

ПРОЈЕКАТ РЕКОНСТРУКЦИЈЕ, МОДЕРНИЗАЦИЈЕ И ИЗГРАДЊЕ ДВОКОЛОСЈЕЧНЕ ПРУГЕ БЕОГРАД-СУБОТИЦА-ДРЖАВНА ГРАНИЦА ТУНЕЛ ЧОРТАНОВЦИ**RECONSTRUCTION, MODERNIZATION AND CONSTRUCTION PROJECT OF A TWO-WAY RAILWAY BELGRADE-SUBOTICA-STATE BORDER TUNNEL CORTANOVCI**

Раде Стокић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У раду су приказани основни концепти нове аустријске тунелске методе, као и њена примјена на конкретном пројекту тунела "Чортановци". Тунелска конструкција рађена је од три типа тунелске конструкције. Поред израде тунела дат је акценат и на пројектовање трасе железничке пруге која пролази кроз тунел. Генерални закључак се огледа у томе што тунелска конструкција је укупне дужине од око 1 km и за сваку страну рађена је засебна тунелска цев где је коришћена нова аустријска тунелска метода за обе стране.

Кључне ријечи: нова аустријска тунелска метода, тунел Чортановци, пруга.

Abstract – In this work are presented The basic concepts of the new Austrian tunnel method, as well as its application to the concrete tunnel project "Cortanovci". Tunnel construction consists of three types of tunnel construction. In addition to the tunneling, emphasis is also placed on the design of the railway line passing through the tunnel. The general conclusion is that the tunnel construction has a total length of about 1 km and a separate tunnel tube was made for each side, where a new Austrian tunnel method was used for both sides.

Keywords: new austrian tunneling method, tunnel "Cortanovci", railway.

1. УВОД

Поремећај природне равнотеже брдског материјала, који настају услед ископавања, треба умирити и поново успоставити равнотежно стање. Према класичним концептима тунелоградње тај циљ је постизан израдом масивних засведених конструкција моћних димензија уз настојање да градња буде што бржа како би притисци и деформације брдске масе биле што мање.

У савременој тунелоградњи за исту намјену служе конструкције састављене из два дијела- основног, носивог, који је цијелом својом спољашњом површином у непосредном контакту са брдском

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Милош Шешлија.

масом и допунског- засведене конструкције у улози облоге. Ради се дакле о двослојној конструкцији. Вањска (носива) конструкција назива се примарна, док се унутрашња конструкција назива секундарна. Нова аустријска тунелска метода представља једну од најзаступљенијих савремених метода грађења тунела. Пројектом реконструкције, модернизације и изградње железничке пруге Београд-Суботица-државна граница предвиђена је изградња тунела "Чортановци". Тунел "Чортановци" грађен је по принципима "Нове аустријске тунелске методе". Чортановци су насеље у Србији, у општини Инђија., 30 km југоисточно од Новог Сада и 40 km сјеверозападно од Београда [1].

2. ОПИС ОБЈЕКТА

Тунел "Чортановци" је у склопу наведене дионице објекат на прузи за велике брзине. На тунелској дионици пројектна брзина је 200 km/h. Због сложених геотехничких услова на тунелској дионици, тунел "Чортановци" је пројектован са двије одвојене тунелске цијеви, свака за један колосјек. Осовинско растојање тунелских цијеви је 22,00 m и у зони улазних и излазних портала смањује се до 18,00 m.



Слика 1. Тунел Чортановци-сјеверни портал

Лијева тунелска цијев: осовина колосјека је на улазном дијелу лијеве тунелске цијеви у правцу, а на излазном у кривини радијуса $R=3.500,00$ m са прелазницом дужине $L=150,00$ m. Нивелета колосјека је у једностраном нагибу од 9,5% ка излазном

порталу. Улазни портал лијеве тунелске цијеви је на km 56+400,00, а излазни на km 57+556,00. Стационаже су дате по осовини лијевог колосјека. Дужина лијеве тунелске цијеви је 1.156,00 m.

Десна тунелска цијев: осовина колосјека је на улазном дијелу десне тунелске цијеви у кривини радијуса $R=20.000,00m$ из које прелази у правац, а на излазном у кривини радијуса $R=3.500,00 m$ са прелазницом дужине $L=150,00 m$. Нивелета колосјека је у једностраном нагибу од 9,5‰ ка излазном порталу. Улазни портал десне тунелске цијеви је на km 56+430,00, а излазни на km57+516,00. Стационаже су дате по осовини лијевог колосјека. Дужина десне тунелске цијеви је 1.086,50 m [2].

3. ГЕОЛОШКА ГРАЂА ТЕРЕНА

Детаљним картирањем терена, истраживањем шире зоне, а посебно допунским истражним бушењем (на профилима у порталима и преко осовине новопроектваног тунела) за Главни пројекат тунела "Чортановци", поуздано су утврђени састав, положај и структурно текстурна својства основних комплекса леса, измјењеног леса, сремске серије и плиоценских наслага. Као основни стратиграфски и литогенетски комплекси сличних својстава, у непосредној зони тунела издвојени су:

- Колувијалне (КО) наслаге (у оквиру тунела просторно мањи, хетерогени и специфичан дио терена – заступљене на излазу тунела),
- Лесни комплекс L, L*, pz (са типским и измјењеним лесом, и " погребеним " земљама – заступљен у предусјецима тунела на улазу и већим дијелом преко тунелских цијеви у надслоју),
- Сремска серија Sg (прелесни делувијално пролувијални материјал – заступљен мањим дијелом у зонама тунелских цијеви, и знатније у надслоју изнад тунелских цијеви). [2].

4. СВИЈЕТЛИ ПРОФИЛ И ТИПОВИ ТУНЕЛСКИХ КОНСТРУКЦИЈА

Осовина тунелске цијеви помјерена је у односу на осовину колосјека за 45 cm и то у лијевој цијеви десно од осовине колосјека, а у десној цијеви лијево од осовине колосјека. Ширина тунела на висини ГИШ-а је 7,51 m, чиме је обезбјеђено растојање сигурносне зоне од осовине колосјека од 3,00 m. Димензије сигурносне зоне су: ширина 80 cm, висина 2,20 m. Пут евакуације, а самим тим и сигурносна зона смјештене су на страни ка сусједној тунелској цијеви. Висина стаза у тунелским цијевима је на висини ГИШ - а. Кабловски канали смјештени су са обје стране колосјека, а канал за одводњу са лијеве стране колосјека, у обје тунелске цијеви. Попречни нагиб бетонске плоче колосјека ка каналу за одводњу је 1%. Максимално надвишење шине у тунелу је 7,5 cm. Укупна корисна ширина тунелског отвора је 8,07 m, а висина (од ГИШ-а) 7,45 m. У оквиру свијетлог отвора тунела предвиђен је резервни грађевинско-технички

простор од 30 cm. Овај простор намијењен је као резерва у случају потребе за каснијим грађевинско-техничким захватима. Контура свијетлог профила дефинисана је са двије кружнице радијуса $R5=3,70 m$ и $R6=7,60 m$, а површина свијетлог профила износи $51,58 m^2$.

4.1 Конструкција у отвореном-Тип 1

Тип 1: намијењен је за дио тунела који се изводи у "отвореном" усјеку (улаз и излаз обје тунелске цијеви). То је армирано бетонска конструкција на плочи, од бетона марке C25/30, минималне дебљине 60 cm. Армирана је арматурним шипкама, и то:

- калота и опорци - главна $\varnothing 20/15$, подиона $\varnothing 12/15$,
- темељна плоча - главна $\varnothing 20/15$, подиона $\varnothing 14/15$.

4.2 Примарна конструкција-Тип 2

Тип 2: је тунелска конструкција са подножним сводом, којом се штити дио тунелских цијеви са надслојем висине 20 до 30 m. Теоретска површина ископа износи $87,22 m^2$. Примарну конструкцију овог типа сачињавају:

- љуска од млазног бетона дебљине 20 cm,
- самобушећа сидра пречника $\varnothing 32 mm$ (пречник крунице $\varnothing 76 mm$), дужине 6,0 m, која су постављена радијално на 1,46 m и подужно на 0,75 m,
- челични троугаони решеткасти лукови тип 50 (висине 10 cm, $\varnothing 30+2\varnothing 20$) на растојању од 0,75 m (у калоти, опорцима и подножном своду),
- арматура коју чине готове заварене арматурне мреже Q524.

4.3 Примарна конструкција-Тип 3

Тип 3: је тунелска конструкција са подножним сводом, којом се штити улазни дио сваке тунелске цијеви и дио тунелских цијеви са надслојем висине 40 до 55 m. Теоретска површина ископа код овог типа износи $90,12 m^2$. Примарну конструкцију овог типа сачињавају:

- љуска од млазног бетона дебљине 30 cm,
- самобушећа сидра пречника $\varnothing 32 mm$ (пречник крунице $\varnothing 76 mm$), дужине 6,0 m, која су постављена радијално на 1,50 m и подужно на 0,75 m,
- челични лукови IPB 160 на растојању од 0,75 m (у калоти, опорцима и подножном своду),
- арматура коју чине готове заварене арматурне мреже Q524.

4.4 Осигурање ископа

Ископ примарне конструкције, као што је већ наведено изводи се у три фазе (калота, опорци, подножни свод). Ископ се изводи машинским путем 95 %, ручно

5 %. Подужна заштита ископа се изводи помоћу цијевног кишобрана, самобушећих сидара и фиберглас анкера.

Цијевни кишобран је елемент подужног осигурања који се уграђује прије самих радова на ископу. Примјењују се код таквог стања стијене и земљаног тла који имају тенденцију изазвања прекопрофилског ископа, урушавања или налета материјала одмах после ископа.



Слика 2. Бушење цијевног кишобрана у тунелу Чортановци, $\text{Ø}114 \text{ mm}$; $L=12 \text{ m}$

Самобушећа сидра - копча су елементи подужног осигурања који се уграђују прије самих радова на ископу. Дужина копча биће најмање 1,0 m дужа од предвиђеног циклуса ископа. Копча су самобушећа ињектирана сидра које се уграђују у зони свода (калоте) тунела, пречника $\text{Ø}32 \text{ mm}$, дужине 6 m, са пречником крунице за бушење $\text{Ø}76 \text{ mm}$. Самобушећа сидра морају имати декларисану силу лома склопа тијело+матица+подложна плоча чија је граница развлачења минимално 280 kN и гранична чврстоћа минимално 360 kN.

Попречна заштита чела ископа изводи се арматурном мрежом Q188 и млазним бетоном C25/30 у дебљини од 3-5 cm одмах након завршеног ископа.

4.5 Секундарна конструкција

Секундарна конструкција је завршна облога тунела, изведена на лицу мјеста. Она повећава фактор безбједности система цјелокупне тунелске конструкције, обезбјеђује уједначену унутрашњу површину и побољшава водонепропусност тунелске облоге штитећи хидроизолацију. Глатка унутрашња површина је потребна да би се омогућио проток ваздуха, из естетских разлога, као и у сврхе освјетљења и одржавања. Секундарна конструкција се изводи у једностраној челичној оплати на покретној платформи. Оплата треба да буде пројектована и изведена од челика, тако да се добију облик, димензије и површинска обрада бетона, према спецификацијама. Пројектом је предвиђена марка бетона за секундарну конструкцију C25/30. Пројектована арматура је заварена арматурна мрежа Q754, те заварени челични лукови 4 $\text{Ø}32 \text{ mm}$.

Арматура секундарне конструкције детаљно је приказана у графичким прилозима.

Изливање темељних греда и конструкције подножног свода треба извести у одвојеним фазама, а прије извођења лука унутрашње облоге тунела. Бетонски темељи са сваке стране употребљавају се као подлога за шину која је потребна за помјерање тунелске оплате. Бетонске темеље треба уградити најмање 7 дана прије постављања оплате за извођење лука секундарне конструкције. Пројектом је дефинисана марка бетона темељне конструкције C25/30, као и бетон испуне C16/20 и главна носива арматура $\text{Ø}20/15$. Темељна конструкција је детаљно приказана у графичким прилозима мастер рада [2, 3].

5. ХИДРОИЗОЛАЦИЈА И ОДВОДЊАВАЊЕ

Овим пројектним рјешењем, предвиђене су, како је то и уобичајено потребне мјере и рјешења да се користан тунелски простор поуздано заштити од појаве подземних или процједних вода. Хидроизолација ће бити изведена на цијелој дужини обје тунелске цијеви. Спољашња хидроизолација формирана је од ПВЦ трака дебљине 2 mm и геотекстила, а преко њих се изводи заштитни слој од бетона C25/30, дебљине 15 cm, који се наноси преко двије арматурне мреже које су повезане решеткастим носачима на растојању од 1,0 m. Између примарне и секундарне конструкције формиран је хидроизолациони плашт, компонован од геотекстила као подлоге чија је тежина 500 g/m² (уграђује се први на површину млазног бетона) и ПВЦ фолије дебљине 2 mm. Оваква композиција одабрана је због тога што за ПВЦ фолију постоје прихваћени тестови квалитета и услови примјене, а у пракси је дала очекиване резултате. Прописно изведена хидроизолација овог типа сигурно и дугорочно штити корисни тунелски простор. Процједне воде, које проналазе путеве и допру до хидроизолационог слоја, посредством подлоге за фолију од геотекстила, утицајем гравитације спуштају се према подножјима на обје стране попречног профила. Ту су постављене дренажне цијеви пречника 200 mm које их прихватају и усмјеравају у систем за одводњу.

Воде и друге евентуално излишене течности са колосјека (могу се појавити приликом прања уређаја и површина интрадоса тунелске конструкције или у случајевима инцидентних ситуација), уводе се у префабриковани одводни канал из ког се спроводе до збирних шахтова.

Код наведеног поступка грађења тунела прихваћено је становиште да се подземне воде прихватају и одводе контролисано.

У сврху прикупљања и контролисаног одвођења подземних вода предвиђен је систем који чине:

- бочне дренаже пречника 20 cm са ревизионим нишама,
- збирни шахтови у зони ревизионих ниша у којима се врши обједињавање вода из бочних дренажа и одводних канала и

- одводни колектор, којим се одводи вода сакупљена у збирним шахтовима.

Контрола функционалности наведеног система одводње може се вршити путем ревизионих шахтова који се налазе испод службених стаза, на мјесту ревизионих ниша у боковима тунелских цијеви.

Функционалност система у експлоатацији зависиће у највећој мјери од квалитетног одржавања [2, 3].

6. ЗАКЉУЧАК

У оквиру рада приказана је анализа Нове аустријске тунелске методе на конкретном пројекту "Реконструкције, модернизације и изградње двоколјечне жељезничке пруге Београд-Суботица-Државна граница, тунел Чортановци". Тунел "Чортановци" пројектован је са двије одвојене тунелске цијеви са сваки колосјек. Дужина лијеве тунелске цијеви је 1.156,00 m, дужина десне тунелске цијеви је 1.086,50 m. У пројекту је приказан технички опис радова, као и детаљан предмјер и предрачун радова у тунелу.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ковачевић, Ј.: Основне концепције нове аустријске тунелске методе, Београд, 2005
- [2] САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП, Београд: Пројекат реконструкције, модернизације и изградње двоколјечне пруге Београд-Суботица-државна граница, 2015.
- [3] Драгомировић, Д. Д.: Тунели-пројектовање и грађење, Универзитет у Београду, 1995.

Кратка биографија:



Раде Стокић рођен је у Добоју 1993. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарство, на усмерењу Путеви, железнице и аеродроми одбранио је 2019. год.
контакт: rdstokic547@gmail.com