

רכיבים במערכות צמ"א

לעבודות בגובה

א. הגבלת מרחק הנפילה במערכות בלימה

המהירות שצובר גוף נופל כלשהו גדלה בהשפעת תאוצת ה-g (הנובעת מכוח הכבידה) - ככל שעולה הגובה שממנו נופל הגוף. יחד עם המהירות גדלה גם האנרגיה הקינטית שצובר הגוף הנופל. גם גופו של אדם, המצויד במערכת צמ"א לבלימת נפילה, צובר אנרגיה קינטית - הגדלה ככל שגדל המרחק מנקודת הנפילה ועד לבלימתה. המרחק שעובר הגוף הנופל מגביר גם את כוח הבלימה המופעל ברגע הבלימה על כל חלקי המערכת: על אמצעי הקשירה, על נקודת העיגון שבקצהו האחד, ועל גוף העובד הרתום בקצהו השני (איור 56).

כוח בלימה גדול מדי עלול לגרום לקריעת אמצעי הקשירה או להינתקות החיבור בינו לבין נקודת העיגון, ובעיקר - לפגיעות ולנזקים לגופו של העובד. זאת, כאשר מאמצי הלחיצה המועברים לגוף, באמצעות רצועות הרתמה, גדולים מכיושר הספיגה של אברי הגוף הבאים במגע עם הרצועות.

רקמות הגוף - השרירים, הגידים, העצמות וכד' - מסוגלות לספוג רק כמות מסוימת של אנרגיית נפילה, המועברת אליהן, בזמן בלימת הנפילה, דרך רתמת הבטיחות. בלימה לאחר נפילה קצרה, ע"י חבל/רצועת קשירה, יכולה להיספג ע"י גוף האדם מבלי לגרום לו נזק. אבל, בלימה לאחר נפילה מגובה גדול עלולה לגרום לנזקי גוף. לכן, כאשר משתמשים בצידוד מגן אישי לעבודות בגובה - חייבים, קודם כל, להגביל את מרחק הנפילה עד להתחלת הבלימה.

כאשר משתמשים במערכת מיקום בעבודה (שאיננה מיועדת לבלימת נפילות!) כדי לייצב את גוף העובד ולמנוע את נפילתו מעמדת העבודה - במיוחד במקרה של החלקת הרגליים - נדרש, גם ע"פ תקנות הבטיחות לעבודה בגובה, להגביל את מרחק הנפילה, עד לבלימה, ל-50 ס"מ, לכל היותר. יש לזכור כי חבל הקשירה במערכת כזאת איננו מצויד בבולם זעזועים או במפזר אנרגיה, וגם איננו צריך להיות מצויד בהתקנים האלה. לעומת זאת, במערכת לבלימת נפילה - שבה חייבים לשלב בולם זעזועים/מפזר אנרגיה - אפשר להתיר הפרש גובה גדול יותר לנפילה עד להתחלת הבלימה. בולם הזעזועים או מפזר האנרגיה, המשולבים באמצעי הקשירה או בחלק אחר של המערכת, מקטינים את כוח הבלימה עד לגודל שאותו מסוגל גוף האדם לספוג. כוח הבלימה המירבי המותר על פי התקן (ת"י 1849) אסור שיעלה על 600 ק"ג.

גם התקנות וגם התקן קובעים שיש לשאוף להקטין, עד למינימום האפשרי, את מרחק הנפילה עד לתחילת הבלימה. כדי לממש את הדרישה הזאת צריך להשתדל, ולהעדיף:

- למקם את נקודת העיגון, שאליה מחובר קצהו של אמצעי הקשירה, במקום גבוה ככל האפשר;
- להשאיר באמצעי הקשירה מידת "חופש" מוגבלת וקטנה;
- לקצר את אמצעי הקשירה ככל שניתן.

בכל מקרה, יש לוודא שמרחק הנפילה החופשית, עד להתחלת הבלימה, לא יהיה גדול מהמרחק המירבי המותר שנקבע בהוראות היצרן, ואסור שנקודת העיגון תימצא בגובה נמוך יותר מהמקום שעליו ניצבות רגלי העובד שמשמש ברתמה - כל זאת בהתאם לדרישת תקנות הבטיחות לעבודה בגובה.



איור 56:

מקרה המדגים את היחס הישר בין התארכות מרחק הנפילה לגידול בכוח הדינמי של בלימת הנפילה, עבור גוף אדם שמשקלו 100 ק"ג

כוחות הבלימה בכל מערכת תלויים לא רק במרחק הנפילה אלא גם בתכונות החומר והמבנה של חבל הקשירה ומיכלול המערכת. חבלי קשירה בעלי תכונות שונות של גמישות והתארכות יוצרים, בהשפעת עומסי מתיחה, כוחות בלימה שונים. מכל מקום, כוחות הבלימה יהיו קטנים יותר כאשר המערכת, ובעיקר חבל הקשירה, גמישים יותר ומתארכים יותר במהלך הבלימה. בולם זעזועים המשולב במערכת (בד"כ לחבל הקשירה) בנוי כדי להבטיח יצירת התארכות מספקת להקטנת כוח הבלימה עד לנדרש.

ב. דרישות הנוגעות לנקודות העיגון

1. חוזק נקודת העיגון

נקודת העיגון, שאלה יש לחבר את קצה אמצעי הקשירה של מערכת צמ"א לבלימת נפילה, צריכה לעמוד בפני מלוא כוח הבלימה אשר עשוי להיווצר, ולפעול בכיוונים שונים, במקרה של נפילת עובד. ע"פ התקן - אמצעי הקשירה צריכים לעמוד בפני כוחות מתיחה שבין 15KN לבין 22KN (1500 עד 2200 ק"ג, ראו להלן). לפיכך, גם נקודות העיגון צריכות להיות בעלות חוזק שיעמוד בפני כוחות דומים (לפחות 1500 ק"ג).

לכן, יש להיזהר בבחירת נקודת העיגון, ולהימנע מחיבור אמצעי הקשירה אל אלמנטים שהחוזק שלהם קטן או מוטל בספק. לדוגמה: ידידות של דלתות/חלונות, תעלות פח, מרזבים (אופקיים או אנכיים), צינורות ביוב גלויים, רכיבים לחיפוי גגות קלים ואפילו מעקים או גידורים, שברוב המקרים אינם מתוכננים לעמוד בעומסים הנ"ל - בעיקר בחלקים העליונים שלהם. אלמנטים אשר יכולים לשמש כנקודות עיגון, הם בד"כ (לא תמיד!): אלמנטים מבטון מזוין, רכיבי קונסטרוקציות מפלדה ולעתים גם רכיבים ראשיים של קונסטרוקציות עץ.

לעתים קרובות ניתן לעגן את אמצעי הקשירה למקום מסוים ברכיב קונסטרוקטיבי, אך יש להימנע מהתחברות אליו בנקודות אחרות. לדוגמה: תמיד בטוח יותר לעגן את חבל הקשירה אל קורה, בסמוך לנקודות ההשענה שלה על עמודים, יותר מאשר אל נקודה באמצע המיפתח שלה; כמו כן, עדיף להתחבר אל צומתי חיבור בין מוטות של מיסבכים ולא אל נקודות באמצע המוטות האלה. מכל מקום:

בבחירת נקודות עיגון נאותות עבור אמצעי הקשירה - מומלץ מאוד להתייעץ עם מהנדס או עם הנדסאי קונסטרוקציות, ובמיוחד כאשר מדובר במערכות לבלימת נפילות. תקנות הבטיחות לעבודה בגובה מחייבות שקביעה או התקנה של נקודות עיגון או קווי עיגון קבועים יאושרו בידי מהנדס אזרחי רשום, בודק מוסמך או מהנדס מכונות.

2. צורת התפיסה/הקשירה בנקודת העיגון

סידור התפיסה או הקשירה של אמצעי הקשירה אל נקודת העיגון, בכל סוגי מערכות צמ"א לעבודות בגובה, צריך להבטיח אחיזה נאותה, שתמנע אפשרות של השתחררות האמצעי, וגם תמנע אפשרות של נזק לאמצעי הקשירה - אשר עלול להיגרם בגלל מגע ו/או שפשוף בפינות או בקצוות חדים, או באלמנטים מחוספסים, (איור 57 וכן איורים 29, 32, 33, 34 ו-39).



(1) מומלץ שנקודת עיגון על מיסבך פלדה תמָצא בצומת חיבור בין מוטות המיסבך.



(2), (3) נקודות עיגון על קורות פלדה

איור 57:

עבודה בגובה על מבני פלדה

העובדים מאובטחים באמצעות רתמת בטיחות שלמה, המחוברת אל חבל/כבל הקשירה של בולם נפילה נסוג. נקודת העיגון, שעליה תלוי התוף של בולם הנפילה הנסוג, היא רכיב של קונסטרוקציית הפלדה, הממוקם מעל עמדת העבודה - המיקום המומלץ ביותר.

החיבור אל רכיבי קונסטרוקציה יכול להיות באמצעות רצועה או חבל קשירה, הנכרכים סביב האלמנט המשמש כנקודת עיגון (דוגמאות 2 ו-3 ב**איור 57**, וב**איור 29**). בדוגמה שב**איור 29** נעשה שימוש בחבל עם לולאות בקצותיו, המוגן באמצעות שרוול מגן מפני שחיקה ונזקים אפשריים עקב מגע ושפשוף בין החבל לבין הפינות החדות של פרופיל הפלדה המשמש כנקודת עיגון. דוגמאות לחבלי קשירה ורצועות קשירה העשויים להיכרך סביב רכיב במבנה ולשמש כנקודת עיגון, ראו גם ב**איורים 22, 27(1) ו-30**. שימוש באביזרי עיגון מתאימים הוא דרך נוספת ליצירת נקודת עיגון על רכיבים של הקונסטרוקציה. לדוגמה: עיגון אל תוך אלמנטי בטון (קיר) (**איור 33**) או אביזר עיגון המחובר אל פרופיל פלדה (**איור 32**). באיורים הבאים ניתן לראות דוגמאות של אביזרי עיגון שונים: עוגנים לחיבור אל אלמנטים מבטון או מפלדה (**איור 31**), עוגנים מיוחדים, שאותם ניתן להתקין בין שני עבריו של פתח, כאשר משקופי הפתח חזקים מספיק כדי להחזיק בביטחה את קצות העוגן (**איור 34**) ועוגנים ופרטי חיבור אל קונסטרוקציית עץ של גג רעפים (**איור 39**).

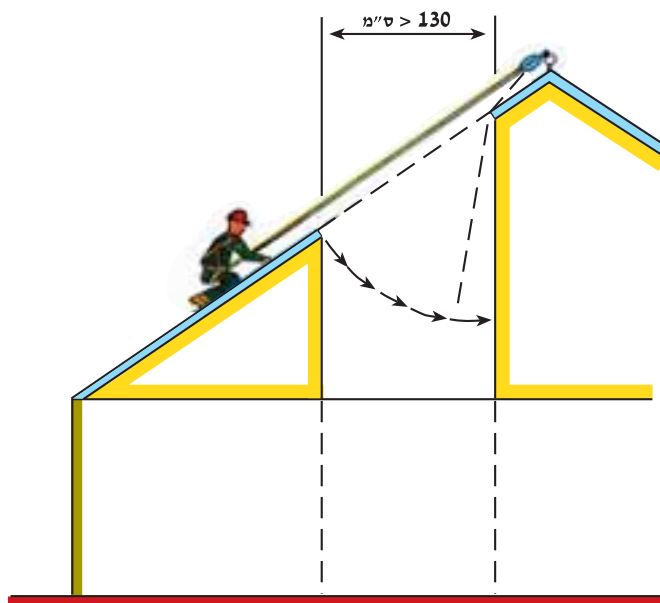
3. שיקולים בבחירת מיקום נקודת העיגון של מערכות לבלימת נפילה

(א) גובה נקודת העיגון

מומלץ שמיקום נקודת העיגון יהיה גבוה ככל האפשר. המיקום האידיאלי הוא מעל לראשו של העובד במקום הימצאו (**איור 57**). המיקום הנמוך ביותר המותר לנקודת עיגון הוא, ע"פ תקנות הבטיחות לעבודות בגובה, במיפס שעליו עומדות רגלי העובד. על פי תקנות הבטיחות לעבודה בגובה - לא קיימת ההגבלה של הנפילה החופשית עד להתחלת הבלימה למרחק מירבי של 130 ס"מ. הגבלה כזאת קיימת עדיין בתקנות הבטיחות לעבודות בנייה ולעבודה על גגות שבירים ותלולים. תקנות הבטיחות לעבודה בגובה, שפורסמו לאחר התקנות הנ"ל, הסירו את ההגבלה הזאת ובמקומה נדרש שנקודת העיגון של אמצעי הקשירה לא תימצא במיפס נמוך מזה שעליו ניצבות רגלי המשתמש ברתמה, ושמרחק הנפילה החופשית עד להתחלת הבלימה לא יעלה על המרחק המירבי המותר ע"פ הוראות היצרן והוראת ת"י 1849.

(ב) מניעת פגיעה בעובד עקב תנועת מטוטלת לאחר הנפילה

אחד מהשיקולים בבחירת מיקום נקודת העיגון, צריך להיות מניעה של תנועת "מטוטלת" (פנדולום - pendulum) אשר עלולה להיווצר לאחר נפילה, כשהגוף התלוי על חבל הקשירה עלול להיפגע בגלל הטחתו אל חלקי מבנה המצויים במסלול התנודות. החשש להיווצרות תנועת "מטוטלת" בנפילה קטן ככל שנקודת העיגון קרובה יותר לאנך שמעל לראשו של העובד. תנועת מטוטלת, במקרה של נפילה, עלולה להיווצר גם כאשר קיים חלל פתוח ("יתוהום") רחב בין העובד לבין נקודת העיגון (**איור 58**). כאשר רוחבו של חלל כזה גדול (מומלץ שלא יעלה על 130 ס"מ) - קיימת סכנה לפגיעה רצינית במקרה של נפילה, כשגופו של העובד ינוע בתנועת מטוטלת ויוטח אל חלק של המבנה או יפגע באלמנט נייח אחר.



איור 58:

מצב לא רצוי, חלל פתוח ("תהום") שרוחבו גדול מ-130 ס"מ בין נקודת העיגון לבין העובד
במקרה של נפילה, ינוע גוף העובד בתנועת מטוטלת והוא עלול להיפגע בהטחה אל חלק מבנה או גוף בייח.

(ג) מניעת התנגשות עם פני השטח במיפלס התחתון או עם חלקי מבנה אחרים

כדי למנוע בוודאות אפשרות של פגיעת גוף נופל של עובד, ברצפה או בפני השטח שבמיפלס הנמוך, לפני סיום הבלימה - יש לחשב איזה מרחק יעבור גופו של עובד במקרה של נפילה, עד שיעצר ויישאר תלוי. לצורך זה יש לקבוע את מידת הנפילה החופשית, האפשרית, בהתאם למיקום נקודת העיגון ומידת ה"חופש" הקיימת באמצעי הקשירה, ולהוסיף אליה את מידת ההתארכות הצפויה של אמצעי הקשירה ובולם הזעזועים שלו, ואת המרחק בין נקודת הצימוד שעל הרתמה לבין כפות הרגליים לאחר סיום הבלימה (עד כ-2 מ'). מידת ההתארכות משמעותית בעיקר בבולמי זעזועים העשויים מרצועה התפורה במצב מקופל, אשר נפרשת לכל אורכה במהלך הבלימה, תוך קריעת התפרים. מומלץ לוודא מראש שמירווח הביטחון במקרה של בלימת נפילה, אשר יישאר בין גוף העובד לפני השטח שמתחתיו לאחר סיום הבלימה, יהיה 100 ס"מ לפחות (**איורים 59, 60**). התקן והתקנות אוסרים לשלב במערכת לבלימת נפילה, בטור, יותר מבולם זעזועים אחד, כדי למנוע התארכות יתר של אמצעי הקשירה, מעבר למותר ולנדרש.

מירווח נפילה בטוח

"מירווח נפילה בטוח" הוא תוצאה של חישוב, הכולל את הפרש הגובה בין המיפלס שעליו ניצבות רגלי העובד (מיפלס עמדת העבודה) לבין הנקודה הנמוכה ביותר שאליה אמורות להגיע רגליו, לאחר סיום הבלימה במקרה של נפילה, בתוספת מירווח בטחון של 100 ס"מ. כדי למנוע אפשרות שגוף עובד שנפל ייחבט במישטח התחתון, יש לוודא שעמדת העבודה לא תמצא בגובה קטן יותר ממירווח הנפילה הבטוח (**איורים 59, 60**). בזמן קביעת מירווח הנפילה הבטוח יש להביא בחשבון גם חלקי מבנה או גופים נייחים אחרים הקיימים באתר, ולוודא שלא יימצאו במסלול נפילה אפשרי מעמדת העבודה בגובה.



איור 59:

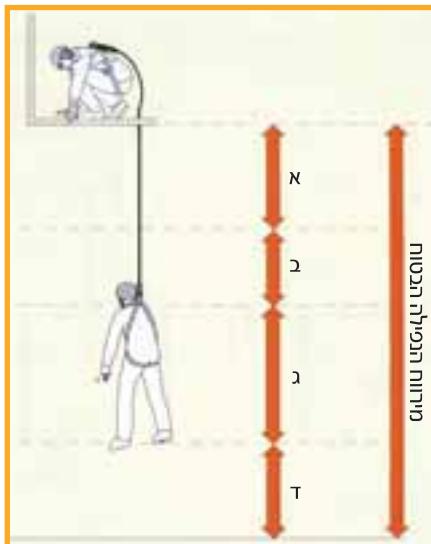
מירווח נפילה בטוח (דוגמה 1)

בדוגמה זו נקודת העיגון מצויה במיפלס גבוה מראשו של העובד. זהו המיקום המומלץ ביותר. יש לחשב את מרחק הנפילה החופשית עד להתחלת הבלימה ואת מרחק הנפילה הנוסף עד סיום הבלימה - כאשר מביאים בחשבון את ההתארכות הצפויה של בולם הזעזועים (בתקנות הבטיחות לעבודה בגובה הוא מכונה "סופג אנרגיה") ואת המידה שבין נקודת הצימוד שעל הרתמה לאחר הבלימה לבין כפות הרגליים. כדי למנוע פגיעה - יש לוודא שלאחר סיום הבלימה יישאר מירווח בטחון של 100 ס"מ לפחות בין גוף העובד למישטח התחתון.

איור 60:

מירווח נפילה בטוח (דוגמה 2)

נקודת העיגון מצויה בגובה כפות רגליו של העובד בעמדת העבודה - המיקום הנמוך ביותר המותר ע"פ תקנות הבטיחות לעבודה בגובה. **(א)** מרחק הנפילה החופשית עד להתחלת הבלימה. כאן: 2 מ' לכל היותר, שהוא האורך המירבי המותר עבור חבל קשירה. **(ב)** התארכות של בולם הזעזועים (כ-1 מ'). מומלץ לקבל מהיצרן את המידה המדויקת של ההתארכות הזאת. **(ג)** המידה שבין נקודת הצימוד לאחר סיום הנפילה לבין כפות הרגליים (עד כ-2 מ'). **(ד)** מירווח בטחון של 100 ס"מ. מירווח הנפילה הבטוח במקרה זה מסתכם בכ- 6 מ'. לפיכך, כאשר נקודת העיגון מצויה בגובה כפות רגליו של העובד, אסור שעמדת העבודה תימצא בגובה נמוך מכ-6 מ'. באם עמדת העבודה נמוכה יותר - צריך למצוא נקודת עיגון במיקום גבוה יותר.



(ד) אפשרויות החילוץ לאחר נפילה

כדי לוודא שאכן קיימת אפשרות לחילוץ מהיר של עובד במקרה של נפילה, יש להעריך - בשלב בחירת מיקום נקודת העיגון - היכן יימצא גוף העובד התלוי לאחר הנפילה. החילוץ צריך להתבצע, ע"פ תקנות הבטיחות לעבודה בגובה, באחת מהדרכים הבאות, לפי סדר העדיפות:

1. העובד יוכל להיחלץ בכוחות עצמו;
 2. חילוץ בסיוע של עובד נוסף, אשר אמור להימצא בקירבת מקום (בקשר עין);
 3. חילוץ באמצעות ציוד, שיותקן מראש או יימצא בהישג יד.
- (התייחסות לנושא זה ראו גם בפרק חמישי חלק ד').

ג. אמצעי הקשירה ודרישות המתייחסות אליהם

1. כללי

אמצעי קשירה מצויים בכל סוגי המערכות של ציוד מגן אישי להגנה מנפילות מגובה: במערכות לבלימת נפילה, במערכות מיקום בעבודה ובמערכות ריסון. אמצעי הקשירה הוא הרכיב שתפקידו לחבר בין הרתמה לבין נקודת העיגון ולהבטיח מניעה של הנפילה מגובה או את בלימתה. החיבור של הרתמה אל אמצעי הקשירה, בכל סוגי המערכות, נעשה באמצעות נקודת (או נקודות) הצימוד שברתמה. אמצעי הקשירה צריך להתאים לרתמה - מבחינת האורך, החוזק והחומרים שמהם הוא עשוי. דוגמאות של אמצעי קשירה עבור מערכת מיקום בעבודה - ראו **באזורים 28 ו-61**; דוגמאות עבור מערכת לבלימת נפילה - **באזורים 27(2), 62 ו-63**; דוגמה של חבל ריסון - **באזור 64**.

2. חומרים

אמצעי הקשירה יכול להיות כבל פלדה, שרשרת פלדה, חבל או רצועת אריג. על פי דרישות התקן - חבל או רצועת אריג המשמשים כאמצעי קשירה צריכים להיות עשויים מסיבים סינתטיים, שתכונותיהם מתאימות לסוג העבודה שבה ייעשה בהם שימוש ולסביבת העבודה הזאת. תילי מתכת של כבלים המשמשים כאמצעי קשירה צריכים - ע"פ דרישות התקן - להיות מפלדת אל-חלד או מפלדה מגולוונת. החוליות של שרשראות צריכות, ע"פ דרישות התקן, להיות מברזל בחתך עגול, בקוטר של 6 מ"מ לפחות.

ע"פ דרישות התקן, כל הרכיבים המתכתיים צריכים להיות מוגנים מפני שיתוך (קורוזיה). בכל מקרה - החומר שממנו עשוי אמצעי הקשירה צריך להתאים לסוג העבודה שתתבצע ולתנאי הסביבה באותו מקום עבודה, ולעמוד בהשפעות הסביבה השונות שם: חום/קור, כימיקלים שעלים הוא עלול לבוא במגע וכד'.

לא מומלץ לעבוד עם צמ"א לעבודה בגובה בעבודות ריתוך, עבודות באש, עבודות עם חומרים משתכים או עבודות עם מכשירי השחזה, חיתוך, ניסור וכד'. אם יש הכרח לעשות זאת - יש לקבל לכך אישור בכתב ממבצע העבודה (ע"פ הגדרתו בתקנות לעבודה בגובה) ולהשתמש לצורכי עבודות כאלה באמצעי קשירה ממתכת או באמצעי קשירה עם מעטפת הגנה או שרוול הגנה העמידים בחום, או בפני חומרים משתכים - בדומה למה שנדרש בתקנות לעבודות בגובה ביחס לצמ"א לעבודות גלישה בסעיף 34(8). במקומות שבהם עלול חבל קשירה (מחומר סינטטי) להשתפשף ולהיפגע מפינות חדות במהלך העבודה - יש לציידו שם בשרוול הגנה עמיד בפני שפשוף ובפני פגיעה מפינות חדות.

3. דרישות חוזק

ע"פ דרישות ת"י 1849 - החוזק של אמצעי קשירה מסיבים סינתטיים (חבלים ורצועות אריג) צריך לאפשר עמידה בכוח מתיחה סטטי של 22kN (כ-2200 ק"ג). אמצעי קשירה ממתכת צריכים לעמוד בכוח מתיחה סטטי של 15kN (כ-1500 ק"ג). אמצעי קשירה של מערכת לבלימת נפילה חייב לעמוד גם בבדיקה דינמית, שבה קושרים אליו משקולת פלדה במשקל של 100 ק"ג ומפילים אותה מגובה של 4 מטרים, מבלי שייוצרו קרע או שבר באף אחד מחלקיו. בבדיקה דינמית לאמצעי קשירה של מערכת מיקום בעבודה או של מערכת ריסון, מפילים את המשקולת מגובה של 100 ס"מ.

4. אורך אמצעי הקשירה

(א) עבור מערכת מיקום בעבודה

אורך אמצעי הקשירה במערכת מיקום בעבודה, בתנאים רגילים, לא יעלה על 2 מ'. במקרים שבהם תנאי העבודה מצריכים שימוש באמצעי קשירה ארוך יותר - מותר להרשות זאת, אך יש להקפיד במקרה כזה ולהסתפק באמצעי הקצר ביותר האפשרי, ובתנאי שתישמר רמת ההגנה שהמערכת נדרשת להקנות למשתמש.

(ב) עבור מערכת ריסון

במערכת ריסון אין הגבלה לאורכו של חבל הריסון. מומלץ שאורך אמצעי הקשירה, המחבר בין הרתמה לבין חבל הריסון, יהיה במידה קצרה, שתאפשר למקצר החבל (המשמש לכיוון אורך חבל הריסון) להימצא בהישג ידו של העובד (ראו פרק רביעי חלק ד').

(ג) עבור מערכת לבלימת נפילה

- כאשר אמצעי הקשירה של מערכת לבלימת נפילה מחובר לקו עיגון אנכי - אורך אמצעי הקשירה + בולם הזעזועים או האלמנט לפיזור אנרגיה, לא יעלה על 100 ס"מ.
 - בכל מקרה אחר, שבו אמצעי הקשירה לבלימת נפילה מחובר אל נקודת עיגון קבועה או אל קו עיגון אופקי - אורכם של אמצעי הקשירה יחד עם בולם הזעזועים לא יעלה על 2 מ'.
 - אין הגבלה לגבי אורכו של אמצעי קשירה שהוא חלק מבולם נפילה נסוג (ראו פרק שביעי חלק ב').
- במערכת לבלימת נפילה - יש לוודא גם שאורך אמצעי הקשירה ומידת ה"חופש" שלו יבטיחו "מירווח נפילה בטוח" במקרה של נפילה, כך שגופו של העובד הנופל לא יפגע במישטח התחתון או בחלקי מבנה אחרים, שמתחת לעמדת העבודה שלו, לפני סיום הבלימה. ראו חלק ב' סעיף 3 (ג) בפרק זה.
- בכל המקרים הנ"ל, פרט למקרה שבו משתמשים בבולם נפילה נסוג, מומלץ מאד שאמצעי הקשירה יהיה מצויד באבזר כיוון שיאפשר לקצר אותו עד למינימום ההכרחי הנדרש בעמדת העבודה. ראו גם להלן בסעיף 5(ב).

5. דרישות ואבזרים נוספים עבור אמצעי קשירה

(א) סִיָּם

בקצהו של כל אמצעי קשירה צריך להיות אבזר הנקרא בתקן "סִיָּם". הסִיָּם יכול להיות גם אבזר חיבור או לולאה. בקצוות החופשיים של אמצעי קשירה למערכת מיקום בעבודה ושל חבל ריסון במערכת ריסון לא חייבים להתקין לולאות או אבזרי חיבור (ראו דוגמאות באיורים 28, 61 ו-64).

(ב) אביזר כיוון (מקצר חבל)

על אמצעי הקשירה של מערכת מיקום בעבודה ועל חבל ריסון של מערכת ריסון, צריך להימצא אביזר כיוון, בד"כ מהסוג המכונה "מקצר חבל" (איור 28). גם על אמצעי הקשירה של מערכת לבלימת נפילה רצוי שיימצא אביזר לכיוון האורך שלו, עד למידה המינימלית ההכרחית (ראו דוגמה 2 באיור 27).

(ג) בולם זעזועים "מפזר אנרגיה"

אל אמצעי הקשירה של מערכת לבלימת נפילה צריך, בד"כ, לחבר בולם זעזועים או מפזר אנרגיה (איור 62). מונחים אלה לקוחים מתוך התקן - ת"י 1849. בתקנות הבטיחות לעבודה בגובה מכוונה פריט זה בשם "סופג האנרגיה". במערכות מסוימות בולם הזעזועים/מפזר האנרגיה הוא חלק אינטגרלי של אמצעי הקשירה והוא משולב בו לכל אורכו (ראו דוגמה באיור 63).

המקרים שבהם אין לשלב בולם זעזועים או מפזר אנרגיה באמצעי הקשירה הם:

- כאשר אמצעי הקשירה מחובר אל בולם נפילה מונחה המותקן על קו עיגון אנכי, ובבולם הנפילה המונחה האמור או על קו העיגון האנכי משולב בולם זעזועים או מפזר אנרגיה (ראו פרק שביעי חלק ג' סעיף 2).
- כאשר חבל הקשירה הוא חלק מבולם נפילה נסוג שבתוכו משולב גם אלמנט מפזר אנרגיה (ראו פרק שביעי חלק ב').
- באמצעי הקשירה של מערכת מיקום בעבודה ובחבל קשירה וחבל ריסון של מערכת ריסון, שבהם אין בכלל צורך בבולם זעזועים או במפזר אנרגיה.

**במערכת לבלימת נפילה חובה שיימצא רק התקן אחד
לבלימת זעזועים/פיזור אנרגיה. בשום מקרה - אסור שיהיו עליה
שני אביזרים כאלה, או יותר**

(ד) מחברים בקצוות

לכל קצה של אמצעי קשירה מחובר, בד"כ, מחבר (לרבות קרבינר או אנקול בטיחות אחר). כל מחבר צריך להתאים לאלמנט שאליו מתחבר אמצעי הקשירה - לנקודת עיגון או לקו עיגון בקצה האחד, ולנקודת הצימוד שעל הרתמה או על חגורת המיקום בעבודה בקצהו השני של אמצעי הקשירה. על הקצוות החופשיים של אמצעי הקשירה במערכת מיקום בעבודה ושל חבל ריסון לא מתקנים מחברים.

(ה) אמצעי קשירה בעל 2 זרועות

במערכת לבלימת נפילה נעשה לפעמים שימוש באמצעי קשירה בעל שתי זרועות בצורת האות Y. המבנה בעל שתי הזרועות מאפשר תנועה מאובטחת ממקום למקום, במקומות שאין בהם קווי עיגון ושלא נעשה בהם שימוש בבולם נפילה נסוג (ראו דוגמאות באיורים 65 ו-67). פירוט נוסף בנוגע לשימוש באמצעי הקשירה הזה ראו בפרק השביעי חלק א').

6. הוראות לשימוש בטיחותי באמצעי קשירה

(א) מניעת כריכה סביב אלמנטים אשר עלולים לגרום נזק לאמצעי הקשירה

כדי למנוע פגיעה בשלמות אמצעי הקשירה - יש להימנע מכריכת אמצעי הקשירה סביב אלמנטים דקים, צרים, מחוספסים או בעלי פינות חדות, כדי למנוע אפשרות לחיכוך של אמצעי הקשירה איתם, או לצייד את אמצעי הקשירה, במקומות כאלה, בשרוול מגן מתאים או ברפידה שתימנע פגיעה בו עקב שפשוף או כיפוף יתר.

(ב) איסור יצירת קשרים

אסור לבצע קשרים באמצעי הקשירה. קשר עלול להקטין בכ-50%, ואף ביותר, את חוזק הקריעה של אמצעי הקשירה.

(ג) איסור לחבר אמצעי קשירה זה לזה

- אסור לחבר 2 יחידות של אמצעי קשירה זו אל זו (כדי ליצור אמצעי ארוך יותר).
- אסור לחבר אמצעי קשירה של מערכת לבלימת נפילה אל בולם נפילה נסוג.

(ד) מניעת מגע עם חום או חומרים משתכים

מומלץ להימנע מביצוע עבודות בקירבת להבה ועבודות שבהן יש חשש שאמצעי הקשירה וחבל הריסון יבואו במגע עם אלמנטים לוהטים או חמים, או חומרים משתכים. כאשר ביצוע כזה הוא בלתי נמנע - יש לקבל לכך אישור בכתב ממבצע העבודה (כפי שהוא מוגדר בתקנות לעבודה בגובה), ולנקוט באמצעים למניעת נזקי חום ואש לאמצעי הקשירה ולשאר חלקי המערכת. לעבודות כאלה יש להעדיף אמצעי קשירה ממתכת (**איור 61**).

(ה) מייגבלות בעבודות עם מכשירי חיתוך, ניסור או השחזה

בעבודות שבהן משתמשים במכשירים לחיתוך, לניסור או להשחזה - צריך להשתמש באמצעי קשירה ממתכת: כבל פלדה (ראו דוגמה ב**איור 61**) או שרשרת. ראו גם הוראות בפרק השמיני סעיף ה(7).



איור 61:

אמצעי קשירה מכבל פלדה, עבור מערכת מיקום ותמיכה

בקצהו החופשי של הכבל מותקן סָים מתאים ממתכת, ובקצהו השני - אנקול מאובטח (קרבינר). אמצעי הקשירה מצויד באמצעי כיוון ("מקצר חבל"), עם אנקול בטיחות נוסף המחובר אליו, ובשרוול הגנה - שתפקידו להבטיח מגע טוב יותר, לצורך היצמדות של הכבל לאלמנט המהווה נקודת עיגון (ראו גם **איור 13**), אמצעי קשירה זה מומלץ לביצוע עבודות שבהן משתמשים במכשירים לחיתוך, לניסור ולהשחזה וגם לעבודות שבהן יש מגע עם חומרים משתכים, להבה או טמפרטורה גבוהה.



דוגמה 1: רצועת קשירה עם בולם זעזועים



דוגמה 2: חבל קשירה עם בולם זעזועים

איור 62:

דוגמאות של אמצעי קשירה עבור מערכת לבלימת נפילה (רתמת בטיחות).

לכל קצה של אמצעי הקשירה שבדוגמאות מחובר אנקול בטיחות שונה. גודל האנקולים צריך להתאים לאביזרים או לגופים שאליהם הם מיועדים להתחבר. בקצהו האחד של אמצעי הקשירה משולב בולם זעזועים (בתקנות לעבודה בגובה הוא מכונה "סופג אנרגיה") הבנוי מרצועת קריעה. בולם זעזועים כזה מופעל רק בעומס מתיחה של כ-300 ק"ג (ולא פחות מ-200 ק"ג). בהשפעת עומס כזה יתחילו סיבי הרצועה להיקרע (חלקית), או שייקרעו תפרים מסוימים ברצועה, באופן שיגרום להתארכותה, אך לא לקריעתה (ראו חלק ד' בפרק זה). בולם זעזועים כזה הוא לשימוש חד פעמי. לאחר בלימת נפילה באמצעותו - יש להחליפו בחדש.



איור 63:

רצועת קשירה עבור מערכת לבלימת נפילה, המשלבת בתוכה את בולם הזעזועים

בבלימה שלאחר הנפילה, מתארכת הרצועה לכל אורכה, תוך שיוך אנרגיית הנפילה והקטנת כוח הבלימה (האפקט של בולם הזעזועים) (ראו חלק ד' בפרק זה). רצועת קשירה כזאת היא לשימוש חד-פעמי. לאחר בלימת נפילה באמצעותה, יש להחליפה בחדשה.



איור 64:

חבל מתאים לשימוש כחבל ריסון במערכת ריסון

מימין: הקצה החופשי של חבל הריסון, עם סָים ללא אביזר חיבור. **משמאל:** הקצה מצויד באנקול בטיחות, לחיבור אל נקודת עיגון או אל קו עיגון אופקי. **במרכז:** אביזר הכיוונון ("מקצר חבל") המותקן על חבל הריסון, ואילו מחוברת רצועת קשירה קצרה - לחיבור אל הרתמה שעל גוף העובד. ע"פ דרישות התקן, אורכה של רצועה זו לא יעלה על 50 ס"מ. במיכלול זה אין בולם זעזועים, וגם לא צריך להיות, לא על רצועת הקשירה ולא על חבל הריסון.



איור 65:

דוגמאות של אמצעי קשירה בעל 2 זרועות (בצורת Y) עבור מערכת בלימה נפילה עם רתמת בטיחות לעבודות בגובה (בתקנות לעבודה בגובה כינויה הוא "מערכת בלימת נפילה גמישה")

משמאל: בולם זעזועים משותף לשתי הזרועות, ובקצהו מְחָבֵר מאובטח, לחיבור אל נקודת הצימוד שעל הרתמה. 2 הזרועות מאפשרות תנועה מאובטחת בגובה: בכל שלב בתנועה - אחת מהזרועות מעוגנת לנקודת עיגון, והעובד מנתק את השנייה, מחבר אותה לנקודת העיגון הבאה ומשחרר את הזרוע הראשונה, וחוזר חלילה.

ד. בלימת אנרגיית הנפילה והקטנת כוח הבלימה

1. אנרגיית הנפילה

גוף נופל של עובד החגור ברתמת בטיחות צובר מהירות בהשפעת כוח הכבידה, כפי שתואר בחלק א' של הפרק. המהירות בסוף הנפילה גדלה בהתאם למרחק שעובר הגוף בנפילה עד התחלת הבלימה. כלומר: כמות האנרגיה הקינטית שהגוף צובר תלויה במהירות הסופית של הנפילה, ובמסה (כמות החומר) של הגוף הנופל. לבלימת הנפילה דרושה השקעת אנרגיה בכיוון הנגדי, בכמות שתשווה לאנרגיה הקינטית שנצברה.

2. כוח הבלימה והגורמים המשפיעים על גודלו

על פי הגדרת התקן - כוח הבלימה הוא הכוח המירבי (F_{max}) שנוצר במשך הזמן הקצר שבו מתרחשת הבלימה. כוח זה מופעל על נקודת העיגון או על קו העיגון, וגם על אמצעי הקשירה. מהרגע שבו מתחיל תהליך הבלימה עולה הכוח בנקודת העיגון, באמצעי הקשירה וברתמה, מ-0 לערך המירבי (F_{max}), ויורד שוב עד שערכו ישתוו למשקל גופו של העובד במצב סטטי, כשגוף העובד תלוי על הרתמה עם סיום תהליך הבלימה. כלומר: הכוח מתפתח ומגיע לערכו המירבי בנקודת זמן מסוימת ($peak$), בתהליך שנמשך זמן קצר ושבהלכו נבלמת האנרגיה הקינטית.

כוח הבלימה גדל, כאמור, ככל שגדל גובה הנפילה החופשית עד התחלת הבלימה (ראו דוגמה באיור 56).

כוח הבלימה תלוי גם במשך הזמן שבו מתרחשת הבלימה: ככל שתהליך הבלימה קצר יותר, יתפתח כוח בלימה גדול יותר שיפעל, כאמור, הן על נקודת העיגון והן על אמצעי הקשירה, ובאמצעותם גם על גוף העובד הנתון בתוך הרתמה. כוח בלימה גדול מדי, שיועבר באמצעות הרתמה אל גוף העובד, עלול לגרום לו נזק.

גודלו של כוח הבלימה מושפע גם מתכונותיו האלסטיות של אמצעי הקשירה ומידת ההתארכות שלו במהלך הבלימה: ככל שמידת ההתארכות הצפויה באמצעי הקשירה (עבור אותו מרחק נפילה ואותו משקל של גוף נופל) תהיה גדולה יותר - כוח הבלימה יהיה קטן יותר. לדוגמה: שני אמצעי קשירה - כבל פלדה וחבל מחומר סינתטי - דומים במימדיהם (האורך ושטח החתך), אך יש שוני בתכונות האלסטיות של החומרים שמהם הם עשויים. כוח הבלימה בכבל הפלדה יהיה גדול בהרבה מהכוח שיתפתח בחבל הסינתטי, מכיוון שהחבל הסינתטי יתארך במהלך הבלימה במידה רבה יותר מהתארכותו של כבל הפלדה (מקדם האלסטיות של הפלדה - E גדול בהרבה מזה של החומר הסינתטי).

רצועות הרתמה מפזרות את כוח הבלימה לחלקי הגוף הצמודים אליה ומצמצמות, הודות לשטח המגע הגדול שלהן עם הגוף, את סכנת הפגיעה בו. הניסיון הוכיח שאין בכך די ולפיכך - התקן אוסר לייצר מערכת לבלימת נפילה הכוללת רק רתמה ואמצעי קשירה (גם אם הוא עשוי מחומר סינתטי גמיש), ומחייב הוספת אמצעי לשיכוך האנרגיה לכל מערכת לבלימת נפילה - **בולם זעזועים או מפזר אנרגיה** - כפי שהוא מכונה בת"י 1849. בתקנות הבטיחות לעבודה בגובה מכונה אבזר זה "סופג אנרגיה".

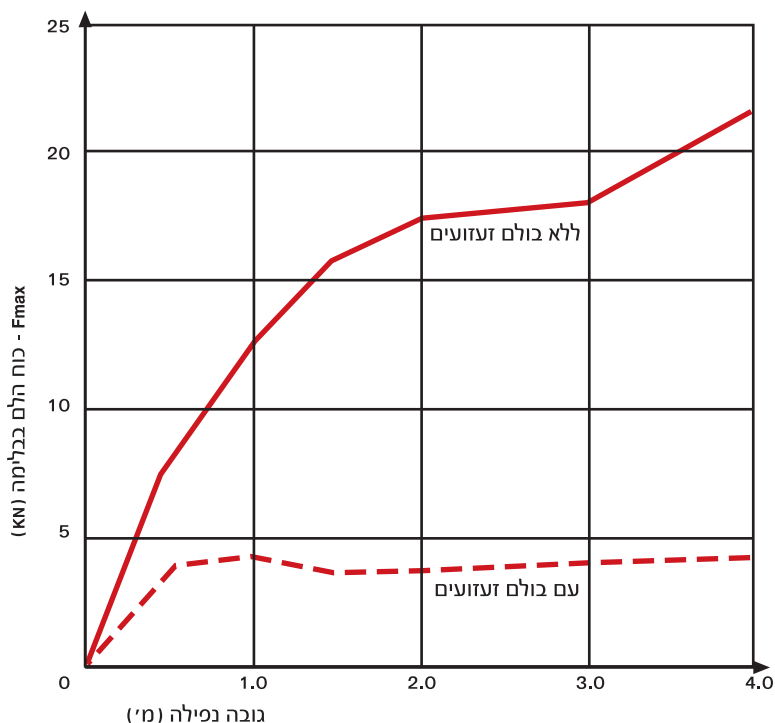
הדרישה הזאת לא חלה על מערכות מיקום בעבודה ועל מערכות ריסון - שאינן מיועדות לבלימת נפילות (במערכות הללו דווקא אסור שיהיה בולם זעזועים באמצעי הקשירה).

3. בולמי זעזועים ומפזרי אנרגיה ("סופגי אנרגיה" ע"פ התקנות)

ת"י 1849 מחייב, להוסיף מפזר אנרגיה או בולם זעזועים לכל מערכת לבלימת נפילה. בתקנות הבטיחות לעבודה בגובה מכוונה ההתקן הזה "סופג אנרגיה".

האמצעי לפיזור האנרגיה/בולם הזעזועים מותקן, ברוב המקרים, על אמצעי הקשירה ומהווה חלק ממנו (איורים 62, 63 ו-65). ההתקן יכול להימצא גם בבולם נפילה מונחה המותקן על קו עיגון אנכי. הוא משולב גם במנגנון הבלימה של בולם נפילה נסוג - במערכות שבהן הוא מותקן.

מפזר האנרגיה/בולם הזעזועים גורם לפיזור אנרגיית הבלימה, על ידי הארכת משך הבלימה לפרק זמן ארוך בהרבה מהזמן הנדרש לבלימה ע"י אמצעי הקשירה בלבד. הארכת משך הבלימה אפשרית הודות להתארכות גדולה בהרבה של אמצעי הקשירה במהלך הבלימה, ומפזר האנרגיה/ בולם הזעזועים המשולב במערכת, הוא זה שמאפשר את ההתארכות. פיזור האנרגיה גורם - הודות להתארכות המוגדלת של אמצעי הקשירה והארכת זמן הבלימה - להקטנה משמעותית של כוח הבלימה המירבי (F_{max}). ההבדלים בכוחות הבלימה במערכת עם ובלי בולם זעזועים מוצגים בדוגמה שבאיור 66.



איור 66:

דוגמה של השפעת כוח הבלימה על גוף האדם לאחר נפילה, עם ובלי בולם זעזועים, כפי שנמדד בניסויים - בהתאם לגובה הנפילה עד בלימה

בולם הזעזועים בדוגמה מקטין משמעותית את כוח הבלימה לכ- 4 kN (כ- 400 ק"ג). דרישת התקן היא שכוח הבלימה לא יעלה על 600 ק"ג.

במפזרי אנרגיה/בולמי זעזועים מסוימים, מושגת הגדלת ההתארכות באמצעות רכיב קפיצי, ובאחרים - באמצעות רכיב להתארכות חד-פעמית בעת בלימת נפילה (איריס 59 ו-60). את הרכיב החד-פעמי יש להחליף בחדש לאחר אירוע של נפילה ובלימתה. כדי למנוע אפשרות של התארכות גדולה מהרצוי, אסור שבמערכת לבלימת נפילה יהיה יותר מבולם זעזועים (או מפזר אנרגיה), אחד. זאת, הן ע"פ דרישות התקן והן ע"פ התקנות לעבודה בגובה.

עפ"י ת"י 1849, נדרש שבמפזר אנרגיה/בולם זעזועים לא תיווצר שום התארכות משמעותית, כל עוד כוח המתיחה בו נמוך מ-2KN (כ-200 ק"ג). התחלת ההתארכות צריכה להתחיל רק כשכוח המתיחה הוא כ-300 ק"ג ויותר.

בבדיקה דינמית תיקנית של מערכת שלמה, מפילים מגובה בובה דמוית אדם (בובת טורסו) שמשקלה 100 ק"ג, רתומה ברתמה. הרתמה קשורה אל נקודת עיגון באמצעות אמצעי קשירה עם מפזר אנרגיה/בולם זעזועים. במדידה של כוח הבלימה (F_{max}) - אסור שהוא יעלה על 6KN (כ-600 ק"ג). כלומר: כוח הבלימה, שיועבר בתנאי עבודה בשטח מאמצעי הקשירה דרך הרתמה אל גוף העובד, לא יהיה גדול מ-600 ק"ג (6 פעמים משקל הגוף הנופל - 6mg - בהנחה שמשקל הגוף הוא 100 ק"ג).

בנוסף, נדרש עפ"י התקן, שחוזק בולם הזעזועים במצבו הפתוח - לאחר ההתארכות - יאפשר להתקן לעמוד בפני כוח סטטי של 15KN (כ-1500 ק"ג).