Aynı Mast Ofseti, İki Farklı Kamera Açısı

Hareket Eden Kamera Her Zaman Dönmez

Şekil 1: Bir su arıtma tesisindeki inceleme kamerası; yakındaki korkuluğa, pompa binasına ve uzaktaki su kulesine bakıyor

Kamera dönmeden yana kaydığında yakındaki ve uzaktaki ayrıntılar farklı miktarlarda yer değiştirir.

Yakındaki bir korkuluğun ötesindeki su kulesini izlediğinizi düşünün. Kameranın yönünü sabit tutarak onu yana kaydırın. Kule ile korkuluk görüntüde farklı miktarlarda yer değiştirir. Şimdi kameranın merkezini oynatmadan kamerayı döndürün. Görüş bu kez başka bir nedenle yeniden değişir.

Bunlar iki ayrı harekettir. Öteleme kameranın bulunduğu yeri değiştirir. Dönme ise kameranın yönelimini değiştirir; bazı dönmeler optik ekseni başka yöne çevirir. Perspektif kamerada ötelemenin oluşturduğu görüntü hareketi sahne derinliğine bağlıdır; dönme bileşeni bağlı değildir. Bu ayrım NIST kamera hareketi modelinde yer alır.

Hesaplanmış bir örneğe bakalım: Kamera, bakış yönüne dik biçimde ve hiç dönmeden 12 mm yana kayıyor. Başlangıçta tam karşıda bulunan sabit bir noktanın doğrultusu 20 m mesafede yaklaşık 0,60 mrad değişir. 1000 m mesafede ise değişim yalnızca 0,012 mrad olur. Bağıntı arctan(yana kayma / mesafe) şeklindedir. Bir miliradyan, radyanın binde biridir.

Eğilen bir mast iki hareketi birden üretebilir. Mast ucunun konumunu ölçmek yalnızca ilk soruyu yanıtlar. İkinci soru için montaj plakasının yönelimini ve kameranın bu plakaya göre yönelimini bilmek gerekir.

Mast ucundaki hareketi mast yüksekliğine bölmek cazip bir kestirme yoldur. Bu işlem, tabanla ucu birleştiren düz çizginin küçük açısını, yani kirişi verir. Tepeye sabitlenen kamera ise yerel kesitin açısını izler. Eğri bir mastın her noktasında aynı açı bulunmaz.

Mast ucu konumu ile kamera yönü farklı büyüklüklerdir.

12 mm Eğilme, 2 mrad Eğim Değildir

Bilerek basit bir modelle başlayalım: Tabanından tamamen sabitlenmiş, tepesi serbest, düz ve düzgün kesitli 6 m uzunluğunda bir kiriş. Tek düzlemde küçük ve elastik eğilme, ihmal edilebilir kayma deformasyonu ve rijit kamera bağlantısı varsayalım. Yatay kuvvet yalnızca uca etki etsin. Bu koşullar önemlidir: Euler-Bernoulli kiriş teorisi, kesit dönmesini eğilme eğrisinin yerel eğimine bağlar.

Bu yükleme durumu için büyüklükler şöyledir:

- Uç hareketi: $\delta = P L^3 / (3 EI)$
- Uç açısı: $\theta = P L^2 / (2 EI)$
- Dolayısıyla: $\theta = 3\delta / (2L)$

© 2026 Inventra Mühendislik A.Ş.

P uç kuvvetini, L ise kiriş uzunluğunu gösterir. EI eğilme rijitliğidir: malzeme rijitliği ile kesitin ikinci alan momentinin çarpımıdır. MIT türetimi, yer değiştirme ile eğimi ayrı ayrı elde eder.

EI = 180.000 N·m² ve P = 30 N seçelim. Hesaplanan uç hareketi 0,012 m, yani 12 mm'dir. Tepe 0,003 rad, yani 3,00 mrad döner. 12 mm'yi 6 m'ye bölmek 2,00 mrad verir; bu değer, modeldeki gerçek uç açısı sonucundan üçte bir daha düşüktür.

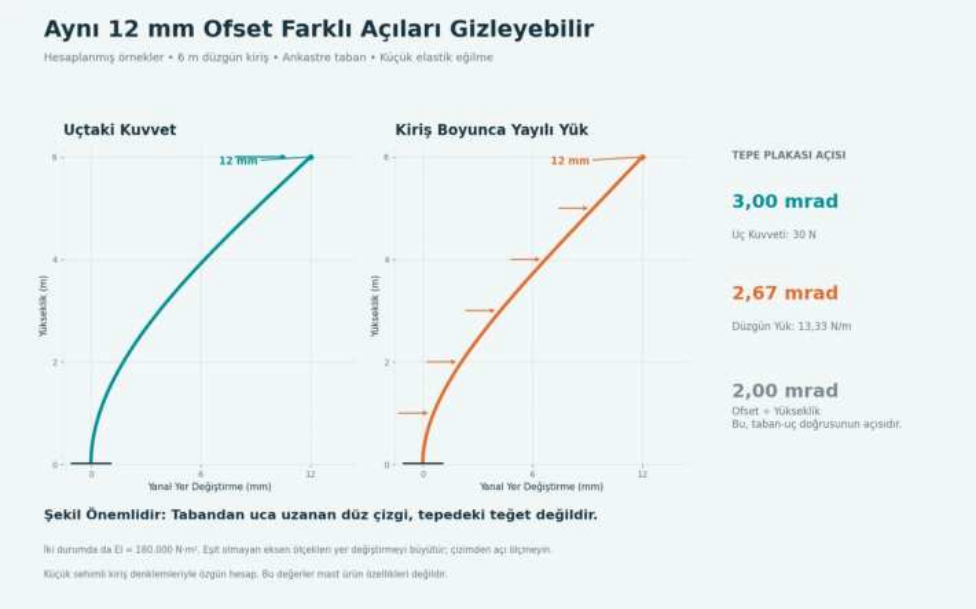
Plakanın dönmesi otomatik olarak optik eksenin sapması anlamına gelmez: Bakış ekseni çevresindeki dönme, eksenin yönünü değiştirmeden görüntüyü döndürür. Bakış yönü önemlidir.

Bakış eksenine dik yöndeki 3 mrad dönme, başlangıçta görüşe dik ve 1000 m uzaktaki bir düzlemle kesişim noktasını yaklaşık 3 m kaydırır. Yalnızca 12 mm'lik yanal öteleme ise bu noktayı 12 mm kaydırır. Bu iki ayrı geometrik örnek, konum ile yönelimin neden birbirinin yerine kullanılamayacağını gösterir.

Bunlar seçilmiş girdilere dayanan geometri ve kiriş hesaplarıdır. Belirli bir teleskopik mastın tepkisini öngörmezler.

Uç kuvveti altındaki düzgün kesitli bir kiriş için θ = 1,5 × δ/L'dir.

Yükün Yerini Değiştirin, Sonuç da Değişsin



Şekil 2: Hesaplanan iki ankastre kiriş şekli aynı 12 milimetrelik ofsette sonlanıyor, ancak uç açıları 3,00 ve 2,67 miliradyan oluyor

Aynı 6 m'lik kiriş ve aynı 12 mm'lik uç hareketi, uç kuvveti ile düzgün yayılı yük altında farklı tepe açıları oluşturur.

Yanal yükü aynı ankastre kiriş boyunca eşit biçimde dağıtalım. Uzunluk ve eğilme rijitliği değişmiyor; kuvvet artık yalnızca uçta değil, yapı boyunca etkiliyor.

Metre başına newton cinsinden düzgün yayılı q yükü için uç hareketi $\delta = q L^4 / (8 EI)$, uç açısı ise $\theta = q L^3 / (6 EI)$ olur. Sonuçları birbirine böldüğümüzde $\theta = 4\delta / (3L)$ elde edilir.

Sathyabama'nın kiriş notları bu yükleme durumunu adım adım açıklar. Seçtiğimiz rijitlikle q = 13,33 N/m aynı 12 mm hareketi üretir, ancak tepe açısı 2,67 mrad olur. Toplam kuvvet 80 N'dir: Kuvveti kirişin daha alt bölümlerine yaymak, aynı uç hareketini oluşturmak için daha fazla toplam kuvvet gerektirir.

Dolayısıyla iki eşit ofset, plaka yönelimindeki 0,33 mrad farkı gizler. Bu fark, 1000 m uzaktaki bir düzlemde yaklaşık 0,33 m'ye karşılık gelir. İki kirişin uç açısı da kiriş kestirmesinin verdiği 2,00 mrad değildir.

Titreşim, Şekle İlişkin Başka Bir Soru Ekler

Bir rüzgâr darbesi, birbirinin aynı statik eğriler dizisi oluşturmak zorunda değildir. Eğilme modları, genliği zamanla değişen karakteristik şekilleri tanımlar. Bu modların katkıları toplanır: Uç yer

değiştirmeleri uç hareketini, uç eğimleri ise yerel eğimleri oluşturur. Bu toplamların oranı sabit kalmak zorunda değildir. Nebraska Üniversitesi'nin kiriş çalışması bu süperpozisyonu açıklar.

Yalnızca yanal hareket kaydı, doğrulanmış bir yapısal ilişki olmadan kamera açısındaki hareketi belirleyemez. Farklı katkılar yer değiştirmede kısmen birbirini götürürken, küçük uç hareketiyle birlikte yerel dönme görülebilir.

Yer değiştirme ile eğim arasındaki ilişkiyi yükün dağılımı belirler.

Plakayı Ölçün, Ardından Görüntüyü Kontrol Edin

Şekil 3: Eğri bir metal şerit üzerinde iki optik hedef taşıyan rijit bir tepe plakası iki laboratuvar kamerasıyla izleniyor; üçüncü hedef sabit tabanı işaretliyor

Birbirinden ayrı iki hedef, bilinen bir düzlemde tepe plakasının konumunu ve dönmesini gösterir; taban ise ayrı bir referans sağlar.

Yararlı bir test üç veriyi birlikte kaydeder: taşıyıcının hareketi, montaj plakasının yönelimi ve kameranın sabit sahne ayrıntılarını nasıl gördüğü. Zaman eşleştirmesi önemlidir; iki görüntü pozlaması arasında alınan plaka açısı örneği farklı bir anı temsil edebilir.

Hareket bilinen tek bir düzlemle sınırlıysa, rijit tepe plakası üzerindeki birbirinden ayrı iki noktayı kararlı bir dış referansa göre izleyin. Bu noktaların orta noktası plaka konumunu, aralarındaki çizginin değişen yönü ise dönmeyi verir. 0,40 m aralıkta 3 mrad dönme, bu çizgiye dik yönde yaklaşık 1,2 mm diferansiyel hareket oluşturur. Bu, ölçüm yeteneğini seçmeye yarayan hesaplanmış bir ölçektir; kabul sınırı değildir. Üç boyutlu yönelimin tamamı için, üç boyutta izlenen ve aynı doğru üzerinde bulunmayan üç nokta gibi ek geometrik bilgi gerekir.

Tabanı da kaydedin. Dış referans taşıyıcıyla birlikte hareket ediyorsa görünürdeki kararlılık yanıltıcı olabilir. Karşılaştırmalar sırasında kamera yakınlaştırması, pozlama ve görüntü stabilizasyonu ayarlarını değiştirmeyin; her ayarı kaydedin ki sonraki çalışma aynı anlamı taşısın.

Eşleştirilmiş kayıtları şöyle yorumlayın:

- Plaka açısı görüntüyle birlikte değişiyorsa taşıyıcının dönmesini ve kameranın buna tepkisini inceleyin.
- Plaka açısı sabitken uç konumu değişiyorsa öteleme ve sahne derinliğine bağlı hareket arayın.
- Plakada karşılık gelen hareket yokken görüntü hareket ediyorsa mast eğilmesini suçlamadan önce kamera komutlarını, bağlantı hareketini ve görüntü zincirini inceleyin.

Gerçek teleskopik mafsallar, gergiler, taban esnekliği ve faydalı yükler modeli değiştirebilir. NASA'nın Artemis modal analiz anlatımı, dinamik modellerin neden test edilen yapılandırmayla eşleşmesi gerektiğini gösterir. Bu kaynak evrensel bir mast frekansı hedefi vermez.

Bir Inventra S3 mast yapılandırmasını değerlendirirken, uç hareketinin yanında belirtilen kurulum koşullarında ölçülmüş tepe plakası açısını da isteyin. Belirleyici soru şudur: Ne yer değiştirdi, ne döndü ve kamera bunu izledi mi?

© 2026 Inventra Mühendislik A.Ş.

Konumu, açıyı ve görüntü tepkisini aynı zaman çizelgesinde ölçün.

İlgili İçerikler: Aynı Ağırlık, Üç Kat Rüzgâr Yükü · Kararlı Görüntü Neden Daha Bulanık Olabilir?

Kaynaklar ve İleri Okuma

- Optik Akış, Temas Süresi ve Derinliğin En Uygun Tahmini
- Mekanik ve Malzemeler I: Ders 20
- Euler-Bernoulli Kirişi
- Kirişlerin Eğimi ve Sehimleri
- Ankastre Kirişlerin Titreşimleri: Sehim, Frekans ve Araştırma Kullanımları
- Artemis I Dinamik Yürütme Testinin Operasyonel Modal Analizi
- Mast Sistemleri
- Yükseklik Menzil Kazandırır; Sehim Geri Alır

© 2026 Inventra Inc. Atıf yapılan kaynakların hakları saklıdır.