

Demir Çelik Haddehane Fabrika İnşaatında Hassas Jeodezik Ölçmelerle Makinaların Yerleştirilmesi

(Precise Geodetic Surveying for Machines' Locating in the Iron Steel Rolling Plant Construction)

Ahmet İLVAN¹, Bülent BOSTANCI²

¹Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı, Sarıçam, Adana

²Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Kayseri

ailvan@adanabtu.edu.tr, bbostanci@erciyes.edu.tr

ÖZ

Harita mühendisliğinin çalışma alanlarından birisi olan endüstriyel ölçmeler, ülkemizde sanayinin gelişimi ile birlikte gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Bu ölçmeler genellikle milimetre ve altında hassasiyetle ölçülmesi veya apliance edilmesi gereken detayları içermektedir. Çalışma alanlarının durumuna göre farklı ölçme yöntemleri ve farklı ölçme aletleri ile uygulama yapmak gerekmektedir.

Bu çalışmada, demir çelik haddehane fabrika inşaatının imalat ve mekanik montaj işlemlerinde harita mühendisliği çalışmaları anlatılmış ve burada yapılan endüstriyel ölçmeler konusunda detaya inilmiştir. Ölçü çalışmalarında uygulanabilecek ölçme yöntemleri, kullanılacak ölçme aletleri ve jeodezik altyapı hakkında bilgiler verilmiştir. Çalışma sonucunda şu hususlara dikkat edilmesi gerektiği anlaşılmıştır: Fabrika inşaatlarında yapılan ölçmelerde farklı mühendislik disiplinleri ile koordineli çalışmalıdır. Jeodezik çalışmalarda mikro jeodezik ağ yapısı kullanılmalı ve ağı koordinat sisteminin eksenleri makine eksenlerine paralel seçilmelidir. Kullanılan ölçme aletlerinin kalibrasyonları yapılmış olmalı ve istenilen doğruluğun sağlanıp sağlanmadığı mutlaka kontrol edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel ölçmeler, endüstriyel metroloji, hizalama, mikro jeodezik ağ

ABSTRACT

Industrial Surveying, as one of the work fields of geomatics engineering, gains its importance per diem, with the advent of industrial development in our country. These measurements usually contain details that must be measured or applied in millimetres and below accuracy. It is necessary to apply different measuring methods and different measuring instruments according to the situation of work areas.

In this study, surveying engineering studies have been carried out in the manufacturing and mechanical assembly processes of the iron and steel rolling mill plant construction, and the industrial measurements made here were also examined in detail. It has been given some information about the measurement methods, tools and geodetic infrastructure that can be applied in the industrial measurement. The measurements made at plant constructions should be coordinated with different engineering disciplines. In geodetic studies, micro geodetic network structure should be used and coordinate system of the network

axes should be selected as parallel to machine axes. Calibrations of the instruments used must be made and strictly controlled to ensure that the desired accuracy is achieved.

Keywords: Industrial surveying, industrial metrology, alignment, micro geodetic network

1. GİRİŞ

Endüstriyel ölçmeler, mühendislik ölçmelerinin uygulama alanlarından biri olarak ele alınmaktadır. Buradaki en önemli husus ölçme doğruluğunun, uygulama alanlarının türüne göre farklılık göstermesidir (Ogundare, 2016). Örneğin bina inşaatı, parsel aplikasyonları gibi uygulama alanlarında santimetre hassasiyeti yeterli olurken deformasyon ölçmeleri, çelik yapıların montajı gibi uygulama alanlarında ise milimetre hassasiyeti gerekmektedir. Endüstriyel makine montajı, nükleer araştırma laboratuvarları, büyük antenlerin kurulumu, gemi, hava araçları, otomobil imalatı gibi endüstriyel uygulama alanlarında, milimetrenin altında ölçme hassasiyeti gerekmektedir.

Endüstriyel ölçmelerde yapılabilecek hatalar veya yetersizlikler çok ciddi maliyet ve zaman kaybına yol açmaktadır. Özellikle fabrika inşaat montajlarının ve sonucunda üretimin problemsiz gerçekleştirilebilmesi için ölçme işlemlerinin doğru ve çok hassas yapılması gerekmektedir. Bu durum ise yüksek hassasiyetli ölçme teknikleri ile gerçekleştirilmektedir (Gülal, 2003).

Endüstriyel ölçmelere konu olan alanlar; endüstriyel tesislerin kurulması, makine parçalarının montajı, endüstriyel ürünlerin tasarımı, üretim işlemleri sırasında ve sonrasında yapılan ölçmeler, çok parçalı sistemlerde parça birleştirme amaçlı ölçmeler, üretim sonrası kontrol ve ayar ölçmeleri, bilimsel araştırma ve geliştirme amaçlı ölçmeler, endüstriyel robotların ayar işlemleri, enerji santrallerinde türbin konumlandırma ölçmeleri, hava ve uzay araçları, gemi inşaat, otomobil üretim ve kontrol ölçmeleri, büyük antenlerin konumlandırılması, nükleer santral kurulumu ölçme çalışmaları endüstriyel ölçme alanları ve kalibrasyon olarak özetlenebilir (Ogundare, 2016).

Endüstriyel ölçmeler, Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa ve Uzak Doğu gibi dünyanın sanayi ve teknoloji alanında gelişmiş ülkelerinde bir meslek disiplini olarak tanımlanmaktadır. Bu disiplin, endüstriyel üretim tesislerinin montajında ve üretilen ürünlerin doğruluğunun kontrolünde kritik öneme sahiptir. Gelişmiş ülkelerde endüstriyel tesis üretiminde bulunan firmalar, diğer ülkelerdeki firmalar ile ortak iş yaptığında kendi standartlarının aynısını talep etmekte ve bu nedenle endüstriyel ürünlerin montajında ve ölçme çalışmalarında uzman kişilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Dünyada endüstriyel ölçmelerle ilgili yapılan yayınlara bakıldığında nükleer araştırma laboratuvarları gibi alanlar ön plana çıkmaktadır. Örneğin Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi olan CERN (*Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*) ile ilgili yayınlara bakıldığında, 1954 lü yıllardan günümüze kadar jeodezik çalışmalardan da bahsedilmektedir. Bunlardan biri, 1982 yılında inşaatı başlatılan ve 27 km uzunluğunda daire şeklinde tünelden oluşan bir yapıya sahip olan LEP (Large Electron-Positron) Laboratuvarı'dır. 80'li yıllarda tünel inşaatlarında teodolit, gyro-teodolitler, invar tel, gergin invar tel ve sensörlerden oluşan ölçme sistemi, lazer interferometre (kalibrasyon için), hassas nivo gibi aletler kullanılmıştır. Cihazların kurulumu sırasında hizalama çalışmalarında ise değişik sistemler geliştirilmiştir. Bunlar ise naylon tel hizalama sistemi, lazer hizalama sistemi ve hidrostatik ölçme sistemleridir (Mayoud, 1990). Ayrıca CERN'de uzun dönemli çalışmalarda kullanılacak ölçme ve hizalama (alignment) sistemleri oluşturulmuştur. Bu sistemler, tel konumlandırma sistemi, hidrostatik nivelman sistemi ve eğim ölçme sistemleridir; (Mayoud, 2004). 2000'li yıllarda CERN'de yapılan çalışmalarda total station, lazer tarayıcı, doğruluğu yüksek uzunluk ölçme telleri, ofset ölçme araçları ve yön belirleme aletleri etkin olarak kullanılmıştır (Mayoud, 2002).

Endüstriyel ölçmeler ile ilgili yayımlanan çalışmalardan birisi de Fransa da, ESRF (European Synchrotron Radiation Facility) inşaatında yapılan ölçme çalışmalarıdır. Bu çalışma CERN gibi misyonu olan parçacık hızlandırıcı laboratuvar inşaatıdır. Hizalama toleransları < 1 mm. dir. 842 m boyunca mesafe ve açı standart sapmaları 0.1 mm ve 0.5 arc saniye, mutlak hata elipsleri 0.15 mm den küçüktür (% 95 güven aralığında). Çalışmada yüksek hassasiyetli robotik total station kullanılmış ve geliştirilen yazılımlar sayesinde ölçme otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Bu

aletlerin ayar işlemleri ise lazer interferometre ile yapılmıştır (Martin, 2010).

Kanada'da "Chalk River Nuclear Laboratories of Atomic Energy of Canada" nın inşaat ve montajında endüstriyel ölçme teknikleri kullanılmıştır. Uygulamada 1988'den önce geleneksel ölçme yöntemleri kullanılmıştır. Daha sonra teknolojinin gelişimiyle birlikte elektronik teodolitler ve bilgisayarlı otomasyon sistemi olan P3DCS (Precise 3 Dimensional Coordinating System) olarak adlandırılan sisteme geçilmiştir. Nükleer hızlandırıcıların kurulumu sırasında geliştirilen P3DCS sistemi, elektronik teodolitlerin bilgisayara bağlanmasını ve elde edilen yapılan ölçü değerlerinin anlık olarak dengelemeye tabi tutulması sonucunda dengelenmiş koordinatların elde edilmesini sağlamaktadır. Ölçme çalışmalarının doğruluğu açısından elektronik teodolit kurulan noktaların konumları çok iyi hesaplanmalıdır. Bu durum geriden kestirme performansına ve verilerin dengelenmesine bağlıdır (Wilkins, 1989).

Endüstriyel ölçmelerin konusuna giren gemi inşaat alanında boyutsal ölçmelerin kullanılmasının üretim kalitesi ve zaman açısından çok gerekli olduğuna dikkat çeken, bu bakımdan da harita mühendisliği disiplininin bu alandaki önemine vurgu yapan ulusal bir çalışma karşımıza çıkmaktadır (Güner ve Çelik, 2005). Ülkemizde endüstriyel ölçmeler ile ilgili akademik çalışmalar çok yetersizdir ve haritacılık mesleği açısından araştırılması ve sonuç ürünler ortaya konması gerekli alanlardan birisidir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde öncelikle fabrika inşaatı ve montaj işlemleri için yapılacak ölçmelerde kullanılan ölçme araç ve gereçleri ile bu araçların ayar işlemleri ve kontrolü anlatılmaktadır. Ayrıca, fabrika inşaatı ve makine montajları için oluşturulan mikro ağların yapısı, tesisi ve ölçme yöntemleri ile endüstriyel tesislerin inşaatında kullanılan hizalama yöntemleri de açıklanmaktadır.

a. Çalışma Kapsamında Yapılan Ölçmelerde Kullanılan Ekipmanlar

Endüstriyel ölçmelerde kullanılan alet ve cihazların klasik harita ölçmelerinde kullanılan cihazların doğruluğundan daha iyi olması ve yapılan işle ilgili olarak daha özel olması beklenir. Endüstriyel ölçmelerde kullanılan elektronik, mekanik ve optik özel cihazlardan en çok kullanılanlar aşağıda belirtilmiştir.

(1) Endüstriyel Total Station

Endüstriyel total stationlar klasik cihazlara göre açı ve uzaklık ölçme sistemleri daha yüksek doğruluğa sahip olan cihazlardır. Örneğin klasik total stationlar açı ölçmelerinde ortalama 5" doğruluk gösterirken, endüstriyel total station ise 1" veya 0.5" doğruluk göstermektedir. Mesafe ölçmelerinde de aynı durum söz konusudur, klasik total stationlar 1-2 mm/km iken endüstriyel cihazlar 0.5 mm/km ya da daha yüksek doğruluklar sunmaktadır. Endüstriyel cihazlarda doğruluk önemli olduğu için bu cihazlarla kullanılması gereken reflektörler de farklı olmaktadır. Şekil 1'de görüldüğü gibi endüstriyel alanlarda kullanılmak için ince yapısı ile daha hassas olarak kullanım sunan mini jalon ve reflektörler kullanılmaktadır.



Şekil 1. Endüstriyel total station

(2) Hassas Nivolar

Bu tür nivolar 1. ve 2. derece nivelman ağlarının ölçmelerinde, köprü baraj benzeri yapılardaki deformasyon ölçmelerinde ve endüstriyel ölçmelerde kullanılmaktadır (Şekil 2). Hassasiyeti ≤ 0.5 mm, dürbün büyütme oranları 35-40 ve düzeç duyarlılıkları 5"-10" arasında olup milimetrenin onda biri doğrudan doğruya okunabilmekte ve mikrometre düzeneği yardımıyla milimetrenin yüzde biri de tahmin edilebilmektedir (Ogundare, 2016).



Şekil 2. Hassas nivo

b. Kullanılan Cihazların Kalibrasyon ve Kontrolü

Kalibrasyon, ölçme cihazının belirlenen standart ve kriterlere göre ölçme doğruluğunun tespiti. Kalibrasyonda, cihazın doğruluğunun belirli bir referansa veya standarda göre kıyaslanarak kontrol edilmesi ve ayarlarının düzeltilmesi mümkün olmaktadır. Her ne kadar ölçme cihazının üretildiği fabrika tarafından kalibrasyon bilgileri verilse de, bu bilgiler ortalama çevre şartlarına göre belirlendiğinden dolayı daha doğru bir sonuç için cihazın kullanılacak ortama yakın çevre şartlarında kalibrasyon değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Kalibrasyon işlemi kabul edilebilir istatistik standartlar çerçevesinde yapılmalıdır. Standart veya referans ile kastedilen kıstas şu olmalıdır; referans veya standart alınan değerler veya ölçmeler, kalibrasyonu yapılacak cihazın ölçme doğruluğundan ve hassasiyetinden daha yüksek doğruluk ve hassasiyete sahip olmalıdır. Örneğin lazer interferometre, elektronik uzaklıkölçerlerden doğruluğu ve hassasiyeti çok daha yüksek bir sistemdir. Bundan dolayı bir lazer interferometre, elektronik uzaklıkölçerin kalibrasyonu için kullanılabilir, ancak tersi mümkün olmamaktadır (Ogundare, 2016).

c. Mikro Ağlar

Endüstriyel ölçmelerde, iş sahasında yeteri kadar çalışma alanının bulunamaması gibi durumlardan dolayı klasik jeodezik kontrol ağı kullanmak genellikle mümkün olmamaktadır. Bu sebeple endüstriyel ölçmelerde klasik jeodezik ağların dışında farklı ve çalışma koşullarına uygun bir ağ olan ve bu çalışma kapsamında mikro ağ olarak anılan mikro jeodezik ağlar kullanılmaktadır.

Mikro ağlarda genellikle X eksenini kurulumu yapılacak olan endüstriyel bileşenlerin uzun olan eksenine paralel olmakta, Y ve Z eksenine de X eksenine dik düzlemler oluşturacak şekilde tasarlanmaktadır. X,Y eksenine en az 2 referans noktadan oluşmaktadır. Daha sonra bu eksene dik başka noktalar tesis edilebilmektedir. Bir mikro ağın orijine ve ölçme de sahip olması gerekmektedir. Orijin olarak çalışma alanındaki makine bileşenleri göz önüne alınarak uygun bir nokta seçilebilir. Ölçek ise mesafe ölçmelerinin yapılabildiği durumlarda söz konusudur. Ölçeğin hesaplanmasında invar ölçek çubuğu olarak adlandırılan invardan imal edilen ve genellikle 2 veya 3 metre uzunluğunda olan çubuklar kullanılır. Bu invar çubuklar mikro jeodezik ağın

uygun yerlerine yerleştirilerek her iki ucuna da açı ölçmeleri yapılır ve buradan yola çıkılarak ağı diğer kenarlarının uzunlukları hesaplanmaktadır (Ogundare, 2016).

Mikro ağda ne kadar sayıda referans noktası tesis edileceği önceden net bir şekilde belli olmamaktadır. Bu durum kurulumu yapılacak endüstriyel bileşenlerin durumuna ve segment sayısına bağlı olarak değişmektedir. Her bir hedefin en az 2 farklı istasyondan total station ile gözlemlenmesi gerekir. Daha sonra birden fazla yapılan bu gözlemler, en küçük kareler yöntemi ile dengelenmektedir.

ç. Hizalama Yöntemleri

Endüstriyel ölçmelerde, makine bileşenlerinin eksenlerine göre doğrusallıkla kurulumu için yapılan konumlandırma işlemine hizalama (alignment) denilmektedir. Hizalama için kullanılan belli başlı teknikler aşağıda belirtilmiştir (Ogundare, 2016):

(1) Mekanik Hizalama Yöntemi

Çelik veya naylon teller kullanılarak referans hat oluşturulur. Bu yöntem pratik, ucuz ve çoğu çevre koşullarına uyum sağlayabildiğinden kullanıcılara cazip gelmiştir. Hassasiyeti 0.1 milimetreye kadar yaklaşabilmektedir.

(2) Kırınım Yöntemi

Bu yöntem de referans hattı olarak lazer gibi ışınım kırınımının desenlerinin projekte edilmesini kullanmaktadır. Optik yöneme nazaran atmosferik koşullardan çok az etkilenir.

(3) Doğrudan Lazer Hizalama Yöntemi

Bu yöntemde lazer ışığı referans hat olarak kullanılır. Bu teknik kolimasyonu sağlanmış lazer ışığı ve hareket edebilen optik yada foto elektrik merkezleme detektörü kullanır. Hızlı bir yöntem olmakla birlikte geleneksel optik yöntemlerin kullanılamayacağı, örneğin radyasyonlu bölgelerde kullanılabilir.

(4) Optik Yöntem

Bu yöntem referans hattının optik olarak gözlenmesi esasına dayanmaktadır. Yöntemin uygulanması teodolit ya da Jig Transit gibi klasik optik cihazlar ile gerçekleştirilmektedir.

(5) Lazer İnterferometre Yöntemi

Bu yöntemde lazer interferometre kullanılmaktadır. Açısal ya da doğrusal ölçme yapılarak uygulanmaktadır.

(6) Kutupsal Ölçme Tekniği Yöntemi

Lazer izleyici, endüstriyel total station, endüstriyel robotik total station gibi ölçme aletleri kullanılarak açı ve uzunluk ölçümleri ile koordinat belirleyen yöntemlerdir. Bu aletlerle birlikte özel küresel yansıtıcılar kullanılmaktadır.

3. UYGULAMA

Çalışmada, İzmir'de inşaatı tamamlanan demir çelik haddehane fabrikasının tüm jeodezik ölçme çalışmaları özetlenerek anlatılmış olup endüstriyel ölçmeler konusunda detaya inilmiştir. Saç haddehane fabrikası, slab olarak adlandırılan işlenmemiş ham demir bloklarından, gerekli ısı işlem ve haddeleme işlemleri ile 1-2 mm ye kadar incelikte saç ürünler çıkartabilen bir endüstriyel tesistir. Fabrika, genel olarak 460 metre uzunluğunda doğrusal bir eksen ve bu eksene dik yaklaşık 300 m uzunluğunda diğer bir doğrusal eksen üzerine yerleştirilmiş makine gruplarından oluşan, çelik ve betonarme yapısı olan endüstriyel üretim tesisi olacak şekilde planlanmıştır.

a. Jeodezik Altyapının Tesisi ve Ölçülmesi

Fabrika inşaatı gibi endüstriyel tesislerin inşaatında poligon geometrisi, tesisi, ölçme ve hesaplama çalışmaları oldukça önemli bir husustur. Bu çalışmalar poligon noktalarının konum doğruluğunu doğrudan etkilemektedir. Endüstriyel ölçmelerde doğruluk ve hassasiyet çok önemli olduğu için poligon noktalarının da konum bilgileri o denli hassas hesaplanmalıdır.

Çalışmada jeodezik ağ olarak "Mikro Ağ" kullanılmıştır. Mikro ağ fabrikanın uzun eksenli kısmına paralel olarak tasarlanmalı ve fabrika inşaatının gövdesinin dışında kapsayıcı olmalıdır (Pospíšilová ve ark., 2012).

Poligon tesislerinin yerlerinin seçimi de önemli bir husustur. Bunun için poligonlar tesis edilmeden önce, fabrika inşaat projesinin incelenip hangi yerlerin inşaattan fazla etkilenmeyeceğini öngörüp poligonların uzun vadede zarar görmeyeceği yerlerin seçilmesi gerekmektedir. Ayrıca Şekil 3' de görüldüğü gibi poligon tesislerinin zeminde herhangi bir deformasyona uğramayacak şekilde sağlam ve

güvenli yapılması, işaretlemenin oldukça hassas olması gerekmektedir.



Şekil 3. Poligon zemin tesisi

Jeodezik nokta altyapısını oluşturan nivelman noktalarının tesisleri de poligonlar kadar dikkatli yapılmalıdır. Özellikle makine montajı ölçmelerinde kullanılacak olan nivelman referans noktalarının tesisi ve kot değerinin ölçülüp hesaplanmasında çok hassas davranılması gerekmektedir. Makine montajında milimetre altı değerler kullanıldığı için nivelman referans noktalarının yükseklik değerleri aynı doğrulukta hesaplanmalıdır. Bundan dolayı nivelman tesislerinde Şekil 4'de görüldüğü gibi tek noktadan değer okumak için küçük çelik bilyeler kaynak ile monte edilmiştir.



Şekil 4. Nivelman nokta tesisi

Projeye göre hangi bölgelerde nivelman noktasına ihtiyaç duyulacağı üzerinde incelemeler yapılmış ve bu incelemelere göre sahaya nivelman noktaları tesis edilmiştir. Bu noktaların tesisi ise çelik ve küçük bir bilye demir üzerine kaynak yapılarak pik yapısında bir referans noktası imal edilmiştir. Böylelikle üzerine mira konulduğunda tek bir noktadan (tepe üst noktası) temas edeceği için sağlıklı bir ölçme olanağı sağlamaktadır.

Nivelman ağının tasarımı yapılırken öncelikle sahaya ana nivelman noktaları tesis edilerek kot değerleri üretilmiş ve daha sonra ana nivelman noktaları referans alınarak ara nivelman noktaları oluşturulmuştur. Bu projede 3 adet ana nivelman noktası tesis edilmiş ve orta nokta sabit alınarak hassas nivelman yapılmıştır. Bu 3 nokta sahaya homojen dağıtılarak fabrika sahasının kapsamı sağlanmıştır. Noktaların kotları ± 100 mikron hassasiyetinde hesaplanmıştır.

(1) Poligon Noktalarının Ölçülmesi ve Hesaplanması

İnşaat sahasına tesis edilmiş poligonların ölçme işlerinin hassas bir biçimde yapılması gerekmektedir. Bu sebeple endüstriyel ölçmelerde arzu edilen hassasiyeti sağlamak için poligonların hata sınırlarının ve ölçme hassasiyetlerinin daha yüksek olması gerekmektedir. Bunun için GPS bu konuda yeterli doğruluğu ve hassasiyeti sağlayamamaktadır. Bu nedenle poligon gözlemlerinde endüstriyel total stationlar kullanılmıştır. Daha sonra bu poligonların kotları hassas nivelman yapılarak hesaplanmıştır. Ölçmelerde total station uygun bir poligona kurulmuş ve en uzaktaki poligona açı ile bağlanılmıştır.

İnşaatın belirli bir mertebesi yapıldıktan sonra, artık fabrikanın makine eksenlerinin işaretlenmesi işlemi başlamıştır ve ankrajların imalatının bitiminden sonra da mekanik montaj safhası başlamıştır.

Makine eksenleri, fabrikanın makine gruplarının montajının yapılmasında kullanılacak olan doğrultulardır. Makinelerin montajı veya diğer bir ifadeyle mekanik montajın hata toleransı mm. altındadır yani 100-200 mikron seviyelerindedir. Bu sebeple Makine eksenlerinin zemine işaretlenmesi de en az aynı hassasiyette yapılmıştır.

b. Fabrika İnşaat Safhaları

Fabrika inşaatlarını imalat ölçme hassasiyetleri durumlarına göre 3 gruba ayırmak mümkündür.

(1) Altyapı Safhası

Fabrika inşaatının bu safhası, inşaatın en temel aşaması olarak ele alınabilir. Bu safhada, saha zemininin iyileştirilmesi (Dolgu alanı veya denizden dolgusu ise) için gerekli olan kazık çakılması işleri, hafriyatların yapılması ve fabrika temelinin imalatı ve varsa yağmur, atık su gibi

hatların imalatı gibi işler yapılmaktadır. Bu safhada imalat doğruluğu cm. veya dm. mertebesindedir.

(2) Makine Ankraj ve Vinç Rayları İmalatı Safhası

İnşaatin bu bölümünde fabrikanın ana bileşen yapılarını oluşturan makine gruplarının montajının yapılabilmesi için gerekli olan ankrajları (makinelere beton yapıya olan bağlantısını sağlayan civata sistemi), fabrikanın taşıyıcı unsurları olan çelik kolon ayaklarının montajının yapılacağı imalatları ve fabrikalarda olması gereken tavan veya yer vinçlerinin raylarının imalatlarını kapsamaktadır.

Bu aşamada ölçme hassasiyeti çelik kolonlar için ± 1.5 cm ve makine ankrajların ve vinç raylarının eksen hassasiyeti ise ± 3 mm olmaktadır. Ölçme hassasiyeti milimetre olduğu için ölçme işlerinde kullanılan ekipmanlar da özel olmalıdır. Bunun içinde endüstriyel total stationlar ve Şekil 5'de görülen daha hassas olan mini jalon reflektörler kullanılmıştır.



Şekil 5. Mini jalon reflektör

Ankraj aplikasyonu için, bilgisayar ortamında mikro ağız koordinat sistemine uyarlanmış olan proje üzerinden, imalatı gerçekleştirilecek olan ankrajlar ile ilgili eksenlerin koordinat bilgileri total stationa aktarılmıştır. Ölçme ekibi tarafından ankrajların yakınlarında olan poligona total station kurulumu yapılmış ve en uzaktaki diğer poligona açı ile bağlanılmıştır. Mini jalon-reflektör kullanılarak daha önceden hazırlanmış bulunan Şekil 5'de görülen köşebent demirler üzerine ilgili ankrajların eksenleri elmas uçlu kalemle hassas ve ince bir şekilde işaretlenmiştir. Burada önemli olan husus aplikasyon veya kontrol ölçmelerinde kullanılan alet ve ekipmanların gerekli doğruluk koşullarını sağlamasıdır.

Eksenlerin aplikasyonundan sonra hassas nivo ile daha önceden tesis edilen kot referans noktalarından ± 3 mm hassasiyette olacak şekilde ankrajların kotları sahada verilmiştir.

Aplikasyon işleminden sonra ankraj ustaları ankrajların imalatını gerçekleştirmiştir. İmalat aşaması bitince ölçme ekibi tarafından her bir ankraj ölçme aparatları yardımıyla merkez noktalarının kontrol okumaları yapılmıştır. Elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılarak projenin üzerine nokta dökümleri yapılarak inşaat projesinde istenilen ± 3 mm. doğruluğu sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir. Hata sınırının aşıldığı durumlarda, gerekli uyarılar yapılarak hata durumuna göre ankrajların konumları düzeltilmiştir. Düzeltilecek ankrajların kontrol okumaları tekrar gerçekleştirilmekte ve hata sınırının içerisinde olup olmadığı kontrol edilmektedir. Son olarak hata sınırı olan ± 3 mm içerisinde kalıyorsa beton dökülmesi aşamasına geçilebilmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Ankraj imalatı ve aplikasyonu

Vinç raylarının ölçme ve aplikasyon işlemlerinde ise, ilk olarak zeminden vinç raylarının monte edileceği kirişlere total station ile rayların eksenleri ± 3 mm doğrulukla aplik edilmiştir. Daha sonra aplikasyonu yapılan eksen noktalarına piyano teli gerilerek eksen üzerinde ara noktalar işaretlenmiştir. Rayların kotlarının verilmesinde zeminde nivelman noktalarından total station ile trigonometrik olarak kirişlere kot taşınmış ve daha sonra nivo ile kiriş üzerindeki raylara kotlar verilmiştir. Rayların aplikasyon doğruluğu ± 3 mm olmaktadır. Burada ilk etapta raylara trigonometrik nivelman ile verilen kot hassasiyeti ± 3 mm olması gerekmektedir. Çünkü rayın kotlarının kendi içerisindeki hassasiyetinin ± 3 mm olması yeterlidir. Verilen eksenlere göre hizalanması ve geçici montajı yapılan raylar için total station ile kontrol

ölçmeleri yapılmıştır (Şekil 7). Kontrolde uygunluk alan rayların kalıcı olarak montajı tamamlanmaktadır.



Şekil 7. Vinç raylarının ölçülmesi ve montajı

(3) Mekanik Montaj Safhası

Mekanik montaj, imalatı biten ankrajlara, ilgili makine grubu parçalarının projesine uygun olarak milimetre altı ± 200 mikron (makinenin cinsine göre değişebilir) hata payında yerine sabitlenmesi ve montajı safhasıdır. Bunun için öncelikle fabrika inşaatındaki makineler ile ilgili tüm ankrajların imalatının bitmiş olması gerekmektedir.

Mekanik montaj için, makine gruplarının eksen tanımlamalarına ihtiyaç vardır. Örneğin çalışmanın yapıldığı fabrika inşaatında makinelerin MILL eksenini belirten fabrikasının en uzun eksenini ana eksen olarak alınmıştır. MILL ekseninde tüm makine grupları bulunmakla beraber birçok irili ufaklı yardımcı eksenlerde bulunmaktadır. Bu eksenler birbirlerine dik açı oluşturacak şekilde birleşmektedir. İmalat sonrası da bu diklik gözlenmektedir (Şekil 8).



Şekil 8. Mekanik montaj aşaması

Mekanik montaj ile ilgili olarak makinelerin geldiği firmadan, fabrikanın makinelerinin kurulumu ile ilgili tüm teknik işlerden sorumlu olacak kurulum şefi (supervisor) görevlendirilmektedir. Sağlıklı bir çalışma ortamı sağlamak için kurulum şefi ile sahada görev yapan ölçme ekibi arasında sağlıklı bir iletişim kurulması gerekmektedir.

Mekanik montaj projesinde ilk olarak belirtilen makine eksenlerinin hassas bir biçimde aplikasyonunun yapılması gerekmektedir. Bunun için uzun süre kullanılabilir durumda olacak şekilde tesis edilmiştir. Eksenlerin santimetre hassasiyetinde aplikasyonları yapılarak noktaya demir bir çubuk çakılmak sureti ile betonun içine sabitlenmiştir (Şekil 9). Beton yüzeyine çakılan demir çubuğun üst kısmı taşlanarak beton ile aynı kota getirilmiştir. Daha sonra mm altı hassasiyet ile makine ekseninin aplikasyonu gerçekleştirilmiştir. Aplikasyon noktası, tesisi yapılmış demir çubuğun üzerine hassas olarak işaretlenmiştir.



Şekil 9. Makine eksenini referans noktası

Daha sonra aplikasyonu yapılan eksenler ve nivelman noktaları kullanılarak makine ankrajlarının tümünün ölçmeleri ve beton kotlarının ölçmeleri yapılmıştır. Elde edilen bu ölçüler ankrajların merkezinden olan ölçülerdir. Ölçmeler daha sonra değerlendirilmek üzere bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bilgisayar ortamına aktarılan bütün ankraj ölçme değerleri sonucunda her bir ankraj merkezinin, zemine aplikasyonu yapılmış olan makine eksenlerine olan mesafeleri hesaplanmıştır. Hata tecviz sınırını aşan ankrajlar varsa tespit edilmiştir. Eğer ankrajlarda sistematik bir hata varsa makine eksenleri revize edilerek düzeltilme yoluna gidilmiştir.

Diğer bir işlem olarak ankrajların merkez koordinat ölçmeleri haricinde beton kotlarının da ölçülmesi işlemi vardır. Beton kotu, olması gereken makine sehpa kotundan ne kadar farklı

ise o kadar pedleme denilen şimleme yapılacak platform imal edilmektedir. İlk olarak kaba şimleme denilen metal plakaların eklenerek istenilen kota getirilmesi işlemi yapılmaktadır (Şekil.10).



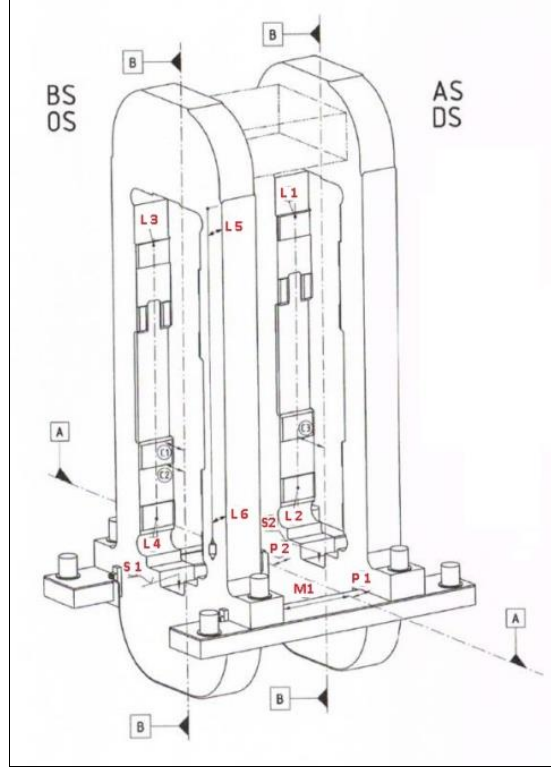
Şekil 10. Kaba şimleme

Şimleme işleminden sonra, bedplate olarak adlandırılan ve üzerine makine bileşeninin sabitleneceği ortalama 30 cm kalınlığında demir bloğun kotları projesine uygun ayarlanmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Bedplate kotunun ayarlanması

Buraya kadar yapılan işlemler makine montajı ön çalışmaları olarak adlandırılmaktadır. Bundan sonra mekanik montaj işlemleri başlamaktadır. Bunun için montajı yapılacak makine parçalarının çizimleri ve makine projesi kurulum şefi tarafından harita ekibine teslim edilir. Makine parçaları projesinde, Şekil 12 ve Tablo 1'de görüldüğü gibi parçaların hangi yüzeylerinin hangi kotta olması gerektiği, noktaların eksenden ne kadar uzakta olacağı belirtilmektedir. Bu bilgiler ışığında sahada ölçme ekibi tarafından makine parçalarına kot ve eksen değerleri verilmektedir.



Şekil 12. Makine parçalarının referans noktaları

Tablo 1. Makine parçalarının referans noktalarının montaj toleransı.

Ölçme Noktası	Projede İstenilen Tolerans (mm)	Elde Edilen Ölçü Doğruluğu (mm)
L1-L2	L1 \underline{CL} / ± 0.05	0.02
L3-L4	L3 \underline{CL} / ± 0.05	0.05
L5-L6	L5 \underline{CL} / ± 0.05	0.02
C1	\underline{CL} / ± 0.2	0.08
C2	\underline{CL} / ± 0.05	0.02
C3	\underline{CL} / ± 0.05	0.00
M1	\underline{CL} / ± 0.1	0.09
P1	\underline{CL} / ± 0.05	0.03
P2	\underline{CL} / ± 0.05	0.03
S1	\underline{CL} / ± 0.1	0.05
S2	\underline{CL} / ± 0.1	0.03

Makinenin konumuna uygun olarak 1. Total station, Şekil 13'de görüldüğü gibi kurulumu yapılacak olan makine bileşeninin A-A eksenini üzerinde kurulumu yapıp o makine eksenini için tesis edilen poligonlar kullanılarak yatay açı sıfırlanmalıdır. 2. Total station ise B-B eksenini

üzerinde kurulumu yapılip o makine eksenini için tesis edilmiş poligonlar kullanılarak yatay açı sıfırlanmalıdır. Aynı zamanda nivo da uygun bir yere kurulum en yakın nivelman noktasından çıkış olacak şekilde kullanıma hazır hale getirilmelidir.



Şekil 13. Makine kurulumu için optik hizalama çalışmaları

Özetle makine kurulumunda şu adımlar izlenir:

- Kaba şimleme (cm)
- Eksenlerine getirme X-Y
- Hassas şimleme (mikron)
- Torklama (cıvata sıkıştırma)
- Grout beton dökümü

Total Station ile verilen doğrultular sayesinde makine eksenlere getirilir. Makinenin eksenler de kalmasını sağlayan 4 köşesinden destek aparatlar monte edilerek makinenin kotuna getirilmesi işlemi yapılmaktadır. Eksene getirilen makine parçası yukarı aşağıya hareket ettirilerek şimleme ile proje kotuna getirilmektedir. Kot ve eksenler kontrol edildikten sonra torklama denilen cıvataların sıkılması işlemleri yapılır. Torklama işlemi makinenin ayarını koruma adına çaprazlama sıkılarak dengeli bir biçimde yapılmalıdır. Torklama sonrası tekrar eksenler ve kotlar kontrol edilmelidir. Tüm bu eksen ve kotlardaki hata toleransı makine projelerinde belirtilmektedir (Tablo 1). Farklı makineler için farklı hata tolerans sınırları olabilmektedir.

Makine bileşeninin projedeki eksenine getirilmesi total station kullanılarak optik hizalama yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Optik hizalama yönteminde, total stationlar eksen üzerine kurulum ve referans noktaları kullanılarak total station aletinin yatay açısı proje eksenine doğrultusunda

sıfırlanmaktadır ve operatör göz ile hedefin eksenden ne kadar uzakta olduğunu belirlemektedir. Çubuk mikrometre aleti, mikrometre çubuğu ucunda bulunan ve 5 santimetre uzayıp kısalabilen parçasındaki sıfır noktasının total station ile izlenmesi ve proje eksenine getirilmesi için yardımcı aparat olarak kullanılmaktadır (Şekil 13).

Kontrollerden uygunluk alan makine bileşeni için, ölçme ekibi ile montajı yaptıran kurum arasında ölçmelerin projeye uygun olarak gerçekleştirildiği konusunda anlaşmaya yönelik protokol imzalanmaktadır. Daha sonra makine ile beton arasında kalan kısma grout beton dökülerek montaj aşaması tamamlanmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, bir fabrika inşaatındaki harita mühendisliği alanında yapılan uygulamalar ile fabrikanın makinelerinin kurulumu sırasındaki endüstriyel ölçmeler konusunda kullanılan teknik ekipman ve ölçme yöntemlerinden bahsedilmiştir.

Endüstriyel ölçmelerdeki yapılabilecek hatalar endüstriyel tesis veya nükleer tesis gibi yapılarda çok ciddi maliyet ve zaman kaybına yol açmaktadır. Montaj ve kurulumların sorunsuz bir şekilde yerine getirilebilmesi için yüksek doğruluk ve hassasiyet gerektiren jeodezik ölçmeler ve ölçme teknikleri uygulanması gerekmektedir.

Endüstriyel alandaki ölçmeler oldukça yüksek doğruluk isteyen çalışma alanlarından birisidir. Bu konuda çalışacak harita mühendisi ya da uzmanları çalışma ile ilgili mekanik ve inşaat projelerinin yetkili makine mühendisi ve inşaat mühendisleri ile sürekli ortak çalışmalı ve bilgi almalıdır. Jeodezik alt yapının geometrik yapısı ve referans noktalarının hangi yerlere tesis edileceği ile ilgili olarak etüt çalışmalarının ayrıntılı yapılması gerekmektedir. Kurulacak mikro ağı geometrik yapısının, projedeki kurulumu yapılacak olan endüstriyel bileşenlerin eksenlerine paralel olarak tasarlanması da iyi sonuçlar verecektir. En önemli hususlardan birisi de kullanılacak ölçme cihazlarının seçimi ve kalibrasyonudur. Endüstriyel Total Station ve hassas nivo gibi cihazlar, mekanik montaj için istenilen ölçme doğruluğuna uygun seçilmelidir.

Endüstriyel ölçmeler, klasik jeodezik ölçmelere göre çok daha fazla koordinat hassasiyeti gerektirdiği için çalışma alanlarında jeodezik altyapı büyük öneme sahiptir. Endüstriyel üretim tesisleri çalışma alanlarında genellikle mikro jeodezik ağı yapısı

kullanılmaktadır. Çalışmada oluşturulan mikro ağın geometrik yapısı makine eksenlerine paralel olarak oluşturulmuştur. Bu nedenle ağın ölçme işlemlerinde açı ölçmeleri en aza indirgenmiş ve uzunluk ölçmeleri ağırlık kazanmıştır. Çalışmanın gerçekleştirildiği fabrikadaki makine eksenleri birbirine dik ve ana eksen 460 metre uzunluğunda doğrusal bir hat oluşturmaktadır. Kullanılan mikro ağın geometrisi kendi arasında dik açı oluşturacak biçimde tasarlandığından dolayı açısal hatalar minimuma indirgenmiş ve makine ekseninin doğrusallığı başarılı bir şekilde aplike edilmiştir. Mikro ağ için uygulanan bu geometrik yöntem ölçme ve aplikasyon işlemleri için başarılı bir sonuç vermiştir. Fabrika inşaatlarının makine montajında genellikle yabancı uzmanlar çalışmakta ya da yabancı uzmanlarla birlikte çalışılmaktadır. Almış oldukları eğitim ile ülkemizde yetişmiş harita mühendisleri milimetre veya daha yüksek doğruluk istenen ölçmeleri rahatlıkla başarabilecek bilgi ve formasyona sahiptirler. Bununla beraber endüstriyel ölçmelerin ulusal düzeyde harita mühendisliğinin çalışma alanlarında yeterince yer almadığı düşünülmektedir. Bu konuyla ilgili olarak başta harita mühendislerine ve üniversitelerdeki harita mühendisliği bölümlerine büyük sorumluluklar düşmektedir.

KAYNAKLAR

- Gülal, E., 2003, **Endüstriyel Tesislerde Jeodezik Ölçmeler Ders Notları**, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı Geomatik Programı.
- Güner, B. Çelik, R. N. ,2005, **Harita ve Gemi İnşaat Sektörünün Ortak Uzayı: Endüstriyel Ölçmeler**, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara.
- Martin, D., 2010, **Instrument Calibration at the ESRF**, FIG Congress 2010 Facing the Challenges – Building the Capacity, Sydney, Australia.
- Mayoud, M., 1990, **Geodetic Metrology of Particle Accelerators and Physics Equipment**, 1st International Workshop on Accelerator Alignment, Stanford, CA,USA, 31 Temmuz-2 Ağustos 1989, ss.128-140.
- Mayoud, M., 2002, **Metrology and Surveying At CERN: Recent News and Facts**, 7st International Workshop on Accelerator Alignment, Japan, ss. 91-95.

Mayoud, M., 2004, **Large Scale Metrology for Research and Industry Application to Particle Accelerators and Recent Developments**. FIG Working Week 2004, Athens, Greece.

Ogundare, J.O. , 2016, **Precision surveying: The principles and Geomatics Practice**, New Jersey: Wiley

Pospíšilová, L.,Pospíšil, J. &Staňková, H., 2012, **Micro-network creation in industrial surveying**, Geodesy and Cartography, 38:2, ss.70-74.

Wilkins, F. J. ,1989, **Integration of a Coordinating System with Conventional Metrology in the Setting Out of Magnetic Lenses of a Nuclear Accelerator**, UNB Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report, No. 146.