



פרוייקט בניית קאנו מבטון

התחרות הארצית של איגוד המהנדסים בישראל

סטודטים:

עופרי כרמל,

סרגיי ז'ילינסקי,

שירי שפיר.

פרופ':

פרופ"ח קונסטנטין קובלר

תוכן עיניינים

3.....	הקדמה
4.....	הרעיון
5.....	האתגרים שבדרך
5.....	המטרה
5.....	לצאת הקופסא
6.....	משך הפרוייקט
6.....	שיתוף פעולה – חברת פוליביד
6.....	סקר ספרות
7-8.....	תכן ואנליזה
9-12.....	הטכנולוגיה הלכה למעשה
	תכנון הקאנו והתאמת הטכנולוגיה
13-17.....	יציקה ראשונה
18-20.....	יציקה שניה
21.....	תמונות מהתחרות
22.....	הצוות



מנהל המהנדסים | **לכידה ותשתית בישראל (לער)**
 רשות התעופה והאווירונאוטיקה במסגרת התוכנית "מבטון"

איגוד המהנדסים לבנייה ותשתיות בישראל ועיריית מעלות תרשיחא מזמינות את הקהל הרחב

תחרות סטודנטים לבניית סירות קאנו מבטון

חזה"מ פסח | 11.4.2012, 11:00-13:00 | אגם מונפורט במעלות

הפעילות פתוחה לקהל הרחב ללא תשלום.
 במסגרת התחרות תערך פעילות לילדים וכל המשפחה ללא תשלום




הקדמה:

ארגון המהנדסים בישראל מקיים בפעם השנייה תחרות ארצית לבניית קאנו מבטון. המטרה לבנות קאנו מבטון באורך כולל של חמישה מטרים ולהשיטו לקו הסיום במקצה תחרותי ספורטיבי.

תחרות זו עודדה אותנו לחקור וללמוד טכנולוגיות חדשות בתחום יצירת הבטון ולייצר סירת קאנו המבוססת על חדשנות טכנולוגית ובנויה לראשונה מבטון מוקצף עם פוליסטירן. הניסיון למצוא פתרון יצירתי לתחרות עתיקת ימים זו שמתקיימת בארה"ב כבר שנים ארוכות הוכתר בהצלחה!

הרעיון

בפרוייקט בחרנו להשתמש בטכנולוגיה הייחודית של בטון מוקצף עם אגרגט קל בשילוב עם שריון יחודי ורשתות לולים ליצירת הגיאומטריות המורכבות של הקאנו. הבחירה בטכנולוגיה זו אינה בחירה סטנדרטית מכיוון שהשימוש הנהוג בשילוב המרכיבים הנ"ל, מיושם בדרך"כ למטרות בידוד ואקוסטיקה. כאן בפרוייקט בחרנו להשתמש בהרכב זה לבניית קונסטרוקציה דופן דקה. בחרנו בטכנולוגיה זו כדי לאתגר את עצמנו ולחקור את התנהגות והתפקוד של חומרי הבנייה בתנאים לא שיגרתיים, עם עומסים משתנים בתפקודים מגוונים. לצורך העמקת החקר בוצעו שתי יציקות קאנו השונות בדרך הביצוע של אותה טכנולוגיה - יציקה הפוכה ויציקה ישירה ללא טפסה. שתיהן עמדו במבחן התוצאה.



האתגרים שבדרך

באופן טבעי, כאשר עולה סוגיית המשקל והשאלה איך לייצר את מנגנון הציפה של הסירה, התשובה המתבקשת היא בעזרת "אוויר כלוא" או כל חומר אחר שיכול ל"צוף". החומר הפופלארי והמוכר היטב לכולם הוא קלקר או בשפה המיקצועית "פוליסטירן מוקצף". מסתבר שהבעיה או יותר נכון הבעיות בלייצר רכיב קונסטרוקטיבי כלשהו המכיל אגרגט קל משקל מסוג קלקר, הן לא מעטות. (לדוגמא בעיית הסרגציה, ערבול והזרימה). למען הסר ספק אין בעיה טכנולוגית או פיזיקלית לייצר סירה מבטון 'רגיל' והדבר נוסה לפני שנים ארוכות. סירות בקנה מידה גדול ניבנו מבטון משוריין ועמדו בכל הדרישות התיפקודיות והמכאניות. הגיאומטריות המורכבות של הקאנו היוו את האתגר הגדול ליישום הטכנולוגיה על מוצר לא שיגרתי זה.

המטרה

המטרה היתה לתכנן ולבנות את המוצר (סירת הקאנו) בטכנולוגיה של בטון מוקצף עם השיריון היחודי והקל במיוחד כך שיהפכו ביחד (הבטון והשיריון) ל Composite Materials. הרכב זה מאופיין בתכונות מכניות גבוהות ביחס למשקל, בידוד תרמי אדיר, ויחס זמן ביצוע מעולה. (משקל ה 216 C.M ק"ג למ"ק, פחות מעשירית ממשקל הבטון למ"ק).

לצאת מהקופסא

החידושים בטכנולוגיה עתיקות יומין של יציקות הבטון הם בדר"כ מצומצמים. ואולם, בלית ברירה, בעטיים של משאבים מוגבלים על כדור הארץ שלנו והרצון למצוא פתרונות ירוקים של מיחזור וחיסכון באנרגיה, עלה רעיון זה שכרגע מתפתח במספר מדינות באירופה. כיום נבדקת הטכנולוגיה הזאת גם במדינות אפריקה כפתרון לבנייה מהירה וייצור מבנים בעלי בידוד תרמי גבוה.

משך הפרוייקט

הידיעה בנוגע לתחרות הגיעה בתחילת חודש דצמבר 2011 .

יום לאחר מכן נעננו לאתגר..

הפרוייקט נמשך כשלושה וחצי חודשים ובסיומו, בתאריך ה-12 למרץ 2012 , התקיים הפנינג באגם המונפורט במעלות. הארוע כלל את הצגת הסירה, פרוט הטכנולוגיה ומשט תחרותי. הפרוייקט התנהל עפ"י הכללים המקובלים של ניהול פרוייקט בתחום הבנייה וכלל: למידה וסקר ספרות, ישיבות צוות, סיעור מוחות, קביעת אסטרטגיה ויצירת שיתוף עם מפעל פוליביד, תכנון לוחות זמנים, תכן ואיפיון המוצר, הביצוע, תיקצוב והכנה לתחרות.

שיתוף הפעולה – חברת פוליביד

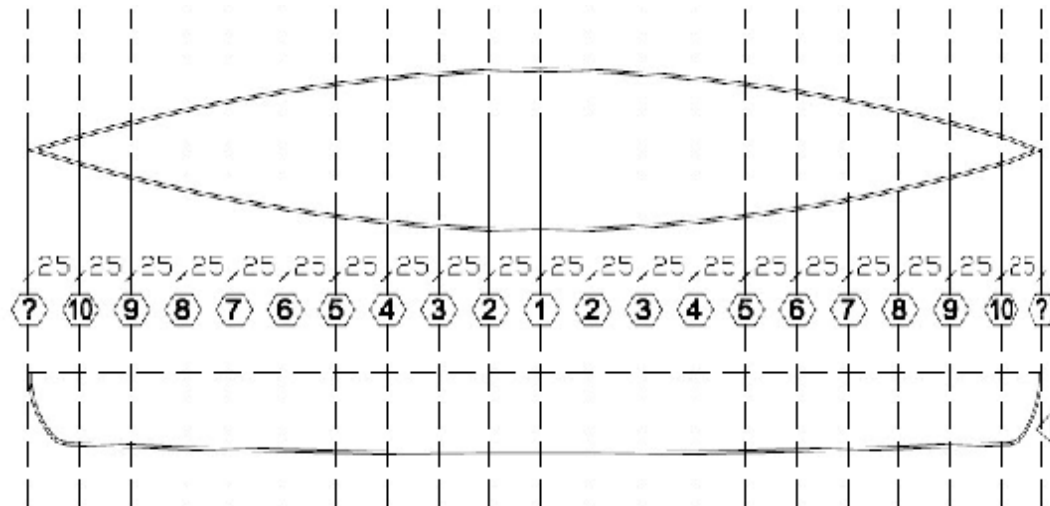
פוליביד הנו היצרן הגדול בארץ למוצרי קלקר (פוליסטירן מוקצף) אתרי הייצור של פוליביד כמו גם מערך השיווק והמחסנים, מרוכזים בקיבוץ משמר הנגב שהוא גם בעל החברה. בפוליביד מועסקים כ-150 עובדים במחלקות השונות של המפעל. החברה תרמה מהמשאבים והידע בנושאי הבטון המוקצף ותודתינו העמוקה למר גיא נני המהנדס הראשי.

סקר ספרות

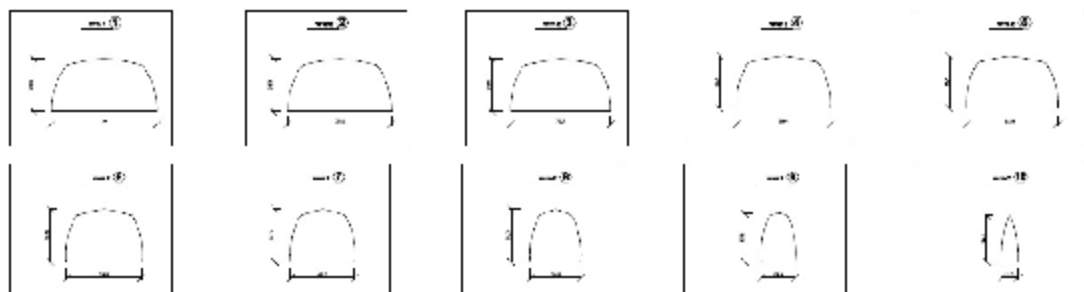
סקר הספרות עסק בעיקר בלימוד עקרונות האיזון הדינמי של הקאנו, עקרונות הזרימה על מבני קאנו ובחירת החתך שיקבע את Primary stability and Secondary stability של הקאנו. בנוסף התבצע התבצע תהליך לימודי לגבי תחרויות דומות המתקיימות במדינות אחרות בעולם.

תכן ואנליזה

התכנון התבצע בתוכנת AutoCAD



החתכים הומרו לשפת מכונה לצורך גילוף התבנית מקלקר



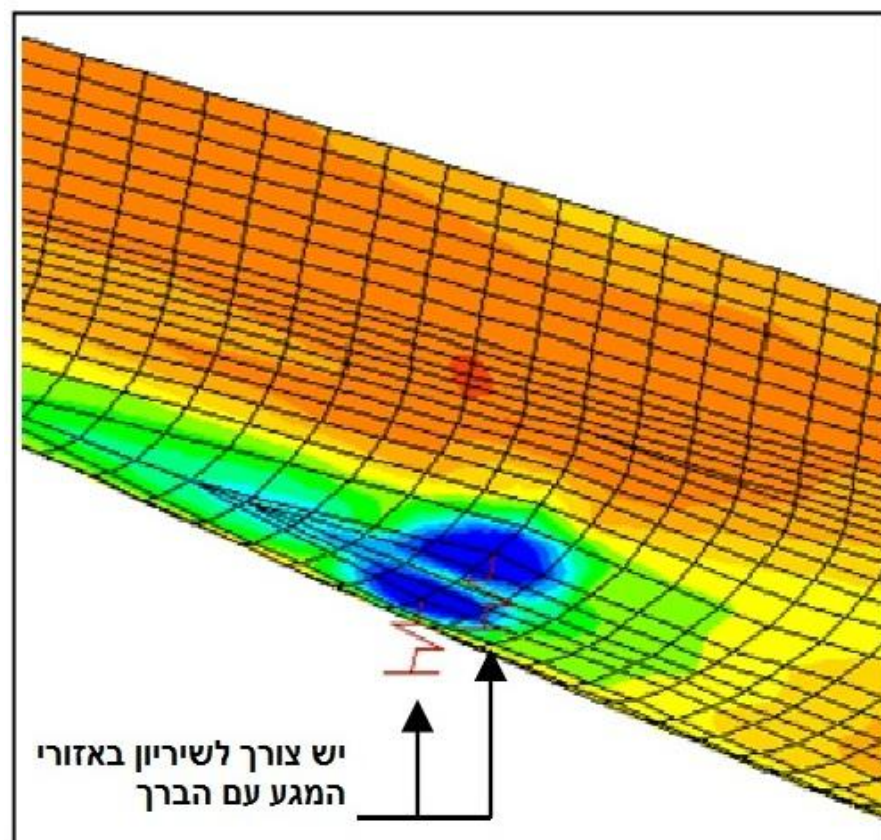
לאחר חיתוך ממוחשב בעזרת חוט להט:



בשפת מכונה:



סכנת כשל באזורי הישיבה (כוחות מרוכזים בזמן דריכה וכריעה בקאנו)



הטכנולוגיה הלכה למעשה

מבנה גאומטרי מרחבי המשמש כשיריון ראשי מכוסה משני צידיו ברשתות לולים. הרשתות משמשות כטפסות משני צידיו של המבנה המרחבי. סומך התערובת של הבטון מתוכנן כך שיחדור ויכנס דרך החורים של רשתות הלולים אך ישאר כלוא בתוכה – כלומר אין צורך בטפסות! הבטון מוקצף עם האגרגט הקל בערבל בעל ראש מיקסר מיוחד ובדומה לטיח טרמי. התערובת מוזרמת בעזרת משאבה דרך צינור השמה לתוך האלמנט המרחבי דרך רשתות הלולים. סיום התהליך מצריך טיוח קל על האלמנט (ומתבצע תוך כדי הזרקת הבטון לאלמנט).

המיבנה הגאומטרי



דוגמא לשיריון קיר לפני פרישת רשתות הלולים



האלמנט כולו משמש לשיריון הרצפה (או התקרה) העמודים והקורות,
הגיאומטריה המיוחדת של מאין מסבך רציף ("שטאנצ") מאפשרת זרימה טובה
של הבטון המוקצף

ניתן לבצע חיזוקים במידת הצורך





מצב סופי לפני טיוח

בתמונה הבאה ניתן לראות את המצב הסופי לאחר הזרקת הבטון לתוך התוך האלמנט



הביצוע

יישום הבטון המוקצף ע"י פועל שמחזיק צינור המזרים את הבטון בעזרת משאבה הדומה למשאבה של טיח טרמי. הפועל ממלא את דופן הקיר עד אשר הבטון מתחיל לגלוש מצידו השני של האלמנט (הקיר). בצד השני פועל אחר המטייח תוך כדי העבודה.

יישום הבטון בהזרקה



מכונת התזה ('הזרקה') לבטון המוקצף





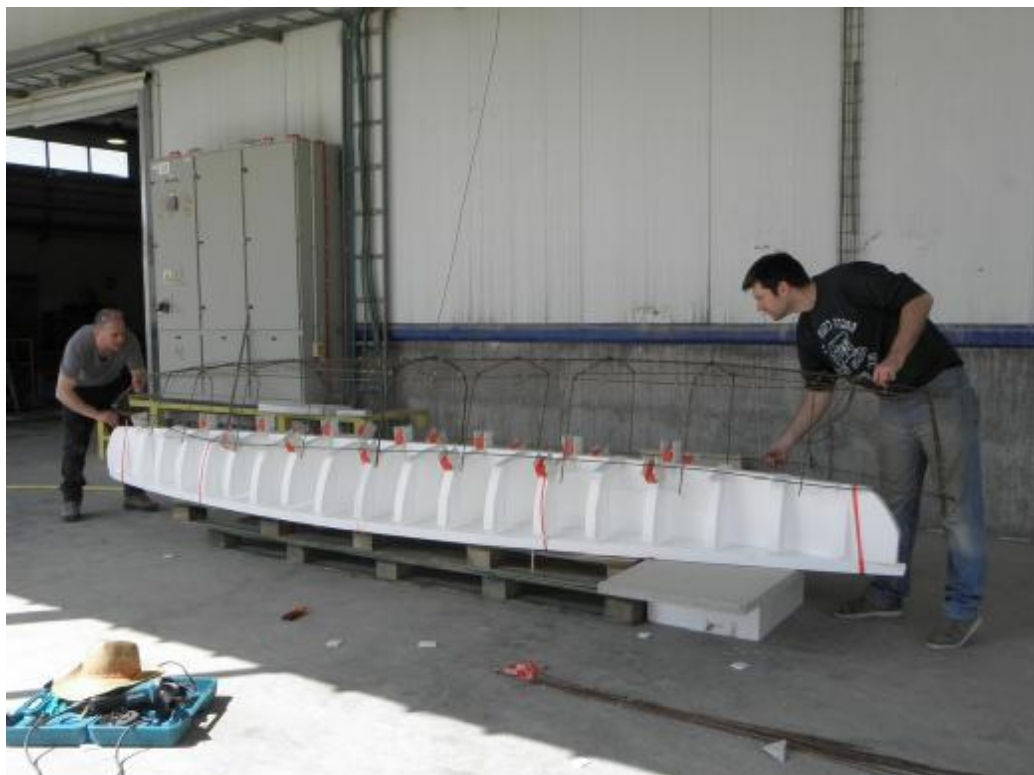
תכנון הקאנו והתאמת הטכנולוגיה לבנייתו

ביצוע יציקה ראשונה – יציקה הפוכה (חיתוך והרכבה התבנית)

בתמונה מוצגת התבנית הפנימית העשויה מקלקר לאחר הרכבת החתכים.



בניית הברזלנות נעשתה על תבנית הקלקר



בניית שלד מפלדה על גבי הגיאומטריה המתוכננת



מתיחת רשתות לולים





הכנת הקאנו להזרקת הבטון בתבנית הפוכה



הזרקה הבטון לתוך הקאנו בעזרת משאבה





המוצר הסופי – יציקה ראשונה



יציקה שנייה - ללא טפסות כלל וללא תבנית

נבנה כלוב שיריון מפלדה עם צלעות חיזוק בצורת מסבכי גשר ששימשו גם כספייסרים ליציקה. הכלוב נעטף ברשתות לולים משני צידיו והבטון שהוזרק נכלא בין הרשתות.



צלעות חיזוק



לאחר הזרקת הבטון



המוצר הסופי - יציקה שניה



שני המוצרים



תמונות מהתחרות



הסבר לשופטים..



הצוות



עופרי כרמל,

שירי שפריר,

סרגיי זילינסקי.

הפקולטה להנדסה אזרחית בטכניון, חיפה.

אפריל 2012