

ENERJİ GEOTEKNIĞİNİN ESASLARI VE TERMOAKTİF KAZIK TASARIMI

FUNDAMENTALS OF ENERGY GEOTECHNICS AND DESIGN OF THERMOACTIVE PILES

Özer ÇİNİCİOĞLU¹

ÖZET

Dünya genelinde enerji tüketiminin önemli bir kısmı, yapıların ısıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyaçlarını karşılamak için harcanmaktadır. Enerji temininde yaşanan zorluklar ve çevresel kaygılar, ülkeleri daha verimli ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Bu bağlamda, yeni binaların karbon salınımını minimize eden ve yüksek enerji verimliliği sağlayan şekilde inşa edilmesi, mevcut yapı stoğunun ise bu kriterlere uygun olarak dönüştürülmesi zorunlu hale gelmiştir. Bu ihtiyacı karşılamak amacıyla enerji geoyapıları giderek artan bir ilgiyle gündeme gelmektedir.

Enerji geoyapıları, zeminle temas eden temeller, iksalar ve tüneller gibi yapı elemanlarının, sığ jeotermal enerji kaynaklarından faydalanacak şekilde tasarlandığı yapılardır. Böylece, yapıların bulunduğu bölgedeki doğal enerji, çevreye zarar vermeyen ve sürdürülebilir bir biçimde, yapıların ısıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyaçlarını karşılamak üzere kullanılmaktadır. Diğer tüm enerji geotekniği konularında olduğu gibi, enerji geoyapılarının tasarımı da çoklu fiziksel süreçlerin dikkate alınmasını gerektirir. Bu yapılar, zeminle etkileşim içinde sıcaklık değişimlerine sebep olarak zeminin mekanik özelliklerini değiştirir ve kendi bünyelerinde termal gerilmelere yol açar.

Bu konuşmada, enerji geoyapılarının tasarımında dikkate alınması gereken temel kavramlar ve mekanizmalar ele alınacak; tasarım sürecinde izlenmesi gereken yaklaşımlar açıklanacak ve termal gerilmelerin dağılımı ile bu gerilmelerin yapı üzerindeki etkileri tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: enerji geoyapıları, termal gerilmeler, yenilenebilir enerji, sürdürülebilirlik, enerji kazıkları,

ABSTRACT

A significant portion of global energy consumption is spent on meeting the heating, cooling, and hot water needs of buildings. Challenges in energy supply and environmental concerns

¹ Profesör, Boğaziçi Üniversitesi, ozer.cinicioglu@bogazici.edu.tr

have led countries to seek more efficient and sustainable energy sources. In this context, it has become essential to construct new buildings in a way that minimizes carbon emissions and maximizes energy efficiency, while also retrofitting the existing building stock to meet these criteria. To address this need, energy geostructures are gaining increasing attention.

Energy geostructures refer to foundations, retaining walls, and tunnels that are in contact with the ground and designed to harness shallow geothermal energy. This enables the local natural energy at the building site to be utilized in a sustainable and environmentally friendly manner to meet the heating, cooling, and hot water demands of the structure. As with other energy geotechnical topics, the design of energy geostructures requires a multidisciplinary approach that accounts for multiple physical processes. These structures, through their interaction with the ground, induce temperature changes that alter the mechanical properties of the soil and generate thermal stresses within the structures themselves.

In this presentation, the fundamental concepts and mechanisms necessary for the design of energy geostructures will be discussed. The design approaches that should be followed will be outlined, and the distribution of thermal stresses and their effects on the structures will be examined.

Keywords: energy geostructures, thermal stresses, renewable energy, sustainability, energy piles

1. ENERJİ TÜKETİMİ VE KARBON SALINIMI BAĞLAMINDA YAPILARIN ROLÜ

Dünya genelinde enerji tüketiminin yaklaşık dörtte biri inşaat sektörü kaynaklıdır ve bu enerji kullanımının beşte biri imalat aşamasında harcanırken, geri kalanı binaların ısıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyaçlarını karşılamada kullanılmaktadır. Bu durum, küresel olarak düşük karbon salımlı yapılara geçiş ihtiyacını ortaya çıkarmış ve bu yönde çeşitli düzenlemelere yol açmıştır. Bu bağlamda, 2030 yılına kadar tüm yeni binaların, 2050 yılı itibarıyla ise mevcut yapı stoğunun sıfır karbon emisyonu hedeflerini karşılaması zorunlu hale gelecektir. Düşük karbon salımlı yapılar, entegre pasif tasarım stratejilerini kullanarak gün ışığından faydalanan, doğal yollarla havalandırılan ve güneş enerjisi ile aydınlatılan yapılardır. Bu yapılar, yüksek verimlilikteki yalıtım sistemleri ve iklimlendirme teknolojilerini kullanarak enerji verimliliğini artırır. Aynı zamanda sahada mevcut yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanan teknolojilerle donatılmıştır. Bu teknolojiler arasında rüzgar türbinleri, güneş panelleri ve enerji geoyapıları bulunmaktadır.

2. ENERJİ GEOYAPILARI VE SIĞ JEOTERMAL ENERJİ

Yapıların zeminle temas eden elemanları (kazıklar, baretler, duvarlar, tüneller, radyeler, istasyonlar, kaldırımlar, otoyollar, vb.), zeminle ısı alışverişini yapabilen sistemlerle entegre edildiğinde enerji geoyapıları olarak tanımlanır. Enerji geoyapıları, zemin sıcaklığını (jeotermal enerji) üst yapıya aktararak ısıtma sağlarken, üst yapıdaki fazla ısıyı zemine geri ileterek soğutma işlevi görür. Ayrıca zemin içerisinde enerji depolama işlevi de görebilirler. Jeotermal enerji, dünyanın oluşum sürecinden kalan ve radyoaktif malzemelerin bozunmasıyla sürekli olarak beslenen, güneş enerjisinin de yüzeysel olarak ek katkı sağladığı bir enerji kaynağıdır. Jeotermal enerji, sera gazı emisyonuna neden olmayan, en bol ve

sürekli bulunabilen ikinci enerji kaynağıdır. Güneş ve rüzgar enerjisi gibi diğer yenilenebilir kaynakların aksine, jeotermal enerji kesintisizdir. Enerji geoyapıları, sıg jeotermal enerjiyi kullanır ve kapalı devre sistemler olmaları nedeniyle çevreye hiçbir zarar vermez. Bu özellikleriyle, enerji geoyapıları, sürdürülebilir enerji kullanımını sağlarken özel izin gerektirmeden yapı stabilitesine katkıda bulunur.

3. ENERJİ GEOYAPILARININ TASARIMI VE İZOTERMAL OLMAYAN SÜREÇLER

Enerji geoyapıları, zeminle ısı alışverişi yaptıkları için tasarımları izotermal olmayan süreçleri dikkate almayı gerektirir. İzotermal koşullarda yapısal elemanların tasarımı termoelastik prensiplere dayalıyken, zeminlerin tasarımında iki farklı yaklaşım benimsenebilir:

Termoelastik + plastik davranış kabulü

Termoelastik + termoplastik davranış kabulü

Zemindeki ısı değişimleri özellikle kil zeminler üzerinde etkilidir; bu tür zeminler hacimsel değişiklikler ve ön konsolidasyon basıncının değişimi gibi etkilere maruz kalabilir. Kumlu zeminler ise izotermal olmayan şartlarda bu tür değişimlere daha az duyarlıdır. Ayrıca, doygun olmayan zeminlerde, su buharı transferine bağlı olarak ısı iletkenlik zamanla değişebilir. Isıl değişimler, boşluk suyunun yoğunluğu ve viskozitesini etkileyerek hidrolik geçirimsizliği değiştirebilir. Bu nedenle, mekanik, termal ve hidrolik davranışlar birbirleriyle etkileşim içindedir ve enerji geoyapılarının tasarımında bu çoklu fizik etkileşimleri dikkate alınarak yöntemler geliştirilir.

4. TERMAL GERİLMELER VE TASARIM SÜRECİ

Enerji geoyapıları, hizmet ömürleri boyunca çeşitli ısı değişimlerine maruz kalır ve bu değişimler malzemelerde termoelastik deformasyonlara yol açar. Ancak yapısal elemanların farklı serbestlik derecelerine sahip olması nedeniyle, bazı termal deformasyonların oluşması engellenir ve bu bloke deformasyonlar yapısal elemanlarda termal gerilmeler olarak ortaya çıkar. Dolayısıyla tasarım sürecinde, mekanik gerilmelerin yanı sıra termal gerilmelerin de göz önüne alınması gerekmektedir. Bu gerilmelerin yapısal elemanlarda nasıl dağıldığı, zaman ve pozisyona bağlı olarak üç boyutlu analizlerle incelenmelidir.

5. SONUÇ

Zeminle temas eden tüm yapı elemanları, enerji geoyapıları olarak kullanılabilir. Bu yapılar, ısıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyaçlarının önemli bir kısmını, enerji geoyapıları aracılığıyla karşılayabilir. İnşa edilmeleri herhangi bir özel izne tabi olmayan enerji geoyapıları, inşaat sahasında sürekli olarak mevcut olan yenilenebilir enerjiyi çevre dostu ve sürdürülebilir bir şekilde sağlayan bir teknolojidir. Bu özellikleriyle, ülkemizin enerjide dışa bağımlılığının azaltılmasında, enerji güvenliğinin sağlanmasında ve karbon emisyonlarının düşürülmesinde önemli katkılar sağlayacaktır.