

3. עקרונות החישוב *

פרק זה לא עוסק בחישוב הסטטי עצמו (ראה פרק 8) אלא ב"מה המשמעות ומה התוכן" של חישוב סטטי באלמנטים מבטון מזוין. ה"עקרון" בחישוב אינו יותר מאכרזה על טכניקת הוצאה לפועל של דרישות התכן. בדרך כלל העמידה בדרישות התכן תהיה באמצעות חישוב. כאשר הסכימה הסטטית ברורה וכאשר עוסקים בחומרים אשר תכונותיהם מפורטות ומוגדרות היטב באמצעות התקנים, הדבר ייעשה באמצעות חישוב סטטי. זה נכון כאשר מדובר בתכנון מבנה חדש וגם כאשר מדובר בבדיקת מבנה קיים (בו לרוב קיים הקושי של אימות ברמה סבירה את איכות החומרים ממנו עשוי המבנה ולפעמים אפילו בשיחזור הסכימה הסטטית לפיה תוכן המבנה). האלטרנטיבה לחישוב היא ניסויים וזה בהעדר היכולת לאמת בדרך חישובית את תפקוד הסכימה הסטטית (או אולי היא כלל לא מוגדרת באופן ברור) או קיימת אי ודאות ביחס להתנהגות החומר. יישום ניסויים כאלטרנטיבה לחישוב הינה מורכבת ביותר ובדרך כלל פעולה ברמת מומחים.

3.1 חישוב במצב גבולי של הרס

בפרק 2 הוגדרו מספר מצבים גבוליים של הרס. העיקרון בחישוב למצב גבולי של הרס הינו: הבטחה באמצעות חישוב כי המבנה, או חלקים ממנו, לא יגיעו למצב גבולי של הרס. אם ההטחה במצב גבולי של הרס סומנה ב S_d והחוזק במצב גבולי של הרס סומן ב R_d , הרי שהמטרה היא להוכיח חישובית כי:

$$R_d \geq S_d$$

הסימון של השניים הוא מוכלל. S_d יכול להיות ערך סטטי – כוח גזירה, או כוח צירי או מומנט או ר יאקציה, אבל הוא יכול להיות גם הטרחה ברמת מאמץ – מאמץ תכן מחושב. באותה המידה יכול R_d להיות חוזק (resistance) באמצעות כוח תכן מוכלל או חוזק תכן מוכלל. באיזו רמה מבוצע החישוב הנ"ל, אשר ניתן לראות כ"עימות חוזק מול הטרחה", תלוי בפורמט החישוב, לדוגמה – בפורמט החישוב של גזירה על פי חוקת הבטון אשר היתה בתוקף עד שנת 2001, היה מקובל לחשב מאמץ תכן בחתך ולבדוק אותו מול חוזק תכן בגזירה. לפי חוקת הבטון החל ברביזיה ב 2003 והילך, פורמט החישוב יהיה "הטרחת כוח גזירה בחתך מול חוזק תכן של החתך". אין בכך שום הבדל מהותי – זהו פורמט של הוצאה לפועל של חישוב.

ברמת הדיון העקרוני דנים במספר לא קטן של מצבים גבוליים. בתכנון הרגיל, לגבי המכלול הגדול של מבנים מסתפקים במצבים הגבוליים הבאים עבור מצב גבולי של הרס: אבטחת היציבות ואבטחת חוזק האלמנטים והחתכים.

* פרק זה בספר מעודכן לאוגוסט 2010

חוזק האלמנטים והחתכים שלהם מובטח כאשר מובטח כי החוזק (R_d) לא יפחת מהערך הסטטי (S_d) שהופק בחישוב סטטי על פי שיטת חישוב שנמצאה לגיטימית לגבי אותו מבנה או אותה סכימה סטטית או אותו אלמנט . עבור דיון בחישוב הסטטי ראה פרק 8 .

בעיית בדיקות יציבות באלמנטים מבטון מזוין הינה מורכבת . בחלק מהמקרים חישוב סטטי אלסטי ליניארי יספיק . בחלק אחר לא יהיה מנוס מלהביא בחשבון את ההשפעות ה לא ליניאריות, כגון – החלשת חלקי המבנה עקב סדיקה , אי ליניאריות של החומר וכו' . במשפחת הבעיות הזאת לא יהיה ניתן לחפש את העומס הקריטי כ eigen value problem אלא יש לחפשו בתהליך המייגע של אנליזה לא ליניארית איטרטיבית בצעדים עד הגעה לאי יציבות או כשל מטעמים אחרים . המימדים הגדולים יחסית של אלמנטים מבטון מזוין הנגזרים מצרכי דרישות החוזק רק לעתים רחוקות יביאו את המבנה לקרבת כשל עקב העדר יציבות (גם אם מי שהוא יתעקש לתכנן מבנה רב קומות כאשר האלמנטים המקשיחים הם מסגרות , אשר רגישות ליציבות מבחינת כוחות אופקיים לפחות , הוא ייוכח מהר מאד כי המידות הגיאומטריות של חלקי המסגרות ייהפכו לבלתי מתקבלות על הדעת מבחינת עיצוב המבנה והדרך הזו תינטש עוד לפני העמדת מבחן היציבות).

כמובן שכל החישוב במצב גבולי של הרס מבוצע כאשר העומסים האופייניים מוגדלים במקדם בטחון חלקי לעומס (עומסי תכן) והחוזקים האופייניים מוקטנים במקדמי בטחון חלקיים לחוזק (חוזקי תכן) . האות d באה לסמל את מצב החישוב הזה.

3.2 מצב גבולי של שרות

כפי שיתברר מהאמור בפרק 19 יש יותר מדרך אחת להבטיח תיפקוד במצב שרות, יחד עם זאת ה"עקרון" החישובי הוא כי יש להבטיח את המצבים הגבוליים של מצב שרות באמצעות חישוב.

המינימום אשר יש להבטיח לגבי עמידה במצב שרות הוא אבטחה בפני סדיקה יתירה ובפני שקיעה יתירה (ולפעמים – מאמצים מקומיים).

החישוב ייעשה לגבי המצב הגבולי בעליל, כלומר - במצב שרות . למשואה $S_k \leq R_k$ יש משמעות אחרת והיא : עבור הטרורות ברמת מצב שרות (S_k) תיבדקנה התגובות, למשל סדיקה ושקיעה, אשר לא תעלנה על המותרות במצב שרות (R_k).

כמובן שאם עבור מצב גבולי של הרס התשומה לחישוב באה מתוך חישוב סטטי (כמפורט בפרק 8) חישוב זה יהיה תואם גם עבור אבטחת מצב גבולי של שרות (כמעט תמיד זה יהיה חישוב אלסטי ליניארי אלא אם כן במצבים מאד חריגים יהיה צורך להתבסס על מתכונת חישוב אחרת). מרכיבי העומסים אשר יש להתחשב בהם בהתייחס למצב גבולי של שרות לא תמיד יהיו אלה אשר במצב גבולי של הרס ויש לדון כל מקרה לגופו.

העובדה אם יש חליפים לחישוב עבור אבטחת מצב גבולי של שרות תידון
במפורט בפרק 19 .