

## Derin Kazı Uygulamalarında Yapı Bilgi Modelleme (YBM)

### Building Information Modeling (BIM) in Deep Excavation Applications

Halit ASLAN<sup>1</sup>, Muhammet ÇINAR<sup>2</sup>

#### ÖZET

Büyük şehirlerdeki artan kentleşme, insanların ihtiyaçlarını karşılayabilecek yüksek binaların yanı sıra yol, su, elektrik gibi altyapı ihtiyaçlarını da artırmıştır. Bu ihtiyacın artması nedeniyle özellikle şehir merkezlerinde zeminlerin taşıma kapasitesinden fazla yüklenmesi, deplasman koşullarının aşılması ve riskli bölgelerin ortaya çıkması kaçınılmaz bir durum haline gelmiştir. Bu durum, altyapı ve üstyapıların tüm yaşam döngüsü boyunca (tasarımdan yıkıma kadar) 3 boyutlu olarak tek bir modelde ele alınmasını mümkün kılan Yapı Bilgi Modelleme (YBM) gibi teknolojik gelişmeleri ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmanın amacı, gelişen teknolojik yeniliklere cevap verebilecek geoteknik yapıların (dayanma yapıları, iksa sistemi vb.) YBM ile IFC (Industry Foundation Classes) tabanlı olarak modellenebileceğini göstermektir. Geoteknik yapılar ve diğer yapılar hakkındaki bilgilerin IFC tabanlı programlarla modellenmesi, üç boyutlu olarak daha yararlı ve etkili bir tasarım sağladığını göstermeyi amaçlamaktadır. Böylece oluşabilecek çakışma kontrolü, komşu yapılar arasındaki etkileşimi vb. gibi konuların ön proje aşamasındayken fark edilmesini sağlayacaktır. Ayrıca, yönetmelikte belirtilen şartların kontrolü rahatlıkla sağlanacaktır. Gelecekte ihtiyaç duyulması halinde, tüm yapı elemanları için bakım için BIM tabanlı IFC dosyası hazır olacaktır. Bu dosya, geoteknik yapılar, üstyapılar ve diğer altyapılar için kullanılabilir. Böylece farklı disiplinleri de içine alacak şekilde birlikte çalışabilirlik sağlayan sistemlerin gelişmesi sağlanacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** IFC, Yapı Bilgi Modelleme, Geoteknik Yapılar, Derin Kazı

#### ABSTRACT

Increasing urbanization in big cities has increased infrastructure needs, such as roads, water, and electricity, as well as high-rise buildings that can meet people's needs. Due to the increase in this need, it has become an inevitable situation, especially in city centers, that the soils are loaded beyond their carrying capacity, displacement conditions are exceeded, and risky areas emerge. This situation has led to technological developments such as Building Information Modeling (BIM), which enables infrastructure and superstructures to be handled in a single 3-dimensional model throughout their entire lifecycle. The aim of this study is to show that geotechnical structures (support structures, shoring system, etc.) that can respond to developing technological innovations can be modeled with BIM based on IFC (Industry Foundation Classes). This will enable issues such as conflict control, interaction between neighboring structures, etc., to be noticed at the preliminary project stage. In addition, the conditions specified in the regulation will be easily controlled. If needed in the future, a BIM-based IFC file will be available for all building elements. This file can be used for geotechnical structures, superstructures, and other infrastructures. Thus, the development of systems that provide interoperability, including different disciplines, will be ensured.

**Keywords:** IFC, Building Information Modeling, Geotechnical Structures, Deep Excavation

<sup>1</sup> Yüksek Lisans Öğrencisi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, hltaslan1283@gmail.com

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, muhammetcinar@ksu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Hızlı kentleşme ile özellikle büyük şehirlerde daha yüksek yapılara ve daha çok barınma alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyacın artması nedeniyle özellikle şehir merkezlerinde taşıma kapasitesi düşük, sivilaşma riski yüksek ve riskli bölgelerin kullanımı artmaya başlamıştır. Bundan dolayı, zemin özelliklerini geliştirmek amacıyla zemin iyileştirmeye ve iksa yapılarına daha çok ihtiyaç duyulmaktadır. Teknolojinin gelişmesi ve kentleşmenin artması, bizi daha karmaşık sistemlerle karşı karşıya getirmektedir. Bu durum, altyapı, üstyapı, kazı destekleme yapıları ve zemin iyileştirme uygulamalarına olan ihtiyacı artırarak, hepsinin aynı anda 3 boyutlu bir şekilde modellenmesini mümkün kılan Yapı Bilgi Modelleme (YBM) ve beraberinde gelişen IFC gibi teknolojik gelişmeleri ortaya çıkarmıştır.

Kentsel alanlarda altyapılar önemli bir unsurdur. Bununla birlikte altyapılar hakkında bir çok belirsizlik bulunmaktadır(Christian 2004; Phoon and Tang 2019; Phoon et al. 2022). Bu belirsizliklere zemin etüdü kayıtlarında yer almayan tarihi ve güncel gömülü yapılar (borular, kablolar vb.) örnek verilebilir(Tawelian and Mickovski 2016). Bu nedenle altyapıların projelendirilmesinden önce iyi bir saha araştırması yapılması gerekmektedir. Ancak her ne kadar iyi bir saha araştırması yapılsa bile belirsizliklerin her zaman var olacaktır.(Oguz and Huvaj 2017) Bu bakımdan YBM iyi bir saha araştırması risk ve maliyetleri azaltmak için geoteknik uygulamalarda kullanıla bilir(Berdiglyjov and Popa 2019).

Bu çalışma geoteknik yapılar ve diğer yapılar hakkındaki bilgilerin IFC(Industri Foundation Classes) tabanlı programlarla modellenmesi sonucu 3D olarak daha yararlı ve etkili bir tasarım sağladığını göstermeyi amaçlamaktadır. Böylece oluşabilecek çakışma kontrolü, komşu yapılar arasındaki etkileşim vb gibi konuların proje aşamasındayken fark edilmesini sağlayacaktır. Ayrıca, yönetmelikte belirtilen şartların kontrolü sağlanacak ve gelecekte ihtiyaç duyulması halinde, YBM tabanlı IFC dosyası tüm yapı elemanları için (geoteknik yapılar, üstyapılar ve diğer altyapılar) bakım için hazır olacaktır. Ayrıca, riskler en aza indirilecek ve gömülü altyapılar da dahil olmak üzere geoteknik yapıların sürdürülebilirliğini ve kullanılabilirliğini artıracaktır. Bu hedeflere YBM teknolojisinin IFC sayesinde geoteknik yapılar üzerinde uygulanabileceği gösterilmiştir. Bu çalışma, YBM'yi ve son yıllarda belirgin bir gelişme kaydeden IFC ile geoteknik yapıların 3D modelleme stratejisini kısaca açıklamaktadır. Elde edilen veriler ve zemin koşullarına dayalı olarak, geoteknik projenin de dahil olduğu bir YBM'nin IFC tabanlı temeli oluşturulmayı amaçlamaktadır. Elde edilen model daha kapsamlı projeler için risk değerlendirmeleri veya benzeri analiz yöntemleri ile birleştirilebilir. Bu çalışmada sunulan fikirler daha sonraki projelere yardımcı olması için kullanılabilir.

## 2. YAPI BİLGİ MODELLEME

YBM kavramı, yalnızca 3D bir geometriyi değil, aynı zamanda tasarımdan kullanıma ve yapı sökümüne kadar tüm yapının yaşam döngüsü için diğer faydalı bilgileri içeren parametrik unsurların kullanımına dayanan bir metodoloji ve çerçevedir (Gondar et al. 2019). Parametrik ifadesi, birbirlerine bağlı özelliklere sahip elemanları ifade etmektedir. YBM' nin sağladığı bir büyük avantajda veri tabanı oluşturmayı teşvik etmesidir. Bu sayede tüm öğeler ve nesnelere, IFC gibi teknolojiler aracılığıyla modelde saklanarak herhangi bir zamanda görüntülenebilir. Örneğin kablolar ve borular gibi mevcut gömülü altyapının bakımı ve onarımı sırasında altyapının nereden geçtiği bilgisine sahip olunabilmekte ve böylece olası bir tadilat kazasının önüne geçilebilmektedir.

## 3. ENDÜSTRİ TEMEL SINIFLARI

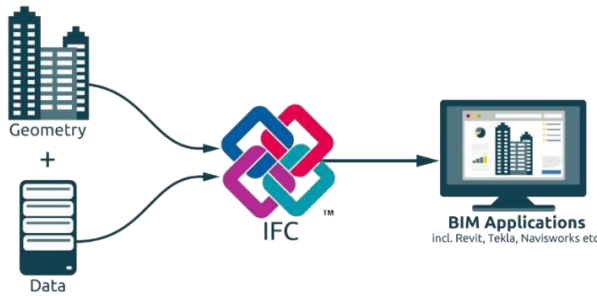
Industry Foundation Classes (IFC), BuildingSMART tarafından geliştirilmiş uluslararası bir standarttır. Bu standart, mimarlık, mühendislik ve inşaat endüstrisinde kullanılan farklı bilgisayar programları arasında veri alışverişinin sağlanması için oluşturulmuştur. BuildingSMART, eski adıyla International Alliance for Interoperability (IAI), inşaat endüstrisinde kullanılan yazılım uygulamaları arasındaki bilgi alışverişini geliştirmeyi amaçlayan uluslararası bir kuruluştur. Industry Foundation Classes(IFC) tek bir satıcı veya satıcı grubu tarafından kontrol edilmeyen, platformdan bağımsız, herkes tarafından kullanılabilen ve uygulanabilen açık dosya formatı olarak tanımlanmış ve birçok program tarafından desteklenmektedir. IFC diğer değişim standartlarının aksine modellerle ilgili geometrik ve alfasayısal bilgiler içeren bir standart olup IFC' nin genel yapısı Şekil 1' de gösterilmektedir. IFC sayesinde oluşturulan projeler üzerinden çakışma kontrolleri, üretim sırası vb gibi işlevler kolaylıkla tek bir proje üzerinden yapılabilmektedir.

#### 4. DERİN KAZI UYGULAMASI

Yeni inşaatlar için derin kazıların mevcut gömülü altyapıya (borular ve kablolar vb.), yol altyapısına ve çevredeki yapıların temellerine zarar verme riskinin en aza indirilmesi gerekir. Bu bölüm, altyapı için dinamik YBM kavramını 6m kazı derinliğine sahip bir ankrajlı derin kazı sistemi için nasıl uygulanabileceğini incelemektedir.

Önerilen ankrajlı derin kazı inşaatı göz önüne alındığında, model şunları sağlar:

Ankrajlı derin kazı inşaatının mevcut altyapıya (temeller, borular, kablolar vb.) zarar vermesini en aza indirmek için gereken sınır koşullarının dikkate alınması. Şekil 2'de YBM ortamında (BlenderBIM) iki kısımdan oluşan ankrajlı derin kazı uygulaması için karar verilen yer gösterilmektedir. Bu bilgiler BlenderBIM ortamında herhangi bir açıdan ve mesafeden görüntülenebilir. Böylece model içindeki daha detaylı görülmesi gereken yerler görülebilir.



Şekil 1. IFC ile veri akışı(Canpolat 2021)



Şekil 2. Zemin ankraj uygulamasının BlenderBIM Programı ile gösterilmesi

Önerilen kazı sahasına derin kazı uygulandıktan sonraki son durumunun ve bölgedeki zemin koşullarının anlaşılması. Model ayrıca bilgilerin herhangi bir nedenle güncellenmesi için kullanılabilir ve 3D projelerde kullanılmak üzere saklanabilir.

Model mevcut alandaki yapıları diğer çalışmalara ait modellere IFC sayesinde aktararak, bunlar arasındaki etkileşimler daha detaylı olarak dikkate alınabilir. Örneğin, sınır koşullarının aşılarak bitişik bir yapı yapılması söz konusu olduğunda, bunların birbirlerine olan etkileri daha detaylı analiz edilerek yeni çözümler üretilebilir. Bu tür analizlerin sonuçları YBM ortamında IFC sayesinde saklanabilir ve sunulabilir.

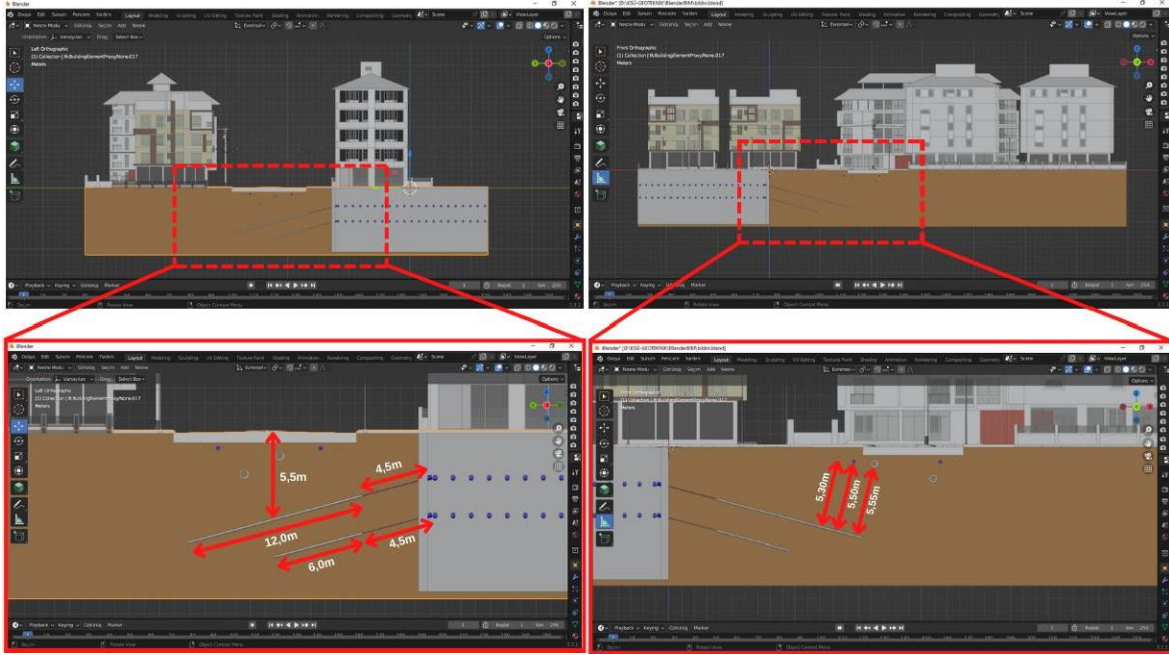
Geometri, malzeme ve diğer özellikleri de içerecek şekilde altyapı ve üstyapılar için bir bilgi havuzunun oluşturulması. Bu havuz, projede yer alan mühendisler ve diğer profesyoneller tarafından, örneğin IFC sayesinde paylaşılabilir ve incelenebilir. Bu bilgi, bölgesel planlama ve gelecekteki uzun vadeli kentsel tasarımlar için faydalı olacaktır.

Tasarım YBM'yi destekleyen GEO5 programında yer alan perde tasarım ve perde kontrolü uygulaması ile iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

Ankrajlar uygulama derinliği, açısı, serbest boyu, kök boyu ve yatay aralık parametreleri ile tanımlanmıştır. Ankraj kök kısmının orta noktasının derinliği minimum 4,5m, açısı genellikle yatayla 15 ila 30 derece arasında, serbest boyu minimum 4,5m, kök boyu kritik göçme yüzeyinin arkasında ve yatay aralığı ise minimum 1,2m olmalıdır (Sabatini et al. 1999). Bu parametreler, tasarım değerlerinin (sürşarj yükü, kazı derinliği) birbirine yakın olduğu göz önünde bulundurularak, uygulama açısından daha pratik olması için ankraj sisteminin her iki kısmı (Şekil 2) için de aynı seçilmiştir. 8 m kazı derinliğindeki ankrajlı duvarlar için 2 adet zemin ankraji belirlenmiş ve uygulama derinlikleri 3,5m ve 5,5m olarak seçilmiştir. Ankraj açıları, tüm ankrajlar için 15° olarak kabul edilmiştir. Ankraj serbest boyları tüm ankrajlar için 4,5m olarak belirlenmiştir. Ankraj kök boyları 3m derinliğindeki zemin ankraji için 12m, 4,5m derinliğindeki zemin ankraji için 6m olarak hesaplanmıştır. Ankrajlar arası yatay mesafe 1,2m olarak seçilmiştir. Belirlenen bu parametreler BlenderBIM ortamında Şekil 3'teki gibi gösterilmiştir.

Ankrajlı derin kazı işlemi yapılırken uygulanan zemin ankrajının kök bölgesi civarındaki zeminde Şekil

değişiklikler oluşur. YBM ile bir sayısal analiz programı arasındaki bilgi etkileşimini göstermek için GEO5 programı ile ankrajlı bir derin kazı analizi yapılan yapıya ait bilgiler belirlenmiştir. Bu belirleme işleminin önemi hakkında çeşitli araştırmalar yapılmıştır (Ren et al. 2018). GEO5 programı ile 1. kısım Ankrajlı derin kazıya ait belirlenen bilgiler IFC aracılığıyla BlenderBIM ortamında gömülü altyapı ile birleştirilerek çakışma analizleri yapılmıştır. 1. Kısım ankrajlı iksa sistemi ile gömülü altyapının herhangi bir çakışma durumu söz konusu olmamıştır. Bununla birlikte, zemin ankrajlarının kök kısmının güvenle çalışabilmesini sağlamak ve komşu temel veya yeraltı yapısı üzerindeki etkisini minimize etmek için aralarında belirli bir mesafe bırakılması gerekir. Bu değer, zemin ankrajlarının kök kısmı ile gömülü altyapı arasında minimum 3m, yüzeysel temelle ise daha önceki yapılan çalışmalarda dikkate alınarak aralarında minimum 5m mesafe bırakılması gerektiğini belirtmektedir (Demirkoç 2007; Aliciuc and Musat 2013). Şekil 4'te 2. kısım ankrajlı derin kazı sistemine ait ankraj kök bölgesi ile gömülü altyapı arasındaki sınırlar gösterilmiştir.



Şekil 3. BlenderBIM ortamında belirlenen zemin ankrajı parametreleri.

Şekil 4. 2. kısım Ankrajlı derin kazı sistemi ile komşu temelin çakışma analizinin BlenderBIM ortamında 2D gösterimi

Projenin inşaatı ile birlikte ankraj sistemi ile gömülü altyapı arasındaki sınır koşullarının dikkate alınmasına rağmen zeminde yer değişiklikleri meydana gelecektir. Bu yer değişiklikleri, gömülü altyapıda birbirlerine göre yatay hareketlere sebep olacaktır. Böylece altyapıda (kanalizasyon, içme suyu) yüksek eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri meydana gelir. Bunların hesaplanması zordur. Bu nedenle temel yatak malzemesinin uygun şekilde seçilmesi ve sıkıştırılması gerekmektedir (Moser and Folkman 2008).

1. kısım ankrajlı iksa sistemi (15 kN/m<sup>2</sup> sürşarj yükü ile yüklü) için yer değiştirme 2,1mm, 2. kısım ankrajlı iksa sistemi (18kN/m<sup>2</sup> sürşarj yükü ile yüklü) için ise 1,8mm olarak hesaplanmıştır. Kumlarda ve sert killerde inşa edilen ankrajlı duvarlar için yanal duvar hareketi ortalama olarak yaklaşık %0,2H ve maksimum için yaklaşık %0,5H olmalıdır. Burada H duvar yüksekliğidir (Sabatini et al. 1999). Ankrajlı iksa sistemi için duvar gömülme derinliği 1. Kısım ve 2. kısım için 2,01m olarak bulunmuş ve pratik olarak 2,5m olarak hesaplanmıştır. Buradan 8m derin kazı için toplam duvar yüksekliği 10,5m olarak bulunur ve ortalama yanal duvar hareketi 21mm, maksimum yanal duvar hareketi 52,5mm olarak hesaplanır. Bu değerler her iki kısım içinde karşılaştırıldığında kabul edilebilir sınırlar içerisinde kaldığı görülür.

İlgili yazılım programları arasındaki veri alışverişi IFC ile sağlanmıştır. Modele ait bilgilerin veri alışverişi sırasında kaybolmaması için bilgilerin (geometrik ve alfasayısal) ilgili IFC sınıflarına atanması gerekmektedir. Bu atama Sketchup yazılımında ilgili elemanların ait oldukları kendi sınıflarına karşılık gelecek şekilde belirlenmiştir. Buna karşılık, GEO5 yazılımında ise elemanlar belli bir IFC sınıfına sahip olmayan elemanlar için

olan ifcproxy sınıfına otomatik olarak atanmıştır. Bu atama işleminde gerekli IFC sınıflarının bulunmaması veya IFC sınıflarında yeterli özellik setlerinin olmaması durumunda EXPRESS veri modelleme dili sayesinde bölüm 5'te açıklandığı şekilde gerekli sınıflar ve özellik setleri eklenebilir.

İncelenen örnek YBM'nin veri depolamaktan daha fazlasını yapabileceğini göstermektedir. Buna planlama ve tasarım amaçlı verilerin görselleştirilmesi ve yeni bir yapı yapılması veya mevcut yapılar için onarım vb. gibi değişiklikler meydana gelmesi durumunda IFC sayesinde bilgilerin modele dahil edilebilmesi örnek verilebilir. Verilerin kolayca erişilebilir bir ortamda bulunması, herhangi bir yeni yapı yapılması veya mevcut yapılarda değişiklik yapılması durumunda karar verme süreçlerinde kolaylık sağlayabilir.

## 5. IFC STANDARDININGENİŞLETİLMESİ

Mevcut IFC şeması, bir binanın yaşam döngüsü boyunca oluşturulan ve değiş tokuş edilen tüm bilgileri kapsamaz. Bu nedenle araştırmacılar, Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat endüstrisi ihtiyaçlarına dayalı olarak IFC formatını genişletip yeni tanımlar geliştirmek için çalışıyorlar. Bu çalışmalara, proje tahmini ve çizelgeleme, inşaat proje yönetimi, yapısal analiz, nD modelleme uygulamaları, maliyet tahmini, yol yapı elemanları ve hasarlı bina bileşenleri için genişletmeler örnek sayılabilir (Froese et al. 1999; Weise et al. 2003).

IFC standardını genişletmek için üç yöntem kullanılabilir: (1) özellik kümelerini veya türlerini kullanmak, (2) proxy öğelerini kullanmak, (3) yeni varlıkları veya türleri tanımlamak. Birinci yöntem, IFC standardında tanımlanan varlıklarda IfcPropertySet sınıfının altına metin biçiminde fazladan bilgi eklemektir (Shalabi and Turkan 2017). Literatürdeki çalışmaların çoğunda bu yöntem kullanılmıştır. Örneğin, Ankraj verileri YBM yaşam döngüsünde IfcAnchor sınıfında bir IfcPropertySet olarak temsil edilir. Bu yöntem, yeni sınıfa benzer bir amaca hizmet eden mevcut bir IFC sınıfı olduğunda tercih edilir. Tüm ilişkiler zaten mevcut sınıf içinde tanımlı olduğundan, tek gereklilik kullanım amacına göre IfcPropertySet sınıfını kullanarak ek metin bilgisi eklemektir. İkinci yöntem, IfcBuildingElementProxy gibi proxy öğelerini kullanarak yeni bir sınıf oluşturmaktır (Motamedi et al. 2016). Proxy öğesi, diğer varlıklar, boşluklar, aktörler ve özellik kümeleriyle ilişkilendirilebilecek yeni varlıkların eklenmesine izin verir. Bu nedenle, mevcut IFC standardı, gerekli unsuru ve ilgili bilgileri temsil etmek için kullanılacak benzer bir amaca hizmet eden bir varlık içermediğinde bu yöntem tercih edilir. Bu yöntem kullanıldığında, yeni sınıfın diğer elemanlarla ve boşluklarla gerekli ilişkilerinin tanımlanması gerekir. İlgili metin verileri yine de IfcPropertySet kullanılarak temsil edilir. İkinci yöntemi uygulamak için, EXPRESS dil biçiminde oluşturulan IFC dosyasının bir metin düzenleyici kullanılarak manuel olarak değiştirilmesi gerekir. Son olarak, üçüncü yöntem yeni varlıklar veya türlerin tanımlanmasıdır; ancak bunlar en az iki yıl sürebilen BuildingSmart tarafından resmi olarak onaylanmalıdır. Bu nedenle, bu üçüncü yöntem, IFC'yi genişletmek için pratik bir yaklaşım değildir.

Sketchup yazılımında elemanlara ait olan sınıflar ilgili elemanlar için kolayca belirlenmiştir (Örneğin IfcWall, IfcColumn vs. gibi). Ancak GEO5 yazılımında elemanlara IFC sınıfları yazılım tarafından otomatik olarak atanmıştır. Buradaki elemanlar GEO5 yazılımında belli bir IFC sınıfına sahip olmayan elemanlar için olan ve yukarıda da açıklanan Ifcproxy sınıfına otomatik atanmıştır. Böyle bir eksiklik söz konusu olup, elemanların diğer elemanlarla olan etkileşimi ve sahip olabileceği özellikler bakımından kendi sınıfında olması daha işlevsel olacaktır. Çünkü Ifcproxy sınıfı belli bir yapıya veya yapı elemanına sahip olmayan yapı elemanları için geliştirilmiştir ve derin kazılar için kullanılan elemanların belli bir yapısını temsil etmemektedir.

## 6. SONUÇLAR

YBM üstyapılar için oldukça gelişmiş teknolojiler içerir. Ancak böyle bir uygulama, altyapılar için oldukça sınırlıdır. Altyapılar, özellikle kentsel alanlarda planlama ve tasarıma yardımcı olacak önemli bir yapıdır. Hem üstyapı hem de altyapılar ile birlikte 3B jeoloji ve zemin koşullarını kapsayan altyapılar için YBM kullanılarak IFC vasıtasıyla uygulama kolaylığı sağlar. Zemin koşullarındaki belirsizlikler nedeniyle altyapı ortamları için YBM oluşturmak zordur. Bu zorluklara bir altyapı inşası söz konusu olduğunda, diğer yapılarla etkileşimlerini dikkate almak için altyapıların doğru konumunun belirlenmesi önemlidir. Böylece altyapılar ile ilgili konular belirlenip zemin koşulları ile birleştirilerek altyapılar için YBM oluşturulabilir. Bu çalışma, geoteknik uygulamalarda (derin kazılar örneğinde) altyapılar ile birlikte YBM'nin uygulanmasını ve özellikle çakışma analizlerini gerçekleştirmek için elde edilen bilgilere nasıl ulaşılacağını ve kullanılacağını göstermektedir. Önerilen model, planlama, inşaat ve gelecekteki farklı yer altı uygulamalarına faydalı olacaktır.

Bu çalışmadan aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

Geoteknik yapılar için YBM'nin güçlü bir araç olarak kullanılabilir olması. Ancak verilerin doğru olması ve belirsizliklerin en aza indirilmesi gerekir.

Uygulanan altyapı ve üstyapı bilgilerini içeren modeller, çakışma analizleri için tek bir 3D modelde (BlenderBIM örneği) IFC sayesinde birleştirilebilir. Böylece etkili sonuçlar alınabilir ve farklı senaryoların proje aşamasında araştırılmasına olanak sağlar.

Altyapılar için YBM inşaat sırasında dinamik olarak kullanılabilir. Örneğin, inşaat sırasında izleme verileri modele dahil edilerek gerçek zamanlı olarak görselleştirilebilir ve tasarım değerleri ile karşılaştırılabilir. Böylece beklenen davranışta sapmalar olduğunda gerekli önlemler alınabilir.

Geometri, malzeme ve diğer özellikleri de içerecek şekilde altyapı ve üstyapı modellerini kapsayan bir YBM bilgi havuzu oluşturularak yönetmelik kontrollerinin daha kolay yapılabilmesine olanak sağlanacak.

## KAYNAKLAR

- Aliciuc C-L, Musat V (2013) Ground Anchors Impact Analysis on Adjacent Buildings. *Bul Institutului Politeh din Iasi Sect Constr Arhit* 59:65–74
- Berdiglyjov M, Popa H (2019) The implementation and role of geotechnical data in BIM process. *E3S Web Conf* 85:1–8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20198508009>
- Canpolat B (2021) IFC. <https://yazilim3d.com.tr/ifc-nedir/>
- Christian JT (2004) Geotechnical Engineering Reliability: How Well Do We Know What We Are Doing? *J Geotech Geoenvironmental Eng* 130:985–1003. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)1090-0241\(2004\)130:10\(985\)](https://doi.org/10.1061/(asce)1090-0241(2004)130:10(985))
- Demirkoç A (2007) Derin Kazılarda Zemin Çivisi ile Ankrajlı Destek Sistemlerinin Karşılaştırmalı Analizi. Yıldız Teknik Üniversitesi
- Froese TM, Materials B, On O (1999) Industry Foundation Class Modeling for Estimating and Durab Build Mater 2825–2835
- Gondar J, Pinto A, Fartaria C (2019) The use of BIM technology in geotechnical engineering. 17th Eur Conf Soil Mech Geotech Eng ECSMGE 2019 - Proc 2019-Sept: <https://doi.org/10.32075/17ECSMGE-2019-0530>
- Moser AP, Folkman S (2008) Buried Pipe Design. Logan, Utah
- Motamedi A, Soltani MM, Setayeshgar S, Hammad A (2016) Extending IFC to incorporate information of RFID tags attached to building elements. *Adv Eng Informatics* 30:39–53. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2015.11.004>
- Oguz EA, Huvaj N (2017) Deniz tabanı zeminlerde değişkenlik ve sürekli temellerde oturma ve taşıma gücüne etkisi. pp 235–246
- Phoon KK, Cao ZJ, Ji J, et al (2022) Geotechnical uncertainty, modeling, and decision making. *Soils Found* 62:101189. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2022.101189>
- Phoon KK, Tang C (2019) Characterisation of geotechnical model uncertainty. *Georisk* 13:101–130. <https://doi.org/10.1080/17499518.2019.1585545>
- Ren R, Zhang J, Dib HN (2018) BIM Interoperability for Structure Analysis. 1996:63–65
- Sabatini P, Pas D, Bachus RC (1999) Ground anchors and anchored systems. WASHINGTON, DC 20590
- Shalabi F, Turkan Y (2017) IFC BIM-Based Facility Management Approach to Optimize Data Collection for Corrective Maintenance. *J Perform Constr Facil* 31:1–13. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cf.1943-5509.0000941](https://doi.org/10.1061/(asce)cf.1943-5509.0000941)
- Tawelian LR, Mickovski SB (2016) The Implementation of Geotechnical Data into the BIM Process. *Procedia Eng* 143:734–741. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.115>
- Weise M, Katranuschkov P, Liebich T, Scherer RJ (2003) Structural analysis extension of the IFC modelling framework. *Electron J Inf Technol Constr* 8:181–200