

Ağır Bir Tripod Yine de Hareket Edebilir

Zemin de Desteğin Bir Parçasıdır



Şekil 1: Nemli ince çakıla bastıran yuvarlak tripod ayağının yakından görünümü; arkadaki iki ayak daha sağlam zeminde duruyor

Her temas noktasını inceleyin: yerel sıkışma, hiçbir ayak yerden kesilmeden desteği eğebilir.

Ağır bir tripod dik dururken başlığı yavaşça eğilebilir. Bir ayak yumuşak zemini sıkıştırabilir, kamera dönerken bir kablo gerilebilir veya eksenden kaçık bir faydalı yük bacaklar arasındaki yük dağılımını değiştirebilir. Asıl soru, kurulumun planlanan çalışma koşulları boyunca gerekli konumunu koruyup korumadığıdır.

Bir faydalı yük değeri, tanımlı bir destek düzeni için geçerlidir. Inventra S3 [TMH10 ürün sayfasında](#) farklı kurulum ve ayak seçenekleri listelenir; montaj ve arayüz belgeleri de sunulur. Bu ayrıntılar kurulum kaydında yer almalıdır. Tek başına kütle değeri, alttaki zeminin davranışını göstermez.

Temel mühendisliği, zeminin göçmeye karşı dayanımını oturma sınırlarından ayırır. Bir yüzey yükü taşısa bile bağlı cihaz için fazla sıkışabilir. Oturma, zeminin geçmişine ve zamana da bağlıdır; bu nedenle kısa bir sakinlik dönemi uzun vadeli davranışı kanıtlamaz. [FHWA, Bölüm 8.3 ve 8.5](#)

Sert görünen zemin de dikkat ister. NOAA'nın jeodezik nivelman kılavuzu, bitümlü kaplama ve donmuş zeminde tripod oturmasını belirtir; zemin örtüsünün oturma veya geri yükselmeye yol açabileceği konusunda uyarır. Bu gözlemler, yüzeyi görünüşüne göre değerlendirmek yerine ölçmeyi gerektirir. [NOAA, Bölüm 3](#)

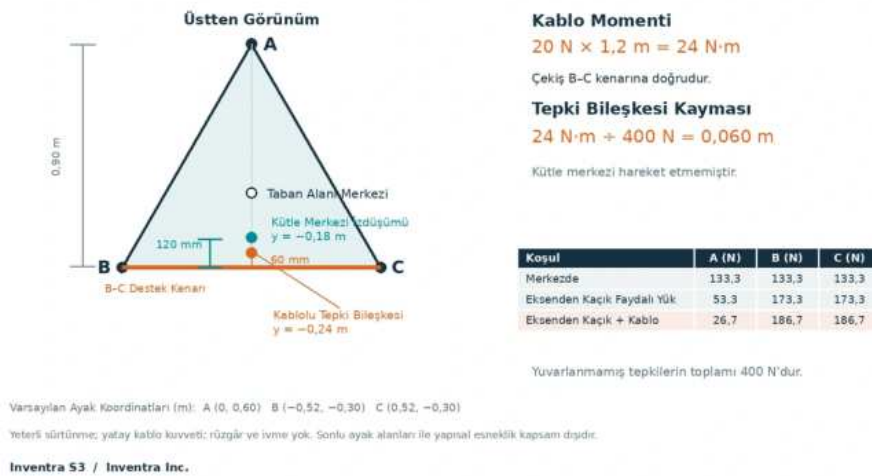
Rijit bir destek düzlemi düşünün: B ve C ayakları sabit kalırken A ayağı 1 mm aşağı iner. A'dan B-C doğrusuna dik uzaklık 0,90 m olsun. Eğim $\arctan(0,001/0,90)$, yani yaklaşık 1,11 miliradyan veya $0,064^\circ$ olur. Bu hesap yalnızca diferansiyel oturmayı gösterir; gerçek bacak ve bağlantı esnekliği ek hareket oluşturabilir. Buna karşılık üç ayağın eşit miktarda batması çok daha az eğime yol açabilir.

Bir destek yükünü taşıyabilir ve yine de kamerayı etkileyecek kadar hareket edebilir.

Yalnızca Kütleyi Değil, Tepkileri İzleyin

Küçük Bir Kablo Çekişi Kenar Payını Yarıya İndirebilir

Hesap Örneği • Düz Zeminde Üç Rijit Noktasal Temas • Toplam Ağırlık 400 N



Şekil 2: Üçgen destek poligonunun üstten görünümü; yatay kablo çekişinden önceki ve sonraki hesaplanmış tepkiler ile kenar payları gösteriliyor

Verilen geometride 24 N·m kablo momenti, 120 mm'lik kenar payını yarıya indirir.

Zemin tepkisi, zeminin ayağa uyguladığı kuvvettir. Düz zemindeki üç ideal noktasal temas için temas noktalarını birleştirerek destek poligonunu oluşturun. Yalnızca yerçekimi etkisinde, üç düşey tepkinin de pozitif kalması için kütle merkezinin izdüşümü bu üçgenin içinde olmalıdır. İzdüşüm bir kenara geldiğinde karşıdaki ayak yüksüz kalır. Bu bir denge koşuludur; kayma, esneme veya dış etkilere karşı dayanım kanıtı değildir. [Bretl ve Lall, Bölüm I-II](#)

Hesap örneğinde tripod ve faydalı yük dâhil toplam ağırlığın $W = 400 \text{ N}$ olduğunu varsayalım. Metre cinsinden ayak koordinatları A (0, 0,60), B (−0,52, −0,30) ve C (0,52, −0,30) olsun. Birleşik kütle merkezinin izdüşümü (0, −0,18) noktasındadır; B-C kenarından yalnızca 0,12 m uzaktadır.

Kuvvet dengesi $A + B + C = 400$ N verir. B-C doğrusu etrafında moment aldığımızda $A \times 0,90 = 400 \times 0,12$ olur. Buna göre A ayağı 53,3 N, B ve C ayakları ise ayrı ayrı 173,3 N taşır. Toplam ağırlığı üçe bölmek bu dengesizliği gizlerdi.

Şimdi yatay bir kablonun 1,2 m yükseklikten B-C yönüne 20 N çektiğini varsayalım. Oluşan 24 N·m moment, birleşik düşey zemin tepkisini $F_h/W = 0,060$ m kadar bu kenara kaydırır. Kütle merkezi yerinde kalır, ancak kalan kenar payı yarıya iner. A ayağındaki tepki 26,7 N'a düşer; B ve C'de ayrı ayrı 186,7 N'a çıkar.

Bu model yeterli sürtünme, rijit temaslar ve rüzgâr ya da ivme olmadığını varsayar. İzin verilebilir çekme kuvvetini veya devrilme testini tanımlamaz. Sonlu yüzeyli ayaklar, eğimli temas yüzeyleri veya ankrajlar varsa gerçek temas geometrisi ile kuvvet sınırları ayrıca değerlendirilmelidir.

Kütle merkezi sabit kalırken bir kablo düşey tepki bileşkesini kaydırabilir.

Kablonun Etkisini Gözlenebilir Hâle Getirin



Şekil 3: Tripoda bağlı kamera; geniş bir kablo kavisini, beton üzerindeki alçak ve bağımsız kablo desteğine ve ekipman kutusuna uzanıyor

Serbest kablo kavisini ve hareket boyunca çevresindeki açıklığı kontrol edin.

Gerilim giderici, kablo yükünü başka bir noktaya aktararak konnektörü korur. Bu sabitleme tripoda yüksek bir noktadan bağlanırsa kuvvet yine desteğe girer. Onaylı sabitlemeyi aşağı taşımak moment kolunu kısaltır; gelen kabloyu bağımsız taşımak tripoda iletilen yükü azaltabilir. Ancak iki düzen de hareketli kablo döngüsünün kuvvetsiz olacağını garanti etmez.

Kablonun belirtilen bükülme yarıçapını ve planlanan hareket için yeterli serbest uzunluğu sağlayın. NASA kablo demeti standardı; bükülme yarıçapını, konnektör gerilim giderimini ve sürekli gerilim oluşturmamanın güzergâhı ayrı tasarım konuları olarak ele alır. Boyutları ve sabitlemeleri gerçek kablo ile ekipman talimatlarına göre seçin. [NASA-STD-8739.4A, Bölüm 7.2 ve 8.1](#)

Onaylı çalışma zarfı içinde karşılaştırma yapın. Ayakları, faydalı yükü, yüksekliği ve hareket programını değiştirmeyin. A koşulunda önerilen saha güzergâhını kullanın. B koşulunda gelen kabloyu bağımsız destekleyin, ancak serbest hareketli döngüyü koruyun. Konnektörleri bağlı tutun ve iki düzeni de kaydedin. Döngünün takılabileceği veya şekil değiştirebileceği yön değişimlerinde ve hareket uçlarında açıklığı gözleyin.

Komutlanan konum, zaman ve kablo koşuluyla birlikte başlık tabanı eğimini bağımsız olarak kontrol edilmiş iki eksenli bir inklinometreyle kaydedin. İnklinometre yatay dönüşü ölçmez; bu hareket önemliyse bağımsız bir azimut referansı ekleyin. Her hareketten sonra aynı park konumuna dönüp bekleyin. Aynı kablo düzeninde tekrarlanan taban açısı değişimi, kablo yükünü olası neden yapar; kalan kayma ise bağlantı hareketine veya zemin oturmasına işaret edebilir.

A-B-A sırasını kullanın; mümkünse ardından sırayı tersine çevirin. Aksi durumda süren zemin oturması, güzergâhtan bağımsız olarak sonraki koşulu daha kötü gösterebilir. Hava ve ayak ölçümlerini eğim iziyle birlikte saklayın. Etkiyi görünür kılmak için konnektörü çekmeyin veya ayağı yerden kesilme sınırına yaklaştırmayın.

Konnektör korunurken kablosu tripoda hâlâ yük uygulayabilir.

Sorunu Ayırt Etmeye Yarayan Bir Kayıt Tutun

Testten önce izin verilen başlık açısı değişimini, komut döngüsü sonrasındaki kalıcı hareketi, gözlem süresini ve çalışma koşullarını belirleyin. Belirsizliği bu sınırları ayırt edebilen ölçüm cihazları seçin. Tripodun kütlesinden evrensel bir oturma süresi veya açı sınırı çıkarılamaz.

A, B ve C ayaklarını tanımlayın. Temas konumlarını, ayak tiplerini, bacak uzamalarını, zemin durumunu ve faydalı yük düzenini kaydedin. Her temas noktasını ve tüm kablo güzergâhını fotoğraflayın. Ayak gövdelerine tekrarlanabilir işaretler koyun; uzama kaymasını ayırt etmek için

bacak kilitlerinin üstüne de işaret ekleyin. Kanıtlanmış sağlam bir zeminde haricî seviye referansı kullanın; yakındaki yumuşak bir alanı oturma referansı yapmayın.

İlk kayıt için 0, 1, 5 ve 15. dakikadaki okumalar eğilimi gösterebilir. Bu, önerilen bir örnekleme sırasındır; kalifikasyon süresi değildir. Gözlemi planlanan görev süresine ve beklenen zemin ya da hava değişimlerine kadar uzatın. Faydalı yük kurulduktan ve her müdahaleden sonra ölçüm zamanını kaydedin.

Her Zaman Damgasında	Ana Kayıt	Ek Ayrıntı
Ayak Konumları	Haricî referansa göre A, B ve C yükseklikleri	Görünür batma, kayma veya temas kaybı
Başlık Tabanı Durum	İki eğim eksenine Faydalı yük pozu; parkta veya hareketli; A ya da B güzergâhı	Cihaz çözünürlüğü ve belirsizliği Hareketten bu yana geçen süre
Saha Koşulları	Yağmur, yüzey nemi, sıcaklık ve rüzgâr	Yakındaki trafik veya adımlar

Ayak yüksekliğindeki sürekli eğilim, zeminde veya ayak desteğinde değişiklik ve yeni bir kayıt gerektirir. Ayaklar sabitken başlık eğimi değişiyorsa bacak kilitlerini, montaj eklemlerini ve kablo kuvvetlerini inceleyin. Tekrarlanan karşılaştırmalarda kablo koşulunu izleyen değişim, güzergâhın düzeltilmesini gerektirir. Düzeltmeden sonra son güzergâhı yeniden kontrol edin.

Kütle eklemek bir devrilme hesabını iyileştirirken zemin basıncını artırabilir. Kabulü, kurulu düzen için üzerinde uzlaşılan mekanik sınırlarla tamamlayın. Görüş noktasının yeniden üretimi ve engel kontrolleri ayrı [geçici saha tripod vaka çalışmasında](#) ele alınır.

Kabul yalnızca kaydedilen kurulum ve gözlem aralığı için geçerlidir.

İlgili İçerikler: [Aynı Ağırlık, Üç Kat Rüzgâr Yüğü](#) · [Küçük Bir Tripod Hareketi İnceleme Panelini Gizleyebilir](#)

Kaynaklar ve Ek Okumalar

- [TMH10 - Ağır Hizmet Tripodu](#)
- [Zeminler ve Temeller Başvuru Kılavuzu, Cilt II, FHWA NHI-06-089](#)
- [Jeodezik Nivelman, NOAA Kılavuzu NOS NGS 3](#)
- [Bacaklı Robotlarda Statik Dengenin Test Edilmesi](#)
- [NASA-STD-8739.4A, Değişiklik 4: Krimpleme, Bağlantı Kabloları, Kablo Demetleri ve Kablolama](#)

© 2026 Inventra Inc. Atıf yapılan kaynakların hakları saklıdır.