.e., s.167.

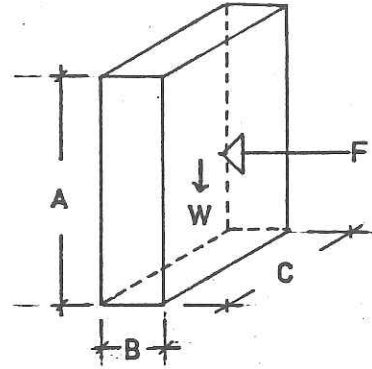
(4) Taşkın, "Yapı Malzemesi Tüketiminin Boyutları", s.16.



Ne var ki yüksek yapılarda deprem ve rüzgar etkisi gibi yatay yük etkilerinin fazlalığı taşıyıcı eleman boyutlarının artmasına neden olmaktadır. Bunu, boyutları A, B, C ve ağırlığı W olan, yatay ve dikey konumlu iki değişik yapıya etkileyen F deprem kuvvetinin farklı olmasıyla açıklayabiliriz (Şekil 1a, 1b). Deprem etkisi $A > B$ olduğundan $F.A/2 > F.B/2$ dir. Dikey konumlu yapıda deprem etkisi $\Delta = F(A-B/2)$ kadar artar. Δ farkının giderilmesi için yapının taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları arttırılacak ve maliyet olumsuz yönde etkilenecektir.



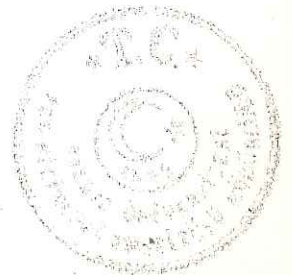
1.a yatay konum



1.b dikey konum

ŞEKİL 1- Değişik konumda yapı deprem ilişkisi

Yapıların çok katlı olarak üretimleri —denetim ve uygunluğu konumuz dışında kalan— yaygın bir olgudur. Ancak çok katlılık nedeniyle oluşacak taşıyıcı sistem kesiti büyümelerinden kaynaklanan maliyet artışlarının kısıtlanması gerektiği görüşündeyiz. Konut açığının kapanması için hızlı bir biçimde nitelikli konut üretmek ve maliyeti optimum düzeye indirmek kütle ağırlığı olan W'nin azaltılması, bir başka deyişle taşıyan ve taşınan elemanların hafifletilmesi ile mümkündür.



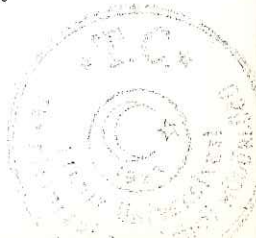
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Bilindiği gibi artan konut açığını nitelikli birimlerle kapatılmak yapım ve kullanım maliyetlerini doğrudan etkileyen bir değişkene, yani gereç seçimine bağlıdır. Ülkemizde yaygın olarak uygulanan çok katlı betonarme iskelet sisteminde gereç seçimi için geliştirilebilecek bazı öneriler, sınırlı olan kaynaklarımızın ekonomik kullanımına yarar getirir. Betonarme yapılarda, taşıyıcı sistem elemanlarının kesitlerini azaltmada duvar elemanının ağırlığı önemli bir değişkendir. Duvar gereci seçiminde istenen tüm özellikleri sağlayan seçenekler arasında en ekonomik olanın ön proje aşamasında belirlenmesi gerekmektedir. İşte bu seçim için bir yöntem geliştirmek ve bu yöntemin değişik gereçlere uygulanmasıyla, tasarımcıya -ekonomi de sağlayan- bazı gereç seçenekleri önermek; çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır.

1.2. KAPSAMI

Taşınan yapı gereçlerinin hafifletilmesinin taşıyan elemanları etkileyeceği ve toplam yapı ağırlığındaki azalmanın yapı maliyetini azaltacağı bilindiğinden, çalışmamızda öncelikle hafif yapı gereçlerine ağırlık verilmiştir. Bu amaçla da dünya rezervinin % 78'i ülkemizde yer almasına karşın yeterli kullanım alanı bulamayan hafif yapı gereçlerinden biri, yani "Perlit" seçilmiştir.

Yapım sistemi olarak ülkemizde en yaygın biçimde uygulanan betonarme iskelet sistem ele alınmış, ahşap veya yığma yapılardaki sorunlar konumuz dışında bırakılmıştır. Çünkü bu sistemlerin yapım sektörümüzde kullanım oranı çok az; ölü yükler ve duvar kalınlığının azaltılması ise betonarme iskelet yapılarda olduğu gibi taşıyıcı sistemden bağımsız değildir.

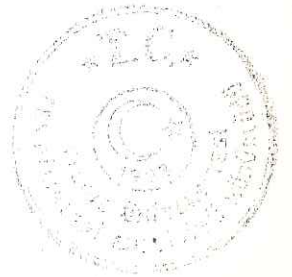


Çalışmamız sınırlandırılırken tüm yapı gereçlerini ele almak yerine, -taşıyıcı sistem dışında- yapı ağırlığının en büyük bölümünü oluşturan duvar elemanı öncelik kazanmış ve bu elemanların kalınlık ve ağırlığında meydana gelecek azalmanın yapı maliyetine nasıl etkideği incelenmiştir.

1.3. YÖNTEMİ

Perlit ülkemizde henüz pek fazla tanınmadığından, önce üretimi, rezervi ve nitelikleri ile ilgili bir genel tanıtım yapılmış; ardından yapıdaki kullanım alanları ve biçimleri araştırılmıştır. Elde edilen veriler sayısal değer veya uygulama ayrıntılarına dönüştürülerek sunulmuştur.

Daha çok sayısal değerler ve matematiksel bağıntılarla oluşturulan yöntem bölümünde ise duvar elemanı kalınlığının azalmasının yapı brüt alanına etkisi incelenmiş; temel statik verilerden hareketle, ağırlığındaki azalmanın kolon, giriş ve temel hacmi ile buna bağlı kalıp ve donatı azalma miktarları hesaplanmıştır. Azalma oranlarının kolay saptanabilmesi için grafikler oluşturulmuştur. Elde edilen verilerle duvar elemanı seçenekleri arasında en ekonomik olanın belirlenmesi için bir yöntem önerilmiştir.



2. BÖLÜM - HAFİF YAPI GEREÇLERİ VE PERLİT

2.1. HAFİF BETONLAR

Yoğunluğu 2100 kg/m^3 olan kum, çakıl ve çimentodan meydana gelen karışım "Normal Beton", yoğunluğu $1200-2000 \text{ kg/m}^3$ arasında olan betonlar "Hafif Beton" olarak tanımlanır(5).

Yapılarda hafif beton kullanımının sağladığı yararlılıklar:

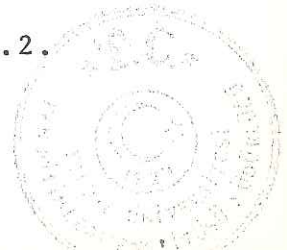
- Çok katlı veya geniş açıklıklı yapılarda ölü yükleri azalttıkları için taşıyıcı sistemde ekonomi sağlar
- Isı yalıtımları yüksektir
- Yangına dayanımı normal betonlara göre daha fazladır
- İşleme, kesme gibi uygulama kolaylıkları vardır
- Ses emme özelliğine sahiptir

Hafif betonlar kullanım alanlarına göre üçe ayrılır(6):

- Yalıtım betonları
- Orta mukavemetli betonlar
- Taşıyıcı betonlar

(5) Short-Kinniburgh, Lightweight Concrete, s.1.

(6) Taşpınar, Taşıyıcı Hafif Agregalı Betonlar..., s.2.



Üretim yöntemleri açısından ise üç ana grupta toplanır:

- İri agregalı betonlar: Betonun ince agregası (kum) çıkarılarak yapılan betonlar(7)
- Hafif agregalı betonlar: Normal agregaya yerine doğal veya yapay agregaları kullanılması ile üretilen betonlar
- Gaz köpük betonlar: Beton içinde gaz kabarcıkları oluşturularak yapılan betonlar.

Ayrıca bunların kombinasyonları ile daha değişik betonlar da geliştirilmektedir.

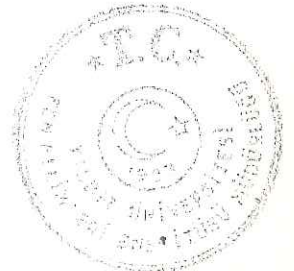
Aşağıdaki tablolarda üretim yöntemlerinin agregaya ve katkı seçenekleri ve türlerin yoğunluklarına bağlı olarak kullanım alanları gösterilmektedir.

TABLO 2- Agregaya Türüne Göre Hafif Betonlar(8)

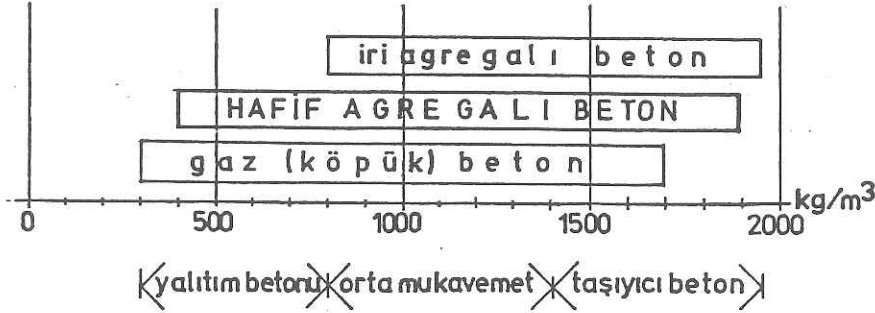
<u>İri Agregalı Betonlar</u>	<u>Hafif Agregalı Betonlar</u>	<u>Gaz Betonlar</u>
1- Çakıl	1- Klinker	1- Kimyasal katkı
2- İri taş	2- Köpürtülmüş cüruf	. Alüminyum tozlu
3- İri klinker	3- Genleşmiş cüruf	. Hidrojen peroksit ve ağartma tozlu
4- Sinterleştirilmiş pulverize kül	4- Genleşmiş kil	
5- Genleşmiş kil veya şist	5- Genleşmiş arduaz	2- Köpük katkı
6- Genleşmiş arduvaz	6- Sinterleştirilmiş pulverize kül	
7- Köpürtülmüş cüruf dışık	7- Vermikülit	
	8- Genleşmiş perlit	
	9- Pomza taşı	
	10- Organik agregaya	

(7) Short Kinniburgh, a.g.e., s.4.

(8) a.e.



TABLO 3- Yoğunluklarına Göre Hafif Beton Türlerinin Kullanım Alanları(9)



2.2. HAFİF AGREGALAR

Agregalar, harç, beton gibi karışımların ana bölümünü meydana getiren yapı gereçleridir(10).

Agregalar ağırlıklarına göre:

- . Ağır agregalar (çelik bilya, talaş, borit, v.b.)
- . Orta ağırlıktaki agregalar (kum, çakıl, mıcır, tuğla kırığı v.b.)
- . Hafif agregalar (pomza, perlit, endüstri artığı, cüruf v.b.)

olmak üzere üçe ayrılır. Bunlardan konumuz açısından önem taşıyan ve hafif beton üretiminde kullanılan hafif agregalar organik ve inorganik olmak üzere iki ana grupta toplanır(11):

1- Organik kökenli hafif agregalar:

- . Ağaç kökenli hafif agregalar (ahşap yongası, talaş tozu, v.b.)

(9) Gökhan-Baytın, "Hafif Agregalar ve Perlit", s.75.

(10) Hasol, "Agregalar", s.17.

(11) Gökhan-Baytın, a.g.y.



. Tarım üretim artığı kökenli hafif agregalar (buğday, saman sapları, çeltik kapçığı, v.b.)

. Petrol türevi hafif agregalar (styropor v.b.)

2- İnorganik kökenli hafif agregalar :

- Doğal hafif agregalar :

- . Pomza
- . Bims
- . Asbest

- Endüstri artığı hafif agregalar :

- . Endüstriyel artıklardan oluşanlar (cüruf, uçucu kül)
- . Endüstriyel artıkların işlenmesiyle üretilenler (kızdırılmış uçucu kül, genleştirilmiş cüruf)

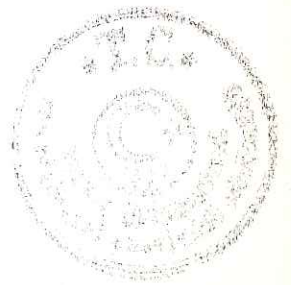
- İşlenmiş hafif agregalar :

- . Genleştirilmiş kil, şist
- . Perlit
- . Vermikülit

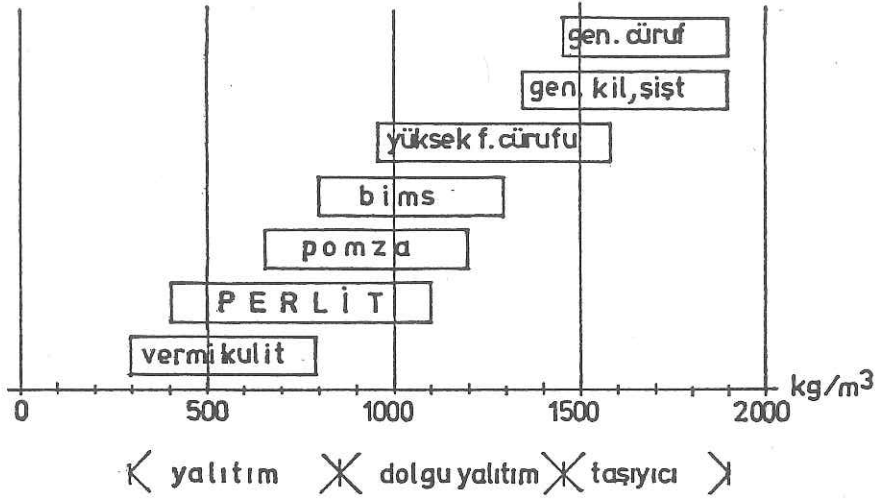
Hafif agregaların birim hacim ağırlıkları 400 kg/m^2 'den az olanlar yalıtım betonu işleviyle 400 ile 500 kg/m^3 arasında olanlar yalıtım ve orta mukavemette beton agregası olarak, 650 kg/m^3 den büyük olanlar ise taşıyıcı betonlarda kullanılırlar(12).

İnorganik kökenli hafif agregaların kullanım alanları Tablo 4'de gösterilmiştir.

(12) Taşpınar, a.g.e., s.4.

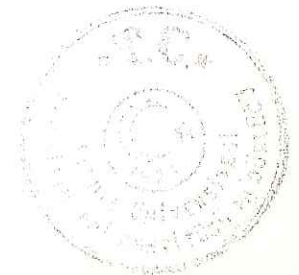


TABLO 4- Hafif Agregaların Kullanım Alanları(13)



Hafif agregaların tarihçesi, kısaca gözden geçirildiğinde ilk hafif agrega uygulamaları İ.S. 2. yy'a kadar inmekte ve Panthenon'un kubbesinde pomza taşı kullanıldığı bilinmektedir. 19.yy. sonlarında ise Amerika ve İngiltere'de yapılarda cüruf kullanılmaya başlanmıştır. II. Dünya Savaşından sonra Avrupa'nın birçok ülkesinde yük taşımayan yerlerde kullanılmış ve beton kalitesi geliştirildikçe cüruf, klinker ve suni agregalarla yapılan hafif betonlar, yük taşıma amaçlı olarak da uygulanmaya başlanmıştır. Betonarme ve öngerilmeli betonlardaki kullanımının ise ne denli güvenli ve yararlı olduğu henüz sonuçlanmamış bir tartışma konusudur.

Günümüzde hafif agregaların yararlarına bağlı olarak bir yanda kullanım alanları yaygınlaşırken biryandan da buna ters olarak kaynak yetersizliği olgusuyla karşılaşılmaktadır. Çünkü teknolojik gelişmeler sonucu endüstri artışı cürufların azalması ile önemli bir üretim kaynağından yoksun kalınmaktadır. Özellikle nükleer santrallerin devreye girmesiyle bu açık giderek büyüyecektir. Hafif agregaların doğal kaynaklardan elde edilmesi ise gene benzer bir durum göstermekte; ekolojik



dengeyi bozmamak ve doğa tahribatını önlemek için genleştirilmiş agregalara yönelmek gerekmektedir. Ayrıca tüm ülkeler—enerji tasarrufunun gündeme gelmesiyle— ellerindeki hafif agrega kaynaklarından maksimum düzeyde yararlanmaya çalışmakta ve ülkemizdeki rezerv durumu çok elverişli olan "perlit" bu bağlamda, üretim olanakları yönünden özel bir önem taşımaktadır.

2.3. PERLİT

2.3.1. Tanımı, Tarihçesi

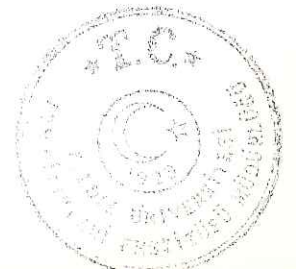
En bilinen tanımı ile perlit uygun sıcaklığa kadar ani olarak ısıtıldığında, hacmi ortalama 15 kat artan asit karakterli volkanik bir camdır(14).

Diğer bir tanıma göre ise Feldispatlar ailesinden, suyu az, küçük inciler halinde katılaşan yanardağ kaynaklı bir camdır(15). Perlit adı, bu oluşumun hem doğal (kayaç/hammadde) durumu, hem de genleştirilmiş (ürün) biçimi için kullanılmaktadır.

Perlit Dünya'da 18.yy. başlarında Alman bilim adamlarınca PERLSTEIN (inci taşı) olarak tanımlanmıştır. 1929'da Japonya'da ve daha sonra Sovyetler Birliğinde perlit ve benzeri kayaçların genleşebileceği öğrenilmiştir. İlk genleştirme tesisi ABD'nin Arizona eyaletinde kurulmuş ve 1946 yılında aynı ülkede agrega olarak kullanılmaya başlanmıştır. Hollanda, 1950 yılında perlit kullanımını Avrupa'da başlatan öncü devletlerdendir.

(14) Tanyolu, Uygulamalı Jeoloji, s.75.

(15) "Perlit", Meydan-Larousse, s.316.



Perlit, hammadde niteliğini 1946'larda kazandığından en genç madencilik dallarından sayılır(16). Türkiye'de ise perlit alanları ilk kez 1960-61 yıllarında Ege bölgesinde saptanmıştır. "Taş Ocakları Nizamnamesine" bağlı olan perlit, endüstri hammaddesi olduğundan Maden Kanunu kapsamına alınmıştır. Bu tarihten sonra Maden Tetkik Arama tarafından arama çalışmalarına başlanmış; 1985'de ilk perlit envanteri çıkarılmıştır. Yatakların jeolojik yapısı, oluşumu, fiziksel ve kimyasal özellikleri ayrıntılı biçimde henüz incelenmemiştir. Türkiye'de üretimine 1970 yılında başlanmıştır.

2.3.2. Jeolojik Oluşumu

Jeolojik açıdan perlit tam bir volkanik kütledir ve oluşumu volkanik olaylara bağlıdır. Diğer volkanik kütleler gibi çok asitli, camsı kayaların alabileceği özel bir yapıya sahiptir. Silisce zengin magmanın lav halinde yüzeye çıkarak ani soğuması esnasında, molekül bünyesine bir miktar su alması ile oluşur.

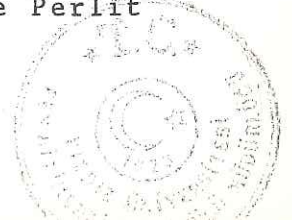
Perlit yataklarına üçüncü tertiar zamanda oluşan volkanik arazilerde rastlanmaktadır. Yüzeyleri daima cilalı ve parlak, renkleri ise bileşimlerini oluşturan minerallere göre değişim gösterir(17).

2.3.3. Nitelikleri

Perliti oluşturan lavın ısı özellikleri, viskozitesi, soğuma hızı ve çevrenin ısısı kayacın yapısını belirler. Bu nedenle perlitin özellikleri cevherden cevhere değişim gösterir.

(16) Short-Kinniburgh, a.g.e., s.259; Uzkut, "Perlit Madenciliği...", s.20.

(17) Kamanlı, "Sarıkamış Perlitleri...", s.150; Taşkın, "Perlitin Tanıtımı...", s.130; Arbatlı, "Türkiye'de Perlit Sanayii ...", s.2.



o Fiziksel özellikleri

Kayaç olarak görünümü kompakt, ince taneli, gözenekli, gevşektir. Kolay kırılabilir, el ile ufalanabilir (Mohs skalasına göre sertliği 5 5-7). Rengi beyaz, siyah ve gri tonlarıdır. Ham perlitin fiziksel özellikleri(18):

Yumuşama noktası	: 800-1100°C
Erime noktası	: 1315-1332°C
pH	: 6.6-8.0
Spesifik ısı	: 0.20
Özgül ağırlık	: 2.2-2.4 gr/cm ³ (2200-2400 kg/m ³)
Serbest mak. % nem oranı	: 0.5
Kırılma indisi	: 1.5
Çözünürlük	: . sıcak derişik baz ve hidroflorik asitte çözünür . derişik mineral asitlerde (% 2'-den az) kısmen çözünür . seyreltik mineral veya derişik zayıf asitlerde (% 91'den az) çok az çözünür

o Kimyasal özellikleri

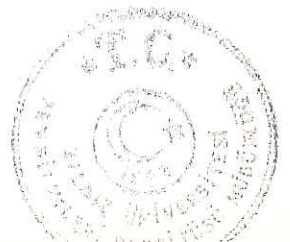
Perlit kimyasal yapı olarak % 90-97 cam, % 10-3 oranında da kristalleşmiş bir mineral türü olan obsidyenden meydana gelir.

Tipik kimyasal analizi şöyledir(19):

Silisyumdioksit	SiO ₂	% 71.0-75.0
Alüminyumoksit	Al ₂ O ₃	% 12.5-18
Potasyumoksit	K ₂ O	% 4-5

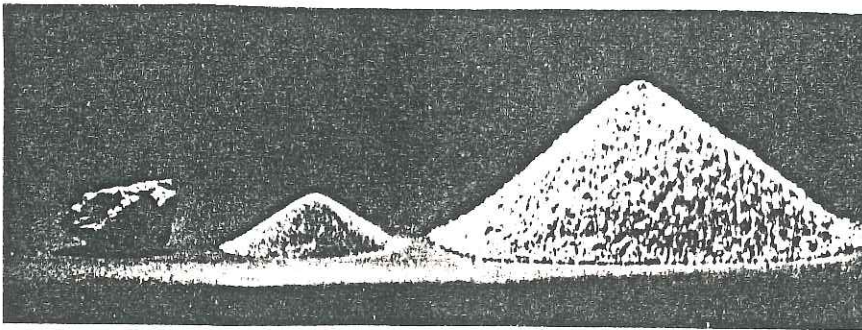
(18) Perlite Institute, "Origin and Characteristics", T.Data Sheet No 1.1.

(19) a.e.

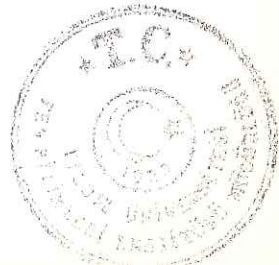


Sodyumoksit	Na_2O	% 2.9-4
Kalsiyumoksit	CaO	% 0.5-2
Demir(III)oksit	Fe_2O_3	% 0.5-1.5
Magnezyumoksit	MgO	% 0.03-0.2
Sülfürtrioksit	SO_3	% 0-0.2
Demiroksit	FeO	% 0-0.1
Krom	Cr	% 0-0.1
Baryum	Ba	% 0-0.05
Kurşunoksit	PbO	% 0-0.03
Su	H_2O	% 2-6
Nikeloksit	NiO	Eser miktarda
Bakır	Cu	Eser miktarda
Bor	B	Eser miktarda
Berilyum	Be	Eser miktarda
Molibden	Mo	Eser miktarda
Arsenikoksit	As_2O_3	0.1 ppm'den az
Serbest silis	Si	% 0-2
Toplam klorürler	Cl^-	Eser ilâ % 0.2
Toplam sülfatlar	$\text{SO}_4^{=}$	Hiç yok

Bünyesindeki molekül suyu, perlitin ısı etkisi ile hacminin 20 katına kadar genişlemesini sağlar. Resim 1'de, ham, elenmiş ve genişlemiş perlit görülmektedir.



RESİM 1- Ham, elenmiş ve genişlemiş perlit



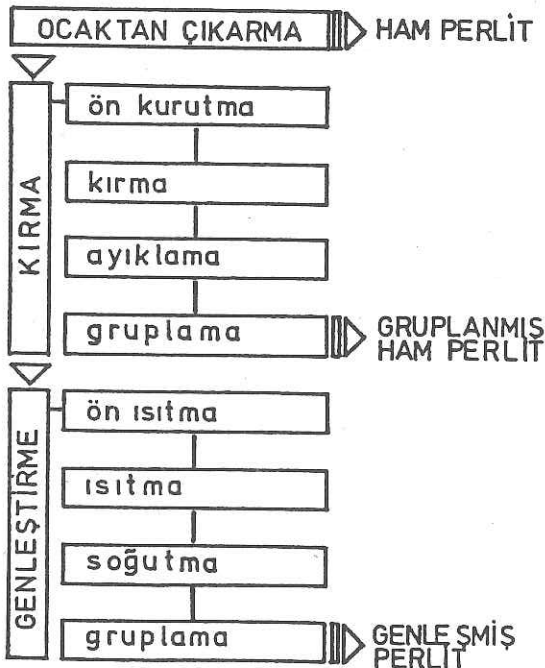
Perlit bünyesinde

- Etkin su; silikat tetrahedrllerinde moleküle bağılı olarak,
- Serbest su; mikroskobik ya da daha küçük yarıklarda bulunur(20).

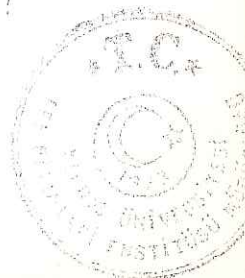
Perlitin genleşmesini sağlayan, bünyesindeki etkin sudur. Perlitin genleşme oranı ve süresi, bünyesindeki etkin suyun moleküller arası dizilişine bağılı olarak değişim gösterir.

2.3.4. Üretim Yöntemi

Perlit üretimi ocaktan çıkarma, öğütme ve genleştirme olmak üzere üç aşamalıdır (Şema 1). Üretim ocağına yakın tesislerde olabileceği gibi -genleşen perlit hacminin 20 kat artması nedeniyle taşıma maliyetlerinde ekonomi sağlamak için- tüketim merkezlerine yakın pilot genleştirme tesislerinde de yapılabilir.



ŞEMA 1- Perlit üretimi



o Ocaktan Çıkarma

Perlit cevheri, açık işletme tekniği ile çıkarılır. Buldozer veya patlatma ile ocaktan çıkarılan ham perlit (tüvenan) kırma ve öğütme tesislerine ulaştırılır.

o Öğütme

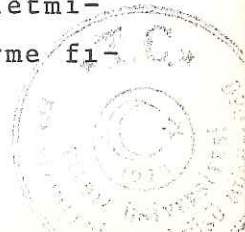
Kırma ve öğütme tesisinde cevher çeneli kırıcılarda parçalanır. Molekül suyu % 1'den fazla ise dönen kurutuculardan geçirilerek istenmeyen su buharlaştırılır. Konik dişli, merdaneli kırıcılarla ince kırma işlemi tamamlanır. İçindeki istenmeyen yabancı maddelerin ayrıştırılması (saflaştırma) için yağ veya kuru yöntemlerden biri uygulanır. Yağ sistemde 1 kısım perlit, 15 kısım su katılarak ayrıştırma işlemi yapılır; ancak bu yöntemde kurutmak için çok fazla enerji gerekir. Kuru sistemde ise hava püskürtülürken istenen perlit tanecikleri de ayrışabilmektedir. Fire oranı % 25 olan bu ikinci yöntem daha ekonomiktir.

Eş büyüklükte genleşmiş perlit elde etmek için belirli ve dar bir aralıkta ham perlit gerektiğinden, kırma ve gruplama işlemlerinde tane büyüklüğü genleştirilecek perlitin kullanılacağı yere göre belirlenir. Örneğin beton agregası için 0.6 - 2.4 mm, sıva agregası için 0.15-0.8 mm, alçı ile kullanılacak ise 0.3-1.2 mm tane büyüklüğünde ham perlit gerekmektedir.

Kayaç, kırma ve eleme ünitelerinden geçirilerek tane boyutlarına göre ayrı ayrı besleme tanklarında depolanır.

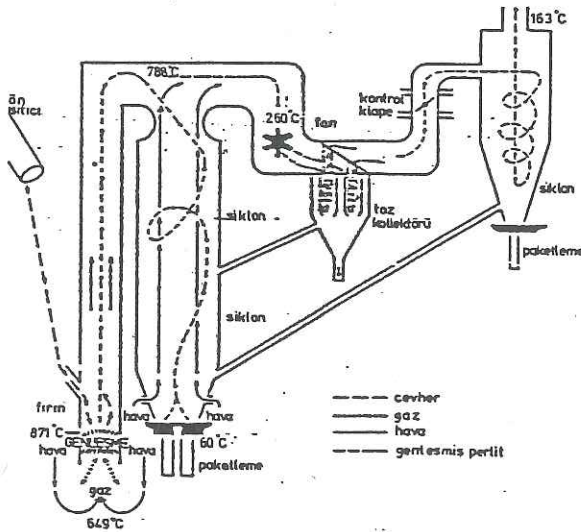
o Genleştirme

Endüstride, perlit genleştirilmesi için döner -yatay veya dikey- sabit fırınlar kullanılır. Isı ile temas kısa süreli olduğundan fırınlar sürekli tiptedir. Isıtmada ürünü kirletmeyecek herhangi bir yakıt türü kullanılabilir. Genleştirme fi-



rını -genleşmeyi sağlayan su yitirilmeden- ham perliti en kısa sürede genleştirme sıcaklığına getirebilmeli ve bu sıcaklıkta tutabilmelidir. Fırında kalma süresi perlitin genleşme yeteneğine ve beslenen tane iriliğine bağlıdır. Eğer taneler dar bir aralıkta değilse, irilerin genleşmesini sağlayan ısı daha küçüklerin eriyerek topaklanmasına, düşük sıcaklık ise büyüklerin içine yeterince ısı nüfuz etmemesine neden olur.

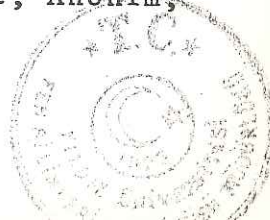
Ürün niteliğine göre, uygun boyutlarda kırılmış ham perlit, genleşme fırınına girmeden önce mekanik olarak bünyesine giren suyun dışarı atılması için bir ön ısıtmayı gerektirebilir. Bu işlem ile yumuşama noktasına yaklaşan ham perlitin fırında daha az kalması sağlanır. Ön ısıtmadan sonra; 760°C üzerindeki fırına enjekte edilir (Şekil 2). Perlit $760-982^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa eriştiğinde plastik duruma geçerek yumuşamaya başlar ve etkin suyundan kurtularak genleşir. Bu olay birçok kaynakta mısır patlamasına benzetilir. Genleşen tanecikler fan tarafından emilerek silolara, büyüklüklerine göre gruplanır ve torbalanır. Açığa çıkan su buharı fan tarafından atmosfere atılır(21).



ŞEKİL 2- Genleştirme fırını(22)

(21) Stanley, Industrial Mineral and Rocks, s.931-932; Anonim, "Perlit Genleştirilmesi...", s.177.

(22) Stanley, a.g.e., s.932.



2.3.5. Dünya'da ve Ülkemizdeki Rezerv Durumu

o Dünya'daki Perlit Kaynakları ve Rezervler

Perlit kaynaklarının(23) yeryüzüne dağılımı incelendiğinde, volkanik kökenli bu gercin genç volkanik hareketlerin oluştuğu bölgelerde yoğunlaştığı görülür. Dünya perlit rezervinin toplandığı volkanik kayaç kuşağı İzlanda'dan başlayarak, Güneydoğu İskoçya, Kuzey İrlanda, Fransız Central dağlık bölgesinden geçer, Almanya ve bazı Ege adalarını içine alır. Japonya, Avusturalya, Yeni Zellanda ve Amerika Birleşik Devletleri de kuşağın üzerindedir(24). Ülkelere göre Perlit rezervi dağılımı Tablo 5'de gösterilmiştir.

TABLO 5- Dünya'daki Perlit Kaynakları(25) (Milyon Ton)

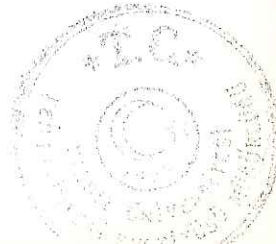
Ülkeler	Rezerv	Diğer	Toplam
U.S.A.	181.200	453.000	634.200
Meksika	4.530	4.530	9.060
KUZEY AMERİKA	185.730	457.530	643.260
Yunanistan	90.600	90.600	181.200
Macaristan	4.530	4.530	9.060
İtalya	4.530	4.530	9.060
U.S.S.R.	453.000	906.000	1359.000
Diğerleri	13.590	49.830	63.420
AVRUPA	566.250	1055.490	1621.740
Japonya	9.060	22.650	31.710
Yeni Zellanda	9.060	13.590	22.650
Türkiye(*)	2886.000	5012.293	7898.293
Diğerleri	9.060	27.180	36.240
ASYA, AFRIKA, OKYANUSYA	2913.180	3075.713	5989.893
DÜNYA TOPLAMI	3665.160	4588.733	8253.893

(*) Türkiye verileri Tablo 6'den alınmıştır.

(23) Kaynak tüm mineral zenginliklerini içerir; rezerv, potansiyel ve bilinmeyen kaynakların toplamıdır. Rezerv; kaynağın varlığı arama çalışmaları ile belirlenmiş olan ve işletilebilirliği, değerlendirme etüdüleri ile saptanmış olan bölümdür. Potansiyel; varlığı belirlenmiş olmakla beraber işletilmesi teknik ve ekonomik nedenlerle günün koşulları altında olanaksız olan kaynaklardır. Caner, Maden Ekonomisi, s.35.

(24) Meisinger, "Perlite", s.6.

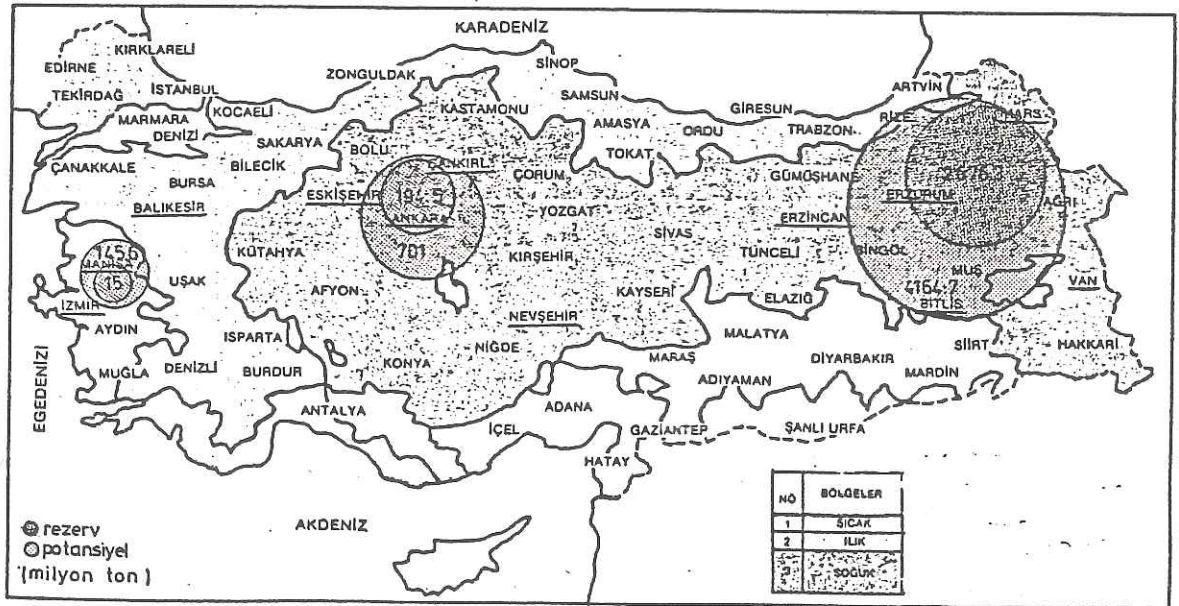
(25) a.e., s.5.



o Türkiye'deki Perlit Kaynakları ve Rezervler

Türkiye'nin 155.000 m²'lik alanı, bir başka deyişle yüzölçümünün beşte biri volkanik kayaa oluşumludur. Volkanik alanlar nitelik açısından bazik, asitik veya nötrdür. Asit bileşimli volkanik alanlar, perlit yatakları açısından zengindirler. Türkiye perlit yatakları; bu alanlar üzerinde, Batı Anadolu, İç ve Doğu Anadolu olmak üzere 3 ana bölgede saptanmıştır. Toplam perlit rezerv ve potansiyel miktarı (Tablo 6) 7.898.050.500 tondur. Bu değere Kars-Göle bölgesinde yer alan ve günün tekno-ekonomik koşullarına göre işletme durumu belirsiz 2 milyar tonluk potansiyel dahildir. Harita 1'de Türkiye'deki perlit rezervinin dağılımı görülmektedir.

Türkiye, Dünya perlit rezervinin % 78'ine sahip bulunmaktadır. Rezerv ve potansiyel ayırımında cevherin niteliği ve taşıma sorunları büyük rol oynar. Madencilikte ekonomik faktörler günün koşullarına göre değiştiğinden, ocaklar işletmeye açılmadan önce çok ayrıntılı verimlilik etüdüleri gereklidir.



HARİTA 1- Türkiye iklim bölgelerine göre rezerv ve potansiyel dağılım

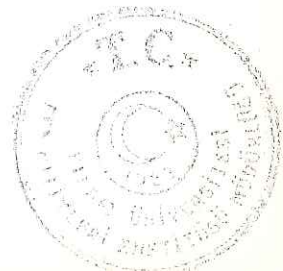
TABLO 6- Türkiye Perlit Potansiyel ve Rezerv Dağılımı (26)

İli	Mevkii	Niteliği	Rezerv (t)	Potansiyel (t)
BALIKESİR	Savaştepe	*		25 780 000
	Sındırgı	*		21 206 000
İZMİR	Şerefhisar		12 000 000	35 000 000
	Cuma Ovası		3 000 000	10 000 000
	Foça			16 100 000
	Bergama			12 900 000
	Dikili			6 975 000
MANİSA	Demirci			17 700 000
BATI ANADOLU			15 000 000	145 661 000
ANKARA	Kızılcahamam	***	40 700 000	2 500 000
	Çamlıdere	**	8 000 000	
	Çubuk	*	11 657 500	8 345 000
ÇANKIRI	Orta İlçesi		132 000 000	
ESKİŞEHİR	Merkez			2 500 000
	Yk. Kalabak		1 000 000	3 000 000
	Seyit Gazi		1 100 000	3 500 000
NEVŞEHİR	Merkez Acıgöl			351 100 000
	Derinkuyu			330 000 000
ORTA ANADOLU			194 457 500	700 945 000
BİTLİS	Tatvan		370 000 000	
	Adilevaz		570 000 000	
ERZURUM	Pasinler	*	292 449 000	94 375 000
ERZİNCAN	Merkez		44 300 000	27 200 000
KARS	Sarıkamış	***		2.043 112 000
	Göle(*)			2.000 000 000
VAN	Ercis	**	1 400 000 000	
DOĞU ANADOLU			2 676 300 000	4 164 687 000
TOPLAM			2 885 757 500	5 012 293 000

* Orta, ** İyi, *** Çok iyi. Diğerlerinin niteliği kaynakta belirtilmemiştir.

(*) Son yapılan projeksiyonlara göre Kars-Göle bölgesinde 2 milyar ton işletilmesi günün teknik veya ekonomik koşulları altında belirsiz olan potansiyel

(26) MTA, a.g.e., 'den oluşturulmuştur.



2.3.6. Dünyada ve Ülkemizdeki Üretimi

o Dünya Perlit Üretim Miktarı

Dünya perlit üretimi için çeşitli kaynaklarda farklı değerler yer almaktadır; sağlıklı, kesin rakamlar elde edilmesi oldukça güçtür. Bunun nedeni Doğu Avrupa ülkelerine ait verilerin bulunmaması yanında, istatistiklerde perlitin hangi durumda (ham, gruplandırılmış, genleştirilmiş, işlenmiş) olduğu belirtilmemesidir. Ayrıca gösterilen rakamların üretim veya tüketim değerleri olması da önemli yanılgılara yol açabilir; çünkü perlit madenden çıkışından son ürün durumuna gelinceye dek ağırlığının % 30-50'sini yitirir. Üretim ve tüketim değerleri birbiriyle karşılaştırılamaz. Tablo 7'de ülkelere göre dünyadaki perlit üretimi verilmiştir.

TABLO 7- Ülkelere Göre Dünya'da Perlit Üretimi(27) (1000 t)

	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>	<u>1981</u>	<u>1982</u>
ABD	581	598	578	535	458
Rusya	360	360	360	360	360
Yunanistan	150	171	148	132	130
Macaristan	92	98	99	99.6	99.6
İtalya	90	90	90	85	80
Japonya	73	75	77	75	75
Meksika	25	42	44	57	55
Çekoslovakya	30	30	40	41.6	40
Türkiye*	26.8	30	25.8	45	121.5
Filipinler	3	4	8	7	7
Avusturalya	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Yeni Zellanda	<u>0.9</u>	<u>1.8</u>	<u>0.9</u>	<u>0.9</u>	<u>0.9</u>
Dünya Üretimi	1433.0	1501.0	1472.5	1439.9	1428.8

*Türkiye verileri DPT verilerine uymamaktadır.

(27) Anonim, Mineral Year Book'dan oluşturulmuştur.



o Türkiye Perlit Üretim Miktarı

Türkiye'de 1970 yılında başlayan perlit üretimi, yılda 50-60 bin tona ulaşmıştır. İzmir, Eskişehir, Erzincan, Kızılcahamam ve Biga yöresindeki perlit yatakları işletilmektedir. Perlit üretimi yapan üç küçük şirkete ek olarak 1979'da işletmeye alınan Etibank Cumaovası Perlit tesisleri de 180 bin ton kapasite ile devreye girmiştir. Tablo 8'de Türkiye perlit üretimi, Tablo 9'da ise üretim hedefleri verilmiştir.

TABLO 8- Türkiye Perlit Üretimi(28) (1000t)

Ana Mallar	1972	1977	1978	1979	1980	1981
Tüvenan perlit	28.971	14.640	36.612	44.084	43.751	22.448
Gruplandırılmış perlit	0.450	3.540	3.830	4.600	7.120	6.895
Genleştirilmiş perlit	4.000	12.136	16.750	18.225	22.736	31.397

TABLO 9- Türkiye Perlit Üretim Hedefleri(29) (1000t)

Ana Mallar	1986	1988	1990	1992
Tüvenan perlit	35.000	65.000	137.000	205.000
Gruplandırılmış perlit	19.000	38.000	69.600	124.000
Genleşmiş perlit (m ³)	95.000	160.000	290.000	520.000

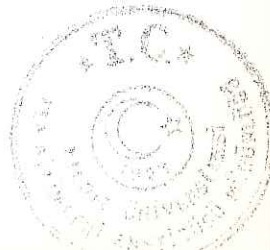
Görülüyor ki yeryüzündeki tüm rezervlerin % 78'ine sahip olan Türkiye'nin üretimi; dünya üretiminin yalnızca % 3'üne ulaşan, oldukça yetersiz bir düzeydedir.

2.3.7. Kullanım Alanları

Perlit endüstri, tarım ve yapı sektöründe kullanım alanı bul-

(28) DPT, "Perlit Raporu", s.290.

(29) a.e., s.305.



muştur. Tablo 10'da görüldüğü gibi dünyadaki en yaygın kullanım alanı yapı sektörüdür. Türkiye için yeterli veri bulunmadığından, ülkemiz bu tabloda yer almamıştır.

TABLO 10- Seçilmiş Ülkelere Göre Perlit Tüketiminin Kullanım Alanlarına Dağılımı (30)

Kullanım Alanı %		ABD	Japonya	İngiltere	Batı Almanya	Kanada
YAPI	İnşaat agregası	57	39	75	75	20*
	Yalıtım	13	4	5*		50
ENDÜSTRİ	Filtre malzemesi	19	15	10*	-	27
	Diğer	16	25	10*	25*	1
TARIM		5	16	-	-	2

*Tahmin.

Kullanım alanlarına göre, genişleştirilmiş perlitin farklı birim hacim ağırlıkları gerekmektedir (Tablo 11).

TABLO 11- Genleşmiş Perlit Birim Hacim Ağırlıklarına Göre Kullanım Alanları (31)

Kullanım alanları		Genleşmiş perlitin birim hacim ağırlığı kg/m ³																			
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200		
YAPI	yüzer dös yap.																				
	sıva agregası																				
	dolgu																				
	prefabrik leha																				
	çatı yalıtım l.																				
	hafif yalıtım betonu																				
ENDÜSTRİ	perlitli bitüm betonu																				
	yalıtım																				
	filtre																				
	döküm kumu katkısı																				
	baca astar malzemesi																				
	sondaç																				
TARIM	su kirliliğini giderme																				
	temizleme yard.mal.																				
	tektüre boyları																				
	substrat																				

(30) MTA, a.g.e., s.5.

(31) Etibank, İnşaat Sektöründe Perlit, s.12.



o Endüstride Kullanımı

Endüstri dallarına göre kullanım alanları aşağıda verilmiştir(32):

- Madencilikte: Döküm kumuna katkı olarak, potada erimiş metalin korunmasında
- Gıda, ilaç ve kimya endüstrisinde: Şarap, bira, likör, meyve suyu, bitkisel yemeklik yağlar, antibiyotikler, boyalar v.b. imalatında süzme elemanı olarak
- Temizleme ve boya endüstrisinde: Dolgu maddesi
- Yağ ve greslerin emdirilmesinde, su kirliliğini giderme, baraj göllerinde su kaybını önlemek amacıyla
- Endüstride ısı yalıtımında; sıvılaştırılmış petrol, doğal gaz, sıvı azot, amonyak, propan, metan, etan, oksijen tanklarının ve 1000°C kadar sıcaklıkta reaktör potalarının yalıtımında

o Tarım Sektöründe Kullanımı

Topraktan iyi verim alabilmek için kullanılan meşe, çam yaprağı, funda toprağı, saman v.b. toprak düzenleyiciler (SUBSTRATLAR) güç bulunur hale gelince son 30 yıldır sentetik toprak düzenleyiciler kullanılmaya başlanmıştır.

Toprak düzenleyicilerden beklenen özellikler:

- Bitkilere zarar vermemesi
- Toprağın kimyasal ve biyolojik dengesini düzenlemesi, en azından bozmaması
- Zaman içinde fiziksel ve kimyasal olarak hızla ayrışmaması
- Uygulama kolaylığı

(32) Perlite Institute, "Perlite in Industry", T. Data Sheet, No 21.

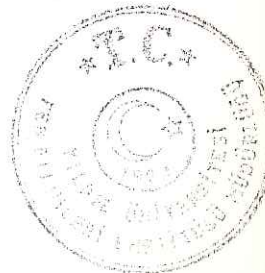


- Ucuz ve bol olması
- Gübre ve gübrelemeye yardımcı olması
- Su gereksinimini minimuma indirmesi

Bu kriterler ışığında başta "seracılık" olmak üzere perlit iyi bir toprak düzenleyicidir.

Perlitin tarımda kullanılması ile sağlanan yararlılıklar:

- Gözenekli yapısı ile yüksek su tutma kapasitesi
- Su kaybını önlemesi
- Toprağın havalanması ve yeterli oksijeni sağlaması
- Azot ve diğer besin maddelerinin depolanması; gerektiğinde depoladığı besinlerle birlikte su ve oksijen vererek bitkinin sabit rejimde beslenmesini sağlaması
- Su ve suda çözünen besleyici maddelerin köklerden uzaklaşmasını önlemesi
- Perlit kullanımıyla her sulamadan sonra çapalama gerekmemesi
- Topraktaki ısı değişimlerinde amortisör görevi üstlenmesi
- Steril oluşu ile bitkiyi haşere ve hastalıklardan koruması
- İnorganik ve nötr olması
- Fiziksel parçalanma dışında önemli ölçüde ayrışma göstermediğinden uzun yıllar ortamda kalması
- Köklendirme sırasında; köklerin zedelenmeden, kolayca çıkarılabilmesi
- Bitkilerin bozulmadan uzun mesafelere gönderilmesi için paketlemede yararlılıklar sağlaması



Bu nitelikleriyle perlit toprağın yapısını istenen yönde değiştirebilir ya da doğrudan yetiştirme ortamı olarak yararlanılabilir.

Tarımda perlit kullanmakla işçilikten, zamandan, gübreden ekonomi yapılarak bitkinin daha iyi şartlarda yetişebileceği ortam oluşturulmaktadır(33).

o Yapı Sektöründe Kullanımı

Yapı üretimindeki kullanımı ve yararları 3. Bölümde kapsamlı olarak ele alındığından, burada yalnızca uygulandığı alanların verilmesi ile yetinilmiştir.

Perlit yapı sektöründe gevşek dolgu gereci, sıva agregası, olarak kullanıldığı gibi çatı yalıtım levhası, yalıtım betonu, tuğla, blok, pano ve çatı örtüsü üretiminde de yaygın biçimde yararlanılarak diğer sektörlerden daha etkin bir kullanım alanı bulmuştur.

(33) Balay, "Perlitin Türk Tarımındaki Yeri...", s.29; Ünver, "Perlitin Tarımda Kullanım Şekilleri", s.8; Şeniz, "Fide Yetiştiriciliği...", s.19.



3. BÖLÜM - YAPI GEREĞİ OLARAK PERLİT KULLANIMI

Hafiflik, yangına dayanım ve yatılım yeteneğinin yüksek oluşu gibi özellikleri nedeniyle perlit, yapıların değişik kesimlerinde yararlanılabilecek çağdaş bir gereç niteliği taşımaktadır.

3.1. GEVŞEK DOLGU

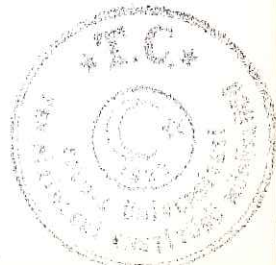
Ocaktan çıkarıldıktan sonra öğütülen ve belirli tane büyüklüğüne getirilip 760°C - 982°C sıcaklıkta genleştirilerek elde edilen beyaz renkli, $80-128 \text{ kg/m}^3$ yoğunluktaki perlit taneleri bağlayıcısız olarak yapıda dolgu gereci işleviyle kullanılmaktadır.

Dolgu gereci olarak kullanılacak ham perlitin elek analizi Tablo 12'de verilmiştir.

TABLO 12- Gevşek Yalıtım Dolgusu İçin Genleştirilecek Ham Perlitin(34) Elek Analizi

	Elek No				
	8	12	16	20	30
Elek açıklığı (mm)	2.38	1.59	1.19	0.84	0.59
Ağırlıkça kalan %	2 - 5	8-15	35-45	77-85	95-98

(34) Etibank, Perlit Dünya ve Yurtiçi ..., s.71.



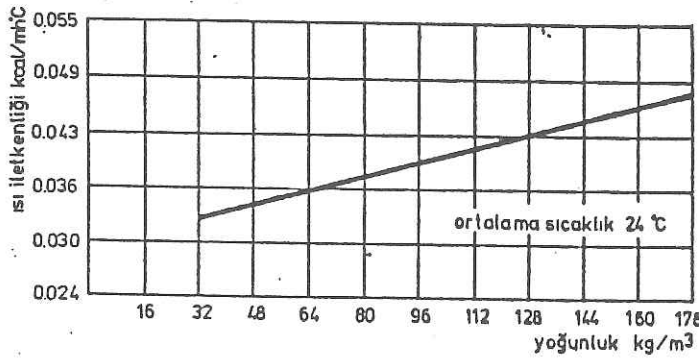
Perlite silikon katılarak su emiciliği önlenir. Tablo 13'de silikonlanmış genleşmiş perlitin tane büyüklüğü dağılımı verilmiştir.

TABLO 13- Silikon Katkılı Genleşmiş Perlitin Tane Büyüklüğü Dağılımı(35)

	Elek No	
	16	100
Elek açıklığı	1.18	0.15
Ağırlıkça kalan %	20	90

Genleşmiş perlit gevşek dolgu agregası olarak -269°C ile $+1093^{\circ}\text{C}$ arasında ısı yalıtımı amacıyla kullanılır. Tablo 14'-de perlitin yoğunluğuna bağlı ısı iletkenlik değerleri verilmiştir.

TABLO 14- Değişik Yoğunlukta Perlit Isı İletkenlik Değerleri(36)



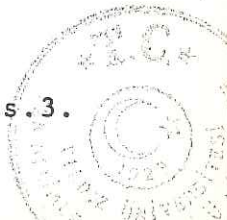
Yalıtım sağlamak için dolgu gereci olarak kullanılan perlit yapıda çeşitli türdeki delikli duvar elemanlarının içinde, duvar boşluklarının arasında veya döşemelerde kullanılır.

3.1.1. Duvarlarda

Silikonlanarak su emiciliği önlenen perlit doğrudan doğruya

(35) ABD Standartlar Enstitüsü, ASTM-C 549.

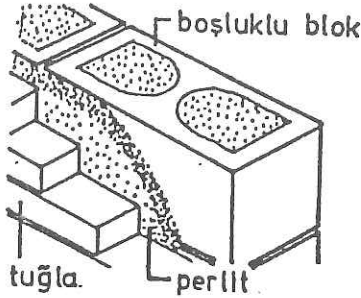
(36) Perlite Institute, "Loose Fill Insulation 1982", s.3.



duvar boşluğuna dökülür. Boşluk oluşturma üç şekilde olur:

a) Boşluklu Duvar

Arada boşluk bırakılarak bir tarafı tuğla, diğer tarafı hafif blok ya da biriket ile örülen duvarlardır (Şekil 3).



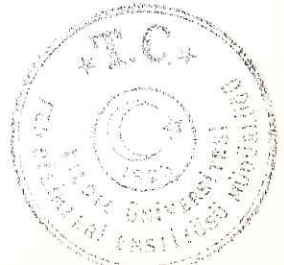
ŞEKİL 3- Boşluklu duvar

Bu tür duvarlarda boşluğu dolduracak gereçten; yeterli ısı tutuculuk, nemi almaması ve kondansasyon suyu oluşumunu engellemesi beklenir. Tablo 15'de boşluk genişliğine bağlı ısı geçirgenlik ve direnç katsayıları verilmiştir.

TABLO 15- Perlit Gevşek Dolgu Yalıtımının Kesit Kalınlığına Bağlı Isı Geçirgenliği/Direnci(37)

Kesit Kalınlığı (cm)	Isı Geçirgenlik K Kcal / m ² h ⁰ C	Isı Direnci m ² h ⁰ C/Kcal
2.5	1.80	0.55
5.0	0.90	1.11
7.5	0.60	1.66
10.0	0.45	2.22
12.5	0.36	2.77
15.0	0.30	3.33
17.5	0.25	4.00
20.0	0.22	4.54

(37) Etibank, a.g.e., s.76.



TABLO 16- Perlit Yalıtımlı ve Yalıtımsız Boşluklu Duvarların Isı Geçirgenliği(38)

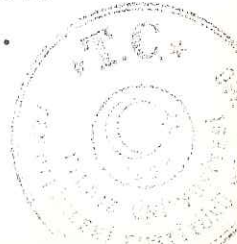
Dış 10 cm	İç	Yalıtımsız	Yalıtımlı Kcal / m ² h°C		
		Kcal/m ² h°C	6.4 cm	7.6 cm	10.2 cm
Tuğla	10 cm tuğla	1.42	54.18	49.02	39.56
	10 cm beton blok	1.47	54.18	49.02	39.56
	15 cm hafif blok	1.13	49.02	43.86	34.40
Kaplama Tuğlası	10 cm beton blok	1.66	59.34	49.02	39.56
	10 cm hafif blok	1.32	54.18	43.86	34.40
	15 cm hafif blok	1.23	49.02	43.86	34.40
Beton Blok	10 cm beton blok	1.52	54.18	49.02	39.56
	10 cm hafif blok	1.23	49.02	43.86	34.40
	15 cm hafif blok	1.17	49.02	43.86	34.40
Taş	10 cm beton blok	1.66	59.34	49.02	39.56
	10 cm hafif blok	1.32	54.18	43.86	34.40
	15 cm hafif blok	1.28	54.18	43.86	34.40

Boşluklu duvarlarda perlit kullanımının amacı:

- Kullanımı kolaydır, boşluklara dökülerek kesintisiz bir yalıtım uygulaması sağlanır
- Harç köprülerinin oluşumunu önleyerek bir duvardan diğer duvara nem geçmesini engeller
- İnorganik olduğundan yangına dayanımı yüksektir
- Hacmi sabit kalır
- İzolasyon tabakasının ısı geçirim direnci ve nem miktarında zamana bağlı hiçbir değişim söz konusu değildir(39).

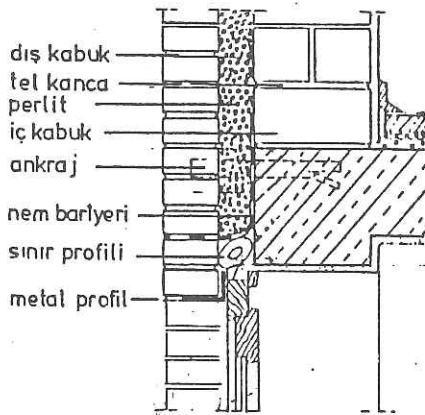
(38) Perlite Institute, "Loose Fill Insulation 1968", s.4.

(39) Woliner, "Das Zweischalige Mauerwerk ...", s.11-12.

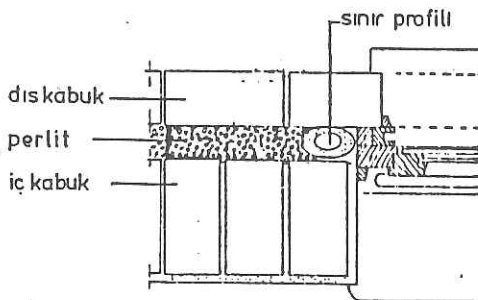


Uygulama biçimi:

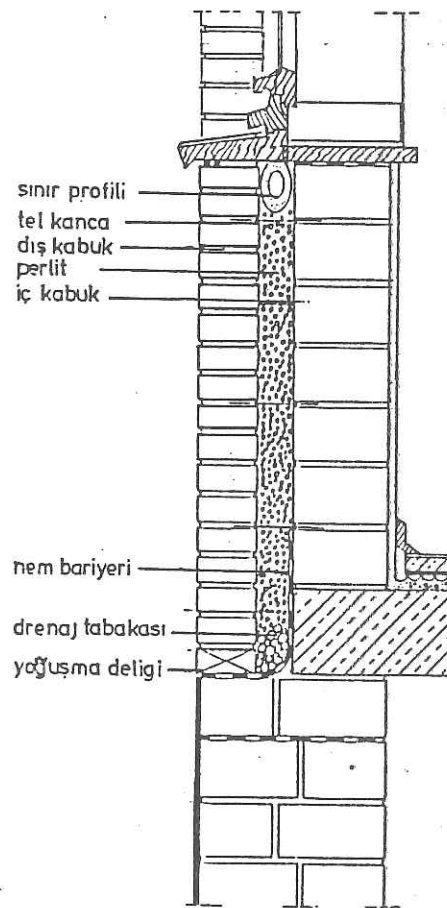
Dolgu olarak genleşmiş perlit uygulamasında, dış kabuğun birinci sırasına nem bariyeri konur ve 30 cm yükseklikte iç duvara yapıştırılır. Nem bariyerinin üzerine suyu uzaklaştırmak için 2 m aralık ile delikler bırakılır. Dış kabuğun ikinci sırası örüldükten sonra boşluk harçtan temizlenir ve 8-16 mm çakıl ile 1.5 tuğla yüksekliğinde drenaj yapılır. Her 3-4 sıra örgüden sonra boşluktaki harçlar temizlenerek harç köprülerinin oluşması önlenir. Hazırlanan boşluklara kuru perlit doldurularak hacminin % 10'unu kadari sıkıştırılarak tel kanca-
cılarla iki kabuk birbirine bağlanır. Bu işleme duvar boyunca devam edilir ve bitim noktası lastik profille kapatılır. Şekil 4'de uygulama örnekleri görülmektedir:



LENTO AYRINTISI

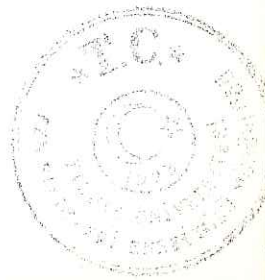


SÖVE AYRINTISI

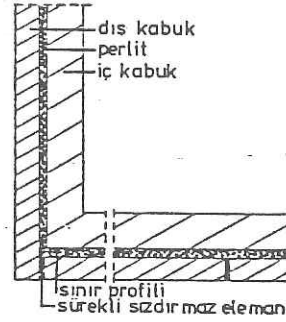
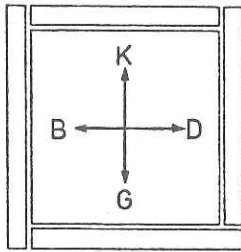


PARAPET AYRINTISI

ŞEKİL 4- Boşluklu duvar uygulama örnekleri



İki kabuklu duvarlarda genleşme derzleri yönlerine göre Şekil 5'-de görüldüğü gibi olmalıdır.

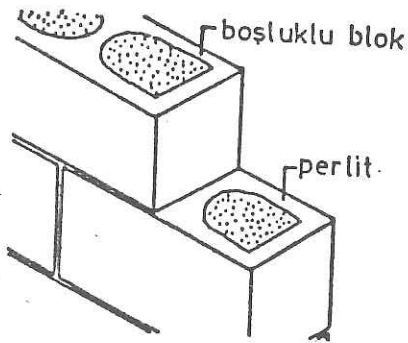


ŞEKİL 5- Boşluklu duvarlarda genleşme derzleri

Mevcut boşluklu duvarlara perlit uygulanmak istendiğinde ise duvarlara açılan deliklerden özel püskürtücülerle dolgu yapılır.

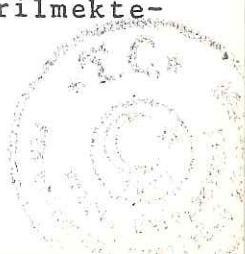
b) Boşluklu Hafif Blok Duvar

Boşluklu hafif blokların boşluklarının perlitte doldurulmasıyla yapılan duvarlardır (Şekil 6).



ŞEKİL 6- Boşluklu hafif blok duvar

Tablo 17'de çeşitli kalınlıklardaki briket duvarın yalıtımlı ve yalıtımsız olarak ısı geçirgenlik değerleri gösterilmektedir.

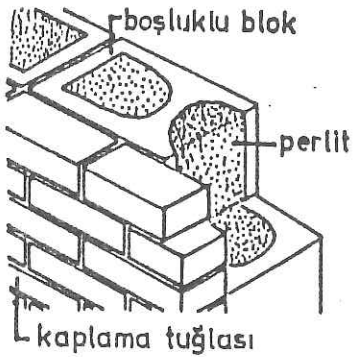


TABLO 17- Boşluklu Beton Blok Duvarların Isı Geçirgenlik Değerleri (40)

Tip cm	Yalıtımsız Kcal/m ² h°C	Yalıtımlı Kcal/m ² h°C
15 hafif	1.77	0.98
20 hafif	1.62	0.73
30 hafif	1.42	0.49
20 kum ve çakıl	2.60	1.66
30 kum ve çakıl	2.37	1.07

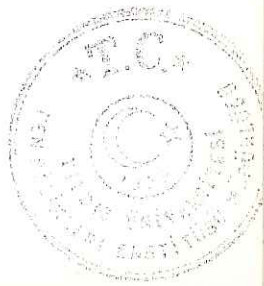
c) Kaplama Duvar

Boşluklu hafif bloktan (briket) örülmüş bir duvara bitişik olarak genellikle yarım tuğla kalınlığında bir "kaplama" duvar örülmesi ile oluşturulur (Şekil 7).



ŞEKİL 7- Kaplama duvar

Tablo 18'de çeşitli boyutlardaki hafif blok ve değişik kaplamalarla oluşturulan duvarların yalıtımlı ve yalıtımsız ısı geçirgenlik değerleri verilmiştir.



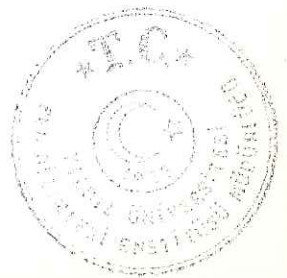
TABLO 18- Kaplama Duvarların Isı Geçirgenlik Değerleri(41)

Kaplama Duvar		Yalıtımsız Kcal/m ² h ⁰ C	Yalıtımlı Kcal/m ² h ⁰ C
İç	Dış		
15.2 cm hafif beton blok	Tuğla	1.48	0.83
	Kaplama tuğlası	1.67	0.88
	10.2 cm taş	1.72	0.94
	6.4 cm terra cotta	1.48	0.83
20.3 cm hafif beton blok	Tuğla	1.32	0.63
	Kaplama tuğlası	1.48	0.69
	10.2 cm taş	1.66	0.69
	6.4 cm terra cotta	1.32	0.64
20.3 cm kum-çakıl beton blok	Tuğla	1.77	1.28
	Kaplama tuğlası	2.06	1.43
	10.2 cm taş	2.17	1.48
	6.4 cm terra cotta	1.77	1.28

3.1.2. Döşemelerde

Farklı düzeylerdeki döşemelerin kotlarını ayarlama, düzeltme betonu olarak, çok katlı yapılarda döşemeden aktarılan darbe seslerini yalıtma, tabanda ve tavandaki ısı kayıplarını önlemek amacı ile kullanılır.

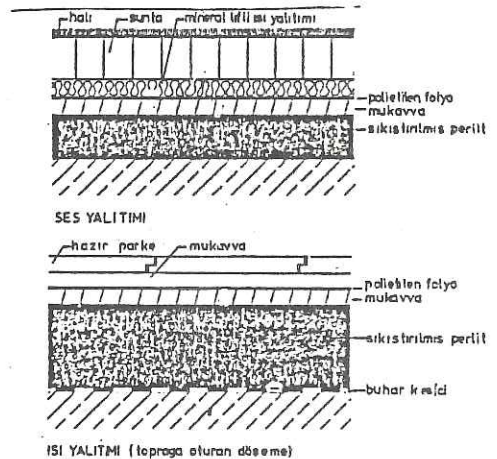
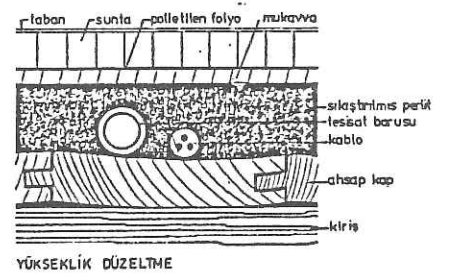
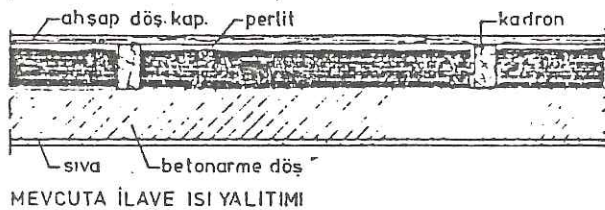
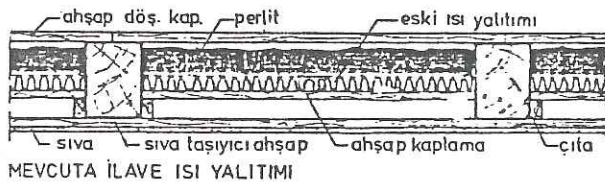
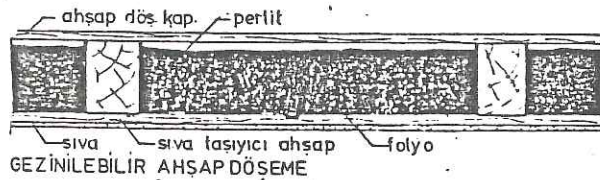
Uygulanacak perlitin birim hacim ağırlığı 70-85 kg/m³ arasında olmalıdır. Sıkıştırma miktarı olarak ihtiyacın % 20 fazlası hesaplanır. Kalınlığı döşeme türüne ve kullanım amacına göre seçilir. Tablo 19'da perlit dolgu döşemeler için önerilen kalınlıklar verilmiştir. 40 mm'den daha kalın uygulamalarda mekanik sıkıştırma uygulanır.



Döşemeye perlit uygulandıktan sonra döşeme kaplaması harç ile yerleştirilecekse üzerine bitümlü mukavva serilir. Şekil 8'de çeşitli döşeme türlerindeki perlit dolgusu uygulama ayrıntıları gösterilmektedir.

TABLO 19- Perlit Dolgu Döşemelerin Uygulama Kalınlıkları(42)

Kuru İzolasyon Maddesi Kalınlığı mm	Çimento+Kum Şapı mm	Mastik Asfalt mm	Alçı Sap mm
25'e kadar	-	-	25
30	30	35	30
40'dan kalın birlikte sıkıştırma	40-45	25-30	35-40

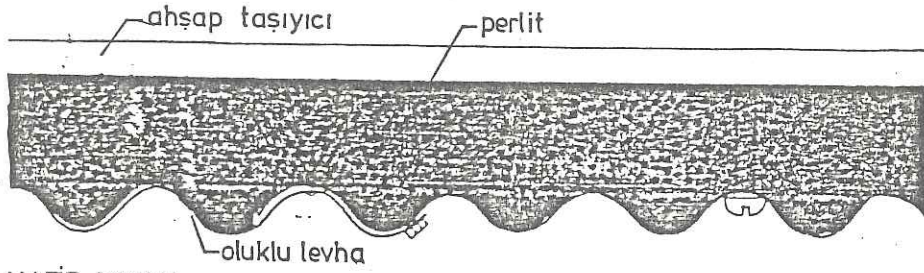


ŞEKİL 8- Döşemelerde perlit dolgu uygulama ayrıntıları

3.1.3. Çatılarda

Oturtma çatılarda, çatı arasına dökülerek veya taban döşemesi kullanılmadan levhalarla örtülen fabrika, tarım yapıları vb. yerlerde ısı yalıtım amaçlı kullanılırlar (Şekil 9).

(42) Anonim, "Perlite Dämmstoff", s.3.



HAFİF TAVAN

ŞEKİL 9- Çatıda perlit dolgu uygulaması.

3.2. YALITIM BETONU

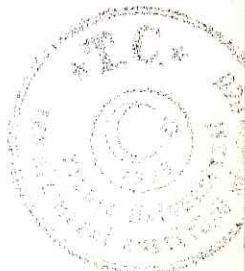
Yalıtım betonu perlit, kum, çakıl gibi agregalar ile çimento, alçı, yapay reçine gibi bağlayıcıların karıştırılmasıyla oluşan ve ısı yalıtıcı katmanların yapımında kullanılan bir beton türüdür.

Değişik beton türlerinin ağırlık ve ısı iletkenlik değerleri Tablo 20, perlitli betonun yoğunluğuna bağlı olarak değişen özelliklerin sayısal değerleri Tablo 21'de gösterilmiştir.

TABLO 20- Çeşitli Beton Ağırlıkları(43)

Cinsi	Agrega Cinsi	Ağırlık kg/m^3	Isı İletkenliği $\text{Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$
Yalıtım betonu	Perlit	320- 640	0.06-0.10
Hafif beton	Genleşmiş kil, cüruf	960-1920	0.20-0.64
Normal beton	Kum + çakıl	2240-2400	1.12-1.48

(43) Perlite Institute, "Insulating Concrete", s.1.



TABLO 21- Perlit Betonun Fiziksel Özelliklerinin Yoğunluğa Bağlı Değişimi(44)

Kuru Yoğunluk kg/m ³	Islak Yoğunluk kg/m ³	Basınç Dayanımı kg/cm ²	Çekme Dayanımı kg/cm ²	Aderans kg/cm ²	Isı İletkenliği Kcal / m ² h ⁰ C
576	808	24.13-34.47	6.20	6.80	0.086-0.100
488	728	15.85-23.44	4.10	4.00	0.077-0.086
432	648	9.65-13.78	3.30	2.10	0.068-0.077
352	584	5.52- 8.61	1.60	-	0.060-0.068

1 m³ perlitli ısı yalıtım betonu için gerekli girdiler Tablo 22'de verilmiştir. Hava sürükleyici adı altında betona karıştırılan Vinsol reçinesi, Forsan BK.7, Tricosal LP gibi katkı maddeleri 1 m³ betona 0.6 lt oranında katılır. Bu maddeler perlit agregasının homojen olarak dağılımını, betonu donma ve çözölmeye karşı dayanıklılığını ve ısı yalıtıcılık özelliğini arttırır.

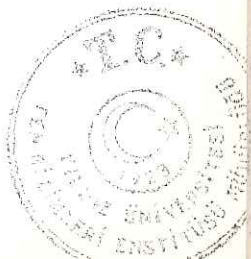
TABLO 22- Çeşitli Karışım Oranlarındaki 1 m³ Perlitli Isı Yalıtım Betonu İçin Gerekli Girdiler(45)

Çimento/Perlit m ³ /m ³ (*)	Çimento kg/m ³	Genleşmiş Perlit Agregası m ³	Karışım Suyu m ³	Hava Sürükleyici Katkı Maddesi m ³
1/8	188	1	0.27	0.004
1/7	215	1	0.27	0.004
1/6	250	1	0.27	0.004
1/5	300	1	0.29	0.004
1/4	375	1	0.30	0.004

(*) Kuru gevşek hacim esasına göre

(44) Etibank, a.g.e., s.31.

(45) Ergen, Perlitli Isı Yalıtım Betonu, s.6.



Perlitli ısı yalıtım betonunun karışım oranlarına göre ısı iletkenlikleri ve basınç dayanımları Tablo 23'de verilmiştir.

TABLO 23- Perlitli Isı Yalıtım Betonu Karışım Oranlarına Bağlı Isı İletkenlik ve Basınç Dayanım Değerleri(46)

Çimento/ Perlit m ³ /m ³ (*)	Taze Betonun Birim Ağırlığı kg/m ³	Beton Kuruduktan Sonraki Birim Ağırlığı kg/m ³	28 Günlük Basınç Dayanımı kg /cm ²	Ortalama Isı İletkenliği Kcal/mh°C	Rötre %
1/7	620±20	400	14	0.084	0.14
1/6	725±20	480	22	0.101	0.16
1/5	800±25	560	34	0.117	0.20
1/4	900±30	640	48	0.133	-

(*) Kuru gevşek hacim esasına göre

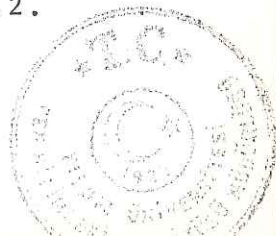
Isı yalıtıcılık yanında belirli ölçüde basınç dayanımının da gerekli olduğu durumlarda, yalıtım betonuna kum eklenmesi gerekebilir. Tablo 24'de perlit ve kum kullanılarak yapılan betonun karışım oranları ve fiziksel özellikleri verilmiştir.

TABLO 24- Perlit ve Kum Kullanılarak Yapılan Betonun Malzeme Karışım Oranları ve Fiziksel Özellikleri(47)

Çimento m ³	Perlit m ³	Kum m ³	Su m ³	Hava Sürükleyici lt	Kuru Birim Ağırlığı kg/m ³	Isı İletkenlik Değeri Kcal / mh°C	Basınç Dayanımı kg /cm ²
1	3	2.2	1.50	3-4	1040	0.26	55.20- 62.10
1	3	2.8	1.10	3-4	1210	0.30	62.10- 82.30
1	1.6	2.5	1.25	3-4	1310	0.34	75.90- 89.70
1	1.1	2.1	1.05	3-4	1400	0.36	158.70-172.50
1	3	1.75	1.15	-	1585	0.41	138.00-151.80

(46) TSE, TS 3649-Perlitli Isı Yalıtımı Betonu ..., s.2.

(47) a.e., s.3.



Bitümlü bağlayıcılar kullanılarak perlitli ısı yalıtım betonu yapımında genleşmiş perlit agregası 120°C'ye kadar ısıtılarak bitumla kaplanır ve sıkıştırılarak uygulanılır. İyi bir su yalıtıcı malzemedir. Teras çatılarda üzeri çakıl tabakası ile örtülerek güneş ısısından etkilenmesi önlenir.

Perlitli ısı yalıtım betonu hazırlanırken, karma işlemi, şantiyede elle veya karıştırıcı ile yapılabilirdiği gibi, şantiye dışında hazırlanıp getirilmesi de mümkündür. Şantiyede elle karıştırılacaksa yarım saatte serilip düzenlenecek miktarda olmalı; perlit önce su ile ıslatılmalı; karışım suyu ve hava sürükleyici ilave edilmeden önce, bu bileşim kuru olarak en az dört kez aktarılacak karıştırılmalıdır(48). Karıştırıcıda hazırlanacaksa hava sürükleyici, çimento, perlit agregası konduktan sonra su ilave edilerek 1-3 dakika karıştırılır. Betonun çökmesi 5-10 cm arasında olmalıdır(49).

Şantiye dışında hazırlanması döner silolu taşıyıcılarda gerçekleştirilecekse hava sürükleyici, çimento ve su karıştırıldıktan sonra perlit agregası ilave edilir. Taşıma sırasında silo hareket ettirilmez; uygulamadan önce 5 dakika karıştırmak yeterlidir(50).

Üretim yöntemlerinden hangisi uygulanırsa uygulansın, suyun gerekenden fazla ilavesi veya karıştırmanın yetersiz olması durumunda betonun niteliği bozulur.

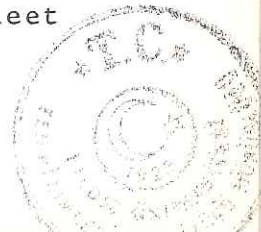
Yerine taşınmış perlit ısı yalıtım betonunun çökmesinde karma noktasındaki çökme değeri ± 3 cm, pompa ile taşındığında ± 5 cm den fazla olmamalıdır(51).

(48) a.e., s.4.

(49) Perlite Institute, "Lightweight Insulating Concrete", s.17.

(50) a.y., "Lightweight Insulating Concrete", T.Data Sheet No 4.3.

(51) TSE, a.g.e., s.4.



Çatı kaplaması ve konstrüksiyonunda, kış ve yaz mevsimleri arasında ortalama 55°C ısı farkı olacağından perlitli ısı yalıtım betonunda, genleşme derzi bırakılmalıdır. Genleşme derzleri 30 m aralıkla ve en az 2.5 cm olacak şekilde düzenlenmeli, detaylandırılırken arada basınca dayanıklı gereç seçilmelidir(52).

Perlit betonunun fiziksel ve yalıtım özellikleri kuru yoğunluk ile kontrol edilir.

Perlitli ısı yalıtım betonunun yoğunluğuna göre(53);

- 640 kg/m^3 ve daha fazla: Isıtılmayan toprağa oturan döşemelerde ve hafif taşıyıcılarda,
- $544\text{-}640 \text{ kg/m}^3$: Yüksek mukavemetli ve basınca dayanımlı olmalarına karşın yalıtım özellikleri yetersizdir. Döşeme dolgularında, hafif taşıyıcı çatı tasarımlarında, giydirme yüzeylerde,
- $384\text{-}544 \text{ kg/m}^3$: Ortalama yalıtım ve mukavemet isteyen yerlerde,
- $384\text{-}448 \text{ kg/m}^3$: Yalıtım değerleriyüksek ve ölü yükleri azaltıcı nitelikte olduklarından hafif taşıyıcı çatı konstrüksiyonlarında, galvanize çelik üzerine kaplamalarda, taşıyıcı beton ve hazır beton üzerine dolgu yapımında,
- $384\text{-}320 \text{ kg/m}^3$: Taşıyıcı mukavemetleri yetersizdir. Toprağa oturan döşemelerde ve drenaj dolgularında kullanılırlar.

(52) Perlite Institute, "Lightweight Insulating Concrete"; s.19.

(53) a.e., s.2.



3.2.1. Döşemelerde

o Toprağa Oturan Döşemeler

Perlitli ısı yalıtım betonu zeminde meydana gelecek ısı kayıplarını önlemek amacı ile kullanılır. Kullanım sırasına göre kum, çakıl dolgusu, buhar kesici, perlitli ısı yalıtım betonu ve döşeme kaplaması uygulanır. Basınca dayanım gerektiğinden perlitli ısı yalıtım betonu, kum ile yapılır.

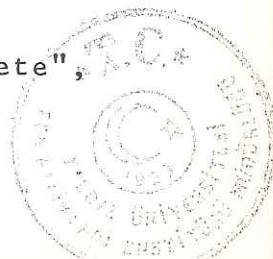
Perlitli beton kullanılan döşemelerde oda sıcaklığı 21°C olduğunda döşeme yüzeylerinin çeşitli dış sıcaklıktaki nem ve ısıları Tablo 25'de verilmiştir.

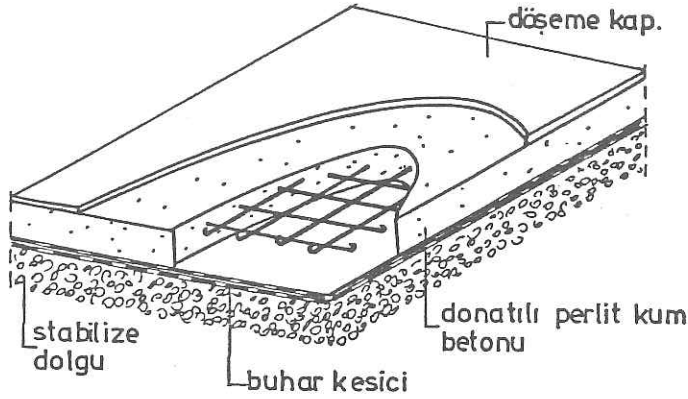
TABLO 25- Döşeme Yüzeylerinin Çeşitli Dış Sıcaklıklardaki Nem ve Isıları(54)

Ortalama Dış Isı $^{\circ}\text{C}$	Döşeme Altı Isısı $^{\circ}\text{C}$	10 cm Perlit - Kum Betonu		10 cm Betonarme Betonu	
		Döşeme Yüzey Isısı $^{\circ}\text{C}$	Maksimum Nem %	Döşeme Yüzey Isısı $^{\circ}\text{C}$	Maksimum Nem %
-20.6	-5.4	13.2	61	5.1	35
- 3.9	-0.9	14.6	66	7.7	42
11.1	11.4	18.2	84	15.3	71
29.4	23.9	22.0	93	22.8	91

Döşemeden ısıtılan yapılarda, ısıtma donanımı perlitli ısı yalıtım betonu üzerine yerleştirilip beton dökülür. Böylece hem ısı kayıpları, hem de toprakla yapı içindeki ısı farkından oluşacak kondansasyon önlenmiş olur. Şekil 10'da uygulama ayrıntısı görülmektedir.

(54) Perlite Institute, "Lightweight Insulating Concrete", s.4.





ŞEKİL 10- Toprağa oturan döşemelerde uygulanması

o Kat Döşemelerinde

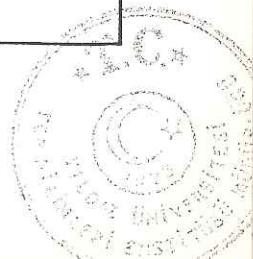
Perlit betonu kat döşemelerinde gürültü kontrolü, döşeme düzeylerini ayarlamak, yüzey döşemelerde ise ölü yükleri azaltmak amacı ile kullanılır.

Şekil 11'de çelik ve ahşap döşemelerde uygulanmasıyla elde edilen ses geçirgenlik ve darbe sesi iletim değerleri verilmiştir.

ÇELİK DÖŞEME		ses geçirgenliği	darbe sesi
	1- 6.35 cm perlit kum betonu (1152 kg/m ³)	48	- 14
	2- 1.9 cm perlit-alçı sıva	48	halı ile + 8
	1- 6.35 cm perlit kum betonu (2368 kg/m ³)	49	- 17
	2- 1.9 cm perlit-alçı sıva	49	halı ile + 11
AHŞAP DÖŞEME			
	1- 4.12 cm perlit kum betonu (1200 kg/m ³)	47	+15
	2- 1.5 cm polietilen		
	3- 1.9 cm alçı pano		

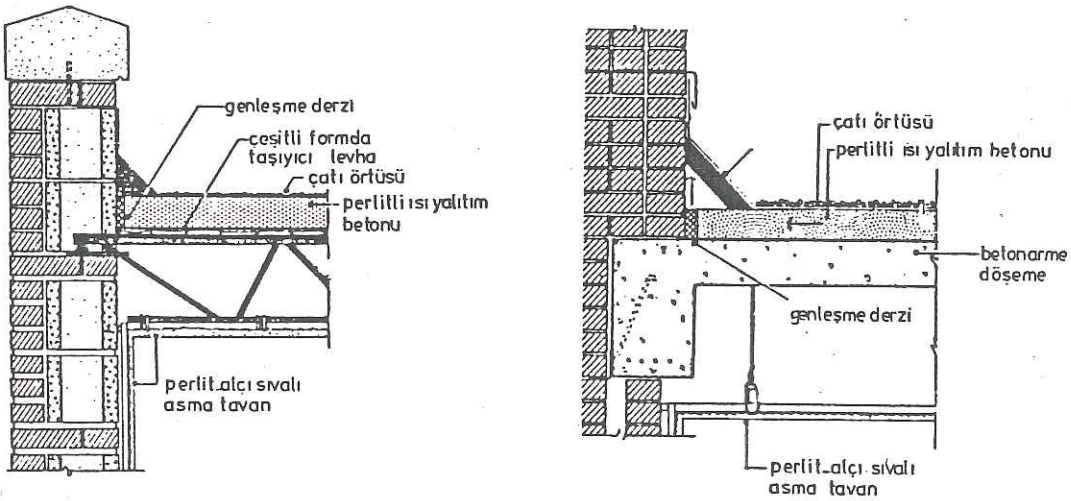
ŞEKİL 11- Kat döşemelerinde uygulanması (55)

(55) Perlite Institute, "Floor Fills", s.11.



nir. Bunun yanında, kesintisiz bir yalıtım tabakası oluşturması, eğimli yüzeylerde çatı biçimine kolaylıkla uyabilmesi, hafifliği nedeniyle ince kabuklu konstrüksiyonlarda da kullanılabilmesi gibi önemli bazı üstünlükleri vardır.

Buhar basıncını dengelemek için, bituma daldırılmış bir eleman perlit betonu ile taşıyıcı beton arasına konur ve üzerine çakıl serilir. Betonda bırakılan genişleme derzlerine bituma emdirilmiş keçe yerleştirilir. Perlitli beton, galvanize oluklu levha biçimindeki çatı kaplaması üzerine de gerekli kalınlıkta dökülerek uygulanır. Şekil 13'de düz çatılarda çeşitli uygulama ayrıntılarından örnekler verilmiştir.



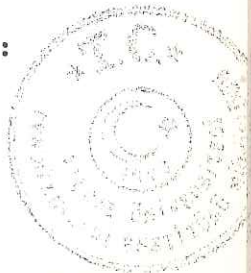
ŞEKİL 13- Düz çatılarda uygulama ayrıntıları

3.3. SIVA AGREGASI

Sıva, bağlayıcı maddeler agregası, katkı maddeleri ve sudan oluşan bir karışımdır. Agregası olarak perlit kullanıldığında zaman perlit sıvası adını alır.

Sıva yapımı için kullanılacak perlitin özellikleri(57):

(57) Etibank, a.g.e., s.1.



Ham perlitin yoğunluğu	1125 kg/m ³
Genleştirilmiş perlitin birim hacim ağırlığı	90-150 kg/m ³
Genleştirilmiş perlitin ortalama hacmi	8 m ³ /ton

dur. Perlitli sıvalar hazır kuru torbalanmış olarak alındığı gibi şantiyede de yapılabilir.

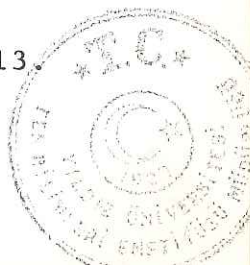
Bağlayıcı olarak kullanım amacına göre alçı, kireç, çimento, çimento kireç veya alçı kireç kullanılır. Tablo 26'da şantiyede hazırlanacak perlitli sıvaların karışım oranlarına göre fiziksel özelliklerinin değişimi gösterilmektedir.

TABLO 26- Perlitli Sıvanın Değişik Karışım Oranlarına Göre Fiziksel Özellikleri(58)

Kullanım Alanı	Çimento		Çimento + Kireç			Alçı + Kireç			Alçı	
	Çimento m ³	Perlit m ³	Çimento m ³	Kireç m ³	Perlit m ³	Kireç m ³	Alçı m ³	Perlit m ³	Alçı m ³	Perlit m ³
Isı Yalıtımı	1	4-5	1	1	8	1	2	3	1	1.5
Nem Korunumu	1	4-5	1	1	8	-	-	-	-	-
Yangına Dayanım	1	4-5	-	-	-	-	-	-	1	1.5-2

o Kullanım Amacı

- Yapıdaki ölü yükleri azaltır. Tablo 27'de görüldüğü gibi perlitli sıvalar normal sıvalara göre % 60 daha hafiftir.



TABLO 27- Çeşitli Sıvaların Birim Ağırlıkları ve Isı İletkenlik Değerleri(59)

Sıva Türü	Birim Ağırlık kg/m ³	Isı İletkenliği Kcal/mh ^o C
Kireç + çimento	1900	0.75
Çimento harcı	2100	1.20
Kireçli alçı, alçı harcı	2200	0.60
Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan sıva- lar ve harç tabakaları	400	0.12
	500	0.14
	600	0.17
	700	0.21
	800	0.25

Örneğin: 1 m² duvar alanına uygulanan ve kalınlığı 2 cm olan sıvalar:

Kireç-çimento	38 kg
Çimento	42 kg
Kireç-alçı	44 kg
Perlit-alçı, perlit-çimento	8-16 kg ağırlığındadır

- Kolay ölçüm, taşıma, karıştırma ve uygulama nedeniyle işçilik maliyetini düşürür.
- Isı yalıtım yeteneği oldukça yüksektir. Tablo 27'de görüldüğü gibi normal sıvalara göre 2-10 kat daha fazla ısı yalıtımı sağlar.
- Ses yalıtım yeteneği de oldukça yüksektir. Tablo 28'de farklı frekanslara göre ses yutuculuk ve ses geçirimsizlik

(59) TSE, TS 825-Yapı Malzemeleri Isı İletkenlik Değerleri ve "Yapı Bileşenlerinin Minimum Isı Geçirgenlik Dirençleri Yönetmeliği"nden oluşturulmuştur.



katsayıları verilmiştir. Sesi emme özelliği nedeniyle de cınlamayı engeller. Bağlayıcı olarak alçı kullanılır.

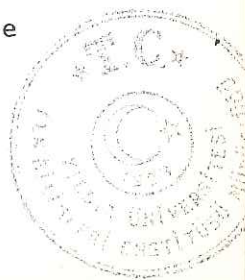
TABLO 28- Perlitli Sıvanın Farklı Frekanslara Göre Ses Yutuculuk ve Ses Geçirimsizlik Katsayıları(60)

Kalınlık	Taşıyıcı Strüktür	Frekanslar						
		125	250	500	1000	2000	4000	NRC
1.8 cm	Metal profil	0.71	0.66	0.76	0.95	0.91	0.85	0.80
0.9 cm	Sert dolu boyalı malzeme	0.03	0.23	0.34	0.57	0.74	0.85	0.45
1.8 cm	Sert dolu malzeme	0.07	0.38	0.70	0.94	0.90	0.80	0.75

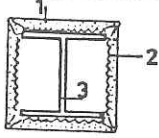
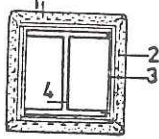
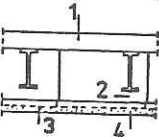
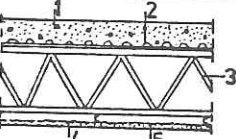
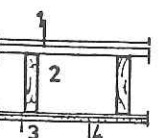
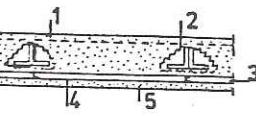
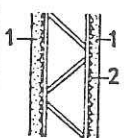
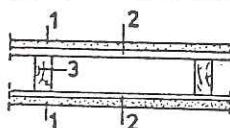
- Yangına dayanım açısından, normal sıvalara göre daha üstündür(61). Direkt alev ve kritik sıcaklıklarda (çelik için 537.7°C , duvar ve taban için 121.1°C) uygulanan yangın testlerinde perlit -alçı veya perlit- portland çimentosu ile yapılan sıvaların alevi bloke ettiği ve ısıyı geç ilettiği tespit edilmiştir. Ateşle karşı karşıya gelince perlitin bünyesinde bulunan kimyasal, bağlı su serbest kalmakta, buharlaşana kadar sıva ısınısını 110°C 'de tutmaktadır. Tablo 29'da gösterilen perlit sıvalı çeşitli uygulama ayrıntıları ile yapı elemanları 4 saat kadar yangından korunabilir. Ayrıca diğer sıvalar gibi yüksek ısıda genleşmediğinden ısı ile alevin geçeceği çatlaklar oluşmaz. Sıvanın kendisi gerek olarak yangına dayanıklı olduğu gibi üzerinde çatlama olmamasıyla yayılmayı engelleyici bir perde işlevi de görür.
- Nemin yoğun olduğu yerlerde (mutfak, hamam, banyo, v.b.) kondansasyonu önlediğinden rahatlıkla kullanılır. Böyle ortamlarda hava akımını düzenleyerek çiçeksimeyi önler.

(60) Gökhan, "İnşaat Malzemesi Olarak Perlit", s.38.

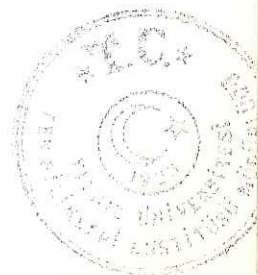
(61) Perlite Institute, "Lightweight Fire Proofing", Fire Retardant Data, s.3.



TABLO 29- Perlit Sıvalı Çeşitli Yapı Elemanlarının Yangına Dayanımı(62)

	KULLANIM BİÇİMİ	YANGINA DAYANIM saat
KOLON	 1- 2cm perlit sıvası 2- sıva teli 3- çelik kolon	4
	 1- 2.5cm perlit sıvası 2- sıva teli 3- alçı levha 4- çelik kolon	3
DÖŞEME	 1- döşeme kap. 2- 7.62 cm boşluk 3- sıva teli 4- 2.5 cm perlit sıvası	4
	 1- 5 cm perlit betonu 2- dalgalı galvanize levha 3- çelik kiriş 4- sıva teli 5- 2.2 cm perlit alçı sıvası	3
	 1- ahşap dōş. kaplaması 2- ahşap kiriş 3- sıva teli 4- 1.5cm perlit sıvası	1.45
DUVAR	 1- 10cm perlit betonu 2- sıva teli 3- 2.5 cm boşluk 4- alüminyum levha 5- 2.5 cm perlit alçı sıvası	4
	 1- 2.5cm perlit sıvası 2- sıva teli	2
	 1- 1.25 cm perlit sıvası 2- 1cm alçı levha 3- ahşap kiriş	1

(62) Perlite Institute, a.g.e.'den oluşturulmuştur.



o Uygulaması

Şantiyede yapılacaksa sırası ile su, hava sürükleyici, bağlayıcı ve perlit agregası katılır. Kullanım amacına uygun perlitli sıva türü seçildikten sonra uygulamada dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır:

- Normal koşullarda (15-18°C ve % 50 bağıl nemde) üretilmektedir.
- 48 saatlik kür uygulanmalıdır.
- İlk kat sıva yeterli dayanım kazandıktan sonra ikinci kata geçilmelidir.
- Çıplak beton yüzeye 22-50 mm, tavanlara 10-20 mm, tuğla yüzeye 30-50 mm kalınlıklarda sıva teli kullanmadan uygulanabilir.
- Isı ve yapısal hareketle oluşabilecek çatlaklar düşünülerek büyük yüzeylerde genleşme derzi bırakılmalıdır.
- Geleneksel sıvalarda olduğu gibi kaba ve ince sıva olarak uygulanır. Çok düzgün yüzeylerde aderansı sağlamak için ek bir kontakt sıva gerekebilir.
- Akustik sıva kalınlığı en az 1.5 cm olmalı ve gözenekleri kapayacak boya uygulanmamalıdır.

3.3.1. Duvarlarda

İç ve dış duvarlarda ısı, ses yalıtımı ve yapı yüklerini azaltmak amacı ile kullanılır.

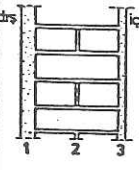
Dış duvarlarda çimento bağlayıcılı; iç yüzeylerde ise amacına göre alçı, kireç veya çimento bağlayıcılarla birlikte uygulanır.

Tablo 30'da çeşitli iç ve dış duvarların, normal ve perlitli sıva ile kaplandığında, ısı geçirgenlik dirençleri ve birim



ağırlıkları verilmiştir(63). Tablodan elde edilen verilerle oluşturulan Grafik I'de, perlitli sıva kullanıldığında, duvar birim hacim ağırlığının azaldığı, buna karşın ısı geçirgenlik dirençlerinin arttığı görülmektedir.

TABLO 30- Birim Ağırlık ve Isı Geçirgenlik Dirençlerine Göre Normal-Perlit Sıvalı Duvar Elemanları

		Kalınlık cm	Birim ağırlık kg/m ²	Isı geçirgenlik direnç m ² hC/kcal		Birim ağırlık kg/m ²	Isı geçirgenlik direnç m ² hC/kcal		Birim ağırlık kg/m ²	Isı geçirgenlik direnç m ² hC/kcal
	39NT 1.3cm çimento kireç sıvası 2.39 cm Normal tuğla 3.2cm kireç kum sıvası	44	647	0.80	P39NT 1.3cm perlitli dış sıva	596	1.02	P39NTP 1.3cm perlitli dış sıva 3.2cm perlitli iç sıva	566	1.16
	29NT 2.29cm Normal tuğla	34	507	0.60	P29NT	456	0.82	P29NTP	426	0.96
	19NT 2.19cm Normal tuğla	24	367	0.41	P19NT	316	0.63	P19NTP	286	0.77
	9NT 2.9cm Normal tuğla	14	227	0.22	P9NT	176	0.44	P9NTP	146	0.58
	29DT 1.3cm çimento kireç sıvası 2.29cm Delikli tuğla 3.2cm kireç kum sıvası	34	391	0.77	P29DT 1.3cm perlitli dış sıva	390	0.99	P29DTP 1.3cm perlitli dış sıva 3.2cm perlitli iç sıva	310	1.13
	19DT 2.19cm delikli tuğla	24	291	0.52	P19DT	240	0.75	P19DTP	210	0.89
	13.5DT	18.5	236	0.38	P13.5DT	185	0.61	P13.5DTP	155	0.74
	8.5DT	13.5	186	0.26	P8.5DT	135	0.49	P8.5DTP	105	0.62
	SNT 1.3cm çimento kireç sıvası 2.9cm Normal tuğla 3.5cm boşluk 4.19cm Normal tuğla 5.2cm kireç kum sıvası	38	493	0.73	PSNT	582	0.95	PSNTP	412	1.09
	SDT 2.8.5cm delikli tuğla 4.19cm delikli tuğla	37.5	376	0.88	PSDT	325	1.11	PSDTS	295	1.24

(63) TSE, "TS 825"; "Yapı Bileşenlerinin Minimum Isı Geçirgenlik Dirençleri".

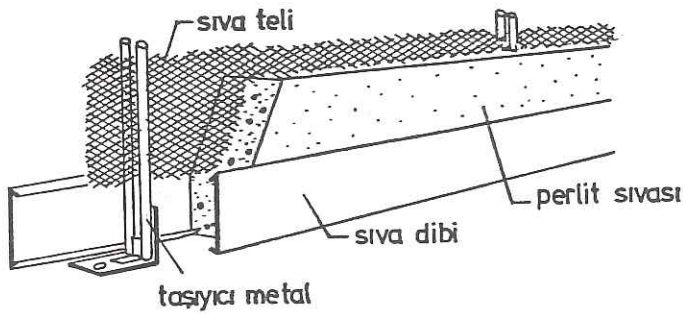


tilarak daha yoğun ve dayanıklı hale getirilmiştir. Tablo 31'-de karışım oranları ve fiziksel özellikleri verilmiştir.

TABLO 31- Perde Duvar Sistemi İçin Karışım Oranları ve Fiziksel Özellikleri(64)

Basınç Dayanımı kg/cm ²	Isı İletkenliği Kcal/mh ⁰ C	Kuru Ağırlık kg/m ³	Karışım Oranları (Hacimce)					Islak Ağırlık kg/m ³
			Çimento Torba 113 lt	Perlit m ³	Su lt	Hava lt	Asbest Elyaf kg	
105	0.19	913	1	0.085	32	0.57	0	1281
105	0.19	881	1	0.113	32	0.57	1.36	1201

Hafif olduğundan yapının ölü yüklerini azaltır; dolayısıyla ekonomiktir. Yanmayı geciktirir, ek yalıtım gerektirmez, tasarımı kolaylığı sağlar(65) (Şekil 14).



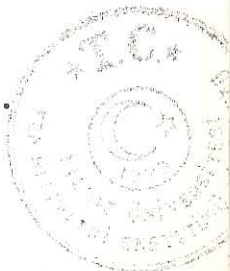
ŞEKİL 14- Perde duvar uygulaması

3.4. DİĞER KULLANIM ALANLARI

Perlit agregası, amacına uygun çeşitli bağlayıcılarla birleştirilerek boşluklu ya da dolu bloklar, panolar, çatı yalıtım

(64) Etibank, a.g.e., s.61.

(65) Perlite Institute, "Perlite Plaster Agregate", s.2.



levhaları, çatı örtüsü gibi değişik yapı gereçlerinin üretiminde etkin biçimde kullanılabilir.

3.4.1. Blok ve Panolar

Dış ve iç duvarlarda kullanılmak üzere üretilen hazır duvar elemanları, bağlayıcılarına göre gruplanırlar:

o Çimentolu Perlit Bloklar

Perlit agregası, çimento, katkı maddeleri ve su ile yapılan; dış duvarlarda kullanılabilen, bu tür hazır duvar bloklarının özellikleri şunlardır(65):

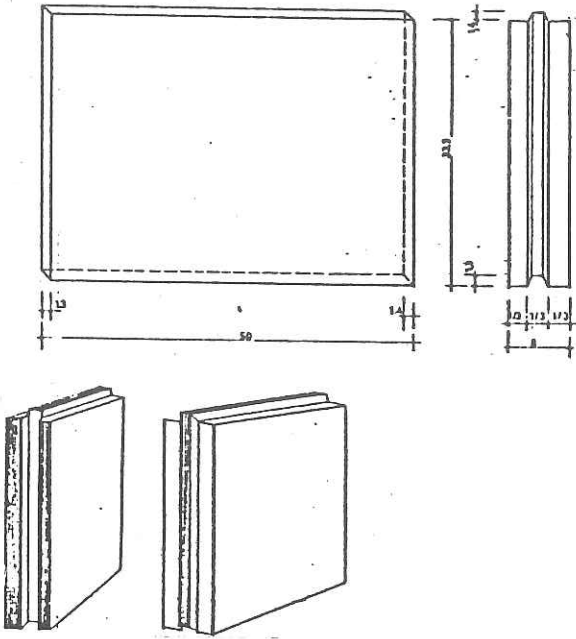
Boyutları

en	: 33.3 cm
boy	: 50 cm
kalınlık	: 8, 10, 12 cm
Isı iletkenliği	: 0.16-0.25 Kcal/mh°C
Sıkışma dayanımı	: 35-50 kg/cm ²
Ağırlık	: 12-15 kg/adet
Birim ağırlık	: 72-90 kg/m ²
İşlenebilirlik	: El aletleri ile kesilebilir ve yontulabilir

Çimentolu perlit bloklar dış duvar elemanı olarak kullanıldığında yalıtım özelliği nedeniyle ısınma giderlerinde, kalınlığının azlığı ile yapı kullanım alanında, hafifliği ile de taşıyıcı sistem kesitleri ve buna bağlı maliyetlerde önemli ekonomi sağlarlar. Blokların birleşme yüzeyleri lamba zıvanalıdır (Şekil 15). Birbirine geçirildikten sonra araları kendi harcı ile kapatılır.

(66) Etibank Cumaovası tesislerinde üretilen blok boyutları.





ŞEKİL 15- Perlitli alçı blok ayrıntısı

o Alçılı Perlit Bloklar

Alçı blok bölme duvarları alçı, perlit, katkı maddeleri ve su kullanılarak yapılan hazır yapı elemanlarıdır.

Boyutları çimentolu bloklarla aynıdır. Nitelikleri:

Isı iletkenliği : $0.15 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$

Sıkışma dayanımı: $40-90 \text{ kg/cm}^2$

Ağırlık : $9-12 \text{ kg/adet}$

Birim ağırlık : $56-72 \text{ kg/m}^2$

Ateşe dayanım : 90 dakika

Ses iletkenliği : 32 db

İşlenebilirlik : El aletleri ile kesilebilir ve yontulabilir

Sıva gerektirmez, boyanabilir, doğrudan su etkisinde kalmayan yerlerde kullanılabilir.



o Alçılı Perlit Panolar

Alçılı perlit panolar, yüksekliği tavan yüksekliğinde olan, genellikle hafif ve tesisat döşeme amacı ile gövdesinde düşey silindirik boşluklar bulunan, kenarları düz veya lamba-zıvanalı bölme duvar elemanlarıdır. 1 m^3 alçılı perlit bölme duvarı elde etmek için 1 m^3 genleştirilmiş perlit, 460-465 kg yapı alçısı 300-310 lt su gerekir. Yerleştirilmiş perlitin yoğunluğu $8-150 \text{ kg/m}^3$ 'dür(67). Nitelikleri:

Boyutları

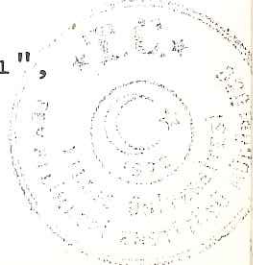
en	: 60 cm
boy	: 250-300 cm
kalınlık	: 6, 8, 10, 12 cm
Sıkışma dayanımı	: $40-50 \text{ kg/cm}^2$
Ateşe dayanımı	: 60 dakika
Ağırlık	: 76 kg
Birim ağırlık	: 42 kg/m^2
Ses iletkenliği	: 28-30 dB
İşlenebilirlik	: El aletleri ile kesilebilir ve yontulabilir, sıva gerektirmez, boyanabilir, doğrudan su etkisinde kalmayan bütün mekânlarda kullanılabilir

Bölme panolar tavan, kapı-pencere kasası ve bitişlerde metal veya ahşap yardımcı elemanlar kullanılarak uygulanırlar.

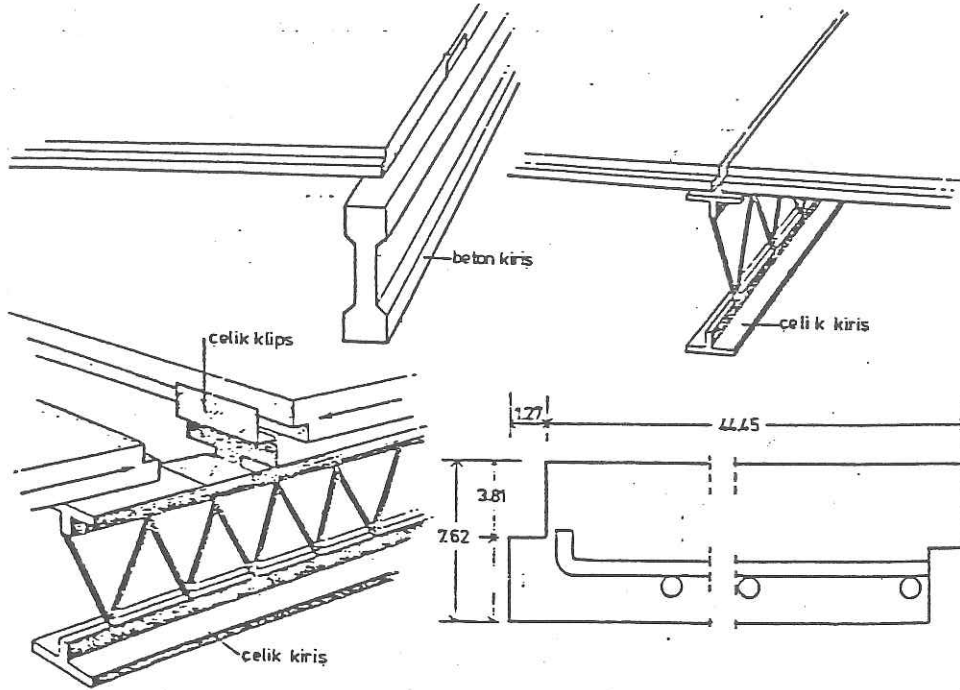
3.4.2. Çatı Yalıtım Levhaları

Hazır kırıış veya çelik konstrüksiyonlu çatılarda, seçilen kaplama gerecinin altına uygulanan perlitli yalıtım levhaları, özellikle endüstri yapılarındaki geniş çatı yüzeylerinin yalıtımında ekonomiktir. Her sıcaklık ve nem oranında uygulanabilir; bakım gerektirmez. Beyaz renkli bitmiş bir akustik tavan oluşturur. Başka bir izolasyon tabakası gerektirmez.

(67) TSE, "TS 3682-Alçılı Perlit Bölme Duvarı Elemanları", s.3.



Montajdan hemen sonra çatı kaplaması uygulanabilir(68) (Şekil 16).



ŞEKİL 16- Çatı yalıtım levhası

3.4.3. Tuğlalar

Tuğla içine belli oranlarda, perlit katılarak birim ağırlık ve ısı iletkenliği düşürülür. Tablo 32'de perlit karışım oranlarına bağlı duvar ağırlığı ve ısı iletkenlik değerleri verilmiştir.

(68) Perlite Institute, "Kurtz Precast Perlite Plank", s.2.



TABLO 32- Perlit Katkılı Tuğla Duvar(69)

Karışım Oranı Perlit/Toprak	Duvar Ağırlığı kg/m ²	Duvar Kalınlığı cm	Isı İletkenliği Kcal / m ² h°C
1/6	320	16.8	0.39
1/4	280	14.5	0.33
1/2	255	14.2	0.33
1/1	196	11.8	0.27
2/1	181	11.1	0.25

3.4.4. Çatı Kaplamaları

19.yy. ortalarında Avrupa'da başlayan beton kiremit üretimi giderek yaygınlaşmış, 1900'lerde İngiltere'de renkli pigment eklenmesiyle toprak kiremit görüntüsü verilmiştir.

Perlit agregası, portland çimentosu, sentetik demiroksit pigmenti, polyester lifleri ve suya mukavemetini arttıran katkı maddeleri ile yapılan çatı kaplama levhalarının 1 m²'si 31.1 kg ağırlığındadır(70). Dona karşı dayanıklıdır, sıcak ve rutubetli iklimlerde çürümez, bozulmaz, yıldırım, elektrik kontağı ve yangına dayanımlıdır. Kullanıma başlanması üzerinden henüz 50 yıl geçmemesine karşın deneylerde 50 yıllık ömrü olduğu ortaya konmuştur(71).

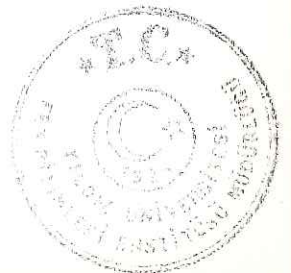
3.4.5. Seramik Karolar

Akışkanlığı sağlayan madde olarak kullanılan perlitin işletmede yararlanılmayacak boyuttaki (0.3 mm) taneleri atılmayıp tekrar öğütülür.

Kil, su ve perlit 1:1:1 oranında karıştırılarak çeşitli büyüklükte karolar halinde 400 kg/cm² basınç altında, 1060°C'de

(70) Normal kiremitin m² ağırlığı: 54.4 kg.

(71) Anonim, "Concrete Tiles ...", s.750-752.



pişirilir. Nitelikleri(72):

Sinterleşme % 66

Su emiciliği ağırlık olarak % 1.5

Yoğunluk 2.37 gr/cm^3

Eğilme mukavemeti 358 kg/cm^2

Asite dayanımı 0.6



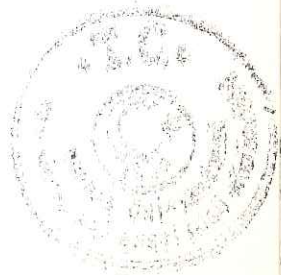
4. BÖLÜM - HAFİF DUVAR ELEMANININ YAPI MALİYETİNE ETKİSİNİN SAPTANMASI İÇİN BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Yapı maliyetinin optimum düzeye indirilmesi, tasarım aşamasında yapılacak ön çalışmalarla sağlanabilir. Bu da doğrudan yapım sistemi ve gereç seçimi ile gerçekleştirilebilir.

Gereç seçiminde, istenen bütün nitelikleri sağlayan seçeneklerin karşılaştırmalı olarak, yapı maliyetine etkisini belirleyecek bir yöntem, avan proje aşamasında tasarımcıya, sağlıklı karar verme olanağını sağlar.

4.1. HAFİF DUVAR ELEMANININ YAPI MALİYETİNE ETKİSİ

Gereç seçiminde, kullanıcı gereksinimlerine cevap veren, istenen niteliklerden özveride bulunmamak koşulu ile maliyeti azaltan gerecin, hafif yapı gereçleri olduğu varsayımı kabul edilmiştir. Böyle hafif gereçlerin yapıda kullanımı özellikle, taşıyıcı sistemi doğrudan etkiler. Bu noktadan hareketle, yapı ağırlığının azaltılması da seçilecek duvar elemanının, taşıyıcı sisteme olan etkisi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.



4.1.1. Duvar Elemanı Kalınlığının Yapı Maliyetine Etkisi

4.1.1.1. Kalınlığın Belirlenmesi

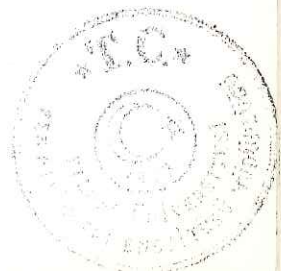
Duvar elemanı, çeşitli gereç, parça ve bileşenlerin biçimlendirilmesi ile bir araya getirilerek mekanların sınırlandırılması işlevini fiziksel olarak karşılar.

Duvar elemanı, iç ile dış veya iç mekanları sınırlandırarak ortamdan istenen özellikleri sağlar. Duvar elemanından beklenen nitelikler aşağıda sıralanmıştır(73):

- . Güvenlik: Dayanıklılık, sağlamlık, yangına dayanım, darbeye dayanım, v.b.
- . Kullanılabilirlik: Isı ve ses yalıtımı, aydınlık, havalandırma, nem ve yağmurdan korunma,
- . Kalıcılık: Aşınmaya dayanıklılık, hava şartlarına dayanıklılık, v.b.
- . Uygulanabilirlik: Taşıma, şantiyede depolama, montajda kolaylık, v.b.
- . Bakım: Kalıcılık ve bakım işlemleri.

Duvar kalınlığının saptanmasında, sadece ısı yalıtımı için uyulması gereken zorunluluklar ele alınmıştır. Yapılarda ısı kayıplarına karşı alınacak önlemler bölgelerin iklim koşullarına göre değişmektedir. Bu durum göz önüne alınarak, Türkiye üç iklim bölgesine ayrılmıştır (Harita 1). Bölgelere göre duvar elemanından istenen ısı geçirgenlik dirençleri Tablo 33'de verilmiştir. Duvarı oluşturan katmanların, ısı geçirgenlik dirençleri toplamının Tablo 33'deki değerleri aşması gereği, duvar elemanı kalınlığını belirleyen etkenlerden biridir.

(73) Özkan, Yapım Sistemlerinin Seçimi ..., s.191.



TABLO 33- Duvar Elemanlarının İklim Bölgelerine Göre Sahip Olması Gereken En Az Isı Geçirgenlik Dirençleri ($m^2h^0C/Kcal$)(74)

		<u>I. Bölge</u>	<u>II. Bölge</u>	<u>III. Bölge</u>
Dış duvarlar		0.47	0.70	0.92
Merdiven evi duvarları		0.25	0.40	0.50
Dış duvarlar (300 kg/m ² 'den küçük)	300	0.47	0.70	0.92
	200	0.50	0.85	1.10
	150	0.55	1.00	1.30
	100	0.70	1.30	1.70
	50	1.00	1.80	2.30
	20	1.30	2.50	3.00

Ağırlık ve ısı geçirgenlik değerlerine bağlı oluşturulan Tablo 30 ve Grafik I incelendiğinde, ısı iletkenlik değerleri küçük katmanlardan oluşan duvar elemanları, daha az kalınlık ve ağırlıkla istenen şartları sağladıkları görülmektedir.

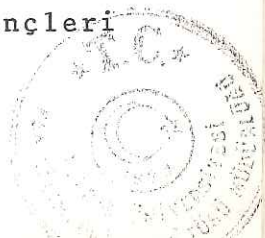
4.1.1.2. Duvar Elemanı Kalınlığının Yapı Alanına Etkisi

Bir yapıda mekanları sınırlayan duvar elemanları kalınlıklarının küçülmesi ile yapı alanında azalma sağlanır.

Özellikle inşaat mühendislerince -deprem etkisinin azaltılması için- tasarlanan plan biçimlerinin basit geometrik biçimlerde ve çoğunlukla dikdörtgen formda olması istenir. Bu nedenle Şekil 17'de görüldüğü gibi her bir mekan biriminin plandaki konumu üç biçimde olabilir.

- 1- Dört tarafı iç mekanla
- 2- Üç tarafı iç mekan , bir tarafı dış mekanla
- 3- İki tarafı iç mekan, iki tarafı dış mekanla sınırlı

(74) "Yapı Bileşenlerinin Minimum Isı Geçirgenlik Dirençleri Yönetmeliği".



Bir tarafı iç mekan, üç tarafı dış mekanla sınırlı mekan biçimi kompakt bir yapı biçimi vermediği için, bu çalışmada incelenmemiştir.

	A ₁	A ₂	A ₃
B ₁	3	2	3
B ₂	2	1	2
B ₃	3	2	3

ŞEKİL 17- Mekan tipleri

A, B bir mekan biriminin net boyutları, fonksiyona göre minimum ölçülerde tasarımcı tarafından belirlenir.

o 1 No'lu Mekan Tipinde (Dört Tarafı Mekanlarla Sınırlı) Yapı Alanı Azalma Oranı

Karşılaştırılan iki duvar elemanının kalınlıkları ile oluşturulan mekanın yapı alanları farkının net alana oranı (EK 1a)

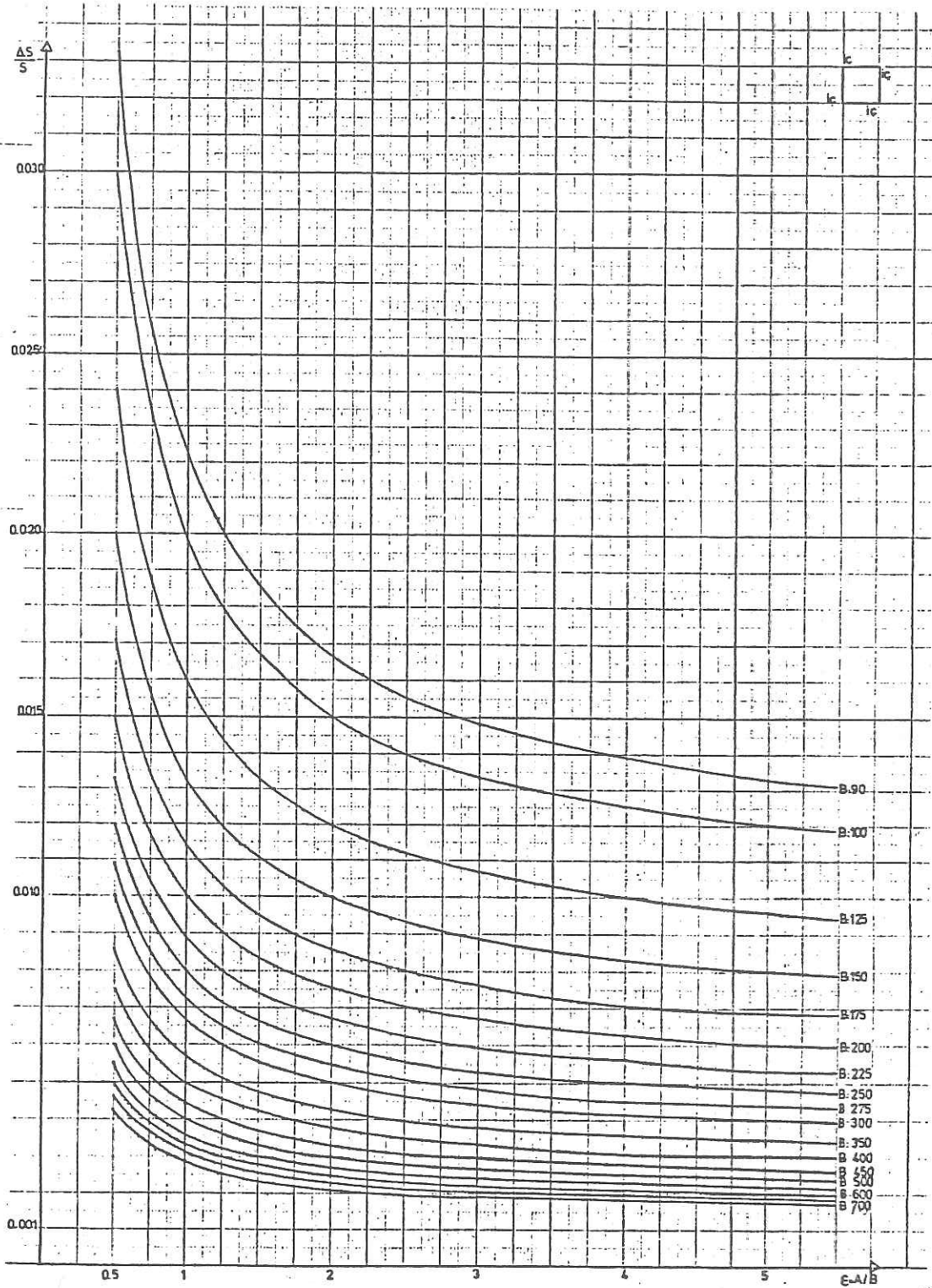
$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{1}{B} \left(1 + \frac{1}{\epsilon} \right)$$

olarak bulunur.

2, no'lu seçenek ile daha az yapı alanına gereksinim vardır.

Grafik 1a'da, hesaplanan net mekanın kenar oranı ($A/B = \epsilon$), x ekseninde işaretlenerek x eksenine bir dik çizilir, eğriyi kestiği noktanın y değeri, $d_1 - d_2 = 1$ için, yapı alanı azalma oranıdır. Elde edilen değer, karşılaştırdığımız duvar elemanı kalınlıkları farkı ile çarpılarak yapı alanındaki azalma oranı bulunur. Bu değer net alanla çarpılarak, seçilen d_2 ile yapı alanındaki azalma miktarı hesaplanır.

Mekanın dört tarafı da dış ise bulunan ($\Delta S/S$) yapı alanı azalma oranı iki ile çarpılır (Grafik 1a).



GRAFİK 1a- 1 nolu mekan tipinde yapı alanı azalma oranı



Örnek 1

1 nolu mekan tipinde, perlitli alçı pano ile çeşitli duvar elemanları karşılaştırılarak yapı alanına sağladığı yararlılık (ΔS) hesaplanmıştır.

$$d_2 = 0.06 \text{ m}$$

$$S = 3 \times 5 = 15 \text{ m}^2$$

Yapı alanı azalma oranı: $d_1 - d_2 = 1$ için $\left(\frac{\Delta S}{S}\right) = 0.52$, Grafik 1a'dan) seçenekler:

Seçenekler	d_1 (m)	$d_1 - d_2$	$\frac{\Delta S}{S} (d_1 - d_2)$	$\Delta S (\text{m}^2)$
İki yüzü sıvalı 9 cm normal tuğla	0.13	0.07	0.036	0.54
İki yüzü sıvalı 8.5 cm delikli tuğla	0.12	0.065	0.034	0.51
İki yüzü sıvalı 13.5 cm delikli tuğla	0.17	0.115	0.059	0.89

Örnek 2

II. iklim bölgesinde perlit sıvalı dış duvar elemanı ile diğer seçenekler karşılaştırılarak yapı alanına sağladığı yararlılık (ΔS) hesaplanmıştır.

Yapı alanı

$$S = 10 \times 10 = 100 \text{ m}^2,$$

karşılaştırılacak duvar elemanı iki tarafı perlit sıvalı 13.5 cm delikli tuğla

$$d_2 = 0.185 \text{ m dir.}$$

Mekanın dört tarafı dış olduğundan Grafik 1a'dan bulunan 0.2 değerinin iki katı alınarak yapı alanındaki azalma oranı hesaplanır:



$$\frac{\Delta S}{S} = 0.2 \times 2 = 0.4 \quad (d_1 - d_2 = 1 \text{ için})$$

Seçenekler	d_1 (m)	$d_1 - d_2$	$\frac{\Delta S}{S} (d_1 - d_2)$	$\Delta S (m^2)$
İki tarafı sıvalı 39 cm normal tuğla	0.44	0.255	0.076	7.6
İki tarafı sıvalı 29 cm delikli tuğla	0.34	0.155	0.046	4.6
İki tarafı sıvalı normal tuğla boşluklu duvar	0.38	0.195	0.058	5.8
İki tarafı sıvalı delikli tuğla boşluklu duvar	0.375	0.19	0.057	5.7

o 2 No'lu Mekan Tipinde (Üç Tarafı İç Mekanla Sınırlı) Yapı Alanı Azalma Oranı

Yapı alanındaki azalma oranı, benzer yöntemle, EK 1b'de hesaplanmıştır:

Yapı alanındaki azalma oranı

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{1}{B} \left(1 + \frac{3}{2\epsilon} \right)$$

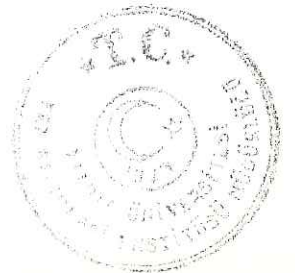
bağıntısıdır.

Grafik 1b'de çeşitli "B" değerleri için, kenar oranlarına bağlı yapı alanındaki azalma oranları $\left(\frac{\Delta S}{S}\right)$ bulunur. Grafiğin kullanımı 1 nolu mekan tipinde anlatılmıştır.

Dış duvar kalınlığı, iç duvar kalınlığına eşit değilse, yapı alanındaki azalma oranına, EK 1b'de hesaplanan

$$\frac{\Delta S'}{S} = \frac{1}{A} (\alpha - \beta)$$

değeri ilave edilir.



o 3 No'lu Mekan Tipinde (İki Tarafı İç Mekanla Sınırlı) Yapı Alanı Azalma Oranı

Yapı alanındaki azalma oranı 1 ve 2 no'lu mekan tiplerinde olduğu gibi, benzer yöntemle EK 1c'de verilmiştir. Yapı alanındaki azalma oranı

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{3}{2} B (1+\epsilon)$$

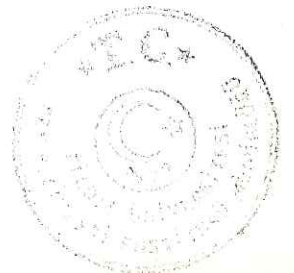
bağıntısıdır.

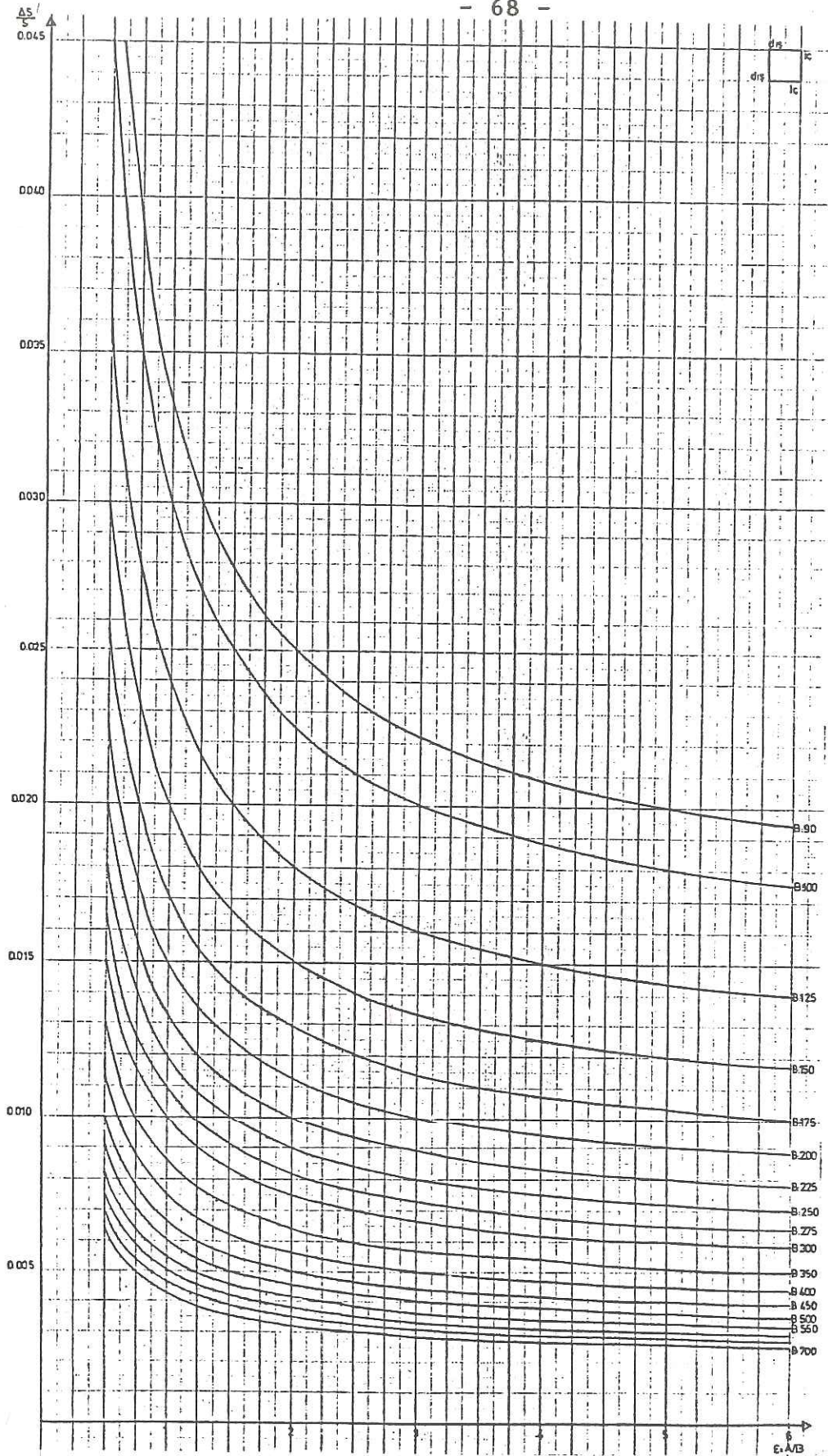
Grafik 1c'de çeşitli "B" değerleri için, kenar oranlarına bağlı yapı alanındaki azalma oranı 1 nolu mekan tipinde açıklandığı gibi bulunur.

Duvar kalınlıkları eşit değil ise, azalma oranına EK 1c'de hesaplanan

$$\frac{\Delta S'}{S} = \left(\frac{1}{B} + \frac{1}{A} \right) (\alpha - \beta)$$

değeri ilave edilir.





GRAFİK lc- 3 nolu mekan tipinde yapı alanı azalma oranı



4.1.2. Duvar Elemanı Ağırlığının Taşıyıcı Sistem Elemanlarına Etkisi

Taşıyıcı sistem elemanlarında yük azalması ile boyutlarında nasıl bir azalma olduğunu incelemeden önce, duvar elemanı kalınlığı ve yoğunluğu ile ağırlığı arasındaki ilişkinin irdelenmesi gerekir.

Farklı gereç gruplarından oluşan birim boydaki iki duvar elemanının, birinin diğerine göre; ağırlık azalma oranı (EK 2)

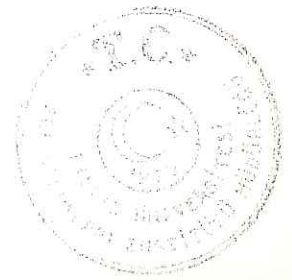
$$\frac{\Delta W}{W} = 1 - \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{\gamma_2}{\gamma_1}$$

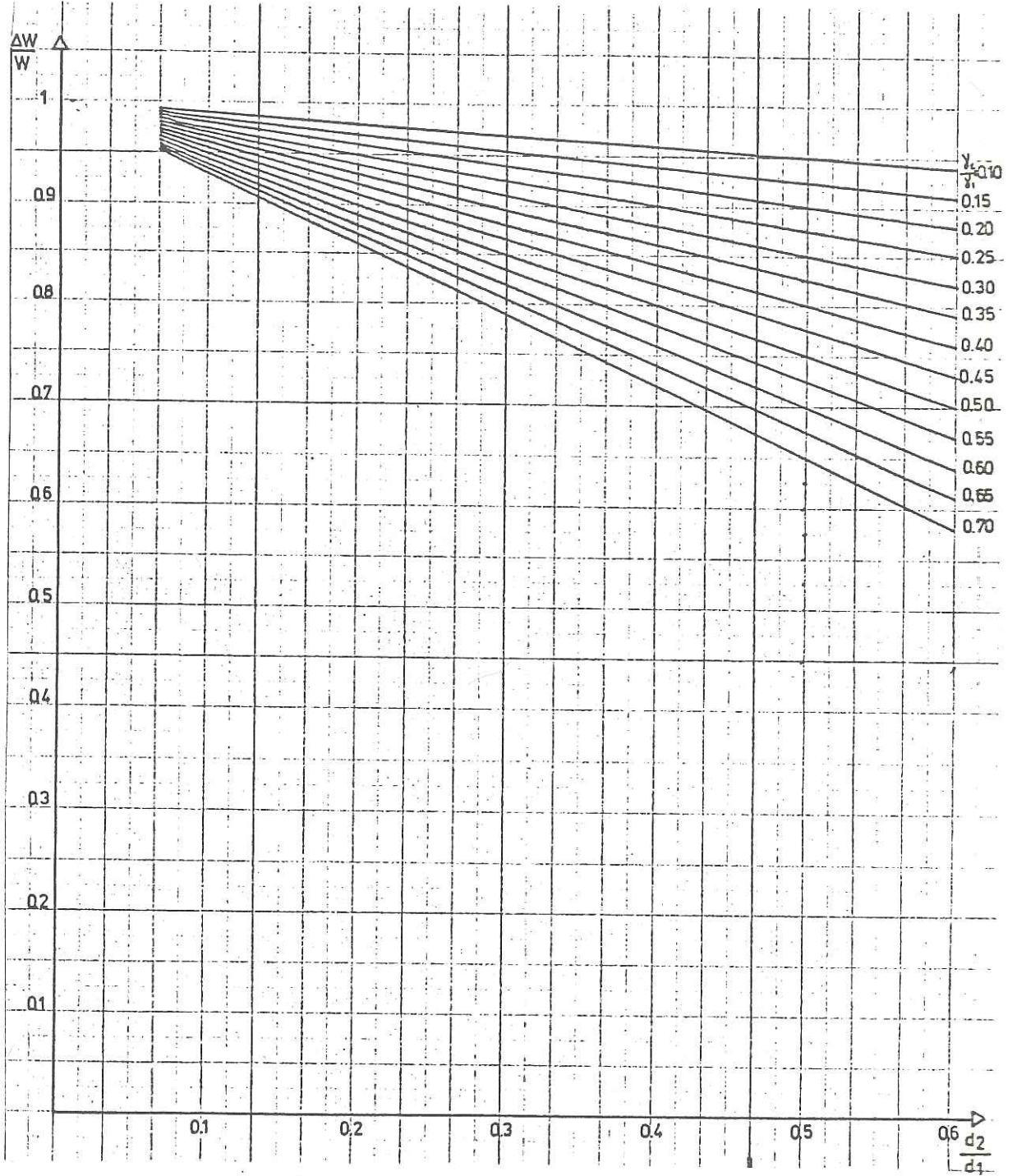
bağıntısıyla verilmiştir.

Grafik 2'de, duvar kalınlıkları oranı (d_2/d_1) ve yoğunluk oranıyla (γ_2/γ_1) ilişkili ağırlık azalma oranı ($\frac{\Delta W}{W}$) bulunur.

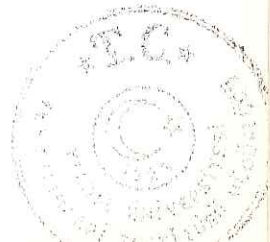
Aşağıda duvar elemanlarının ağırlık azalma oranına bağlı taşıyıcı sistem elemanlarındaki azalma oranları incelenmiştir.

Net alanlar sabit kaldığından döşeme net alanında bir azalma söz konusu değildir. Döşeme kalınlığı sabit kabul edilmiştir.





GRAFİK 2- Duvar elemanının yükündeki azalma oranı



4.1.2.1. Kirişler

Kirişe gelen yükteki azalma oranı ($\Delta q/q$) ile kirişin öz ağırlığındaki azalma oranı ($\Delta q_k/q_k$) arasındaki ilişki incelendiğinde (EK 3),

$$\frac{\Delta q}{q} = 2 \frac{\Delta q_k}{q_k} - \left(\frac{\Delta q_k}{q_k} \right)^2$$

dir. Toplam yükteki azalma oranına bağlı kiriş öz ağırlığındaki azalma oranı Grafik 3'den bulunur.

Kiriş donatı ağırlığındaki azalma oranı ($\frac{\Delta W}{W}$) kiriş hacmindeki azalma oranı ($\frac{\Delta V}{V}$) ve donatı yüzdesine (ρ) bağlı olarak (EK 4)

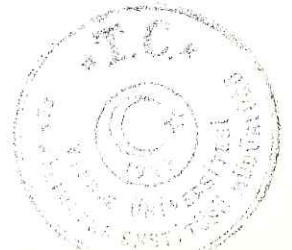
$$\frac{\Delta W}{W} = \rho \cdot \gamma \frac{\Delta V}{V}$$

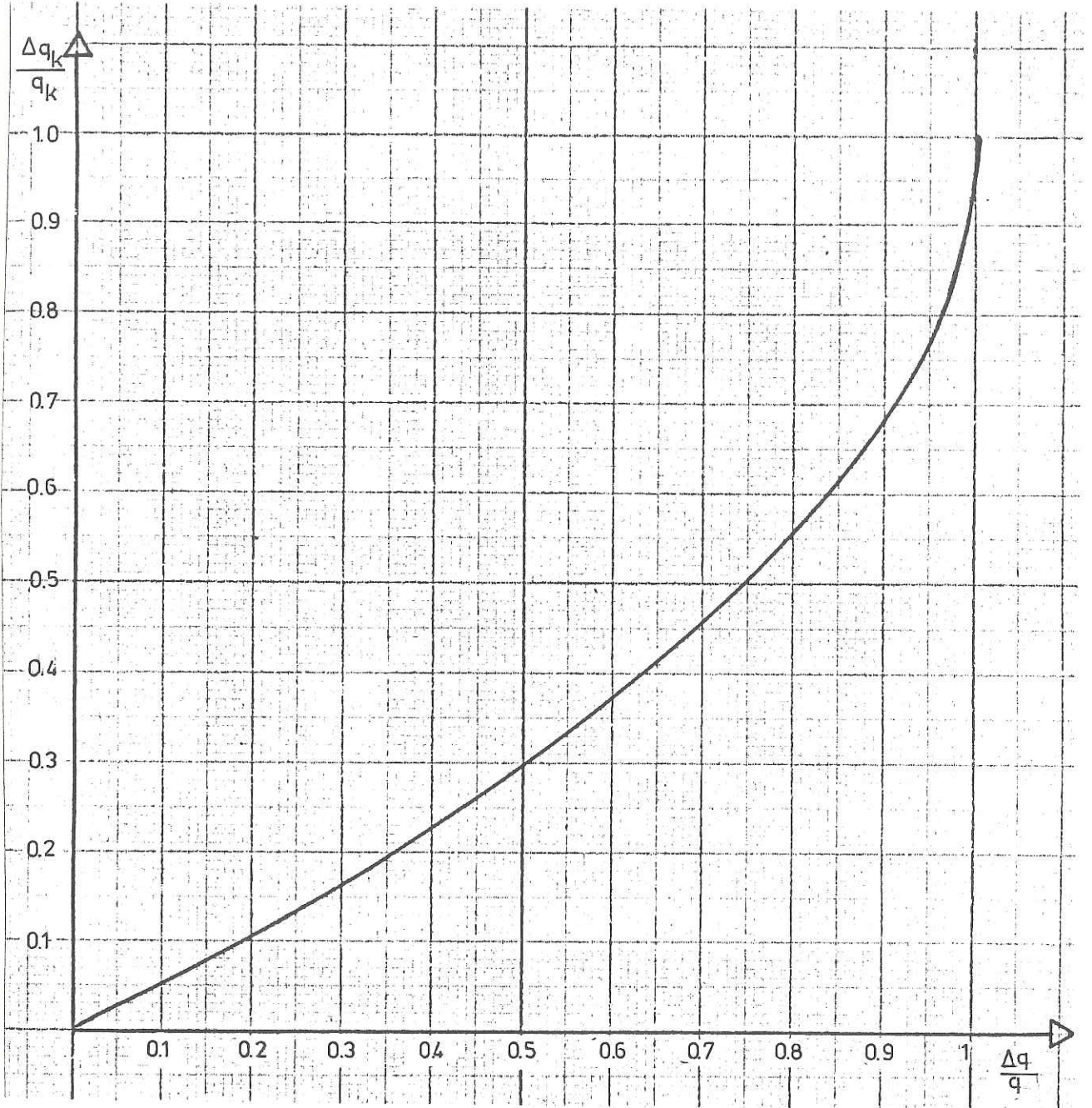
dir. Kiriş donatı yüzdesine ve kiriş hacmindeki azalma oranına bağlı kiriş donatı ağırlığındaki azalma oranı Grafik 4'den bulunur.

Kiriş kalıbındaki azalma oranı ($\frac{\Delta S}{S}$) kiriş hacmindeki azalma oranına ($\frac{\Delta V}{V}$), döşeme kalınlığına (t), kiriş faydalı yüksekliğine (h) ve kiriş genişliğine (b) bağlı olarak (EK 5):

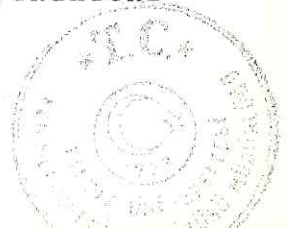
$$\frac{\Delta S}{S} = 2.1 \frac{\Delta V}{V} \frac{1}{b/h + 2.1 - 2 t/h}$$

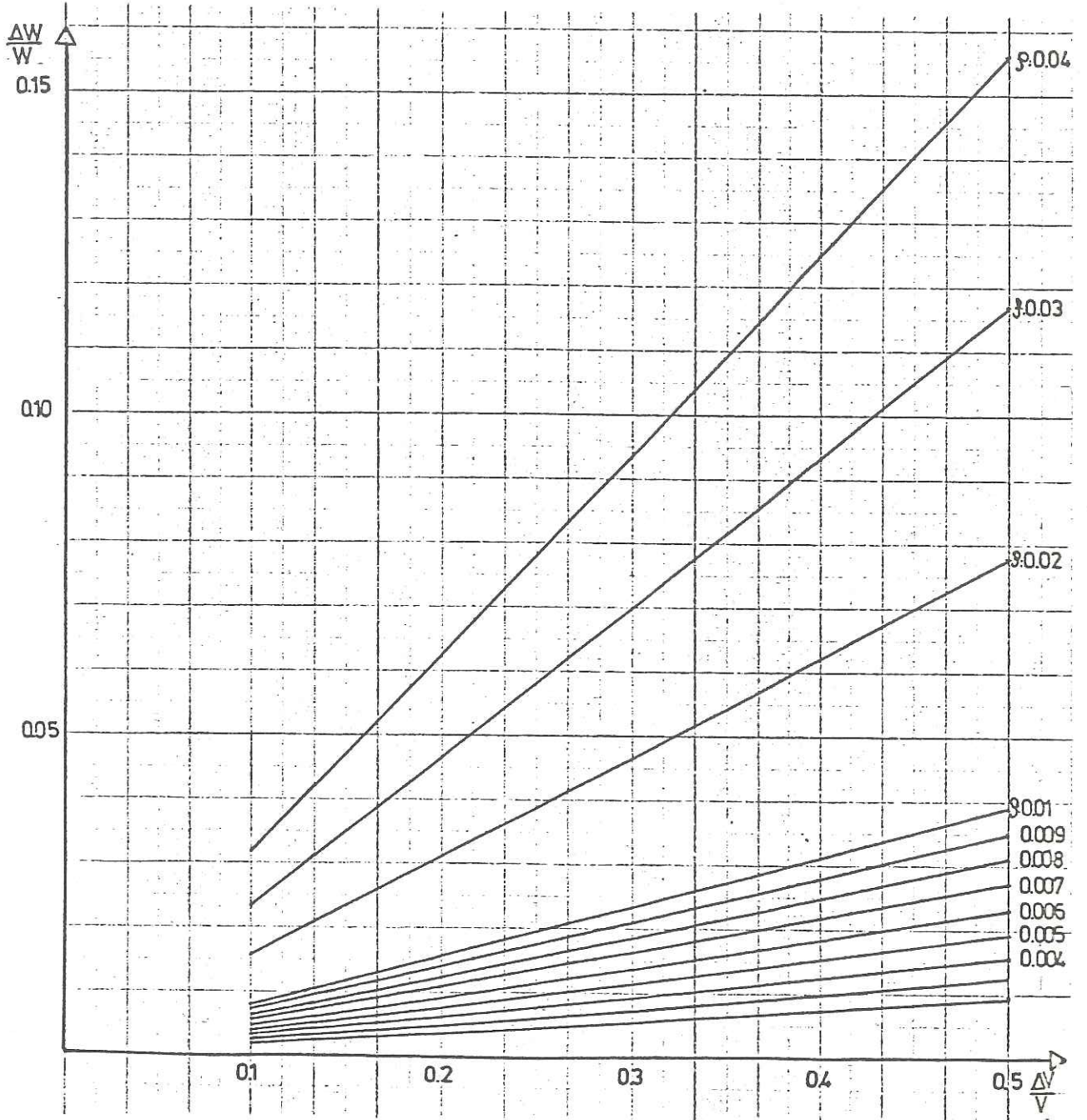
dır. Kiriş genişliğinin faydalı yüksekliğe oranı (b/h) 0.1-1 arasında hazırlanan Grafik 5'te döşeme kalınlığının faydalı kiriş yüksekliği oranına (t/h) göre, kiriş hacmindeki azalma oranına $\frac{\Delta V}{V}$ bağlı kiriş kalıbındaki azalma oranı bulunur.



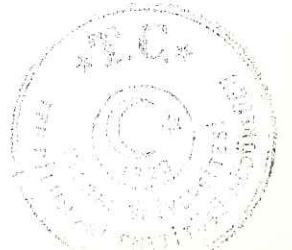


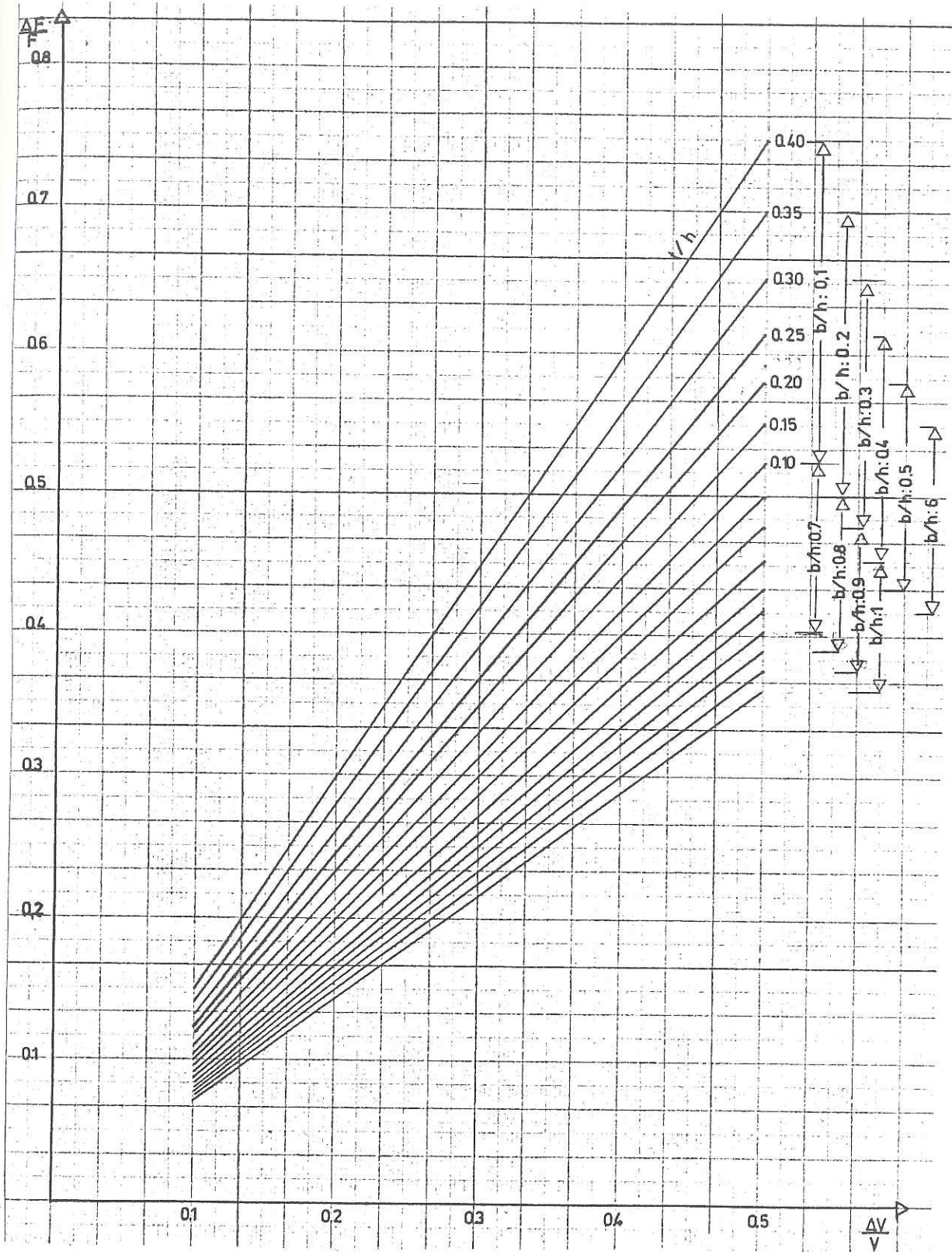
GRAFİK 3- Toplam yükteki azalma oranına bağlı giriş yükündeki azalma oranı





GRAFİK 4- Kiriş donatısındaki azalma oranı





GRAFİK 5- Kiriş kalıbındaki azalma oranı



4.1.2.2. Kolonlar

Toplam yükteki azalma oranı kolon yükündeki azalma oranına eşittir (EK 6).

Toplam yükteki azalma oranı kolon hacmindeki, kalıbındaki ve donatı ağırlığındaki azalma oranına eşittir.

4.1.2.3. Temeller

Toplam yapı yükündeki azalma oranı, temel alanındaki azalma oranına eşittir (EK 7).

4.1.3. Yapı Yüğü İle Deprem Yüğü İlişkisi

Depreme dayanıklı yapılar için İmar İskan Bakanlığı yönetmelik ilkelerine uyulması zorunludur(75).

Bu yönetmeliğe göre, yapıya etkiyen deprem yükü (F), yapı ağırlığı (W) ile deprem katsayısının (C) çarpımına eşittir.

$$F = W.C$$

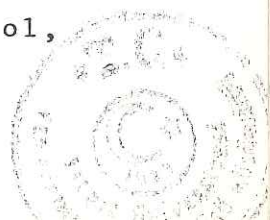
Deprem katsayısı (C) ise deprem bölge katsayısı (C_o), yapı tipi katsayısı (K), yapı dinamik katsayısı (S) ve yapı önem katsayısı (I) çarpımına eşittir.

$$C = C_o . K . S . I$$

Aynı yapıda farklı iki gereç karşılaştırılırken C_o , S, I sabittir. Yapı tipi katsayısı ise, deprem yönetmeliğine göre, Düktil(76) çerçeveli dolgu duvar tiplerinde:

(75) "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik".

(76) Kopmaksızın büyük ölçüde uzama yeteneği olan. Hasol, "Düktil", s.163.



- a) Betonarme ya da yatay ve düşey donatılı yığma bölme duvar
 $K = 0.60$
- b) Donatısız yığma bölme duvar $K = 0.80$
- c) Hafif ve az bölme duvarlı ya da prefabrik beton bölme duvar $K = 1.00$ 'dir.

$n = C_o.S.I$ kabul edildiğinde; deprem katsayısı, yapı tipi katsayısı ile (n) çarpımına eşittir.

$$C = K.n$$

"c" tipi duvar ile "a", "b" tipi duvar karşılaştırıldığında yapı ağırlığındaki azalma, "a" tipi sistemdeki yapı ağırlığının % 40'ından büyük, "b" tipi sistemdeki yapı ağırlığının % 20'sinden büyük olursa, deprem kuvveti etkisindeki yükte azalma olur (EK 9).

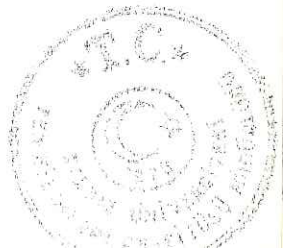
Deprem yükündeki azalma oranı, "c" tipi ile "a" tipi karşılaştırıldığında, yapı ağırlığındaki azalma oranına $(\frac{\Delta W}{W})$ bağlı deprem yükündeki azalma $(\frac{\Delta F}{F})$ (EK 9)

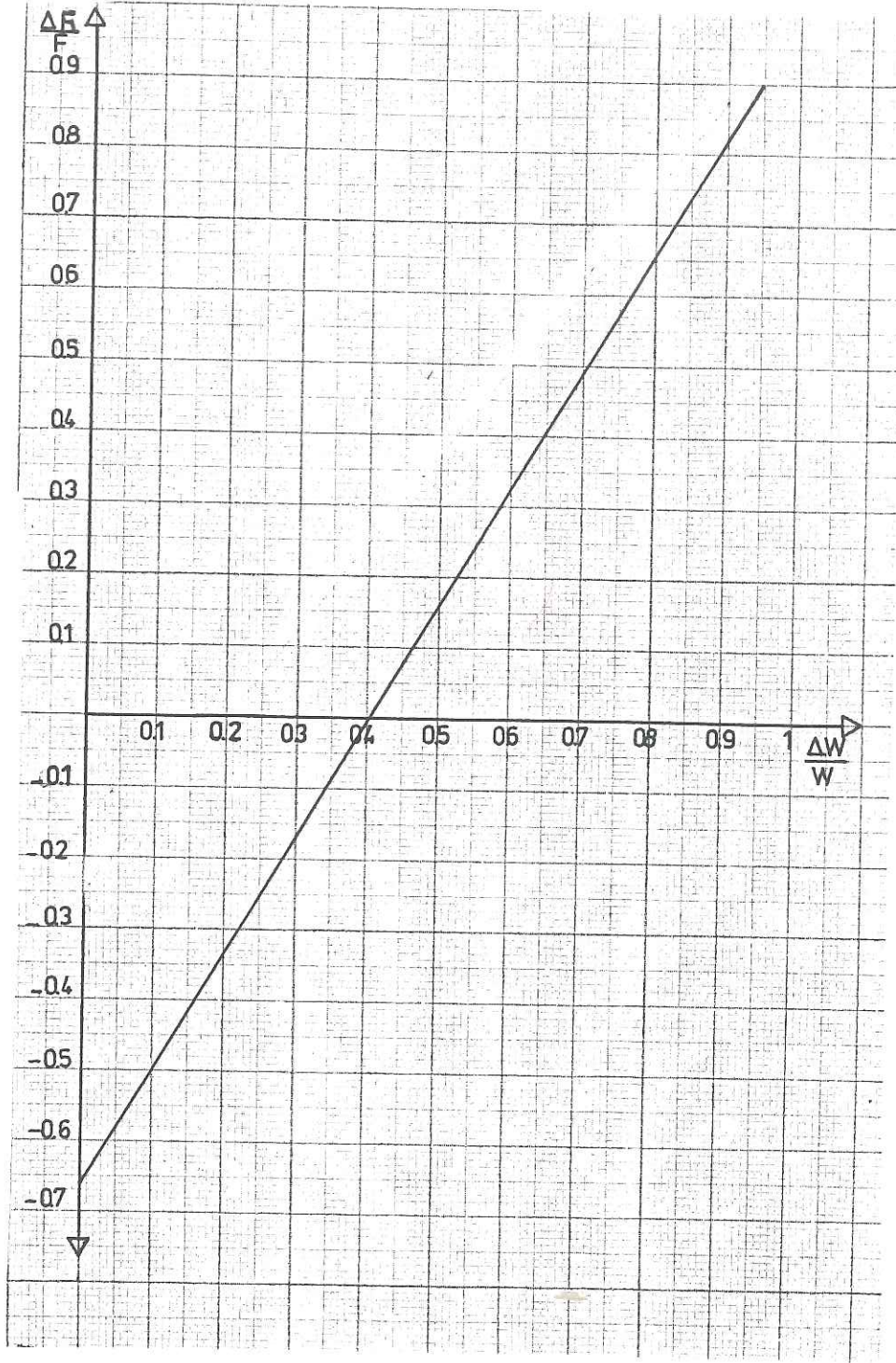
$$\frac{\Delta F}{F} = 1.66 \frac{\Delta W}{W} - 0.66$$

dır. "c" tipi ile "b" tipi karşılaştırıldığında, deprem yükündeki azalma oranı

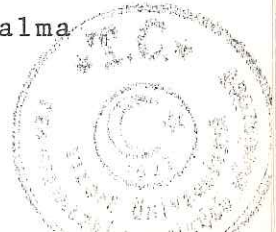
$$\frac{\Delta F}{F} = 1.25 \frac{\Delta W}{W} - 0.25 \text{'dir.}$$

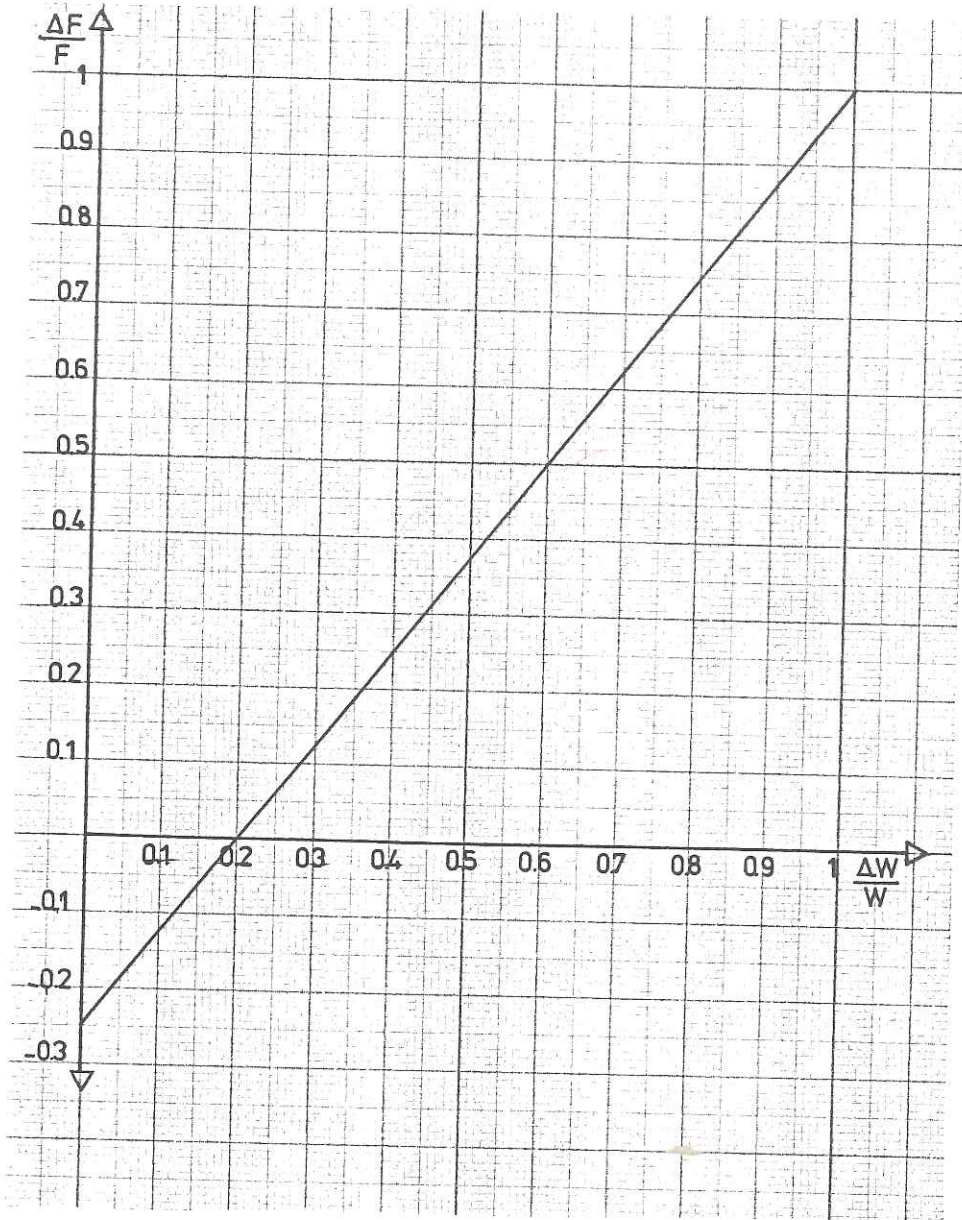
Grafik 6a'da, "a" tipi için, Grafik 6b'de "b" tipi için yapı yükündeki azalma oranına $(\frac{\Delta W}{W})$ bağlı deprem yükündeki azalma oranı $(\frac{\Delta F}{F})$ bulunabilir.



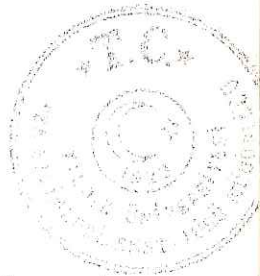


GRAFİK 6a- Yükteki azalma oranının deprem yükündeki azalma oranına etkisi ("a" tipi duvar sisteminde)





GRAFİK 6b- Yükteki azalma oranının deprem yükündeki azalma oranına etkisi ("b" tipi duvar sisteminde)



4.1.3.1. Deprem Yükünün Kolon Elemanına Etkisi

Kolonlara deprem etkisiyle gelen kesme kuvvetleri kolonda, eğilme etkisi doğurur. Kesme kuvveti, deprem yükü ve dolaylı olarak yapı ağırlığı ile orantılı olduğu için, kolon kesitlerindeki azalma oranı da yaklaşık olarak deprem yükündeki azalma oranına eşit olur.

4.2. YÖNTEM ÖNERİSİ

Duvar elemanı seçiminde; kullanıcı gereksinmelerine cevap veren, istenen nitelikleri sağlayanlar arasından en ekonomik olanın tercih edilmesi gerekir.

Bir önceki alt bölümde de belirtildiği gibi, ancak yapı yükünün hafifletilmesi ile taşıyıcı sistemde ekonomi sağlanabilir. Buradan hareketle, ön tasarım aşamasında duvar elemanının yapı maliyetine etkisinin irdelenmesi ile doğru bir seçim yapmak mümkündür. Duvar elemanı seçiminde, ekonomik olanın seçilebilmesi için aşağıdaki önerilen yöntem uygulanabilir.

4.2.1. Yapı Alanındaki Azalma

Yapının uygulanacağı bölgenin ısı geçirgenlik direncini sağlayan duvar elemanları seçilir.

Her seçenek için, yapıyı oluşturan mekanların yapı alanları hesaplanır. Toplam her iki alan farkı, duvar elemanı kalınlığına bağlı olarak tüm yapı alanındaki yapı alanı azalma miktarıdır.

4.2.2. Duvar Elemanı Ağırlığındaki Azalma Miktarı

Birinci seçenek için, toplam yapı alanından net alan çıkarılarak duvar elemanı alanı bulunur.



Boşluk alanı: Net alanın 0.15'i pencere boşluğu alanı ve mekan sayısı ile kapı alanı olarak kabul edilen 2 m^2 'nin çarpımının toplamına eşittir. Sonuç duvar elemanı kalınlığı ile çarpılarak boşluk hacmi elde edilir.

Duvar yüksekliği: Kat yüksekliğinden açıklığın onda biri kabul edilen giriş yüksekliği çıkarılarak bulunur.

Net duvar elemanı hacmi: Duvar elemanı alanı ile yüksekliğinin çarpımından boşluk hacminin çıkarılmasına eşittir. Elde edilen değer, birim hacim ağırlığı ile çarpıldığında net duvar elemanı ağırlığını verir.

Karşılaştırılacak duvar elemanının ağırlığını bulmak için, Grafik 2'den alınan birim boydaki ağırlık azalması oranı ile duvar elemanı ağırlığı çarpılır, bulunan azalma miktarı duvar elemanı ağırlığından çıkarılır. İç ve dış duvar elemanı kalınlıkları birbirine eşit değil ise, bu işlemler iç ve dış için ayrı ayrı yapılır.

4.2.3. Taşıyıcı Sistem Elemanlarındaki Azalma Miktarı

Net alan sabit kaldığından döşeme alanlarında azalma söz konusu değildir.

4.2.3.1. Girişler

Duvar elemanı alanı giriş alanı olarak kabul edilmiştir. Giriş alanı, ortalama yüksekliği ile çarpılarak giriş hacmi, yoğunlukla çarpılarak ağırlığı bulunur.

Duvar elemanı ağırlığındaki azalma oranına bağlı giriş ağırlığındaki azalma oranı Grafik 4'den alınır. Bu değer giriş ağırlığı ile çarpıldığından giriş yükündeki azalma miktarı, 1. seçeneğin giriş ağırlığından azalma miktarı çıkarıldığında



2'nci seçeneğin kiriş ağırlığı, yoğunluğuna bölününce kiriş hacmi bulunur. Kiriş hacimleri farkı beton hacmindeki azalmadır. Buna bağlı olarak EK 11a'dan donatı ağırlığındaki (t) azalma, EK 12a'dan ise, kalıp alanındaki azalma (m^2) miktarı bulunur.

4.2.3.2. Deprem Yükündeki Azalma Miktarı

Kolonlara gelen yük; döşeme, kiriş, duvar elemanı ve hareketli yüklerin toplamıdır.

Her kata gelen toplam yükler ideal gerilmeye (G_i) bölünerek toplam kolon alanı bulunur.

Deprem etkilerinin varlığı göz önüne alınarak kolonlardaki gerilme (G_i), B 160 için, 50 kg/cm^2 kabul edilmiştir. Kolon alanı yükseklik ve yoğunlukla çarpılarak bir kattaki toplam kolon ağırlığı bulunur.

Üst kattan başlayarak kat yükleri ve kolon ağırlıkları bulunur, toplam yapı yükü her seçenek için hesaplanır.

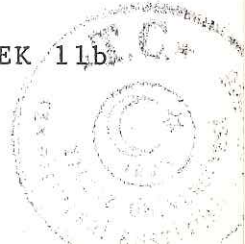
Yapı yükündeki azalma oranı hesaplanarak, Grafik 6'dan duvar tipine göre deprem yükündeki azalma oranı bulunur.

Bu oran, kolon kesitlerindeki azalma oranına eşittir. Hafif duvar elemanın kolonlarındaki bu azalma, diğer seçeneğin lehine göz önüne alınmamıştır.

4.2.3.3. Kolonlar

Her kattaki kolon ağırlıkları toplanarak, yoğunluğuna bölündüğünde kolon hacmi bulunur.

Kolon hacimleri farkı betondaki azalma miktarını verir. EK 11b

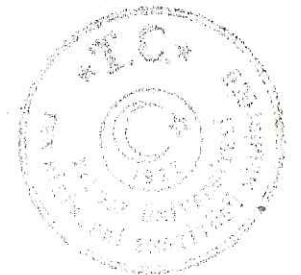


den kolon donatı ağırlığındaki azalma miktarı; EK 12b'den kolon kalıp alanındaki azalma miktarı hesaplanır.

4.2.3.4. Temeller

Temel birim alanına gelen yük ile kolon etkilenme alanları çarpılarak her bir temele gelen yük bulunur. Ayrık temeller için, EK 10'dan temel hacimleri bulunur. Temel hacimleri farkı, beton azalma miktarını (m^3) verir.

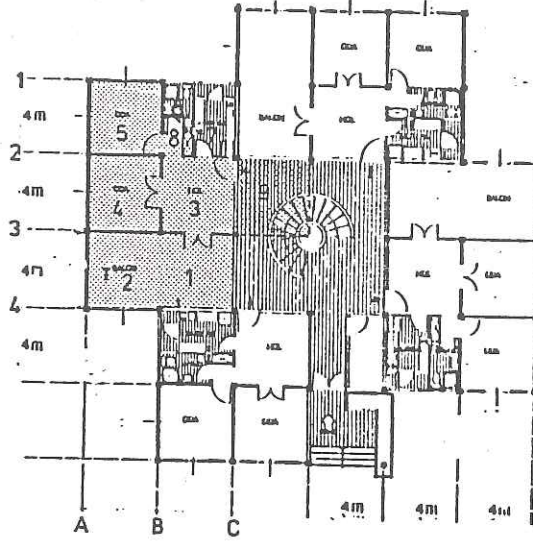
Değerlendirme: Azalma miktarlarının birim fiyatlarla çarpımının toplamı, duvar elemanı maliyetleri farkından büyük ise o seçenek ekonomik olandır.



4.3. ÖNERİLEN YÖNTEMİN UYGULANMASI

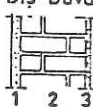
II. iklim bölgesinde uygulanacak 4 dairesi, 5 katlı konutta, delikli tuğla ile oluşturulan duvar elemanı yerine perlit bloklar kullanıldığında yapım maliyetine etkisi saptanmıştır.

Avan proje



$h = 2,70 \text{ m}$

Karşılaştırılan duvar elemanları:

Duvar elemanını oluşturan katmanlar		Duvar kalınlığı cm		Gereç birim hacim ağırlığı kg/m ³	Duvar birim ağırlığı kg/m ²		Duvar birim hacim ağırlığı kg/m ³	Gereç ısıletkenlik değeri kcal/mhC	Duvar ısı geçirgenlik direnci m ² hC/Kcal		
1. SEÇENEK	Dış Duvar 	1.Cimento kreçsıvası 2.Delikli tuğla 3.Kreç kum sıvası	3 29 2	34	2100 1000 1900	63 290 38	391	1150	1.2 0.40 0.75	0.025 0.725 0.026	0.78
	Merdiven Evi D. 	1.Kreç kum sıvası 2.Delikli tuğla 3.Kreç kum sıvası	2 19 2	23	1900 1000 1900	38 190 38	266	1156	0.75 0.40 0.75	0.026 0.475 0.026	0.52
	Bölücü D. 	1.Cimento kreçsıva 2.Delikli tuğla 3.Kreç kum sıvası	2 9 2	13	2100 1000 1900	63 90 38	191	1469			
	2. SEÇENEK	Dış Duvar 	1.Perlitli dış sıva 2.Perlit çimento blok 3.Perlitli iç sıva	3 16 2	21	400 800 300	12 128 6	146	695	0.12 0.30 0.09	0.25 0.53 0.22
Merdiven Evi D. 		1.Perlitli sıva 2.Perlit çimento blok 3.Perlitli sıva	2 8 2	12	300 800 300	6 64 6	76	633	0.12 0.30 0.	0.2 0.26 0.2	0.70
Bölücü D. 		1.Açıklı perlit blok	6 6	6	700		42	700			



I. YAPI ALANINDAKİ AZALMA

Alan No	Boyutlar		Net Alan	1. SEÇENEK			2. SEÇENEK		
	A	B		A	B	Yapı Alanı	A	B	Yapı Alanı
1	4.0	4.0	16.0	4.11	4.18	17.18	4.06	4.09	16.60
2	4.0	4.0	16.0	4.34	4.40	19.09	4.21	4.24	17.85
3	4.0	4.0	16.0	4.18	4.13	17.26	4.09	4.06	16.60
4	4.0	4.0	16.0	4.40	4.13	18.17	4.24	4.06	17.21
5	4.0	4.0	16.0	4.40	4.40	19.36	4.24	4.24	17.97
6	1.5	3.0	4.5	1.63	3.40	5.54	1.56	3.24	5.05
7	2.5	3.0	7.5	2.68	3.40	9.11	2.59	3.24	8.39
8	1.5	1.0	1.5	1.63	1.13	1.84	1.56	1.06	1.65
9	4.0	4.0	16.0	4.11	4.11	16.89	4.06	4.06	16.48
TOPLAM			109.5			124.44			117.80

$$1. \text{ seçenek duvar elemanı alanı} = 124.44 - 109.5 = 14.94 \text{ m}^2$$

$$2. \text{ seçenek duvar elemanı alanı} = 117.8 - 109.5 = 8.3 \text{ m}^2$$

$$\text{Yapı Alanındaki Azalma} = 14.94 - 8.3 = 6.64 \text{ m}^2$$

II. TOPLAM DUVAR ELEMANI AĞIRLIĞINDAKİ AZALMA

1. seçenek için:

$$\text{Dış duv. el. alanı} = 26 \times 0.34 = 8.84 \text{ m}^2$$

$$\text{İç duv. el. alanı} = 14.94 - 8.84 = 6.10 \text{ m}^2$$

$$\text{Pencere boşluğu hacmi} = 109.5 \times 0.15 \times 0.34 = 5.58 \text{ m}^3$$

$$\text{Kapı boşluğu hacmi} = 6 \times 2 \times 0.13 = 1.56 \text{ m}^3$$

$$\text{Dış duv. el. net hacmi} = (8.84 \times 2.30) - 5.58 = 14.75 \text{ m}^3$$

$$\text{İç duv. el. net hacmi} = (6.10 \times 2.30) - 1.56 = 12.47 \text{ m}^3$$

$$\text{Dış duv. el. ağırlığı} = 14.75 \times 1150 = 16962 \text{ kg} = 17 \text{ t}$$

$$\text{İç duv. el. ağırlığı} = 12.47 \times 1469 = 18318 \text{ kg} = 19 \text{ t}$$

$$\text{Toplam duv. el. ağırlığı} = 36 \text{ t}$$

$$\text{Dış duv. el. } \frac{d_2}{d_1} = \frac{21}{34} = 0.62 \quad \frac{\gamma_2}{\gamma_1} = \frac{695}{1150} = 0.60$$

$$\text{Yükteki azalma oranı } \frac{\Delta W}{W} = 0.62 \text{ (GRAFİK 2)}$$

$$\text{İç duv. el. } \frac{d_2}{d_1} = \frac{6}{13} = 0.46 \quad \frac{\gamma_2}{\gamma_1} = \frac{700}{1469} = 0.47$$



Yükteki azalma oranı $\frac{\Delta W}{W} = 0.79$ (GRAFİK 2)

2. seçenek için:

Dış duv. el. ağırlığı = $17 - (17 \times 0.62) = 6.49$ t

İç duv. el. ağırlığı = $19 - (19 \times 0.79) = 3.99$ t

Toplam = 10.48 t

Toplam duv. el. yükündeki azalma oranı = 0.70

III. KİRİŞ ELEMENİNDEKİ AZALMA

1. seçenek kiriş hacmi = $15 \times 0.40 = 6$ m³

ağırlığı = $6 \times 2.4 = 14.4$ t

Duv. el. ağırlığındaki azalmaya bağlı kiriş yükündeki azalma

oran $\left(\frac{\Delta q_k}{q_k}\right) = 0.46$ (GRAFİK 3)

2. seçenek kiriş ağırlığı = $14.4 - (14.4 \times 0.46) = 7.77$ t

hacmi = $6 - (6 \times 0.46) = 3.24$ m³

Kontrol: Minimum kiriş boyutu 0.20/0.30 olması gerektiğinden

min. kiriş hacmi = 68 (kiriş boyu) $\times 0.20 \times 0.30 = 4$ m³

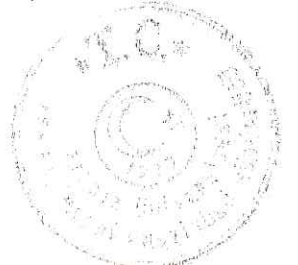
2. seçenek kiriş hacmi 4 m³ alınır.

Bir konut birimindeki kiriş elemanındaki azalma miktarları:

Beton = $6 - 4 = 2$ m³

Donatı ağırlığı = $2 \times \left(0.01 \frac{7.8}{1.05}\right) = 0.15$ t (EK 11a)

Kalıp alanı = $2 \times \left[\frac{(2 \times 0.30) + 0.20}{0.20 \times 0.40}\right] = 20$ m² (EK 12a)



IV. DEPREM YÜKÜNDEKİ AZALMA

1 m² döşeme ağırlığı (kg)

1. seçenek:

1 m ² döşeme	2400x0.10 = 240
Döşeme kaplaması	2000x0.05 = 100
Kireç-kum-sıva	1900x0.02 = 38
Toplam	= 378

2. seçenek:

Döşeme	240
Döşeme kaplaması	100
Perlit sıva	8
Toplam	348

Kolonlara gelen yük (t)

1. seçenek

Kiriş ağırlığı	14.4
Duvar ağırlığı	36.0
Döşeme ağırlığı	0.38x109.50 = 41.6
Hareketli yük	0.20x109.50 = 21.9
Toplam	=113.9

2. seçenek

Kiriş	9.6
Duvar	10.4
Döşeme ağırlığı	38.3
Hareketli yük	21.9
Toplam	80.2

5. kattaki bir konut birimindeki toplam kolon kesit alanı, hacmi, ağırlığı:

$$1. \text{ seçenek } \Sigma N = \frac{114}{50} = 2.3 \text{ m}^2$$

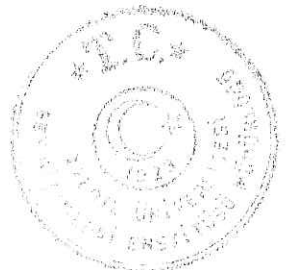
$$\text{Hacmi} = 2.3 \times 2.3 = 5.3 \text{ m}^3$$

$$\text{Ağırlığı} = 5.3 \times 2.4 = 12.8 \text{ t}$$

$$2. \text{ seçenek } \Sigma N = \frac{80}{50} = 1.6 \text{ m}^2$$

$$\text{Hacmi} = 1.6 \times 2.3 = 3.7 \text{ m}^3$$

$$\text{Ağırlığı} = 3.7 \times 2.4 = 8.9 \text{ t}$$



Toplam yapı yükü (ton):

1. seçenek

$$\begin{aligned} W_1 &= 114 + 13 = 127 \\ W_2 &= 114 + 127 + 27 = 268 \\ W_3 &= 114 + 268 + 42 = 424 \\ W_4 &= 114 + 424 + 60 = 598 \\ W_5 &= 114 + 598 + 79 = 791 \end{aligned}$$

2. seçenek

$$\begin{aligned} W_1 &= 80 + 9 = 89 \\ W_2 &= 80 + 89 + 19 = 188 \\ W_3 &= 80 + 188 + 30 = 298 \\ W_4 &= 80 + 298 + 42 = 420 \\ W_5 &= 80 + 420 + 55 = 555 \end{aligned}$$

Yapı yükündeki azalma oranı $\frac{\Delta W}{W} = \frac{791-555}{791} = 0.30$ 'dur.

Deprem yükündeki azalma oranı $\frac{\Delta F}{F} = 0.12$ 'dir (GRAFİK 6b).

Kolon kesit alanı deprem yükü ile doğru orantılı olduğundan 1. seçenek için 1 birim beton gerekirse 2. seçenek için 0.88 birim gerekir. 1. seçenek lehine 2. seçenek içinde deprem yükünden dolayı kolonlardaki azalma yok kabul edilmiştir.

V. KOLON ELEMANINDAKİ AZALMA

$$\begin{aligned} 1. \text{ seçenek ağırlığı} &= 13+27+42+60+79 = 221 \text{ t} \\ \text{hacmi} &= 221:2,4 = 92 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

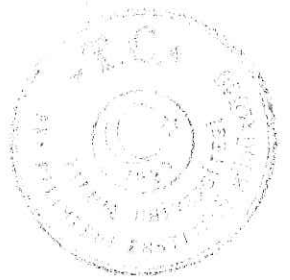
$$\begin{aligned} 2. \text{ seçenek ağırlığı} &= 9+19+30+42+55 = 155 \\ \text{hacmi} &= 155:2,4 = 65 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Beş konut birimindeki kolon elemanındaki azalma miktarları:

$$\text{Beton} = 92 - 65 = 27 \text{ m}^3$$

$$\text{Donatı ağırlığı} = 27 \times (7.8 \times 0.01) = 2.1 \text{ t}$$

$$\text{Kalıp alanı} = 27 \times 2 \times \left(\frac{1}{0.40} + \frac{1}{0.40} \right) = 2.70 \text{ m}^2$$



VI. TEMEL ALANINDAKİ AZALMA

Birim m² gelen yük

$$\frac{W_1}{S_1} = \frac{791}{124.4} = 6.3 \text{ t}$$

$$\frac{W_1}{S_2} = \frac{555}{117.8} = 4.7 \text{ t}$$

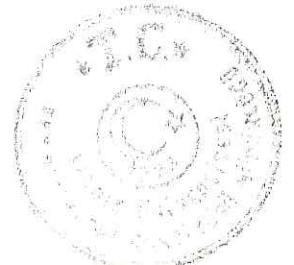
$L/B = 1.5$ $\sigma_{em} = 20 \text{ t/m}^2$ $L = 1.5$ $\alpha_T = 0.83$ alındığında
(EK 10).

$$V_T = \frac{P}{20} \sqrt{P} \cdot 0.062 \text{ 'dir.}$$

TEMEL HACMİ

Kolon No	Etkilenme Alanı	Kolonlara Gelen Yük		Temel Hacmi	
		1. Seçenek	2. Seçenek	1. Seçenek	2. Seçenek
A ₁	4	25	19	0.4	0.3
A ₂	8	50	38	1.1	0.7
A ₃	8	50	38	1.1	0.7
A ₄	4	25	19	0.4	0.3
B ₁	8	50	38	1.1	0.7
B ₂	16	101	75	3.2	2.0
B ₃	16	101	75	3.2	2.0
B ₄	8	50	38	1.1	0.7
C ₁	4	25	19	0.4	0.3
C ₂	12	76	56	2.0	1.3
C ₃	12	76	56	2.0	1.3
C ₄	4	25	19	0.4	0.3
TOPLAM				16.4	10.6

Temel hacimleri farkı = 5.8 m³



VII. DEĞERLENDİRME

Azalma Miktarları Toplamı:

$$\text{Yapı alanı} = 6.64 \times 4 = 26.6 \text{ m}^2$$

$$\text{Kiriş hacmi} = 2 \times 4 \times 5 = 40 \text{ m}^3$$

$$\text{donatı} = 0.15 \times 4 \times 5 = 3 \text{ t}$$

$$\text{kalıp} = 20 \times 4 \times 5 = 400$$

$$\text{Kolon hacmi} = 27 \times 4 = 108 \text{ m}^3$$

$$\text{donatı} = 2.1 \times 4 = 8.4 \text{ t}$$

$$\text{kalıp} = 270 \times 4 = 1080$$

$$\text{Temel hacmi} = 5.8 \text{ m}^3 \times 4 = 23.2 \text{ m}^3$$

$$\text{Yapı alanı maliyeti} = 26.6 \text{ m}^2 \times \text{TL}$$

$$\text{Toplam beton hacmi} = 171.2 \text{ m}^3 \times \text{TL}$$

$$\text{Toplam donatı ağırlığı} = 22.7 \text{ t} \times \text{TL}$$

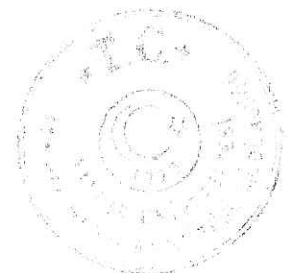
$$\text{Toplam kalıp alanı} = \underline{1480 \text{ m}^2 \times \text{TL}}$$

$$A = \text{TOPLAM AZALMA TL}$$

$$B = (1. \text{ seçenek toplam duv. el. alanı} \times \text{TL})$$

$$- (2. \text{ seçenek toplam duv. el. alanı} \times \text{TL})$$

A > B ise 2. seçenek ekonomiktir.



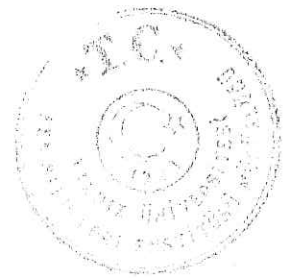
5. BÖLÜM - SONUÇ VE ÖNERİLER

o Sonuç

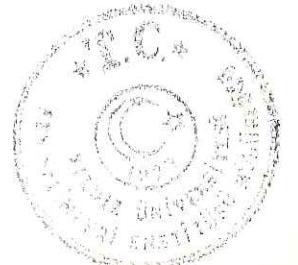
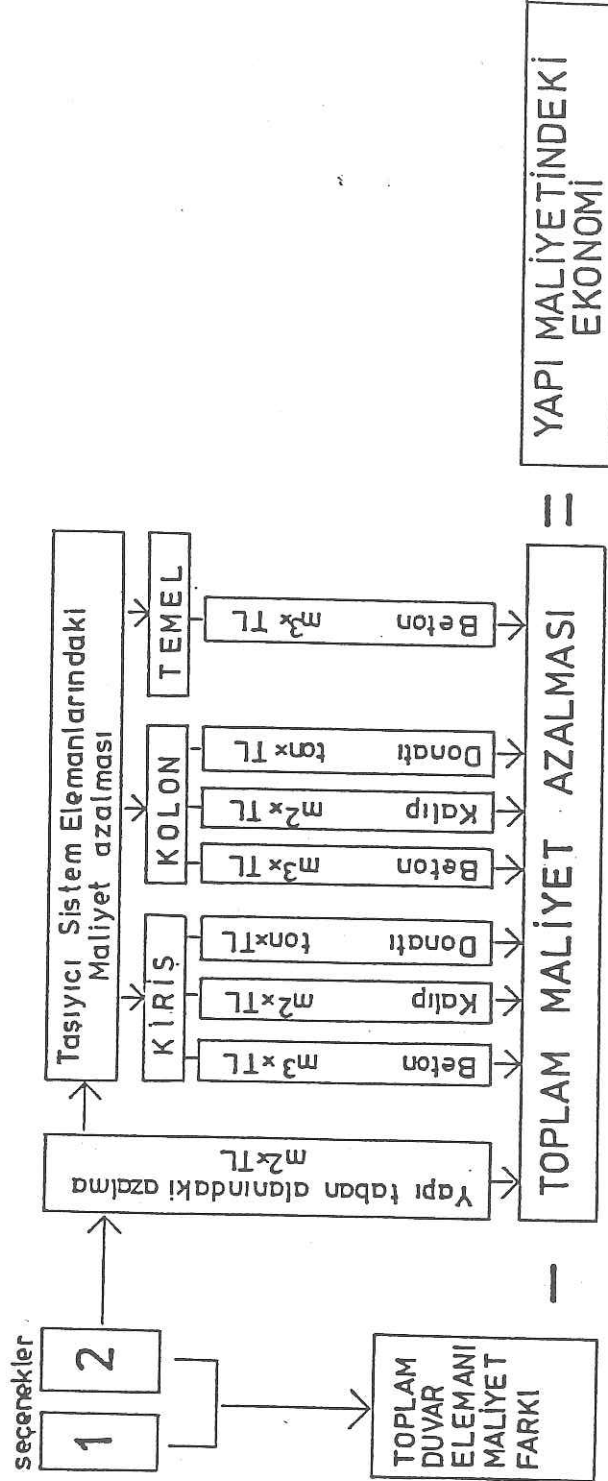
Bu çalışmada hafif yapı gereçlerinin yapı maliyetini etkileyeceği ortaya konmuş ve ön tasarım aşamasında ekonomik duvar elemanı seçimi için, hesap ve grafikler geliştirilmiştir. Yöntem ve kullanıcının izleyeceği yol bir uygulama ile gösterilmiştir.

Betonarme iskelet yapılarda en ekonomik duvar elemanı birim maliyetlerinin karşılaştırılması ile belirlenemez. Bütün istenen nitelikleri sağlayan seçenekler arasında ekonomik olan; yapı alanındaki azalma miktarı ile taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen beton, kalıp, donatı maliyetlerindeki azalmanın toplamı, seçeneklerin duvar elemanı maliyet farkından büyük olandır (Şema 2).

Hafif yapı gereçleri yapı maliyetini olumlu yönde etkilediğinden, bu sınıflamaya giren perlitin kullanılması ve daha çok sayıda nitelikli konut üretimi olanağı ile ülkemiz konut sorununa olumlu bir yaklaşım bulunabilir.



ŞEMA 2- YÖNTEM ŞEMASI

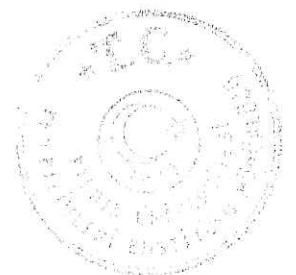


o Öneriler

Ekonomik duvar elemanı seçilmesi için geliştirilen yöntemin bilgisayar programı hazırlanarak çok kısa zamanda bir seri seçenek karşılaştırılabilir.

Ülkemiz, dünya perlit rezervinin % 78'ine sahip olduğu için hafif yapı gereci kullanımının yaygınlaştırılması gerekmekte ve bunun için aşağıdaki önlemlerin alınması yararlı görülmektedir:

- Genleştirilmiş perlitin taşıma maliyeti arttığından tüketim merkezlerine yakın mobil fırınlar kullanılmalıdır.
- Genleştirme tesislerinde sıvı yakıt yerine doğal gaz veya katı yakıta dayalı teknoloji kullanılmalıdır.
- Kullanım alışkanlığı oluşana kadar diğer gereçlerle rekabetini sağlamak için devlet desteği sağlanmalıdır.
- Maden Tetkik Arama Enstitüsü, Üniversiteler ve Araştırma Kurumları ivedi olarak rezerv bölgelerinde nitelik etüdüleri yapmalıdır.
- Öncelikle deprem ve üçüncü iklim bölgesinde kalifiye işçi grupları yetiştirilerek kamu yapılarında perlit kullanımı zorunlu kılınmalıdır.



EKLER

	<u>Sayfa</u>
EK 1- Yapı alanındaki azalma oranları	94
a) 1 no.lu mekan tipinde	94
b) 2 no.lu mekan tipinde	95
c) 3 no.lu mekan tipinde	97
EK 2- Duvar elemanında yük azalma oranı	99
EK 3- Kiriş öz ağırlığındaki azalma oranı	100
EK 4- Kiriş donatı ağırlığındaki azalma oranı	102
EK 5- Kiriş kalıp alanındaki azalma oranı	103
EK 6- Kolonlardaki azalma oranı	104
EK 7- Temel alanındaki azalma oranı	106
EK 8- Yapı ağırlığının deprem yüküne etkisi	107
EK 9- Deprem yükündeki azalma oranı	109
EK 10- Ayrık temellerde yük ile beton hacmi arasındaki ilişki	110
EK 11- 1 m ³ beton için gerekli donatı ağırlığı	112
a) Kiriş	112
b) Kolon	112
EK 12- 1 m ³ beton için gerekli kalıp alanı	113
a) Kiriş	113
b) Kolon	113



EK 1- YAPI ALANINDAKİ AZALMA ORANLARI

Duvar gerecinin yapı alanına ve taşıyıcı sisteme olan etkisini incelemek için,

d_1 : seçilen 1 nolu gereç ile oluşan duvar elemanı kalınlığı

d_2 : seçilen 2 nolu gereç ile oluşan duvar elemanı kalınlığı

$d_2 < d_1$ ve

γ_1 : seçilen 1 nolu gereç ile oluşan duvar özgül ağırlığı

γ_2 : seçilen 2 nolu gereç ile oluşan duvar özgül ağırlığı

$\gamma_1 > \gamma_2$ kabul edilmiştir.

a) 1 No'lu Mekan Tipinde

Dört tarafı iç mekanlarla sınırlı mekan birimindeki yapı alanı azalma oranı aşağıda gösterildiği gibi hesaplanabilir.

1 no'lu seçenek ile oluşturulacak mekan alanı:

$$S_1 = (A + 2 \frac{d_1}{2})(B + 2 \frac{d_1}{2}) \text{ dir}$$

2 no'lu seçenek ile oluşturulacak mekanın alanı:

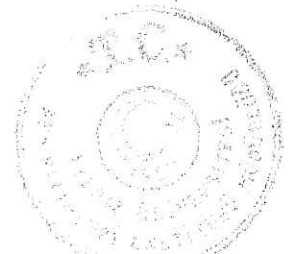
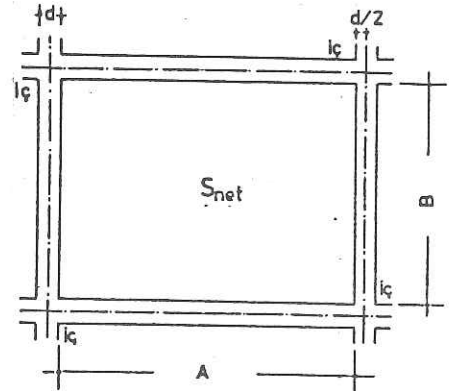
$$S_2 = (A + 2 \frac{d_2}{2})(B + 2 \frac{d_2}{2}) \text{ dir.}$$

Yapı alanındaki azalma:

$$\Delta S = S_1 - S_2 = (A + d_1)(B + d_1) - (A + d_2)(B + d_2) = AB + Ad_1 + Bd_1 + d_1^2 - AB - Ad_2 - Bd_2 - d_2^2$$

$$d_1^2 - d_2^2 = 0 \text{ kabul edildiğinde}$$

$$\begin{aligned} \Delta S &= d_1(A+B) - d_2(A+B) \\ &= (A+B)(d_1 - d_2) \text{ dir.} \end{aligned}$$



Yapı alanındaki azalma oranı ise

A.B net alan olduğundan

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{(A+B)(d_1-d_2)}{AB} = \left(\frac{1}{A} + \frac{1}{B}\right)(d_1-d_2) \text{ dir.}$$

$A/B=\Sigma$, $d_1-d_2=1$ olarak alındığında

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{1}{B} \left(1 + \frac{1}{\Sigma}\right) \text{ olur.}$$

b) 2 No'lu Mekan Tipinde

Üç tarafı iç mekanlarla sınırlı mekan birimindeki yapı alanı azalma oranı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

1 no'lu seçenek ile oluşturulacak mekanın yapı alanı:

$$S_1 = (A + d_1 + \frac{d_1}{2})(B + d_1) \text{ dir.}$$

2 no'lu seçenek ile oluşturulacak mekanın yapı alanı:

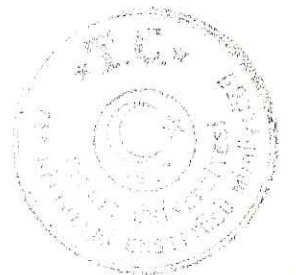
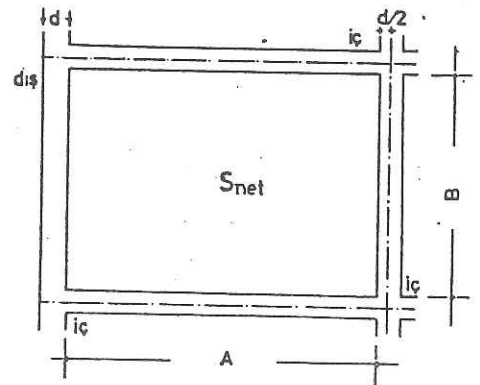
$$S_2 = (A + d_2 + \frac{d_2}{2})(B + d_2) \text{ dir}$$

Yapı alanındaki azalma:

$$\Delta S = S_1 - S_2$$

$$= (A + \frac{3}{2} d_1)(B + d_1) - (A + \frac{3}{2} d_2)(B + d_2)$$

$$= AB + Ad_1 + B \frac{3}{2} d_1 - \frac{3}{2} d_1^2 - AB - Ad_2^2 - B \frac{3}{2} d_2 - \frac{3}{2} d_2^2$$



$\frac{3}{2} d_1^2 \approx \frac{3}{2} d_2^2$ kabul edildiğinde

$$\begin{aligned}\Delta S &= d_1 \left(A + \frac{3}{2} B \right) - d_2 \left(A + \frac{3}{2} B \right) \\ &= (d_1 - d_2) \left(A + \frac{3}{2} B \right) \text{ dir.}\end{aligned}$$

Brüt alandaki azalma oranı ise

A.B net alan olduğuna göre

$$\begin{aligned}\frac{\Delta S}{S} &= (d_1 - d_2) \left(A + \frac{3}{2} B \right) \frac{1}{AB} \\ &= (d_1 - d_2) \left(\frac{1}{B} + \frac{3}{2A} \right) \text{ dır.}\end{aligned}$$

$A/B = \epsilon$, $d_1 - d_2 = 1$ olarak alındığında

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{1}{B} \left(1 + \frac{3}{2\epsilon} \right) \text{ olur.}$$

Dış duvar kalınlığı iç duvar kalınlığına eşit değil ise,
1 nolu seçenek için:

$$d_1' = \alpha + d_1$$

2 nolu seçenek için:

$$d_2' = \beta + d_2 \text{ olduğu kabul edilirse}$$

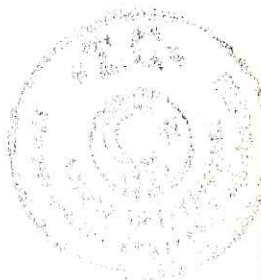
Yapı alanındaki azalma

$$\Delta S = \alpha B - \beta B$$

Yapı alanındaki azalma oranı ise

$$\frac{\Delta S'}{S} = \frac{1}{A} (\alpha - \beta) \text{ dır.}$$

Bu değer yukarıda bulunan yapı alanındaki azalma oranına eklenir.



c) 3 No'lu Mekan Tipinde.

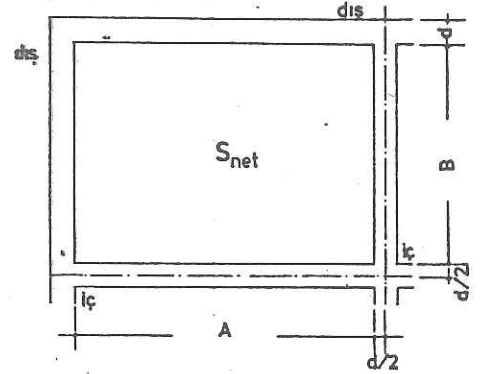
İki tarafı iç mekanlarla sınırlı mekan birimindeki brüt alan-
daki azalma oranı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

1 nolu seçenek ile oluşturulacak mekanın
yapı alanı:

$$S_1 = (A + \frac{3}{2} d_1)(B + \frac{3}{2} d_1) \text{ dir.}$$

2 nolu seçenek tipi ile oluşturulacak
mekanın yapı alanı:

$$S_2 = (A + \frac{3}{2} d_2)(B + \frac{3}{2} d_2) \text{ dir.}$$



Brüt alandaki azalma miktarı

$$\Delta S = S_1 - S_2$$

$$= AB + A \frac{3}{2} d_1 + B \frac{3}{2} d_1 + \frac{3}{2} d_1^2 - AB - A \frac{3}{2} d_2 - B \frac{3}{2} d_2 - \frac{3}{2} d_2^2$$

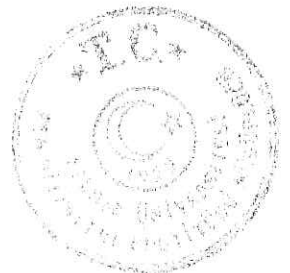
$$(\frac{3}{2} d_1)^2 - (\frac{3}{2} d_2)^2 = 0 \text{ kabul edildiğinde}$$

$$\Delta S = A(\frac{3}{2} d_1 - \frac{3}{2} d_2) + B(\frac{3}{2} d_1 - \frac{3}{2} d_2)$$

$$= (\frac{3}{2} A + \frac{3}{2} B)(d_1 - d_2)$$

Yapı alanındaki azalma oranı ise
A.B net alan olduğuna göre

$$\frac{\Delta S}{S} = (\frac{3}{2} A + \frac{3}{2} B)(d_1 - d_2) \cdot \frac{1}{AB}$$



$A/B = \epsilon$, $d_1 - d_2 = 1$ olarak alındığında

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{3}{2} B(1 + \epsilon)$$

Dış duvar kalınlığı iç duvar kalınlığına eşit değil ise
1 nolu seçenek için:

$$d_1' = \alpha + d_1$$

2 nolu seçenek için:

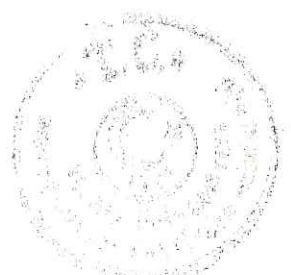
$$d_2' = \beta + d_2 \text{ olduğu kabul edilirse}$$

Brüt alandaki azalma

$$\Delta S' = \frac{(\alpha \cdot A + \alpha B) - (\beta A + \beta B)}{AB}$$

$$= (A+B)(\alpha - \beta) \cdot \frac{1}{AB} \text{ olur.}$$

Bu değer bulunan yapı alanındaki azalma oranına eklenir.



EK 2- DUVAR ELEMANINDA YÜK AZALMA ORANI

İki farklı gereçten oluşan duvar elemanlarının birim boydaki yük azalması oranları

1 nolu seçeneğin ağırlığı

$$W_1 = H \cdot d_1 \cdot \gamma_1$$

2 nolu seçeneğin ağırlığı

$$W_2 = H \cdot d_2 \cdot \gamma_2 \text{ dir.}$$

Birim duvar boyundaki yük azalması

$$\Delta W = W_1 - W_2 = H(\gamma_1 d_1 - \gamma_2 d_2)$$

Yük azalma oranı ise

$$\begin{aligned} \frac{\Delta W}{W} &= \frac{H(\gamma_1 d_1 - \gamma_2 d_2)}{H \gamma_1 d_1} \\ &= 1 - \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{\gamma_2}{\gamma_1} \text{ dir.} \end{aligned}$$



EK 3- KIRIŞ ÖZ AĞIRLIĞINDAKİ AZALMA ORANI

Kirişe gelen yük, döşeme, duvar ve hareketli yükler ile kirişin öz ağırlığının toplamıdır.

Duvar ağırlığının azalması sonucu döşeme yükü, hareketli yük sabit kalır, kirişin öz ağırlığı değişir. Kirişe gelen yükteki azalma duvar yükündeki azalma ile kiriş ağırlığındaki azalmanın toplamıdır.

$$\Delta q = \Delta q_D + \Delta q_k \text{ dir.}$$

Açıklık ve mesnet momentleri arasındaki bağıntı

$$\Delta M = \alpha \cdot \Delta q \cdot l^2 \text{ dir.}$$

(α) kirişin mesnet açıklığına, türüne ve rijitliğine bağlı bir katsayıdır. Eğilme momentindeki azalma oranı

$$\frac{\Delta M}{M} = \frac{\Delta q}{q} \text{ dir.}$$

Kiriş boyutları ile moment arasındaki bağıntı

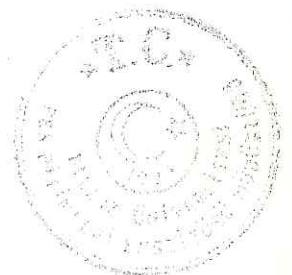
$$M = \frac{bh^2}{K}$$

olduğuna göre moment (ΔM) kadar azalma olursa kiriş yüksekliğinde de (Δh) kadar azalma olur.

Momentteki azalma oranı

$$\frac{\Delta M}{M} = \frac{M_1 - M_2}{M}$$

$$= \frac{\frac{bh^2}{K} - \frac{b(h-\Delta h)^2}{K}}{\frac{b}{K} h^2} = \frac{h^2 - h^2 + 2\Delta h \cdot h - \Delta h^2}{h^2} \text{ dir.}$$



Bu bağıntı momentteki azalma oranı yükteki azalma oranına eşit olduğundan

$$\frac{\Delta q}{q} = 2 \frac{\Delta h}{h} - \left[\frac{\Delta h}{h} \right]^2 \text{ olarak yazılabilir.}$$

Kiriş yükündeki azalma oranına bağlı kiriş ağırlığındaki azalma oranı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

Kirişin kesit alanı:

$$AC = b.d = 1.05 h.b \text{ dir.}$$

Birim boyunun ağırlığı ise

$$q_k = \gamma.A_c$$

$$= 1.05 \gamma.bh \text{ dir.}$$

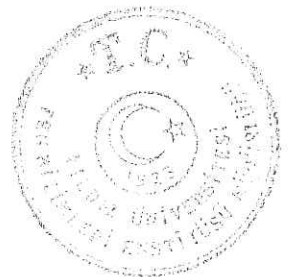
Kiriş yükündeki azalma oranı

$$\frac{\Delta q_k}{q_k} = \frac{1.05 \gamma b h - 1.05 \gamma b (h - \Delta h)}{1.05 \gamma b h}$$

$$= \frac{\Delta h}{h}$$

O halde toplam yükteki azalma oranı ile kiriş öz ağırlığındaki azalma oranı arasındaki bağıntı

$$\frac{\Delta q}{q} = 2 \frac{\Delta q_k}{q_k} - \left[\frac{\Delta q_k}{q_k} \right]^2$$



EK 4- KİRİŞ DONATI AĞIRLIĞINDAKİ AZALMA ORANI

Donatı alanı:

$$A_s = \rho . b h$$

Birim boydaki kirişteki donatı ağırlığı

$$W = \gamma . \rho . b . h . l' \text{ dir}$$

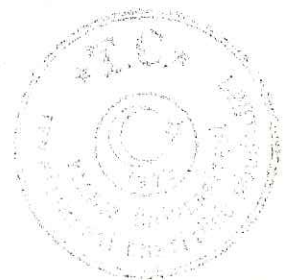
$$h = \frac{d}{1.05} \text{ kabul edilmiştir.}$$

$$W = \gamma . \rho . b . \frac{d}{1.05} l$$

$$W = \gamma . \rho . V . \frac{1}{1.05} \text{ dir.}$$

Donatı miktarındaki azalma oranı

$$\frac{\Delta W}{W} = \gamma . \rho \frac{\Delta V}{V} \text{ dir.}$$



EK 5- KİRİŞ KALIP ALANINDAKİ AZALMA ORANI

Kiriş kalıp alanı

$$S = b+2(d-t)$$

$$= b+2(1.05 h-t)$$

Birim boydaki kirişte kalıp azalma oranı

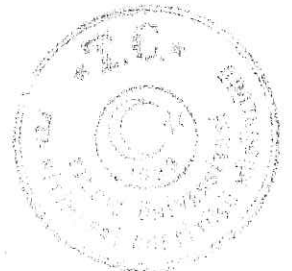
$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{[b+2(1.05 h_1-t)] - [b+2(1.05 h_2-t)]}{b+2(1.05 h-t)}$$

$$= \frac{2.1(h_1-h_2)}{b+2(1.05 h-t)}$$

$$= \frac{2.1 \frac{\Delta h}{h}}{\frac{b}{h} + 2.1 \frac{h}{h} - 2 \frac{t}{h}}$$

Kirişin yükündeki azalma oranı yüksekliğindeki azalma oranına eşit olduğuna göre;

$$\frac{\Delta S}{S} = 2.1 \frac{\Delta V}{V} \cdot \frac{1}{\frac{b}{h} + 2.1 - 2 \frac{t}{h}} \text{ dir.}$$



EK 6- KOLONLARDAKİ AZALMA ORANI

Döşeme ve kirişlerdeki yük azalması kiriş mesnetlerinde, kolonlara iletilen kesme kuvvetleri ile uç momentlerinin azalmasına neden olur.

Kiriş uçlarındaki kesme kuvveti

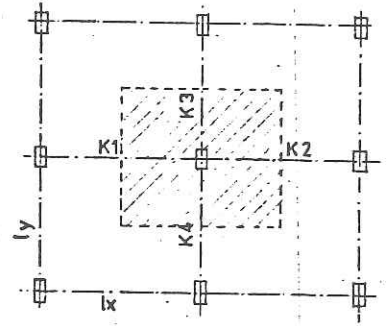
$$T_{iu} = \alpha \cdot q_k \cdot l \text{ dir.}$$

Kiriş yükünde Δq_k kadar azalma olduğunda kesme kuvveti de

$$\Delta T_{iu} = \alpha \Delta q_k \cdot l \text{ kadar azalır.}$$

Kiriş mesnet momenti

$$M_{iu} = \beta \cdot q_k \cdot l^2 \text{ dir.}$$



Kiriş yükündeki azalmadan dolayı mesnet momenti de

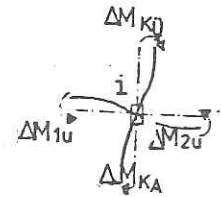
$$\Delta M_{iu} = \beta \Delta q_k \cdot l^2 \text{ kadar azalır.}$$

x-x ve y-y doğrultusunda, kolon ve kirişlerin (i) kesim noktasındaki denge koşulu için

$$\Delta M_k = \Delta M_{KA} + \Delta M_{KÜ} = \Delta M_{1u} + \Delta M_{2u}$$

Kolondaki moment azalması

$$\Delta M_k = \sum \beta_i \cdot \Delta q_{ki} \cdot l^2 \text{ dir.}$$



Kolonlardaki moment azalma oranı toplam yükteki azama oranına eşittir.

$$\frac{\Delta M_k}{M_k} = \frac{\Delta q_{ki}}{\sum q_{ki}}$$



Bir kattan gelen kolon normal
yükü eşittir.

$$N_i = T_{1u} + T_{2u} + T_{3u} + T_{4u}$$

olduğuna göre

$$N_i = \alpha_1 q_{k1} l_1 + \alpha_2 q_{k2} l_2 + \alpha_n q_{kn} l_n \text{ yazılır.}$$

$$q_{ki} = M_1 \cdot q_{ko} , q_{k2} = M_2 \cdot q_{ko} \dots \text{değerleri}$$

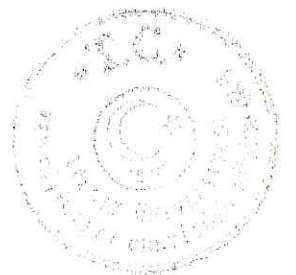
bu bağıntıda yerine konursa

$$N_i = q_o (\alpha_1 \cdot m_1 l_1 + \alpha_2 m_2 l_2 + \alpha_3 m_3 l_3 + \alpha_4 m_4 l_4)$$

(N_i) değeri (q_o) ile orantılı olduğuna göre

$$\frac{\Delta N_i}{N_i} = \frac{\Delta q_{ki}}{\epsilon q_{ki}}$$

Toplam yükteki azalma oranı kolon yükündeki azalma oranına
eşittir.



EK 7- TEMEL ALANINDAKİ AZALMA ORANI

Toplam yapı yükündeki azalma oranı ile temel alanındaki azalma oranı arasındaki ilişki incelendiğinde:

Temel alanı

$$F = \frac{P}{G_{em}} \text{ dir.}$$

Alandaki azalma oranı

$$\begin{aligned} \frac{\Delta F}{F} &= \frac{P_1 - P_1}{G_e} \cdot \frac{G_e}{P_1} \\ &= \frac{\Delta P}{P} \text{ dir.} \end{aligned}$$

Toplam yükteki azalma oranı temel alanındaki azalma oranına eşittir.



EK 8- YAPI AĞIRLIĞININ DEPREM YÜKÜNE ETKİSİ

Bütün sabitler $|n|$ kabul edildiğinde

$$C = n.K \text{ dir.}$$

[C] tipi duvar ile [a], [b] tipi duvar karşılaştırıldığında,

[a] ve [b] tipi sistemde deprem yükü

$$F_1 = C_1 \cdot W_1$$

[C] tipi sistemde ise

$$F_2 = C_2 W_2 \text{ dir.}$$

$W_2 < W_1$ ve $C_2 > C_1$ olduğuna göre

$$F_2 = (C_1 + \Delta C)(W_1 - \Delta W) \text{ yazılır.}$$

Deprem yükündeki azalmanın sıfırdan büyük olması için

$$\Delta F = F_1 - F_2 = C_1 W_1 - (C_1 W_1 - C_1 \Delta W + \Delta C W_1 - \Delta C \Delta W) > 0$$

$$C_1 \Delta W + \Delta C \Delta W > \Delta C W_1 \text{ nin sağlanması gerekir.}$$

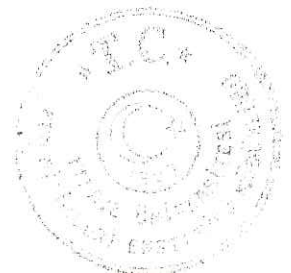
[a] tipi duvarla oluşturulan yapılarla karşılaştırıldığında;

$$\Delta F = F_1 - F_2 = 0.60 \ln W_1 - \ln(W_1 - \Delta W) > 0$$

$$\frac{\Delta F}{F_1} = 0.60 - 1 + \frac{\Delta W}{W_1} > 0$$

$$\frac{\Delta W}{W_1} > 0.40$$

$$\Delta W > 0.40 W_1$$



Yapı ağırlığındaki azalma [a] tipi sistemdeki yapı ağırlığının (W_1) % 40 ından büyük olursa deprem etkisindeki yükte azalma olur.

[b] tipi duvarla oluşturulan yapılarla karşılaştırıldığında

$$\Delta F = F_1 - F_2 = 0.80 nW_1 - 1n(W_1 - \Delta W) > 0$$

$$\frac{\Delta F}{F} = 0.80 - 1 + \frac{\Delta W}{W_1} > 0$$

$$\frac{\Delta W}{W_1} > 0.20$$

$$\Delta W > 0.20 W_1$$

Yapı ağırlığındaki azalma [b] tipi sistemdeki yapı ağırlığının (W_1) % 20 sinden büyük olursa deprem etkisindeki yükte azalma olur.



EK 9- DEPREM YÜKÜNDEKİ AZALMA ORANI

[a] veya [b] tipindeki duvarla oluşturulan yapının deprem etkisindeki yükü

$$F_1 = n.K_1.W_1 \text{ dir.}$$

[C] tipindeki duvarla oluşturulan yapının deprem etkisindeki yükü

$$F_2 = n.K_2.W_2 \text{ dir.}$$

Deprem etkisindeki yükteki azalma

$$\Delta F = n.K_a.W_1 - nK_c (W_1 - \Delta W) \text{ dir.}$$

Deprem etkisindeki yükteki azalma oranı ise

$$\frac{\Delta F}{F} = 1 - \frac{K_c}{K_a} \left(1 - \frac{\Delta W}{W_1}\right)$$

[a] tipi için $K=0.60$ olduğundan deprem yükündeki azalma oranı

$$\frac{\Delta F}{F_1} = 1 - \frac{1}{0.60} \left(1 - \frac{\Delta W}{W_1}\right) = 1.66 \frac{\Delta W}{W_1} - 0.66 \text{ dir.}$$

[b] tipi için $K=0.80$ olduğundan deprem yükündeki azalma oranı

$$\frac{\Delta F}{F_1} = 1 - \frac{1}{0.80} \left(1 - \frac{\Delta W}{W_1}\right) = 1.25 \frac{\Delta W}{W_1} - 0.25 \text{ dir.}$$



EK 10- AYRIK TEMELLERDE YÜK İLE BETON HACMI ARASINDAKİ İLİŞKİ

Bu çalışmada sadece ayrik temeller ele alınmıştır. Diğer temel türleri için de yük ile beton hacmi arasındaki ilişki kurulabilir.

$$\text{Temel alanı } A_T = B \cdot L = \frac{P}{G_{em}}$$

Temel kesitlerindeki max. eğilme momenti

$$M_{max} = \frac{P}{8} (L-a)$$

$$h = K_2 \sqrt{\frac{\alpha \cdot M}{B}}$$

hesaplama da sabit kesit kabul edildiğinde $\alpha=1.94$ alınmıştır.

Faydalı temel hacmi

$$V_T = L \cdot B \cdot h' \text{ dir.}$$

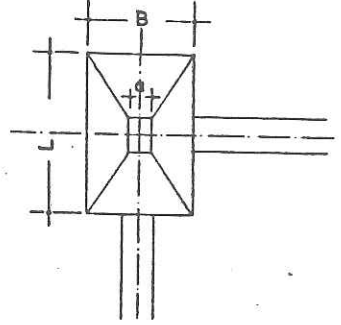
$$V_T = \frac{P}{G_{em}} \cdot K_2 \sqrt{\frac{1.94 M}{B}}$$

$$= \frac{P}{G_{em}} \cdot K_2 \sqrt{\frac{1.94 \cdot \frac{P}{8} (L-a)}{B}} \cdot \frac{1}{100}$$

K_2 beton türüne bağlı bir değerdir. $G_c = 50 \text{ kg/cm}^2$ için $K_2 = 11.39$ alındığında

$$V_T = \frac{P}{G_{em}} \cdot 11.39 \sqrt{\frac{1.94 \cdot \frac{P}{8} (L-a)}{B}} \cdot \frac{1}{100}$$

$$= \frac{P}{G_{em}} \cdot 5.6 \sqrt{\frac{P(L-a)}{B}} \cdot \frac{1}{100}$$

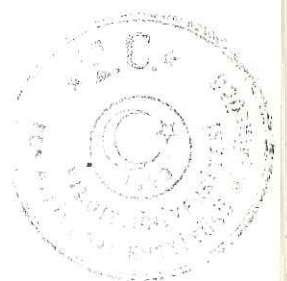


min kolon genişliği 25 cm alındığında

$$\frac{L-25}{L} = \alpha_T \text{ ise}$$

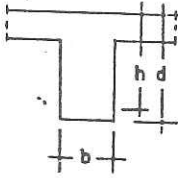
$$L-25 = \alpha_T \cdot L \text{ dir.}$$

$$\begin{aligned} V_T &= \frac{P}{G_{em}} \cdot 5.6 \sqrt{\frac{P(\alpha_T \cdot L)}{B}} \\ &= \frac{P^{3/2}}{G_{em}} \cdot 5.6 \underbrace{\sqrt{\alpha_T} \sqrt{\frac{L}{B}} \frac{1}{100}} \\ &= \frac{P^{3/2}}{G_{em}} \cdot T \text{ dir.} \end{aligned}$$



EK 11- 1 m³ BETON İÇİN GEREKLİ DONATI AĞIRLIĞI

a) KİRİŞ



Donatı alanı

$$A_s = \rho \cdot b \cdot h = \rho \cdot A_c$$

Donatı ağırlığı

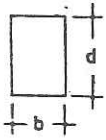
$$W = \gamma \cdot \rho \cdot b \cdot h \cdot l$$

$$h = \frac{d}{1.05}$$

$V = b \cdot d \cdot l$ ise ve kiriş hacmi 1 olduğuna göre

$$W = \gamma \cdot \rho \cdot \frac{1}{1.05} \text{ dir.}$$

b) KOLON



Donatı alanı

$$A_s = A_c \cdot \rho$$

Donatı ağırlığı ise

$$W = \gamma \cdot A_c \cdot \rho \cdot h \text{ dir}$$

Kolon betonu hacmi

$V_c = A_c \cdot h$ ise ve kolon hacmi bir olduğuna göre

$$W = \gamma \cdot \rho = 7.8 \rho \text{ 'dır.}$$



EK 12- 1 m³ BETON İÇİN GEREKLİ KALIP ALANI

a) KİRİŞ

Beton hacmi

$$V = b.d.l' \text{ dir}$$

Kiriş boyu

$$l = \frac{V}{bd} \text{ hacim bir olduğuna göre}$$

$$l = \frac{1}{bd} \text{ dir.}$$

Kiriş kalıp alanı

$$S = l (2d' + b)$$

$$= \frac{2d' + b}{bd} \text{ dir.}$$

b) KOLON

Kolon hacmi

$$V = b.d.h' \text{ dir}$$

Kolon yüksekliği

$$h = \frac{V}{bd} \text{ hacim bir olduğuna göre}$$

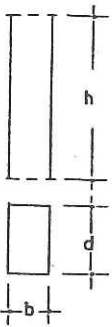
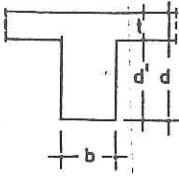
$$h = \frac{1}{bd} \text{ dir.}$$

Kolon kalıp alanı

$$S = h.(2b+2d)$$

$$= \frac{2b + 2d}{bd}$$

$$= 2\left(\frac{1}{d} + \frac{1}{b}\right) \text{ dir.}$$



KAYNAKLAR

- Anonim, "Perlit Genleştirilmesi ve imento ile Baęlama alışmaları", I.Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri, Maden Tetkik Arama Enstitüsü - Türkiye Jeoloji Kurumu, Ankara 1978, s.176-184.
- _____, Mineral Year Book, Ins.of Mining Metalurgical and Petroleum Engineer Inc., New York 1982.
- _____, "Concrete Tiles Put Color on Residential Roofs", Concrete Construction, Yayımcı yok, New York 1983, s.750-754.
- _____, "Yapı Bileşenlerinin Minimum Isı Geçirgenlik Dirençleri Yönetmeliği", Resmi Gazete, Sayı: 18637, 16 Ocak 1985, s.9.
- _____, "A.B.D.Nüfus Danışma Bürosunun Yaptığı Araştırmaya Göre 2020 Yılında Dünya Nüfusu", Cumhuriyet, 7 Mayıs 1986, s.16, sü.1.
- Arbatlı,A., "Türkiye Perlit Sanayii ve Hammadde Yatakları", oęaltma, İstanbul 1982.
- Arkun,E., Erger,M., "Toplu Konut Uygulamalarında Genleştirilmiş Perlit ve Perlitli Yapı Malzemesi Kullanımı", Etibank Bülteni, Sayı: 41, Ağustos 1982 (1983), s.7-21.

Balay,N., "Perlitin Türk Tarımındaki Yeri ve Önemi", Etibank Bülteni, Sayı: 41, Ağustos 1982 (1983), s.29-31.

Caner,G., Maden Ekonomisi, Maden Tetkik Araştırma Enstitüsü Eğitim Serisi No: 27, Ankara 1983.

D.P.T., "Perlit Raporu", IV.Bes Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Yayınlanmamış Raporu, Ankara 1983.

_____, Beşinci Bes Yıllık Kalkınma Planı, Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Yayın No. DPT 1974, Ankara 1985.

Ergen,M., Perlitli Isı Yalıtım Betonu, Yapı Araştırma Enstitüsü Yayın No: 1, Ankara 1983.

Etibank, Perlit-Dünya ve Yurt İçi Pazar Araştırması III, Pazarlama ve Satış Dairesi, Ankara 1978.

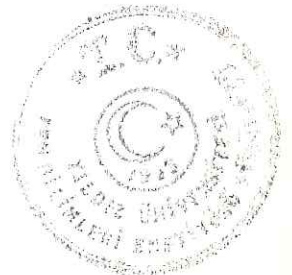
_____, İnşaat Sektöründe Perlit, Ankara 1983.

Gökhan,Ç., "İnşaat Malzemesi Olarak Perlit", I.Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri, Maden Tetkik Arama Enstitüsü-Türkiye Jeoloji Kurumu, Ankara 1978, s.33-39.

Gökhan,Ç., Baytın,D., "Hafif Agregalar ve Perlit", Mimarlık, Sayı: 157, 1978/4, s.73-79.

Hasol,D., Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, İkinci Baskı, Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları A-2, İstanbul 1979.

Kacsalova,L., Boszilkov,U., "Application of Perlite for the Production of Floor Tiles", Tonind-Ztg.Keram., No: 98, 1974, s.78-81.



Kamanlı,A., "Sarıkamış Perlitlerinin Jeolojisi ve Sentezi",
I.Ulusal Perlit Kognresi Bildirileri, Maden Tetkik
Arama Enstitüsü-Türkiye Jeoloji Kurumu, Ankara, 1978,
s.148-153.

Meisinger,A.C., "Perlite", Mineral Facts of Problems, U.S.
Department of the Interior, Washington 1980, s.2-12.

M.T.A., Türkiye Perlit Envanteri, Maden Tetkik Arama Ensti-
tüsü Yayın No: 193, Ankara 1985.

Nar,T., Asan,H., "Perlit Katkılı Tuğla Araştırma Çalışması",
Çoğaltma, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Yapı İşleri
Genel Müdürlüğü Teknik Daire Başkanlığı, Ankara 1983.

Özkan,E., Yapım Sistemlerinin Seçimi İçin Bir Yöntem, Karadeniz
Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Trabzon 1976.

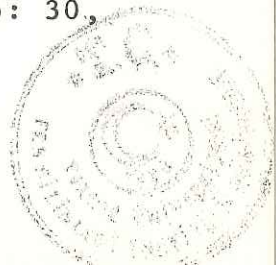
Perlite Institute, "Kurtz Precast Perlite Plank", Çoğaltma,
New York, Tarihsiz.

_____, "Origin and Characteristics", Technical Data Sheet
No: 1.1, New York, 1962.

_____, "Perlite in Industry", Technical Data Sheet No: 2.1,
New York, 1962.

_____, "Lightweight Fireproofing", Fire Retardant Data, New
York, May 1964.

_____, "Lightweight Insulating Concrete", Çoğaltma No: 30,
New York, 1967.



Perlite Institute, "Floor Fills", Çoğaltma No: 31, New York, 1967.

_____, "Perlite Plaster Agregate", Çoğaltma, No: 97/7, New York, 1967.

_____, "Loose Fill Insulation 1968", Çoğaltma, New York, 1968.

_____, "Insulating Concrete", Çoğaltma No: 31/76, New York, 1976.

_____, "Loose Fill Insulation 1982", Çoğaltma No: 71/82, New York, 1982.

Saraylı, M.A., "Yapılarda Isı Enerjisi Tasarrufu ve Perlit", (1.5.1985 Seminerinde verilen bildiriden çoğaltma), İstanbul 1986.

Short, A., Kinniburgh, W., Lightweight Concrete, 3. Baskı, Applied Science, London 1978.

Stanley, J. ve diğerleri, Industrial Minerals and Rocks, 4. Baskı, Ins. of Mining Metallurgical and Petroleum Engineer Inc., New York 1975.

Şeniz, U., "Fide Yetiştiriciliğinde Perlitin Kullanılma Olanakları", Etibank Bülteni, Sayı: 28, Ocak-Şubat-Mart 1981, s.19-20.

Tanyolu, E., Uygulamalı Jeoloji, Kendi Yayını, İstanbul 1983.

Taşkın, C., "Perlitin Tanımı ve Oluşumu ile Kökeni Hakkında Genel Bilgi ve Türkiye'nin Perlit Zuhurları", I. Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri, Maden Tetkik Arama Enstitüsü-Türkiye Jeoloji Kurumu, Ankara 1978, s.130.

Taşkın,C., "Yapı Malzemesi Tüketiminin Boyutları", Panel-Türkiye'de Yapı Malzemeleri ve Sorunları, T.M.M.O.B.Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, No: 15, Ankara 1983, s.9-26.

Taşpınar,M., Taşıyıcı Hafif Agregalı Betonların Elastik Olmayan Davranışları, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İstanbul 1982.

T.S.E., TS.825-Yapı Malzemeleri Isı İletkenlik Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

_____, TS.3649 - Perlitli Isı Yalıtımı Betonu Yapım-Uygulama Kuralları ve Deney Metodları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Nisan 1982.

_____, TS.3681 - Genleştirilmiş Perlit Agregası, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Nisan 1982.

_____, TS.3682 - Alçılı Perlit Bölme Duvarı Elemanları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Kasım 1982.

Uzkut,İ., "Perlit Madenciliği ve Çok Uluslu Kuruluşları", I.Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri, Maden Tetkik Arama Enstitüsü - Türkiye Jeoloji Kurumu, Ankara 1978, s.19-25.

Ünver,İ., "Perlit'in Tarımda Kullanım Şekilleri", Etibank Bülteni, Sayı: 28, Ocak-Şubat-Mart 1981, s.18.

Woliner,W., "Das zweischalige Mauerwerk mit wärmedämmender Ausfüllung", DBZ Forschung + Technik, Sayı: 501 (1/71), s.11-12.



ÖZGEÇMİŞ

- 1955 Trabzon'da doğdu.
- 1972 Atatürk Kız Lisesi'ni bitirdi.
- 1977 D.G.S.A.M.Y.O. Lisans diploması aldı.
- 1979 İ.D.M.M.A.Mimarlık Fakültesi Mimarlık Dalı yüksek lisans eğitimini tamamladı.
- 1980 İ.D.M.M.A.Kadıköy Mimarlık Fakültesi'ne uzman olarak girdi.
- 1981 Aynı kurumda asistan oldu.

Halen Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yapı Anabilim Dalı, Yapı Elemanları Bilim Dalında öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.

