

BÖLÜM 2. DEPO, FABRİKA VE ÖZEL ZEMİN BETONLARI

2.1 DEPOLARDAKİ ZEMİN BETONLARI

Depolar çeşitli malzemelerin stoklandığı endüstriyel bir yapıdır. Geçmiş yıllarda, depo eşyaların insanlar tarafından dizildiği ve el arabalarıyla taşındığı bir yerdi. Bu gibi yapılar halen vardır, ancak günümüzün depoları çok daha değişiktir. Modern bir depoda 25 metre yüksekliğe kadar raflar olabilir ve bilgisayar kontrollü araçlar hizmet verir. Aslında depo kelimesi bugün için eski bir kelimedir. Birçok endüstri mühendisi “malzeme depolama sistemleri” ve “dağıtma merkezleri” kullanmayı tercih eder [1].

Depo zeminleri genellikle ağır yükler, tekerlekli trafik ve büyük ölçek ile karakterize edilir. Bazı raf taşıyan depolarda zemin, her bir raf ayağında 25 tondan fazla bir yükü desteklemek üzere tasarlanır. Birçok depoda, zemin tasarımının çeşitli kısımlarını kontrol eden sert lastikli araçlar vardır. Büyüklük olarak, bu depolarda zemin alanı 100 000 m²'den fazladır.

Depo zeminlerin çoğu taban zemin üzerine oturur. Alt taban bir zemini destekleyecek kapasitede değilse kazıklar üzerine oturtulan zeminler kullanılır. Çok az sayıda depo zemini yükseltilmiş zemin olarak yapılır.

Depoların çoğunda taşıyıcı beton zemin, zeminin aşınma yüzeyini oluşturur. Zemin kaplamaları nadirdir. Depo zeminleri genellikle betondur, ancak diğer malzemelerden kaplamalara da rastlanır.

Depo zemini kullanımına göre yüzey düzgünlüğü ve aşınma dayanımı için katı kuralları sağlamak zorunda kalabilir. Ancak kimyasal etkiye dayanıklılığa nadiren ihtiyaç duyulur. Her depo en az iki ayrı sistem içerir: “depolama sistemi” ve “malzeme taşıma sistemi” ve bazen herbiri için birden fazla sistem olabilir. Bu sistemler zemin üzerinde değişik şekilde etki ederler. Depolama sistemi zemin tasarımının önemli yönlerini etkilerken malzeme taşıma sistemi diğer yönlerini etkiler.

Bir zemin ekonomik olarak, mümkün olabilecek tüm depolama ve malzeme yönetme sistemlerine göre tasarlanamayacağı için tasarımcı zemini, üzerinde kullanılacak olan sistemlere göre tasarlamalıdır. Bu bölümde; yükleme, derz ve çatlaklar, yüzey düzgünlüğü ve aşınma dayanımı konularındaki koşulları gözönüne alınarak depo sistemlerinin önemli türleri incelenecektir [1-3].

Bölümün sonunda, kesin kullanımın bilinmediği durumlarda tasarımcıya yardımcı olacak yük-sınıf sistemi incelenecektir [1].

2.1.1 Depolama Sistemleri

Bunlar beş ana gruba ayrılabilir.

- Blok istifleme
- Palet rafları
- Raf sistemi
- Asma katlar
- Hareketli raflar

2.1.1.1 Blok istifleme

En basit depolama sistemidir, yüklerin doğrudan zemin üzerine istiflenmesiyle oluşur. Genellikle paletler üzerindeki mallar için kullanılır. Aynı zamanda palete ihtiyaç olmadan istiflenebilen mallar için de uygundur; örnek: geniş kağıt ruloları. Yükler istifleme yüksekliği ile sınırlıdır. Denge sağlanabilmesi için istifleme yüksekliği fazla olmamalıdır [1]. Blok istifi yükleme genellikle, kN/m^2 olarak ifade edilen düzgün yayılı yük ile belirtilir. Yükler 100 kN/m^2 kadar fazla olabilir, ancak genellikle çok daha azdır.

Taşıyıcılık bakımından tasarım için bu düzgün yayılı yükler, diğer depolama sistemlerindeki yüklemelerden farklı işlem görür. Blok istiflemeye alt tabakanın yükü yayması olanağı azdır. Bu sebepten dolayı alt tabakasının temel tabanının esas özelliklerine katacağı fazla bir katkı yoktur [1-4].

Blok istiflemesi için zemin kriterleri şunlardır;

- Yükler : değişir, ancak yaklaşık 25 kN/m^2
- Derz ve çatlaklar : kritik değil
- Yüzey düzgünlüğü : kritik değil
- Aşınma direnci : kritik değil

2.1.1.2 Palet rafları

Bunlar paletli yükleri taşıyan çelik çerçevelerdir. Standart düzenleme yatay kirişlerin düşey kenar çerçevelerinden geçmesiyle oluşur. Kirişler genellikle iki paleti yanyana destekleyecek kadar uzundur.

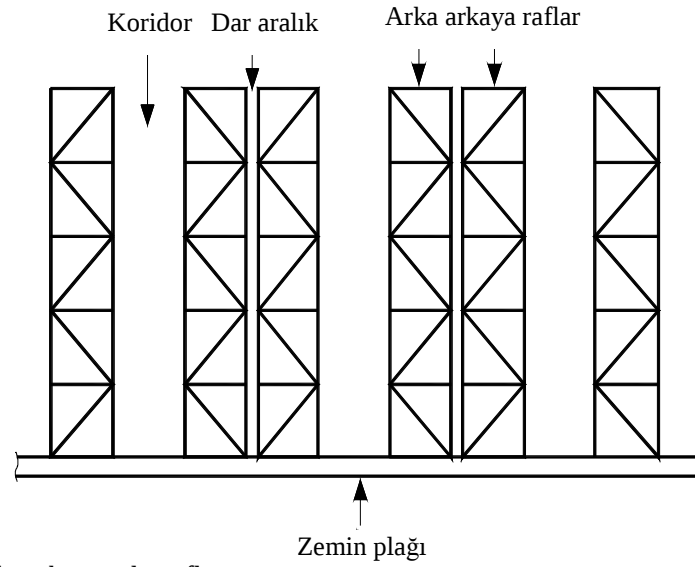
Palet rafları zemin üzerinde ağır tekil yükler oluşturur. Standart düzenlemede, her bir raf ayağı (rafların ucundaki hariç) her palet seviyesi için bir palet yüküne eşit ağırlığı taşır (Kenar palet ayakları sadece yarısı kadar taşır). Yük, bir raf ayağı için 2-8 ton arasındadır. Çok yüksek raflar daha ağır yükler oluşturur. Rüzgar yüklerinin normal düşey yüklere eklendiği raf taşıyan yapılarda çok ağır yükleme oluşabilir. Birkaç raf taşıyan depo her bir raf ayağında 25 tondan fazla yük için tasarlanır.

Birçok durumda palet rafları dar boşluklarla ayrılan arka arkaya çiftler halinde oluşturulur (Şekil 2.1). Bu durum yüklü iki raf ayağının birbirlerine yakın olmasını sağlar (yaklaşık 300 mm mesafede). Yükün bu şekilde toplanması genelde zeminin yapısal tasarımını kontrol eder. Ancak İngiltere’de ABD’dekinden farklı uygulama vardır [1].

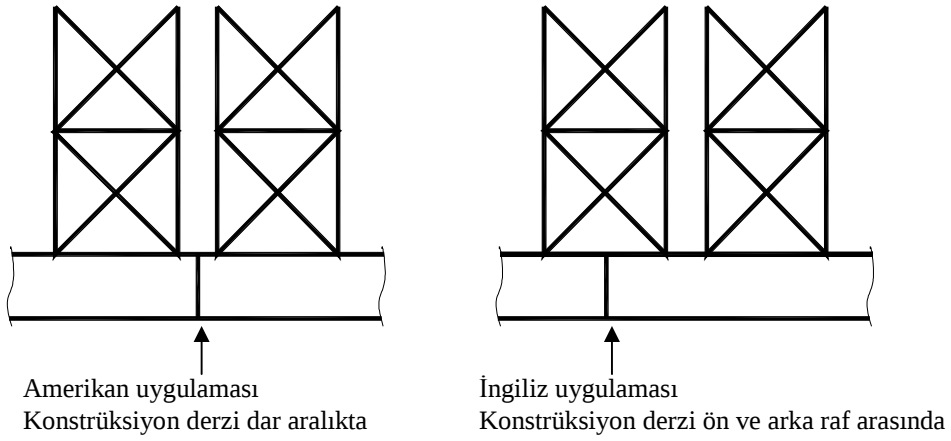
İngiltere’de normal uygulama, çift raf ayağının tek bir tekil yük olarak değerlendirilmesidir. Bu ağır yükü zemin kenarına yerleştirmeyi önlemek için İngiliz tasarımcılar yapım derzini (eğer varsa) ön ve arka raf ayaklarının arasında orta noktaya yerleştirir (Şekil 2.2).

Birçok Amerikalı tasarımcı farklı bir yaklaşım kullanır. Yapım derzini arka arkaya olan raf ayakları arasındaki boşluğa yerleştirirler, derzde yük aktarımını sağlamak için özel bir çaba göstermezler.

Her iki yöntem de başarılı olduğu için tasarımcılar her ikisini de değerlendirmeli ve daha ekonomik tasarımı sağlayıcıyı kullanmalıdır [1].



Şekil 2.1 Arka arkaya palet raflar



Şekil 2.2 Arka arkaya palet raflar altındaki yapım (konstrüksiyon) derzleri [1]

Palet raflarının yükleri oldukça ağır olduğundan pahalı zeminler gerektirir. Beton zemin kalınlığını azaltmak için bazı tasarımcılar raf ayakları için daha geniş taban plakaları tasarlar. Yükü dağıtmak için taban plakasının yeterli sağlamlıkta ve kalınlıkta olması durumunda güvenli mühendislik yapısı sayılabilir. Tipik bir taban plakası ince çelikten yapılır ve yük dağıtma yeteneği azdır.

Bazı durumlarda tasarımcı tahmin edilen raf yüklerini kesinleştirerek zemin kalınlığını azaltabilir. Birçok yük fazla tahmin edilmektedir. Örneğin tüm paletlerin raflarca taşındığı ve dört palet yüksekliğinde bir raf sistemi için zemin tasarlandığını kabul edelim. Kullanıcıya en ağır palet yükünün ağırlığını sorup 1.5 ton cevabını alalım. Ardından bir raf

ayağı yükü dört tane palet yükü (dört kat için) 6 ton olan bir zemin tasarlayalım. Bu güvenli ancak muhtemelen çok geleneksel bir tasarım olurdu. Tasarım maksimum palet yüküne göre yapıldı. Ancak ortalama palet hemen her zaman maksimumdan daha hafiftir, bazen yarısından da hafiftir. Meydana gelme olasılığı hiç olmayan bir duruma göre tasarım yapma ekonomik değildir [1]. İyi bir malzeme taşıma uzmanı belirli bir depoda, çeşitli yük seviyelerinin aşılma olasılıkları hakkında bilgi verebilir. Palet rafları için bazı zemin koşulları aşağıda verilmektedir:

- yükleme : genellikle raf ayağı başına 2 ile 8 ton arasındadır, ancak bazı durumlarda çok daha fazla olabilir.
- derz ve çatlaklar : doldurma gerekmez, ancak yapısal tasarımda yük aktarımı gözönüne alınmalıdır.
- yüzey düzgünlüğü : kritik değildir, ancak yatay bir zemin düzeltme ihtiyacını azaltır.
- aşınma direnci : kritik değildir.

2.1.1.3 Raflama

Paletli olmayan mallar için daha küçük bir ölçekte palet raflarına benzer. Raflama nadiren palet rafları kadar yüksek ve ağır olurlar. Ayaklar birbirlerine yakındır, ön ve arka ayaklar arası 600 mm olabilir ve bazen arka arkaya olan ayaklar arasında boşluk yoktur.

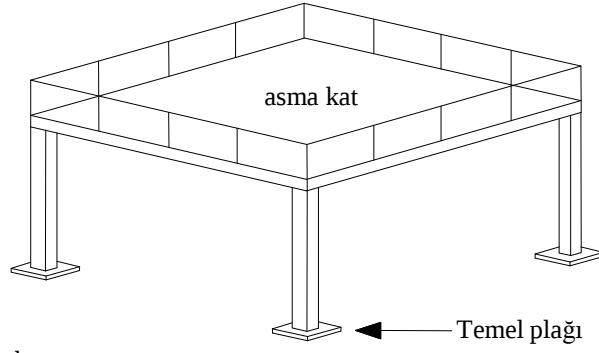
Raflama sistemi için zemin koşulları şunlardır:

- yükleme : ayak başına yükleme genellikle 3 tondan azdır.
- derz ve çatlaklar : doldurma gerekmez, ancak yapısal tasarımda yük aktarımı gözönüne alınmalıdır.
- yüzey düzgünlüğü : kritik değildir.
- aşınma direnci : kritik değildir.

2.1.1.4 Asma katlar

Bunlar geniş aralıklı dikmeler üzerine oturan, yükseltilmiş platformlardır (Şekil 2.3). Asma kat depolamasında gözönüne alınan iki kat vardır: asma kat ve her zaman zemine oturan ve asma katın üzerine yerleştirildiği asıl zemindir.

Asma kat döşemeleri genelde çelikten yapılır, ancak beton zeminler de kullanılır. Bunlar tipik olarak 3-10 kN/m²'lik yüklemeler için tasarlanırlar. Dikmeler birbirlerinden her iki yönde genelde 3-4 metre uzaklıktadır [1].



Şekil 2.3 Bir asma kat

Asma katlar alttaki zemine ağır yükler iletirler. Her bir dikmedeki yük 3,5 ~12 ton arasında olabilir. Dikmeler birbirlerinden yeterince uzak olduğu için her bir yük ayrı ayrı değerlendirilebilir ve bu sebepten zemin, palet rafı ayaklarındakine göre asma kattaki daha çok yük taşıyabilir. Asma kat altındaki alan aynı amaç için kullanılabilir. Ancak, bu durum yapısal tasarımı karmaşıktırabilir. Bir asma katı zemin kenarına yerleştirmekten kaçınılması her zaman tavsiye edilir [1]. Palet raflarından farklı olarak asma kat dikmeleri gerçek yük yayma kabiliyeti olan taban plakalarıyla yapılırlar. Eğer dikmeler çok fazla yüklüyse, bunları ayrı temelleri olan yapı kolonları olarak incelemek daha pratik olabilir. Bu yaklaşım diğer zemin yüklerinin hafif olduğu yerlerde yararlıdır. Asma katları taşıyan zeminler için bazı koşullar şunlardır [1-4]:

- yükleme : her bir dikmede genellikle 3,5 ~ 12 ton arasında tekil yükler.
- birleşim ve çatlaklar : doldurma gerekmez, ancak dikmeler birleşimlerden uzak olmalıdır.
- yüzey düzgünlüğü : kritik değildir.
- aşınma direnci : kritik değildir.

2.1.1.5 Hareketli raflar

Bunlar raylar üzerinde yatay olarak kayan palet raflarıdır. Sıradan palet raf sistemi, her bir palet çifti için en az bir tane koridor gerektirir. Hareketli raf sisteminde birçok raf birarada toplanabilir ve gerektiğinde herhangi bir noktadan koridor açılabilir.

Hareketli raflar için zemin koşulları şunlardır:

- yükleme: yaklaşık 23 kN/m'lik çizgisel yükler tipiktir.
- birleşim ve çatlaklar: kritik değildir.
- yüzey düzgünlüğü: düzgünlük kritik değildir ancak yataylık F_L 20 veya daha iyi olmalıdır.
- aşınma dayanımı: kritik değildir.

2.1.2 Malzeme Taşıma Sistemleri

Malzeme taşıma sistemlerinin çoğunda doğrudan zemin üzerinde hareket eden tekerlekli araçlar kullanılır. Bazı depolarda araç yükleri zeminin yapısal tasarımını kontrol eder.

Araçlar yapısal tasarımı kontrol etmese bile birleşim ve çatlaklar, yüzey düzgünlüğü ve aşınma direnci için bazı koşulları gerektirirler [1, 2]. Malzeme taşıma sistemleri aşağıdaki gruplara ayrılabilir;

- konveyörler,
- palet taşıyıcıları ve el arabaları,
- forklift araçları (karşıt ağırlıklı kaldırma kamyonları),
- ulaştırma araçları,
- çok dar koridor araçları,
- istifleme krenleri,
- birleştirilmiş araçlar,
- kablo yönlendirmeli araçlar.

2.1.2.1 Konveyörler

Bunlar için zemin koşulları azdır. Eşyalar, sabit çelik çerçevelerle desteklenen makara ve bantlar üzerinde taşınır. Tabanla temas eden hareketli parçalar olmadığı için konveyörler diğer malzeme taşıma sistemlerine göre depolama raflarıyla daha kolay depolama yapılabilir.

Konveyörler, depolama raflarından doğan yüklere benzer şekilde belirli noktalarda toplanmış yükler oluştururlar. Yükler, genellikle raf depolama yüklerinden hafiftir ve nadiren zemin tasarımını etkiler [1].

Konveyörler için zemin koşulları şunlardır:

- yükleme : değişkendir, ancak genellikle depolama raflarinkilerden azdır.
- derz ve çatlaklar : kritik değildir.
- yüzey düzgünlüğü : kritik değildir.
- aşınma direnci : kritik değildir.

2.1.2.2 Palet taşıyıcıları ve el arabaları

Bu malzeme taşıma araçları bir operatör tarafından kontrol edilir. Çoğu durumda operatör sadece aracı kontrol etmez, aynı zamanda onu iter. Bazı palet taşıyıcılarının kendi itme güçleri vardır, ancak bu durum onların zeminle olan ilişkilerini pek etkilemez.

Yükler hafiftir, genellikle tekerlek başına 500 kg'dan azdır. Ancak böyle bile olsa bu araçlar zemin üzerinde şaşırtıcı bir şekilde etkili olabilir. Palet taşıyıcı ve arabaların çoğu zemin derzlerinde hasar yaratabilen küçük, sert plastik tekerlekler üzerinde gider. Bazı araçların çelik tekerlekleri vardır ve bunlar daha kötü etki yaparlar, ancak çok yaygın değildirler.

Palet taşıyıcı ve arabaların çoğu elle itildiği için belli bir derecede yüzey düzgünlüğüne ihtiyaç duyulur. Eğer zeminde yataylıktan fazlaca sapma varsa, aracı yukarı doğru olan kısımlarda itmek ve aşağı doğru olan kısımlarda kontrol etmek problem yaratır.

Palet taşıyıcıları ve el arabaları için zemin kriterleri şunlardır:

- yükleme : genellikle tekerlek başına 500 kg'dan az.
- derz ve çatlaklar : trafiğin olduğu alanlarda 1 mm'den geniş derz ve çatlaklar yarı rijit epoksi ile doldurulmalıdır.
- yüzey düzgünlüğü : $F_F 15 / F_L 13$ (ASTM E 1155M) veya daha iyi.
- aşınma direnci : AR2 (BS 8204: beton zeminler için İngiliz şartnamesi) veya daha iyi.

2.1.2.3 Forkliftler

Bunlar karşılıklı ağırlık kaldırma araçları olarak bilinir. Tipik bir forklift dört tekerlekli, kendi motor gücü olan ve ön kısmında yük taşıyan bir çatalı olan araçtır. Çatalı yukarı ve aşağı hareket edebilir ancak araca göre dönemez veya ileriye doğru çıkamaz. Bu yüzden araç manevra yapmak için geniş bir alana ihtiyaç duyar. Forkliftler blok istiflemesi veya palet rafları ile kullanılabilir ancak her iki durumda da minimum koridor genişliği yaklaşık 4 metredir. Forkliftlerin bir kısmı kauçuk veya yumuşak plastik tekerlekler üzerinde hareket eder. Bunlar havalı lastiklerden daha serttir ancak zemin üzerindeki etkileri sert plastik veya çelik tekerlekler kadar kötü değildir [1-3].

Forkliftler yüzeydeki bozulmalara karşı çok hassas değildir. Hatta bu araçlardan bazıları depo içinde olduğu kadar açık depolama alanlarında da kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Bununla birlikte eğer zemin çok dalgalı bir yüzeye sahipse hafif yüklerin sıçrayarak düşme sorunu oluşabilir [1]. Forkliftler için zemin kriterleri şunlardır:

- yükleme : tekerlek başına genellikle 2.5 tondan az.
- derz ve çatlaklar : birçok durumda 1 mm'den fazla derz ve çatlaklar yarı rijit epoksi ile doldurulmalıdır. Yük aktarımı gereklidir.
- yüzey düzgünlüğü : $F_L 15 / F_L 13$ veya daha iyi.
- aşınma direnci : BS 8204'deki AR2 veya daha iyi (çok yoğun trafiğin olduğu alanlarda AR1).

2.1.2.4 Uzatma araçları ve kamyonları

Uzatma araçlarına, araca göre yatay hareket edebilen bir çatal monte edilmiştir. Forklift ile karşılaştırıldığında, uzatma aracı daha dardır, bir koridor kullanılır ve daha yükseğe istifleme yapabilir. Tipik koridor genişliği yaklaşık 2,5 metredir.

Uzatma araçlarına bazen dar koridor araçları da denir, ancak bu terim karmaşaya yol açabilir. Malzeme taşıma işindeki çoğu kişiye göre bir dar koridor aracı yaklaşık 2,5 m genişlikteki koridoru kullanan bir ulaştırma aracıdır. Ancak bazı insanlar "dar koridor" terimini, koridor içinde manevra alanına ihtiyaç göstermeyen ve 2 metreden dar koridorları kullanabilen araçlarla sınırlar. Burada daha yaygın uygulaması olduğuna inanılan ifade kullanılmaktadır. "Dar koridor" ifadesi, ulaştırma araçları gibi, yaklaşık 2,5 metre genişliği kullanan araçları belirtir. Koridor içerisinde manevra alanı gerektirmeyen araçlar "çok dar koridor" araçları olarak tanımlanır ve çoğu kez "ÇDK" olarak adlandırılır. Ulaştırma araçlarının çoğu, açık derz ve çatlaklara kolayca zarar veren sert plastik lastikler üzerinde yürür [1].

Yüzey düzgünlüğü gereksinimi kaldırma yüksekliğine göre değişir. Az yükselen ulaştırma araçları forkliftlere göre biraz fazla düzgün yüzey gerektirir ama fazla yükselen ulaştırma araçları neredeyse benzer yükseklikteki çok dar koridor araçları kadar düzgünlük gerektirir. Tablo 2.1 değişik kaldırma yükseklikleri için tavsiye edilen değerleri göstermektedir [1-3].

Tablo 2.1 Yaklaşma araçları için zemin yüzey düzgünlükleri

Kaldırma Yüksekliği	Tavsiye edilen yüzey düzgünlüğü	
	Düzgünlük	Yataylık
5,5 metreye kadar	F _F 20	F _L 15
5,5 – 8 metre arası	F _F 30	F _L 20
8 m’den yüksek	F _F 50	F _L 30

Yaklaşma araçları için zemin kriterleri şunlardır:

- yükleme : tekerlek başına genellikle 2.5 tondan az.
- derz ve çatlaklar : trafiği olan alanlarda 1 mm’den geniş derz ve çatlaklar yarı rijit epoksi ile doldurulmalıdır.
- yüzey düzgünlüğü : (Tablo 2.1’e bakınız)
- aşınma direnci : BS 8204 (beton zeminler için şartname)’deki AR2 veya daha iyi (çok yoğun trafiğin olduğu alanlarda).

2.1.2.5 Çok dar koridor (ÇDK) araçları

Bunlar araçtan sadece biraz daha geniş koridorlarda çalışırlar. Yük taşıyan bölümü aracın kendisinden bağımsız olarak dönebilen ve uzayabilenleri olduğu gibi ve yükselen bir kabine sahip araçlar da vardır. Bazı ÇDK araçları oldukça yükseğe istifleme yapar. 9 metrelik kaldırma yükseklikleri yaygındır ve bazı araçlar daha yükseğe ulaşırlar.

Kenar açıklığı çok az olduğundan (tipik olarak 100 mm), koridor içinde depolama yaparken ÇDK araçlarına kılavuzluk yapılmalıdır. Bazı sistemler rayları kılavuz alırken bazı sistemler zemin içine gömülmüş kabloları kılavuz olarak kullanır. İstifleme koridorları dışında ÇDK araçları elle kumanda edilir.

ÇDK araçları zemin yüzeyinde iyi derecede düzgünlük gerektirir. Birçok insan bu durumun uzun direğin depolama raflarına yaslanmasını ve çarpmasını önlemek için olduğunu düşünür, ancak durum daha karmaşıktır. ÇDK araçlarının sert lastikleri ve rijit yaylanamayan çerçeveleri vardır. Direkt sallanmasını azaltmak için bu kombinasyona ihtiyaç vardır; bu durum aracı tümseklere çok duyarlı hale getirir. Yüzey düzensizlikleri, tekerleklerin kırılması ve direğin yapısal olarak göçmesi de dahil olmak üzere birçok göçmenin sebebi olarak görülür. Araç ile rafların çarpışmasını önlemek için zemin yeterince düzgün ve yatay olsa bile göçmeler oluşabilir. Yüzey düzgünlüğü ihtiyacı zeminin depolama koridorları ve açık alanları için farklıdır. Tablo 2.2 çeşitli ÇDK uygulamaları için önerilen sınırları göstermektedir.

Yüzey düzgünlüğü, araçların kaldırılmış yüklerle çalıştığı koridorlarda çok önemlidir. Araçlar koridorlar içerisinde kılavuzlanmış oldukları için, yüzey düzgünlüğünü belirlemek amacıyla koridorlara belirlenmiş trafik alanları olarak işlem yapılmalıdır. Bazı araç üreticilerinin kendi sınırlamaları Tablo 2.2’de önerilenlerden farklı olabilir [1].

Tablo 2.2 Çok Dar Koridor Araçları (ÇDK) için zemin yüzey düzgünlükleri

Kaldırma Yüksekliği	İstifleme Koridorları içinde (belirlenmiş trafik)	Açık Alanlarda (rastgele trafik)	
		Düzgünlük	Yataylık
5,5 metreye kadar	TR34 Kategori 2	F _F 20	F _L 15
5,5–8 metre arası	TR34 Kategori 1	F _F 30	F _L 20
8 metre üzerinde	TR34 Kat.Süper Düz.	F _F 50	F _L 30

Not: İstifleme koridorları için sınırlar kaynak 3’dekinden daha katıdır.

Araçların zemin seviyesindeki yüklerle çalıştığı açık alanlarda ihtiyaç daha az kritiktir. Açık alanlar genelde rastgele trafiğe maruz kalır. Bu sebeben dolayı, bu alanlar yüzey düzgünlüğü için değişik sınırlamalar gerektirir. Tablo 2.2, hem koridorlarda belirlenmiş trafik için sınırları ve hem de açık alanlarda rastgele trafik için sınırlamaları göstermektedir.

ÇDK araçları için zemin koşulları şunlardır:

- yükleme : tekerlek başına 5,6 tona kadar (En ağır yükleme kule aracı yükünü rafın içine uzattığı zaman oluşur).
- derzler ve çatlaklar : trafik olan alanlarda 1 mm’den geniş çatlak ve derzler yarı rijit epoksi ile doldurulmalıdır. Yük aktarımı gereklidir.
- yüzey düzgünlüğü : Tablo 2.2’ye bakınız.
- aşınma direnci : AR1 veya daha iyi.

2.1.2.6 İstifleyici kreynler

Bunlar raylar üzerinde hareket eden istifleyici araçlardır. Genellikle yükü taşımak için altta bir ray ve kreyni dik tutmak için üstte bir kılavuz vardır. ÇDK aracı gibi kreyn de çok dar bir koridorda çalışabilir. Bazı kreyn sistemleri 25 metreye kadar istifleme yapabilir. Kreynler çoğu kez otomatik depolama ve boşaltma sistemlerinde kullanılır. İstifleyici kreynler ağır yükler oluşturabilirler, ancak bunun dışında zemin koşulları oldukça azdır:

- yükleme: genellikle kritik değildir çünkü raf yükleri tasarımı kontrol eder.
- derz ve çatlaklar: kritik değildir.
- yüzey düzgünlüğü: kritik değildir (Rayın yataylığı zeminden bağımsız olarak sağlanır).
- aşınma dayanımı: kritik değildir.

2.1.2.7 Karma araçlar

Bunlar ÇDK araçları ve istifleyici kreynlerin üstünlüklerini birleştirmek için geliştirilmiştir. İstifleme koridoru içindeyken birleştirilmiş araç bir istifleyici kreyn gibidir. Bir ray üzerinde hareket eder (aslında bir çelik kanalda) ve direğin üstünde yatay olarak sınırlandırılmıştır. Ancak bütünleştirilmiş araç koridordan çıktığı zaman normal bir endüstriyel araç gibi zeminde hareket eder. Birleştirilmiş araç 20 metreye kadar istifleme yaparken koridordan koridora kolaylıkla geçme rahatlığını sağlar.

Karma araçların çoğu zemin ihtiyaçları bakımından ÇDK araçlarına benzerdir. Karma koridor içerisinde ray üzerinde hareket ederken iki sebepten dolayı biraz fark yaratır.

Birincisi, ray aracın sadece bir ucunu destekler. Yürütücü tekerlekler zemin üzerinde hareket eder. İkincisi, ray yatay değildir, bükülebilir ve zemin profiline uyar [1].

Karma araçlar için zemin koşulları şunlardır:

- yükleme : tekerlek başına birkaç ton kadar olabilir. Ancak, zemin tasarımını
- genellikle raf yükleri kontrol eder.
- derzler ve çatlaklar: trafik olan alanlarda 1 mm'den geniş derz ve çatlaklar yarı rijit epoksi ile doldurulmalıdır. Yük aktarımı gereklidir.
- yüzey düzgünlüğü :
 - istifleme koridorlarında: TR34 süper düz sınıfı veya araç üreticisinin tavsiye ettiği özel sınırlamalar
 - açık alanlarda: $F_F 50 / F_L 30$
- aşınma direnci : AR1 veya daha iyi.

2.1.2.8 Kablo ile yönlendirilen araçlar

Bunlar zemin içine yerleştirilmiş bir elektrik kablosunu izleyen ve otomatik olarak kumanda edilen araçlardır. Bu sınıf yukarıda tanımlanan diğer bazı araçlarla örtüşür. Birçok ÇDK araçları kablo yönlendirmelidir. Kablo yönlendirmesi bazı az yükselen palet taşıyıcıları için de kullanılır. Zemin ihtiyaçlarının birçoğu kablo yönlendirmeli aracın yapısına göre belirlenir. Ancak kablo yönlendirmesinin kendisi en az üç tane ihtiyacı ortaya çıkarır.

İlk olarak beton zemin içinde yönlendirici kablo ile herhangi bir çeliğin temasını önlemek gereklidir. Genel kural kablonun 50 mm yakınında donatı çeliğine izin verilmemesidir, ancak bazı üreticiler daha da fazla açıklık önerirler. Yönlendirme kablolarının çoğu ± 3 mm toleranslı 10 mm derinliğe yerleştirilir. Eğer buna 50 mm donatı açıklığını eklersek, donatı çeliğinin üst noktası zemin yüzeyinden 63 mm derinde olur. Bu durum tabana oturan zeminde az problem yaratırken yüzen zemin betonunun yapısal tasarımında önemli sınırlamalar yaratır. Yönlendirme kablosu derinde ise durum daha da kötüdür. 10 mm en yaygın derinlik olsa da bazı sistemler 50 mm'ye yakın kablo derinlikleri gerektirirler. Böyle bir sistemde donatı çeliklerinin zemin yüzeyinden en az 100 mm aşağıda olması gerekir. Yönlendirici kablo bulunan bir zeminde çelik tel kullanımı veya metalik toz yüzey düzeltilmesi konusunda görüş ayrılığı vardır. En güvenli durum yönlendirici kabloya yakın tüm çeliklerden kaçınmaktır. Eğer kabloya yakın çelik varsa, gerçek sebep başka bile olsa yönlendirme sorunlarının sebebinin bu olduğu düşünülebilir [1].

İkinci özel ihtiyaç derzlerdeki denge içindir. Eğer derzde, yatay veya düşey fazla miktarda farklı hareket varsa kabloyu kırabilir. Eğer fazla miktardaki hareket önlenemiyorsa (örneğin bazı büzülme derzlerinde) kablo yerleştiricisine bu durum bildirilmelidir.

Üçüncü özel ihtiyaç zemin yüzey düzgünlüğü içindir. Bazı yüzey bozuklukları aracı bir kenara doğru yönlendirmeye çalışabilir. Eğer yönlendirme sistemini aşacak yeterli bir güçle bu durum olursa araç kablo yönlendirmesini kaybedip çarpabilir.

Kablo yönlendirmeli araçlar sabit yollardan gittikleri için yüzey düzgünlüğünü belirlemek ve ölçmek için bu zeminler belirlenmiş trafiğe sahip zeminler olarak kabul edilir. "İngiliz

Beton Birliđi” [3] kablo yönlendirmeli araçlar için Katagori 2 zemin profilini tavsiye eder. Kablo yönlendirmeli aracın ÇDK aracı olduğu durumlarda Kategori 1 veya Süper-düz sınıf önerilir.

Kablo yönlendirilmiş araçlar için zemin koşulları şunlardır [1]:

- yükleme : araç türüne göre değişir.
- derz ve çatlaklar : yük aktarımı gereklidir. Önemli yatay hareketin beklendiği derzlerde kablo lüp yapılmalıdır.
- yüzey düzgünlüğü : TR34 Kategori 2 [3] veya daha iyisi.
- aşınma direnci : araç türüne göre değişir.

2.1.3 Yük –Sınıf Sistemi

Bir depo zemin betonunu tasarlayanın en iyi yolu kullanılacak belirli bir depolama ve malzeme taşıma sistemine göre boyutlandırmaktır. Bu sadece zeminin amaca uygun olmasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda maliyetleri de düşük tutar. Derzlerin kapatılması gibi masraflı işlemler zeminin sadece gerekli olan kısımlarıyla sınırlı kalır [1, 2]. Ancak bu her zaman mümkün değildir. Depo kullanıcılarının çoğu bir derece esneklik talep ederler. Depo tahminlere göre inşa edildiğinde tasarımcı kullanıcıyı bile bilmez. Asıl kullanım amacı bilinmese bile zemin alanı ve yapının net yüksekliğine dayanarak bazı tahminler yapılabilir.

Yük-sınıf sistemi bu tahminleri standartlaştırmak için bir yol sağlar. Bu sistemde, zemine bir yük sınıfı verilerek başlanır. Hafif, orta, ağır ve çok ağır olarak tanımlanan dört yükleme sınıfı vardır. Ardından belirlenen yük sınıfı için çeşitli yüklemeleri taşıyacak zemini tasarlanır. Tablo 2.3 her yük sınıfı için kritik yükleri vermektedir. Örneğin hafif yük sınıfı için tasarlanacak bir zemin aşağıdaki yüklerden herhangi birini taşıyacak şekilde tasarlanır:

- Son çerçeve başına arka arkaya palet rafları ile 4,5 ton – her bir raf ayağında 2,25 ton
- Son çerçeve başına arka arkaya raflama sisteminde 4 ton – her bir raf ayağı için 2 ton
- 3,5 kN/m² taşıyan asma kat zemini
- 2 ton kapasiteli kaldırma aracı

Chandler ve Neal’in “Zemine oturan endüstriyel beton plakların tasarımı” [4] kitabı dört standard yük sınıfı için zemine oturan plakların nasıl tasarlanacağını anlatır. Zemin belirli bir yük sınıfı için yapısal olarak tasarlandıktan sonra, gelecekteki kullanıcılar o sınıfın yük sınırları içinde kaldığı sürece kullanımını değiştirmekte serbesttirler.

Yük-sınıf sistemi yararlı olduğu kadar zemin tasarımının her yönünü içermez; yükler ve yapısal tasarımla ilgilenir ancak derz ve çatlaklar, yüzey düzgünlüğü ve aşınma dayanımı gibi önemli konularla ilgilenmez. Tasarımcı bu konular hakkında kararlar vermelidir.

Tablo 2.3 Yk –Sınıf Sistemi [4]

Kritik Yükler				
Yük Sınıfı	Palet Rafları	Raflama	Asma Kat Zemini	Kaldırma Aracı
1. Hafif	Çerçeve 4 ton veya raf ayağı başına 2,25 ton	Çerçeve 4 ton veya ayak başına 2 ton	Asmakat üzerinde 3,5 kN/m ²	2 ton kapasite
2.Orta	Çerçeve 6 ton veya raf ayağı başına 3 ton	Çerçeve 5,4 ton veya ayak başına 2,7 ton	Asmakat üzerinde 5,0 kN/m ²	3 ton kapasite
3. Ağır	Çerçeve 10 ton veya raf ayağı başına 5 ton	Nadiren Kritik	Asmakat üzerinde 7,25 kN/m ²	Nadiren Kritik
4. Çok ağır	Çerçeve 12 ton veya raf ayağı başına 6 ton	Nadiren kritik	Asmakat üzerinde 9,5 kN/m ²	Nadiren Kritik



Şekil 2.4 Çok katlı raf sistemi