

Ankara Metrosu Kızılay İstasyonu örneği ile Yukarıdan Aşağı (Top-Down) inşaat yöntemi

“Top-Down” construction technique in Ankara Kızılay Station

Namık Kemal Öztörün

İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada Ankara Metrosu Kızılay İstasyonu’ da uygulanmış olan “Top-Down” inşaat yöntemi anlatılmakta, yöntemin avantaj ve dezavantajları tartışılmaktadır. “Top-Down” inşaat yöntemi Türkiye’de yeraltı treni istasyonlarına ilk defa uygulanmıştır ve zemin - yapı etkileşiminin son derece önemli olduğu bir örnektir. Özellikle deprem şartnamesi (Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik) olmak üzere klasik yapıların analizi ve tasarımı için geliştirilmiş şartnameler bu tür yapıların analiz ve tasarımında yetersiz kalmaktadır. Ankara Metrosu’nun analiz, tasarım ve uygulama aşamaları esnasında, işin yoğunluğu ve zamanın son derece kısıtlı olması nedeniyle literatüre konulabilecek nitelikte kalıcı dokümantasyon ve yeteri kadar tanıtıcı nitelikte belge hazırlanamamıştır. Bu nedenle mevcut çalışma, zemin – yapı etkileşimine iyi bir örnek oluşturması yanı sıra ve elde edilen bilginin kısmen de olsa toparlanıp saklanabilmesi amacıyla yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ankara Metrosu, Kızılay İstasyonu, top-down yöntemi, zemin-yapı etkileşimi, sonlu elemanlar

ABSTRACT: In this paper, “Top-Down” construction technique, which was applied in Ankara Metro, Kızılay Station is presented and advantages and disadvantages of the technique are discussed. Top-down construction technique was applied on metro stations in Turkey for the first time in this project and it is an important example for soil-structure interaction. The specifications, which are prepared for the analysis and design of conventional structures, (Specification for Structures to be Built in Disaster Areas) are not sufficient for the analysis and design of these type of structures. It was not possible to prepare a full documentation of the application during the time of construction and this paper aims to fulfill this gap and serve as a useful document for soil-structure interaction.

Keywords: Ankara Metro, Kızılay Station, top-down construction technique, soil-structure interaction, finite elements

1 GİRİŞ

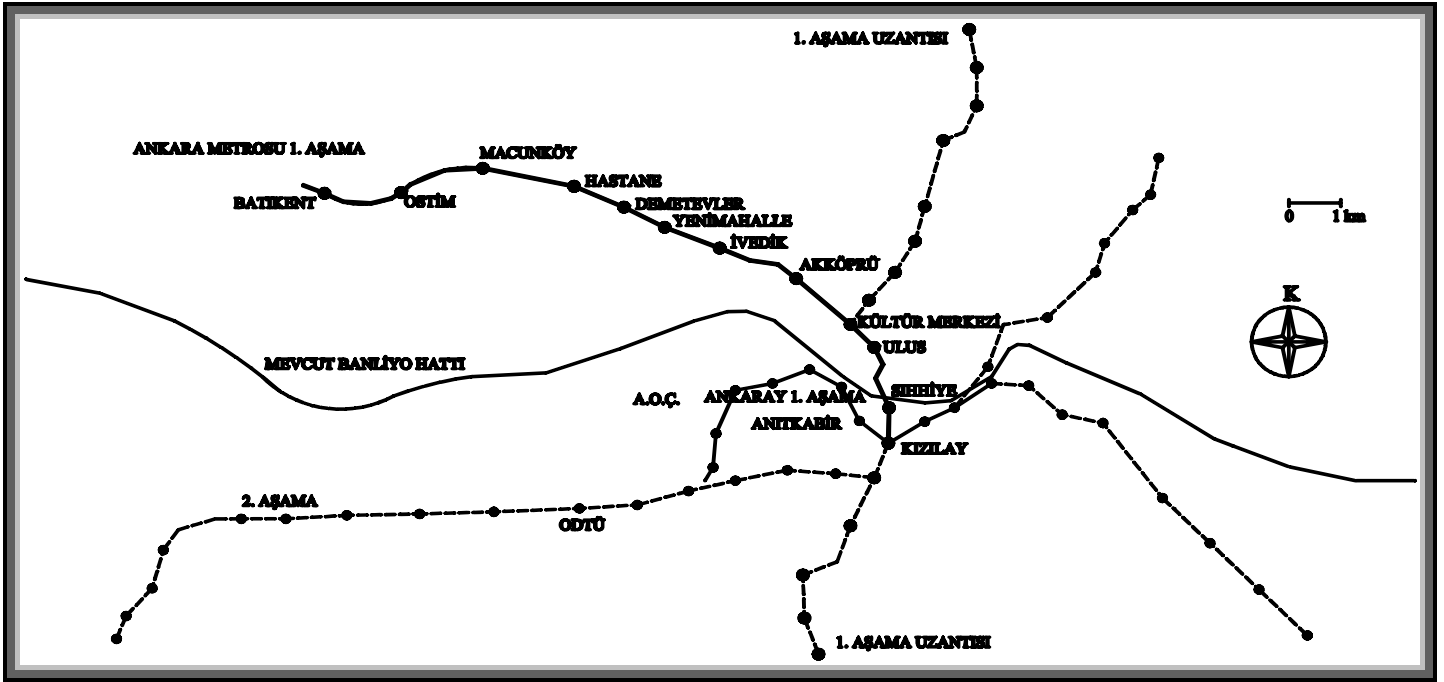
Ankara Metrosu Türkiye'nin ilk tam otomatik metro sistemidir proje çalışmaları 1960'lı yıllara kadar uzanmaktadır. Yapılan çalışmalar bir ara duraklamış, 1982 yılından itibaren tekrar etüt ve proje çalışmalarına başlanmıştır. 1988 yılında DPT yatırım programında Yap-İşlet-Devret modeliyle yer almış ve bu şekilde ihale edilmiştir. Daha sonra bu modelin uygulanabilir olmadığına karar verilmiş ve Eylül 1991'de anahtar teslimine dönüştürülmüştür. Uluslararası ihale neticesinde Bombardier, SNC Lavalin ve iki Türk İnşaat ve

Mühendislik Şirketi Gama ve Güriş'ten oluşan Konsorsiyum ile Ankara Büyükşehir Belediyesi arasında Ankara Metro İşletmesi'nin 1. etabının tasarım ve inşaatının yapım sözleşmesi 17.03.1993'te imzalanmış, yapım işlerine 01.04.1993'te başlanmıştır.

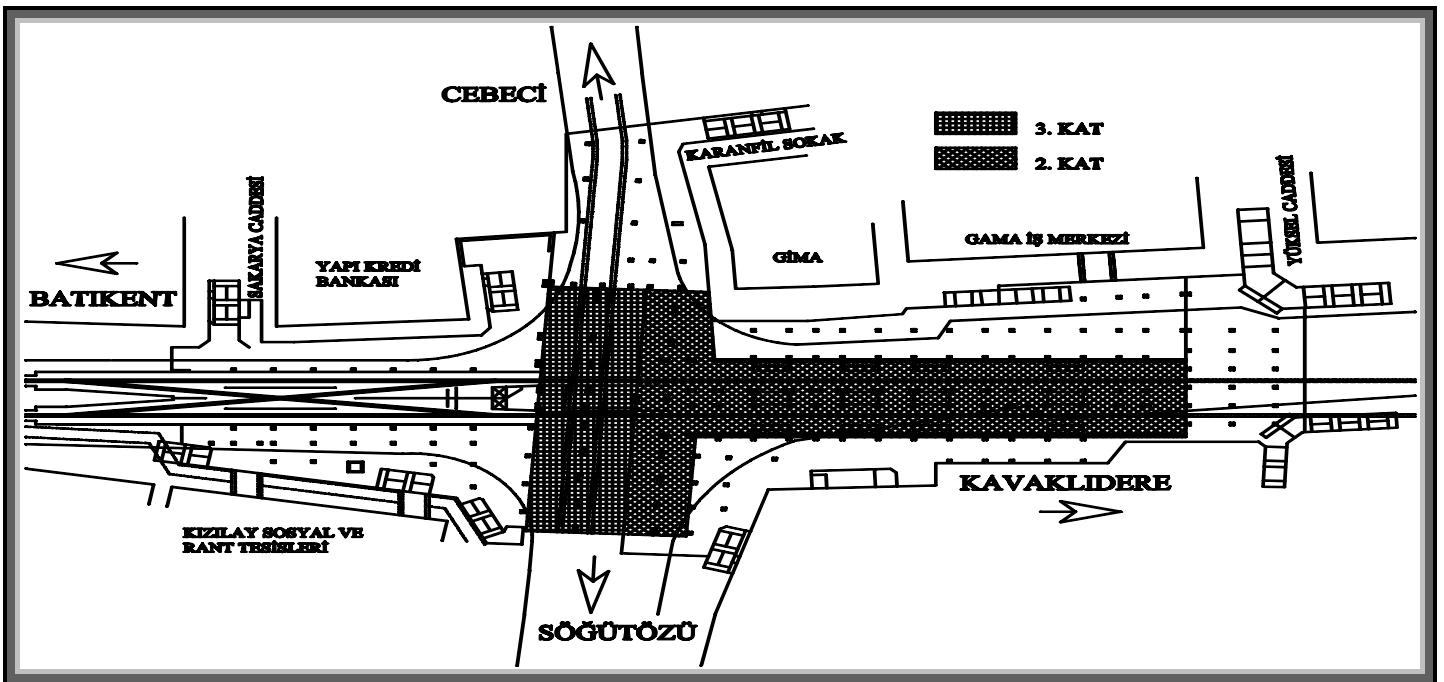
Ankara Metrosu birinci aşama uygulaması Şekil 1'de görüldüğü gibi, kentin gelişmesi istenen bölgelerden Demetevler - Batıkent koridorunu Ulus ve Kızılay'a bağlayan yaklaşık 14.636 km uzunluğundaki kuzey - batı hattında toplam 12 istasyon ve bir depodan oluşmakta ve yolcu taşıma kapasitesinin en yoğun olduğu bölgeleri

bağlamaktadır. Hattın %13.66 hemzemin, %14.02 açık yarma, %11.82 kapalı yarma, %23.80 viyadük, %21.70 delme tünel, %15.00 aç-kapa tünel şeklinde olması planlanmıştır. Güzergâh istasyonlar arası özellikler Metro hattında raylar arası açıklık 1435 mm. olup, emniyet ve konfor açısından raylar sürekli ve kaynaklıdır. Eğim en fazla %3 dür. Yolcu istasyonlarının beşinde orta platform, altısında kenar platform, birinde ise hem orta hem kenar platform bulunmaktadır. Acil durumlar ve bakım servisleri için tüm ana hat

güzergâhı boyunca bir yürüme yolu bulunmaktadır. Şekil 2’de planı görülen ve “Top – Down construction technique” (yukarıdan aşağıya doğru inşaat yöntemi) ile inşa edilmiş olan Kızılay İstasyonu ise söz konusu projenin en önemli kısmını oluşturmakta ve zemin – yapı etkileşimi problemleri açısından oldukça kapsamlı bir örnek teşkil etmektedir. Bu tür yapıların dinamik analizi konvansiyonel yapılar için hazırlanmış olan şartnamelerin kapsamı dışında kalmaktadır.



Şekil 1: Kızılay İstasyonunun planı



Şekil 2: Kızılay İstasyonu

2 KIZILAY İSTASYONU

Kızılay istasyonu, Şekil 1-3'te görüldüğü gibi Ankara metrosu ile Ankaray adı verilen ve Söğütözü – Beşevler – Tandoğan - Maltepe – Kızılay – Kurtuluş – Cebeci - Dikimevi arasında bulunan hafif raylı sistemin ortak istasyonudur.

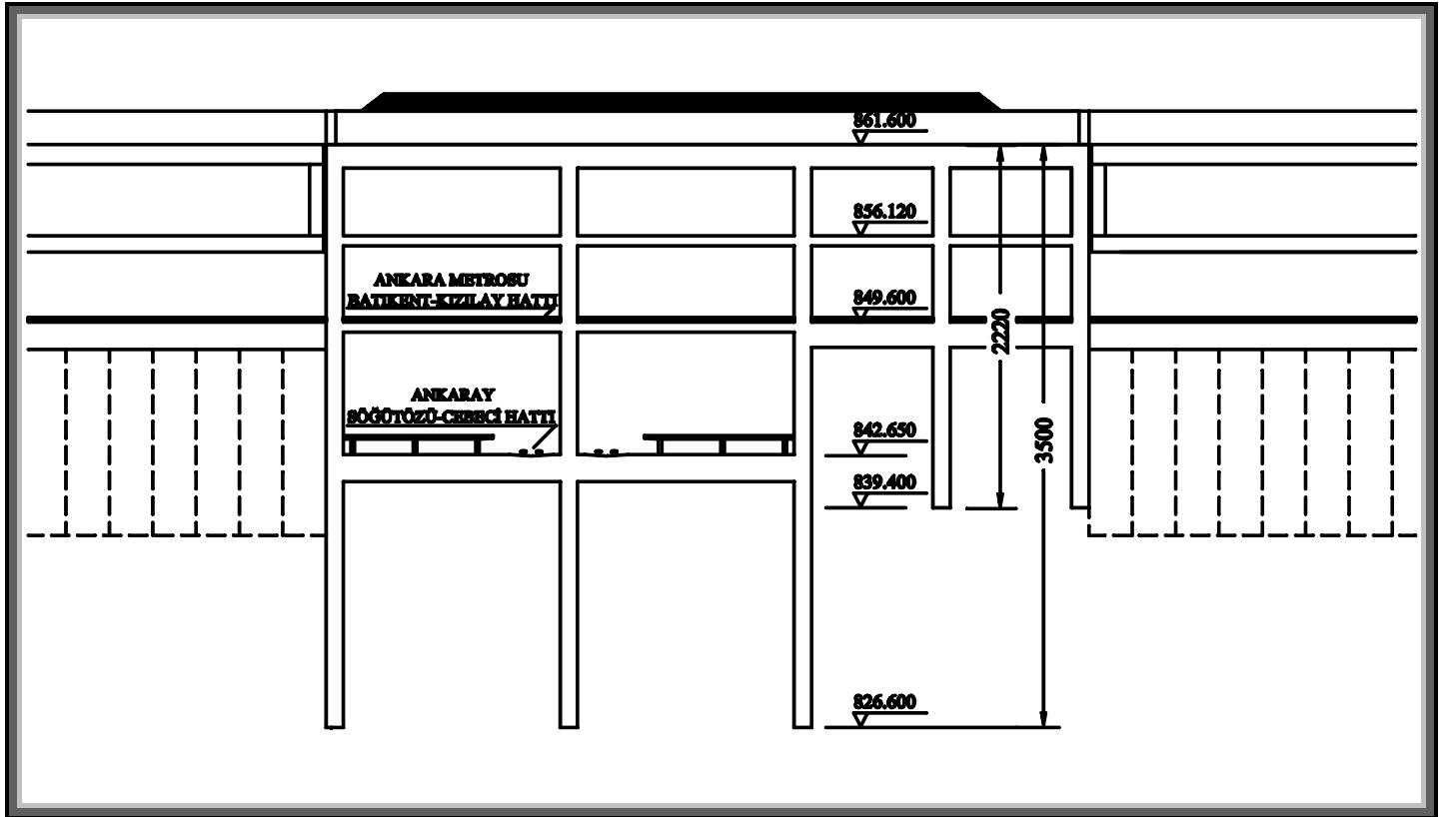


Şekil 3: Kızılay İstasyonu

Kızılay'da yaya ve araç trafiğinin oldukça yoğun olması ve kazı nedeniyle çevrenin olumsuz etkilenmesini minimuma indirmek amacıyla, öncelikle bu odak noktasındaki istasyonun

yapılmasına karar verilmiş ve inşaat yöntemi olarak Türkiye'deki ilk uygulamalardan biri olan "Top-Down" yani yukarıdan aşağıya doğru inşaat yöntemi tercih edilmiştir. İnşaat süresince oldukça zorlanacak olan kent içi ulaşımı ve araç trafiğinin kazıları esnasında, daha büyük problemlerle karşılaşılmasını önlemek amacıyla trafik akışının en kısa sürede sağlanmasına gerek duyulması "Top-Down" yönteminin tercih edilmesinde en büyük etkenlerden biri olmuştur. Metro, Cross - Over ve Alışveriş Merkezleri olmak üzere üç bölümden oluşan Kızılay istasyon sahası toplam 11 ay trafiğe kapalı kalmıştır. İstasyon binasında yaklaşık 38,000 m² diyafram duvar ve döşeme yapılmıştır.

Şekil 4'te görüldüğü gibi, İstasyonun ilk katında yeraltı alışveriş merkezi bulunmaktadır. Bir alt katta Metro Platformları, onun altındaki katta ise Ankaray Platformları bulunmaktadır. Şekilde Cebeci - Söğütözü hattı üzerinde alınan bir kesit üzerinde boyutları ve döşeme kotları görülmektedir. Not: Metro araçları 3,124 m. genişlik ve 22,879 m. uzunlukta olup, motorlu araçlar 60, treyler araçlar ise 62 kişiliktir, Motorlu araçların boş ağırlığı 31,805 kilogram, treyler araçlar ise 26,337 kilogramdır.



Şekil 4: Kızılay İstasyonu'nun kesiti

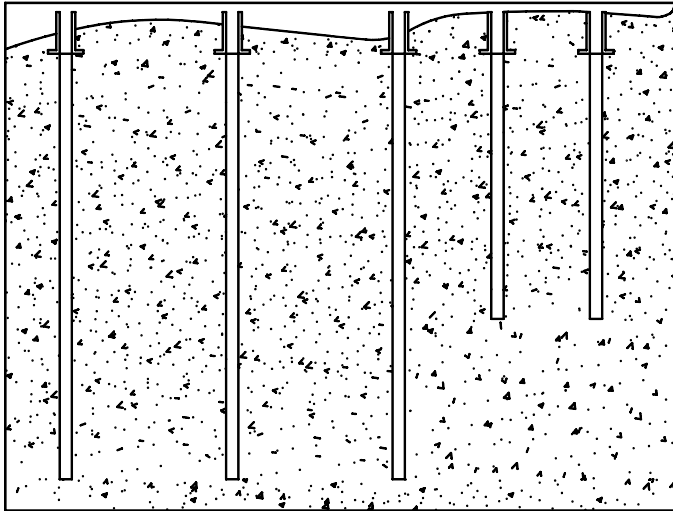
3 "TOP-DOWN" İNŞAAT YÖNTEMİ

"Top-Down" yönteminde, klasik uygulamaların tersine yapı yukarıdan aşağıya doğru inşa edilmekte, bu nedenle analiz ve tasarım hesapları da klasik yöntemlere kıyasla oldukça farklı olmaktadır. Şekil 5-6'da görüldüğü gibi yapıya ait tüm düşey elemanların (duvar ve kolonların) yerlerini belirleyen kılavuz duvarlar hazırlanmaktadır.



Şekil 5: Kılavuz duvarlar

Daha sonra bu kavuz duvarlar esas alınarak düşey elemanlar için dikdörtgen en kesitli modüllerden oluşan düşey elemanların kazıları yapılmakta, donatıları yerleştirmekte ve beton dökülmektedir.

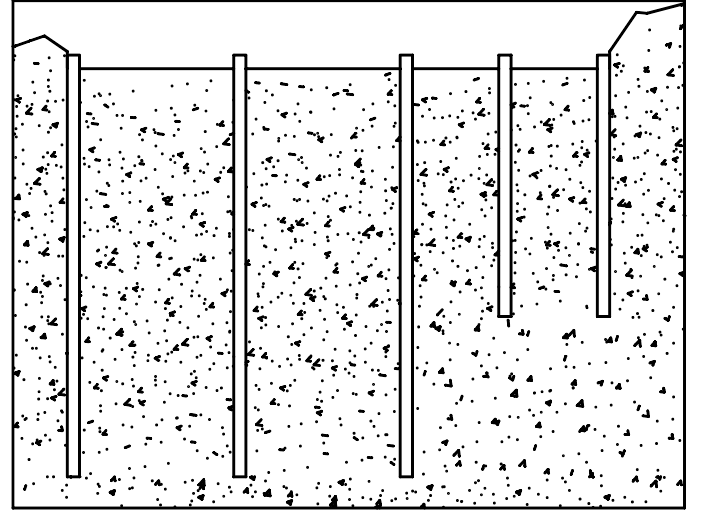


Şekil 6: Kılavuz duvarlar ve daha sonra düşey elemanlar

Slurry Wall adı verilen düşey modüllerin en kesitleri, tasarıma ve trencher adı verilen kazı makinelerinin özelliklerine bağlı olarak 60 – 100 x 200 – 300 santimetre olarak tercih edilmiştir.

Bir yandan zemin üst döşeme betonunun döküleceği seviyeye kadar kazılarak düzeltilirken aynı anda yapının duvarları ve kolonları için

gerekli donatılar hazırlanmaktadır. Bu şekilde yatayda eni sabit, boyu farklı modüllerden inşa edilecek olan kolon ve diyafram duvarlar (yapının düşey elemanları) oluşturulmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7: Kavuz duvarların alınması ve zeminin düzenlenmesi



Şekil 8: Üst kat döşeme demir montajı

Şekil 8'de görüldüğü gibi duvarı oluşturan modüllerin birbirlerine bağlantısı yalnızca döşeme plakları vasıtasıyla sağlanabilmekte, yatay donatıları süresiz olmaktadır. Bu modüllerin, birbirlerine temas ettikleri yüzeylerindeki dişlerden oluşan kayma kamasının dışında bağımsız çalışacağı söylenebilir.

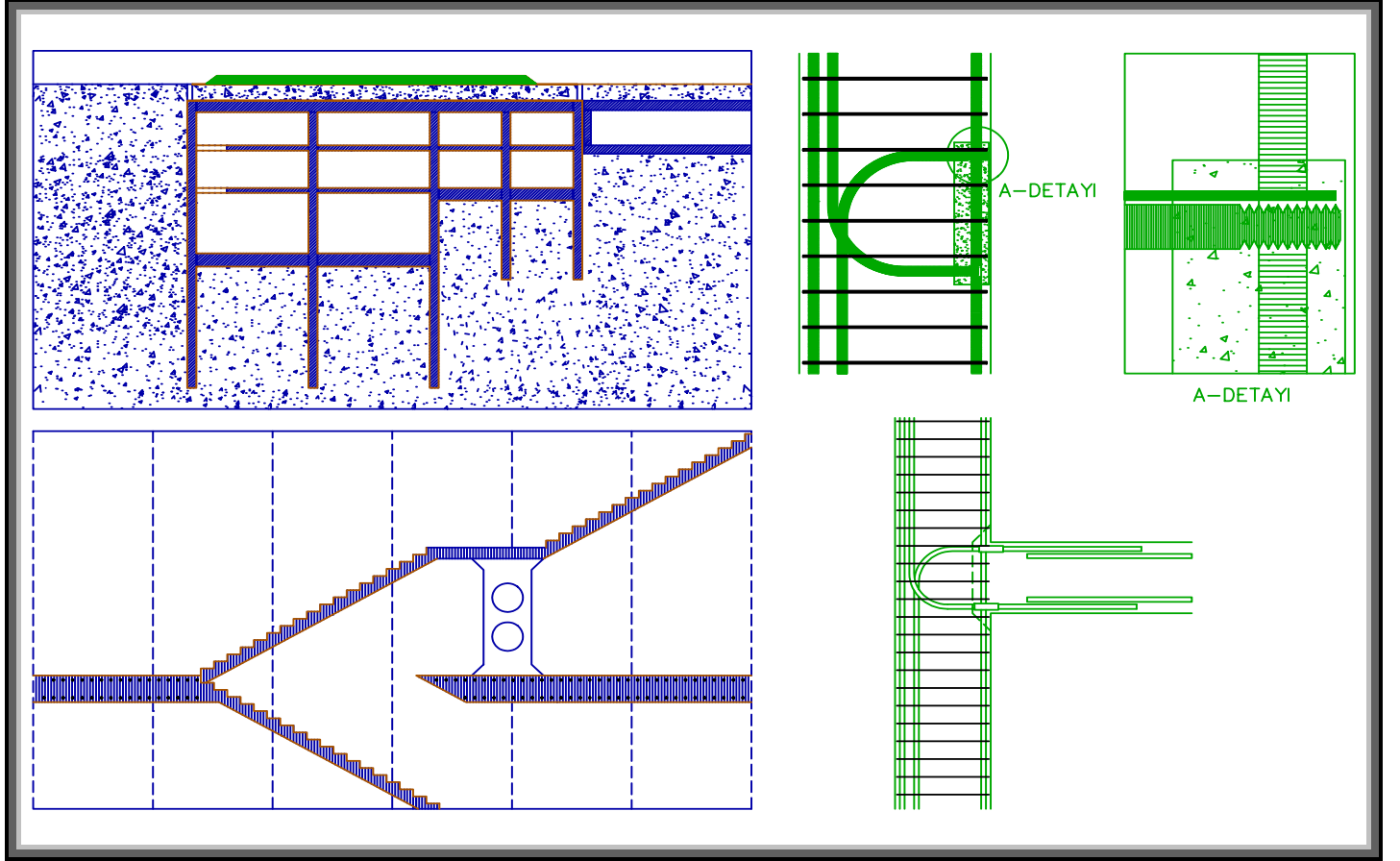
Diyafram duvarlar geçmeli modüllerden oluşmaktadır. Düşey elemanların donatıları hazırlanırken döşemelerin bağlantısı için özel manşonlu filizler bırakılmaktadır. Şekil 9, detay A' da görüldüğü gibi filizlerin manşonla eklenecek uçları paslanmaya karşı korumaya alınmaktadır. Daha sonra açığa çıkartılacak olan filizlerin arasına beton girmemelidir.

Projede diyafram duvarlar dış toprak itkisinin yanı sıra, istasyon yapısının düşey yüklerini üstlenecek taşıyıcı elemanlar olarak

düşünülmüştür. Kolon ve diyafram duvar modülleri yaklaşık 35 metre derinliğe inmektedir. İstasyon binasının, üzerindeki yolun trafiğe açılması için öncelikle yapılması gereken işlemler özetle şu şekildedir:

Her bir modülün inşaatı, toprağın üst döşeme betonunun döküleceği seviyeye kadar kazılması, düşey elemanların (kolon ve diyafram duvarların)

düzeltilmiş zeminin üzerine oturan kılavuz duvarlar yardımıyla hizalanarak kazılarının yapılması, daha sonra donatı indirilerek beton dökülmesi aşamalarından oluşmaktadır. Birden fazla modülden oluşan diyafram duvarların oluşturulabilmesi için komşu modüllerin betonlarının priz alması ve yeterli mukavemete erişmesi gerekmektedir.

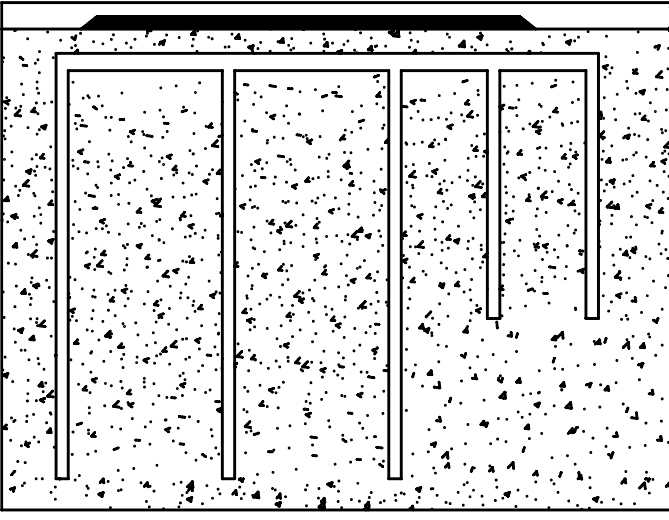


Şekil 9: Döşeme – duvar bağlantı detayları ve merdiven boşlukları

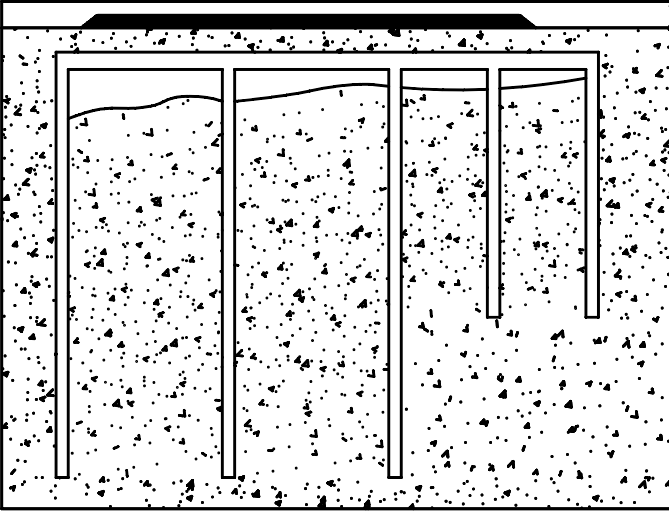
Trafikğin etkilenmesi yalnızca düşey komponentlerinin inşaatı süresince kısmen söz konusu olmuştur.

Üst döşemenin üzerindeki toprak yüksekliği çoğu zaman 6 metreye varmaktadır. Toprak yükü, zati ağırlık ve trafik yükü gibi düşey yüklerin yanı sıra kazı esnasında yatay toprak itkilerini de karşılamak durumunda olan döşemenin kalınlığı 1.5 metre civarındadır. Oldukça büyük hacimlerde betonun döküleceği üst döşemede kesit tesirlerinin minimum olduğu bölgeler belirlenerek beton döküm safhaları ve sınırları belirlenmiş ve özel detaylar düşünülmüştür. Üst döşeme betonu döküldükten ve beton gerekli mukavemeti aldıktan sonra üzeri kapatılıp asfaltlanarak trafiğe açılmıştır (Şekil 10). Daha sonra Şekil 11,12’de görüldüğü gibi üst döşemenin altında kalan toprak kazılmakta ve sistem döşemenin zati ağırlığı ile birlikte döşeme üzerindeki yükleri bir anda karşılamak durumunda kalmaktadır. Bu safha sistemin en

önemli ve tasarımı etkileyen yüklere maruz kaldığı safhalardan biridir. Açıklığı genelde 14 metreye varan ve kirişsiz olarak yapılan üst döşeme kendi ağırlığının yanı sıra tüm trafik yükünün ve yüksekliği 6 metreye varan toprak yükünün oluşturduğu tesirlere maruz kalmıştır. Kirişsiz mantar döşeme plağı, yükleri yapının düşey komponentlerine aktarmakta ve düşey elemanlar da bu yükü sürtünme vasıtasıyla ve birbirlerinden hemen hemen bağımsız çalışarak zemine aktarmaktadır. Kazı derinleştikçe sürtünme kuvveti azalmakta buna mukabil kazının tek taraflı yapılması nedeniyle düşey komponentler yatay yüklere maruz kalmaktadır. Bu yatay yükler döşeme plağında düzlemsel gerilmeler oluşturmaktadır.



Şekil 10: Üst döşeme tabliye betonunun tamamlanması ve yolun asfaltlanarak trafîğe açılması



Şekil 11: Birinci (üst kat) kat hafriyatı

Düşey elemanların monolitik çalışması yalnızca döşeme ile bağlantıları vasıtasıyla sağlanmakta ancak bu bağlantılar birçok bölgede merdiven, asansör ve havalandırma vs. gibi boşluklarla kesilmekte, bu nedenle özel detaylara ihtiyaç duyulmaktadır. Döşemenin sabit ve mekanik merdiven, havalandırma şaftı vb. gibi boyutları 10 metreyi geçebilen deliklerle bölünmüş olması, tasarımı oldukça güçleştirmiştir (Şekil 9 ve Şekil 13).

Yapının zeminle etkileşimi düşey ve yatay yaylarla göz önüne alınmıştır. 35 metreye varan derinlik boyunca zemin özellikleri değişmektedir. Bu nedenle zeminle etkileşimi göz önüne alan yayların yay katsayıları için alt ve üst sınırlar verilerek analizler yinelenmiştir. Zemin yapı etkileşimi lineer elastik yaylarla göz önüne alınmış, yaylar için alt ve üst sınır değerlerinin oluşturacağı sonuçlar araştırılmış ayrıca her yükleme durumunda yaylarda çekme çıkması halinde iteratif olarak çekme yükü alan yaylar iptal edilerek analizler tekrarlanmıştır. Yapı - zemin

etkileşiminin araştırılmasında zeminin sonlu elemanlarla modelleme yöntemi uygun bulunmamıştır. Çünkü farklı yükler altında sistemin yanal öteleme yapması halinde zemin ve yapı arasındaki çekme gerilmelerini yok etmek amacıyla iteratif olarak model değiştirmek pratik olmamıştır.



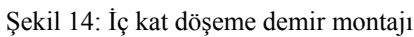
Şekil 12: İç hafriyat



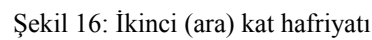
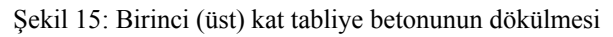
Şekil 13: Ankaray katı

Ankara Kili'nin farklı oranlarda nem muhtevasına göre oldukça farklı davranışlar göstermesi nedeniyle zemin - yapı etkileşiminde fazla sayıda analiz yapılmasına gerek duyulmuştur. Yapı komponentlerinin boyutları oldukça büyüktür ve farklı bölgelerde farklı kritik kesit tesirleri oluşabilmektedir. Özellikle düşey yapı elemanlarından dış diyafram duvarları oldukça büyük yatay yüklere maruz kalmasına rağmen yalnızca döşemeler hizasında bağlanmaktadır. Bazı yerlerde bu elemanların ara kat döşeme plağıyla olan bağlantısı, merdivenlerin mevcudiyeti nedeniyle zaman zaman kesilmekte ve ancak, yaklaşık 18 metre yüksekliğince mesnetlenme imkânı bulunmaktadır. Şekil 9 ve Şekil 13 de

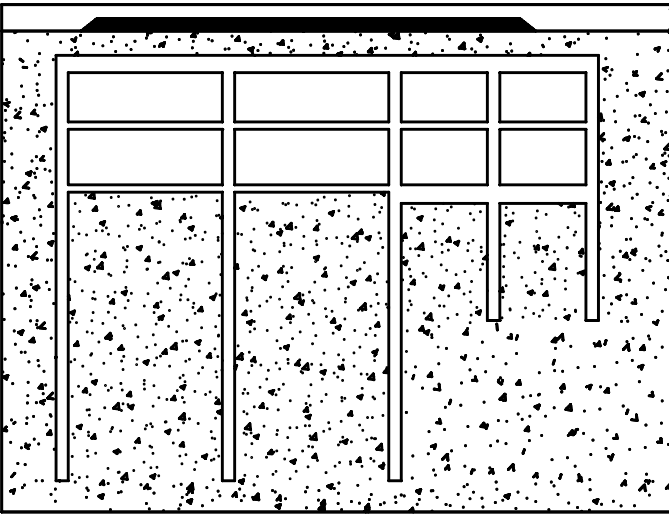
Kazı, döşeme plağının alt hizasına gelince, düşey elemanların döşeme ile birleşecek yüzeylerindeki donatı açığa çıkartılmakta, beton kalitesi kontrol edilerek zayıf beton bölgesi tıraşlanmaktadır. Şekil 11 ve Şekil 12’de üst döşeme betonu tamamlandıktan sonra alt kat için hafriyat görülmektedir. Düşey elemanlardaki filizlere manşonlar yardımı ile döşeme donatısı bağlanmakta (Şekil 9, 14), bağlantı detayları ve döşeme donatısı yerleştirildikten sonra üst döşeme plağında olduğu gibi beton dökülmekte ve kazı işlemleri bir alt kat için devam etmektedir (Şekil 15–17).



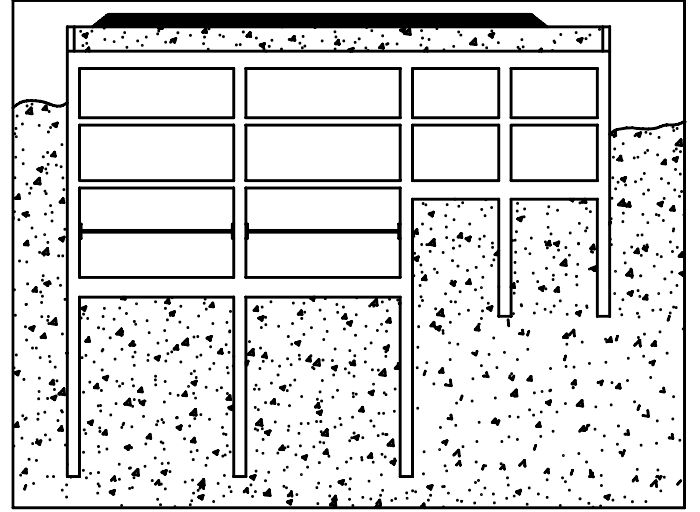
olmaktadır. Yani her eleman inşaat süresince belli safhalarda kolon, belli safhalarda kiriş gibi davranmaktadır.



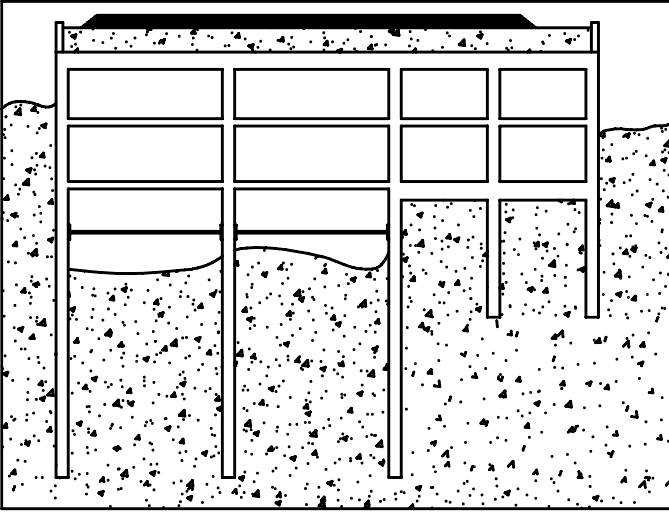
113



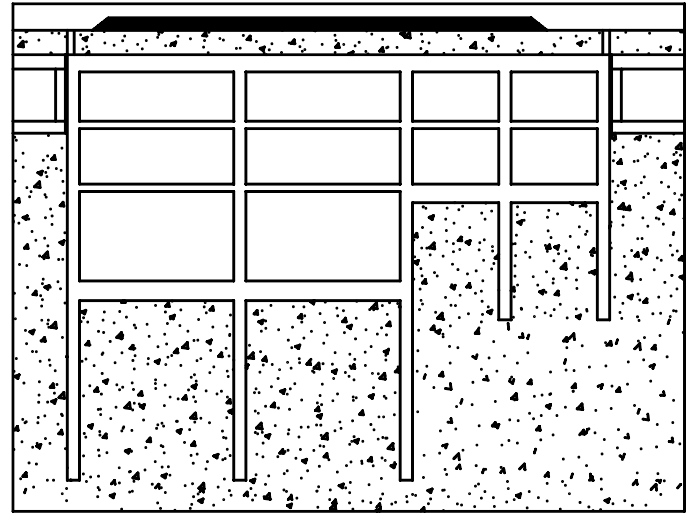
Şekil 17: İkinci (ara) kat tabliye betonunun dökülmesi



Şekil 19: Üçüncü (alt) kat tabliye betonunun dökülmesi (radye temel)



Şekil 18: Üçüncü (alt) kat hafriyatı ve geçici basınç çubukları



Şekil 20: Geçici basınç elemanlarının sökülmesi

Altındaki döşeme plağının betonu döküldükten ve priz aldıktan sonra çelik takviyeler sökülmemektedir. Bu aşamada alışveriş merkezlerinin inşaatı devam etmektedir (Şekil 20).

Alışveriş merkezlerinin büyük bir kısmı klasik yöntemle inşa edilmiştir. Ancak bu kısım ile ilgili inşaat önceliği metro inşaatı devam ederken belirlenebilmiştir. Bu nedenle analizlerde farklı olasılıklar için ilave yük halleri göz önüne alınmıştır. Örneğin tünel çıkışları için alışveriş merkezinin altında kalan kazılar Kavaklıdere çıkışındaki inşaat tamamlandıktan sonra yapılmıştır.

Üst döşeme plağının zemin suyu seviyesinin altında olması nedeniyle her ne kadar modüller arasında ve üst döşemede su izolasyonu yapılsa da, yağmur suyunun depolanmaması için gerekli eğimler verilmiştir. Üst döşeme plağının üzerindeki toprak yüksekliği genellikle 1.5 m. ile 6.0 m. arasında değişmektedir. Yapı üzerindeki yoğun trafiğe karşı ses izolasyonunun sağlanması açısından minimum 1.5 m. toprak yüksekliği olmasına özen gösterilmiştir.

Merdiven boyutlarının ve yerlerinin belirlenmesinde, taşıyıcı sistem ve mimari gereksinimlerin yanı sıra, istasyon binasına trenle birlikte hızla giren havanın atılabilmesi için gerekli kriterlerin sağlanması da etken olmuştur.

Şekil 21-23’de sırasıyla tünel segmanları, tünel delme makinesi ve istasyona giriş anı görülmektedir. Şekil 24’te betonlama çalışmaları, Şekil 25,26’ da istasyon binası ile tünellerin bağlantısı görülmektedir. Şekil 27’de tipik bir metro aracı görülmektedir. Şekil 28’de ise depo sahasındaki metro araçları görülmektedir.

Sistemin analizi iki boyutlu tipik kesitler incelenerek yapılmıştır. Üç boyutlu tek bir model gerek bilgisayarların gerekse bilgisayar programlarının sınırlarını oldukça zorlamıştır. Bu nedenle üç boyutlu bir modelde lokal tesirler elde edilememiş, yalnızca sistemin genel davranışı hakkında global bir fikir alınabilmektedir.



Şekil 21: Tünel segmanları



Şekil 23: Tünel delme işlemi ve istasyona giriş



Şekil 22: Tünel delme makinesi



Şekil 24: Betonlama çalışması

Deprem etkilerinin araştırılması esnasında, zeminin deprem halinde yapabileceği hareketler göz önüne alınarak sisteme deformasyon verilmiş ve statik eşdeğer deprem yükleri yerine, sistemin deprem hareketi altında yapacağı deformasyonlara bağlı analizler yapılmıştır. Zeminin uniform olmaması, oldukça büyük boyutlardaki yapının altında farklı özelliklere sahip olması, analizleri ve inşaatı oldukça güçleştirmiştir. Zemin genelde Ankara Kili özelliklerini taşımakla birlikte birçok bölgede kayaya, bazı kısımlarda inşaat esnasında görülen lokal boşluklara ve su ceplerine rastlanmıştır. Düşey elemanlarının dökülmüş olan beton kalitesinin ölçümü ancak kazılar yapıldıktan sonra araştırılabilmektedir. Sondajlar esnasında görülememiş zeminle ilgili lokal değişiklikler, boşluklar ve su ceplerinin mevcudiyeti ise genellikle kazılar esnasında fark edilmektedir. Bu durum gerek hesapları gerekse uygulamayı zorlaştırmakta ve oldukça sık revizyon gerektirmektedir.

Sistemin boyutları ve geometrisi belirlenirken kısıtlamalarla karşılaşmıştır. Örneğin duvar kalınlıkları kazıyı yapabilecek inşaat makinelerinin kapasitesine göre belirlenmiştir. Bu nedenle duvar kalınlıkları belirlenirken 60, 80 ya da 100 cm. genişliklerde üç alternatifle sınırlı kalmıştır. Yangın merdivenlerinin olduğu kısımlarda dış duvarların yaklaşık 18 m. boyunca mesnetlenememesi nedeniyle bu kesitler yetersiz kalmıştır. Bu gibi durumlarda eğilme rijitliği ve yük taşıma kapasitesi yüksek olan T şeklinde modüller hazırlanmıştır. Bu modüllerin donatıları birlikte düşünülmüş ve betonları aynı anda dökülerek monolitik çalışmaları sağlanmıştır.

Düşey elemanlar arasındaki minimum açıklıklar acil çıkışı engellemeyecek şekilde belirlenmiştir. Yatay toprak itkisinin minimumda tutulması için kat yükseklikleri gerekli minimum yüksekliğe bağlı olarak belirlenmiş ve kirişsiz döşeme tercih edilmiştir. Bu nedenle münferit kolonlara (ya da duvar modüllerine) bağlanan döşemenin donatı hesaplarını oldukça güçleştirmiştir.



Şekil 25: Kızılay tüneli

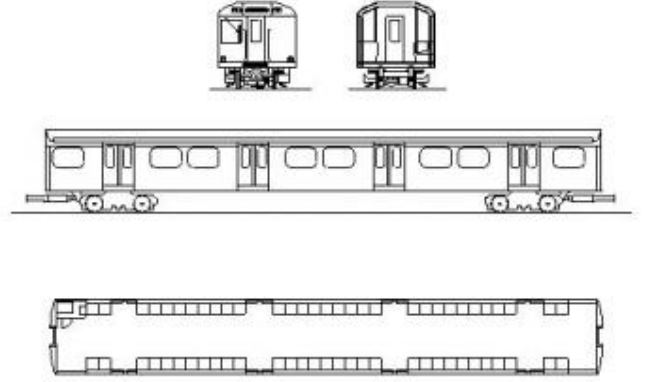


Şekil 26: İstasyona giriş

Aşırı yüklere maruz ve büyük açıklıklar geçen sistemin donatılarında çoğu zaman 36 mm. çapında nervürlü ve yüksek mukavemetli çelik kullanılmıştır. Diyafram duvar ya da kolonların döşemelerle bağlantısı manşonlu filizlerle sağlanmıştır. 12 m. uzunluğunda standart donatıların büyük bir kısmı ek ve bindirme boyları ile kaybedilmektedir. Bu nedenle taşıma problemi olmasına rağmen birçok bölgede 18 ve 24 metre boyunda özel olarak imal edilen donatıların kullanılması daha ekonomik ve pratik olmuştur.

Sistemin analizleri esnasında hesap süresini hızlandırmak amacıyla gerek analize gerekse tasarıma yönelik birçok özel amaçlı programların geliştirilmesine ve kullanılmasına gerek duyulmuştur. Analizler esnasında birçok genel amaçlı program etkileşimli olarak kullanılmıştır [1-3]. Analizlerde kullanılan başlıca genel amaçlı programlar, modelleme yöntemleri ve yük halleri Özturun ve Tabak tarafından verilmektedir [4]. Hesaplarda Ankara Metrosu proje düzenlemesi için hazırlanmış olan hesap esasları "Design Criteria"

kullanılmıştır [5]. Ancak hesap esaslarının analiz ve tasarım esnasında zaman zaman değiştirilmesi ve geliştirilmesi söz konusu olmuştur. Hesaplarda genellikle yerli kaynaklara ve Türk Standartlarına bağlı kalmış [6-9], zaman zaman Amerikan şartnamelerinden yararlanılmıştır.



Şekil 27: Metro aracı



Şekil 28: Depo sahası

4 SONUÇLAR

"Top-Down" inşaat yöntemi Oldukça yoğun olan Kızılay trafiğinin fazla aksamaması ve en kısa sürede açılabilmesi için tercih edilmiştir. Uygulanan yöntem sayesinde trafiğin engellenme süresi klasik inşaat yöntemlerine kıyasla yaklaşık %70 oranında kısaltılmıştır. Ancak gerek analiz ve tasarım hesaplarında, gerekse uygulamada büyük problemlerle karşılaşmış, konvansiyonel yapı sistemleri için hazırlanmış olan şartnamelerin yetersiz kaldığı oldukça ağır yapıda, analiz ve tasarım hesaplarının çoğu teorik bilgiler üzerine kurulmuştur. Sistemin statik yükler altında davranışı araştırılırken yükleme durumlarının minimuma düşürülmesine rağmen, birçok kesitte

60' a varan yük durumu araştırılmıştır. "Top-Down" sistemi tercih edilmeden önce zemin özellikleri belirlenmelidir. Fazla sayıda sondaj gerekmektedir. Zeminin yöntemin uygulanması açısından uygun olup olmadığı araştırılmalıdır. Rijit bir zeminde yöntemin uygulanması zor olacak ve kazı maliyeti artacaktır.

Ankara Metrosu Kızılay İstasyonu'nda "Top-Down" yani yukarıdan aşağıya doğru inşaat yöntemi tercih edilmiştir. Tercihteki en büyük etkenler Kızılay 'da yaya ve araç trafiğinin oldukça yoğun olması ve kazı nedeniyle çevreye verilecek rahatsızlığın minimuma indirilmesi gereği, ekonomi, inşaat süresi, iş makinelerinin özellikleri, amaca uygunluk ve benzeri etkenler yöntemin tercihinde etkili olmuştur. "Top-Down" yöntemi Türkiye'deki ilk uygulamalardan biri olup slurry-wall tekniği ile inşa edilen ilk metro istasyonudur. Metro, Cross-Over ve Alışveriş Merkezleri olmak üzere üç bölümden oluşan Kızılay istasyon sahası toplam 11 ay trafiğe kapalı kalmıştır. Yaklaşık 38,000 m² diyafram duvar ve döşeme yapılmıştır.

Yapının zeminle etkileşimi düşey ve yatay yaylarla göz önüne alınmıştır. 35 metreye varan derinlik boyunca zemin özellikleri değişmektedir. Bu nedenle zeminle etkileşimi göz önüne alan yayların yay katsayıları için alt ve üst sınırlar verilerek analizler yinelenmiştir. Zemin yapı etkileşimi lineer elastik yaylarla göz önüne alınmış, yaylar için alt ve üst sınır değerlerinin oluşturacağı sonuçlar araştırılmış ayrıca her yükleme durumunda yaylarda çekme çıkması halinde iteratif olarak çekme yükü alan yaylar iptal edilerek analizler tekrarlanmıştır. Yapı - zemin etkileşiminin araştırılmasında zeminin sonlu elemanlarla modelleme yöntemi uygun bulunmamıştır. Çünkü farklı yükler altında sistemin yanıl öteleme yapması halinde zemin ve yapı arasındaki çekme gerilmelerini yok etmek amacıyla iteratif olarak model değiştirmek pratik olmamıştır.

Sistemin analizleri esnasında hesap süresini hızlandırmak amacıyla gerek analize gerekse tasarıma yönelik birçok özel amaçlı programların geliştirilmesine ve kullanılmasına gerek duyulmuştur. Analizler esnasında birçok genel amaçlı program etkileşimli olarak kullanılmıştır [1-3]. Analizlerde kullanılan başlıca genel amaçlı programlar, modelleme yöntemleri ve yük halleri Öztorun ve Tabak tarafından verilmektedir [4]. Hesaplarda Ankara Metrosu proje düzenlemesi için hazırlanmış olan hesap esasları "Design Criteria" kullanılmıştır [5]. Ancak hesap esaslarının analiz ve tasarım esnasında zaman zaman değiştirilmesi ve geliştirilmesi söz konusu olmuştur. Hesaplarda genellikle yerli kaynaklara ve Türk Standartlarına

bağlı kalınmış [6-9], zaman zaman Amerikan şartnamelerinden yararlanılmıştır.

REFERANSLAR

- [1] SAP90 *Computers and Structures*, Inc. University Avenue Berkeley, California, USA
- [2] ASTEC/STRUDL *Structural Design Language, Application Systems Technology*, Inc., USA
- [3] WALL-UP
- [4] Öztorun, N. K., Tabak H., *Ankara Metrosu İstasyonlarının Analiz ve Tasarımı*, TÜRK-İNŞA, 1994, sayı 151, sayfa 18-22
- [5] Design Criteria Ankara Metrosu proje düzenlenmesi için hazırlanan tasarım esasları
- [6] Ersoy, U., v.d., *Taşıma Gücü El Kitabı*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara,
- [7] Türk Standartları, *Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları* (TS 500), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1985
- [8] Türk Standartları, *Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri* (TS 498), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1985
- [9] Türk Standartları, *Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları* (TS 648), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1980

EK 1: RESİMLER



Şekil 29: Ankaray-metro geçiş bölgesi



Şekil 32: Çarşı katı serbest alan2



Şekil 30: Çarşı katı



Şekil 33: Metro platform katı



Şekil 31: Çarşı katı serbest alanı



Şekil 34: Sıhhiye köprü altı geçişi