



TALLINNA
TEHNIKAÜLIKOOL

Ehituse ja arhitektuuri instituut

AS SEMTU POLÜKARBOKSÜLAATSED LISANDID SOOME BETOONITOOTMISES

POLYCARBOXYLATE ADMIXTURES OF AS SEMTU IN FINNISH CONCRETE
PRODUCTION
EA60LT

Üliõpilane: **Kadri Aruoja**

Juhendaja: **Eneli Liisma**

Tallinn, 2017.a.

SISUKOKKUVÕTE EESTI KEELES:

Magistritöö eesmärgiks oli välja selgitada AS Semtu poolt veel arendusfaasis olevate polükarboksülaatidel põhinevate superplastifikaatorite toime põhiliste Soome betoonitootmises kasutatavate lähtematerjalidega. Magistritööst saadud tulemused on olulised kuna AS Semtu üheks tootmisvaldkonnaks on betooni tootmises kasutatavad keemilised lisandid. Kasutatavate materjalide iseloomulikud omadused ja nende võimalikud muutused, nagu näiteks vesi-tsementtegur, tsemendi mineraloogiline koostis, täitematerjali terastikuline koostis ning keemilise lisandi kontsentratsioon ja molekulaarstruktuur mõjutavad oluliselt superplastifikaatorite toimet betoonisegule. Katsed teostati peeneteralise betooniga, kus tsemendi ja liiva suhe oli 1:3 ja vesi-tsementtegur oli konstantselt 0,5. Keemilise lisandi kuivmassi kogused võeti võrdsed ning doseering segusse oli 1% tsemendi massist, et oleks võimalik võrrelda keemilise lisandi mõju suurust erinevate tsementidega valmistatud segudes.

Magistritöö katselises osas ilmnes, et antud peentäitematerjali terastikuline koostis mängib olulist rolli. Selleks otsustati muuta kasutatava peentäitematerjali terastikulist koostist eesmärgiga saada võimalikult granulomeetriliselt ligilähedane kõver CEN-liivale. Muutus täitematerjalis andis soovitud tulemused ning keemiliste lisandite mõju ulatus erinevate tsementidega valmistatud segudes oli märgatav.

Alljärgnevalt on kirjeldatud katsetulemuste põhilised tulemused, mis näitavad millised lisandid annavad häid tulemusi iga kasutatud tsemendiga ning milliste lisandite mõjud segudes on täiesti erinevad. Sobivamate kombinatsioonide korral tehakse soovitud milliseid lisandeid võiks edasi arendada.

Töödeldavus

- Võrreldes lisandita segudega tõusis lisandi mõjul iga tsemendiga valmistatud segude töödeldavus ning lisandite mõju ulatus ning erinevus on märgatav;
- Parainen'i tehases toodetud tsemendiga, CEM II/B-M(S-LL), toimis kõige efektiivsemalt SP4, tõstes töödeldavust 138%. Sama tsemendiga mõjus kõige madalamalt SP2, tõstes töödeldavust 88%. Lappeenranta tehases valmistatud tsemendiga toimis efektiivsemalt SP7, tõstes töödeldavust 103%;

- Tsemendiga CEM I N valmistatud segu töödeldavust tõstis kõige enam SP7, kuni 75%. Teiste lisanditega valmistatud segude töödeldavuse tõus jäi 65% juurde. Seguga, valmistatud tsemendiga CEM I R, toimis kõige paremini SP4, tõstes töödeldavust 79% ning kõige nõrgema mõjuga oli SP2, tõstes töödeldavust 52%. Üldine trend lisandite toimimisel mõlema normaaltsemendiga jääb samaks. Ligi ~24% kõrgem töödeldavus CEM I N tsemendiga tehtud segudes on tänu tsemendi väiksemale veevajadusele, peensusele ja väiksema intensiivsusega hüdratatsiooni protsessile;
- Võrreldes kahte tüüpe tsemente omavahel on CEM II/B-M(S-LL) tsementidega valmistatud segude töödeldavus suurem. See on tänu lisanditele, mis on segatud tavapärase tsemendi klinkriga. Lubjakivi vähendab tsementide veevajadust. Kõrgahjuräbu osakesed aga imavad vähem vett ning on parema hajuvusega tänu millele tõuseb töödeldavus;
- Soome pärituolu tsemendid on 26% suurema veevajadusega kui Läti tsement, tänu millele on segud väiksema töödeldavusega;
- Keemiliste lisandite molekulaarmass ei oma mõju toime efektiivsusele.

Tardumisaeg

- Lisanditega segude tardumise algus ja lõpp, võrreldes lisandita segudega, ei olnud alati edasi lükatud, mis ei tähenda ebasobivat kooslust lisandi ja tsemendi vahel. See annab alust arvata, millise valdkonna betooni tegemises antud kooslus kõige paremini võiks sobida. Näiteks kaubabetooni tootmisel on soovitud kõige enam hilise tardumisajaga betoonisegu. Põranda betooni ja elementide tootmise betooni puhul soovitakse kiire tardumise algusega betoonisegu. Erinevused lisandite mõju suuruses erinevate tsementidega valmistatud segudes on märgatavad;
- Parainen'i tehases valmistatud CEM II/B-M(S-LL) tsemendiga valmistatud mördisegude tardumisaja alguse ja lõpu lükkavad lisandid rohkem edasi kui Lappeenranta tsementi kasutades. Parainen-i tehase tsemendiga valmistatud segu tardumisaja algust lükkab kõige enam edasi SP7, kuni 260 minutit. Samal ajal kõige vähem lükkab tardumisaja algust edasi SP2, kuni 165 minutit. Lappeenranta tehase tsemendiga toimib samuti SP7 kõige efektiivsemalt. Kombinatsioonid on sobilikud kaubabetooni tootmiseks;

- CEM I N(Cemex) seguga lükkab tardumise algust enam edasi SP3, kuni 170 minutit. Sama tsemendi ja SP4 kombinatsiooniga algab tardumine aga 20 minutit varem, kui lisandita segu tardumine, kuid tardumisprotsess on kuni 100 minutit pikem. CEM I R (Finnsementti) mördisegus toimib samuti SP3 kõige efektiivsemalt, lükates tardumise algust edasi 70 minutit. Võrreldes CEM II/B-M(S-LL) mördisegude tardumisaegadega algab CEM I tsementidega valmistatud segude tardumine varem ning seetõttu on sobilik elemendi betooni tootmiseks, kus kiire tardumine on eelistatud;
- CEMII/B-M(S-LL) tsementidega valmistatud mördisegude tardumisaeg on ligikaudu 50 minutit pikem tänu 20% kõrgahjuräbu lisandile tsemendi koostises.

Survetugevus

- Keemiliste lisandite katsekehade survetugevused ei olnud alati suuremad kui lisandita katsekehade survetugevused ning tulemustes on märgata lisandite erinevat mõju;
- Lisand SP2 tõstab survetugevust kuni 18% katsekehades, mis on valmistatud nii CEM I kui ka Parainen'i tehase CEM II/B-M(S-LL) tsemendiga. SP7 on kõige nõrgema toimega, ning alandab tugevust kuni 15%. SP3 manustab lisa õhku mördisegudesse, mistõttu on survetugevus 16-29% madalam CEM I ja Parainen'i tehase CEM II/B-M(S-LL) tsemendiga katsekehades. Küll aga ei mõju lisand SP3 negatiivselt Lappeenranta CEMII/B-M(S-LL) tsemendiga tehtud katsekehale, kus survetugevus on sama kui ilma lisandita katsekeha survetugevus;
- Molekulaarmassid ei ole olulise mõjuga katsekehade survetugevusele. Nii keskmise kui ka kõrge molekulaarmassiga lisandid on sarnase mõjuga. Ilmselt on olulisemaks polümeeride külghelate pikkused või tihedus;

Lähtudes saadud tulemustest tõstab lisand SP4 CEM I ja Parainen'i CEM II/B-M(S-LL) segude töödeldavust, mis säilib ajas, ning on antud kombinatsioonid võiksid olla sobilikumad kaubabetooni tootmises. Samuti sobib lisand SP4 põrandabetooni tootmiseks, kus tardumise kiirus on olulise tähtsusega. Töödeldavus lisandiga SP4 ja Lappeenranta CEM II/B-M(S-LL) tsemendiga tehtud segus on rahuldav, kuid langeb jõudsalt aja möödudes. Lisaks on see kiire tardumisega ning kiire survetugevuse kasvuga, mistõttu võiks olla sobilik elemendi betooni tootmiseks. Kombinatsioon Parainen'i CEM II/B-M(S-LL) tsemendi ja lisandiga SP2 sobiks samuti elemendi betooni tootmiseks.

Kuigi katsete põhjal annab lisand SP4 suurepäraseid tulemusi iga tsemendiga, ei pruugi see ilmnedagi olukorras. Kõik materjalide karakteristikud mõjutavad lõpuks betooni lõplikke omadusi nii vedelas kui ka kivilinenud olekus. Sellest tulenevalt peaks iga betoonitootja arvestama oma kasutatavate materjalide iseärasusi ning sellest lähtuvalt valida sobiva keemilise lisandi segu tootmiseks.

SUMMARY OF MASTER THESIS:

The aim of this study was to find out the performance of polycarboxylate SPs of Semtu Oy, which are still in the development phase, with commonly used cements in Finnish concrete industry. It appeared, the particle distribution of fine aggregate had a significant impact on analysing the performance of SPs. Therefore, to get a clear understanding of the effectiveness of SPs, an aggregate was created with particle distribution similar to CEN sand. The dry mass of SPs was constant and added amount of SP to the mixture was constant 1% of the mass of cement to examine the effect of the SPs. Some SPs had different effects on mortar mixtures made different cements.

The range of effectiveness does not only depend on the characteristics of the chemical admixture, but is highly influenced by all the properties of used materials. The influence of the admixture was not always positive. In some cases, the properties of a fresh mixture or hardened specimen, compared to specimens or mixtures without chemical admixture, was not sufficient. From the results, it appears one SP is highly compatible with all cements. The main outcomes are described below and in the end, further development suggestions are made concerning the most compatible combinations of SPs and cements.

Workability

- SPs increased workability in every mixture made with CEM I and CEM II/B-M(S-LL) cements;
- SPs have different effect on the workability of mortar mixtures, made with CEM II/B-M(S-LL) cements, which are manufactured by different factories in Parainen and Lappeenranta. The combination of SP4 and cement from Parainen had the best result, increasing workability up to 138%. However, the combination with SP2 had the lowest increase up to 88%. The combination of SP7 and cement from Lappeenranta increased workability up to 103%;
- SPs have different range of effectiveness in increasing workability of mortar mixtures made with CEM I cements. The combination with CEM I N (Cemex) and SP7 had the best results, increasing workability up to 74%. Other SPs increased workability around 65%. The combination with CEM I R (Finncement) and SP4

was the highest, up to 79%. With SP2 CEM I N had the lowest increase in workability, which was up to 52%. It can be said that the SPs have the same range of effectiveness with both cements. The higher workability of CEM I N is due to lower water demand and lower Blaine fineness and slower hydration process;

- The workability of CEM II/B-M(S-LL) cements is much higher than with CEM I cements. That is due to their mineral additions in the clinker – limestone and blast-furnace slag. Limestone reduces the need for water for cements. Blast-furnace slag particles adsorb little water and with better particle distribution increases workability;
- Finnish origin cements demand 2-6% more water in the mixture compared to Latvian origin cement and therefore have lower workability;
- The molecular weight of SPs does not seem to have a major influence. SPs with high and medium molecular weight both have the same range of effectiveness.

Setting time

- SPs did not always prolong the initial and final set of mortar mixtures compared to mixtures without SP. However, it does not necessarily mean there are incompatible combinations. For general ready-mix concrete production, it is preferred mixtures where initial and final set are substantially prolonged. However, in concreting floors or pre-cast element production, setting of the concrete is expected to occur quickly. The different effectiveness of SPs is evident;
- The SPs prolong the initial and final set much longer with a cement manufactured in Parainen factory, compared to cement from Lappeenranta factory. The combination with Parainen cement and SP7 is the most effective, prolonging initial set up to 260 min, whereas the least effective combination with SP2 prolongs initial set up to 165 min. With Lappeenranta SP7 is also the most effective. It can be said these combinations are more suitable for ready-mix concrete production;
- Combination with CEM I R and SP3 prolongs the initial set the longest up to 170 min. With CEM I N cement and SP3 combination is also the most effective, prolonging initial set up to 70 min. However, with CEM I N and SP4 the initial set occurs about 20 min earlier, however the setting time is longer and final set is reached 100 min later. Compared to CEM II/B-M(S-LL) results, these cement and SP combinations are good for pre-cast concrete production, where very quick setting of the mixture is preferred;

- Even though the setting times for all cements are quite similar, with CEM II/B-M(S-LL) cements the duration is slightly longer (~50 min), which is due to a 20% addition of blast-furnace slag in the mixture;

Compressive strength

- SPs did not always increase the compressive strength of specimens and the differences in the effectiveness are rather surprising;
- With both CEM I and CEM II/B-M(S-LL) from Paraisten factory cements, SP2 has the best impact on strength (up to 18%). SP7 decreases strength up to 15%. SP3 entrains air into mixtures, which causes up to 16-29% decrease in compressive strength for both CEM I cements and CEM II/B-M(S-LL) cement from Parainen. With cement CEM II/B-M(S-LL) from Lappeenranta and SP3 combination gives the same strength to specimen without SP (40MPa);
- The molecular weight of SPs do not seem to have a major influence either. SPs with high and medium molecular weight both have the same range of effectiveness. Most likely their other characteristics, such as chain length or density, have a more dominant effect. SP3 with medium molecular weight entrains air to the mixture, while SP2 with the same weight has very positive effects on mixtures.

Based on the outcomes for CEM I N, CEM I R and CEM II/B-M(S-LL) from Paraisten factory, SP4 has the most significant effect on workability that does not decrease in time and is best suitable for ready-mix concrete. With additional fast setting, makes it suitable for floor concrete works, where high workability during placing and fast setting is expected. Workability of cement CEM II/B-M(S-LL) from Lappeenranta factory with SP4, is decent but decreases quickly, has fast setting time and high compressive strength growth, which is best suitable for pre-cast concrete production. Combination of Paraisten cement and SP2 is most suitable for pre-cast concrete production. Workability is decent enough and setting occurs quite quickly with high compressive strength.

According to results, one SP works well with all used cements, but it is not always the case. Concrete manufacturers should take these statements into consideration when designing a concrete mixture – determine the SP that is most compatible with materials used in the production of concrete.