

BİLGİLENDİRME EKİ 7F.
DOLGU DUVARLARININ GÜÇLENDİRİLMESİ İÇİN YÖNTEMLER

7F.0. Simgeler

A_{duvar}	= Dolgu duvarının yatay kesit alanı
a_{duvar}	= Eşdeğer basınç çubuğunun genişliği (mm)
E_c	= Çerçeve betonunun elastisite modülü
E_{dp}	= Prefabrike beton duvar panelinin elastisite modülü
E_{duvar}	= Dolgu duvarının elastisite modülü
f_{dp}	= Prefabrike beton duvar panelinin basınç dayanımı
f_{duvar}	= Dolgu duvarının basınç dayanımı
f_{yd}	= Hasır donatı çeliğinin tasarım akma dayanımı
h_{duvar}	= Dolgu duvarının yüksekliği (mm)
I_k	= Kolonun atalet momenti (mm ⁴)
k_{duvar}	= Eşdeğer basınç çubuğunun eksenel rijitliği
k_t	= Lifli Polimerle güçlendirilmiş duvar çekme çubuğunun eksenel rijitliği
ℓ_{min}	= Minimum ankraj çubuğu derinliği
r_{duvar}	= Dolgu duvarının köşegen uzunluğu (mm)
s_{max}	= Maksimum ankraj çubuğu aralığı
t_{dp}	= Prefabrike beton duvar panelinin kalınlığı (mm)
t_{duvar}	= Dolgu duvarının kalınlığı (mm)
T_f	= Lifli Polimer ile güçlendirilmiş duvar çekme çubuğunun çekme dayanımı
t_f	= Lifli Polimer kalınlığı
V_{duvar}	= Dolgu duvarının kesme kuvveti dayanımı
ϕ_{min}	= Minimum ankraj çubuğu çapı
λ_{duvar}	= Eşdeğer basınç çubuğu katsayısı
ρ_{sh}	= Perdede ve duvarda yatay gövde donatılarının perde gövdesi brüt enkesit alanına oranı
θ	= Eşdeğer basınç çubuğunun yatay ile olan açısı
τ_{duvar}	= Dolgu duvarının kayma dayanımı
τ_{dp}	= Prefabrike beton duvar panelinin kayma dayanımı

7F.1. Dolgu duvarlarının Güçlendirilmesi

7.10.4'e göre, bodrum hariç en fazla üç katlı binalarda uygulanmak üzere, temel üstünden yukarıya kadar üst üste süreklilik gösteren betonarme çerçeve içindeki

dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme dayanımı, aşağıda tanımlanan güçlendirme yöntemleri ile artırılabilir.

7F.2. Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirilmesi

Dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme dayanımı, duvar yüzüne uygulanan hasır çelik donatılı, özel karışimli sıva tabakası ile artırılabilir.

- (a) Sıva tabakasının kalınlığı en az 30 mm, hasır donatı pas payı ise en az 20 mm olmalıdır. Özel sıva 4 hacim kum, 1 hacim çimento ve 1 hacim kireç karışımı ile yapılacaktır. Bu karışımla yapılan sıvanın basınç dayanımı en az 5 MPa olacaktır.
- (b) Güçlendirilecek duvarların köşegen uzunluğunun güçlendirme öncesi kalınlığına oranı 30'dan küçük olmalıdır. Bu türlü uygulamalarda mevcut çerçeve içinde basınç çubuğu oluşumu sağlanmalı ve çerçeveye yük aktarımı için gerekli ankrajlar düzenlenmelidir. Bunun için uygulamanın yapılacağı duvar yüzü ile çerçeve elemanlarının dış yüzü arasında en az 30 mm derinliğinde boşluk olmalıdır (**Şekil 7F.1**). Aksi halde bu tür duvar güçlendirmesi uygulanamaz.
- (c) Donatılı sıva tabakası ile çerçeve elemanları arasında kullanılacak çerçeve ankraj çubuğunun en küçük çapı 12 mm, en az ankraj derinliği çubuk çapının on katı ve en geniş çubuk aralığı 300 mm olmalıdır. Ayrıca donatılı sıva tabakası ile mevcut dolgu duvarın birlikte çalışmasının sağlanması için duvar düzlemine dik yönde, her bir metrekare duvar alanında dört adet gövde ankrajı yapılacaktır. Duvara dik yönde yapılacak gövde ankraj çubukları dolgu duvarın harç derzleri içine gömülecek ve çubuk çapı en az 8 mm, ankraj derinliği çubuk çapının en az on katı olacaktır. Duvar düzlemine paralel ve dik doğrultuda yapılacak tüm ankraj çubukları açılacak deliklere epoksi esaslı bir malzeme ile ekilecek ve uçları L şeklinde 90 derece bükülerek hasır donatının içine geçirilecektir. Uygulama detayları **Şekil 7F.1**'de gösterilmektedir.
- (d) Güçlendirilen dolgu duvarlarında oluşan kuvvetlerin zemine güvenle aktarılması için gerekli olan temel düzenlemesi yapılmalıdır. Hasır çelik donatı ile güçlendirilen duvarlar aşağıda verilen esaslara göre yapı modeline katılacaktır.

7F.2.1 – Modelleme Esasları: Hasır çelik donatı ile güçlendirilen dolgu duvarlarının yapı modelinde temsil edilmesi için kullanılacak olan rijitlik ve dayanım özellikleri aşağıda tanımlanmıştır. Yapı modelinde betonarme çerçeve içinde düzenlenmiş ve köşegen uzunluğunun kalınlığına oranı 30'dan küçük olan dolgu duvarlar göz önüne alınacaktır. Duvar yüzey alanına oranı %10'u geçmeyen boşlukların bulunduğu duvarların yapı modeline katılmasına, boşlukların konumu köşegen basınç çubuğu

oluşumunu engellememesi koşuluyla izin verilebilir. Hasır çelik ile güçlendirilmiş dolgu duvarları, uygulanan deprem yönünde basınç kuvveti alan eşdeğer köşegen çubuk elemanları ile temsil edileceklerdir.

- (a) *Rijitlik*: Eşdeğer basınç çubuğunun kalınlığı güçlendirilmiş dolgu duvarının kalınlığına eşittir. Genişliği a_{duvar} **Denk.(7F.1)**'den hesaplanacaktır.

$$a_{\text{duvar}} = 0.175 (\lambda_{\text{duvar}} h_k)^{-0.4} r_{\text{duvar}} \quad (7F.1)$$

Burada a_{duvar} çubuk genişliği (mm), h_k kolon boyu (mm), r_{duvar} dolgu duvarı köşegen uzunluğudur (mm). λ_{duvar} **Denk.(7F.2)**'den hesaplanacaktır.

$$\lambda_{\text{duvar}} = \left[\frac{E_{\text{duvar}} t_{\text{duvar}} \sin 2\theta}{4E_c I_k h_{\text{duvar}}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (7F.2)$$

Denk.(7F.2)'de E_{duvar} ve E_c dolgu duvarı ve çerçeve betonunun elastisite modülü, t_{duvar} ve h_{duvar} güçlendirilmiş duvarının kalınlığı ve yüksekliği (mm), I_k kolonun atalet momenti (mm⁴) ve θ köşegenin yatay ile olan açısıdır. Köşegen basınç çubuk elemanının eksenel rijitliği **Denk.(7F.3)** ile hesaplanacaktır.

$$k_{\text{duvar}} = \frac{a_{\text{duvar}} t_{\text{duvar}} E_{\text{duvar}}}{r_{\text{duvar}}} \quad (7F.3)$$

- (b) *Kesme Dayanımı*: Hasır çelik donatı ile güçlendirilen dolgu duvarının kesme dayanımı, köşegen çubuğun eşdeğer basınç kuvveti dayanımının yatay bileşeni olarak kabul edilecektir. Yatay kesit alanı A_{duvar} , basınç dayanımı f_{duvar} ve kayma dayanımı τ_{duvar} olan güçlendirilmiş dolgu duvarının kesme kuvveti dayanımı V_{duvar} , **Denk.(7F.4)** ile hesaplanacaktır.

$$V_{\text{duvar}} = A_{\text{duvar}} (\tau_{\text{duvar}} + f_{yd} \rho_{sh}) \leq 0.22 A_{\text{duvar}} f_{\text{duvar}} \quad (7F.4)$$

Burada f_{yd} hasır donatının tasarım akma dayanımı, ρ_{sh} ise duvardaki yatay gövde donatılarının duvar brüt enkesit alanına oranıdır. Hasır donatı yatay ve düşey yönlerde aynı donatı alanına sahip olmalıdır.

7F.2.2 – Malzeme Özellikleri: Yukarıda verilen denklemlerde E_{duvar} , f_{duvar} ve τ_{duvar} için çeşitli tuğla türlerinden yapılan dolgu duvarlarında önerilen değerler aşağıda verilmiştir. Elastisite modülünün, basınç ve kesme dayanımlarının hesaplanmasında güçlendirilmiş duvarın kompozit kesit yapısı dikkate alınabilir.

Boşluklu fabrika tuğlası:

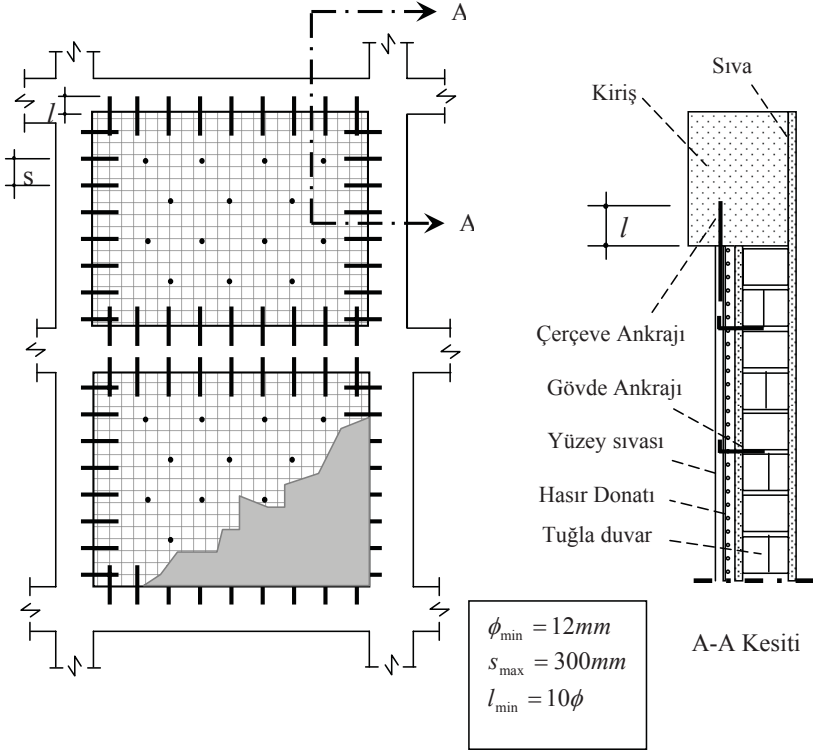
$$E_{\text{duvar}} = 1000 \text{ MPa}; f_{\text{duvar}} = 1.0 \text{ MPa}; \tau_{\text{duvar}} = 0.15 \text{ MPa} \quad (7F.5a)$$

Harman tuğlası:

$$E_{\text{duvar}} = 1000 \text{ MPa}; f_{\text{duvar}} = 2.0 \text{ MPa}; \tau_{\text{duvar}} = 0.25 \text{ MPa} \quad (7F.5b)$$

Gazbeton blok:

$$E_{\text{duvar}} = 1000 \text{ MPa}; f_{\text{duvar}} = 1.5 \text{ MPa}; \tau_{\text{duvar}} = 0.20 \text{ MPa} \quad (7F.5c)$$



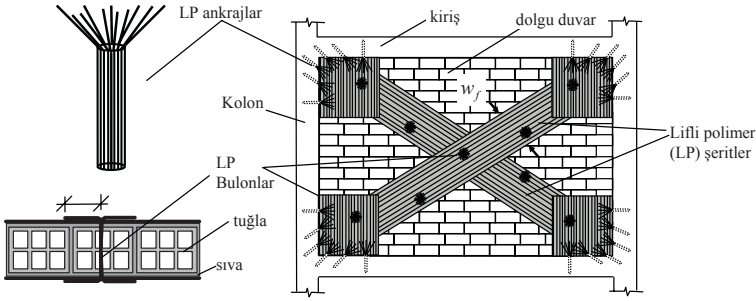
Şekil 7F.1

7F.3. Dolgu Duvarlarının Lifli Polimerler ile Güçlendirilmesi

Uzunluğunun yüksekliğine oranı 0.5 ile 2 arasında olan dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme dayanımı, duvar yüzüne uygulanan lifli polimerler (LP) ile arttırılabilir.

- (a) Bu tür uygulamalarda mevcut çerçeve içinde basınç çubuğu oluşumu sağlanmalı ve çerçeveye yük aktarımı için gerekli ankrajlar düzenlenmelidir. Bunun için uygulamanın yapılacağı duvar yüzü ile çerçeve elemanlarının dış yüzü arasında en az 30 mm derinliğinde boşluk olmalıdır. Aksi halde bu tür duvar güçlendirmesi uygulanamaz.

- (b) Köşegen lifli polimer şeritlerin detaylandırılması Şekil 7F.2’de gösterilmektedir. Köşe bölgelerde yük dağılımını sağlayabilmek ve betonarme çerçeve ile LP şeritler arasında yeterli sayıda ankraj yerleştirebilmek için şerit genişliğinin 1,5 katından az olmayan genişlikte kare LP levhalar kullanılacaktır. Lifli polimer uygulaması duvarın iki tarafından yapılacak ve LP şeritler duvar kalınlığına geçen LP bulonlar ile duvara sabitlenecektir. LP bulonlar arasındaki mesafe 600 mm’den fazla, bulunun köşegen şerit kenarına uzaklığı ise 150 mm’den fazla olamaz. Köşegen LP şerit ile çerçeve arasındaki yük aktarımını sağlamak için LP ankrajlar kullanılacaktır. LP ankrajlar LP şeritlerin epoksi ile doyurulması ve bir silikon çubuk etrafına sarılması ile oluşturulacaktır. LP ankrajların uçları yelpaze şekline getirilecek ve en az 4 adet ankraj köşegen LP şerit yönünde olacak şekilde beton içinde açılan tozdan arındırılmış deliğe epoksi enjekte edilerek yerleştirilecektir. Ankraj yapımında çubuk etrafına sarılan LP’nin genişliği 100 mm’den az olmayacaktır. Ankraj deliğinin çapı 10 mm’den, derinliği ise 150 mm’den küçük olmayacaktır. Buna göre hazırlanan bir ankrajın çekme dayanımı olarak, 20 kN veya silikon çubuk etrafına sarılan LP’nin çekme kapasitesinin %30’undan küçük olanı olarak alınacaktır.



Şekil 7F.2

- (c) Güçlendirilen dolgu duvarlarında oluşan kuvvetlerin zemine güvenle aktarılması için gerekli olan temel düzenlemesi yapılmalıdır. Lifli polimerler ile güçlendirilen duvarlar aşağıda verilen esaslara göre yapı modeline katılacaktır.

7F.3.1 – Modelleme Esasları: Lifli polimerler ile güçlendirilmiş dolgu duvarları yapımodelinde köşegen basınç ve çekme çubukları çifti ile temsil edilecektir.

- (a) *Basınç Çubukları:* Basınç çubuklarının rijitlikleri ve kesme dayanımları 7F.2.1(a) ve (b)’ye göre hesaplanacaktır.
- (b) *Çekme Çubukları:* Çekme çubuğunun çekme dayanımı T_f Denk.(7F.6) ile hesaplanacaktır.

$$T_f = 0.003 E_f w_f t_f \quad (7F.6)$$

Çekme çubuğunun kesme dayanımı, çekme dayanımının yatay bileşeni olarak kabul edilecektir. Çekme çubuğunun eksenel rijitliği, **Denk.(7F.7)** ile hesaplanacaktır.

$$k_t = \frac{w_f t_f E_f}{r_{\text{duvar}}} \quad (7F.7)$$

Bu denklemlerde E_f , w_f ve t_f sırasıyla lifli polimer şeritin elastisite modülü, genişliği ve kalınlığı, r_{duvar} dolgu duvar köşegen uzunluğudur. w_f değeri **Denk.(7F.1)** ile hesaplanan genişlikten daha büyük alınmaz.

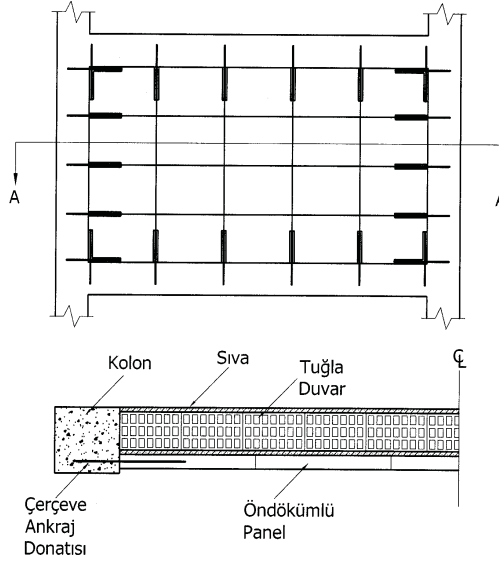
7F.4. Dolgu Duvarların Prefabrike Beton Paneller ile Güçlendirilmesi

Dolgu duvarlarının kesme dayanımı ve rijitliği, öndökümlü beton panel elemanlar kullanılarak arttırılabilir. Bu tür güçlendirme, uzunluğunun yüksekliğine oranı 0.5 ile 2 arasında değişen duvarlara uygulanmalıdır.

- (a) Öndökümlü paneller mutlaka çerçevenin içinde kalacak şekilde yerleştirilecek, dışmerkezli olarak yerleştirilmeyecektir. Bu türlü uygulamalarda mevcut çerçeve içinde basınç çubuğu oluşumu sağlanmalı ve çerçeveye yük aktarımı için gerekli ankrajlar düzenlenmelidir. Bunun için uygulamanın yapılacağı duvar yüzü ile çerçeve elemanları dış yüzü arasında en az panel kalınlığına eşit derinlikte boşluk olmalıdır (**Şekil 7F.3**). Aksi halde bu tür duvar güçlendirmesi uygulanamaz.
- (b) Prefabrike beton paneller ile güçlendirilecek duvarların köşegen uzunluğunun güçlendirme öncesi kalınlığına oranı 30'dan küçük olmalıdır. Öndökümlü panel betonu basınç dayanımı minimum 40 MPa olacaktır. Büzülme çatlaklarını ve taşıma sırasında oluşabilecek çatlakları en aza indirmek için panel ortasına tek düzlemde hasır donatı konacaktır. Hasır donatı oranı her iki doğrultuda 0.001'in altında olmayacaktır. Panelin minimum kalınlığı 40 mm ve maksimum kalınlığı 60 mm olacaktır. Paneller duvara epoksi esaslı bir yapıştırıcıyla tutturulacaktır. Yapıştırıcı, panel elemanları birbirine yapıştırmak için elemanların arasına da uygulanacaktır. Kullanılacak epoksi esaslı yapıştırıcının betona yapışma dayanımı en az 2.5 MPa olacaktır. Öndökümlü paneller ile çerçeve elemanları arasında kullanılacak en küçük ankraj çubuğu çapı 12 mm, en az ankraj derinliği çubuk çapının on katı olacaktır. Ankrajlar panellerin çerçeveye değen her köşesinde yapılmalı ve epoksi esaslı bir yapıştırıcıyla çerçeveye tutturulacaktır. Panellerin ankraja değecek kenarları, ankraj çubuğuna yer açacak şekilde dişli imal edilmelidir (**Şekil 7F.3**).
- (c) Prefabrike beton paneller, iki kişinin rahatlıkla taşıyıp uygulayabileceği ağırlık sınırları içinde kaldığı sürece kare veya kareye yakın dikdörtgen şeklinde olabildiği gibi kat yüksekliği boyunca yer alan şeritler halinde de üretilebilir. Güçlendirilen dolgu duvarlarda oluşan kuvvetlerin zemine güvenle aktarılması

için gerekli olan temel düzenlemesi yapılmalıdır. Prefabrike beton paneller ile güçlendirilen duvarlar aşağıda verilen esaslara göre yapı modeline katılacaktır.

7F.4.1 – Modelleme Esasları: Yapı modelinde betonarme çerçeve içinde düzenlenmiş ve köşegen uzunluğunun güçlendirme öncesi kalınlığına oranı 30’dan küçük olan dolgu duvarlar göz önüne alınacaktır. Prefabrike beton paneller ile güçlendirilmiş dolgu duvarlar uygulanan deprem yönünde basınç kuvveti alan eşdeğer köşegen çubuk elemanları ile temsil edileceklerdir.



Şekil 7F.3

- (a) *Rijitlik:* Eşdeğer basınç çubuğunun rijitliği 7F.2.1(a)'ya göre hesaplanacaktır. **Denk.(7F.3)**'de E_{duvar} ve t_{duvar} yerine, sırasıyla prefabrike beton panelin elastisite modülü E_{dp} ve kalınlığı t_{dp} alınmalıdır. Mevcut dolgu duvar hesaba katılmayacaktır.
- (b) *Kesme Dayanımı:* Prefabrike beton paneller ile güçlendirilen dolgu duvarının kesme dayanımı, köşegen çubuğun eşdeğer basınç kuvveti dayanımının yatay bileşeni olarak kabul edilecektir. Güçlendirilmiş dolgu duvarının kesme dayanımının hesabında, panel elemanlarının içerisine konan donatı göz önüne alınmayacaktır. Ayrıca, mevcut dolgu duvarı da kesme dayanımı hesabında dikkate alınmayacaktır. Panellerinin yatay kesit alanı A_{dp} , basınç dayanımı f_{dp} ve kayma dayanımı τ_{dp} olan güçlendirilmiş dolgu duvarın kesme kuvveti dayanımı V_{duvar} , **Denk.(7F.8)** ile hesaplanacaktır.

$$V_{duvar} = A_{dp} \tau_{dp} \leq 0.08 A_{dp} f_{dp} \quad (7F.8)$$

