

RES'LERDE KULELER VE DEĞİŞİK UYGULAMALAR

Y. Fuat GÜLDOĞAN¹

ÖZET

Modern RES'lerde, boru tipi çelik kuleler daha yaygın olmakla birlikte, tırmanan kalıpla yapılan beton kuleler, prekast beton kuleler, kafes tipi çelik kuleler, hibrid kuleler, halatla yere bağlı direkler ve hatta ahşap kule uygulamaları mevcuttur. Bu sunumda, anılan uygulamalar hakkında kısa kısa bilgiler verilmeye çalışılacaktır.

GİRİŞ

Bir rüzgâr çiftliğinde, RES'ler rüzgâr yönünde rotor çapının 5-9 katı kadar aralıklı olmak üzere arka arkaya, ikinci sırada şaşırtmalı biçimde, 3-5 katı kadar yan yana ve orman, bina vs. gibi en yakın engelden de 5 kat uzağa olmak üzere yerleştirilir. RES yer seçiminde rüzgâr hızı ve kalitesi kadar, rüzgârı etkileyen yakın engeller, elektrik şebekesi bağlantısı, yol ve zemin sınıfı da önemlidir.

Bir RES kulesi çok yüksek yüklerle; çoğu kez yüz tondan daha ağır olan makina dairesinden, kanatlar ve rüzgâr yükünden gelen değişken gerilimlerle karşı karşıyadır. Bu nedenle, tasarım aşamasında sanal üç boyutlu model hazırlanıp sonlu eleman metoduyla analiz yapılır ve mümkün olabilecek her gerilim simüle edilir, böylece bir prototip yapmadan önce hiçbir şey şansa bırakılmaz. Deneyimli RES firmaları, ayrıca mevcut RES'lerden edindikleri verileri de değerlendirerek sürekli geliştirme yaparlar. Öte yandan, kule tasarımında estetik kaygılar da değerlendirilmektedir, yumuşak geçişli konik kule, devasa yapıyı daha hoş göstermekte, kule yüksekliğinin kanat çapı kadar olması da estetik olarak uygun durmaktadır. 80 m'den yüksek kulelerin içinde de genelde bir asansör bulunabilir.

Tipik bir 2-2,5 MW RES'in 80-100 m rotor çapı vardır, yani rotor alanı yaklaşık 5000-7900 m² dir. Kule yüksekliği de, rotor çapı ve uygun rüzgâr yüksekliğine göre seçilir ve 60 -100 m'dir. Yine de, herhangi bir RES için hangi yüksekliğin uygun olduğuna her saha için özel olarak karar verilmelidir. Elbette kararı etkileyen bir önemli faktör de lojistik kaygıdır.

Kule, RES maliyetinin % 15-20'ini oluşturur ve projenin ekonomik yapılabilirlik kararında önemli faktördür. Daha büyük rotor çapı, dolayısıyla, daha yüksek kule daha pahalı olmakla birlikte daha çok gelir getirmektedir. Üretilen enerji rotor çapının karesiyle ve rüzgâr hızının küpüyle orantılı olarak büyümektedir. Daha fazla yükseklikte daha fazla rüzgâr hızının olduğu da bir gerçektir.

TIRMANAN KALIPLA YAPILAN BETON KULELER

Bu tür kuleler, nakliye ve montajı kolaylaştırmak amacıyla doğrudan RES'in kurulacağı yerde yapılmaktadır. Ancak kule üretiminin tüm unsurlarının yüksekte çalışılarak yapılması, özellikle uygun iklim koşulları yokken çalışma zorluğu olması, değişen çap ve koniklikte kalıp kurulması, demir donatının yüksekte hazırlanması, iklim koşullarına ve tekniğine uygun olarak sürekli beton dökülmesi ve lojistiği gibi nedenlerle uygulaması oldukça azdır.

¹ Ateş Çelik A.Ş.

PREKAST BETON KULELER

Bu kule tipinde, kule parçaları nakledilmeye uygun boyutlarda prekast olarak üretilir, sahaya kolay nakledilir, sahada üst üste konur ve beton duvar içine yerleştirilmiş tüpler içinden geçen çelik halatlarla ayrılmaz şekilde bağlanır. Prekast elemanlar öngerilmeli çelik donatılara sahiptir. Beton kuleler çelik kulelere göre 3 kat kadar daha ağır olmalarına karşın, çok parçalı olarak sahaya taşınıp, önce ön montaj, sonra dikine monte edilerek, daha fazla yüksekliğe erişim sağlarlar. Bunun yanı sıra, ağırlığın fazla olması da stabiliteyi artırarak temel maliyetini düşürür. Kule yüksekliğinin 100 metreden fazla olması durumunda, boru tipi çelik kulelere karşı değerlendirme konusu edilmektedir, yine de, çelik kulelerin tamamen fabrikasyon ortamda kontrollü olarak üretilmesine karşın, prekast beton kulelerin sahada çok parçalı birleştirilmesinin kontrol zorluğu dezavantaj olarak hissedilmektedir.

KAFES TİPİ ÇELİK KULELER

Kafes tipi kulelerin en önemli avantajı, boru tipi çelik kulelerin neredeyse yarısı kadar daha az malzeme kullanılması, montaj sahasına özel yol yapımı ve taşıma aracı kullanılmaksızın daha kolay nakledilmesi ve rüzgâr direncinin daha az olmasıdır. Bunun yanı sıra, tabanda daha geniş alana bastıkları için daha küçük hacimli temel yapılarına sahiptir. Elbette, çok parçalı olması nedeniyle montaj süresi daha uzun olup, binlerce civata sıkılması ve sonrasında da periyodik olarak kontrol edilmesi gerekmektedir. En önemli dezavantajı ise, estetik olmamasıdır, bu nedenle giderek daha az kullanılmaktadır. Makina dairesine bakım için çıkılması söz konusu olduğunda ise boru tipi kuleler kadar güvenli de değildir, ancak yine de, kule yüksekliği 100 m'nin üzerine çıktığında maliyet açısından uygun bir çözüm olarak düşünülmektedir. Bu tip kuleler, Hindistan'da yaygın olarak kullanılmakta, ABD'nin batısında ve Almanya'da da görülmektedir. Bu kulelerin üretiminde, genelde standart sıcak çekme hadde profiller kullanılmaktadır, ancak saçtan yapılmış hegzagonal kesitli profilden çözülmüş daha gelişmiş örnekleri de pazara sunulmuştur.

HALATLA YERE BAĞLI KULELER

Küçük kapasiteli RES'ler için çok yaygındır, küçük çaplı direklerin çelik halatlarla yere bağlanmasıyla oluşturulur. Çok hafif yapıdadır, öte yandan, önemli bir dezavantaj olarak, halatların yere bağlantısı nedeniyle kule etrafında bir alan işgal edilmektedir. Bazı modellerinde, kule direği tabanda menteşeli olup, kule yerde monte edilerek vinç kullanılmadan dikilebilmekte, yine aynı şekilde, yere devrilerle türbin bakımı yapılabilmektedir.

HİBRİD KULELER

Yukarıda söz edilen kulelerden parçalar içerir, örneğin, halatla yere bağlı direklerden 3 tanesinin, tripod gibi oluşturulmasıyla hibrid bir kule yapılabilir ya da, alt kısmı prekast betonarme, üst kısmı çelik kule kombinasyonları mevcuttur, bu durumda, prekast beton kule uygulamasındaki yüksekte çalışma dezavantajı ile çelik kulelerin alt parçalarının ağırlıklarının nakliyyede yarattığı dezavantaj ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. Hibrid kulelerin birçok örneğinin yanı sıra, takviyeli fiberglass kompozit kule konstrüksiyonu üzerinde bile deneysel çalışmalar yapılmaktadır.

AHŞAP KULE

Pratikte kullanıldığı neredeyse hiç görülmemekle birlikte, orman kaynaklarının yoğun olduğu kuzey Avrupa'da, tüm parçalarının 40 konteynerle taşınabildiği ahşaptan yapılan kule tasarlanmış ve test edilerek sertifikalandırılmıştır. Giderek büyüyen RES kapasiteleri ile muhtemelen bir fantezi olarak kalacaktır.

BORU TİPİ ÇELİK KULELER

Modern RES'lerin çoğunda boru tipi çelik kuleler kullanılmaktadır. Boru tipi çelik kuleler, RES kapasitesine bağlı olarak, 250 tona dek varan ağırlıkta genelde 3-5 parçadan oluşur ve parçaların her iki ucundaki flanşlarla birbirine sahada civatalarla bağlanır. Flanşlar "I" kesitli tasarlanarak kaynak dikişi gerilim bölgesinden uzaklaştırılmıştır. Kuleler genelde s355j2+n kalitede ve 3 metre eninde çelik plakalardan mamul boru biçiminde olup, 75-100 m yüksekliğindedir. Genelde alt parçalar silindirik yapıda olup, üst parçalar 3 derece konikliğe sahiptir. Kule parçalarının her biri ise 10-36 m arası boydadır, boru çapı en altta 4600 mm, üstte 2300 mm, saç kalınlıkları 12-60 mm arasında olabilmektedir. Deniz üzeri monte edilen kulelerde, saç kalınlığı 125 mm ye, boru çapı altta 8000 mm, üstte 3000 mm'ye, yükseklik 120 m ye ve kule ağırlığı 600 tona varmaktadır.

Boru tipi çelik kulelerde çok yüksek kalite beklentisi mevcuttur, ham malzeme ve sarf malzeme kabulü, izlenebilirlik, en üst düzeyde nitelikli kaynaklı üretim, ultrasonik tahribatsız muayene, geometrik toleransların sağlanması ve lazer ölçüm cihazlarıyla ölçülüp raporlanması, yüksek düzey korozyon sınıfında boya kalitesi gerekmektedir. Bu nedenle, çelik kule üretim tesisinin bu özellikleri sağlayacak donanımda olmasının yanı sıra, ürünün boyutları nedeniyle lojistik olanaklara da sahip büyüklükte olması gerekmektedir.

KULE TEMELLERİ

Kule temelleri genelde karada donatılı beton, denizde fabrikasyon monopile biçimindedir.

Temel, RES'i yere bağlayarak stabilitesini sağlayan elemandır, zeminin yapısına bağlı olarak kazıklı temel olabileceği gibi derin olmayan temel yapıları mevcuttur. Temeller, her yönden gelebilecek rüzgar yükünü alabilmek üzere genelde yuvarlak yapıda tasarlanmaktadır. Böylesi yuvarlak yapı da genelde daha az beton, donatı ve kalıp kullanımı sağlamaktadır.

Plaka tipi derin olmayan temeller, en yaygın kullanılan temel yapısı olup, geniş bir donatılı beton, RES için zemin altında pabuç oluşturur.

Kazıklı temellerde, temel plakası kazıklarla zemine bağlanmıştır, yumuşak zeminlerde gereklidir.

Deniz temelleri için hala geniş çalışmalar yürütülmektedir:

Ağırlık tipi temel, genelde deniz tabanına yerleştirilen ve ayrıca tabana bağlantı yapılması gerekmeyecek büyüklükte dev beton ağırlıklardır.

Tripod tipi temel, 10-20 metre derinlikteki denizlerde tabana yerleştirilen bir üç ayaklı ve kulenin altındaki tripod ayakları yükü yaymak üzere birbirine bir çelik konstrüksiyonla bağlıdır.

Silindir tipi temel altı açık bir silindirden oluşur. Silindirin açık tarafı deniz tabanına oturtulur ve içindeki su dışarı pompalanır, temel içinde oluşan negatif basınç temeli deniz tabanına presler. Silindirin içinde alt tarafta bulunan malzeme temeli deniz tabanında sabitler.

Monopile: yaklaşık 4 m çapında tek bir çelik borudur ve deniz tabanında 10-20 m derine çakılır.

SONUÇ

Yukarıda verilen tüm örneklere karşın RES kulesi denilince akla boru tipi çelik kuleler gelmektedir. Deniz yoluyla nakliyenin yarattığı lojistik avantaj olsa da lojistik nedenlerle de bölgesel üretim en uygun çözüm olarak durmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Danish Wind Industry Association Web-Site
- [2] Wind Energy Facts – Hans Van Steen & Arthouros Zervos
- [3] International Wind Energy Development-Supply Chain- BTM Consult Aps