



Блаже Дуковски¹, Сашко Смилевски², Слободан Миниќ³

ПРИМЕНА НА БЕТОН СО В/Ц ФАКТОР < 0,45 ПРИ ИЗГРАДБА НА КОЛОВОЗ НА АВТО-ПАТ ВО КАЗАКХСТАН

РЕЗИМЕ

Цел на овој труд е да во најкратки фрагменти се прикаже примената на суви бетони при изградба на бетонски коловози. Работите на автопатот ги изведуваа градежните фирми K-DorStroy AO од Астана (Казакхстан) и Papenburg baugesellschaft mbH од Хановер (Германија). Фирма АДИНГ АД од Скопје (Македонија) на овој проект беше автор на составот на бетон, контролор на квалитетот на бетонот и негово правилно уградување.

Клучни зборови: низок в/ц фактор, цемент без додатоци, суперпластификатор, аерант

¹ дипл.град.инж., АДИНГ АД Скопје

² дипл.град. инж., АДИНГ АД Скопје

³ дипл.град. инж., АДИНГ ДОО Белград

USAGE OF CONCRETE MADE WITH W/C-RATIO < 045 IN CONSTRUCTING PAVEMENT OF HIGH-WAY IN KAZAKHSTAN

SUMMARY

The main purpose of this paper is to show usage of dry concrete in constructing concrete pavements. Construction works for the high-way were carried out by constructing companies K-DorStroy AO, Astana (Kazakhstan) and Papenburg baugesellschaft mbH, Hanover (Germany). Company ADING AD - Skopje (Macedonia) made concrete design, as well as caring out concrete quality control and concrete application control.

Key words: W/C – Ratio, pure cement,, superplasticizer, air-entraining admixture

1. ВОВЕД

Бетонската површина несомнено се јавува како погодна, и како површина која одговара за патишта со големо оптеретување. Бетонските површини благодарение на прераспределбата на влијанијата на оптеретување преку своите независни, а сепак поврзани плочи во конструкцијата, имаат многу добра отпорност независно од температурните влијанија. Дејствата на основните оптеретувања се распределени на голема површина и поради тоа се смалуваат во конечната интерполација. За разлика од патиштата со завршни асфалтни слоеви, а благодарение на прилагодливите особини на бетонот, на патиштата со завршни бетонски коловози нема манифестација на колотрагови, попречни бранови на кочење или деформации од енормни притисоци како оптеретувања. Високите отпорности на бетонот овозможуваат и многу долг век на експлоатација на бетонските коловози. Корисниците на авто-патиштата, односно возачите, добиваат попријатна боја на коловозот како и големата изедначеност на квалитетот на завршната бетонска површина. Освен како завршен елемент во конструкцијата на коловозот на авто-патот, бетонот заради своите високи карактеристики наоѓа примена и на многу оптеретени полетно-слетни писти на аеродроми, платоа во индустриски зони, морски и речни пристаништа, транспортно-експедициони пунктови, стојалишта за тешки возила, камиони, автобуси, патнички и теретни авиони, како и на делници на патишта со наплатни рампи, царински премини и сл.

2. ОПШТО

Во принцип, коловозната конструкција со цементнобетонски коловоз се состои од:

- цементнобетонски коловозни плочи,
- врзив (стабилизиран со врзиво) слој и
- неврзан (механички стабилизирани) слој (тампон).

Цементнобетонскиот коловоз е крута коловозна конструкција во која агрегатот е врзан со цементно врзиво.

Коловозната конструкција со цементнобетонским коловозом мора непосредно да го прими сообраќајното оптеретување и истовремено да го распредели на постелката, без штетни последица за насипот и темелното тло.

Дебелината на коловозната конструкција со цементнобетонски коловоз се одредува според проект, а е во директна зависност од сообраќајното оптеретување кое може да се предвиди во четири категории. Може да се јави со димензии од 10 см до 30 см, како еднослојна или двослојна и како армирана или неармирана.

Цементнобетонска коловозна плоча мора да има по целата широчина иста дебелина и по правило едностран попречен нагиб.

Заради собирањата и затегнувањата како последица на температурните промени, цементнобетонските коловози се делат со подолжни и попречни спојници на цементно бетонски коловозни плочи. Подолжните спојници може да бидат привидни и работни спојници, а попречните спојници може да бидат привидни, просторни и работни.

Привидните спојници овозможуваат да при пречекорување на јакостите на затегање на бетонот пукнатините бидат на точно определено - контролирано место. Се формираат со машинско сечење со засек (зарез) 2 до 24 часа по уградување на бетонот во зависност од температурните и атмосферските услови и завршно со расек (разрез) не пред 7 дена старост на бетонот.

Работните спојници ги раздвојуваат цементнобетонските коловозни плочи по целата дебелина кога се изведува приклучок на нова цементнобетонска коловозна плоча на веќе врзана цементнобетонска коловозна плоча. Кај овие спојници не се остава никаков простор за затегнување, и они ги раздвојуваат цементнобетонските коловозни плочи една од друга по целата дебелина. Завршно се формираат во вид на расек (разрез).

Просторните спојници кои ги раздвојуваат цементнобетонските коловозни плочи по целата дебелина и овозможуваат нивно истегнување се изведуваат само на приклучоците на цементнобетонска коловозна плоча кај објекти (мостови, вијадукти) и при одвојување на цементнобетонска коловозна плоча од крути објекти како што се шахти, ивичњаци и сл.

Димензиите на сите спојници и нивниот распоред утврдени се со нормативи и стандарди за формирање на цементнобетонските коловозни плочи кои се во составот на цементнобетонскиот коловоз.

За пренесување на оптеретувањата и осигурување на висинската положба на бетонските коловозни плочи кај попречните спојници мора да се предвидат можданици, а за спречување на поместувањата на цементнобетонските коловозни плочи кај подолжните спојници се предвидуваат котви (сидра).

Цементнобетонскиот коловоз мора, како за време на уградување на бетонот, така и по изградбата, да се заштити и грижливо негува. Негата на бетонот мора да започне веднаш по завршување на површинската обработка на свежо вградениот бетон. За неа на вградениот свеж и зацврстен бетон се применува навлажнување преку материјали кои одговараат за таа намена како што се јута или асуре, или како многу поефикасно и посигурно се практикува примена на течни хемиски заштитни сретства.

Со хемиските заштитни сретства рамномерно се попрскува површината на цементнобетонската плоча со што се постигнува рамномерност на заштитниот филм, односно затвореност на површината, со што повторно, се врши спречување на брзо губење на влажноста на бетонската маса во процесот на созревање и овозможува умерено темпо на созревање и зацврстување на бетонот.

3. АВТО-ПАТ АСТАНА-ПЕТРОПАВЛОВСК, ВО КАЗАКХСТАН; ДЕЛНИЦА: АСТАНА-ШОРТАНДИ

Во периодот од 04.06. до 01.10.2008 година се вршеше изградбата на втората трака на автопатот Астана-Петропавловск на делницата од Астана до Шортанде со цементнобетонски коловоз од км 7,00 до км 57,4. Авто-патот има 3 сообраќајни траки за движење и една за запирање во едната, како и во другата насока. Широчината на коловозот во едната насока изнесува 14,75 м, а помеѓу двете насоки има остров со широчина од 1,00 м. Работите на автопатот ги изведуваа градежните фирми K-DorStroy АО од Астана (Казакхстан) и Papenburg baugesellschaft mbH од Хановер (Германија). Фирмата АДИНГ АД од Скопје (Македонија) со својот тим на инженери за примена и пласман во изградбата на цементнобетонскиот коловоз беше автор на составот на бетонот, и контролор на квалитетот на бетонот и неговото правилно вградување. Овој труд се

ослонува на кратки описни фрагменти од обемното искуство при изградбата на бетонскиот коловоз.

3.1. УСЛОВИ ЗА КВАЛИТЕТ НА ЦЕМЕНТОБЕТОНСКИОТ КОЛОВОЗ

При составување на условите за состав, квалитет и начин на уградување на бетонската мешавина на завршниот коловоз земани се во предвид постулати од стандардите EN-206, DIN, GOST, можностите на техничките сретства кои се на располагање, како и условите на средината (поднебјето) на кое се гради автопатот.

Во условите кои требаше да се исполнат направени се компромиси помеѓу споменатите стандарди, со цел постигнување најдобар можен квалитет на цементнобетонскиот коловоз.

Помеѓу другите услови, се истакнуваат следните:

Бетонот кој требаше да се вгради мораше да задоволи:

- марка на притисок: МВ 45,0 МПа (после 7 дена 70%)
- марка на советкување: МВ 4,5 МПа (после 7 дена 70%)
- отпорност на мраз М 200 (односно содржина на вовлечен воздух 3,5 до 7%, оптимално 5%)
- водоцементен фактор w/c = 0,42 до 0,45
- чист портланд цемент без додатоци
- бетонска мешавина со четири фракции на агрегат
- максимално зрно на агрегатот 31,5 mm
- slump при производство на бетонот до 4,5 cm
- slump при вградување до 2,0 cm
- транспорт на свежиот бетон во камиони кипери на најголема оддалеченост од 30 km
- дозволен прекин во работата од најмногу 40 минути
- дебелина (висина) на коловозо 25 cm, бетонот не е армиран
- за пренесување на оптеретувањата над спојниците предвидени се можданици и котви
- формирање на спојници според утврден распоред
- максимална дозволена температура во бетонот 30°C
- максимална дозволена температура на воздухот 35°C
- минимална дозволена температура во бетонот 5°C
- минимална дозволена температура на воздухот -3°C
- бараната равност на површината изнесува на 3 m должни ± 3 mm
- едностран нагиб на коловозот за површинско одводнување на врнежите 2%
- завршна површина на коловозот со зарибана текстура
- во случај на поголеми (појаки) атмосферски врнежи моментален прекин на работите

Во наведените услови воглавно се истакнати оние кои што беа клучни при изведбата на бетонскиот коловоз во праксата, што не значи дека имаше и други кои мораа стрикно да се почитуваат.

3.2. СОСТАВ НА БЕТОНСКАТА МЕШАВИНА

После повеќе изработени пробни мешавини со цемента од различни производители, се искристализира рецептурата за бетон која ги задоволуваше сите зададени критериуми за успех на целиот потфат припрема на бетонската мешавина на самата бетонска база, нејзин транспорт, квалитетно вградување и добивање на цементнобетонски коловоз со висок квалитет.

W/C – фактор.....	0,38
Вода.....(kg/m ³)	136,80
Цемент РС 400 DO, ТОО Cementnija zavod Semej.....(kg/m ³)	360,00
Процент на вовлечен воздух.....	5 %
Песок 0 – 5 мм речен природен; 2,64 g/cm ³(kg/m ³)	552,00
Агрегат 5 – 10 мм дробен еруптивец; 2,89 g/cm ³(kg/m ³)	302,00
Агрегат 10 – 20 мм дробен еруптивец; 2,89 g/cm ³(kg/m ³)	524,00
Агрегат 20 – 30 мм дробен еруптивец; 2,89 g/cm ³(kg/m ³)	584,00
Аерант (во разблажена форма)	0,57 %
Суперпластификатор.....	0,70 %

Аерантот во составот на бетонот го обезбедуваше бараниот процент на вовлечен воздух (процентот на пори), а суперпластификаторот **СУПЕРФЛУИД-М1** производ на **АДИНГ АД** од Скопје овозможуваше постигнување на многу низок w/c – фактор, безбеден транспорт на бетонот и конзистенција која задоволува за вградување на самата траса.

3.3. ПОДГОТОВКА И ТРАНСПОРТ НА БЕТОНОТ

Подготовката на бетонската мешавина се вршеше на бетонска база која беше лоцирана на половина од должината на предметната траса со транспорт на свежиот бетон на најголема оддалеченост од 29 километри.

Плацот на кој беше инсталирана фабриката за бетон зафаќаше површина од 35 хектари, оптимален простор на кој беше организиран дотур со железница и депонирање на агрегатот, дотур на цемент во вагони од по 75 тони и депонирање на истиот во силоси, поставен камп со контејнери за складирање резервни делови за механизацијата и прирачни механичарски работилници за ремонт на механизацијата.

Бетонската база е марка TWINMIX 3,00 (SVM) производство на Virtgen од Германија. Базата има две мешалки со зафатнина од по 3,0 m³ за припрема на бетонот и има капацитет на производство од сса 240 m³ бетон за еден час, односно, произведуваше 9 кубика бетон на секои 3 минути со просечно мешање на бетонската маса од 45 секунди. Управувањето на бетонската база е потполно автоматизирано и контролата на точноста на работењето е можна, освен визуелниот преглед на изгледот на мешавината и преку печатено известување што компјутерот го исфрла со сите влезни податоци кои ги употребил при изработката на бетонската смеса.

Транспортот на бетонот е вршен со транспортни камиони кипери кои имаа капацитет од 12 до 15 кубика, но поради направената хомогена периодична динамика за доставување на бетонот до самото место на вградување секој утовар содржеше по 9 кубика бетон. На тој начин е обезбедено временски постојан дотур и истовар на бетон пред комплексот машини кои го извршуваат уградувањето на бетонот во вид на цементнобетонска коловозна лента на автопатот.



Слика 1: фабрика за бетон

3.4. КОНТРОЛА НА КВАЛИТЕТОТ НА БЕТОНОТ И КОНТРОЛА НА ИСПИТУВАЊЕ

Точноста на квалитетот на бетонската мешавина се извршуваше со контролно испитување на самата смеса веднаш по приготвување на истата, потоа испитување на смесата на самото место на вградување и на крајот испитувањата на пробни тела (коцки и призми) во лабораторија.

Испитувањето на свежата бетонска маса се состоеше од контрола на температура на цементот, температура на бетонската мешавина, како и контрола на содржината на вовлечен воздух (процентот на пори) и конзистенција по подготвувањето и пред самото вградување.

Контролните пробни тела се земаат секојдневно на бетонската база и на трасата. Испитувањето на коцки (проверка на јакост на притисок) и призми (проверка на јакост на совиткување) е правено на 7 и 28 дена.

Сите извршени испитувања и контроли на квалитет на бетонот се уредно архивирани во склоп на изведбената документација.

3.5. ВГРАДУВАЊЕ НА БЕТОНОТ

Вградувањето на бетонот се изведуваше со помош на комплекс на машини од типот SP 1500 LP и TCM 1800 на производителот Virtgen од Германија.



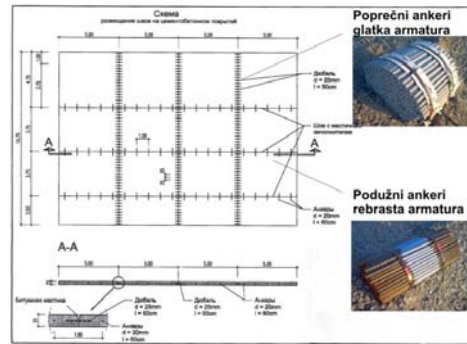
Слика 2. комплекс на машини за вградување на бетонот на самата траса

Технологијата на вградување на бетонот , во вид на завршен изглед како коловоз, започнува со истовар на бетонот од камионите – кипери пред првата машина за вградување која врши распстилање на бетонот во рамки на зададените граници (дефинираната широчина на коловозот) ограничена со лизгачка (клизна) оплата која е монтирана на самата машина.

Првата машина врши распстилање на бетонот во висина од 50% на дебелината на коловозот , а потоа според точно утврден распоред по механички пат се врши втиснување на можаниците и котвите на местата каде покасно во бетонот ќе се формираат спојниците со сечење на бетонот.



Слика 3.: вградување на можданици и котви



Слика 4: распоред спојниците,можданиците и котвите

Во претходно објаснетата постапка можданиците беа од глатка (мазна) челична арматура со попречен пресек 25 mm и должина 50 cm антикорозивно заштитени со специјални епоксидни премази, а котвите се од ребраст челик со попречен пресек од 20 mm и должина 80 cm, исто така антикорозивно заштитени во широчина од 15 cm во средишниот дел.

На машината е монтиран и транспотен елеватор преку кој се врши префрлување на бетонот за вградување на втората половина од дебелината на коловозот со помош на втората машина за вградување, а која се движи на неколку метри растојание позади првата машина. Утоварувањето на бетонот на транспортната трака се врши со помош на утоварувач кој се движи пред првата машина. Временскиот интервал на вградување помеѓу првиот и вториот слој на бетон е многу краток, така што бетонската маса се соединува за неколку минути и на тој начин не се пореметува хомогеноста на бетонската маса во коловозот, туку напротив таа е многу хомогена. Првата машина е опремена и со вибратори кои се паралелно распоредени со правецот на вградување на бетонскиот коловоз, а втората е опремена со вибратори кои работат нормално на овој правец.

Втората машина исто така има монтирано лизгачка (клизна) оплата, а од задната страна опремена е со механичка глетарка која со периодични движења по целата површина на нововградениот бетон извршува завршно изравнување. Веднаш потоа, по свежиот бетон се движи големо платно од јута кое со своето минување врз свежата бетонска површина образува површински зарибана структура, која покасно, после целосното зреење на бетонот ќе создаде квалитетен против-клизен контакт со гумите од тркалата на возилата кои ќе се движат по коловозот.

На крајот од овој комплекс за вградување на цементнобетонскиот коловоз се движи трета машина на која се наоѓаат распрскувачи за нанесување на заштитната течност за неа на бетонот, која во принцип е на база на парафин.

Вградувањето на бетонот се врши без прекин во текот на 24 часа, 6 дена во неделата, со прекин од еден ден за редовен сервис или ремонт на машините за вградување на бетонот или бетонската база.

При изградбата на наведената траса постигнат е просек на производство на бетон од околу 4500m³ бетон за 24 часа, односно околу 1100 m вграден бетон.

3.6. НЕГА НА БЕТОНОТ И ФОРМИРАЊЕ НА СПОЈНИЦИ

Позицијата правилна нега на вградениот бетон кај цементнобетонскиот коловоз е составен и неизоставен дел во процесот на изградба на ваков вид на коловоз. Земајќи во предвид дека ваквите изведби се одвиваат на отворено, под ведро небо, свежо вградениот бетон би бил изложен на нагло губење на влагата под дејство на сонцето и

ветерот доколку не се изврши негова заштита. При процесот на врзување и зреење на бетонската маса многу е важно да се задржи процентот на вода во неговиот состав и на тој начин овозможи правилно извршување на хемискиот процес – врзување на компонентите на бетонот се со цел постигнување на перформансите кои се проектирани и кои се очекуваат.

Исто така, за правилна распределба на напонските состојби во конструкцијата на цементнобетонскиот коловоз задолжително треба благовремено да се пристапи со правилна изведба на спојниците на коловозот, а се во склад со нормативите според стандардизираните прописи.



Слика 5.: изглед на завршната бетонска површина и проце на заштита на свежата бетонска маса



Слика 6.: коловозот непосредно пред пуштање во експлоатација

4. ТРАЈНОСТ НА ЦЕМЕНТОБЕТОНСКИОТ КОЛОВОЗ

Според сите досегашни светски искуства трајноста на цементнобетонскиот коловоз во споредба со коловозот од асфалт или асфалт-бетон е далеку поголема, посебно доколку се работи за места каде климатските услови се такви да во текот на годината има еноормно високи и ниски температури.

Просторот на кој е изградена оваа делница со цементнобетонски коловоз се наоѓа во појас на оштра континентална клима каде во текот на летото температурата се искачува на $+45^{\circ}\text{C}$ под сенка, а во зимскиот период паѓа на неверојатни -40°C . Според досегашните искуства од праксата вакви скокови на температурата за асфалтните коловози не одговараат, туку спротивно, предизвикуваат деформации и оштетувања од поголем обем, кои повторно се поврзани со постојани вложувања за санирање, доработка, или замена на завршните колпвозни слоеви.

Изградбата на цементнобетонскиот коловоз бара инвестиција која е во просек за околу 30 % поголема, но затоа има многу поскупо издвојувања на сретства за време на неговата експлоатација, одржување како и евентуална обнова и репарација. Поради тоа, изведувачите во пракса даваат гаранција на изведените работи од 10 до неверојатни 30 години.

Водечки земји со постојано модернизирање на начинот на изградба на цементнобетонските коловози се САД, Германија и Јапонија.